

Een beschrijving van de mogelijke effecten van het boren naar en het winnen van schaliegas op de Nederlandse leefomgeving



Een beschrijving van de mogelijke effecten van het boren naar en het winnen van schaliegas op de Nederlandse leefomgeving

Robin Hummel

Foto op de voorkant "Nexen's two shale gas rigs at Dilly Creek in the Horn River Basin, British Columbia in Canada". (Byrne)

Logo op de voorkant (Albert Bos, 2009)

©24-6-2014, – Groningen

Uitgegeven in eigen beheer

Voorwoord

Ik wil graag de heer Paul F. Ziemkiewicz, PhD van de Water Research Institute, West Virginia University, de heer John F. Stolz, Ph.D.Professor, Biological Sciences, de heer J. Speelman Medewerker Geo-informatie en GIS van Provincie Groningen, de heer F. Rip van de Wageningen UR GeoDesk, Hinko Talsma, Geo-Informatie Analist & Natuurmonitoring van Provincie Friesland en mevrouw I. Vos, Persoonlijk medewerkster van Linda Voortman van de Tweede Kamerfractie van GroenLinks bedanken voor de medewerking welke zij getoond hebben en de informatie welke zij geleverd hebben om dit rapport tot een goed eind te laten komen. Ook wil ik R.B. Jackson, Stephen G. Osborn, Avner Vengosh, Nathaniel R Warner, Jeanne M Van Briesen Ph.D., P.E. Professor, Departement of Civil and Environmental Engineering, Jessica M. Wilson, Patrick Drohan, Departement of Ecosys. Sci. and Mgmt., Margaret Brittingham, Joshep Bishop, Departement of Geography en R. Magyar bedanken voor het publiek online beschikbaar maken van hun onderzoek over schaliegas, de effecten daarvan. Tenslotte wil ik nog Dr. Jan (J.H.) ter Heege, Coordinator Unconventional Gas Research, Geomechanics/Rock Physics Expert en TNO Petroleum Geosciences-Geological Survey of the Netherlands bedanken voor de informatie over het voorkomen van schaliegas in Nederland en de diepte daarvan. En ook Ralf Verdonschot, Hanneke Keizer-Vlek; en Piet Verdonschot wil ik nog bedanken voor het beschikbaar stellen van hun onderzoek op het gebied van de effecten op het oppervlakte water voor de Nederlandse situatie. Zonder jullie hulp, expertise en vrij geven van jullie verzamelde gegevens was dit onderzoeksrapport nooit tot zo'n compleet rapport gegroeid.

I would like to thank Mr. Paul F. Ziemkiewicz, PhD of the Water Research Institute, West Virginia University, John F. Stolz, Ph.D.Professor, Biological Sciences, Mr. J. Speelman Assistant Geo-information and GIS of Province Groningen, Mr. F. Rip of the Wageningen UR GeoDesk, Hinko Talsma, Geo-Information Analyst & Nature Monitoring province Friesland and Mrs. I. Vos, Personal assistant of Linda Voortman of the parliamentary group of the Green for the cooperation which they have shown, and the information which they have made available to shape this report. I would also like to thank R. B. Jackson, Stephen G. Osborn, Avner Vengosh, Nathaniel R Warner, Jeanne M Van Briesen Ph.D., PE Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Jessica M. Wilson, Patrick Drohan, Department of Ecosys. Sci. and Mgmt., Margaret Brittingham, Joshep Bishop, Department of Geography and R. Magyar to make their databases and expertise available online to the public on the subject of shale gas, and its effects. Finally, I want to thank Dr. Jan (J.H.) ter Heege, Coordinator Unconventional Gas Research, Geomechanics/Rock Physics Expert en TNO Petroleum Geosciences-Geological Survey of the Netherlands for the information on the occurrence of shale gas in the Netherlands and the depth of the gas fields, and Ralf Verdonschot, Hanneke Keizer-Vlek; and Piet Verdonschot for making their research available on the effects of shale gas on the surface water for the Dutch situation. Without your help, expertise and releasing your data most of the time without waiting for peer-reviews, this research would never have become what it is today.

Samenvatting

Gas winnen uit schalie gaat lastiger dan in zandsteen, omdat de structuur van het gesteente veel compacter is en een zeer lage permeabiliteit heeft. Om dit gas wel uit schalie te kunnen winnen worden hoofdzakelijk twee technieken gebruikt. Deze technieken zijn horizontaal boren en fracking (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012), (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012). Op verschillende plaatsen in de wereld wordt geboord naar schaliegas, schaliegas winning vindt plaats in het grootste deel van de VS. In het afgelopen decennium zijn daar 150.000 putten gerealiseerd. Op dit moment is het schaliegas productie goed voor 20 % van het totale gas productie in de VS. Ook in Canada, Australië, Engeland, Duitsland en Polen wordt schaliegas gewonnen. De geologie is ingewikkelder in Europa en de olie en gas duurder te winnen uit de bodem, met een waarschijnlijk wel drie-en-een-half maal duurdere boorput dan in de Verenigde Staten (Morton, 2014).

Elk bedrijf heeft zijn eigen proces voor de ontwikkeling, in het algemeen kent schaliegas ontwikkeling vijf fases van exploratie en evaluatie om de commerciële ontwikkeling te bereiken. Elk van deze fasen is bedoeld om technische informatie te verzamelen die vervolgens wordt geanalyseerd en gebruikt bij de ontwikkeling van de volgende fase. Deze fases zijn; Identificatie en kwantificeren van de gas voorraad, Evaluatie boring, Proef boring, Productietoets van de boorput, Commerciële Ontwikkeling. Boren duurt gewoonlijk ongeveer twee tot vier weken in Amerika, afhankelijk van vele factoren, waaronder de diepte van de put en het seizoen. Boren naar diepere gasvelden kan twee maanden duren. De boringen kunnen variëren in grootte van minder dan een hectare of twee of meer hectare afhankelijk van de diepte van de put (New York State Department of Environmental Conservation, 2014). Horizontale boringen vereist het boren van een verticaal put op een vooraf bepaalde diepte boven het schaliegas reservoir. Horizontale boorputten zijn echter duurder en moeilijker om nauwkeurig te boren dan verticale putten, maar ze maken het mogelijk om meer gas te winnen uit een enkele boorput (Arthur, 2008). In de meeste horizontale putten zijn meerdere fracking operaties nodig om effectief het reservoir gesteente te stimuleren. Dit proces wordt "meertraps fracken" genoemd en bestaat uit het horizontale gedeelte van de boorpijp te verdelen in secties waarin het gesteente rondom vervolgens afzonderlijk worden gefrackt (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Het zand zorgt voor het open houden van het gebroken gesteente en is een medium voor de breekvloeistof om het gesteente te passeren. Naast water en zand, worden kleine concentraties van chemische additieven aangewend om nog meer gas te kunnen produceren (Cooke, et al., 1973) en (Arthur, 2008).

De meest opvallende gegevens welke uit de resultaten naar voren zijn gekomen, zijn dat elke boorput gemiddeld 18 miljoen liter water verbruikt per put voor het fracken en de afwerking van de boorput. Ongeveer 80 procent van de fracking water blijft zitten in de schalie reservoir, terwijl ongeveer 20 procent terug stroomt als verontreinigd afvalwater. Een gemiddelde schaliegas boorput verbruikt 1,3 miljoen gallons/MMBTU verbruikt. Het verbruik is minimaal 13 liters per Megawatt uur en maximaal 19,5 liters per Megawatt uur. Het volgende onderdeel ging over de boorput integriteit, hier was de conclusie hoofdzakelijk dat behuizing (casing) problemen voor de lekken zorgen. Lekkage vanuit de reservoir door een breuk lijn direct naar een drinkwater reservoir is echter onwaarschijnlijk. Van de gloednieuwe boorputten waren 5% al lek. Als boorput leeftijd stijgt, gaat ook de mate van lekkage omhoog. Tegen de tijd dat boorputten, rijp zijn (offshore putten in de Golf van Mexico rijpen bijvoorbeeld na 15 - 25 jaar), hebben een zeer aanzienlijk percentage van de boorputten een of andere vorm van verlies van boorput integriteit en zijn dus lek. De hoofdreden voor het lekken van de boorputten is dat de boorput corrodeert (George E King Consulting Inc., 2013). De hoofdoorzaken voor corrosie van de productieleidingen en behuizing zijn; H_2S (zuur gas met ijzersulfide als bijproduct), CO_2 (Hoofdoorzaak van de corrosie door geproduceerd gas), O_2 (Hoofdoorzaak van corrosie in het algemeen) en bacteriën (bijproducten en geproduceerd zuur).

De schaliegas industrie in Pennsylvania produceerde een gerapporteerde hoeveelheid van totaal 1.454 miljoen liter toxisch afval, afkomstig van hydraulisch fracken binnen Pennsylvania in de eerste zes maand van 2012. Er worden bij het fracken chemicaliën gebruikt zoals benzeen, naftaleen, diesel, zoutzuur en vele andere chemicaliën zoals ethyleen glycol en 2-butoxyethanol, welke ook weer mee naar het oppervlak stromen. Er werd echter nog geen bewijs gevonden voor verontreiniging van de ondiepe drinkwaterbronnen bij actieve boorlocaties door het diepe zoute grondwater of door fracking vloeistof. De uiteindelijke conclusie van het rapport 'Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems' luidt dat als men kijkt naar de verschillen tussen de gebieden met en zonder schaliegas activiteit, er geen verschillen te zien zijn in de biodiversiteit van vissen en macrofauna door de verandering in concentraties van de gemeten chemicaliën. Wat men kan concluderen over de landschap effecten is dat als geheel heeft het fracking proces een zeer unieke grondstofwinning voetafdruk, in vergelijking met de andere types van grondstofwinning. Gemiddeld gezien is er 12 hectare verstoord land voor elke boorvloer welke gebouwd wordt. De range ligt tussen de 5 tot 20 hectare (Drohan P. D., 2013). Als men kijkt naar de gezondheidseffecten met betrekking tot schaliegas is er amper onderzoek geweest. Bamberger vond echter effecten op de huid, de luchtwegen, maag -en darmproblemen, neurologische problemen en reproductieve problemen bij dieren (Rabinowitz, 2013). Dit onderzoek was echter niet uitgebreid genoeg om iets over de effecten te kunnen zeggen.

Door middel van een GIS analyse is bepaald hoeveel boorvloeren en boorputten er in Nederland in de gasvelden welke winbaar zijn geplaatst kunnen worden. Hierbij is gekeken naar de Nederlandse wetgeving en de aangehouden dichtheid en voetafdruk van boorputten in Pennsylvania. Uitgaande van een gemiddelde van 3 boorputten per boorvloer in Nederland zal hiermee het totaal aantal schaliegas boorputten in Nederland op 1.218 boorputten komen. Als men dan kijkt naar de situatie in Nederland en wereldwijd is te zien dat "De industrie meer uitvoerig gebruik maakt van corrosiebestendige legeringen voor de meer corrosieve boorputten, in het bijzonder wordt dan de 13% chroom legering en andere vormen van Martensitisch staal" (Kane & Burman, 2012). Uitgaande van deze bronnen is te verwachten dat ook in Nederland, vooral door het corrosieve fracking vloeistof, al 5 % van de schaliegas boorputten in de eerste jaar lek zullen zijn, na 8 jaar 40%, tenslotte na 30 jaar zullen naar verwachting 60% van de schaliegas boorputten lek zijn (Smith, 1999), (John Martins, 2001) en (Kane & Burman, 2012). Over de Nederlandse situatie kan niet worden gezegd wat de effecten op het grondwater zullen zijn omtrent hoe ver het fracking vloeistof en geproduceerde water in de ondergrond in Nederland zullen komen. Ook is het grondwater welke in Pennsylvania zout is in de diepe ondergrond ook in Nederland in de diepe ondergrond zout (Zijp & Bergen, 2012). Het percentage aan vloeistof welke terugstroomt, zal naar verwachting ook in Nederland tussen de 20 en 30% zijn van het gebruikte water. In Nederland zijn er gebieden welke een veel hogere doorlatendheid hebben dan 0,05 meter per dag (doorlatendheid Pennsylvania), waardoor in deze gebieden de chemicaliën het drinkwater sneller zullen bereiken en verontreinigen. Het verbruik van de schaliegas activiteiten met 21,9 miljard zal dus op het waterverbruik in het geheel niet veel invloed uit oefenen. Echter wordt dan wel tussen 4,4 en 6,6 miljard liter aan vervuild afvalwater geproduceerd, welke uit de boorput afkomstig is. De chemicaliën welke in het afvalwater in Pennsylvania verwacht worden naar verwachting ook in Nederland gebruikt. Deze chemicaliën moeten voldoen aan de EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen. Ook staat in de Mijnbouwregeling dat het eroderen van de leidingen zoveel mogelijk voorkomen moet worden (Rijksoverheid, 2014). Ook is het gebruik van de volgende chemicaliën verboden; boorvloeistof die op dieselolie is gebaseerd en OPF-vloeistof. "Door de samenstelling van het afvalwater en de hoge concentraties stoffen hierin voldoet normale afvalwaterzuivering niet. Het afvalwater moet dus getransporteerd worden naar industriële zuiveringslocaties, waar bijvoorbeeld omgekeerde osmose en chemische scheiding kunnen worden toegepast. Een andere mogelijkheid is het afvalwater te injecteren in oude boorputten en deze hermetisch af te sluiten" (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013).

“Wanneer het afvalwater in contact komt met het oppervlaktewater – direct, of indirect via het (oppervlakkige) grondwater – zijn verzilting en vergiftiging de belangrijkste effecten op de getroffen aquatische systemen. De hoge saliniteit van het afvalwater, zowel door natriumchloride als door andere opgeloste macro-ionen, heeft grote consequenties voor organismen. De saliniteit van water is namelijk een belangrijke sturende factor in aquatische systemen, omdat die direct ingrijpt op de fysiologie van organismen” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). De voetafdruk van de boorvloer zelf plus de verstoring welke deze met zich mee brengt beslaat gemiddeld 2,7 hectare, met een brede range van 0,1 tot 19 hectare afhankelijk van het feit of er een waterbekken wordt gebruikt of niet bij de boor activiteiten. De verstoring waar hier over gepraat wordt, houdt in principe de seismische testen in, in combinatie met de verstoring welke veroorzaakt wordt door versnippering door de wegen en pijpleidingen welke zijn aangelegd. Als je kijkt naar schaliegas activiteiten in Pennsylvania zijn de compressoren daar een bron van geluidsoverlast op lange termijn (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Ook in Nederland zullen deze compressoren nodig zijn om het gas te kunnen verplaatsen van de ene naar de andere locatie, bijvoorbeeld van de boortoren richting de gasopwerkingsinstallatie. Zulke antropogene geluidbronnen kunnen nadelige effecten hebben op het voorkomen van zangvogels. Dit kan de instandhouding van de vogels welke onder de Natura 2000 soorten vallen bemoeilijken. De compressor welke veel luider is dan het geluid afkomstig van de voltooide boorvloer heeft op de vogels een veel groter effect. Er komen geen tot alleen weinig broedende vogels voor tot 60 meter van de compressor en zelfs dan komen alleen een paar soorten voor zoals meerkoet en graspieper. 400 meter vanaf de compressor is de verscheidenheid aan vogels al veel groter en kunnen ook soorten voorkomen zoals de grutto of de veldleeuwerik. De fitis en koekoek zijn het gevoeligst en komen pas op 600 en 700 meter afstand van een compressor voor.

De uiteindelijke conclusie van dit onderzoeksrapport is dat de effecten van schaliegas op de leefomgeving op veel gebieden zoals watergebruik een grote impact kunnen hebben, maar niet als dit over Nederland verspreid wordt. Ook is het mogelijk om vele boorputten in de gasvelden te boren, echter kijkend naar de casing problemen welke vooral schaliegasboorputten ondervinden is af te raden om te gaan fracken in de Nederlandse ondergrond. Ook zorgt de geluidsoverlast er voor dat vogels de gebieden waar de schaliegas activiteiten plaatsvinden zullen mijden. De boortorens zelf zullen in de gebieden zichtbaar zijn en kunnen van 800 meter afstand nog goed worden herkend. Ook het feit dat 's nachts belichting wordt gebruikt, maakt het dat de boortorens vooral in de nacht goed zichtbaar zullen zijn. Het watergebruik en afvalwater probleem is op te lossen, maar zal er voor zorgen dat elke boortoren een eigen grondwaterboorput en omgekeerde osmose systeem zal moeten hebben. Wat met het geconcentreerde afvalwater wat als afvalproduct ontstaat bij omgekeerde osmose gedaan moet worden, is een vraagstuk welke in een nieuw onderzoek belicht zal moeten worden. De effecten van de vele grondwateronttrekkingen, zal ook verder uitgezocht moeten worden. Over het oppervlakte watergebruik, kan kort gezegd worden dat dit in Nederland niet mogelijk zal zijn. Tenslotte kan men dus concluderen dat boren naar en het winnen van schaliegas mogelijk is, echter zullen eerst de problemen omtrent het watergebruik, afvalwaterzuivering en hoofdzakelijk lekkage opgelost moeten worden. Tot het moment dat deze problemen niet meer zullen bestaan is het af te raden om te beginnen met het boren naar schaliegas of het winnen er van, omdat de risico's op het moment te hoog zijn.

Summary

Extracting gas from shale is harder than sandstone, because the rock structure is much more compact and has a very low permeability. To be able to extract this gas from shale there are only two techniques. These techniques are horizontal drilling and fracking (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) and (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012). In various places in the world, companies are currently drilling for shale gas. Shale gas extraction takes place in most of the United States. In the past decade 150,000 wells were realized and right now, the shale gas production in the US accounts for 20% of the total gas production. Also in Canada, Australia, England, Germany and Poland shale gas is extracted or there are plans for shale gas extraction. The Shale gas potential in Europe, which is studied, includes Bulgaria, Hungary, Austria, Ireland, the Netherlands and Ukraine. Europe has an estimated shale gas reserve of 18.1×10^{12} m³ compared to the U.S. with 24.4×10^{12} m³. However, the geology in Europe is complex and the oil and gas are more expensive to extract from the soil, with probably three-and-a-half times more costs than in the United States (Morton, 2014).

Each company has its own development process, but in general, shale gas development has five stages of exploration and evaluation to achieve commercial development. Each of these stages are to collect information that is then analysed and used in the development of the next phase of technical information. These stages are: Identification and quantification of the gas field, evaluation drilling, pilot drilling, production test of the wellbore and commercial development. Drilling usually takes about two to four weeks in the United States, depending on many factors, including the depth of the well and the season. Drilling deeper gas fields can take up to two months. The holes can vary in size from less than an acre to two acres or more, depending on the depth of the well (New York State Department of Environmental Conservation, 2014). Horizontal drilling requires drilling a vertical well to a predetermined depth above the shale gas reservoir. However, horizontal wells are more expensive and more difficult to drill than vertical wells, but they make it possible to extract more gas from a single wellbore (Arthur, 2008). In most horizontal wells multiple fracking operations are required in order to effectively stimulate the reservoir. This process is called "multi-stage fracking" and consists of dividing the reservoir into sections, in which the rocks are then fracked separately around the horizontal portion of the drill pipe (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). The sand keeps the broken rock open and is a medium for the fracturing fluid to pass through the rock. In addition to water and sand, low concentrations of chemical additives are used to produce more gas (Cooke, et al., 1973) and (Arthur, 2008)).

The most remarkable data from the results is that each borehole needs an average of 18 million litres of water for fracking and completion of the well. About 80 percent of the fracking water remains in the shale reservoir, while about 20 percent flows back as contaminated waste. An average shale wellbore consumes 1.3 million gallons of water/MMBtu. The consumption is a minimum of 13 litres per megawatt hour and up to 19.5 litres per megawatt hour and this is less than most other energy sources. The next part is about the well integrity and here the main conclusion is that casing problems cause leaks to occur. However, leakage from the reservoir by a fault line directly to a drinking water reservoir is unlikely. 5% of the brand new boreholes are already leaking. If borehole get older, they tend to leak more. By the time the wells are ripe (offshore wells in the Gulf of Mexico for example, ripe after 15 to 25 years), a very significant percentage of the wells have a loss of integrity of the well bore, and are leaking. The main causes of corrosion of the production casing is; H₂S (sour gas with iron sulphide as a by-product), CO₂ (main cause of corrosion by gas produced), O₂ (main cause of corrosion in general), and bacteria (and by-products produced acid).

The shale gas industry in Pennsylvania produced a reported amount of total 1,454 million litres of toxic waste from hydraulic fracking in Pennsylvania in the first six months of 2012. Chemicals used in the fracking fluid are chemicals such as benzene, naphthalene, diesel fuel, hydrochloric acid, and

many other chemicals such as ethylene glycol and 2-butoxyethanol, which also flows back to the surface. However, there was no evidence of contamination of shallow drinking water wells in active drilling sites from deep saline groundwater or fracking fluid. The final conclusion of the report "Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems" is that if one looks at the differences between areas with and without shale gas activity, there were no differences in the biodiversity of fish and macro invertebrates in the measured concentrations of chemicals. What one can conclude about the landscape impact is that as a whole fracking process has a very unique resource extraction footprint, compared with other types of resource extraction. On average, there is 12 acres of disturbed land for each drill floor which is built. The range is between 5 to 20 hectares (Drohan P. D., 2013). If one looks at the health effects related to shale gas, there has been little research done. However Bamberger did find effects on the skin, respiratory, gastrointestinal problems, neurological problems and reproductive problems in animals (Rabinowitz, 2013). However, this study was not extensive enough to say anything about the effects and the relation to shale gas.

Through a GIS analysis it was determined how many floors and drilling wells can be placed in the gas fields in the Netherlands. We looked at the Dutch legislation and used the data about the density and footprint of wells in Pennsylvania. Assuming an average of 3 wells per drill floor in the Netherlands, the total number of shale gas wells in the Netherlands will be 1,218. If we then look at the situation in the Netherlands, and it can be seen that globally "The gas and oil industry use corrosion-resistant alloys for the more corrosive drilling wells, in particular 13% chromium alloys, and other forms of Martensitic Steel" (Kane & Burman, 2012). Looking at these sources it is to be expected that 5% of the shale gas wells in the first year will be leaking, after 8 years 40% of the wells, and after 30 years 60% of the shale gas wells (Smith, 1999), (John Martins, 2001) and (Kane & Burman, 2012). In the Dutch situation it cannot be said what the effects will be on how far fracking fluid and produced water will go through the subsoil in the Netherlands and perhaps contaminate drinking water sources. The groundwater which in Pennsylvania is salty in the deep underground, is also in the Netherlands in the deep subsurface salty (Zijp & Bergen, 2012).

The percentage of fluid which flows back, is expected to be between 20 and 30% of the water used in the Netherlands for fracking and completing the well. In the Netherlands there are areas which a much higher permeability than 0.05 meters per day (permeability in Pennsylvania), so in these areas the chemicals can reach the drinking water reservoirs much more quickly and contaminate it. The consumption of shale gas activities of 21.9 billion liters in total won't have a big influence. However, between 4.4 and 6.6 billion liters of contaminated waste water is produced, which has to be cleaned on-site or transported from the wellbore to a cleaning installation. The chemicals that are expected in the wastewater in Pennsylvania are also expected to be found in the Netherlands. These chemicals also have to comply with the EC regulation Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals. Also in the Mining Regulations it says that the erosion of the pipes must be prevented (Rijksoverheid, 2014). Also, the use of the following chemicals are prohibited; drilling fluid which is based on diesel and OPF-liquid. "The composition of the wastewater and the high concentrations of substances it cannot be treated in a regular wastewater treatment in the Netherlands. The waste water must therefore be transported to industrial waste water treatment sites, where, for example, reverse osmosis and chemical separation may be used. Another option is to inject the waste water into old wells and close this hermetically" (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013).

"When the waste water comes into contact with the surface water - directly, or indirectly through the (shallow) groundwater - salinization and poisoning will be the major impact on the affected aquatic systems. The high salinity of the wastewater, both sodium chloride and other dissolved macro-ions, has major consequences for organisms. The salinity of water is in fact an important controlling factor in aquatic systems, because it directly affects the physiology of organisms" (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). The footprint of the drill floor itself plus the

disruption is on average 2.7 hectares, with a wide range from 0.1 to 19 acres, depending on whether there is a water basin or not. The disturbance which is talked about here consists of seismic testing, in combination with the disturbance which is caused by fragmentation by the roads and pipelines. If you look at shale gas operations in Pennsylvania the compressor is a big source of noise in the long term (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). In the Netherlands, these compressors will be needed to be able to move from one location to another. Such anthropogenic sources may have adverse effects on songbirds. This may conflict with the conservation of birds covered by the Natura 2000 area regulations. The compressor which is much louder than the sound of the completed drill floor to the birds has a much greater impact. There are no or only little nesting birds up to 60 meters away from the compressor, and even then only a few species such as coots and meadow pipit can be found. 400 meters from the compressor the variety of birds much is larger, and also species such as the black-tailed godwit and the skylark can be found. The willow warbler and cuckoo are the most sensitive and only can be found out at 600 and 700 meters away from a compressor.

The final conclusion of this research is that the impact of shale gas on the environment in many areas such as the water use effects can have a big impact but will be less of an impact if the water use is spread over the whole Netherlands. It is possible for many wells to be drilled in the gas fields, however, looking at the casing problems which mainly shale gas wells have it is not advisable to start fracking in the Dutch subsurface. The noise also ensures that birds will avoid areas where shale gas activities take place. The rigs themselves will be visible in the area, and can still be recognized properly 800 meters away. Especially during the night the drilling rigs will be really visible. The water and wastewater problem is solvable, but will mean that every rig would need its own groundwater borehole, and reverse osmosis system. What should be done with the concentrated waste water which is a waste product created by reverse osmosis is an issue which will need to be further explored. The effects of many groundwater withdrawals should be too studied in a new study. About water surface and any water use that might occur there, it can be briefly stated that this will not be possible in the Netherlands. Finally, one can conclude that drilling and extracting shale gas is possible, however the issues around water use, wastewater and leakage need to be solved first. Until the moment that these problems will no longer occur, it is not advisable to start drilling for shale gas, because the risks are too high at the moment.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
1.1.	Probleembeschrijving	4
1.2.	Doel van het onderzoek	4
1.3.	Inperkingen en afbakingen	4
1.4.	Onderzoeksvragen	5
2.	Onderzoeksmethode	6
2.1.	Fase 1 Informatieverzameling	7
2.2.	Fase 2 Informatieanalyse	9
3.	Resultaten	11
3.1.	Wat is schaliegas	11
3.2.	Uit welke activiteiten bestaat het boren naar en het winnen van schaliegas	14
3.2.1.	Grondverwerving in Amerika	15
3.2.2.	Identificatie en kwantificatie van de gas voorraad	17
3.2.3.	Boren van een boorput	17
3.2.4.	Extractie proces	21
3.3.	Welke effecten op de leefomgeving is in de literatuur elders te vinden?	25
3.3.1.	Watergebruik	25
3.3.2.	Boorput integriteit	31
3.3.3.	Oppervlakte en grondwater effecten	44
3.3.4.	Landschap effecten	66
3.3.5.	Gezondheidseffecten	77
3.3.6.	Ecosysteem effecten	82
3.3.7.	De buitenlandse effecten samengevat	89
3.4.	Wat wordt er verstaan onder de Nederlandse leefomgeving	91
3.5.	Beschrijving leefomgeving van de casusgebieden	102
3.6.	Nederlandse wetgeving	119
4.	Analyse	130
4.1.	Wat zijn de verschillen tussen de leefomgeving in de buitenlandse literatuur en de Nederlandse leefomgeving	130
4.2.	Wat is te gebruiken voor de Nederlandse situatie	142
4.3.	Wat zijn de effecten voor de Nederlandse situatie	143
4.3.1	Aantal boorputten	143
4.3.2.	Lekkage van boorputten	144
4.3.3.	Watergebruik	146

4.3.4. Geproduceerd afvalwater	149
4.3.5. Oppervlakte en grondwater effecten.....	152
4.3.6. Voetafdruk.....	154
4.3.7. Geluidsoverlast.....	154
4.4. Beschrijving leefomgeving effecten van de casusgebieden.....	157
5. Discussie	168
6. Conclusie	169
7. Extra informatie over schaliegas	170
Bronnenopgave	171
Bijlagen	186
Bijlage 1 – Hydraulisch fracking methode.....	186
Bijlage 2 – Chesapeake watergebruik gegevens	189
Bijlage 3 – Chesapeake watergebruik efficiëntie	190
Bijlage 4 – Concentraties van chemicaliën in het terug gestroomde zoute grondwater.....	191
Bijlage 5 – Geohydrologische dwarsdoorsnede Groningen	193
Bijlage 6 – geologische dwarsdoorsnede Groningen	194
Bijlage 7 – Geohydrologische dwarsdoorsnede Friesland.....	195
Bijlage 8 – Geologische dwarsdoorsnede Friesland	196
Bijlage 9 – Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond	197
Bijlage 10 – Grenswaarden van verstoring door geluid per vogelsoort.....	198

1. Inleiding

Fossiele brandstoffen

Wereldwijd raken de fossiele brandstoffen geleidelijk op. Schaliegas is een fossiele brandstof, die nog in grote hoeveelheden winbaar wereldwijd aanwezig is. Schaliegas is aardgas dat wordt gewonnen uit schalie. Om dit gesteente te bereiken worden boringen uitgevoerd die horizontaal worden voortgezet, zodra de steenlaag bereikt is. Aangezien boringen niet voldoende zijn om het gas te doen vrijkomen, wordt er hydraulisch gefracked. Hierbij wordt onder hoge druk grote hoeveelheden water, zand en chemicaliën ingespoten.

In de Verenigde Staten bestaat ongeveer 35 % van de gaswinning uit schaliegas. In veel gevallen zijn reserves van nieuw ontdekte velden in de Verenigde Staten te hoog in geschat geweest. In de Verenigde Staten is de voorraad door de United States Geological Survey zelfs met 80 % naar beneden bijgesteld. Ook in Europa wordt onderzoek gedaan naar mogelijke wingebieden. In Polen, waar de grootste Europese velden werden verwacht, viel het dik tegen voor de bedrijven. (Meijer, 2013)

Schaliegas in Nederland

Voor Nederland heeft een aantal ondernemingen toestemming gekregen om proefboringen uit te voeren naar de winbaarheid van schaliegas. Onder meer in Boxtel en Haaren is men van plan om proefboringen te gaan verrichten. (Brabants Dagblad, 2010) De proefboringen kosten naar schatting tussen de 10 en 20 miljoen euro per boring en de totale duur van de boringen is ongeveer 4 jaar. Bij bewezen reserves kan de schaliegas productie gauw starten, nadat er schaliegas gevonden is (Brabants Dagblad, 2010). Het is politiek gezien een heel gevoelig thema (Zijp M. , Schaliegas in Nederland, 2013) en (Witteveen+Bos; Arcadis; Fugro; Ministerie van Economische Zaken, 2013). De gevoeligheid van dit thema komt vooral door het feit dat “als er aanzienlijke hoeveelheden schaliegas in de Nederlandse bodem blijken te zitten, kan dat voor de economie een behoorlijke opsteker betekenen. In de Verenigde Staten heeft de vondst van grote hoeveelheden schaliegas geleid tot een flinke opleving van de industrie. De industrie gebruikt dat gas als goedkope brandstof en heeft zo een concurrentievoordeel ten opzichte van Europese concurrenten. Er gaat veel omzet en zo ook werkgelegenheid, verloren.” (Philip Willems, 2013). Er spelen vooral economische belangen.

Recent zijn er in Nederland onderzoeken gedaan door onder andere Witteveen+Bos, Arcadis, Fugro en Ministerie van Economische Zaken, welke hebben aangetoond dat “het boren naar schaliegas geen nadelige effecten zou hebben op de volksgezondheid en dat de risico's op grond- en drinkwatervervuiling door methaan en frack vloeistof klein en beheersbaar zijn in Nederland, omdat de Schaliegasformaties op grote diepte liggen, er hoge eisen gesteld worden aan de kwaliteit van de boorput en er vanuit de wetgever toezicht en handhaving is. Het risico op gasdoorslag naar watervoerende lagen via een lekkende boorgatafdichting is weliswaar niet schaliegas specifiek, maar zou door de werking van het (herhaaldelijk) fracken en het daardoor aantasten van de boorgatafdichting bevorderd kunnen worden. De risico's op ondiep grondwater, oppervlaktewater- en bodemvervuiling door morsingen en lekkages zijn in Nederland klein en beheersbaar, omdat er op de boorlocatie vloeistofdichte vloeren en opslag van proceswater in tanks vereist zijn” (Witteveen+Bos; Arcadis; Fugro; Ministerie van Economische Zaken, 2013).

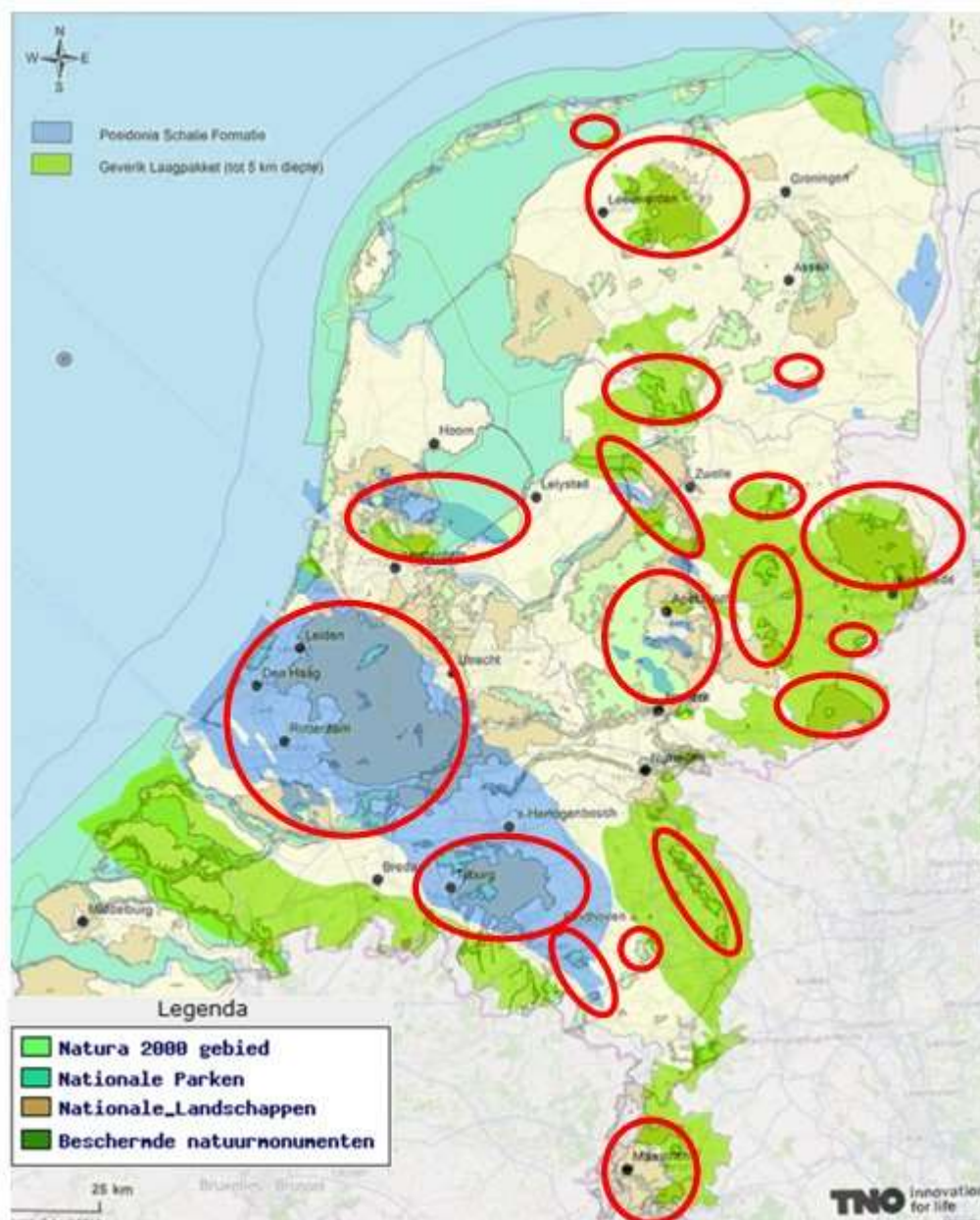
Het rapport van Witteveen+Bos, Arcadis, Fugro en Ministerie van Economische Zaken heeft als conclusie ‘boren naar schaliegas kan veilig.’ “De minister liet in een persconferentie daarop weten ‘positief’ te staan tegenover de ontwikkeling van het schaliegas. Actieorganisatie Schaliegasvrij Nederland plaatst echter vraagtekens bij de objectiviteit van de schrijvers van het rapport. Volgens de organisatie hebben twee van de drie ingenieursbureaus, die meeschreven aan het rapport mogelijk financiële belangen bij het winnen van schaliegas” (Redactie DuurzaamBedrijfsleven.nl,

2013) “Deze zouden veel geld verdienen aan de schaliegasontwikkeling in Amerika,” (Willem Jan Atsma, 2013).

De objectiviteit van de twee ingenieursbureaus is in het geding. Bij Arcadis is dit het geval door de door hun geëxploiteerde in de VS bestaande afdeling die gespecialiseerd is in (afval)watermanagement en milieudiensten ten behoeve van de (on)conventionele olie- en gassector. Kort zoekend op hun Amerikaanse website is de volgende statement te vinden; “De olie en gasindustrie bestaat uit verschillende segmenten bovenstrooms, halverwege, benedenstrooms en alternatieve energiebronnen en elk segment heeft unieke behoeften en eisen in de wereldwijde markt. ARCADIS heeft gewerkt binnen al deze deelmarkten en begrijpt hun respectieve behoeften / nuances. Om zo goed mogelijk onze Olie & Gas klanten te bedienen, hebben we een gespecialiseerd mondiaal leiderschap team om directe ervaring in ter plekke te kunnen bieden zoals sanering, vergunning, planning, naleving- en accountantscontroles” (ARCADIS, 2014). Arcadis geeft zelf duidelijk aan in contact te staan met Olie & Gas klanten. Het ingenieursbureau Fugro verzorgt bodemonderzoek en consultancy voor dezelfde branche. Zoals het ingenieursbureau zelf al aangeeft is hun doel “om te leiden in alle markten waarin wij actief zijn, dus het genereren van groei en superieure winst en rendement voor onze aandeelhouders. Fugro voert haar activiteiten uit over de hele wereld, on-shore, offshore en vanuit de lucht en zijn vooral gericht op de volgende markten: olie en gas, bouw en infrastructuur, mijnbouw, duurzame energie, publieke sector en andere sectoren. En Fugro realiseert deze missie door; klantgerichtheid, het aanbieden van hoge kwaliteit, innovatieve diensten en een wereldwijde aanwezigheid, waarbij de uitwisseling van kennis en expertise, zowel intern als extern met de opdrachtgever, een centrale rol speelt” (Fugro, 2014).

Het ministerie van Economische Zaken zegt “dat het onderzoek door een Europese aanbestedingsprocedure tot stand gekomen is en hierbij de onafhankelijkheid van de onderzoekers nadrukkelijk heeft getoetst” (Redactie DuurzaamBedrijfsleven.nl, 2013). Over de onafhankelijkheid van de hoofdauteur van het rapport, ingenieursbureau Witteveen+Bos, wordt niet getwijfeld. Ook wordt in het rapport van Witteveen+Bos, Arcadis, Fugro en Ministerie van Economische Zaken niet ingegaan op de gebied specifieke effecten en zijn de activiteiten rond het boren naar schaliegas minimaal in kaart gebracht. Recent onderzoek geeft aan dat er in Amerika wel degelijk effecten zijn gevonden in gebieden met voor de Verenigde Staten de strengste fracking regelgeving (Jackson R. , 2013), (Van Briesen, 2013) en (Ingraffea, 2013). In hoofdstuk 3 paragraaf 3.7. is meer te lezen over de gevonden effecten. Voor meer detail kunnen ook paragraaf 3.1. tot 3.6. van hoofdstuk 3 worden geraadpleegd.

In het rapport van Vitens werd aangegeven, dat er conflictgebieden bestaan met betrekking tot de drinkwatergebieden. Om een beeld te krijgen van de conflictgebieden met betrekking tot flora en fauna is er een kaart gemaakt gebaseerd op data van TNO, (Eijsink, 2013) en (Kadaster, Geonovum, Geodan, Vrije Universiteit, Anaximander, ESRI Nederland, 2013). Dit om een beeld te schetsen waar zich mogelijk conflictgebieden bevinden. De mogelijke casusgebieden welke extra kwetsbaar voor menselijke ingrijpen zijn zullen als een voorbeeld worden gebruikt om de effecten beter in kaart te brengen. Zo op de kaart (zie figuur 1) te zien is, zijn er meerdere natura 2000 gebieden en andere beschermde gebieden die boven potentiële schaliegas gebieden liggen. De met de rode cirkel gemarkeerde gebieden in de kaart zijn de mogelijke conflictgebieden.



Figuur 1; bron: (TNO, 2013), (Kadaster, Geonovum, Geodan, Vrije Universiteit, Anaximander, ESRI Nederland, 2013)

1.1. Probleembeschrijving

Het rapport van Witteveen+Bos, Arcadis, Fugro en Ministerie van Economische Zaken heeft als conclusie ‘boren naar schaliegas kan veilig.’ “De minister liet in een persconferentie daarop weten ‘positief’ te staan tegenover de ontwikkeling van het schaliegas. Actieorganisatie Schaliegasvrij Nederland plaatst echter vraagtekens bij de objectiviteit van de schrijvers van het rapport. Volgens de organisatie hebben twee van de drie ingenieursbureaus die meeschreven aan het rapport mogelijk financiële belangen hebben bij het winnen van schaliegas” (Redactie DuurzaamBedrijfsleven.nl, 2013) “Deze zouden veel geld verdienen aan het schaliegas ontwikkeling in Amerika,” (Willem Jan Atsma, 2013). De organisatie heeft daarom baat bij het hebben van objectief onderzoek op het gebied van schaliegas en dan vooral kijkend naar de thema’s (gebied specifieke effecten en de activiteiten rond het boren naar schaliegas) welke zijn onderbelicht in het rapport van Witteveen+Bos, Arcadis, Fugro en Ministerie van Economische Zaken.

1.2. Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk krijgen van de effecten van de boringen naar en de winning van schaliegas en de daarbij komen kijkende activiteiten in de Nederlandse situatie.

1.3. Inperkingen en afbakingen

Binnen het onderzoek zullen de volgende dingen niet worden meegenomen; Er worden alleen effecten benoemd die direct met de leefomgeving te maken hebben. Gevonden informatie over politieke, sociale en economische effecten worden niet verder uitgewerkt. Er zal geen onderzoek worden gedaan naar kosten van de implementatie van schaliegas.

De focus van dit onderzoek ligt op het gebied van effecten op de directe leefomgeving in de casusgebieden (e.g. effecten op de ecologie). Bodemdaling in de gebieden word niet berekend, omdat hiervoor de druk in het schaliegasveld bekend moet zijn en de hoeveelheid gas welke daaruit maximaal onttrokken zal worden (Ruud Van Boom, 2014). Het Waddenzee gebied zelf wordt niet meegenomen in dit onderzoek, door het feit dat de interacties tussen flora en fauna in dit gebied en de mogelijke effecten van de chemicaliën welke bij het boren naar schaliegas worden gebruikt een studie op zich is. Wel wordt het kustgebied meegenomen en ook de flora en fauna van het Waddenzee gebied zoals broedvogels welke gebruik maken van landbouw arealen dichtbij de kust. Er wordt dus alleen naar on-shore effecten gekeken.

1.4. Onderzoeksvragen

Op basis van het bovenstaande is de volgende hoofdvraag geformuleerd: *Welke effecten heeft het boren naar en het winnen van schaliegas en de daarbij behorende activiteiten op de Nederlandse leefomgeving?*

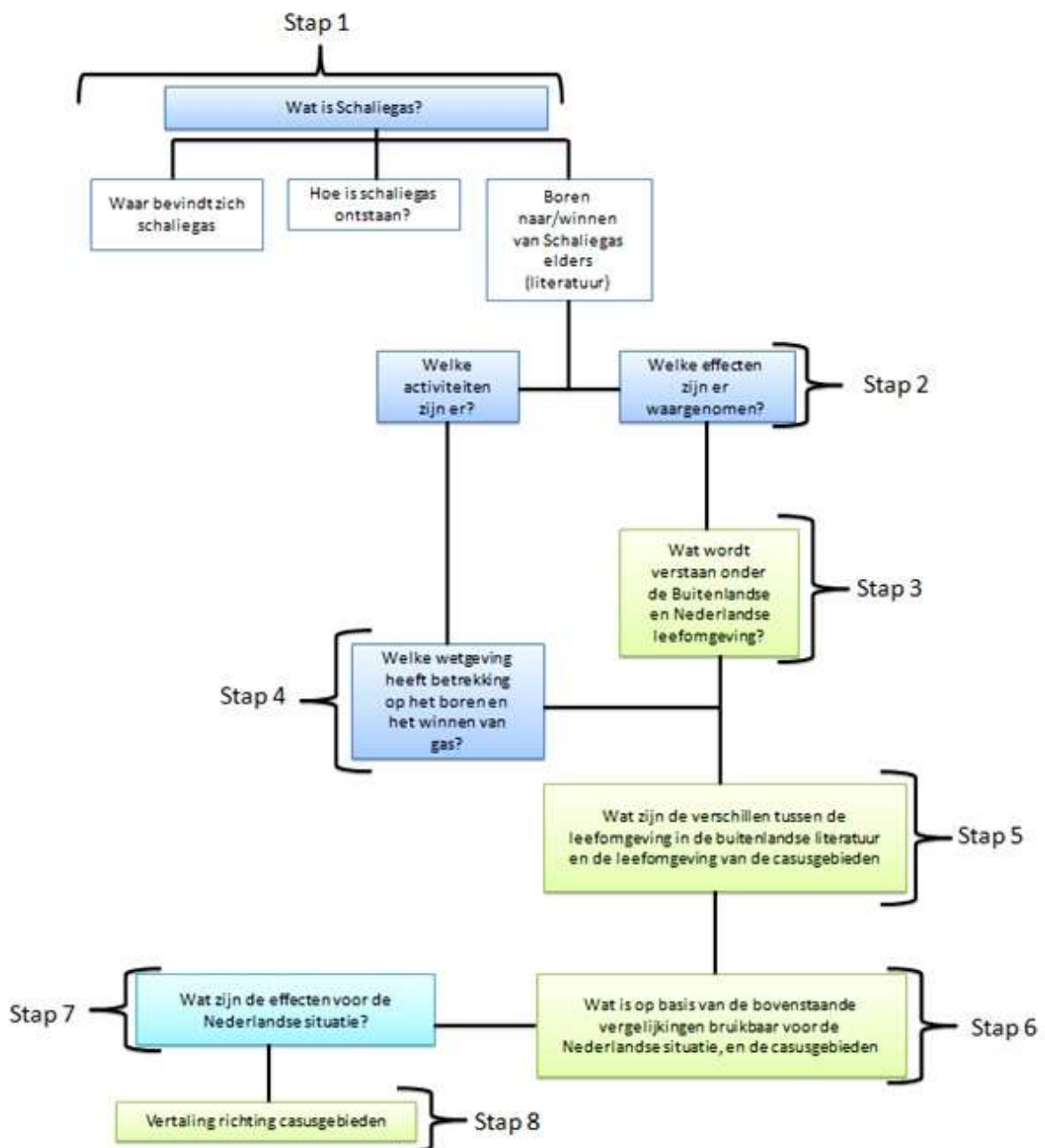
Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn deelvragen geformuleerd om tot een gedegen uitkomst van het onderzoek te kunnen komen.

Dit levert de volgende deelvragen op:

1. Wat is Schaliegas?
2. Uit welke activiteiten bestaat het boren naar en het winnen van schaliegas?
3. Welke effecten op de leefomgeving is in de literatuur elders te vinden?
4. Wat wordt er verstaan onder de Nederlandse leefomgeving?
5. Wat zijn de mogelijkheden van het implementeren van schaliegas binnen de bestaande Europese en Nederlandse wetgeving?
6. Wat zijn de verschillen tussen de leefomgeving in de buitenlandse literatuur en de Nederlandse leefomgeving en hoe wordt dit vertaald?
7. Wat is op basis van de vergelijkingen welke in deelvraag 6 verricht zijn bruikbaar voor de Nederlandse situatie?
8. Welke effecten op de Nederlandse leefomgeving zijn er te verwachten in relatie tot het boren naar en het winnen van schaliegas?
9. Wat zijn de leefomgeving eigenschappen van de casusgebieden welke invloed ondervinden van de activiteiten en effecten behorende bij het boren naar en het winnen van schaliegas?
10. Welke effecten met betrekking tot het boren naar en het winnen van schaliegas zijn specifiek op de leefomgeving te verwachten voor de casusgebieden?

2. Onderzoeksmethode

Het onderzoek is in twee fasen opgezet namelijk fase 1 informatieverzameling en fase 2 Analyse en interpretatie. Hieronder wordt per deelvraag uiteengezet hoe de werkwijze is. In onderstaand stappenplan is te zien welke stappen doorlopen moeten worden om de hoofdvraag van het onderzoeksrapport te kunnen beantwoorden. De blauwe rechthoeken (zie figuur 2) welke zijn opgevuld zijn deelvragen die in het hoofdstuk resultaten worden behandeld. De niet opgevulde rechthoeken vallen onder een deelvraag. De groene rechthoeken welke zijn opgevuld zijn deelvragen welke in het hoofdstuk analyse worden behandeld. En tenslotte de licht blauwe rechthoeken welke is opgevuld is een deelvraag welke in het hoofdstuk conclusie wordt beantwoordt. In dit hoofdstuk zal per deelvraag worden beschreven welke stappen worden ondernomen en welke methode wordt gebruikt om tot een resultaat te komen, dus een antwoord te geven op de deelvraag.



Figuur 2; Stappenplan voor het onderzoeksrapport

2.1. Fase 1 Informatieverzameling

Deelvraag 1 – Wat is schaliegas?

Eerst wordt met behulp van een kort literatuuronderzoek een algemeen beeld geschetst van schaliegas. Hierin zal oppervlakkig worden gekeken naar het proces van het boren, waar zich schaliegas bevindt, op welke diepte en hoe het is ontstaan. Er zal hoofdzakelijk gebruikt worden gemaakt van buitenlandse literatuur op het gebied van boren naar schaliegas en het ontstaan ervan. Met behulp van gegevens van instanties zoals het TNO, zal getracht worden om te beschrijven waar in Nederland zich schaliegas bevindt en hoe diep. De zoektermen schaliegas, shale gas, shalegas worldwide/global en varianten daarop worden gebruikt, maar ook Shalegas USA en Shalegas Canada.

Resultaat: beschrijving van het voorkomen van schaliegas wereldwijd en in Nederland en een beschrijving van het proces van het ontstaan van schaliegas met een gedetailleerdere beschrijving van de winning van schaliegas en het boorproces.

Deelvraag 2 - Uit welke activiteiten bestaat het boren naar en het winnen van schaliegas?

Om meer over de effecten te kunnen zeggen, wordt er een literatuuronderzoek gedaan naar alle activiteiten rond de boringen en het winnen van het gas. Er wordt hier hoofdzakelijk getracht om informatie van de bedrijven zelf en die vanuit gedane onderzoeksrapporten te vinden. Deze informatie wordt gecombineerd tot een stuk tekst over alle gevonden activiteiten met betrekking tot het boren naar schaliegas. Deze activiteiten bestaan uit alle on-site en off-site activiteiten met betrekking tot het verkrijgen van schaliegas. Eerst zal er op het thema schaliegas in het algemeen worden gezocht waarna er steekwoorden gevonden kunnen worden met betrekking tot de activiteiten welke het boren naar schaliegas en alle bijbehorende activiteiten horen. Daarna worden de referenties gebruikt om meer informatie over de activiteiten met betrekking tot het winnen van schaliegas te vinden. De zoektermen schaliegas activiteiten, shale gas development activities worden gebruikt, maar ook Shalegas USA en shale gas development process. Daarna wordt verder gezocht met de gevonden activiteiten als steekwoorden. Dit houdt in dat de naam van de activiteit gebruikt wordt om meer informatie te vinden over deze activiteit.

Resultaat: Gedetailleerdere beschrijving van de activiteiten met betrekking tot de winning van schaliegas en het boorproces.

Deelvraag 3 - Welke effecten op de leefomgeving is in de literatuur elders te vinden?

Welke effecten met betrekking tot het boren naar en het winnen van schaliegas zijn specifiek op de leefomgeving te verwachten voor de casusgebieden? Met behulp van literatuuronderzoek wordt er getracht alle te verwachten effecten in kaart te brengen. Eerst zal er op het thema schaliegas in het algemeen worden gezocht waarna er steekwoorden gevonden kunnen worden met betrekking tot de effecten welke het boren naar schaliegas en alle bijbehorende activiteiten horen. Om de kans op het vinden van onderzoeksrapporten en artikelen met betrekking tot de effecten van schaliegas op de leefomgeving te vergroten worden de zoektermen schaliegas, shale gas, shale gas effects, shale gas effects on environment, The effects of shale gas development on ecosystems, marcellus gas environment frack shale gas fluids, How fracking technology is changing landscapes compared to past resource extraction disturbance, effecten schaliegas en varianten daarop worden gebruikt. Ook wordt gekeken op de homepage van de bron, om te kijken of meer informatie aanwezig is. Daarna worden ook bij deze deelvraag de referenties gebruikt om meer informatie over de effecten met betrekking tot het winnen van schaliegas te vinden.

De manier waarop literatuur gezocht wordt, vindt als volgt plaats; Eerst wordt er gekeken naar de volgende vragen:

- Welk onderzoek is al gedaan over dit onderwerp?
- Wat zijn de deelgebieden van het onderwerp die nog moeten worden verkend?

- Welke andere onderzoeken (misschien niet direct op het onderwerp) zijn er die relevant zijn voor het onderzoek?
- Hoe verhouden deze subonderwerpen en andere onderzoeken zich met het onderzoek?

Binnen het rapport wordt gefocust op academisch gezaghebbende teksten zoals academische boeken, tijdschriften, onderzoeksrapporten en overheidspublicaties. Ook wordt Google Scholar gebruikt voor het vinden van onderzoeksrapporten en presentaties over het thema. (University of Reading, sd) Zo in het online artikel werd gezegd “Je kunt overzichtsartikelen die de ontwikkelingen in uw vakgebied vinden. Deze zijn zeer nuttig voor het identificeren van relevante bronnen - maar ga terug naar de oorspronkelijke teksten en ontwikkel je eigen kritische analyse indien mogelijk.” (University of Reading, sd)

Gevonden informatie over politieke, sociale en economische effecten worden niet verder uitgewerkt. Er worden alleen effecten benoemd die direct met de leefomgeving te maken hebben. Wanneer alle gevonden teksten zijn gelezen, wordt de belangrijkste informatie samengevat en becommentarieert. Dan wordt gekeken of er nog leemtes zijn in de informatie over dit thema en indien van wel, wordt er naar meer informatie gezocht.

Er worden wel grenzen gesteld aan de tijd, welke in de tijdsplanning staat beschreven. Er wordt getracht met het literatuuronderzoek de grootste en belangrijkste teksten van het thema te vinden en gelezen te hebben. De belangrijkste teksten in het vakgebied worden geïdentificeerd door literatuurlijsten te controleren om te zien welke teksten vaak worden geciteerd. Als de zelfde of zeer vergelijkbare standpunten in de gevonden teksten naar voren komt, is dit een teken dat het verzadigingspunt bereikt is. (University of Reading, sd)

Resultaat: Gedetailleerdere beschrijving van de waargenomen effecten.

Deelvraag 4 - Wat wordt verstaan onder de Nederlandse leefomgeving?

Door literatuuronderzoek wordt er getracht om de leefomgeving te kunnen definiëren. Er zal vooral worden gekeken naar de componenten van de leefomgeving welke worden beïnvloed door de activiteiten en de gevonden effecten in de buitenlandse literatuur. De componenten welke gevonden zullen worden, worden daarna uitvoerig beschreven met behulp van literatuur op het gebied van de thema's van de componenten van de leefomgeving. Dus welke componenten van de leefomgeving worden binnen de buitenlandse literatuur beïnvloed. Daarna worden deze componenten in de Nederlandse situatie geïdentificeerd en beschreven. Het uiteindelijke doel zal zijn om een goede beschrijving te maken van het gedeelte van de Nederlandse leefomgeving welke in het onderzoeksrapport behandeld zal worden.

Het casusgebied te Veenwouden is hoofdzakelijk gekozen om de volgende reden; In dit gebied geldt de Natuurbeschermingswet 1998 en Flora en Fauna wet. Deze wetgeving geldt daar mede door de kwetsbaarheid van het gebied ten opzichte van de ecologie en stabiliteit binnen dit natuurgebied.

Het casusgebied te Delfzijl ligt hoofdzakelijk in de gemeente Loppersum welke een gemeente is in Noord-Nederland, in de provincie Groningen. De gemeente wordt vaak genoemd als epicentrum van de aardbevingen als gevolg van de bodemdaling door de winning van aardgas (Van Aalst, 2014). Ook staat de gemeente onder toezicht van het rijk door de Artikel 12-status. Het hebben van het artikel 12-status voor een Nederlandse gemeente betekent dat deze onder financiële curatele is gesteld door het Rijk vanwege een structureel slechte financiële situatie. Deze gemeente krijgt van de rijksoverheid extra geld in ruil voor een streng financieel toezicht (Koster, 2014) Het gebied te Delfzijl is interessant voor dit onderzoek doordat hier al effecten zichtbaar zijn met betrekking tot boren naar gas, echter moet hier wel gezegd worden dat de effecten van conventionele boringen en die van schaliegas boringen niet hetzelfde zijn (Atsma, 2014).

De data die voor dit vooronderzoek wordt gebruikt zal hoofdzakelijk van het AHN, TNO, Alterra, Provincie Friesland, Provincie Groningen, Waterschap Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân afkomstig zijn. De kaarten die hieronder in de volgende paragrafen zijn gepresenteerd geven een eerste indruk van het gebied.

Resultaat: Beschrijving welke componenten in de buitenlandse literatuur worden beïnvloed. Beschrijving van de Nederlandse leefomgeving kijkend naar de effecten welke zijn waargenomen in de buitenlandse literatuur en een beschrijving van de leefomgeving van de casusgebieden.

Deelvraag 5 - Welke wetgeving heeft betrekking op het boren en het winnen van gas?

Doordat het gebruik van schaliegas nog niet in de wetgeving is verwerkt (2-februari-2014), kunnen de activiteiten en effecten van schaliegas niet precies worden beoordeeld met de wetgeving die voorhanden is. Daarom wordt er gekeken naar de wetgeving met betrekking tot conventionele gaswinning.

Er wordt gekeken naar de wetgeving op de officiële website van de rijksoverheid en er zal ook contact worden gelegd met bestaande bedrijven welke boringen verrichten en gas winnen over welke wetgeving voor deze activiteiten van belang zijn. De bestaande wetgeving zal worden gebruikt om de verplichtingen op het gebied van veiligheid van de bedrijven welke naar schaliegas zullen boren inzichtelijk te maken en kijken welke beperkingen worden gelegd in de buurt van gebieden zoals natura 200 gebieden en drinkwatergebieden. Ruud Van Boom gaf aan dat “ondanks de verschillen tussen de onconventionele gaswinning en conventionele gaswinning, beide manieren van gaswinning zich aan de zelfde wetgeving zal moeten houden” (Boom, 2014).

Op de website van het NL Olie- en Gasportaal werd verwezen naar meerdere bronnen (NL Olie- en Gasportaal, 2014) met betrekking tot de wetgeving en ook op de website van de Staatstoezicht op de Mijnen. Per paragraaf wordt een wet toegelicht welke betrekking heeft tot gaswinning. Aan deze wetgeving worden de wetten genaamd Natuurbeschermingswet 1998 en Flora en Fauna wet toegevoegd, om regelgeving met betrekking tot natuurgebieden ook mee te nemen binnen het onderzoek.

Resultaat: Lijst van wetgeving welke betrekking heeft tot het boren naar en het winnen van gas en onderbouwing waarom deze wetgeving van belang is.

2.2. Fase 2 Informatieanalyse

Deelvraag 6 - Wat zijn de verschillen tussen de leefomgeving in de buitenlandse literatuur en de Nederlandse leefomgeving en hoe wordt dit vertaald?

Nadat de Nederlandse leefomgeving beschreven en bekend is aan de hand van de buitenlandse literatuur, zal getracht worden om de verschillen tussen de buitenlandse en Nederlandse situatie te beschrijven. Er zal gekeken worden op basis van de vorige stap welke verschillen tussen beide situaties aanwezig zijn. Deze beschrijving is noodzakelijk om de effecten in de Nederlandse situatie te kunnen voorspellen.

Om deze verschillen inzichtelijk te krijgen zal gebruikt worden gemaakt van buitenlandse literatuur over de gebieden welke in de buitenlandse literatuur over de activiteiten en effecten worden genoemd. Als men het thema drinkwater bekijkt zal er naar verschillen in de geologie, hydrologie, drinkwaterwinning en drinkwaterbereiding worden gekeken, om zo te achterhalen of zich ook in Nederland een effect voor zal doen. Per thema worden vergelijkbare stappen onderlopen om zo een beeld te vormen van de verschillen tussen de leefomgeving daar en in Nederland.

Resultaat: Gedetailleerde beschrijving van de verschillen tussen componenten van de leefomgeving in de buitenlandse literatuur en de leefomgeving van de casusgebieden en de verschillen tussen de relevante wetgeving.

Deelvraag 7 - Wat is op basis van de bovenstaande vergelijkingen bruikbaar voor de Nederlandse situatie en de casusgebieden?

Er zal bekeken worden welke verschillen wel en welke niet te vertalen zijn. Als een verschil niet te vertalen valt, dan wordt alleen beschreven waarom niet. Als het wel te vertalen is, dan wordt dit effect en component verder uitgewerkt in stap 7. Nadat alle verschillen in kaart zijn gebracht zal er gekeken worden naar de bruikbaarheid van het materiaal. Dit zal hoofdzakelijk inhouden dat er gekeken zal worden of de effecten welke in de buitenlandse literatuur gevonden zijn, in de Nederlandse situatie ook voorkomen en uiteindelijk welke effecten gebruikt zullen worden en welke niet. In deze stap zal dan ook worden toegelicht waarom effecten wel of niet worden meegenomen in de verdere beschrijving van de effecten in de Nederlandse situatie.

Resultaat: Lijst van effecten en componenten welke vertaald naar kunnen worden naar de Nederlandse situatie.

Deelvraag 8 - Welke effecten met betrekking tot het boren naar en het winnen van schaliegas zijn specifiek op de leefomgeving te verwachten voor de casusgebieden?

Aan de hand van het literatuuronderzoek wordt er contact gelegd, hoofdzakelijk met instanties zoals het AHN, TNO, Alterra. Dit wordt gedaan om zo meer gedetailleerdere informatie over het gebied te krijgen. Er moet verder ook samenwerking worden gezocht met het nationaal park de oude Feanen om ook de natuurwaarden in dit onderzoek volledig mee te kunnen nemen. Ook moet er in overleg met het Waterschap Noorderzijlvest en het Wetterskip Fryslân de grondwater- en polderstanden boven water komen om zo inzicht te krijgen in het gehanteerde peilbeheer. De verschillen worden vertaald door de effecten welke in de buitenlandse literatuur benoemd zijn in de casusgebieden toe te passen, rekening houdende met o.a. de geologie van de gebieden, maar ook andere componenten van de leefomgeving welke in stap 3 bepaald zijn. Dit zal inhouden dat in deze stap alleen de effecten worden vertaald, er zullen geen conclusies worden gemaakt.

Onder effecten worden hier effecten verstaan welke invloed hebben op de leefomgeving. Er zullen kaarten worden gemaakt, waarop te zien is wat het gebied is welke door het schaliegas boringen zullen worden beïnvloed, welke met de bestaande wetgeving en kennis over de effecten worden toegelicht op het gebied van effecten voor de gebieden.

Resultaat: Vertaling van effecten in de buitenlandse situatie naar de Nederlandse situatie, dus de casus gebieden.

Deelvraag 9 - Welke effecten op de Nederlandse leefomgeving zijn er te verwachten in relatie tot het boren naar en het winnen van schaliegas?

Nadat de effecten vertaald zijn naar de Nederlandse situatie zal geconcludeerd worden welke effecten daadwerkelijk in de casusgebieden kunnen voorkomen en waar ze voorkomen in de casusgebieden. Nu bekend is welke effecten in de Nederlandse situatie aanwezig kunnen zijn, worden al deze effecten beschreven. Dit zal inhouden dat beschreven zal worden welke de effecten in de Nederlandse situatie zullen voorkomen en wat het effect inhoud voor de componenten van de leefomgeving.

Resultaat: Beschrijving van de effecten welke in de casusgebieden te verwachten zijn.

3. Resultaten

3.1. Wat is schaliegas

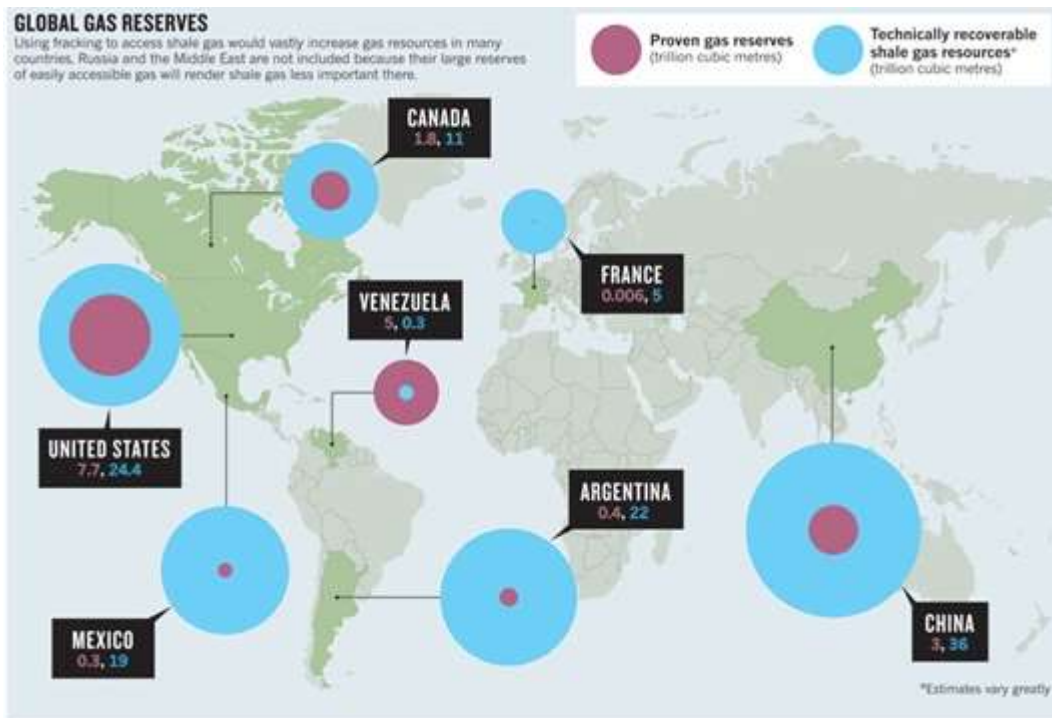
Net als alle fossiele brandstoffen, is aardgas afkomstig van organisch materiaal begraven onder het aardoppervlak. Warmte, druk en bacteriën hebben dit organisch materiaal omgezet in olie. In bijzonder diepe en warme gebieden ondergronds, is deze olie vervolgens omgezet in aardgas. Na verloop van tijd, beweegt een deel van dit aardgas door kleine poriën in de omringende rots in de richting van het aardoppervlak, waar het ofwel wordt vrijgegeven in de atmosfeer of gevangen door dichte klei en rotsen die verdere migratie voorkomen (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Aardgas wordt vaak aangemerkt als conventioneel of onconventioneel. Conventioneel aardgas is aardgas wat bijvoorbeeld van het Groninger-gasveld afkomstig is. Dit aardgas bevindt zich als een reservoir van gas onder een rotslaag met lage permeabiliteit en stroomt vrij naar de oppervlakte nadat de put wordt geboord. Onconventioneel aardgas daarentegen is moeilijker te winnen, omdat het gas in gesteente met een zeer lage permeabiliteit gevangen is. Onconventioneel aardgas kan daarom niet vrij stromen naar de oppervlakte nadat de put wordt geboord. Schaliegas is aardgas opgesloten in een leisteen laag, ook wel schalie genoemd (CSUR, 2013).



Figuur 3; Schalie, Bron (CSUR, 2013)

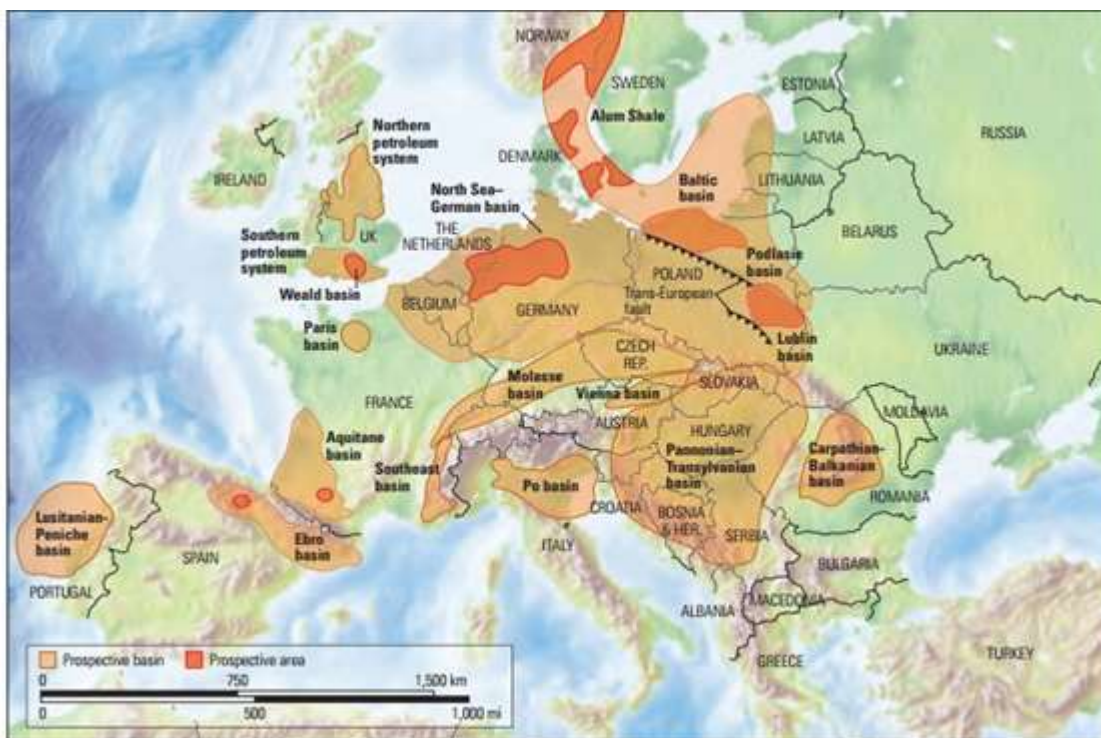
De gashoudende schalie (figuur 3) bevindt zich in ons land vaak meer dan 2 km diep. Gas winnen uit schalie is lastiger dan uit zandsteen, omdat de structuur van het gesteente veel compacter is en een zeer lage permeabiliteit heeft. Om dit gas wel uit schalie te kunnen winnen worden hoofdzakelijk twee technieken gebruikt. Deze technieken zijn horizontaal boren en fracking (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) en (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012).

Op verschillende plaatsen in de wereld (zie figuur 4) wordt geboord naar schaliegas. Schaliegas winning vindt plaats in het grootste deel van de VS. In het afgelopen decennium zijn daar 150.000 putten gerealiseerd. Op dit moment is het schaliegas productie goed voor 20 % van het totale gas productie in de VS. Ook in Canada, Australië, Engeland, Duitsland en Polen wordt schaliegas gewonnen. Hoewel de geschatte hoeveelheid schaliegas waarschijnlijk zal veranderen wanneer extra informatie beschikbaar is, blijkt uit het verslag van de EIA dat de wereldwijde hoeveelheid winbaar schaliegas enorm is. De eerste schatting van technisch realiseerbare gasvoorraden schalie in de 32 onderzochte landen is $1.63105036 \times 10^{11}$ kubiek meter schaliegas. Om deze schatting in perspectief te plaatsen, de wereldwijd bewezen reserves van aardgas per 1 januari 2010 zijn ongeveer $1.87146039 \times 10^{11}$ kubiek meter aardgas (EIA, 2013).



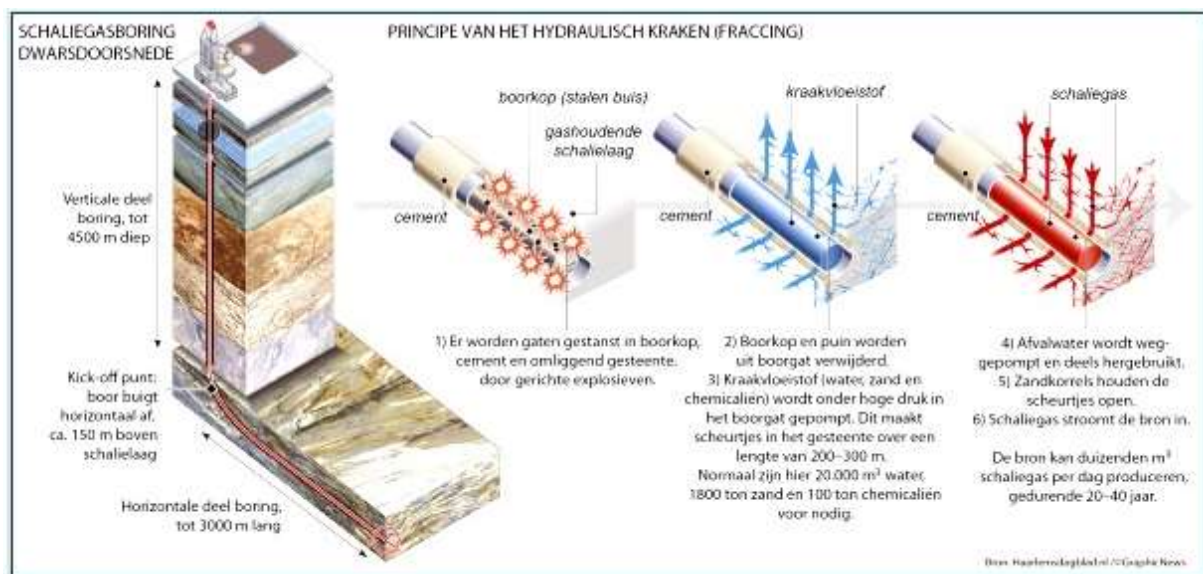
Figuur 4; Schaliegas wereldwijd, bron: (Calta, 2012)

Binnen Europa (zie figuur 5) wordt de potentie van schaliegas bestudeerd in onder andere Bulgarije, Hongarije, Oostenrijk, Ierland, Nederland en Oekraïne. Europa heeft geschatte schaliegas reserves van $18,1 \times 10^{12}$ m³ in vergelijking met de Amerikaanse $24,4 \times 10^{12}$ m³. De geologie in Europa is echter ingewikkelder en de olie en gas is daardoor duurder om het te winnen uit de bodem. De boorput in Europa zal ongeveer drie-en-een-half maal duurder zijn dan een boorput in de Verenigde Staten (Morton, 2014). De inwoners van gebieden waar het boren uitgevoerd worden reageren verschillend, met dus voor en tegenstanders (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012).



Figuur 5; Schaliegas in Europa, bron: (Al-Fin, 2012)

“In het verleden werden vooral verticale boringen (zie figuur 6) gezet, maar sinds enkele jaren is het ook mogelijk om 2 tot 3 km horizontaal te boren. Bij de winning van schaliegas wordt er meestal eerst 1,5 tot 4 kilometer verticaal geboord en daarna 0,5 tot 1,5 kilometer in horizontale richting. Door horizontaal te boren wordt het contact met de schalieghoudende laag vergroot zodat de gasproductie toeneemt” (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012). De tweede verbeterde techniek betreft het 'kraken' van de rots, wat beter bekend is als 'fracking'. Fracking verwijst naar het proces waar water wordt geïnjecteerd in putten onder hoge druk, waardoor barsten en scheuren worden gecreëerd in de rotsformaties, zodat de productie van de putten wordt verbeterd. Deze scheuren kunnen zich uitstrekken tot 1000 meter van de put. Aan het water en het zand zijn chemicaliën toegevoegd. Voor deze chemische toevoeging is geen vaste recept, elke producent bepaald welke chemicaliën worden gebruikt binnen de door de wet gestelde grenzen (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) en (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012).

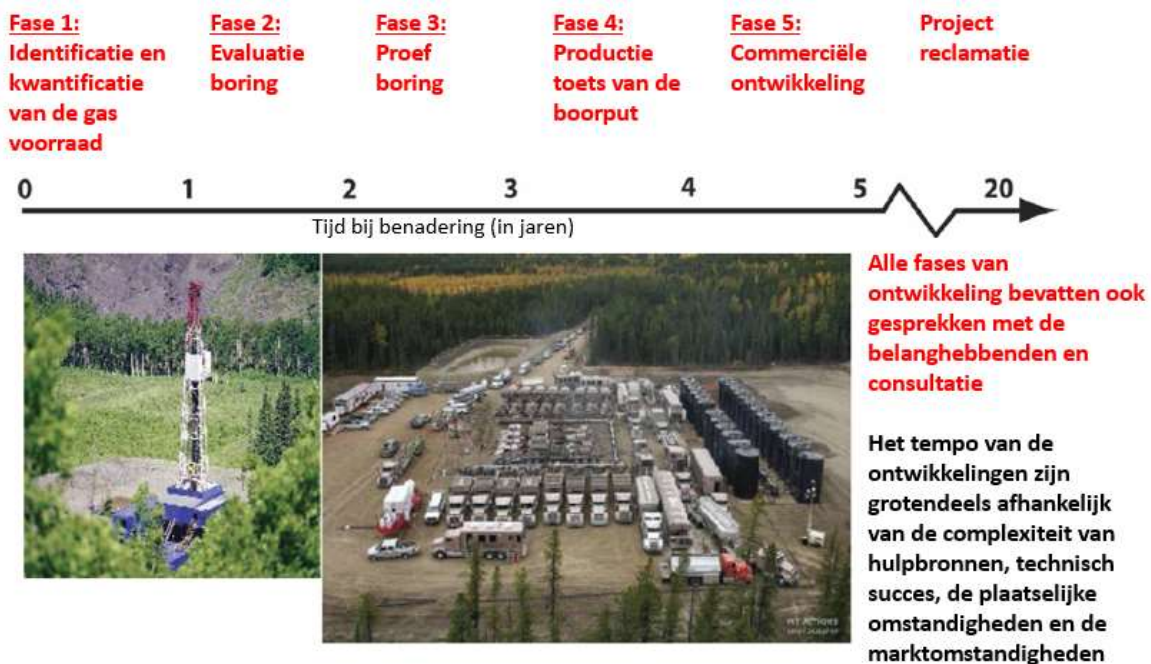


Figuur 6; Schaliegasboring dwarsdoorsnede bron: (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012)

“Uit eerdere boringen in Nederland blijkt dat er op heel veel niveaus in het sedimentaire pakket lagen aanwezig zijn die aardgas bevatten. Tot nu toe is alleen gas gewonnen uit de goed doorlaatbare zandsteenreservoirs, het zogeheten conventionele gas. Voor gasproductie uit lastiger te bereiken en af te tappen lagen zoals schalies, gaat de aandacht momenteel vooral uit naar twee gesteenteformaties op 2 tot 4,5 kilometer diepte. De eerste potentiële kandidaat voor Nederlandse schaliegas winning is de Posidonia Schalie Formatie uit het Jura. Dit pakket wordt gezien als een goede optie door de hoge organische gehalte, wat doorgaans wordt weergegeven als het TOC-gehalte. Dit staat voor Total Organic Carbon en is een indicatie van de hoeveelheid organisch materiaal van een gesteente. Dit kan bij de juiste temperatuur en druk, worden omgezet in olie en/of gas. De dikte van de formatie bedraagt tussen 30 en 50 m wat in vergelijking met producerende formaties in de VS dun is. De Posidonia Schalie Formatie komt voornamelijk voor in het westen en midden van Nederland. Het tweede pakket in de Nederlandse ondergrond, dat mogelijk geschikt is voor de winning van schaliegas, is het 320 miljoen jaar oude Epen Formatie uit het Carboon. Deze is met honderden meters tot een kilometer beduidend dikker dan de Posidonia Schalie Formatie, maar heeft voor zover bekend alleen een hoog schaliegas potentieel in de onderste 50 meter. De Epen Formatie is een aantal keer doorboord en heeft ook enkele bewaarde boorkernen. De porositeit van de Epen Formatie wisselt, maar is over het algemeen laag” (Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO, 2012). In alle paragrafen welke volgen zal naar de Amerikaanse situatie worden gekeken. Pas in hoofdstuk 4 van het onderzoeksrapport zal gekeken worden naar de effecten van de Nederlandse situatie.

3.2. Uit welke activiteiten bestaat het boren naar en het winnen van schaliegas

Elk bedrijf heeft zijn eigen proces voor de ontwikkeling. In het algemeen kent schaliegas ontwikkeling vijf fases van exploratie en evaluatie om de commerciële ontwikkeling te bereiken. Elk van deze fases is bedoeld om technische informatie te verzamelen die vervolgens wordt geanalyseerd en gebruikt bij de ontwikkeling van de volgende fase. Een samenvatting van deze fases en de soorten activiteiten die kunnen plaatsvinden zijn weergegeven in figuur 7. Er moet wel gezegd worden dat het hier gaat om de situatie in Amerika, niet in Nederland. Paragraaf 3.2 zal ter illustratie dienen van de activiteiten rond het boren en het winnen van schaliegas, omdat dit in Nederland nog niet voorkomt en de activiteiten rond het boren en het winnen van schaliegas niet vergeleken kan worden met conventionele gasboringen.



Figuur 7; Bron: (CSUR, 2013)

Fases van Schalie Gas Exploratie en Ontwikkeling

Een besluit door te gaan met de commerciële ontwikkeling van een schaliegas project is het resultaat van een proces dat een aantal jaren van exploratie, experimenteren en het verzamelen van gegevens kent. Voor de fase van exploratie is een aanzienlijke investering nodig door het bedrijf met geen garantie op succes.

Fase 1: Identificatie en kwantificatie van de gas voorraad

Grondverwerving, het veiligstellen van seismische en boorlocatie vergunningen en landgebruik overeenkomsten zijn onderdelen van deze eerste fase. Ook kunnen er initiële geofysische en geochemische onderzoeken plaatsvinden in sommige regio's.

Fase 2: Evaluatie boring

Seismisch onderzoek om de gasdragendeformatie(s) en geologische kenmerken in kaart te brengen zullen nu plaatsvinden. Hiermee wordt bepaald of er storingen of discontinuïteiten aanwezig zijn die het potentieel reservoir kunnen beïnvloeden. Een initiële verticale boring om de schaliegas broneigenschappen te evalueren zal nu ook plaatsvinden en in het algemeen zullen bodemonsters worden verzameld.

Fase 3: Proef boring

Het boren van de eerste horizontale put(ten) om de reservoir eigenschappen te bepalen en de winningstechnieken te optimaliseren (dit houdt in dat een zekere mate van multi-stage fracking) zal plaatsvinden. Vervolgens worden er meerdere boringen van verticale putten verricht in extra gebieden met schaliegas potentieel. Tenslotte zullen dan de eerste productietests plaatsvinden.

Fase 4: Productietoets van de boorput

Het boren van meerdere horizontale putten uit een enkel pad zal nu starten, als onderdeel van een groot formaat boorproject. De productietoets van de boorput wordt nu uitgevoerd en de planning en acquisitie van de pijplijn voor veldontwikkeling zal daarna plaatsvinden.

Fase 5: Commerciële Ontwikkeling

Nu zal de commerciële beslissing om door te gaan plaatsvinden. Dit zal gaan op de basis van de gevonden data en nadat de overheid goedkeuringen geeft voor de bouw van de boortoren, gasopwerkingsinstallaties en pijpleidingen, zal de commerciële productie snel beginnen.

3.2.1. Grondverwerving in Amerika

Bij de grondverwerving wordt onderhandeld met landeigenaren over huurcontracten. Verpachting is een samenwerkingsverband tussen drie actoren, de leasemaatschappij, de exploratie bedrijf en de grondeigenaar. Alle ingevulde documenten van het exploratie bedrijf worden gecontroleerd door een Lease beheerder voorafgaand aan de presentatie aan de grondeigenaar voor ondertekening (ELS and Company Inc., 2014).

Zodra een locatie gekozen is voor het boren worden titelonderzoeken uit gevoerd en wordt het gebied in kaart gebracht waar het reservoir zich mogelijkwijze bevindt om absolute eigendom te bewijzen. De titelonderzoeken worden op juridisch gebied bekeken om het te definitief te laten worden. Vervolgens wordt er een overeenkomst met de grondeigenaar gemaakt, een zogenaamde Wellsite Access Permit, waarin alle voorwaarden van de overeenkomst, waaronder boor locatie grootte, rijweg locaties, de locatie van drainage tegels en het type en de waarde van gewassen voor compensatie. Er moet daarna door een landmeter een kaart van de voorgestelde locatie worden gemaakt, zodat de grondeigenaar en het exploratie bedrijf duidelijk hebben wat hun operatiegebied is. De kaart is ook opgenomen bij de aanvraag aan het ministerie (ELS and Company Inc., 2014). Een olie of gasbedrijf kan pas een boorput boren als een getekende huurovereenkomst gesloten is waaruit blijkt dat het een gebied of gebieden bezit, met zowel land en minerale rechten. Grondverwerving met een huurcontract is het verkrijgen van dat bewijs. In de branche wordt het een "Play" genoemd (Premiere Land Services, 2014).

Pijpleiding verwerving

Wanneer een bedrijf succesvol putten in een gebied boort, zullen aanvullende plichten vaak ontstaan. Een daarvan is de mogelijkheid om het gas en/of olie te kunnen verkopen door een pijpleiding. De gevonden olie of gas, heeft nog geen waarde, tot het moment het verkocht wordt (Premiere Land Services, 2014).

Perspectief van de grondeigenaar

Olie en gas zijn waardevolle grondstoffen. De aanwezigheid onder het land van bijvoorbeeld het land van een boer kan extra inkomsten betekenen als men kiest om een huurcontract af te sluiten met een exploratie bedrijf. Exploratie bedrijven in dienst of een contract met een professionele genaamd een "landman" regelt de huur van minerale rechten op het land met potentiële reserves van olie en gas. In het onderstaande stuk over de huurovereenkomst zal het weer gaan over de Amerikaanse situatie. In hoofdstuk 4 zal in worden gegaan op de Nederlandse situatie betreft huur overeenkomsten.

De huurovereenkomst welke afgesloten wordt, is een juridisch document of contract tussen een grondeigenaar (verhuurder) en een bedrijf of persoon (exploratie bedrijf) en dient voor het verlenen van exploratie en ontwikkeling rechten op olie- en gasvelden onder het oppervlak.

Belangrijke onderdelen van een huurcontract met een exploratie bedrijf

Cashbonus - Een vooruitbetaling of bonus die over het algemeen wordt berekend op een per hectare basis voor ondertekening van de huurovereenkomst. Het wordt beschouwd als verhuur van het eerste jaar.

Primaire termijn - Het aantal jaren dat een lease overeenkomst geldig is. Het kan van een tot tien jaar of meer duren.

Vertraging Verhuur - Jaarlijkse huurbetalingen betaald aan de verhuurder na het eerste jaar van de primaire termijn, meestal op een per hectare basis.

Secundaire termijn - De duur van een huurovereenkomst wordt verlengd tot na de eerste termijn als een producerende boorput wordt geboord of indien de huur wordt "samengevoegd" met andere huurcontracten en zo een "eenheid" vormen voor productie boorput. De huurovereenkomst vervalt wanneer de productie wordt stopgezet.

Royalty - Dit zal in de huurovereenkomst worden aangeduid als fractie - meestal 1/8 van de waarde van het gas welke geproduceerd en verkocht zal worden.

Afgesloten Royalty - Betaling in plaats van een productie royalty. Betaald wanneer een boorput in staat is om te produceren maar niet produceert zoals wanneer onderhoud plaatsvindt of om andere redenen er geen gas wordt geproduceerd.

Beëindiging – Dit doet zich voor wanneer de primaire termijn afloopt of wanneer de economische productie wordt stopgezet tijdens de tweede termijn.

Land verstoring van een toegangsweg en boorlocatie

Het feitelijke boren van een put is een tijdelijke activiteit die een grote hoeveelheid apparatuur met andere bouwwerken kan omvatten. Delen van het land zal worden gebruikt voor de toegang, boren, productie, pijpleidingen, compressoren en korte of lange termijn opslag van apparatuur.

Schade aan gewassen, gebouwen en andere persoonlijke eigendommen

In de huurovereenkomst kan ook worden beschreven dat omheiningen of andere eisen nodig zijn om mensen en/of vee te beschermen. Als die niet in de huurovereenkomst staan dan hoeft het bedrijf niet helemaal verantwoordelijk te zijn voor de schade aan gewassen, vee, gebouwen en andere persoonlijke eigendommen.

Vrij aardgas

Huurcontracten kunnen voorzien in aardgas voor gebruik van de grondeigenaar als een boorput wordt geboord op het terrein. Indien niet opgeven dat de vennootschap verantwoordelijk is voor de kosten van apparatuur en installatie, dan moet de grondeigenaar dat betalen. Omwille van de veiligheid, kan het bedrijf een geldelijke vergoeding in plaats van vrij gas hebben als een alternatief.

Huurcontract opdracht

De huurovereenkomst kan een clause bevatten die het mogelijk maakt de onderneming het land aan andere ondernemingen te verhuren.

Ondergrondse gasopslag

Productie gasreservoirs zijn uitermate geschikt voor ondergrondse gasopslag, nadat het gas is geproduceerd. De huurovereenkomst kan een clause bevatten die gasopslag mogelijk maakt in ruil voor een jaarlijkse huurprijs. Zoals met veel andere voorwaarden van een huurovereenkomst, is deze clause bespreekbaar.

3.2.2. Identificatie en kwantificatie van de gas voorraad

Hetzij rechtstreeks door een gasmaatschappij of in opdracht van een particulier bedrijf in dienst, geologen zijn degenen die verantwoordelijk zijn voor het vinden van de gasvoorraad. Vele jaren geleden, interpreteerden geologen oppervlakte-eigenschappen, oppervlakte gesteente en bodemsoorten en misschien wat kleine kernen door ondiepe boringen. Moderne olie en gas geologen onderzoeken ook gesteente aan het oppervlakte, maar dan met de extra hulp van satellietbeelden. Ze gebruiken ook een verscheidenheid aan andere methoden om olie en gas te vinden. Ze kunnen gevoelige zwaartekracht meters gebruiken om kleine veranderingen in het zwaartekrachtveld van de aarde te meten die kunnen wijzen op olie of gas en gevoelige magnetometers om kleine veranderingen in het magnetisch veld van de aarde te meten. Ze kunnen de geur van koolwaterstoffen met behulp van gevoelige elektronische neuzen genoemd sniffers detecteren. De meest gebruikte manier van het bepalen van de gas voorraad is met behulp van seismologie. Dit is het creëren van schokgolven die verborgen rotslagen passeren waarna deze golven terug naar het oppervlak worden gekaatst en geïnterpreteerd kunnen worden.

In seismisch onderzoek, wordt een schokgolf door de volgende dingen veroorzaakt:

- Persluchtpistool - schiet pulsen van lucht in het water (voor de exploratie boven water)
- Seismische vibrator - slaat zware platen in de grond (voor de exploratie boven land)
- Explosieven - ontploft nadat ze in de grond geboord zijn (voor de exploratie boven land) of overboord gegooit (voor exploratie boven water)

De schokgolven reizen onder het oppervlak van de Aarde en worden teruggekaatst door de verschillende rotslagen. De reflecties reizen op verschillende snelheden, afhankelijk van het type of de dichtheid van rotslagen waarlangs ze moeten lopen. Gevoelige microfoons of trillingen melders registreren de reflecties van de schokgolven. Seismologen interpreteren de lezingen welke op tekenen van olie en gas duiden.

Zodra de geologen een potentieel gas voorraad vinden, markeren ze de locatie met behulp van GPS-coördinaten (Freudenrich & Strickland, 2014).

Voor het boren van een boorput

Regels en regelgeving vereist dat het boren, de behuizing, stimulerende middelen ten behoeve van de gasproductie, het produceren van gas en andere technieken worden ontwikkeld om het grondwater te beschermen en om vervuiling met afval van olie en gas en vermenging van olie, gas, pek en zoet water te voorkomen. Er worden inspecties uitgevoerd voordat er een boorput wordt geboord, tijdens de levensduur van de boorput en na de boorput is aangesloten en verlaten. De inspectie kan ook op de boorput locatie aanwezig zijn bij operaties zoals het cementeren van de casing, boren door de productieve formatie en laatste dichten van de put. Voordat een boorvergunning kan worden afgegeven, moeten de exploitanten een obligatie of een andere financiële zekerheid garanderen dat de boorput zal worden aangesloten en het terrein teruggewonnen (dit houdt in dat het land weer voor de oude benutting doeleind kan worden gebruikt) zal worden. De inspectie beheren ook uitgebreide boorput rapportages en naleving van de regels (New York State Department of Environmental Conservation, 2014).

3.2.3. Boren van een boorput

Boren duurt gewoonlijk ongeveer twee tot vier weken in Amerika, afhankelijk van vele factoren, waaronder de diepte van de put en het seizoen. Boren naar diepere gasvelden kan twee maanden duren. De boringen kunnen variëren in grootte van minder dan een hectare of twee of meer hectare afhankelijk van de diepte van de put. Bomen en vegetatie zullen moeten worden verwijderd en stof, lawaai en uitlaatgassen welke worden gegenereerd door de boorinstallatie en zwaar materieel tijdens het boren zullen zo min mogelijk voor overlast moeten zorgen. Boren is een tijdelijke storing,

maar sommige effecten, zoals het verwijderen van vegetatie, kan langer in duur zijn (New York State Department of Environmental Conservation, 2014). Als de put kan produceren dan is in meeste gevallen de boorlocatie binnen meerdere maanden in gebruik, afhankelijk van het weer. Boorputkop assemblages, meters en diverse tanks zullen ter plaatse blijven, in de buurt van de boorput locatie, voor de gehele levensduur van de put. Als de boorput niet wordt voltooid of niet langer in staat is om te produceren, staat in de regelgeving dat de boorput afgesloten moet worden en het terrein in de oude staat moeten worden terug gebracht (New York State Department of Environmental Conservation, 2014).

Een boorput kan olie of gas winnen van meer dan één grondgebied. De eigenaar van de olie en gas rechten van het grondgebied in een afstandseenheid, heeft recht op de voordelen van het boren in de afstandseenheid. Als een huurovereenkomst bestaat, wordt de vergoeding onder de huurovereenkomst betaald op basis van het deel van het gasveld dat onder het land ligt (New York State Department of Environmental Conservation, 2014).

Horizontale en verticale boringen

Horizontale boringen vereist het boren van een verticaal put op een vooraf bepaalde diepte boven het schaliegas reservoir. De put wordt geboord in toenemende hoek totdat de boor het reservoir in een horizontaal interval nadert. Zodra het horizontale interval is bereikt, wordt de put geboord tot een geselecteerde lengte, die kan uitstrekken tot zoveel als 2500 meter. Dit gedeelte van de put, het zogenaamde horizontale been of zijwaartse, heeft een beduidend verhoogd contact ten gevolg van met het reservoir ten opzichte van een normale verticale put.

Zodra de locatie is gekozen, zal een veldonderzoek plaatsvinden in het gebied om zo de grenzen te bepalen en om milieu-impact studies uit te voeren indien nodig. De olie of gas maatschappij kan huurovereenkomsten afsluiten en is een vergunning nodig voor het boren van het gekozen lapgrond. Nadat de juridische kwesties geregeld zijn, zal de bemanning over gaan op het voorbereiden van de boor activiteiten:

1. De grond moet worden opgeruimd en geëgaliseerd en de toegangswegen moeten worden gebouwd.
 2. Omdat water wordt gebruikt bij het boren, moet er een bron van water in de buurt zijn. Als er geen natuurlijke bron aanwezig is, moet de bemanning een waterput boren.
 3. De bemanning graaft een reserve kuil, die wordt gebruikt voor de verwijdering van gesteente, boorspoeling tijdens het boorproces en plastic isolatie materiaal om het milieu te beschermen.
- Als het gebied een ecologisch gevoelig gebied is, zoals een moeras gebied of wildernis, dan moet het gesteente en modder worden afgevoerd per vrachtwagen in plaats van in een reserve kuil worden geplaatst.

Zodra het land is klaar gemaakt voor de activiteiten, begint de bemanning met het graven van een aantal gaten om plaats te maken voor het apparaat en de boorput. Een rechthoekige put genoemd kelder zal gegraven worden rond de plaats van het werkelijke boorgat. De kelder biedt een werkruimte rond het gat voor de arbeiders en boor accessoires. De bemanning begint dan het boren van het belangrijkste gat, vaak met een kleine boor vrachtwagen in plaats van de werkelijke boortoren. Het eerste deel van het gat is groter en ondieper dan het hoofdgedeelte en is gevoerd met een grote diameter buis. De bemanning graaft extra gaten aan de zijkant om materiaal tijdelijk op te slaan. Wanneer deze gaten klaar zijn, kan het apparaat er in worden gebracht en opgezet.

Afhankelijk van de afstand van de boorlocatie en de toegang, kan het nodig zijn om het apparaat per vrachtwagen, helikopter of binnenschip te transporteren. Sommige boortorens zijn gebouwd op schepen of pontons voor het werk op binnenwateren waar er geen basis is om een normale boortoren (zoals in moerassen of meren) te ondersteunen (Freudenrich & Strickland, 2014). Zodra het apparaat (zie figuur 8) op de site aanwezig is, kan de bemanning de boortoren opbouwen. Hier zijn de belangrijkste systemen van een boortoren:

Elektriciteitssysteem

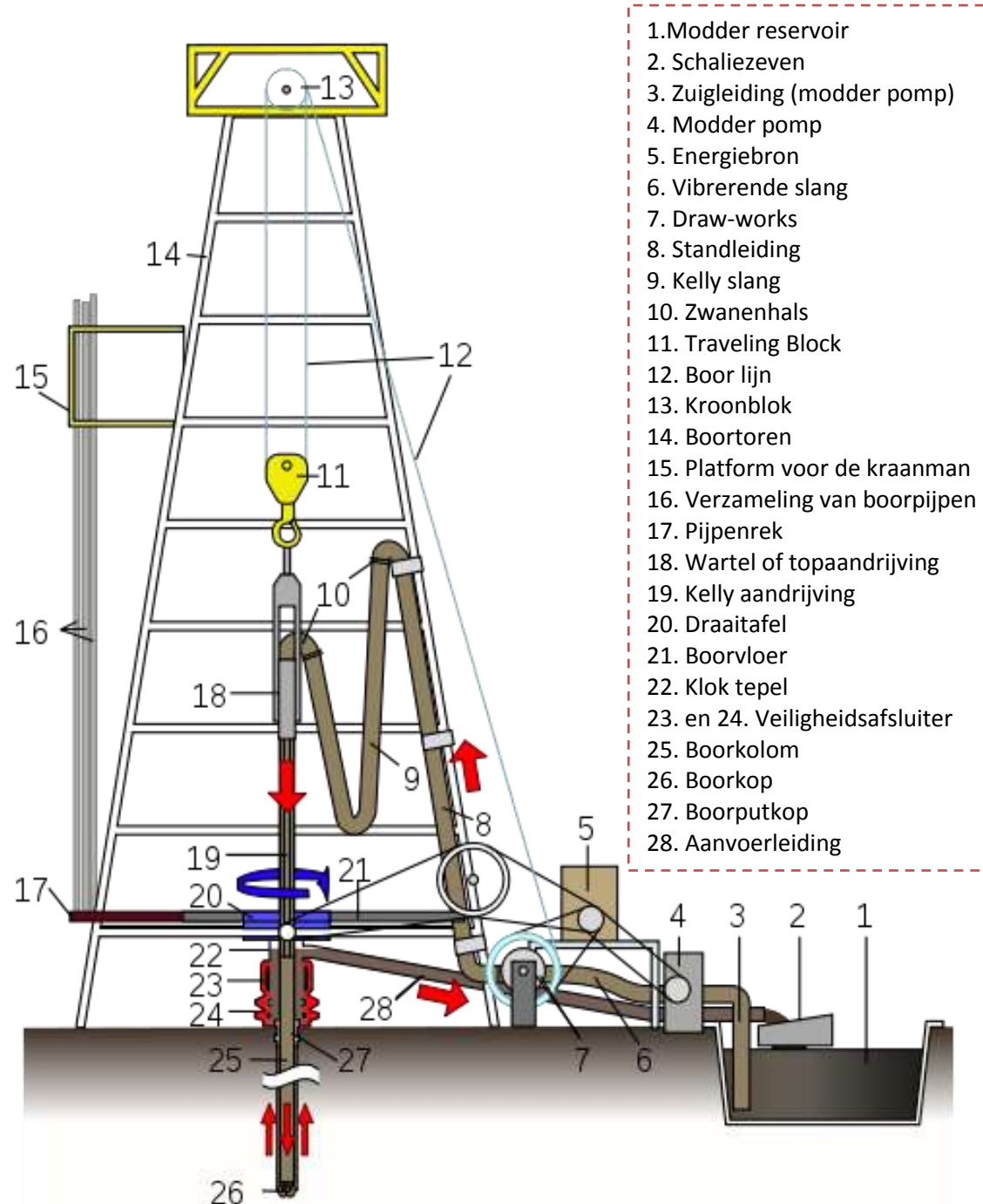
- Grote dieselmotoren - verbranden diesel stookolie om de belangrijkste bron van stroom leveren.
- Elektrische generatoren - aangedreven door de dieselmotor om elektrische stroom te leveren.

Mechanisch systeem - aangedreven door elektromotoren

- Hijssysteem - gebruikt voor het hijsen van zware lasten, bestaat uit een mechanische lier (tekenen werken) met een grote stalen kabel spoel, een blok en takel katrol en een ontvangende opslag haspel voor de kabel.
- Draaitafel – welke een deel van de boorapparatuur is.

Roterende apparatuur - gebruikt voor roterend boren

- Wartel - grote handgreep waardoor het gewicht van de boorkolom houdt.
- Kelly - vier- of zes dubbelzijdig pijp die roterende beweging overdraagt aan de draaitafel en boorkolom.
- Draaitafel - drijft de draaiende beweging met behulp van kracht van elektrische motoren aan.
- Boorkolom - bestaat uit boorpijp (aangesloten secties van ongeveer 10 meter en boorkragen (grotere diameter, zwaardere pijp die past rond de boorpijp en plaatst gewicht op de boor).
- Boorkop - einde van de boor die de rots verkleint in kleine brokstukken, komt in vele vormen voor en kan uit verschillende materialen bestaan (zoals staal of diamant) die gespecialiseerd zijn voor diverse boor taken en rotsformaties.
- Behuizing - grote diameter betonnen pijp die het boorgat omsluit en voorkomt dat het gat instort. Dit maakt het mogelijk boorspoeling te circuleren.
- Circulatie systeem - pompen boorsuspensie (mengsel van water, klei en chemicaliën, welke gebruikt worden om stenen te transporteren van de boorkop naar de oppervlakte) onder druk door de Kelly, draaitafel, boorpijpen en boorkragen.
- Pomp - zuigt modder uit de modderpoelen en pompt het naar de boorapparatuur.
- Leidingen en slangen - verbinden pompen met de boorapparatuur.
- Modder terugvoerleiding - brengt modder uit het gat.
- Schalie schudmachine - schudapparaat/zeef die gesteente scheidt van de modder.
- Schalie glijbaan - transporteert rots brokken naar de reserve put.
- Reserve put - verzamelt rots brokken gescheiden van de modder.
- Modderkuilen - waar boorsuspensie wordt gemengd en gerecycled.
- Modder mengkuip - waar nieuwe modder wordt gemengd en vervolgens terug gestuurd wordt naar de modderkuilen.
- Boortoren - draagstructuur dat de boorapparatuur bevat, hoog genoeg om nieuwe secties van de boorpijp toe te voegen om het boren te bevorderen.
- Veiligheidsafsluiter – hoge drukkleppen (onder de grond) wat de hoge druk leidingen verzegelt en drukontlasting geeft wanneer nodig om een blow-out (ongecontroleerde stroom van gas of olie richting het oppervlak, vaak geassocieerd met vuur) te voorkomen.



Figuur 8; Boortoren, bron: (Streb, 2013) en (Mudgineer, 2011)

Het boorproces

De bemanning stelt het apparaat en begint met boren. Ten eerste, van de starter gat, het team boort een oppervlakte gat omlaag naar een vooraf ingestelde diepte, wat ergens boven, waar het team denkt dat de gasvoorraad aanwezig is. Er zijn vijf basisstappen voor het boren van het oppervlakte gat:

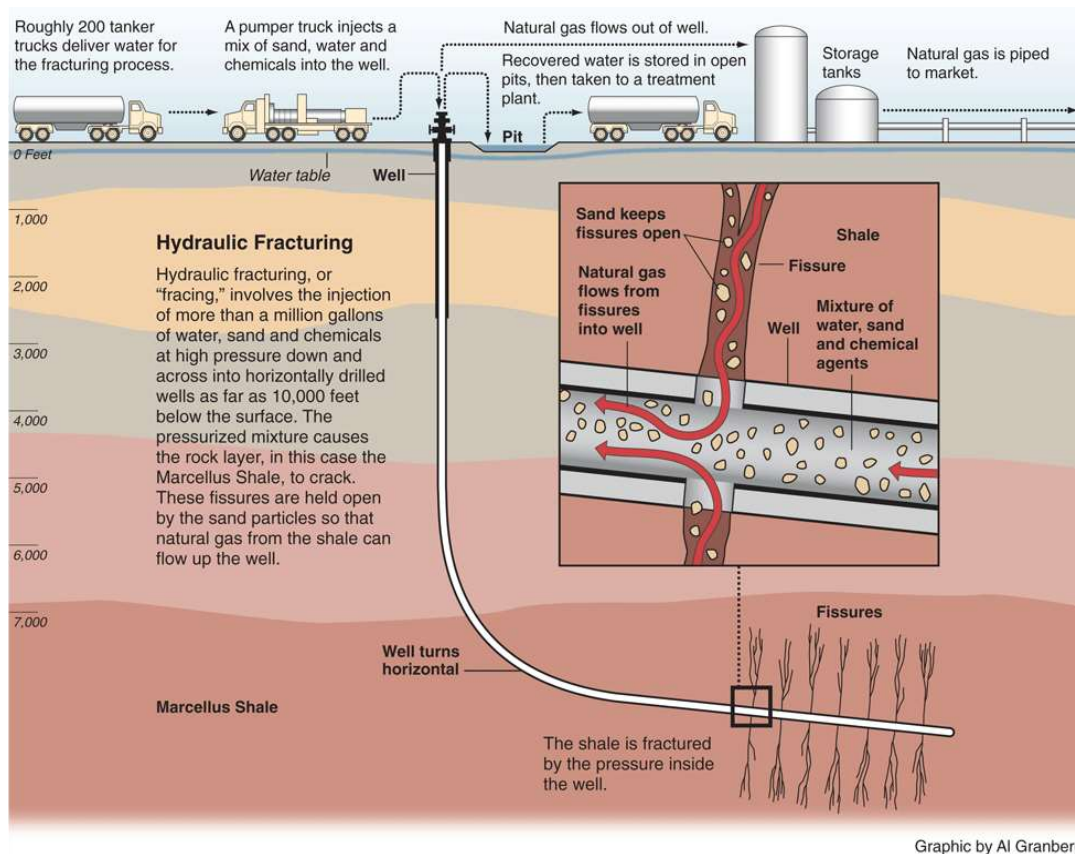
- Plaats de boor, de kraag en de boorpijp in het gat
- Bevestig de Kelly en de draaitafel en begin met boren.
- Wanneer het boren vordert, circuleer modder door de pijp en uit de boorkop om het gesteente uit het gat te laten drijven.
- Voeg nieuwe secties (gewrichten) boorpijpen toe als het gat dieper wordt.
- Verwijder de boorpijp, kraag en boorkop als de vooraf ingestelde diepte is bereikt.

Zodra de vooraf ingestelde diepte is bereikt, moet de cement behuizing gemaakt worden en zal de behuizing en buisdelen in het gat geplaatst worden om te voorkomen dat het in elkaar stort. De behuizing pijp heeft metalen delen welke er voor zorgen dat de pijpleiding in het midden blijft van de boorput. De bemanning zet de behuizing pijp in het gat en zal daarna cement naar beneden pompen. De druk van de boormodder veroorzaakt dat de cementspecie door de behuizing gaat en de ruimte tussen de buitenzijde van de behuizing en de boorput vult. Tenslotte wordt het cement uitgehard en vervolgens getest op eigenschappen zoals hardheid, uitlijning en een goede afdichting (Freudenrich & Strickland, 2014).

3.2.4. Extractie proces

Horizontale boorputten zijn duurder en moeilijker om nauwkeurig te boren dan verticale putten, maar ze maken het mogelijk om meer gas te winnen uit een enkele boorput. In het geval van de Marcellus schalie ligt deze onder een drinkwater reservoir. Deze is echter gescheiden van de reservoir door gesteente van extreem lage permeabiliteit. Nadat de put is geboord, wordt met de casing geprobeerd om te voorkomen dat boorvloeistof en aardgas naar het grondwater kunnen stromen (Arthur, 2008).

Hoewel de hoeveelheid gas in de Marcellus schalie enorm is, hebben schalieformaties over het algemeen een extreem lage permeabiliteit, variërend van 0,01 tot 0,00001 millidarcy. Typische oliereservoir formaties hebben een permeabiliteit van 100 tot 10,000 millidarcy. Deze lage natuurlijke doorlaatbaarheid betekent dat elk gasproductie boorput geboord in de formatie niet in staat zal zijn om genoeg aardgas te produceren om goed economisch levensvatbaar te zijn. Hydrofracturering (zie figuur 9) is een proces (zie bijlage 1 voor een gedetailleerde beschrijving over de pellets/korrels gebruikt bij het fracken) dat wordt gebruikt om de permeabiliteit van de schalie te verhogen, zodat gas kan stromen naar de boorput (NY Department of Environmental Conservation, 2011).



Figuur 9; Hydraulisch fracken van de ondergrond, bron: (Pro Publica Inc., 2010)

Het hydraulische fracken begint door het injecteren van water naar de ondergrond om de schalie te breken, om zo de permeabiliteit te verhogen. Gezeefd zand wordt toegevoegd als "onsamendrukbaar materiaal" naar de nieuwe gebroken rots om deze open te houden. Het doel van het hydraulische breken of "fracking" is om de bestaande natuurlijke breuken te stimuleren of nieuwe fractures te creëren binnen de boorlocatie in het reservoir. Deze breuk is noodzakelijk om wegen te maken waarlangs het gas naar de boorput kan stromen. Hydrofracturering bestaat uit pompen van een gas of een vloeistof, met onsamendrukbaar materiaal (meestal zand of keramische korrels), langs de boorput bij een hoge snelheid en druk door de perforaties te laten gaan waardoor het omringende gesteente breekt. Het vloeistof mengsel vult de open breuken, houdt ze open na de breuk nadat de druk wordt verwijderd. Nadat de breuk stimulatie voltooit, blijft het zand of keramische korrels in de fractuur, terwijl de vloeistof naar het oppervlak stroomt (NY Department of Environmental Conservation, 2011) en (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012).

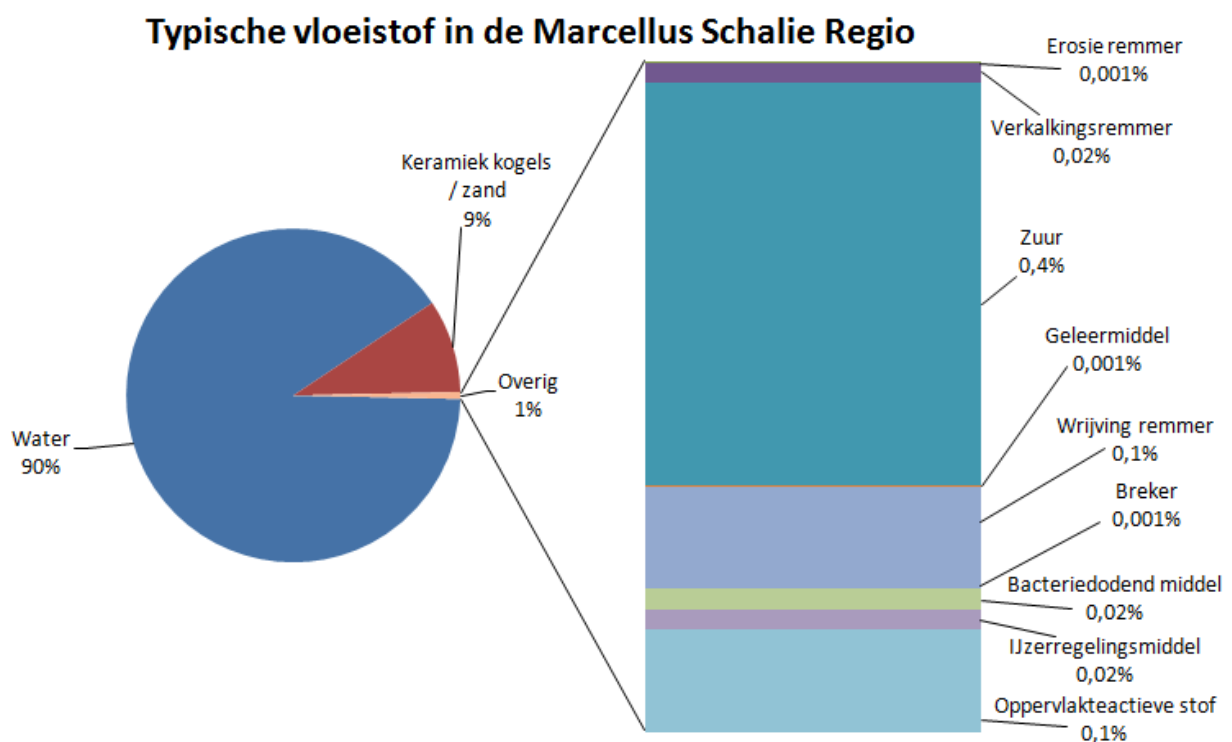
In de meeste horizontale putten zijn meerdere fracking operaties nodig om effectief het reservoir gesteente te stimuleren. Dit proces wordt "meertraps fracken" genoemd en bestaat uit het horizontale gedeelte van de boorpijp te verdelen in secties waarin het gesteente rondom vervolgens afzonderlijk worden gefracked. Tijdens deze behandeling wordt elke "sectie" geïsoleerd van de rest van de boorput. Na voltooiing van alle frackingsfasen, stroomt de vloeistof voor het grootste gedeelte terug naar de oppervlakte, alleen een deel blijft achter (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012).

Het zand zorgt voor het open houden van het gebroken gesteente en is een medium voor de breekvloeistof om het gesteente te passeren. Naast water en zand, worden kleine concentraties van chemische additieven aangewend om nog meer gas te kunnen produceren. Deze toevoegsels omvatten chemicaliën welke de wrijving binnen de put verlagen en het onsamendrukbaar materiaal effectief laten stromen door de breuken in de formatie, om de groei van algen en bacteriën die het bronsysteem zou schaden te voorkomen en om peilbuis corrosie te voorkomen. De additieven (Cooke, et al., 1973) en (Arthur, 2008) (zie tabel 1) maken doorgaans tussen 0,05 tot 0,5% van het totale vloeistofvolume uit.

Tabel 1: Algemene vloeistof additieven. Overgenomen van Arthur, et al. En U.S. Department of Energy		
Additief type	Hoofdbestanddelen	Normaal gebruik van de hoofdbestanddelen
Zuur	Zoutzuur	Wordt als chemisch middel gebruikt in zwembaden
Biocide	Glutaaraldehyde	Koud sterilisatiemiddel in zorgsector
Breker	Natriumchloride	Conserveermiddel
Corrosie remmer	N, N-dimethylformamide	Gebruikt als een kristallisatie medium in de farmaceutische industrie
Wrijving remmer	Aardoliedestillaat	Cosmetica, met inbegrip haar, make-up, nagels en huid producten
Geleermiddel	Guargom of Hydroxyethyl cellulose	Verdikkingsmiddel gebruikt in cosmetica, sauzen en dressings.
IJzerregelmiddel	Citroenzuur	Citroenzuur wordt gebruikt om kalkaanslag te verwijderen (citroensap ~ 7% Citroenzuur)
Zuurstofbinder	Ammoniumwaterstofsulfiet	Gebruikt in cosmetica
Onsamendrukbaar materiaal	Silica, Kwartszand	Speel zand
Verkalking remmer	Ethyleenglycol	Antivries voor auto's

Het bedrijf Meyer & Associates, Inc. Zegt over het fracking vloeistof “Hoewel sommige van deze stoffen schadelijk zijn, is het zeer belangrijk om op te merken dat ze worden geïnjecteerd bij lage concentraties, het meeste van de vloeistof bestaat uit schoon, gezeefd zand en water” (Meyer & Associates, Inc., 2014). Ingenieurs en geologen bepalen de exacte samenstelling van de vloeistof zoals ook het volume en de injectiedruk. Dit wordt typisch uitgevoerd met een computersimulatie programma dat in staat is een driedimensionale analyse van de ondergrondse omstandigheden door te lopen. Deze programma's hebben de mogelijkheid om de werking van de boorput pompen te specificeren, te anticiperen op de breuk dynamiek en geven aan wat het optimale mengsel vloeistof mengsel is (Meyer & Associates, Inc., 2014).

De vloeistof welke hiervoor gebruikt wordt bestaat uit water, chemische additieven (zie figuur 10) en meestal zand, keramiek korrels, of andere onsamendrukbare materiaal. De vloeistof zonder het zand en keramiek korrels stroomt terug naar de oppervlakte door de boorput. Een onbekende hoeveelheid vloeistof, samen met zijn chemische additieven, blijft ondergronds. De terugstroom en geproduceerd water, die aanzienlijk zouter kan worden dan het zeewater, bevatten een verscheidenheid aan andere verontreinigingen en worden meestal opgeslagen op het terrein in tanks of putten voor hergebruik of verwijdering (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Fracking vloeistoffen bestaan uit een complex mengsel van vele componenten die zijn ontworpen om een diverse reeks functies te vervullen en welke geschikt zijn voor een verscheidenheid van factoren, waar onder lokale geologie, boorput diepte en de lengte van het horizontale segment van de boorput. Hoewel de precieze combinatie van componenten uniek is voor de formatie. De chemicaliën dienen als geleermiddelen, voor het breken van de ondergrond, als biociden, corrosieremmers en aanslagremmers (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Vertegenwoordigers van het bedrijfsleven wijzen erop dat chemische stoffen een klein percentage vertegenwoordigen van de vloeistof. Een gemiddeld fracking vloeistof bestaat uit meer dan 99 % water en zand. Gezien de grote hoeveelheid vloeistof die grond wordt geïnjecteerd, kan echter een klein percentage chemicaliën een grote invloed hebben op de omgeving (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012).



Figuur 10; Fracking vloeistof opbouw, bron: (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012)

Water Gebruik

Water is de meest voorkomende breekvloeistof. In sommige leisteen gasreservoirs, waarbij het gesteente niet compatibel is met water wordt in plaats daarvan kooldioxide, stikstof of perfluorpropan gebruikt. Verschillende hoeveelheden water worden in verschillende schalieformaties gebruikt. Dit kan variëren van 2.000 tot 20.000 kubieke meter per boorput. Na voltooiing zullen de meeste putten 20 tot 30 jaar produceren zonder verdere fracking en verwante watergebruik (CSUR, 2013) en (LP Gas, 2014).

Eurostat stelt dat “een typische schaliegas boorput tussen de 10.000 en 20.000 m³ water verbruikt in twee tot drie maanden. Dit verschil is vooral afhankelijk van de ondergrondse geologie en het aantal hydrofracturerings stappen welke vereist zijn. Echter als meertrapsbreken (van 5 tot 15 stappen) nodig zal zijn, zou het extra water verbruik tussen de 2.500 tot 5.000 m³ liggen voor het boren van de boorput en 7.500 tot 15.000 m³ voor fracking” (European Commission (Eurostat), 2013). Hoewel deze cijfers op zichzelf hoog lijken, is de hoeveelheid water die wordt gebruikt per eenheid geproduceerde energie uit schaliegas gedurende de levensduur lager dan steenkool, kernenergie of een geconcentreerde zonne-energiecentrales (Shale Gas Europe, 2013).

Als onderdeel van de inspanningen van de sector om zoet water te verminderen, wordt een groot deel van dit water gerecycled, hergebruikt in verdere fracking operaties of toegepast in andere industriële processen (Shale Gas Europe, 2013).

Wanneer het water wordt onttrokken uit lokale bronnen wordt het langzaam en over langere periodes gedaan, zoals wordt vermeld in de vergunningen. Dit water wordt tot het gebruikt wordt bewaard in grote bassins tot de grotere hoeveelheden water nodig zullen zijn (Shale Gas Europe, 2013).

Water Bronnen

In de vroege stadia van schaliegas ontwikkeling wordt het gebruikte water meestal onttrokken aan zoetwater bronnen. Aardgasproducenten gebruiken echter steeds vaker methoden om water te recyclen of fracken met niet-drinkbaar brak water om een verhoogde vraag naar water te compenseren en de effecten op het oppervlaktewater en grondwater te verminderen. Water wordt meestal per vrachtwagen naar de boorput gebracht en opgeslagen in grote bassins of tanks en ook weer per vrachtwagen als vervuild afvalwater afgevoerd en in een boorput diep onder de grond geïnjecteerd.



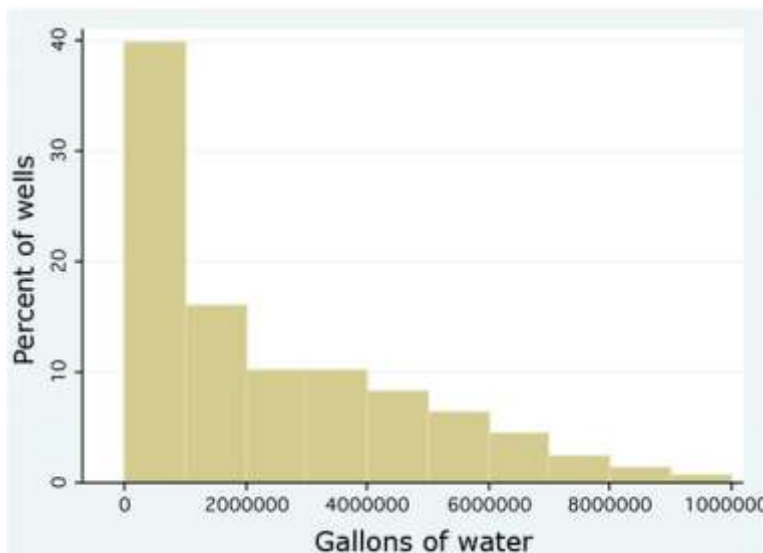
Figuur 10; Waterbassins voor fracking en boren, bron: (Magyar R. , 2012) en (Zerbe, 2009)

3.3. Welke effecten op de leefomgeving is in de literatuur elders te vinden?

Aan de hand van de activiteiten is er een frame opgesteld welke effecten eerst aan bod komen en welke later. Eerst wordt gekeken naar het watergebruik bij het boren en het fracken, wat een van de eerste stappen van de activiteiten beschrijft. Daarna wordt naar de integriteit van de boorput gekeken, dus hoe groot de kans is dat een boorput lek is en hoe groot dit probleem is. Het volgende punt welke dan behandelt wordt gaat over het water dat als afvalwater wordt afgevoerd, naar een waterzuivering gaat of diep onder de grond wordt geïnjecteerd. Nadat alle aspecten rondom water zijn behandeld, zal gekeken worden naar landschap effecten (onder andere effecten op de grond) en effecten op de gezondheid van dieren en mensen en tenslotte op de ecosystemen.

3.3.1. Watergebruik

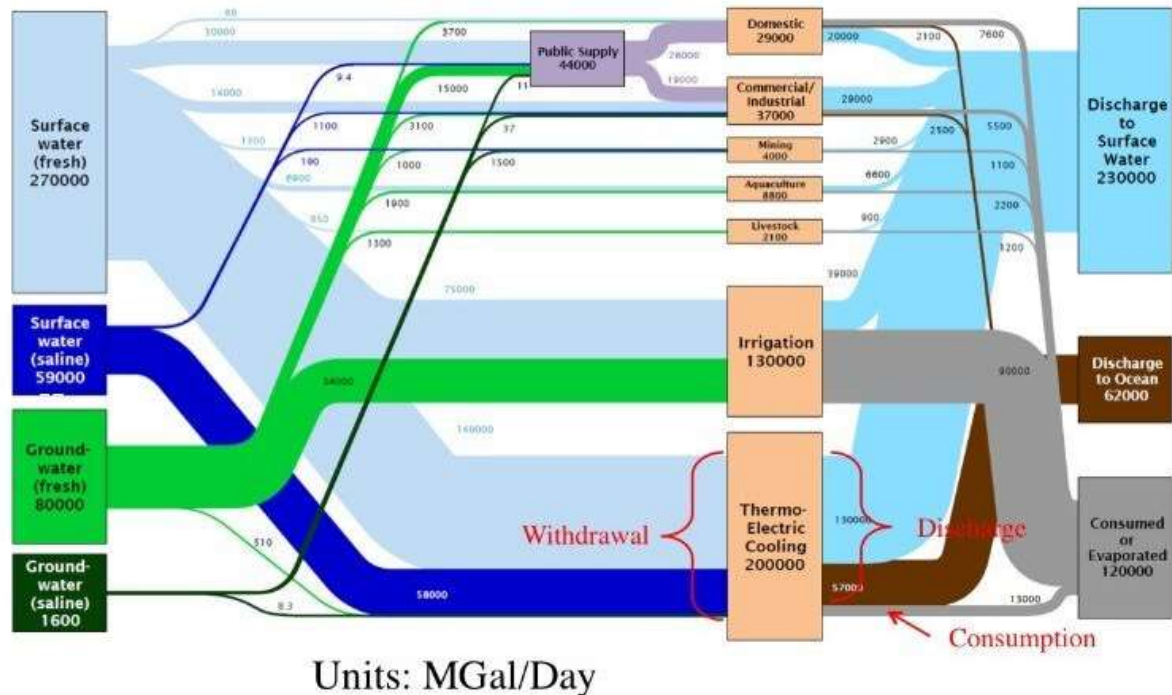
Er waren 27.000 nieuwe gasputten voltooid in de VS in 2011, volgens de Amerikaanse Energy Information Administration (EIA) (Jenkins, 2013). In het artikel van (Jenkins, 2013) staat geschreven dat “Schaliegas boorputten vertegenwoordigden vrijwel het grootste deel van de toename van de gasproductie tussen 2010-2011”. In onderstaande figuur staat beschreven welk percentage van de schaliegas boorputten een bepaalde hoeveelheid aan water gebruiken voor het fracken.



Figuur 11; Waterverbruik in gallons water per schaliegas boorput per jaar, bron: (Jenkins, 2013)

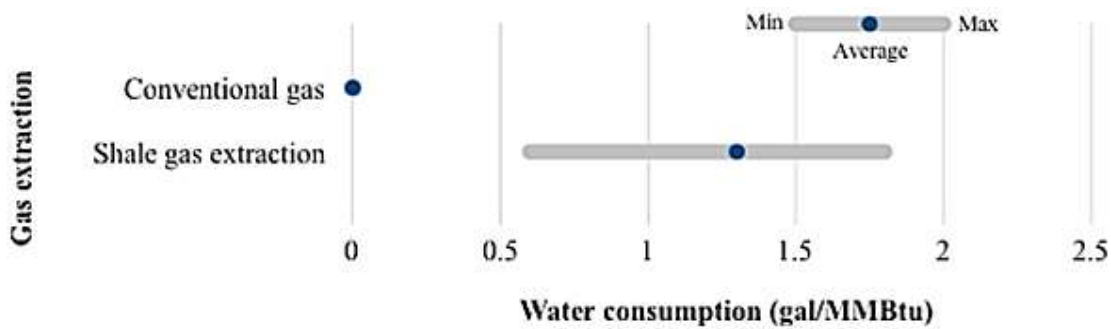
In het artikel wordt verondersteld dat elke boorput gemiddeld 18 miljoen liter water verbruikt per put voor het fracken en de afwerking van de boorput. 1 gallon is afgerond 3,78 liter, dus is de 5 miljoen gallon in het artikel 18 miljoen liter water per jaar. De gegevens welke hiervoor gebruikt zijn, komen van de vrijwillige sector databank van FracFocus.org. In de grafiek (zie figuur 11) kan men zien dat ongeveer 2 miljoen gallons per fracking operatie gebruikt worden, echter zijn zo in het artikel wordt vermeld “sommige putten meerdere malen gefracked en kan er enige systemische neerwaartse vertekening van de data set aanwezig zijn door het vrijwillige karakter van FracFocus.org. Dus 18 miljoen liter water per boorput ziet eruit als een goede solide gemiddelde schatting” (Jenkins, 2013). Gezien de veronderstellingen in het artikel, zullen alle schaliegas putten welke in 2011 voltooid zijn in de Verenigde Staten ongeveer 511 miljard liter water hebben verbruikt in dat jaar. Alle zoet water onttrekkingen (oppervlaktewater en grondwater) hebben in totaal ongeveer 483,586 miljard liter in 2005 in de Verenigde Staten gezamenlijk onttrokken. Gezien dit feit zal het betekenen dat al het water verbruikt om de Amerikaanse schaliegas boorputten te fracken in 2011, alleen 0,1 procent van de totale Amerikaanse zoetwater onttrekkingen uitmaakt. Tot nu toe ging het om de onttrekking van zoet water, oftewel water uit oppervlaktewateren en grondwater. Dit wijkt zoals in het artikel wordt vermeld af van het werkelijke verbruik van vers water, aangezien veel van dat water, zoals water

gebruikt voor de koeling van energiecentrales, terug in waterlopen geloosd wordt zonder enige verontreiniging of behandeling in waterzuiveringsinstallaties. “Aangezien het meeste van het water dat wordt gebruikt in fracking van schalie daadwerkelijk wordt verbruikt, met ongeveer 80 procent van de fracking water dat blijft zitten in de schalie reservoir, terwijl ongeveer 20 procent terug stroomt als verontreinigd afvalwater, is het kijken naar het verbruik een meer relevante vergelijking” (Jenkins, 2013).



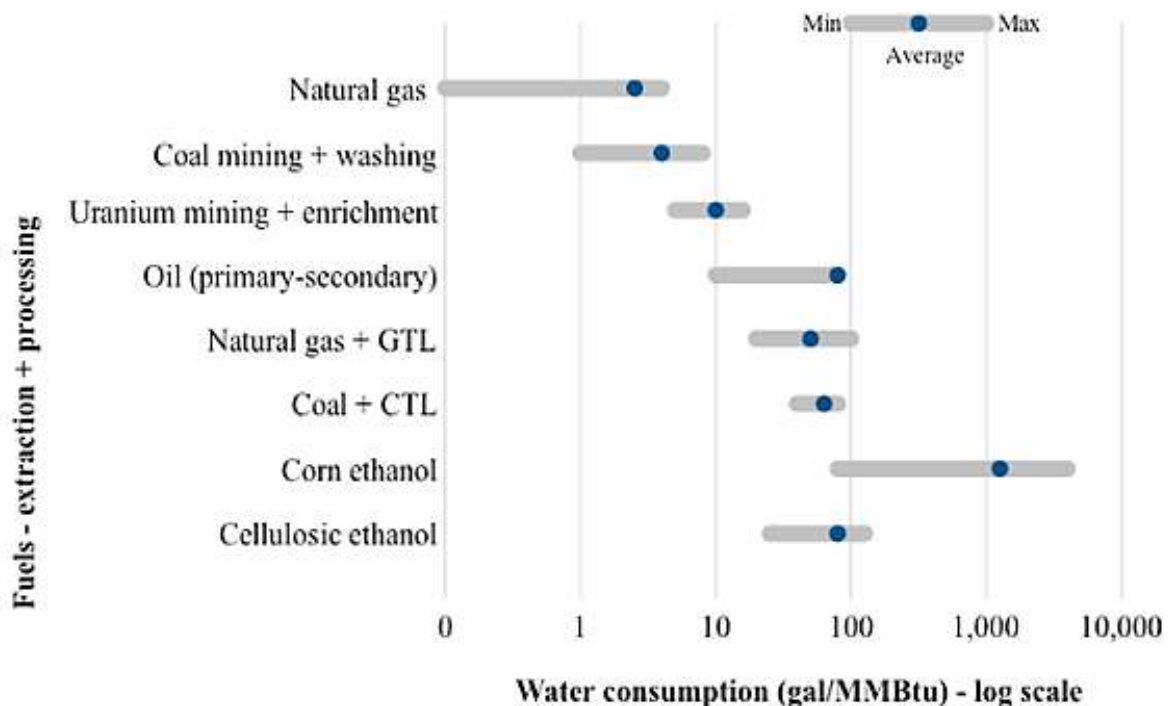
Figuur 12; Waterverbruik in de Verenigde Staten (2005), bron: (DOE and Lawrence Livermore National Labs, 2011)

Als dan het zelfde watergebruik figuur van 2005 als basislijn wordt gebruikt (zie figuur 12), dan bedraagt het totale Amerikaanse jaarlijkse zoetwater dat daadwerkelijk wordt verbruikt (bv. ofwel verdampt of verontreinigd is en opgeslagen) 165.801 miljard liter water. Met dat als onze baseline dat de totale geschatte waterverbruik voor alle schalie putten afgerond in 2011 ongeveer 0,3 procent van de totale Amerikaanse zoetwater verbruik vertegenwoordigt. Ondanks dit een grove schatting is, geeft het aan dat schaliegas boorputten niet zo veel zoetwater verbruikt als bijvoorbeeld de landbouw, welke 124.350 miljard liter water per jaar verbruikt, dat is meer dan 243 keer meer water dan wat voor fracking van schaliegas wordt verbruikt. “Golfbanen in de Verenigde Staten verbruiken bijvoorbeeld ongeveer 0,5 procent van alle zoetwater gebruikt in het land” (Environmental Institute for Golf, 2008). Dit houdt in dat het boren naar schaliegas vergelijkbaar intensief is qua watergebruik als een golfbaan. Er zijn volgens het artikel inspanningen aan de gang om de recycling technologie te commercialiseren om het gedeelte van het water dat terug stroomt naar de oppervlakte als terugstroom water terug te winnen. Daardoor kan maximaal 20% van het water weer worden terug gewonnen, de rest van het water blijft in het algemeen in de boorput en kan niet worden hergebruikt. Verschillende bedrijven zijn ook bezig met manieren om zonder het gebruik van water te fracken (Jenkins, 2013). Als men het waterverbruik bij het winnen van schaliegas in gallons water per MMBTU (1 Miljoen British Thermal Unit = 0.29 Megawatt uur) bekijkt, dan kan men in figuur 13 zien dat de extractie van schaliegas uit schalie veel meer water verbruikt per MMBTU dan conventionele gaswinning en dat ook het transport van gas door de pijpleiding veel water verbruikt, alhoewel er een minimum van 0 gallons per MMBTU is blijft het gemiddelde 1 gallon per MMBTU. Als men dan 1 en 1,5 gallons per MMBTU omrekent waar het gemiddelde van de extractie van schaliegas uit schalie ligt, dan is dat tussen de 13 liters per Megawatt uur en 19,5 liters per Megawatt uur.



Figuur 13; Waterverbruik gedurende aardgas extractie en transportatie, bron: (Mielke, Diaz Anadon, & Narayanamurti, 2010)

Als men dan ook de andere energie bronnen erbij haalt kan men zien dat aardgas productie in het algemeen minder gallons water verbruikt per MMBTU dan de meeste andere energiebronnen. De energiebron welke het meeste water verbruikt in de onderstaande figuur (zie figuur 14) is het produceren van ethanol uit mais met een gemiddeld verbruik van ongeveer 1000 gallons per MMBTU (ongeveer 13000 liter per Megawatt uur). Een meer conventionele bron van energie zoals olie verbruikt gemiddeld 100 gallons per MMBTU (ongeveer 1300 liter per Megawatt uur).



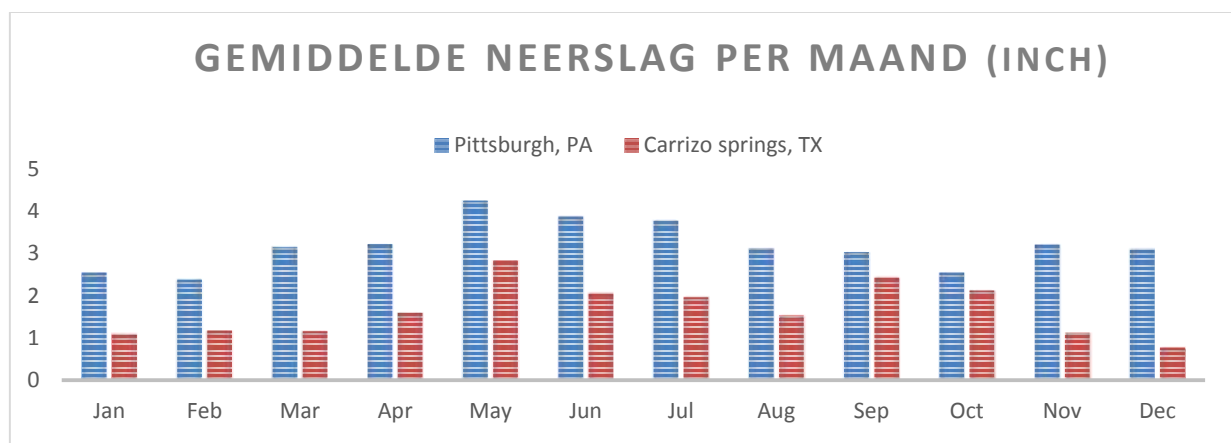
Figuur 14; Water verbruik van extractie en bewerken van brandstoffen, bron: (Mielke, Diaz Anadon, & Narayanamurti, 2010)

Als dan figuur 15 er bij wordt gehaald kan men zien dat een schaliegas boorput gemiddeld gezien 1,3 miljoen gallons/MMBTU verbruikt. Het ligt dus inderdaad tussen de 13 en 19,5 liters per Megawatt uur. Ondanks dat er miljoenen gallons worden gebruikt, waarbij het meeste bij het fracken wordt gebruikt, is het waterverbruik in gallons per MMBTU lager dan bij de meeste andere energiebronnen. Ook Chesapeake Energy geeft aan in hun eigen vergelijking welke vergelijkbaar is met die van figuur 13 en 14 dat het verbruik van een gemiddelde schaliegas operatie tussen de 0,84 en 1,84 miljoen gallons per MMBTU ligt (zie bijlage 3) (Chesapeake Energy Corporation, 2011).

Shale play	Water consumption per well (million gal)			Gas reserves per well		Water intensity
	Drilling	Hydraulic Fracturing	Total	BCF	MMBtu (million)	gal/MMBtu
Barnett	0.3	3.8	4.1	2.7	2.7	1.5
Fayetteville	0.1	4.0	4.1	2.4	2.5	1.7
Haynesville	0.6	5.0	5.6	6.5	6.7	0.8
Marcellus	0.1	5.5	5.6	4.2	4.3	1.3
Typical min	1.0	3.5	4.5	6.5	6.7	0.6
Typical max	0.1	3.5	3.6	2.0	2.1	1.8
Average						1.3

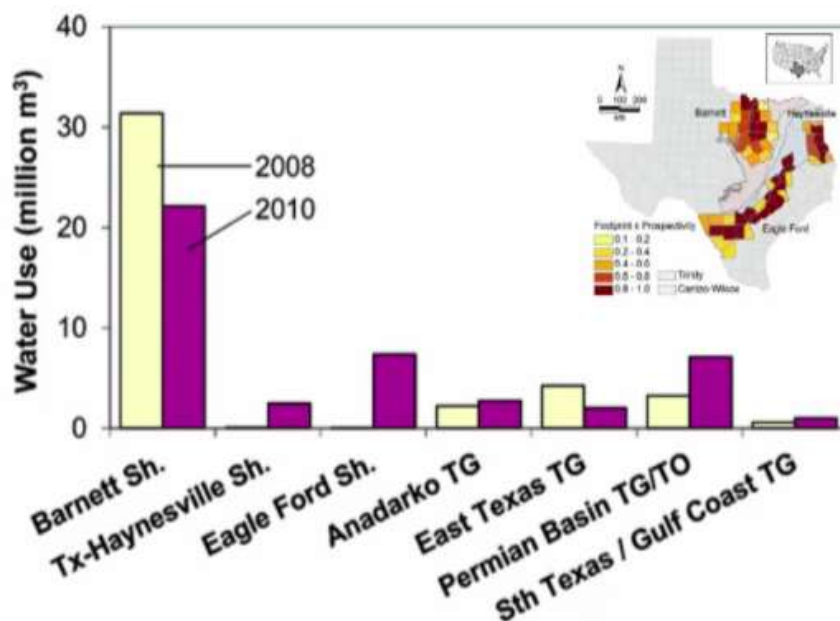
Figuur 15; Geschatte waterverbruik per schaliegasveld, bron: (Mielke, Diaz Anadon, & Narayanamurti, 2010)

In het rapport ‘Water Consumption of Energy Resource Extraction, Processing, and Conversion’ staat dat “De meest omstreden kwesties met betrekking tot water en hydraulische fracken niet waterverbruik is, maar de kans op besmetting van de watervoorraden. Echter, een mogelijke reactie op het besmettingsrisico toegenomen verwerking en hergebruik van water bij de bron, die kan uiteindelijk leiden tot lagere netto verbruik van water voor hydraulische fracken. De twee belangrijkste factoren die bepalend zijn voor de intensiteit van de water extractie is het water verbruikt tijdens ontwikkeling, de fase hoofdzakelijk voor hydraulische fracken, in mindere mate het boren en tenslotte de verwachte aardgas opbrengst uit de boorput. Deze factoren variëren per boorput en zijn afhankelijk van de geologie en de beslissingen door de exploitant” (Mielke, Diaz Anadon, & Narayanamurti, 2010). In het artikel van (Jenkins, 2013) staat dat “Volgens de Times In 2011, bijna een kwart van het water dat wordt gebruikt in Dimmit County voor fracking werd gebruikt en dat dit percentage zal stijgen tot ongeveer een derde in een paar jaar. Grondwater onttrekkingen aan de lokale Carrizo - Wilcox waterreservoir gebruikt voor fracking overschrijdt bij één derde de hoeveelheid water wat inzigt in het reservoir door de jaarlijkse neerslag. In het Marcellus schaliegas gebied wat in delen van Pennsylvania, Ohio en New York ligt, zijn regen- en oppervlaktewater veel overvloediger aanwezig”. In figuur 16 is te zien dat de gemiddelde neerslag per maand in inch over het jaar gezien hoger is in Pittsburgh en dat alleen in oktober dit hetzelfde is. Het hangt dus af van de locatie hoe groot het deel is wat het fracken en het boren naar schaliegas uitmaakt van het totale waterverbruik in het gebied van de schaliegas activiteiten.



Figuur 16; Gemiddelde neerslag per maand, Pittsburgh, PA en Carrizo Springs, TX, bron: (Jenkins, 2013)

Het verschil in neerslag heeft tot gevolg dat in Texas het boren naar en het winnen van schaliegas het gebied meer verdroogd dan in Pennsylvania. Pennsylvania ondervindt op het moment geen grote effecten van deze verdroging (alleen 2% van de schaliegas potentieel aan boringen zijn verricht).



Figuur 17; Jaarlijks watergebruik in Texas, bron: (Jackson R. , 2013)

Jackson zegt dat “1% onttrekking klein is in vergelijking met landbouwkundig watergebruik en thermo elektriciteitscentrales (30 - 40% wat ze gebruiken). Barnett Shale verbruikt 9% van het water ten opzichte van Dallas en dat is relatief een klein aantal. Als men kijkt naar het rond pompen van grondwater in Texas is 11% afkomstig van het Barnett schaliegas reservoir, bijna 40% van het th Tx-Haynesville reservoir en tenslotte 18% van het Eagle Ford schaliegas reservoir. Dat betekent dat dit nu een belangrijk onderdeel is van het grondwater dat wordt opgepompt voor alle systemen in deze gebieden (inclusief landbouwkundig gebruik, gemeentelijk gebruik en dergelijke)” (Jackson R. , 2013). Voor het gebied in Texas is duidelijker een effect te zien van het watergebruik door de schaliegas boor activiteiten, maar is dat niet zo duidelijk te zien in Pennsylvania.

Behalve het potentieel van verdroging van gebieden (mits er niet genoeg neerslag valt), zijn er ook andere effecten te onderkennen zoals het U.S. Department of Energy laat zien. De Verenigde Staten Environmental Protection Agency (US EPA) meldt dat het fracken van schaliegas boorputten tussen 8.7 miljoen en 14 miljoen liter water vereist per boorput (U.S. Department of Energy, 2013). Een extra 151.000 – 3.700.000 liter water is nodig om de boorput te boren (GWPC and ALL Consulting, 2009). “Aanzienlijk meer water nodig is dan voor conventionele gasputten, omdat de schaliegas boorputten dieper zijn” (U.S. Department of Energy, 2013). Chesapeake Energy geeft andere waarden aan, tussen 12 en 23 miljoen liters per boorput, met de hogere aantal liters per boorput van boorputten in Texas (zie ook bijlage 2) (Chesapeake Energy Corporation, 2011). Ook wordt er aangegeven dat er tussen de 1,9 miljoen en 2,3 miljoen liter water wordt verbruikt, in de eerste 10 dagen, in onder andere Pennsylvania (Chesapeake Energy Corporation, 2011) (zie bijlage 2).

Nieuwe gegevens suggereren echter dat de water eisen voor fracken van schaliegas boorputten groter en meer variabel zijn dan wordt gemeld door de Amerikaanse EPA (zie figuur 18). Fracking in de Marcellus regio vereist, gemiddeld ongeveer 17 miljoen liter per boorput. Boorputten binnen Texas 'Eagle Ford' gebruiken gemiddeld 49 miljoen liter water per boorput (U.S. Department of Energy, 2013). Deze gegevens benadrukken de significante variatie onder schalieformaties, gedreven door verschillen in de diepte en zelfs onder boorputten in de nabijheid van elkaar (U.S. Department of Energy, 2013). Het hangt duidelijk van het gebied af hoe deze op het waterverbruik van de schaliegas boor activiteiten reageert.

Shale Play	Water Requirements (gallons per well)		
	Low Value	Median Value	High Value
Barnett Shale	<1 million	2.6 million	>8 million
Haynesville and Bossier Shale	<1 million	5.5 – 6 million	>10 million
Eagle Ford Shale	1 million	6-6.5 million	13 million
Woodford, Pearsall, and Barnett-PB Shale	<1 million	0.75 – 1 million	<5 million

Source: Estimated based on data in Nicot et al. 2011

Figuur 18; Water eisen voor fracken in de schaliegas reservoirs in Texas, bron: (U.S. Department of Energy, 2013)

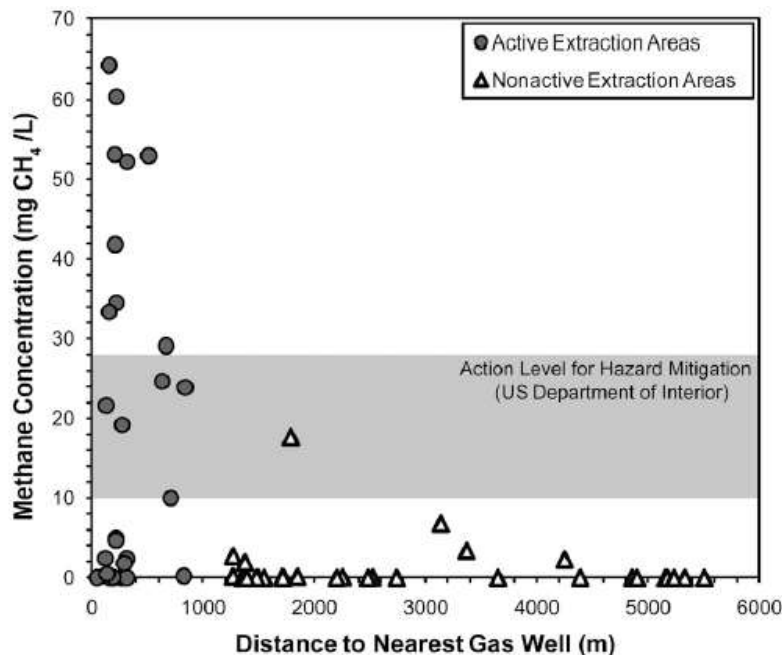
Terwijl water onttrekkingen rechtstreeks invloed hebben op de beschikbaarheid van zoetwater voor andere doeleinden, kunnen wateronttrekkingen ook de waterkwaliteit aantasten. Bijvoorbeeld, onttrekkingen van grote hoeveelheden water kunnen een negatieve invloed hebben op de kwaliteit van het grondwater door middel van een verscheidenheid aan manieren, zoals door het mobiliseren van natuurlijk voorkomende stoffen, het bevorderen van de groei van bacteriën, waaronder bodemdaling en mobiliseren van mindere kwaliteit water uit omliggende gebieden (U.S. Department of Energy, 2013). Evenzo onttrekkingen uit oppervlaktewater kan invloed hebben op de hydrologie van het grondwater en vermindering van de hoeveelheid water in een oppervlakte waterlichaam kan het vermogen om gemeentelijke of industriële lozingen van afvalwater te verdunnen verminderen. Het zal daardoor lastiger zijn om de waterkwaliteit van het oppervlakte te handhaven. Gezien de voorgestelde uitbreiding van boor activiteiten in veel regio's in Amerika, zullen conflicten tussen aardgas bedrijven en andere gebruikers intensiveren (U.S. Department of Energy, 2013).

Water is een van de belangrijkste twistpunten van fracking, omdat het water wordt vervuult met chemicaliën, zouten en radioactiviteit. Schaarste en conflicten over water in drogere gebieden zijn aan het opkomen en is te wijten aan de toenemende bevolking en de klimaatverandering welke fluctuaties in neerslag veroorzaakt, waardoor droogte vaker kan voorkomen. Gecombineerd met het verbruik van schaliegas wordt dat een explosieve situatie. De branche is echter bezig om dit probleem aan te pakken. Er zijn bijvoorbeeld Canadese bedrijven die experimenteren met butaan en propaan om teerzand in Alberta efficiënter te produceren. Het blijkt dat ook de schaliegas bedrijven op zoek zijn naar een manier om propaan te gebruiken en om zo het waterverbruik te verminderen (Gies, 2011). En ook fracking met kooldioxide wordt onderzocht en wordt al getest in Wyoming. Fracking met kooldioxide heeft een aantal potentiële voordelen. Niet alleen zou het miljoenen liters water per boorput besparen, maar zou ook het grote hoeveelheid aan afvalwater bij deze werkwijze worden geëlimineerd (Bullis, 2013). Er is echter niet bekend of het koolstofdioxide, propaan of butaan in de atmosfeer zou kunnen lekken, of in het grondwater zou kunnen komen. Dit komt hoofdzakelijk door het feit dat het om een nieuw ontwikkelde methode gaat waar men momenteel nog mee experimenteert. Dat houdt in dat de resultaten van de onderzoeken hierover nog zullen komen. Het heeft in ieder geval het potentieel om het watergebruik bij het fracken naar schalie gas te verminderen, of misschien zelfs overbodig te maken. In de volgende paragrafen zal gekeken worden naar de boorput integriteit en de effecten van terug stromend frack vloeistof (op waterbasis) op het oppervlakte- en grondwater. In sub paragraaf 3.3.3. oppervlakte en grondwater effecten wordt ingegaan op de gevolgen van de chemicaliën op het gebruikte grond en oppervlakte water en de effecten op de grondwater, oppervlakte water en drinkwater in het algemeen.

3.3.2. Boorput integriteit

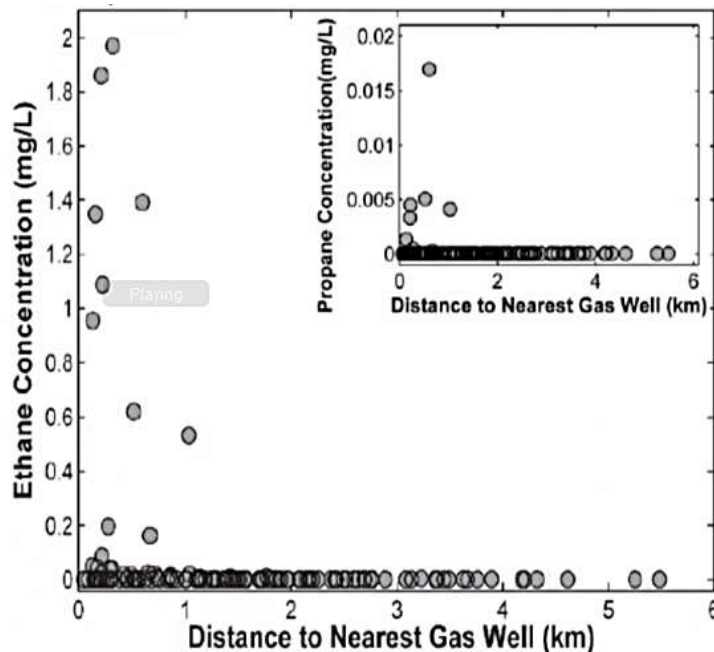
In Amerika zorgt schaliegas voor de geplande sluiting van tenminste 175 met kolen gestookte generatoren tot en met 2016, wat neerkomt op 8,5 procent van de Amerikaanse steenkool generatoren. Een derde van deze generatoren sloten alleen al in het jaar 2012, waardoor het jaar 2012 het grootste jaar werd voor kolencentrale pensioneringen in de geschiedenis van de natie. Hun permanente beëindiging betekende schonere lucht in Amerika. Hoewel minder lucht verontreiniging goed is voor het milieu, zijn de lange termijn klimaat voordelen van deze historische kolen naar gas overgang afhankelijk van de hoeveelheid methaan welke kan lekken uit gasputten en pijpleidingen. Verbranding van aardgas produceert ongeveer 50% minder koolstof per kilowattuur dan verbranding van steenkool. Methaan lekkage kan deze klimaat besparingen echter ondermijnen. De opwarming impact van methaan is 72 maal krachtiger op het klimaat dan CO₂ over een 20-jarige periode en meer dan 20 maal krachtiger in een periode van 100 jaar. “Als veel van de boorputten lek zijn en methaan weg zal lekken in de atmosfeer, zijn alle klimaat voordelen van een verschuiving van kolencentrales naar gascentrales voor niets geweest in Amerika” legt Fred Krupp, uitvoerend directeur van het Environmental Defense Fund uit (Krupp & Jenkins, 2013).

Of de boorputten lekken en hoeveel van de boorputten lek zijn is dan de volgende stap om de effecten op het grondwater met betrekking tot het geproduceerde gas te kunnen bepalen. In het rapport van Jackson, staat beschreven, dat in het onderzoeksgebied in Pennsylvania methaan aanwezig is in het water onafhankelijk van olie of gas activiteiten (Jackson, et al., 2012). Echter werd er bewijs gevonden (zie figuur 19) dat als grondwater binnen een omtrek van een kilometer gewonnen wordt van een booractiviteit de kans om een hoge concentratie van methaan en zelfs een super verzadigde concentratie waar het water bubbels hebben veel hoger is dan in de natuurlijke aangetroffen situatie. Ook vermeldde de heer Jackson dat “tot nu toe geen bewijs is gevonden van hogere zoutconcentraties of hogere concentraties van radioactieve isotopen” (Jackson R. , 2013).



Figuur 19; Methaan concentratie in het grondwater, bron: (Jackson R. , 2013) en (Osborn, Vengosh, Warner, & Jackson, 2011)

De gegevens (zie figuur 20) over ethaan en propaan in het grondwater geven een veel duidelijker beeld. “Deze twee gasen zijn een betere indicatie voor het aantonen van waar het gas afkomstig is, omdat microben geen ethaan en propaan produceren” (Jackson R. , 2013). Men kan iets met de aanwezigheid van deze gasen zeggen over herkomst van het gas. Ook deze gasen vinden we binnen een kilometer van de schaliegas boorputten. Dit houdt in dat het gemeten gas in het grondwater hoofdzakelijk afkomstig moet zijn van een gasboorput, en in dit geval een schaliegasboorput.



Figuur 20; Propaan en Ethaan concentratie in het grondwater, bron: (Jackson R. , 2013)

Dat er in onderstaande figuur 21 een effect te zien is tussen afstand tot beken en de gas concentratie van methaan is correct, omdat je gemiddeld gezien een hogere methaan concentratie krijgt als je dichterbij valleibodems komt in Pennsylvania. Ook is er een effect te zien tussen de afstand tot het Appalachian Structural Front en de gasconcentraties. De Appalachian Structural Front is een index voor de ontwikkeling van toenemende thermische rijpheid en de mate van tektonische vervorming en beïnvloed de opgeloste concentraties gas (Jackson, et al., 2012). Echter geen van deze effecten is als significant in de analyse in het rapport (Jackson, et al., 2012), dan de afstand tot gas boorputten. “Er bestaat dus een topografische relatie, maar deze relatie verklaart niet wat er gevonden is aan data met het onderzoek” (Jackson R. , 2013). Dit houdt in dat de hoofdzakelijke oorzaak voor het gevonden gas in het grondwater door gas boorputten komt.

	Distance to gas wells	Distance to streams	Distance to ASF
[CH₄]			
Multiple regression	<i>P</i> = 0.0007	<i>P</i> = 0.27	<i>P</i> = 0.11
Pearson <i>r</i>	<i>P</i> = 0.0003	<i>P</i> = 0.22	<i>P</i> = 0.04
Spearman ρ	<i>P</i> = 0.007	<i>P</i> = 0.01	<i>P</i> = 0.02
[C₂H₆]			
Multiple regression	<i>P</i> = 0.0034	<i>P</i> = 0.053	<i>P</i> = 0.45
Pearson <i>r</i>	<i>P</i> = 0.003	<i>P</i> = 0.36	<i>P</i> = 0.11
Spearman ρ	<i>P</i> = 0.004	<i>P</i> = 0.95	<i>P</i> = 0.21

Figuur 21; Statistische analyses voor (CH₄) e (C₂H₆), bron: (Jackson R. , 2013)

“De isotopische samenstelling en gas ratio's zorgen voor extra inzicht in de bron van gassen in het grondwater. De isotopische samenstelling van $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ hoger dan -40 ‰ in het algemeen suggereert een thermogene oorsprong voor methaan, terwijl $\delta^{13}\text{CCH}_4$ waarden kleiner of gelijk aan 60 ‰ een biogeen methaan bron suggereren. De meest thermogene $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ samenstellingen in drinkwater werden over het algemeen gevonden in huizen met verhoogde $[\text{CH}_4]$ minder dan 1 km van aardgas boorputten (zie ook figuur 22). In feite, alle drinkwaterputten met methaan concentraties hoger dan 10 mg/L, komen boven het Amerikaanse ministerie van Binnenlandse Zaken gestelde drempel voor het overwegen van het zuiveren van het grondwater voor het gebruikt kan worden als drinkwater en zijn consistent van thermogene oorsprong. Onze gegevens tonen ook een bevolking van woningen in de buurt van aardgas putten met water dat een $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ samenstelling heeft die van microbiële oorsprong lijkt te zijn” (Jackson, et al., 2012). Over het algemeen, wordt er in het rapport gesuggereerd dat een subgroep van huizen in de buurt van schaliegasputten methaan heeft met een hogere thermische rijpheid dan woningen verder verwijderd van schaliegas boorputten.



Sloto 2013
Scientific Investigations Report 2013–5085

Methane >1 mg/L in two of 20 samples (one quite high).

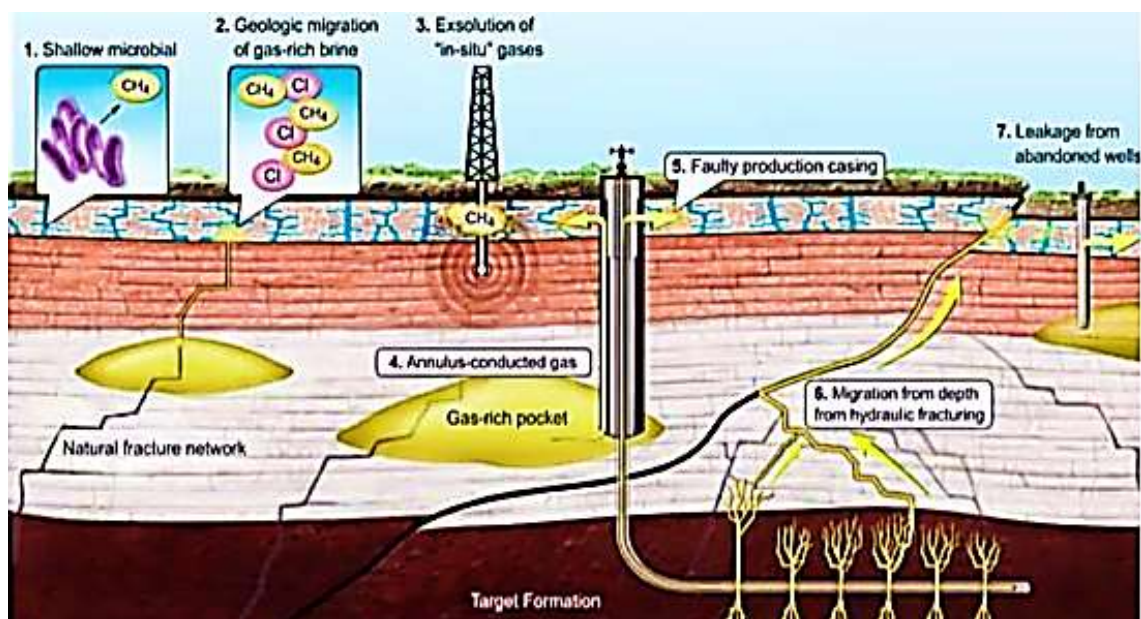
SU-151: 4.1 mg CH_4 /L

SU-154: 51.1 mg CH_4 /L

“The values fall in the range for thermogenic natural gas, rather than microbial (biogenic) gas.”

Figuur 22; Oorsprong van methaan, bron: (Jackson R. , 2013)

Het geen waar de mensen het meest bezorgd over zijn in Amerika is de beweging van het gas uit de breuken van het hydraulische fracken richting het oppervlakte. Het rapport van (Jackson, et al., 2012) wijst naar een andere oorzaak. Jackson zegt: “De behuizing (casing) problemen vallen in twee categorieën. Ten eerste is dit slecht cement dat toelaat dat gassen buiten de boorput kunnen voorkomen als er zich een luchtbel met gas buiten de cement casing bevindt. Ten tweede is het de productie-behuizing welke kan lekken. Dit vormt een meer ernstig probleem, omdat dan gas en boorvloeistof van binnen de productieleiding zich in de ondergrondse lagen rondom de casing kan bevinden. Het meest waarschijnlijk gebeurt dit in de bovenste bodemlaag” (Jackson R. , 2013).

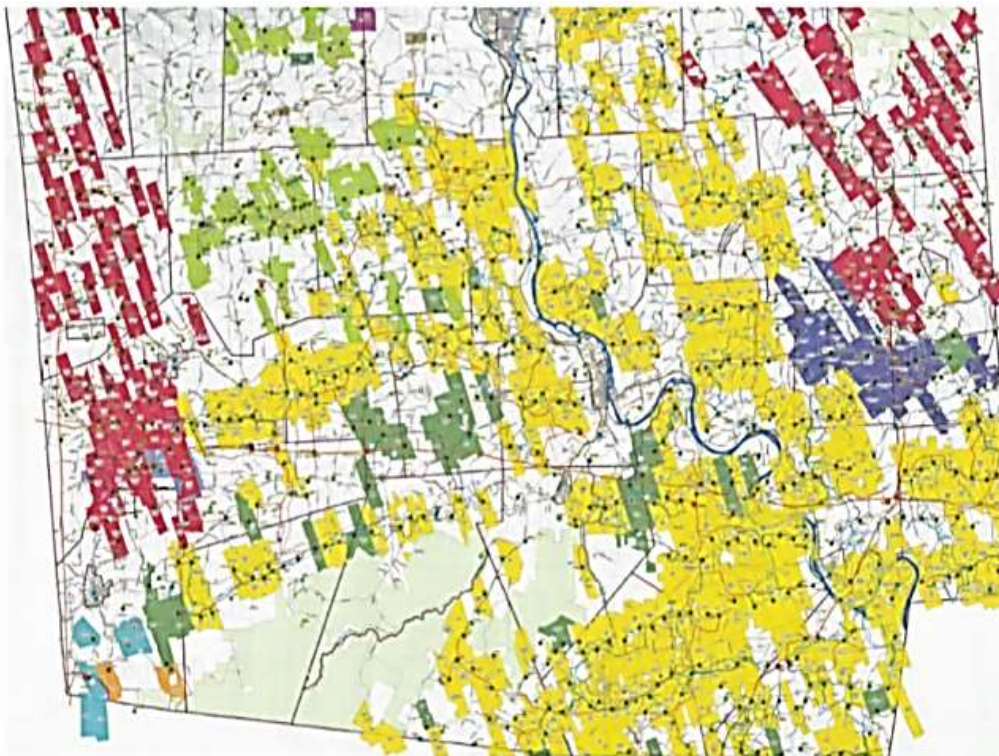


Figuur 23; Zeven manieren hoe methaangas in het drinkwater kan belanden, bron: (Jackson R. , 2013)

De integriteit van de boorput is dus hier het belangrijkste. In figuur 23 zijn alle zeven manieren te zien hoe CH_4 vanuit de reservoir of vanuit de boorput zelf kan lekken naar het grondwater. Lekkage vanuit de reservoir door een breuk lijn direct naar een drinkwater reservoir is onwaarschijnlijk, echter is het wel mogelijk als de boorput lek is, of niet meer in gebruik is en verwaarloosd wordt en daarom dus lekt. Wat wel gezegd moet worden is dat de geologie van het gebied moet worden meegenomen voordat een uitspraak kan worden gedaan, omdat als er in het gehele gebied boven en onder het drinkwater reservoir een slecht doorlatende laag bevindt en dus het drinkwater afsluit van andere watervoerende lagen, zal een verontreiniging daarvan minder waarschijnlijk zijn. Dan nog kunnen de boorputten lek zijn, alhoewel er dan minder goed een effect te zien is (Jackson R. , 2013) en (Jackson, et al., 2012).

Onderstaande figuur 24 laat zien wat in de maand april van het jaar 2013 gebeurd is in de Bradford County aan schaliegas ontwikkeling. De kleuren geven de verschillende bedrijven aan die naar schaliegas boren. Op de kaart (figuur 24) is te zien dat dit echt ruimtelijk intens is. “Er zijn op dit moment honderden boorputten in Bradford County, met vele tientallen boorvloeren. Er zijn slechts ongeveer 6800 Marcellus boorputten geboord in Pennsylvania vandaag en slechts de helft van hen zijn in de productie. Dat is ongeveer 6 tot 7% van de verwachte boorputten” (Ingraffea, 2013).

“Als je een hoge dichtheid van gasputten en een hoge dichtheid van particuliere waterputten hebt, kunnen we kwantitatief voorspellen op een statistische manier, wat de kans is dat een lekkende boorput een drinkwaterput beïnvloed” (Ingraffea, 2013).



Figuur 24; Schaliegasbedrijven welke opereren in Bradford County, stand te april, 2013, bron: (Ingraffea, 2013)

“Er is al bekend dat lekkage er plaatsvindt en we weten dat private grondwaterbronnen vervuild zijn. De volgende tekst vermeldt dat een mogelijk mechanisme voor deze correlatie lekkende boorputten zijn” (Ingraffea, 2013)

“There are at least three possible mechanisms for fluid migration into the shallow drinking-water aquifers that could help explain the increased methane concentrations we observed near gas wells...A second mechanism is leaky gas-well casings...Such leaks could occur at hundreds of meters underground, with methane passing laterally and vertically through fracture systems.”

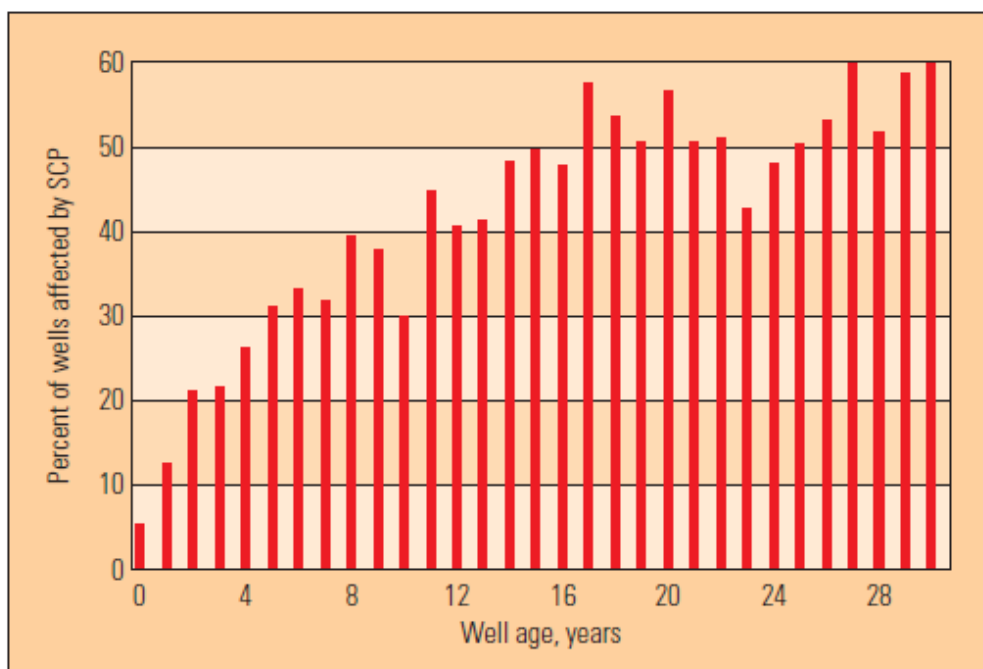
Figuur 25; bron: (Ingraffea, 2013)

De heer Ingraffea stelt dat bronnen vanuit de industrie zelf op het moment jammer genoeg de beste bronnen zijn. Dus zijn ze binnen het onderzoek gaan kijken naar bronnen uit de sector. “Eerder dit jaar heb ik deelgenomen aan een webinar van de Society of Petroleum Engineers en de titel van de webinar was boorput integriteit” (Ingraffea, 2013). De industrie is dus bekend met het probleem met betrekking tot de integriteit van de boorputten (zie figuur 26).

Industry well integrity outlook

- ❖ Industry will drill more wells in next decade than have been drilled in last 100 years
- ❖ Global well population is +/- 1.8 million, of which +/- 35 % has sustained casing pressure
- ❖ Public awareness and concern of zonal isolation requirements is increasing (USA / Australia / Europe)
- ❖ Geothermal wells and CO2 sequestration wells are on the increase
- ❖ Subsidence is a risk in some depleting reservoirs
Life cycle extension of aging assets is becoming a pre-requisite of legislators
- ❖ Zonal isolation challenges and assurance does need push in technology
- ❖ Abandonment of legacy wells is becoming more of a focus
- ❖ Industry collaboration is an inevitable pre-requisite on all topics

Figuur 26; Boorput integriteit wereldwijd, bron: (Ingraffea, 2013)

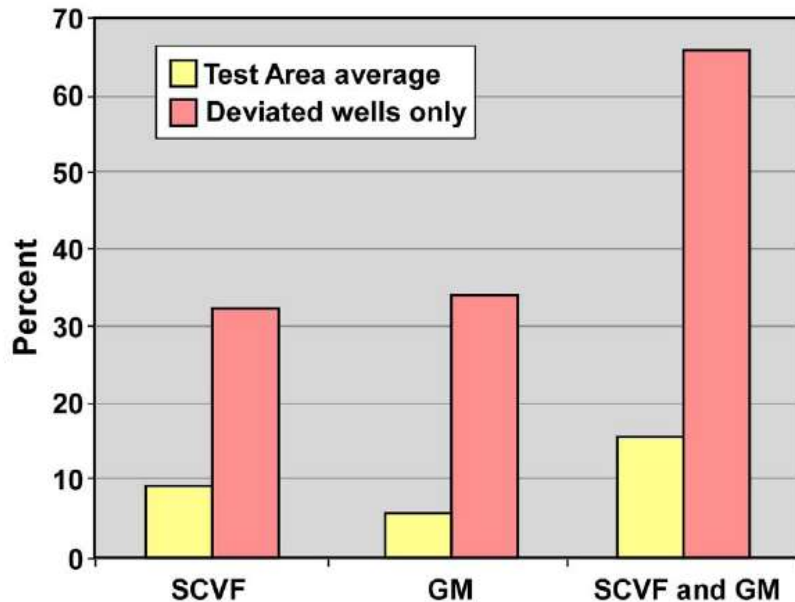


Figuur 27; Boorput integriteit van offshore boorputten in de golf van Mexico, bron: (Ingraffea, 2013) en (Bruffato, et al., 2003)

Ingraffea zegt: “Boorput integriteit is de term die de industrie gebruikt in plaats van lekkende putten. Ze willen dit niet te gebruiken, omdat het niet goed leest op de voorkant van een krant. Boorput integriteit klinkt goed, toch? Ze studeren echter niet de boorput integriteit, maar de boorput lekkage bij de workshops. Een van de sprekers in de workshop liet een dia zien, dat van een wereldwijde populatie van 1,8 miljoen gas- en oliebronnen, was vastgesteld dat 35% van hen lek waren” (Ingraffea, 2013). De heer Ingraffea ging in de gepubliceerde literatuur, terug naar een rapport van 2003, die offshore olie- en gasbronnen in de Golf van Mexico bestudeerd. Het ging over 4000 boortorens en onderstaande grafiek (zie figuur 27) laat zien wat het resultaat is van dit onderzoek. Op de horizontale as is de leeftijd te zien van elk van de boorputten die werden bestudeerd en op de verticale as is het percentage van de boorputten te zien van elke leeftijd die lek is. SCP staat voor Sustained Casing Pressure en is een maat voor de integriteit van de boorput. Drie dingen komen meteen duidelijk naar voren uit deze gegevens, gloednieuwe putten lekken, in dit geval 5% van de gloednieuwe boorputten. Als de boorput leeftijd stijgt, dan gaat ook de mate van lekkage omhoog. Tegen de tijd dat boorputten rijp zijn (offshore putten in de Golf van Mexico rijpen na 15 - 25 jaar), ondervinden een zeer aanzienlijk percentage van de boorputten een of andere vorm van verlies van boorput integriteit.

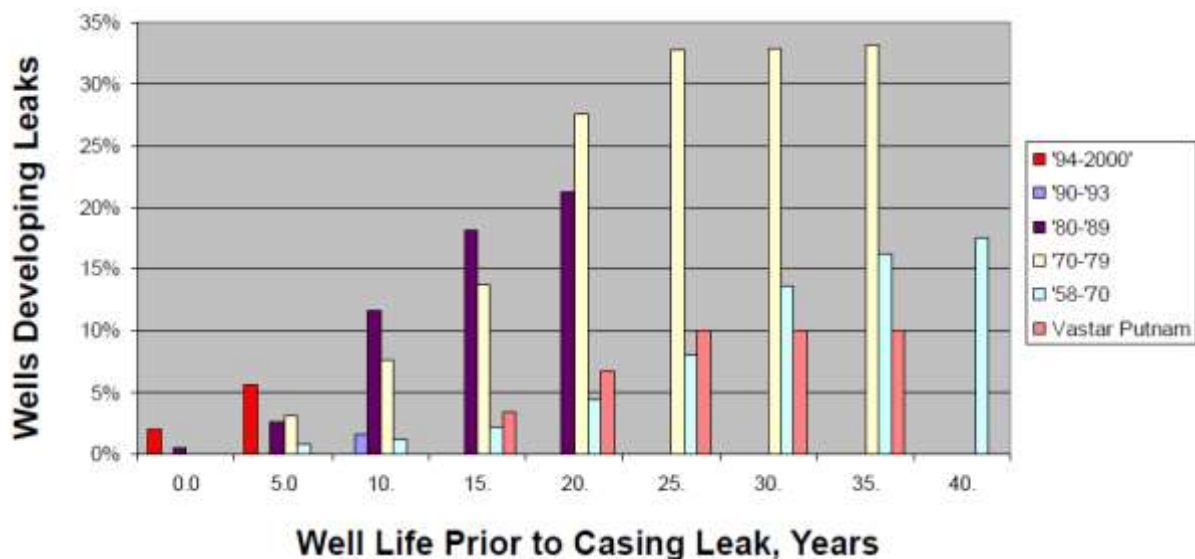
Een onderzoek over 23.000 on-shore putten in Canada gaf het zelfde beeld. De jonge boorputten hebben een lekkage percentage van 5% en als de boorputten ouder worden gaat de lekkage percentage omhoog. “Dit document ging in op een diepgaande studie, in een bijzonder gebied in Alberta waar men een meer gericht onderzoek deed, om te kijken naar het verschil in prestaties tussen afwijkende en niet-afwijkende boorputten. Een boorput welke afwijkt, is een boorput waarbij er een significante verandering van de verticaal boorpijp is. Per definitie zijn alle schaliegas boorputten afwijkende boorputten. In het rapport werd gekeken naar de “sustained casing vent flow” en naar gas migratie (wat ook een indicatie is van een lekkende boorput). De uiteindelijke conclusie van het rapport is dat boorputten die niet afweken (dus conventioneel zijn) met een percentage van 15% lek waren en dat de boorputten die wel afweken met een percentage van 65% lek zijn” (Ingraffea, 2013). In onderstaande grafiek (zie figuur 28) dat uit dit zelfde rapport afkomstig is waarbij SCVF: sustained casing vent flow is, GM: gas migratie en SCVF and GM: een combinatie van

de beide is, kan men zien dat als alleen naar de “sustained casing vent flow” gekeken wordt het gemiddelde percentage aan onconventionele boorputten die lek zijn duidelijk hoger is met ongeveer 30%. Ook bij de indicator gas migratie is het zelfde beeld te zien, echter is hier het gemiddelde percentage van de conventionele en onconventionele boorputten ongeveer 5% en van de onconventionele tussen de 30 en 40%. Tenslotte geven de indicatoren “sustained casing vent flow” en gas migratie samen een nog drastischer beeld weer. Deze categorie bevat echter niet alleen schaliegas boorputten, maar ook andere onconventionele boorputten (Ingraffea, 2013).



Figuur 28; Boorput integriteit van on-shore boorputten in Alberta Canada, bron: (Ingraffea, 2013)

In het rapport van (George E King Consulting Inc., 2013) is een grafiek (zie figuur 29) te zien waar op de horizontale as staat wat de leeftijd van de behuizing is, en op de verticale as het percentage boorputten welke is gaan lekken. De verschillende categorieën laten zien in welke periode de boorputten zijn gebouwd. Hetzelfde soort patroon is weer te zien. De jonge boorputten lekken in een bereik van 0 tot 5% en hoe ouder de boorputten hoe meer deze lekken. Wanneer de putten ouder zijn krijg je zeer significante lek percentage welke tussen de 25 en 35% liggen.



Figuur 29; Boorput integriteit, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

Ingraffea zegt: “door de kritiek van anderen zijn we in een gebied gaan kijken waar moderne schaliegas ontwikkeling is en waar er sprake is van een breed scala aan exploitanten, die met behulp van zogenaamd de beste technologie, de beste cementen, de beste behuizingen en onder de zwaarste regelgeving van het land werken om daar te kijken hoe vaak de putten lekken” (Ingraffea, 2013). De database welke in het onderzoek is gebruikt door Ingraffea, bevat boorputten in Pennsylvania met meer dan 75.000 inspectie en schendingsverslagen, voor 41.381 olie en gas putten geboord in de periode van dertien jaar beginnend op 1 januari 2000. Het gaat in het onderzoek niet alleen om schaliegas boorputten, maar om alle olie- en gasbronnen (Ingraffea, 2013). Er moet wel gezegd worden dat de gegevens nog niet peer-reviewed zijn.

De statistische toets gebruikt voor het analyseren van de gegevens is de Cox Proportional Hazard Model. Dit zijn Proportionele risico modellen (Cox Proportional Hazard Model) welke een klasse van overlevingsmodel is, in de statistiek. Overlevingsmodellen gaan over de tijd die verstrijkt voordat een bepaalde gebeurtenis aan een of meer covariaten die kunnen worden geassocieerd met de hoeveelheid tijd voorkomen. In een proportionele risico model, is het unieke effect van een verhoging van eenheid in een covariaat vermenigvuldigend ten opzichte van de risicofactor. Bijvoorbeeld, een geneesmiddel kan iemands risicofactor halveren voor de kans dat een beroerte optreedt (Breslow, 1975).

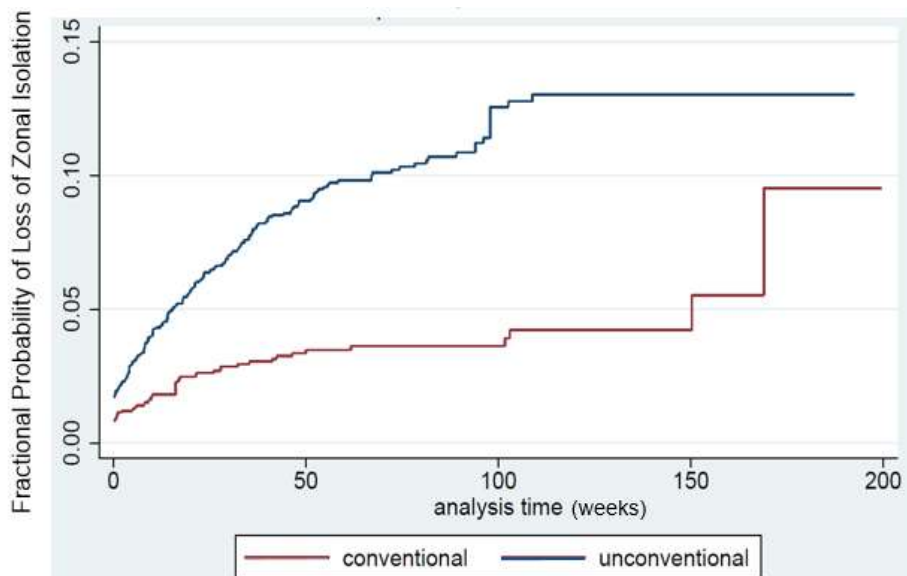
De database welke in het onderzoek van Ingraffea gebruikt wordt, is gebaseerd op inspectie rapporten van de PADEP Office of Oil and Gas Management. Rapporten over alle conventionele en onconventionele gas, olie, gecombineerde gas en olie en Coalbed methaan boorputten van 1 januari 2000 tot 31 december 2012 zijn hiervoor gebruikt. Hierdoor werd de database van het rapport 41,381 boorputten groot. Ook werd er gebruik gemaakt van de inspectie verslagen over dezelfde boorputten in de periode die zo net genoemd is. Dit houdt in dat inspecties van alle boorputlocaties gebruikt worden, kijkend naar administratieve beoordeling, boring routine, inspectie gegevens, gerapporteerde schendingen en opmerkingen van PADEP inspecteurs over de boorputten. Van de 41,381 boorputten waren 8,703 niet geïnspecteerd en 5,223 boorputten hadden een foutief inspectie verslag of foutief inspectie datum. Al deze boorputten werden niet meegenomen in het onderzoek van Ingraffea over lekkage in schaliegas boorputten. De uiteindelijke database bestond uit de gegevens van Pennsylvania over 27,455 boorputten en met 75,505 bijbehorende inspectie verslagen.

Ingraffea zegt hierover: “We dachten naïef dat zolang we al die gegevens hadden gefilterd en bepaald welke van die 27.000 boorputten, tenminste één inspectierapport aanwezig was waar het zei in de eind conclusie van het inspectie rapport dat een schending werd aangetoond, dus zegt dat de boorput één van een aantal regelingen schendt in de Staat van Pennsylvania die boorput lekkage verbied, zouden we alle boorputten die lek waren hebben gevonden” (Ingraffea, 2013). Ingraffea zei verder dat: “toen we begonnen met het lezen van de toelichtingen en de schriftelijke reacties die werden ingevuld in de inspectie rapporten, vonden wij vele boorputten waar de inspecteur eerlijk zei dat de boorput lek was. Dit was echter nooit als een overtreding gemeld” (Ingraffea, 2013). In figuur 30 is te zien welke opmerkingen Ingraffea in het onderzoek is tegen gekomen. In het rood achter de opmerkingen staat hoe vaak deze opmerkingen of een variant daarop voorkwam.

Violation Code (#)	Violation Description
78.83GRNDWTR (76)	Improper casing to protect fresh groundwater
78.83COALCSG (12)	Improper coal protective casing and cementing procedures
78.81D1 (1)	Failure to maintain control of anticipated gas storage reservoir pressures while drilling through reservoir or protective area
207B (11)	Failure to case and cement to prevent migrations into fresh groundwater
78.85 (1)	Inadequate, insufficient, and/or improperly installed cement
78.86 (101)	Failure to report defective, insufficient, or improperly cemented casing w/in 24 hours or submit plan to correct w/in 30 days
78.81D2 (4)	Failure to case and cement properly through storage reservoir or storage horizon
78.73A (21)	Operator shall prevent gas and other fluids from lower formations from entering fresh groundwater.
78.73B (81)	Excessive casing seat pressure
78.84 (2)	Insufficient casing strength, thickness, and installation equipment
209CASING (1)	Using inadequate casing
210NCPLUG (1)	Inadequate plugging of non-coal well above zones having borne gas, oil, or water
78.83A (2)	Diameter of bore hole not 1 inch greater than casing/casing collar diameter
210INADPLUG (1)	Leaking plug or failure to stop vertical flow of fluids
79.12 (2)	Inadequate casing/cementing in conservation well
78.82 (1)	Remove conductor pipe

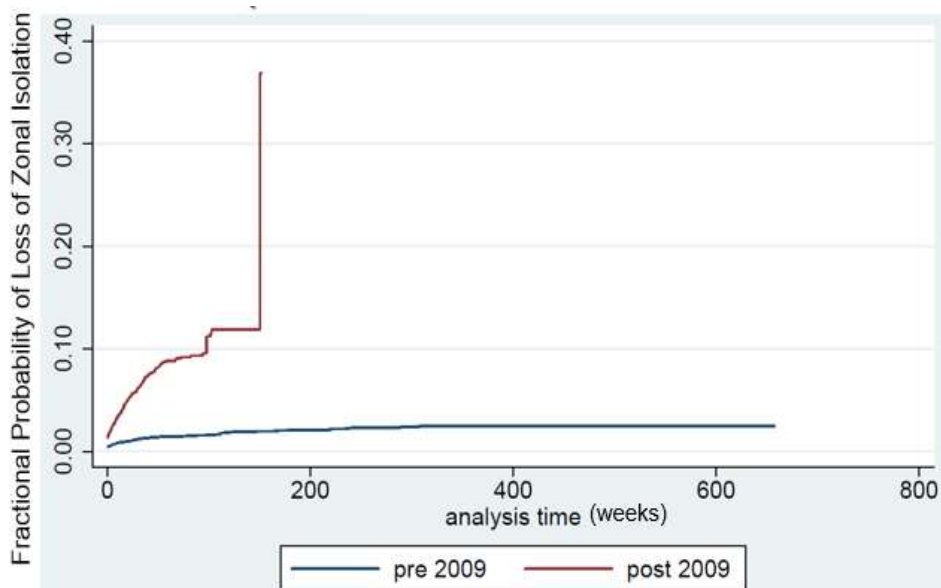
Figuur 30; Opmerkingen van inspecteurs over de boorput integriteit, bron: (Ingraffea, 2013)

Zoals in figuur 30 te lezen is, wordt vaak gezien dat de behuizing het grondwater niet goed beschermt, de violatie codes 78.83GRNDWTR, 78.83COALCSG, 207B en vele andere vallen hieronder. Ook is te zien dat 101 keer de violatie code 78.86 is gebruikt, wat inhoudt dat het bedrijf niks binnen 30 dagen heeft gedaan om het lek te repareren. Als men nu kijkt naar het grafiek (zie figuur 31) wat de uiteindelijke uitkomst van het rapport laat zien, dan kan men zien dat de kans dat een onconventionele boorput lekt waar ook schaliegas boorputten onder vallen, maar licht groter is dan die van conventionele boorputten in de eerste weken. Als de weken verstrijken neemt bij de onconventionele boorputten de kans op lekkage beduidend toe. De kans op lekkage bij conventionele boorputten neemt pas toe na 150 weken (ongeveer 3 jaar) en is maximaal 10% wanneer 200 weken (ongeveer 4 jaar) verstreken zijn. Als dan naar de onconventionele boorputten gekeken wordt is te zien dat het na 50 weken (ongeveer 1 jaar) het percentage dat lek is ongeveer 10% is en na 200 weken (ongeveer 4 jaar) ongeveer 12%. Ingraffea geeft aan in het rapport dat “onconventionele boorputten een 58% hoger risico hebben op structurele integriteit problemen dan conventionele boorputten” (Ingraffea, 2013).



Figuur 31; Vergelijking van conventionele en onconv. boorputten na 2009, bron: (Ingraffea, 2013)

Als dan de boorputten van voor en na 2009 met elkaar worden vergeleken kan men zien dat het gemiddeld gezien de boorputten na 2009, waar ook de schaliegas boorputten toe behoren er een duidelijke toename is van het percentage van de boorputten die lek zijn. Na 100 weken (ongeveer 2 jaar) neemt dit percentage toe tot het na 150 weken (ongeveer 3 jaar) tussen de 30 en 40% is. De boorputten gebouwd voor het jaar 2009 blijven stabiel in het percentage wat lekt.



Figuur 32; Vergelijking van boorputten voor en na 2009, bron: (Ingraffea, 2013)

Uit de gegevens blijkt dat de industrie niet beter is geworden dan in de Golf van Mexico of welke andere locatie in de wereld dan ook. "Het is waanzinnig moeilijk om een goed ontworpen cement behuizing in een boorput correct te plaatsen. Het is ook moeilijk om dit te doen als de boorput goed ontworpen is en er is geen garantie dat het ontwerp precies naar plan zal worden uitgevoerd. Er is ook geen garantie dat zelfs een goed uitgevoerde ontwerp op dag 1, niet zal beginnen met lekken op dag 100 of 1000" (Ingraffea, 2013).

De conclusie die Ingraffea uiteindelijk maakte gebaseerd op de Cox Proportional Hazard predictive process luidt als volgt; Tenminste 13% van alle olie en gas boorputten welke geboord zijn in de gehele staat van Pennsylvania na 2009 zal lekkage problemen ondervinden. Daarnaast zal tenminste

45% van de onconventionele boorputten, geboord in de noordoostelijke provincies van Pennsylvania gaan lekken. En tenslotte zullen onconventionele boorputten geboord na 2009 in het noordoostelijke provincies van Pennsylvania eerder en bij een hoger percentage problemen hebben met lekkage dan boorputten geboord voor 2009. Schaliegas boorputten neigen dus eerder problemen te vertonen met betrekking tot lekkage van de behuizing dan conventionele boorputten.

“De hoofdreden voor het lekken van de boorputten is dat de boorput corrodeert” (George E King Consulting Inc., 2013). Wat de hoofdoorzaken voor corrosie zijn, beantwoordt dan waarom boorputten lekken. Deze hoofdoorzaken zijn; H_2S (zuur gas met ijzersulfide als bijproduct), CO_2 (Hoofdoorzaak van de corrosie door geproduceerd gas), O_2 (Hoofdoorzaak van corrosie in het algemeen), Bacteriën (bijproducten en geproduceerd zuur). Factoren welke van belang zijn voor het proces van corrosie zijn onder andere de zuurgraad in de bodem of vloeistof welke oppervlakte contact maakt, de concentratie van chloriden (dit beïnvloedt de oplosbaarheid van de corrosie remmer) de temperatuur (Hogere temperaturen leiden tot meer corrosie), druk (koolstofdioxide en waterstofsulfide zijn beter oplosbaar in water bij lagere druk), snelheid (belangrijk voor de mate van erosie), slijtage (versnelt het corrosie proces), vast materiaal in de boorput (zorgt voor erosie en schuurt het metaal) (George E King Consulting Inc., 2013).

Het gaat hier vooral om chemische corrosie door stoffen zoals waterstofsulfide, koolstofdioxide en zuren. Waterstofsulfide wat een zwak zuur is, levert een bron aan H^+ , waardoor waterstofsulfide zeer corrosief is, vooral bij lage druk. Dit is temperatuur afhankelijk, zodat verschillende gebieden in de casing kunnen worden aangetast door corrosie (George E King Consulting Inc., 2013). Koolstofdioxide wat ook een zwak zuur is moet echter eerst in contact komen met water, voordat het een zuur vormt, wat corrosie kan veroorzaken (George E King Consulting Inc., 2013). Het zorgt over het algemeen voor putcorrosie schade. Sterke zuren zoals zoutzuur, azijnzuur en mierenzuur hebben een groter effect op de casing (George E King Consulting Inc., 2013). Zoutoplossingen zoals chloriden en zinkverbindingen zorgen voor de meeste corrosie in boorputten. Het afvalwater wat weer naar het oppervlakte stroomt, is vaak zouter dan zeewater en zorgt daar door voor een grote bron van corrosie in boorputten (George E King Consulting Inc., 2013).

Method	% of Failures
Corrosion (all types)	33%
Fatigue	18%
Brittle Fracture	9%
Mechanical Damage	14%
Fab./Welding Defects	16%
Other	10%

Figuur 33; 1970's study of industry failures, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

In figuur 33 is te zien dat van het totale percentage aan mislukkingen 33% door alle typen van corrosie worden veroorzaakt. Corrosie wordt daarop gevolgd door vermoeidheid van het materiaal met 18%, fabrieksfouten en las defecten met 16%, mechanische schade met 14%, andere oorzaken met 10% en tenslotte brosheidbreuken met 9%. Corrosie en vermoeidheid van het materiaal vormen gezamenlijk de hoofdoorzaken van het falen van materiaal. Als dan wordt gekeken naar oorzaken van mislukkingen in de olie en gas branche (figuur 34), ziet men dat koolstofdioxide corrosie de hoofdoorzaak vormt van het falen van het materiaal die gebruikt zijn in de boorputten. Corrosie op de plek van lassen en waterstofsulfide corrosie volgen met 18%.

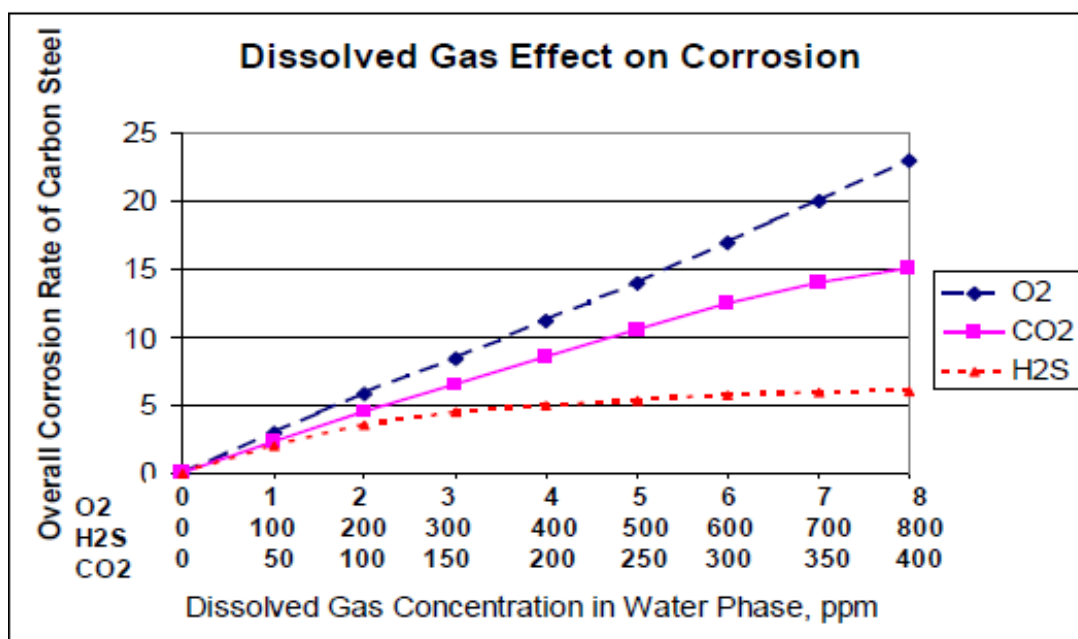
Cause	% of Failures
CO ₂ Corrosion	28%
H ₂ S Corrosion	18%
Corrosion at the weld	18%
Pitting	12%
Erosion Corrosion	9%
Galvanic	6%
Crevice	3%
Impingement	3%
Stress Corrosion	3%

Figuur 34; Oorzaken van mislukkingen in de olie en gas branche, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

Als men naar figuur 33 kijkt zijn de volgende termen te ontdekken:

- Galvanic - een potentiaalverschil tussen verschillende metalen creëert een contact stroom.
- Crevice - Intensieve gelokaliseerde elektrochemische corrosie welke plaatsvindt binnen spleten wanneer deze in contact is met een bijtende vloeistof.
- Pitting - Extreem gelokaliseerde aanval die leidt tot gaten in het metaal.
- Stress Corrosion - Komt voor in metalen die onderhevig zijn aan zowel stress en een corrosieve omgeving.
- Erosion Corrosion - Passage van vloeistof met hoge snelheid kan de dunne, beschermende oxidelaag verwijderen die een blootgesteld metalen oppervlak beschermt.
- Hydrogen Sulfide Corrosion - Waterstofsulfide en water creëert een omgeving met een zuurgas wat resulteert in ijzer(II)sulfide en waterstof.
- Hydrogen Embrittlement – Atomair waterstof verspreid zich in de korrelgrens van het metaal, dit genereert grotere moleculen waterstof moleculen gevangen in het metaal, waardoor het metaal bros wordt.
- Hydrogen Corrosion – Zorgt voor het bros worden en de ontleding van het metaal.

Er is geen corrosieve stof meer schadelijk dan zuurstof. Kleine hoeveelheden zuurstof, water en chloriden kunnen een chromenbuis in een paar maand geheel op eten. Injectie boorputten zijn extra gevoelig voor deze chemische verbindingen. “Zorg voor een minimaal zuurstof concentratie en gebruik geen chromen pijpen in injectie boorputten” (George E King Consulting Inc., 2013). In onderstaande figuur (zie figuur 35) kan men het effect zien van zuurstof, koolstofdioxide en waterstofsulfide op staal. Op de verticale as is de snelheid weergegeven waarmee staal corrodeert. De horizontale as laat de concentratie van een van de drie chemische verbindingen zien in ppm opgelost in water.



Figuur 35; Opgeloste gassen en hun effect op corrosie, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

In figuur 36 is weergegeven wat het effect is van verzuring (corrosie) op een verchroomde staalpijp met en zonder bescherm laag. Deze verchroomde staalpijpen worden gebruikt voor de productie en de casing zelf is gemaakt van cement met staal. De verchroomde staalplaat links laat zien hoe een verchroomde staalpijp er uit ziet welke voldoende behandeld is met een verzuring remmer (bescherm laag) en een bescherm laag met een verzuring remmer stimulerend middel. Zo men kan zien is het deel van de verchroomde staalpijp nog steeds na een behandeling met 15% zoutzuur gedurende twee uur in prima conditie. De verchroomde staalplaat in het midden laat zien hoe deze eruit ziet met alleen een gemiddelde bescherm laag na dezelfde behandeling gedurende twee uur te zijn ondergaan (George E King Consulting Inc., 2013)

Het is duidelijk te zien dat er slijtage zichtbaar is op de verchroomde staalplaat en er zijn ook sporen van roest te zien. Tenslotte laat de rechter verchroomde staalplaat zien wat de zelfde behandeling met een verchroomde staalpijp zal doen zonder enige bescherm laag (George E King Consulting Inc., 2013) De verchroomde staalplaat is verroest en er zijn gaten en putjes gevormd in de verchroomde staalplaat. De zijanten van de verchroomde staalplaat zijn helemaal gecorrodeerd. Dit laat zien dat een verchroomde staalpijp met een gemiddelde of geen bescherm laag niet optimaal beschermd is tegen de omstandigheden welke deze voor meer dan een paar maanden moet overleven. Een boorput zonder een toereikende bescherm laag zal dus al gauw gaan lekken (George E King Consulting Inc., 2013).



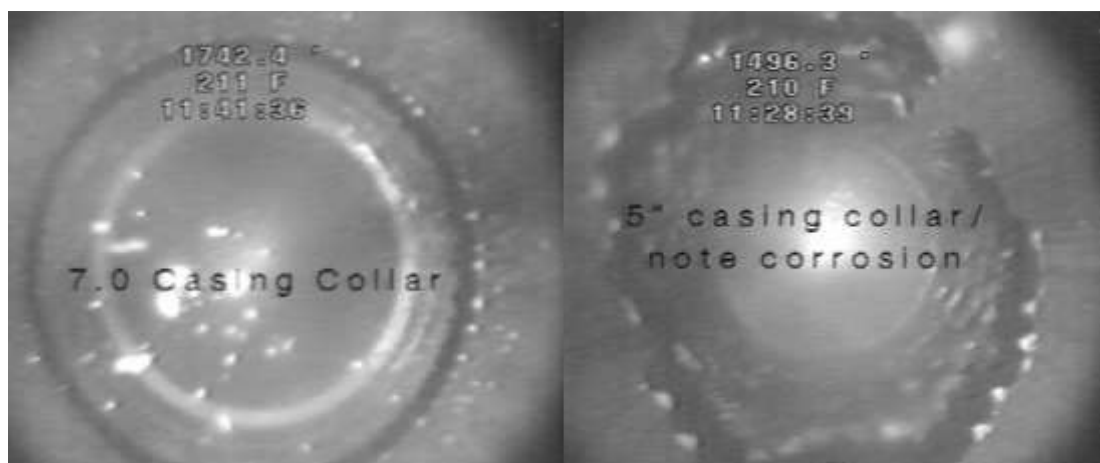
Figuur 36; Corrosie van chroom met en zonder bescherm laag, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

Ook afzettingen van bacteriën op injectie pijpen (zie figuur 37) zorgt voor putjes en gaten in de pijp. Vooral onder de bacterie kolonie kan dit een zeer corrosief effect hebben. Onder anaerobe omstandigheden kan het de boorput reservoir verzuren. Ook ijzer fixatie en slijmvorming kunnen de boorpijp beschadigen (George E King Consulting Inc., 2013).



Figuur 37; Corrosie door bacteriën, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

Tenslotte laat onderstaande figuur 38 twee keer de behuizing met daar in de productiepijp van een boorput zien. De foto links is van een intacte gloednieuwe behuizing. De foto rechts laat zien wat voor effect corrosie op de productiepijp heeft. Het gaat hier vooral over corrosie van de pijpleiding binnen de cement behuizing. Er is te zien dat de staal in de casing er erger aan toe is dan de rechter verchroomde staalpijp van figuur 35 (George E King Consulting Inc., 2013).



Figuur 38; Een casing voor en na corrosie, bron: (George E King Consulting Inc., 2013)

3.3.3. Oppervlakte en grondwater effecten

Voordat de volgende gegevens over het afvalwater kunnen worden toegelicht, moet er eerst verteld worden wat in dat rapport onder afvalwater wordt verstaan. Het afvalwater bestaat voor hun uit twee verschillende afvalstromen namelijk; Zout grondwater (natuurlijke zout grondwater wat terugstroomt en gescheiden wordt bij olie- en gasbronnen) en Fracking vloeistof afval (olie- en gasboring fracking vloeistof welke kan terugstromen met fracking vloeistof, zand en andere gesteente). In onderstaande grafieken wordt er dus gekeken naar de verschillen tussen het terugstromende fracking vloeistof en het terugstromende zoute grondwater. “De lijst aan toxisch materiaal beschreven in rapporten van de PADEP zijn inclusief 453 miljoen liter aan afvalwater welke

terug gestroomd naar het oppervlak vanuit het gasreservoir, nadat fracking vloeistof is geïnjecteerd. Het fracken resulteert in schaliegas dat vanuit het reservoir ongeveer 30% aan fracking vloeistof naar het oppervlak duwt” (Magyar R. , 2012). Dit afvalwater, bij bedrijven beter bekend als geproduceerd water, is vaak in openlucht vijvers (vergelijkbare vijvers worden voor niet verontreinigd grondwater en oppervlakte water gebruikt) aanwezig, welke onderhevig zijn aan hevige regenval en erosie waardoor verontreinigd grondwater (fracking vloeistof gemengd met grondwater) in nabij gelegen rivieren en beekjes stroomt en zo in het oppervlakte water terecht komt (Magyar R. , 2012).

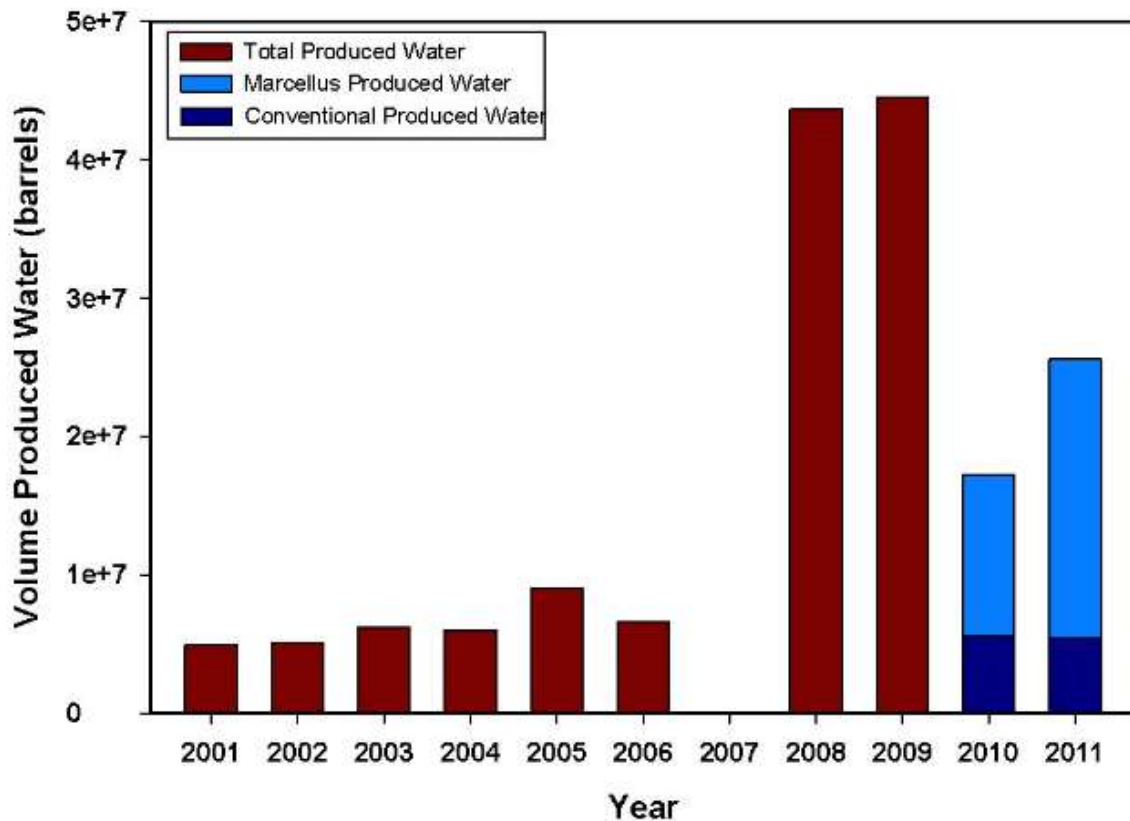
De State Environmental Protection heeft meer dan 9.900.000 liter gerapporteerd wat als toxisch afval opgeslagen blijft (Magyar R. , 2012). De industrie gigant Chevron, lang bekend als een van de meer veiligheid bewuste olie en gas bedrijven, heeft voor de eerste zes maand van 2012 ongeveer 155 miljoen liter aan boorafval gerapporteerd, afkomstig van 377 boorputten in Pennsylvania (Marcellus reservoir) (Magyar R. , 2012). Chesapeake Energy, die sterk bij een voortdurende strijd betrokken is met management onrust, gebrek aan vertrouwen onder de Amerikaanse bevolking, SEC onderzoeken, milieu boetes en sancties en een heleboel rechtszaken heeft met landeigenaren over leasingcontracten, rapporteerde 160 miljoen liter boorafval geproduceerd door 769 putten welke zich ook in Pennsylvania bevinden (Magyar R. , 2012). Dit is haast een identieke hoeveelheid geproduceerd afval in vergelijking met Chevron en dan heeft Chesapeake meer dan het dubbele aan boorputten dan Chevron. Er moet wel worden opgemerkt dat niet alle boorputten afvalstoffen produceren in dezelfde tijdsperiode op basis van de verschillende stadia in het productieproces waarin elke boorput zich kan bevinden (Magyar R. , 2012). “De schaliegas industrie in Pennsylvania produceerde een gerapporteerde hoeveelheid van totaal 1.454 miljoen liter met toxisch afval, afkomstig van hydraulisch fracken binnen Pennsylvania in de eerste zes maand van 2012, volgens de Pennsylvania Departement of Environmental Protection (PADEP). Deze organisatie rapporteerde dat 617.000 ton aan fracking afval op vuilstortplaatsen werden gestort. Meer dan 253 miljoen liter aan toxisch fracking vloeistof werd geïnjecteerd in de ondergrond, dankzij diepe hoge druk injectie afvalwater boorputten. 1.097 miljoen liter aan fracking vloeistof werden opgegeven als “hergebruik in een toepassing anders dan onder een weg”. Gezamenlijk zorgen alle fracking operaties voor 2.384 tot 2.981 miljoen liter aan toxisch afval voor het gehele jaar 2012. De hoeveelheid aan fracking afval geproduceerd in de eerste zes maand van 2012 zijn goed voor 4.800.000 liter per dag. Dit aantal komt overeen met de hoeveelheid fracking vloeistof gerapporteerd door de bedrijven welke naar schaliegas boren. Om praktische redenen is de hoeveelheid fracking vloeistof als afval product gerapporteerd aan de PADEP niet verplicht voor verificatie van de eigenlijke inhoud” (Magyar R. , 2012).

Disposal Method	Bbl	Tons
Centralizd Treatment/Discharge(>500Mg/L)	306	
Centralized Treatment Plant For Recycle	1,687,984	13,549
Encapsulation		1,090
Injection Disposal Well	1,043,088	
Landfill	85,952	617,049
Reuse Other Than Road Spreading	9,247,272	
Storage Pending Disposal Or Reuse	83,478	6
Treated On-Site, NPDES Discharge		7
Grand Total	12,148,081	631,701

Figuur 39; Boorafvalverwerking, bron: (Kelso, 2012)

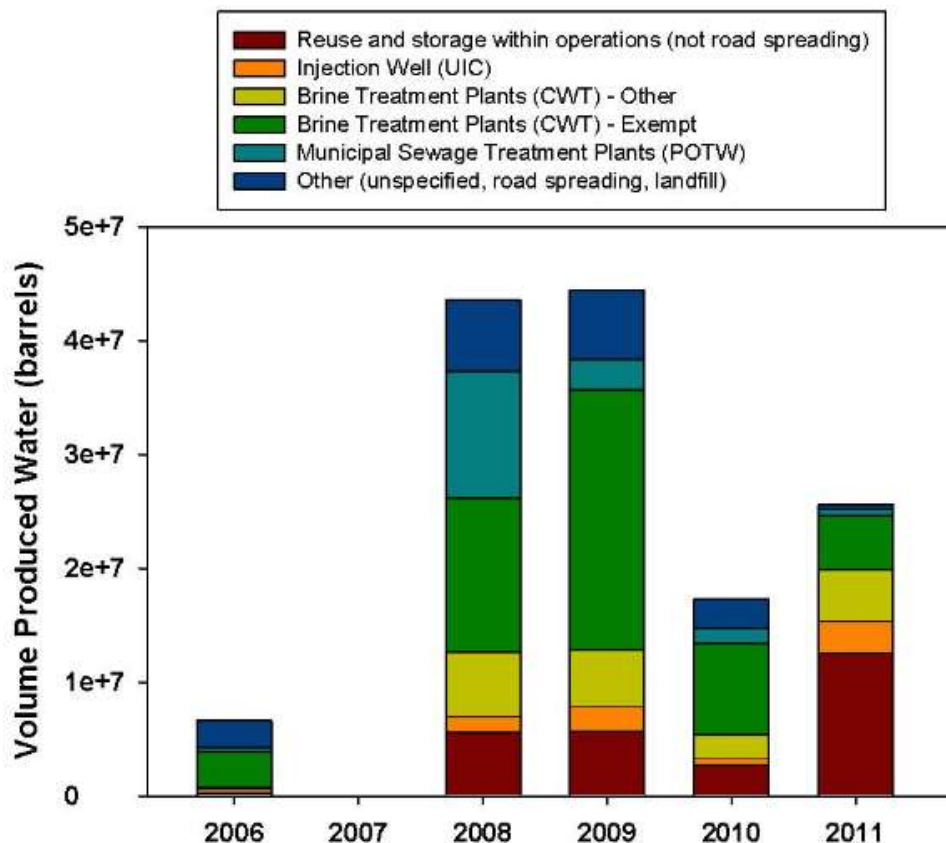
Als dan naar de manier gekeken wordt hoe het vervuilde water (zie figuur 39) dat tussen januari en juni 2012 geproduceerd werd gerecycled word, kan men zien dat het meeste van het water in een toepassing anders dan onder een weg wordt gebruikt. Het is zoals eerder vermeld niet duidelijk wat dit inhoud. Ook wordt het afval wat geproduceerd in een boorput geïnjecteerd, in een

afvalwaterzuivering gezuiverd en geloosd of op een vuilstortplaats gestort. Het vervuilde grondwater wordt echter in een afvalwaterzuivering gezuiverd welke het water niet terug naar drinkwaterstandaarden hoeft te zuiveren. Er worden wel 306 barrels (36.487 liter) door bedrijven in een reguliere waterzuivering gezuiverd, welke zich wel aan de drinkwaterstandaarden moet houden. Dit is echter een fractie van de totale hoeveelheid aan vervuild grondwater. 83.478 barrels (9.900.000 liter) aan vervuild grondwater worden tijdelijk opgeslagen voordat het wordt verwijderd of hergebruikt.



Figuur 40; Olie en gas geproduceerd water in Pennsylvania, bron: (Van Briesen, 2013) en (Wilson, 2013)

De Marcellus reservoir is een laag water producent met minder dan 200 gal/MMCF gas (0,0267 liter per m³ schalie gas). De Barnett reservoir produceert meer dan 1000 gal/MMCF gas (0,134 liter per m³ schalie gas). In totaal wordt er tussen 6.4 en 8.7 biljoen liter on-shore afvalwater per dag beheerd in de VS (Van Briesen, 2013). Figuur 40 laat gegevens afkomstig van het Pennsylvania DEP zien, dat gaat over geproduceerd water in Pennsylvania. Van Briesen zegt hierover dat “De gegevens van 2008 en 2009 waarschijnlijk niet juist zijn. Als je het vergelijkt met de productie van 2006 (voor de ontwikkeling van schaliegas) en de gegevens van 2010 en 2011 (na de schalie gas ontwikkeling), is het donkerblauwe gedeelte het water geproduceerd door de conventionele ontwikkeling en het lichtblauwe gedeelte van schaliegas ontwikkeling” (Van Briesen, 2013). De conventionele ontwikkeling is niet veel veranderd vanaf 2001 tot 2011. Wat wel vermeld moet worden is, dat voor 2010 geen boorput type werd vermeld bij het watergebruik van een boorput. Hierdoor is er geen ontwikkeling te zien per boorput type voor 2010. Toch is er een aanzienlijke toename van het totale volume, wat komt door de verhoogde ontwikkeling van schaliegas boorputten met een hoog volume verbruik aan water. Ook al gaat het alleen om 20 tot 30% water dat naar het oppervlakte terug stroomt, dit afvalwater moet nog steeds worden gemanaged (Van Briesen, 2013).



Figuur 41; Geproduceerd water volume per verwerkingstechniek, bron: (Wilson, 2013)

De gegevens (zie figuur 41) over 2008 en 2009 worden door Van Briesen als twijfelachtig beschouwd. Het jaar 2006 is voor de Marcellus ontwikkeling. Als men naar het jaar 2006 kijkt, dan kan men gelijk zien dat groene en het blauwe het grootst zijn. De groene kleur staat voor zoutwaterzuiveringsinstallaties (CWT) welke is vrijgesteld van normale lozingsnormen (Van Briesen, 2013). Dat houdt in dat het niet vereist wordt dat het water uit alle bronnen lager is dan 500 mg/l zout om de drinkwaterbronnen te beschermen (Van Briesen, 2013). Als je alleen kijkt naar waterzuiveringsinstallaties, dus verwerkingstechnieken welke ze in het oppervlaktewater lozen. Dan kan men zien dat in 2006 het volume aan geproduceerd water nog zeer laag is en het beduidend hoger is geworden in 2010 en 2011 (Wilson, 2013). Het jaar 2010 toont een ongewoon hoge gebruik van waterzuiveringsinstallaties in vergelijking met vóór de Marcellus ontwikkeling (Van Briesen, 2013). In het jaar 2011 is dit gedaald en kan men zien dat het water meer wordt geïnjecteerd en wordt hergebruikt, of wordt opgeslagen op het terrein (Van Briesen, 2013). Tenslotte is ook te zien dat na 2010 de meeste bedrijven ook andere vormen van zoutwaterzuiveringsinstallaties gingen gebruiken. Hiervan is echter niet bekend of hier ook aan de regelgeving met betrekking tot het beschermen van de drinkwater bronnen moet worden gehouden.

Nu bekend is hoeveel vervuild water er geproduceerd wordt en wat er mee wordt gedaan, moet er naar het eigenlijke punt van aandacht worden gekeken, namelijk de fracking chemicaliën en de andere chemische verbindingen uit de ondergrond welke het water vervuild (U.S. Department of Energy, 2013). De overheersende vloeistof dat momenteel wordt gebruikt voor fracking in schaliegas reservoirs zijn de fracking vloeistoffen op waterbasis gemengd met wrijving verminderende toevoegsels (zogenaamde slickwater) (U.S. Department of Energy, 2013). De toevoeging van wrijving verminderende toevoegsels zorgt ervoor dat de fracking vloeistof met de keramische of cement korrels de doelzone (reservoir) met een hogere snelheid en verminderde druk bereiken dan wanneer alleen water gebruikt wordt (U.S. Department of Energy, 2013). Naast wrijving verminderende toevoegsels worden ook andere additieven gebruikt waaronder; biociden om bacterie groei te

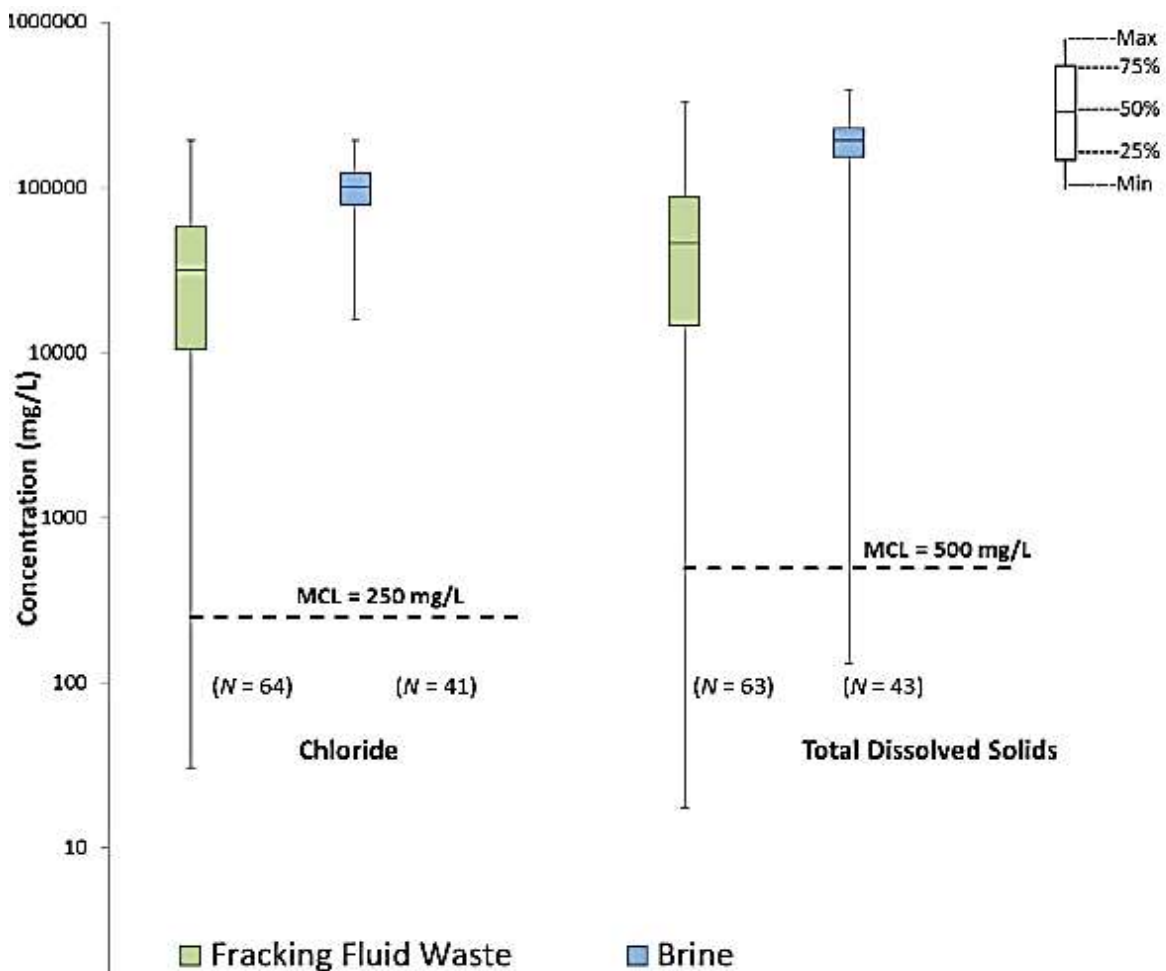
voorkomen; zuurstofbinders en andere stabilisatoren om corrosie van metalen buizen te voorkomen; en zuren die worden gebruikt om boorgruis schade in de boorput te verwijderen. Behalve deze vloeistoffen worden ook korrels gebruikt van keramisch materiaal, van cement of kwartszand of gesinterd bauxiet gebruikt om de breuken welke zijn gecreëerd in de formatie open te houden (U.S. Department of Energy, 2013). “Over het algemeen is de concentratie van additieven relatief consistent met 0,5% tot 2% chemicaliën en 98% tot 99,5% water” (U.S. Department of Energy, 2013). Dus 99% van het materiaal is water en zand, maar dat laat nog ongeveer 181.000 kg aan chemicaliën over welke in de fracking vloeistof worden gebruikt.

Chemische stoffen welke verwacht worden in het afvalwater zijn behalve olie en vet ook Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Barium, Beryllium, Strontium en Radium (226 en 228), Arseen, Nitriet, Nitraat, Ammonia, Ethyleen Glycol, Tolueen, Benzeen, Chloor, Bromide, Radon, Thorium, Uranium, Boor, Aluminium, Lood, IJzer, Kobalt, Nikkel, Koper, Zilver Cadmium, Zink, Kwik, Mangaan, Chroom en Molybdeen (zie bijlage 4 voor de concentratie van deze chemicaliën in het zoute water welke terug stroomt) (Ziemkiewicz, 2014). Er worden ook chemicaliën gebruikt zoals benzeen, naftaleen, diesel, zoutzuur en vele andere chemicaliën zoals ethyleen glycol en 2-butoxyethanol gevonden. Behalve deze meer schadelijke chemicaliën worden ook stoffen gebruikt zoals natriumchloride, citroenzuur, koffie en walnootdoppen. In Amerika zijn in totaal 2500 fracking producten te verkrijgen welke meer dan 750 verschillende chemische middelen en andere componenten bevatten (Jackson R. , 2013). In het rapport ‘Characterization of Waste Waters from Hydraulic Fracturing’ stond dat “We vonden dat de anorganische fractie werd gedomineerd door zeer hoge concentraties van Na, Cl, Ca, Mg, Br, Ba, Sr en met TDS concentratie vlakbij 200.000 mg/L. Terwijl veel organische verbindingen werden gevonden bij hoge concentraties, werd alleen benzeen consequent gevonden dat boven de drinkwaternorm (MCL 5 ug/L) is. Natuurlijk voorkomende radioactieve stoffen werden ook onderzocht en α , β , 226Ra en 228Ra werden consequent gevonden boven de primaire drinkwater MCLS in terugstromend zout water” (Ziemkiewicz, 2014).

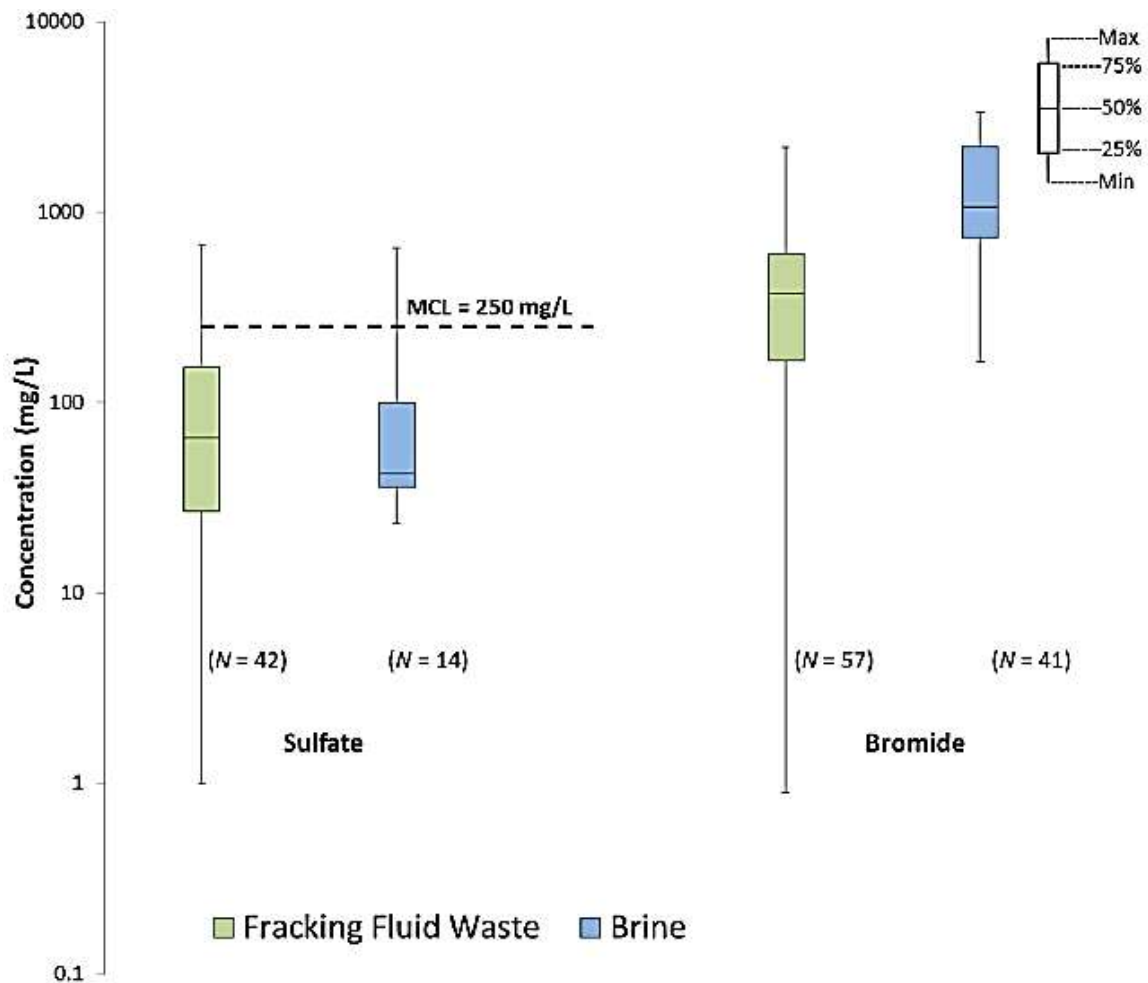
“In 2011 werd door Colborn et al. al 632 chemicaliën gevonden welke in fracking worden gebruikt” (Jackson R. , 2013). “Zoutzuur (HCl) is de grootste vloeibare component welke gebruikt wordt in fracking vloeistof afgezien van water. De concentratie van het zuur kan variëren maar een 15% HCl concentratie is een gebruikelijke. Een 15% HCl mengsel bestaat uit 85% water en 15% zuur. Dit betekent dat het volume zuur verdund is met 85 % water in de voorraadoplossing voordat het in de formatie wordt gepompt. Zodra de fracking vloeistof is geïnjecteerd, is het totale volume aan zuur in bijvoorbeeld de fracking vloeistof in de Fayetteville schaliegas reservoir 0,123%, wat aangeeft dat de vloeistof verdund werd met een factor van 122 keer voordat het gepompt werd in de formatie (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013).

“De concentratie van dit zuur zal echter alleen verdund blijven als verder wordt verdund met extra hoeveelheden water in de ondergrond. Als het zuur in contact komt met carbonaten in de ondergrond wordt dit geneutraliseerd door een chemische reactie met carbonaat mineralen en produceert zo water en koolstofdioxide als bijproduct van de reactie” (U.S. Department of Energy, 2013). Dit houdt in dat het zoutzuur in principe geneutraliseerd kan worden in de ondergrond, of zeer verdund in de ondergrond kan bevinden, echter hangt dit af van de ondergrond en het aanwezig zijn van genoeg carbonaat mineralen. Als de buffercapaciteit van de bodem tot nul is gereduceerd door de zuur in de fracking vloeistof en daarna nog zuur wordt toegevoegd zal de pH dalen en dus de bodem verzuren. Behalve zoutzuur zorgt ook de zoutgehalte (met een concentratie van 250.000 mg/l in de Marcellus reservoir gebied, dus 10 keer de concentratie van zeewater) voor problemen (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013).

In het rapport 'Wastewater Characteristics from Marcellus Shale Gas Development in Pennsylvania' wordt beschreven welke typische kenmerken dit afvalwater heeft (Resources for the Future, 2013). In figuur 42 is te zien dat het chloride concentraties van het zoute grondwater gemiddeld hoger zijn, dan die van het terugstromende fracking vloeistof. Toch is ook in de fracking vloeistof te zien dat het grondwater zijn invloed heeft gehad op de concentratie aan chloride in dat water. De concentratie van chloor in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 10.000 mg per liter en 100.000 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en rond de 100.000 mg per liter voor het terug stromende zoute water. Als nu naar de concentratie wordt gekeken van het droge stof, dan is weer een vergelijkbaar beeld te zien als met de chloride concentratie. Ook de droge stof concentratie in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 10.000 mg per liter en 100.000 per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en rond de 100.000 mg per liter voor het terug stromende zoute water. Bij beide liggen de stoffen ver boven de MCL (Maximum Contaminant Level). Dit is de Amerikaanse versie van de Nederlandse drinkwaternormen.

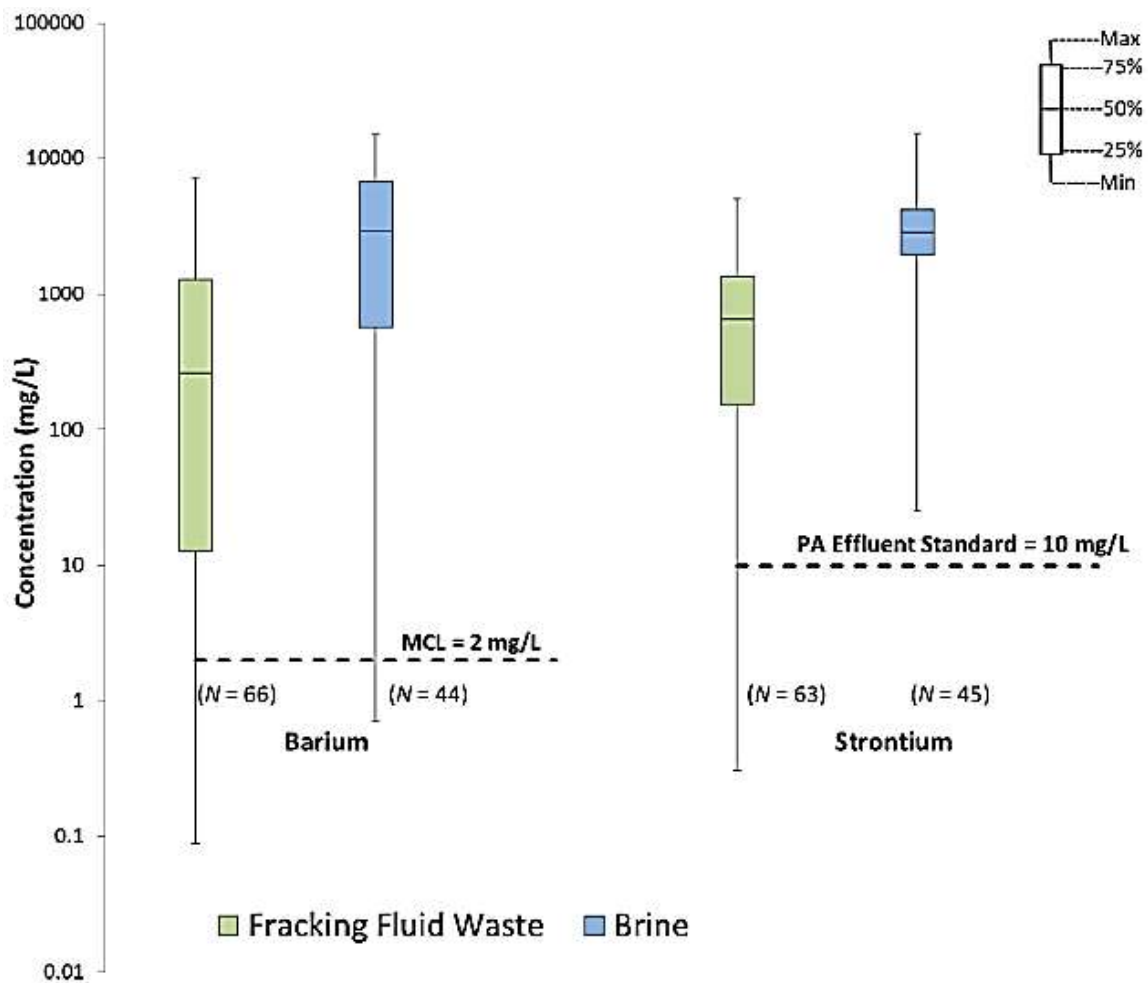


Figuur 42; Chloride en droge stof concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)



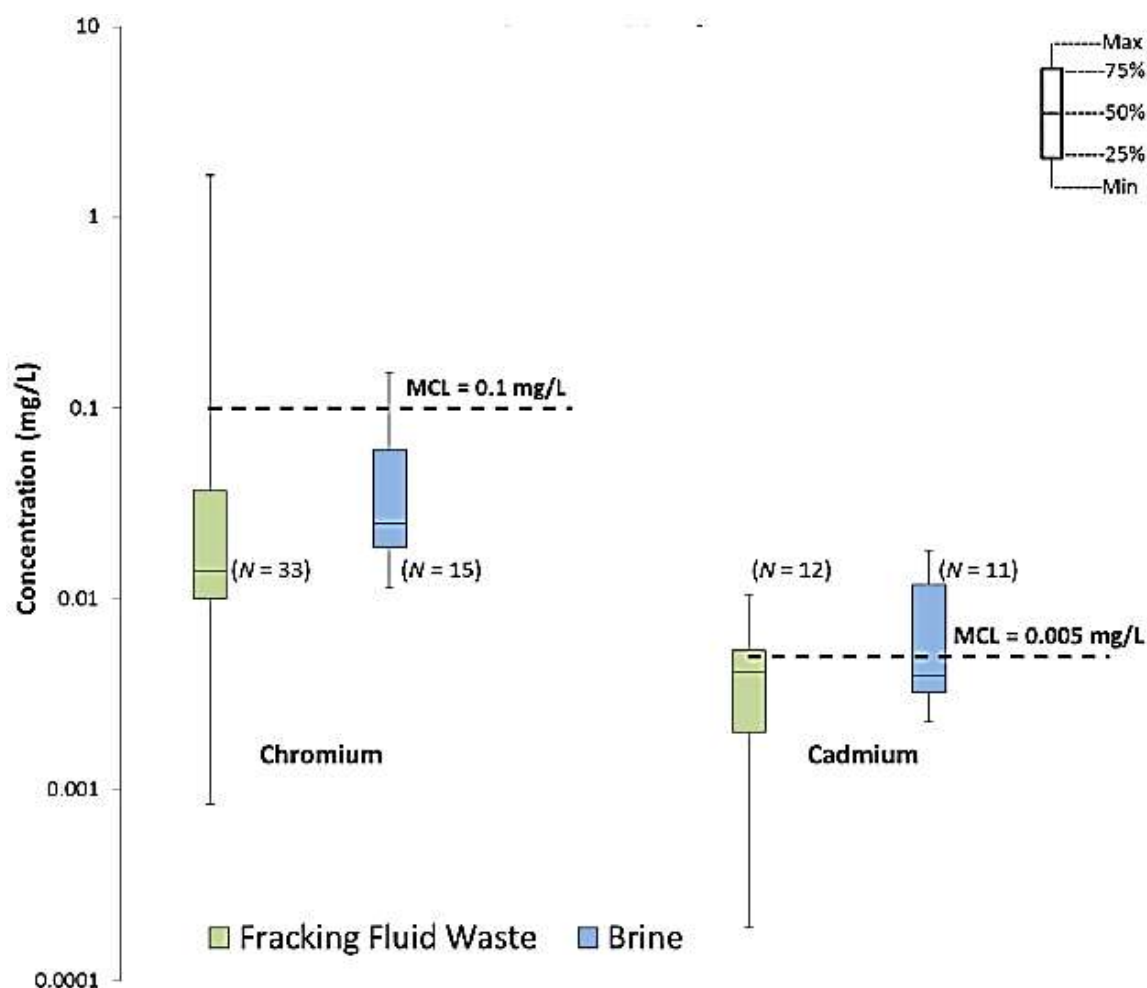
Figuur 43; Sulfaat en Bromide concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)

In figuur 43 is te zien dat de sulfaat concentratie van het zoute grondwater gemiddeld hetzelfde is dan die van het terugstromende fracking vloeistof. De sulfaat concentratie ligt gemiddeld gezien onder de sulfaat concentratie welke is toegestaan (onder de Maximum Contaminant Level), maar er zijn uitschieters te zien welke boven deze grens liggen. De sulfaat concentratie in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 50 mg per liter en 200 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en tussen 50 mg per liter en 100 mg per liter voor het terug stromende zoute water. Als nu naar de concentratie wordt gekeken van bromide in het water, dan is weer een vergelijkbaar beeld te zien als met de chloride of droge stof concentratie. De bromide concentratie is gemiddeld hoger in het zoute grondwater dan in het terugstromende fracking vloeistof. Bij bromide bestaat er echter geen Maximum Contaminant Level en kan deze concentratie niet worden vergeleken ten opzichte daarvan. In het rapport van Van Briesen kwam echter wel duidelijk naar voren wat voor effecten deze verhoogde bromide concentratie kan hebben op het drinkwater en op de gezondheid (Van Briesen, 2013). De bromide en sulfaat concentratie van het terugstromende fracking vloeistof en het zoute grondwater dat terugstroomt zijn weer vergelijkbaar met de gevonden concentraties in het rapport (Van Briesen, 2013).



Figuur 44; Barium en Strontium concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)

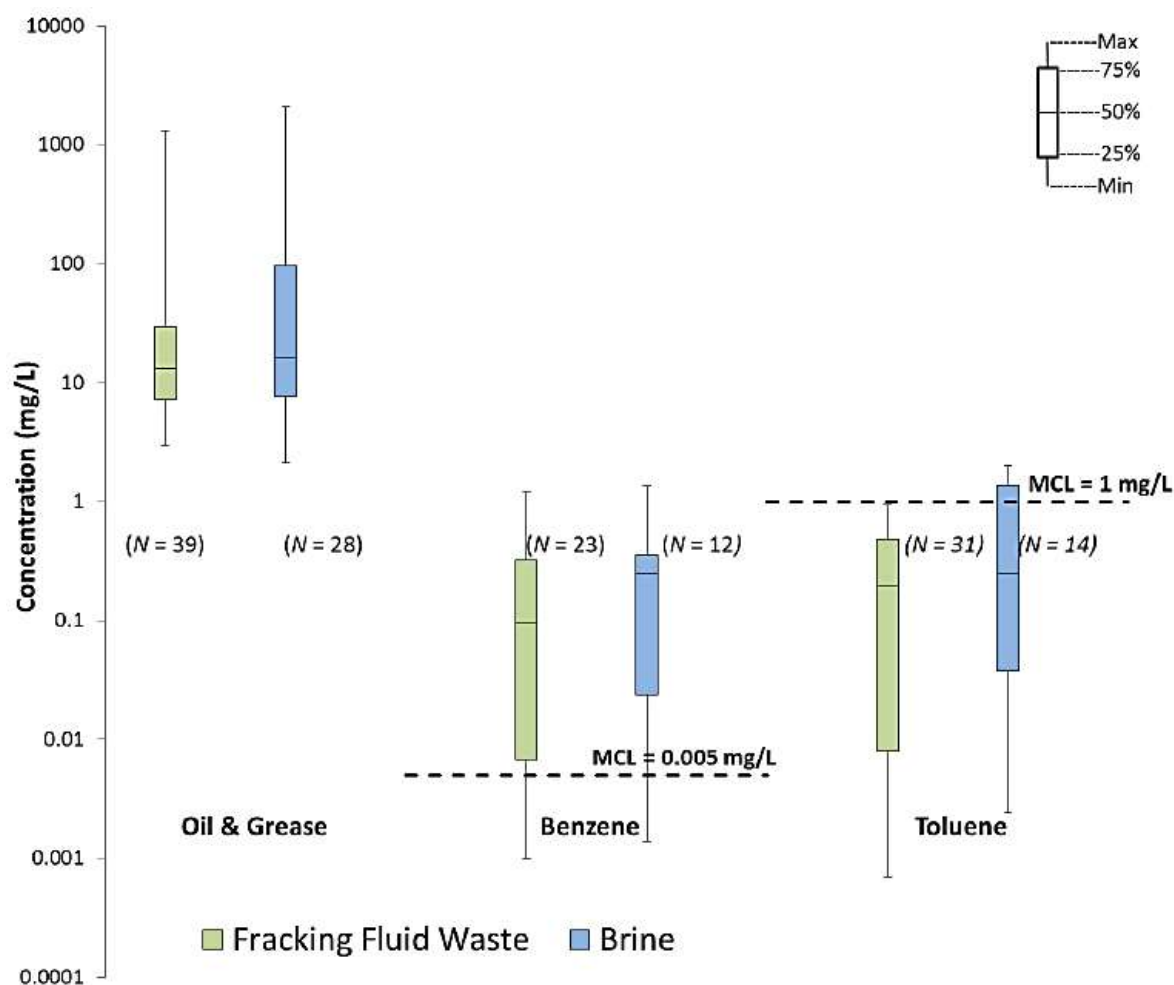
In figuur 44 is te zien dat de barium concentratie van het zoute grondwater gemiddeld hoger is dan die van het terugstromende fracking vloeistof. De barium concentratie ligt gemiddeld gezien boven de barium concentratie welke is toegestaan (boven de Maximum Contaminant Level van 2 mg per liter), maar er zijn uitschieters te zien welke beneden deze grens liggen. Gemiddeld is de barium concentratie rond 500 mg per liter, met een minimum van 0,1 mg per liter en een maximum van 10.000 mg per liter. 75% van de waarden vallen echter in de range tussen 10 mg per liter en 1000 mg per liter welke beide boven de MCL komen. Als nu naar de concentratie wordt gekeken van strontium in het water, dan is een vergelijkbaar beeld te zien. De strontium concentratie is gemiddeld hoger in het zoute grondwater dan in het terugstromende fracking vloeistof. Bij strontium bestaat er echter geen Maximum Contaminant Level, maar is er wel een waarde bekend welke in het effluent in Pennsylvania geloosd mag worden. De concentratie van strontium in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 100 mg per liter en 1000 per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en rond de 5000 mg per liter voor het terug stromende zoute water. De grens is 10 mg per liter en wordt dus door het afvalwater meer dan 10 keer overschreden (Resources for the Future, 2013).



Figuur 45; Chroom en Cadmium concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)

In figuur 45 is te zien dat de chroom concentratie van het zoute grondwater gemiddeld hoger is dan die van het terugstromende fracking vloeistof. De chroom concentratie ligt gemiddeld gezien onder de chroom concentratie welke is toegestaan (onder de Maximum Contaminant Level van 0,1 mg per liter), maar er zijn uitschieters te zien welke boven deze grens liggen. De concentratie van chroom in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 0,01 mg per liter en 0,06 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en tussen 0,03 mg per liter en 0,08 mg per liter voor het terug stromende zoute water. Als nu naar de concentratie wordt gekeken van cadmium in het water, dan is een vergelijkbaar beeld te zien. De cadmium concentratie is gemiddeld hoger in het zoute grondwater dan in het terugstromende fracking vloeistof. Echter overschrijdt in sommige gevallen de cadmium concentratie in het terugstromende fracking vloeistof de MCL en in de meeste gevallen wordt de MCL in het zoute grondwater overschreden. De concentratie van cadmium in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 0,001 mg per liter en 0,006 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en tussen 0,003 mg per liter en 0,1 mg per liter voor het terug stromende zoute water. De grens is 0,005 mg per liter en wordt dus door het zoute grondwater maximaal 2 keer overschreden (Resources for the Future, 2013).

Ook Ziemkiewicz bevestigt dat de concentraties van alle gemeten chemicaliën veel hoger in het terugstromende water zijn dan die van de geïnjecteerde Hydrofracturering vloeistoffen (Ziemkiewicz, 2014). Er wordt aangegeven dat het merendeel van de potentiële verontreinigingen verkregen wordt door vloeistofcontact met de formatie en niet van de geïnjecteerde Hydrofracturering vloeistof (Ziemkiewicz, 2014). Er werd ook vermeld dat de concentraties echter zeer variabel waren (Ziemkiewicz, 2014).

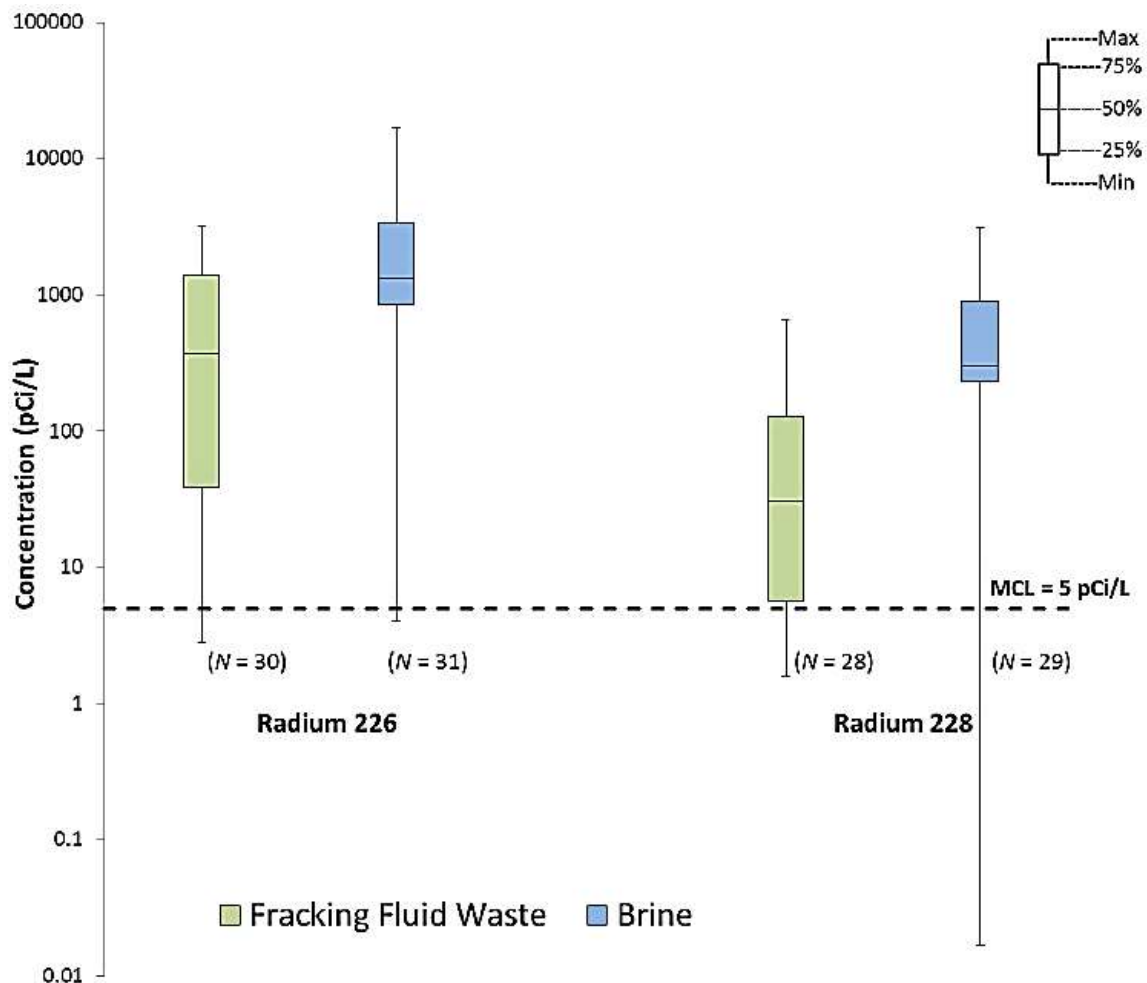


Figuur 46; Chroom en Cadmium concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)

In figuur 46 is te zien dat de olie en vetten gemiddeld gezien voor beide afvalwater stromen hetzelfde zijn, echter is een verschil te zien qua de maximale concentratie (binnen 75% van de waarden), welke in het geval van het zoute grondwater 100 mg per liter is en bij de terugstromende fracking vloeistof 50 mg per liter. Voor olie en vetten is er geen MCL waarde weergegeven. De benzeen concentratie van het zoute grondwater is gemiddeld hoger dan die van het terugstromende fracking vloeistof. De benzeen concentratie ligt gemiddeld gezien boven de benzeen concentratie welke is toegestaan (boven de Maximum Contaminant Level van 0,005 mg per liter), maar er zijn uitschieters te zien welke boven deze grens liggen.

De concentratie van benzeen in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 0,01 mg per liter en 0,5 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en tussen 0,03 mg per liter en 0,6 mg per liter voor het terug stromende zoute water. Als nu naar de concentratie wordt gekeken van tolueen in het water, dan is een vergelijkbaar beeld te zien qua verschillen tussen het zoute grondwater en fracking vloeistof wat terug stroomt. De tolueen concentratie is gemiddeld hetzelfde in het zoute grondwater dan in het terugstromende fracking vloeistof. Echter overschrijdt in sommige gevallen de tolueen concentratie in het terugstromende zoute grondwater de MCL. De concentratie van tolueen in het water ligt in 75% van de gevallen tussen 0,01 mg per liter en 0,7 mg per liter voor de fracking vloeistof welke terug stroomt en tussen 0,05 mg per liter en 3 mg per liter voor het terug stromende zoute water. De grens is 1 mg per liter en wordt dus door het zoute grondwater overschreden (Resources for the Future, 2013).

In figuur 47 is tenslotte te zien dat de radium 226 concentratie van het zoute grondwater gemiddeld hoger is dan die van het terugstromende fracking vloeistof. De radium 226 concentratie ligt boven de radium 226 concentratie welke is toegestaan (boven de Maximum Contaminant Level van 5 pCi/l), echter is radium 226 niet de enige bron van radioactiviteit. Er is ook radon aangetroffen en radium 228 welke ook in hoge concentraties voorkomen ver boven 5pCi/L (0,185 becquerel/liter) (Jackson R. , 2013), (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013) en (Resources for the Future, 2013). 75% van de radium 226 concentraties liggen tussen 80 pCi/L en 2000 pCi/L bij fracking vloeistof welke terug stroomt en liggen tussen 1000 pCi/L en 5000 pCi/L (185 becquerel/liter) bij het zoute grondwater wat terugstroomt.



Figuur 47; Radium 226 en Radium 228 concentratie, bron: (Resources for the Future, 2013)

Als dan gekeken wordt naar de radium 228 concentratie, ligt 75% tussen 8 pCi/L en 300 pCi/L bij fracking vloeistof welke terug stroomt en ligt de concentratie tussen 500 pCi/L en 1000 pCi/L bij het zoute grondwater wat terugstroomt. De radon concentratie was al 5000 pCi/L (185 becquerel/liter), in combinatie met de andere twee radioactieve stoffen welke gemeten zijn (er zijn nog andere radioactieve stoffen zoals thorium en uranium welke nog niet bepaald zijn (Resources for the Future, 2013)), waarschijnlijk veel hoger. "Een hoge chemische concentraties van meerdere chemische stoffen wordt waargenomen voor de behandeling in een waterzuiveringsinstallatie. De nadruk moet gelegd worden op de behoefte voor een effectieve behandeling. Het geproduceerd water (zoute grondwater) heeft echter een heel andere samenstelling dan terugstromend fracking vloeistof, het heeft een hogere chloride gehalte, TDS gehalte en radium-228 concentratie. Hierdoor wordt dit water moeilijker te recyclen, waarbij verschillende technologie gebruikt moeten worden waardoor

hogere kosten te verwachten zijn. Veel chemische verbindingen kunnen verwijderd worden door een chemische behandeling in een chemische afvalverwijderingsinstallatie. Momenteel is de behandeling van afvalstoffen zoals bijvoorbeeld metalen mogelijk, maar worden bijvoorbeeld zouten nog niet verwijderd uit het water. Verder onderzoek naar mogelijke risico's van de behandeling van dit afvalwater en de lozing in rivieren en beken zal moeten plaatsvinden" (Resources for the Future, 2013). Tenslotte heeft ook het bedrijf Chesapeake Energy aangegeven hoeveel de concentratie is in ppm van chloride, calcium, magnesium en het droge stof gehalte. Zonder enig andere waarden over de druk en de temperatuur kan niks gezegd worden over de echte concentratie in mg per liter. Wel werd aangegeven dat het injecteren in een boorput de goedkoopste en beste manier is om van het afvalwater probleem af te komen, omdat hergebruik niet mogelijk zou zijn (Chesapeake Energy Corporation, 2011).

Tenslotte staat in het rapport 'Problems with Fracking Waste: The Proposed Wheeling Waste Water Facility' wat de gevonden concentraties zijn per chemische verbinding in het afvalwater, deze tabel met daarin meerdere gemeten bronnen van het terugstromende zoute grondwater geeft een vergelijkbaar beeld als de al eerder genoemde data (Ben M. Stout III, 2013). "5 van de 13 monsters (zie bijlage 4) worden beschouwd als gevaarlijk afval" (Ben M. Stout III, 2013). In tabel 2 is een samenvatting te zien van de chemicaliën welke in het terug gestroomde zoute grondwater is gevonden. De termen TPH en DRO staan voor 'Total Petroleum Hydrocarbons' en 'Diesel Range Organics' (Kable Intelligence Limited, 2014). Dit houdt in dat dit de concentraties zijn aan olieachtige stoffen in het water. De arseen (arsenic) concentratie is bij alle monsters hoger dan de 0,01 mg per liter toegestaan. Men kan zien dat voor alle chemicaliën waar de maximaal toegestane concentratie (MCL) van bekend is of de DEP AL of HA, is de concentratie tenminste de mediaan voor alle bemonsterde wateren hoger dan de maximaal toegestane concentratie. Bij barium zijn 5 van de 13 monsters onder de MCL. Bij boor (boron) zijn 4 monsters onder de maximaal toegestane concentratie, bij fluoride 1 monster, bij chloride ook 1 monster, bij sulfaat 4 monsters en tenslotte benzeen ook weer 1 monster. De toluen concentratie is nog steeds onder de maximaal toegestane concentratie.

Compound	Min	Median	Max	MCL	DEP action level / Health advisory
Arsenic, mg/l	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>	<u>0.29</u>	0.01 mg/l	
Barium, mg/l	0.02	<u>2.99</u>	<u>834</u>	2 mg/l	
Boron, mg/l	0.367	<u>35.6</u>	<u>66.7</u>		3 - 5 mg/l (HA)
Iron, mg/l	<u>0.311</u>	<u>30.7</u>	<u>348</u>	0.3 mg/l	
Magnesium, mg/l	5.4	453	915		
Potassium, mg/l	11.7	710	1840		
Selenium, mg/l	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>	<u>0.76</u>	0.05 mg/l	
Sodium, mg/l	<u>200</u>	<u>14100</u>	<u>31600</u>		20 mg/l (HA)
Alkalinity, mg/l	1	118	4810		
Total Diss. Solids, mg/l	<u>711</u>	<u>51500</u>	<u>121000</u>	500 mg/l	
Fluoride, mg/l	0.16	<u>85</u>	<u>2600</u>	2 mg/l	
Chloride, mg/l	135	<u>30200</u>	<u>105000</u>	250 mg/l	
BOD, mg/l	12	424	66400		
COD, mg/l	40	1290	290000		
Total Suspended Solids, mg/l	12	213	23900		
Sulphate, mg/l	55.1	<u>799</u>	<u>39800</u>	250 mg/l	
Calcium, mg/l	56.5	2160	9380		

Bromide, mg/l	1.29	77.5	525		
TPH and DRO, mg/l	<u>1.93</u>	<u>7.44</u>	<u>94.4</u>		1 mg/L (AL)
Benzene, ug/l	0.5	<u>12.9</u>	<u>1310</u>	5 ug/l	
Toluene, ug/l	12.1	16.7	271	1000 ug/l	
Strontium, ug/l	3770	689000	2820000		
pH, Standard units	<u>1.5</u>	<u>6.49</u>	<u>9.3</u>	6.5-8.5	

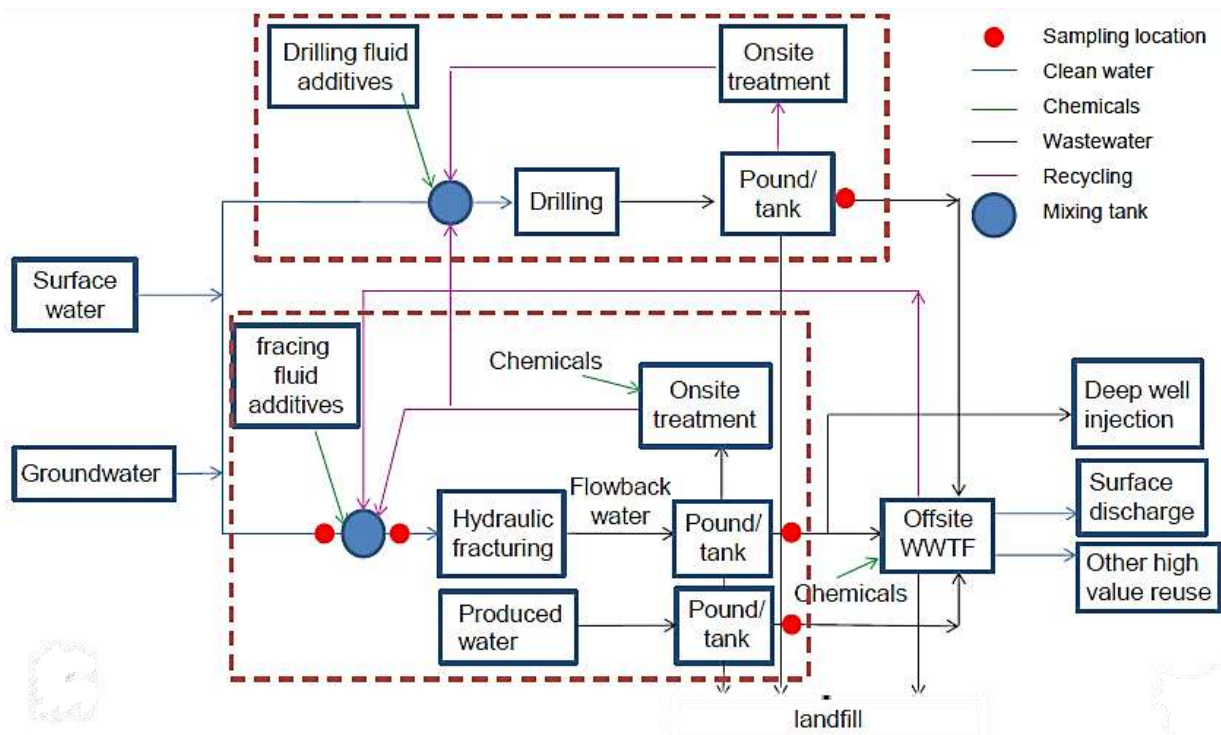
Tabel 2; Concentraties van chemicaliën in het terug gestroomde zoute grondwater, bron: (Ben M. Stout III, 2013) en (US EPA, 2013)

Wat bekend is op de website van de US EPA is, dat er een hogere arseen concentratie is dan maximaal is toegestaan en bij langdurige blootstelling aan de huid beschadiging of problemen met de bloedsomloop kan veroorzaken en dat geeft een verhoogd risico op het krijgen van kanker. Van barium wederom is bekend dat het de bloeddruk mogelijkwerwijze kan verhogen. Selenium kan voor haar of vingernagel verlies zorgen en kan gevoelloosheid in vingers of tenen en problemen met de bloedsomloop veroorzaken. Tenslotte bij benzeen kan er bloedarmoede optreden (afname van het aantal bloedplaatjes) en is er een verhoogd risico op kanker. Dit is echter alleen het geval bij hogere concentraties dan de MCL en wanneer er een langdurige blootstelling is (US EPA, 2013). Het gaat hier echter om het zoute grondwater welke naar het oppervlakte stroomt en niet het water waar mensen en dieren rechtstreeks aan worden blootgesteld. Als nu gekeken wordt naar de concentraties gevonden in de drinkwaterbronnen (zie tabel 3) kan men beter bepalen wat de effecten van het zoute grond water en het terugstromende fracking vloeistof is op het grondwater.

		Alkaliniteit in HCO ₃ - (mg/l)	Natrium (mg/l)	Chloride (mg/l)	Calcium (mg/l)	Boor (ug/l)	226 Radium (pci/l)			
Actief	Lockhaven formation N=8	285 ± 36	87 ± 22	25 ± 17	22 ± 12	412 ± 156	0.24 ± 0.2			
	Catskill formation N=25	157 ± 56	23 ± 30	11 ± 12	31 ± 13	93 ±167	0.16 ± 0.15			
Niet actief	Lockhaven formation N=22	127 ± 53	17 ± 25	17 ± 40	27 ± 9	42 ± 93	0.17 ± 0.14			
	Genesee group N=12	158 ± 53	29 ± 23	9 ± 19	26 ± 5	200 ± 130	0.2 ± 0.15			
Eerder uitgevoerd onderzoek	Lockhaven formation (25) N=45	209 ± 77	100 ± 312	132 ± 550	49 ± 39	NA	0.56 ± 0.74			
	Catskill formation (24) N=79	133 ± 61	21 ± 37	13 ± 42	29 ± 11	NA	NA			
Zoute grondwater formatie	Appalachian brines (18, 23) N=21	150 ± 171	33,000 ± 11,000	92,000 ± 32,000	16,000 ± 7,000	3,700 ± 3,500	6,600 ± 5,600			
MCL				250 mg/l						
Health advisory			20 mg/l			3000 - 5000 ug/l				

Tabel 3; Vergelijking tussen geselecteerde belangrijke ionen en isotopische resultaten van drinkwaterbronnen van meerdere studies (24 en 25) en het zoute grondwater (18 en 23) met de MCL: (Osborn, Vengosh, Warner, & Jackson, 2011), (Ben M. Stout III, 2013) en (US EPA, 2013)

In tabel 3 zijn de chemicaliën te zien welke door Osborn, Vengosh, Warner, & Jackson in het rapport 'Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing' onderzocht zijn in de drinkwaterbronnen. De zuur bufferende capaciteit (alkaliniteit) welke is gemeten als de HCO_3^- concentratie in milligram per liter, is in het zoute grondwater lager dan in vergelijking met de andere bronnen van water welke onderzocht zijn. Dit water welke een lagere HCO_3^- concentratie heeft kan er voor zorgen dat de HCO_3^- concentratie van de drinkwaterbronnen dalen. Als nu waarden van de vorige studies bekeken worden ligt de concentratie rond de 209 mg/l voor de Lockhaven formatie. In de situaties waar geen activiteiten zijn, kan men zien dat de concentratie lager is, ten opzichte van de concentratie in de onderzoeken die eerder zijn uitgevoerd. De buffercapaciteit is hier dus lager. "Op basis van de gegevens (zie tabel 3), werd geen bewijs gevonden voor verontreiniging van de ondiepe drinkwaterbronnen bij actieve boorlocaties door het diepe zoute grondwater of door fracking vloeistof. Alle natrium, chloride, calcium en de opgeloste anorganische koolstof concentraties in drinkwaterbronnen uit actieve boor gebieden waren vergelijkbaar met de historische gegevens (achtergrondwaarden) en geen van de ondiepe drinkwaterbronnen uit actieve schaliegas gebieden hadden een chloridegehalte hoger dan 60 mg/l of een Na-Ca-Cl samenstelling die vergelijkbaar is met het diepere zoute grondwater. De 226 Radium waarden waren ook vergelijkbaar met de beschikbare historische gegevens" (Osborn, Vengosh, Warner, & Jackson, 2011). Men kan op basis van de gevonden gegevens niet zeggen wat de effecten zullen zijn op het grondwater. Toch moet ook gezegd worden dat de schaliegas ontwikkeling in 2011 nog druk bezig was en dus de dichtheid van schaliegas boorputten en de hoeveelheid aan afvalwater zoals het terugstromende zoute grondwater en het terugstromende fracking vloeistof nog niet zo intensief was dan in de jaren 2012 en 2013, waar de gegevens over de hoeveelheden aan afvalwater afkomstig zijn. Men kan dus nog niet zeggen mits meer recentere bronnen ook worden gebruikt, of het geïnjecteerde zoute grondwater en fracking vloeistof de drinkwaterbronnen daadwerkelijk kunnen verontreinigen. Behalve door het terug stromende water welke vervuild is kan het grondwater en het oppervlakte water ook op andere manieren worden vervuild. In het geval van fracken, zijn voorkomende afvalstoffen; fracking vloeistof, additieven, terugstromend vervuild water. Lekkages kunnen optreden in elk stadium tijdens het levenscyclus van het boren (zie figuur 48).



Figuur 48; Levenscyclus van water op de boorlocatie, bron: (Resources for the Future, 2013)

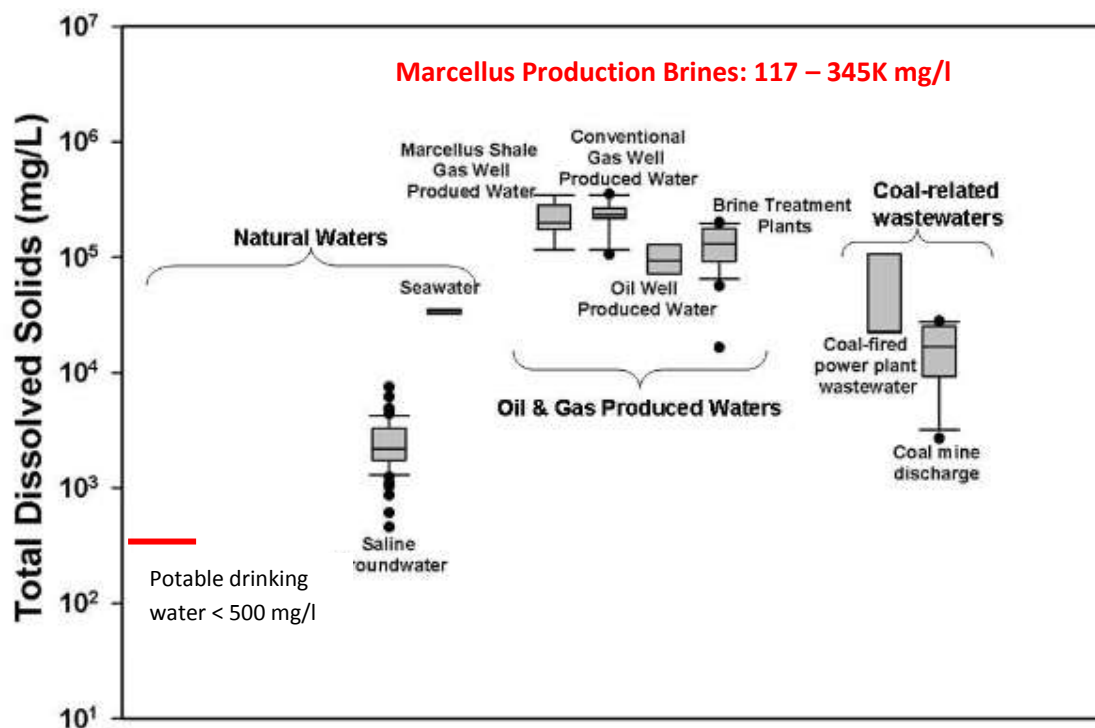
Het levenscyclus van het water op de boorlocatie verloopt als volgt; Het grondwater en oppervlakte water wordt gebruikt voor het fracken en als boorvloeistof. Het water wat als boorvloeistof wordt gebruikt, wordt na het boren in een tank of vijver opgeslagen op de boorlocatie zelf. Het water wordt gerecycled en behandeld, zodat het weer hergebruikt kan worden. Chemicaliën worden vervoerd naar de plaats waar ze worden gemengd om de fracking vloeistof te vormen. Ongevallen en mankementen aan de apparatuur tijdens het ter plaatse mengen van de fracking vloeistof kunnen chemische stoffen laten vrijkomen in het milieu. Fracking vloeistof komt terecht in de ondergrond, waarna 20 tot 30% weer terug stroomt.

Dit terug stromend water gezamenlijk met het overig geproduceerd water wordt opgeslagen in vijvers of tanks op de boorlocatie nadat het gerecycled en hergebruikt wordt, of als afvalwater (met chemicaliën) het terrein verlaat en in een waterzuivering wordt gezuiverd, waarna het in het oppervlakte water wordt geloosd. De andere opties bestaan uit het injecteren van het afvalwater zonder enige zuivering in de ondergrond, of het gebruiken van het afval water voor een ander proces (Resources for the Future, 2013). Bovengrondse opslag putten (zie figuur 49) en tanks kunnen falen. In figuur 49 is links boven een vijver te zien met daarin het terug stromende afvalwater en rechts boven een vijver met daarin grondwater voordat het voor fracken wordt gebruikt. Vandalisme en andere illegale activiteiten kunnen ook leiden tot lekkages en onjuiste afvoer van afvalwater. Zo kan fracking vloeistof of het geproduceerde water in het grondwater sijpelen, of in het oppervlakte water terecht komen (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Het rapport van (Northrup, 2010) bevestigt dit “Behalve dat het afvalwater gemanaged moet worden heeft het afvalwater maar ook fracking vloeistof het potentieel om het grondwater te kunnen verontreinigen. De druk gebruikt bij schaliegas boorputten is enorm. Als de boorputbehuizing mislukt, kan door de immense druk de gebieden buiten de behuizing blootgesteld worden aan fracking vloeistoffen of terug stromend afvalwater. De horizontale oriëntatie van de boorput verhoogt ook de kans dat de boorput oppervlaktewater mogelijk bloot stelt aan schadelijke stoffen via breuken”.



Figuur 49; Opgeslagen geproduceerd water op locatie, bron: (Fair, 2014)

“In Canton Township, Pennsylvania is in januari 2012, 20.000 liter fracking vloeistof gelekt als afvalwater. In een groter incident, werden aanklachten ingediend tegen een bedrijf wat het afvalwater vervoerde en de eigenaar van het afvalwater in maart 2012, voor het illegaal dumpen van miljoenen liters geproduceerd water in beken en mijnschachten. Gezien de grote hoeveelheid vrachtverkeer in verband met het fracken, kunnen ongevallen met vrachtwagens ook leiden tot het lekken van chemische middelen of afvalwater in het milieu. In december 2011, zorgde bijvoorbeeld een vrachtwagen voor een ongeval in Mifflin Township, Pennsylvania en het vrijgekomen afvalwater van fracking kwam in een nabijgelegen beek” (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Als men nu kijkt naar het rapport ‘Challenges in assessing effects of shale gas produced water on drinking water treatment plants’ (Van Briesen, 2013), kan men zien hoe zich het water afkomstig van schaliegas activeiten zich verhoudt ten opzicht van drinkwater en andere natuurlijke wateren inclusief het zoute grondwater van Pennsylvania.



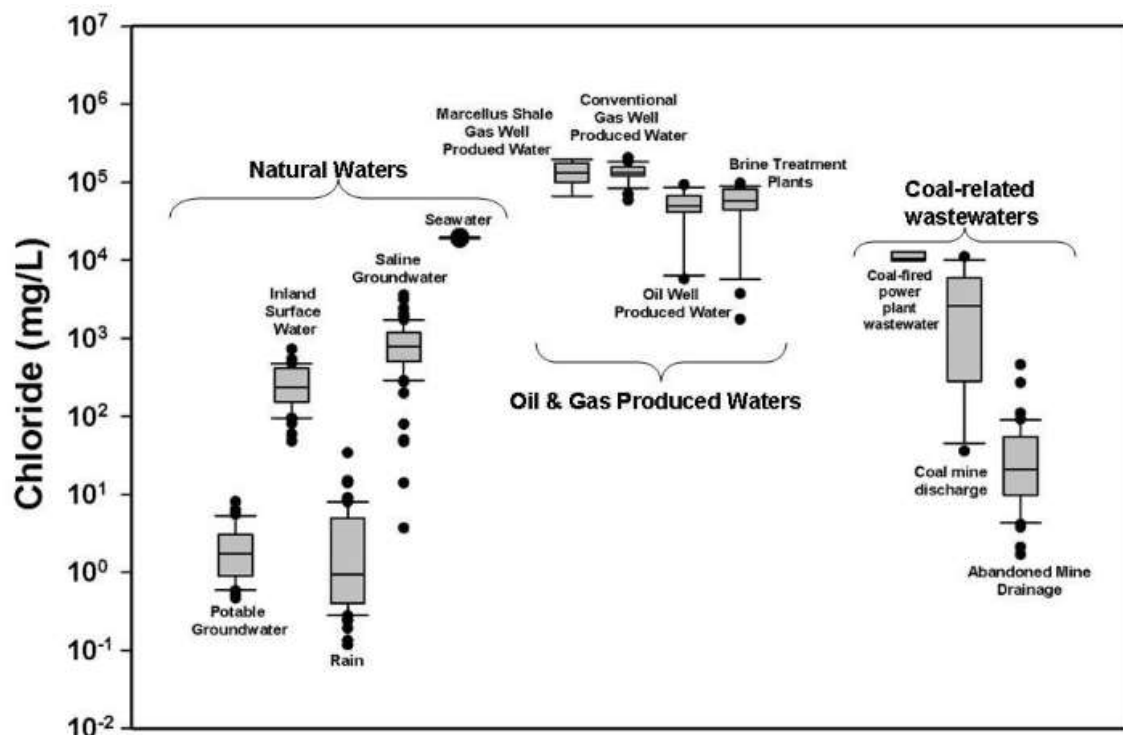
Figuur 50; Totaal Vaste Stof in terug stromend water, bron: (Van Briesen, 2013)

Hoe ziet dit water er dan uit als je het vergelijkt met het drinkwater. In de grafieken gebruikt door Van Briesen is er onderaan geen as te zien. Van Briesen gaf aan dat “Het gewoon gaat om te laten zien wat de verschillen tussen, natuurlijk water (links) en olie en gas terug stromende wateren (rechts) zijn” (Van Briesen, 2013). De verticale as is een logaritmische schaal, waardoor elke stap omhoog in milligram per liter droge stof vermenigvuldigd wordt met een macht van 10. Als we dan kijken naar het droge stof gehalte, wat de maat is van zouten in het water, is te zien in de grafiek (zie figuur 50) dat drinkbaar water minder dan 500 mg/l droge stof bevat. Grondwater is in deze regio (Pennsylvania) enigszins zout. Hoe dieper het grondwater des te zouter het water. Dat is de belangrijkste reden waarom terug stromend water afkomstig van de Marcellus reservoir zo zout is (Van Briesen, 2013). De concentratie van doge stof in het grondwater is in verschillende ordes van grootte hoger dan wat in een rivier gewenst is. Ergens tussen 100.000 en 300.000 mg/l zout (dat is zouter dan zeewater) is de concentratie wat typisch is voor terug stromend water uit boorputten (Van Briesen, 2013). Er is ook te zien dat ook al is het volume aan water uit de schaliegas boorputten hoger, dat de kwaliteit vergelijkbaar is van water uit de conventionele boorputten maar hoger dan die van kolencentrales of kolenmijnen.

$$TDS = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [Cl^-] + [Fe^{3+}] + [HCO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [Br^-] + \dots$$

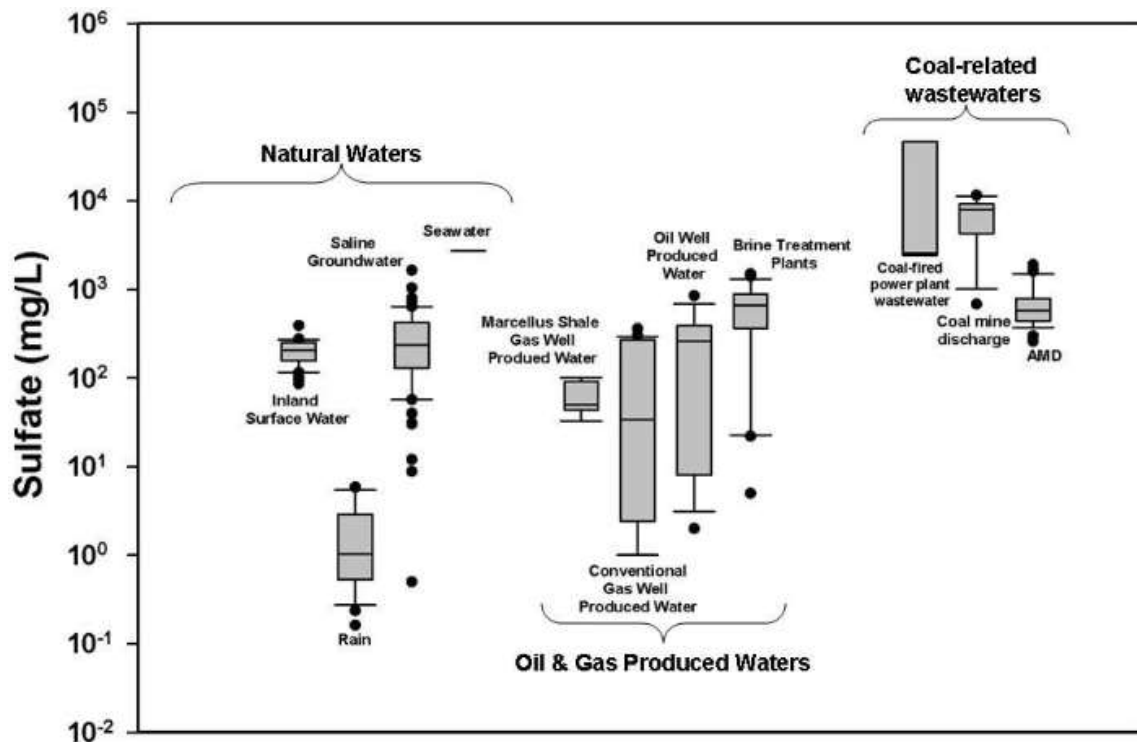
Figuur 51; Totaal Vaste Stof onderverdeeld in ionen, bron: (Van Briesen, 2013)

De concentratie (zie figuur 51) van de rood omcirkelde ionen (chloride, sulfaat en bromide) is van belang voor drinkwater producenten. Chloride en sulfaat kunnen voor smaak en geur problemen zorgen en kan corrosie van leidingen veroorzaken. Bromide wordt geoxideerd tijdens de behandeling van drinkwater en vormen desinfectie bijproducten.



Figuur 52; Chloride in terug stromend water, bron: (Van Briesen, 2013) en (Wilson, 2013)

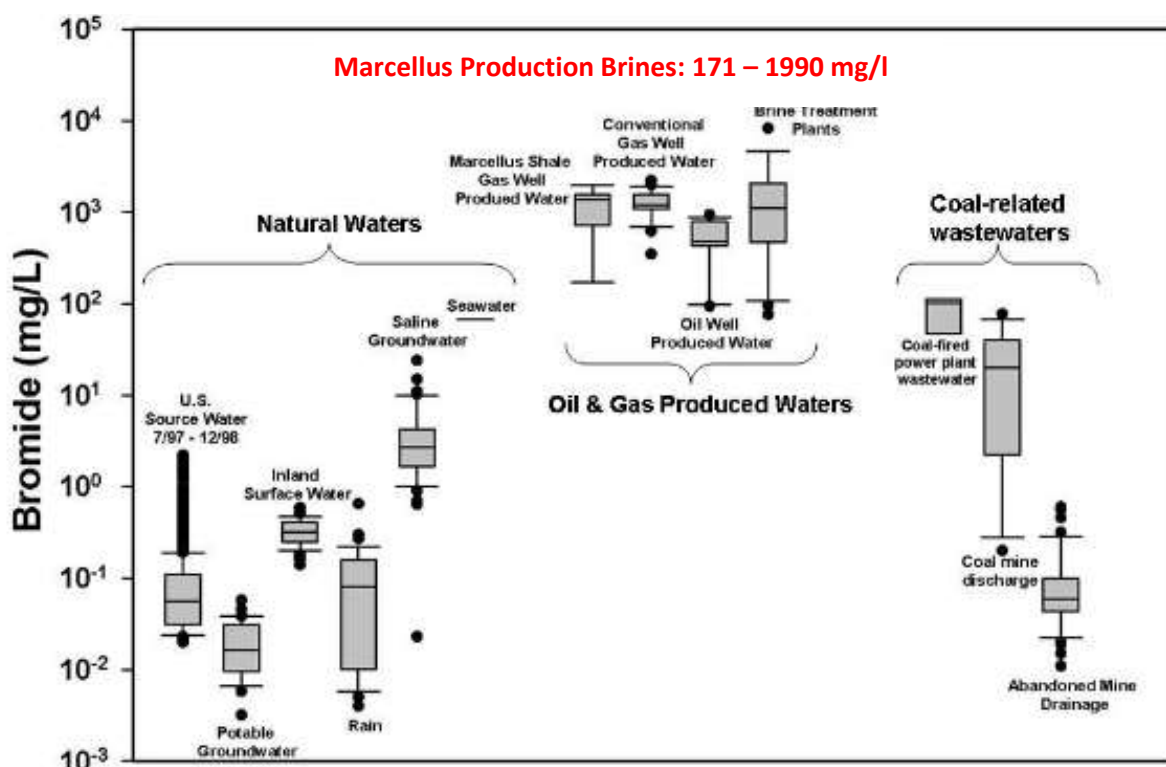
Als er naar figuur 52 gekeken wordt, dan kan men zien dat de chloride concentratie in het drinkwater laag is. Ook regenwater heeft een vergelijkbare concentratie (Van Briesen, 2013). Oppervlaktewater en grondwater is nog relatief laag in de chloride concentratie, maar valt al buiten de range van drinkwater. Als men dan naar zeewater kijkt wat zich in het midden van de grafiek bevindt, dan kan men zien dat zich rechts boven daarvan het water afkomstig is van de schaliegas boorputten en alle andere soorten van boorputten zoals conventionele boorputten, olie boorputten en tenslotte van de zoutwaterzuivering installaties, welke dit water moeten zuiveren (Van Briesen, 2013) en (Wilson, 2013).



Figuur 53; Sulfaat in terug stromend water, bron: (Van Briesen, 2013) en (Wilson, 2013)

Als dan ook figuur 53 wordt bekeken, dan kan men zien dat de sulfaat concentratie in regenwater laag. Grondwater en oppervlaktewater zijn beide duidelijk hoger dan regenwater en vallen beide in de zelfde range (Van Briesen, 2013). Water terug stromend door schaliegas boorputten vallen ook in de range van oppervlakte water en grondwater, maar is in de hogere gedeelte van de range waarin conventionele boorputten vallen (Van Briesen, 2013). Olie boorputten en zoutwaterzuivering installaties zijn gemiddeld gezien qua concentratie hoger dan de concentraties gevonden in water dat afkomstig is van conventionele boorputten, maar vallen in een vergelijkbare range. Het afvalwater uit kolencentrales, kolenmijnen en AMD (Abandoned Mine Drainage) is hoger dan die van olie en gas terug stromend water. Afvalwater uit kolencentrales en kolenmijnen is qua concentratie range hoger dan de sulfaat concentratie in zeewater (Wilson, 2013).

Van Briesen zegt dat "Bromide aanzienlijk is verrijkt in deze wateren. Aan de natuurlijke wateren is in deze grafiek (zie figuur 54) ook bronwater uit de VS toegevoegd, omdat het voor drinkwater producenten van belang is om de bromide concentratie laag te houden. Wat eruit ziet als uitschieters buiten het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het water, zijn allemaal drinkwater bronnen in de buurt van de oceaan (Wilson, 2013). Bromide is ongewoon hoog in bronwateren die in de buurt van de oceanen zijn, omdat de oceaan een grote bron van bromide is (Wilson, 2013). Landoppervlaktewateren zijn meestal veel lager in de bromide concentratie, net als binnenwateren. Het olie en gas terugstromend water ligt qua zoutconcentratie ergens tussen 100 en een paar duizend mg/l bromide (Wilson, 2013).



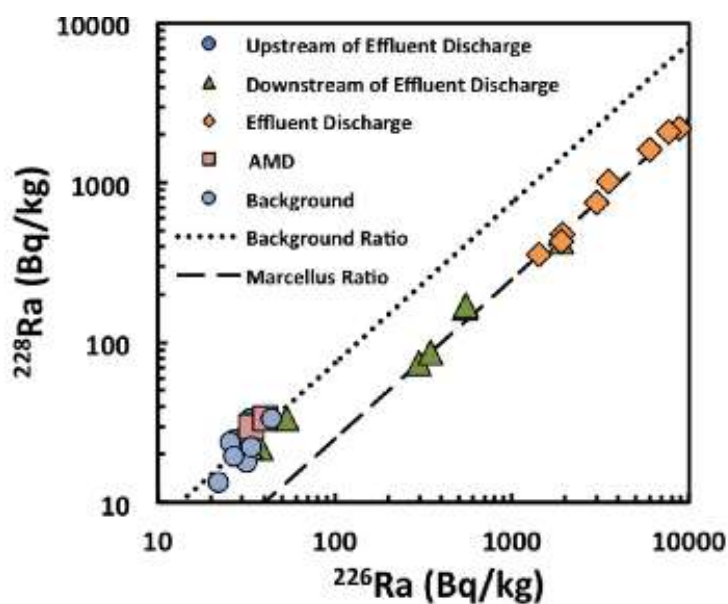
Figuur 54; Bromide in terug stromend water, bron: (Van Briesen, 2013) (Wilson, 2013)

Alweer is te zien dat de schaliegas boorputten en de conventionele boorputten een vergelijkbare bromide concentratie hebben. Het water dat afkomstig is van kolencentrales en kolenmijnen is qua bromide concentratie vergelijkbaar met die van het zoute grondwater in het gebied, maar is het alsnog hoger dan van drinkwater, regen en oppervlaktewater. Tenslotte is de "Abandoned Mine Drainage" qua bromide concentratie vergelijkbaar met drinkwater, met uitschieters net boven de bromide concentratie van oppervlaktewater. "Men kan geen historische gegevens over bromide vinden, omdat mensen het zo weinig zorgen maakt. Het is normaal gesproken in heel lage concentraties. Waterbehandeling installaties zijn gebouwd om verontreinigingen te verwijderen, maar niet de zouten. De meest geschikte manier om dit water te zuiveren is ontzilting, wat men met water uit de oceaan zou doen, echter wordt dit water als zoetwater behandeld. Waterzuiveringsinstallaties zullen daarom ook niet de chloride of bromide kunnen verwijderen van deze wateren. Naast het verwijderen van verontreinigingen, voegen waterzuiveringsinstallaties ontsmettingsmiddel toe. Dit is van cruciaal belang, omdat bromide in combinatie met desinfectiemiddelen desinfectie bijproducten vormt" (Van Briesen, 2013) en (Wilson, 2013). De chloride, sulfaat, bromide concentraties en de droge stof gehalte van het terugstromende fracking vloeistof en het zoute grondwater dat terugstroomt zijn vergelijkbaar met de concentratie gevonden door (Resources for the Future, 2013), (Osborn, Vengosh, Warner, & Jackson, 2011) en (Ben M. Stout III, 2013). Er moet wel gezegd worden dat er meerdere keren lagere waarden gevonden zijn, welke alsnog te hoog zijn ten opzichte van de gewenste waterkwaliteit in de drinkwaterbronnen en het oppervlakte water.

Er is veel onderzoek naar deze desinfecterende bijproducten geweest die teruggaat tot de jaren '70. Er is in dit onderzoek aangetoond dat deze verbindingen kankerverwekkend zijn en er is veel onderzoek gedaan om aan te tonen dat zij ook teratogeen (Dit betekent dat de stof afwijkingen bij een foetus kan veroorzaken als de moeder tijdens de zwangerschap met de stof in aanraking komt, deze inademt of inneemt) zijn. De blootstellingsroutes omvatten zowel inademing als consumptie. Vandaag is de hoogste blootstelling route onder de douche staan, waar men deze verbindingen inademt, of het opdrinken van deze verbindingen welke in het drinkwater aanwezig zijn.

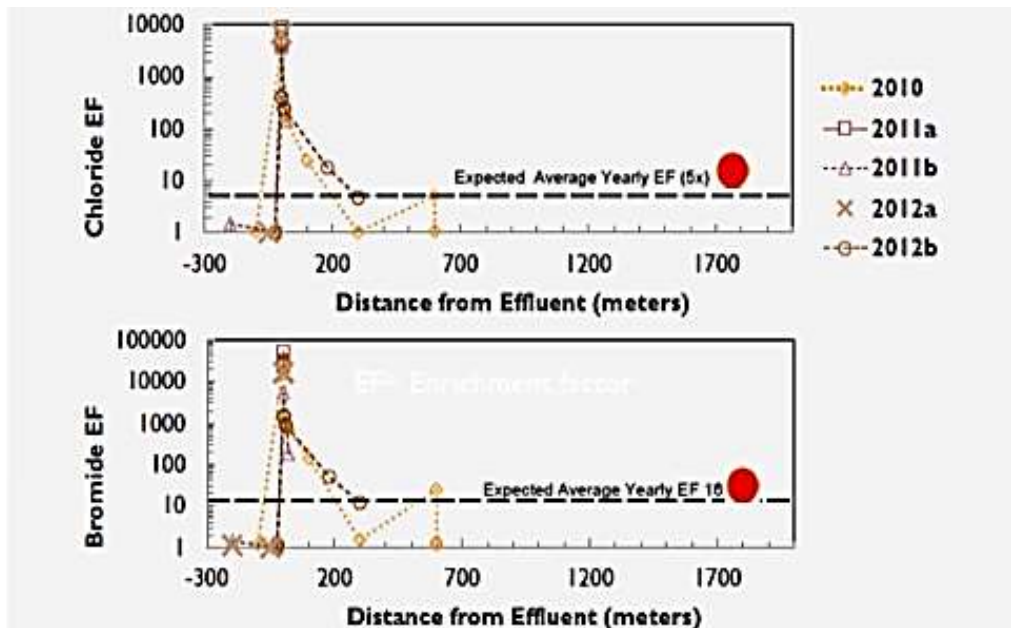
“Gebromeerde THM's zijn veel meer een zorg dan gechloreerde THM's. Gebromeerde THM kunnen niet vormen tenzij er bromide in de bron water aanwezig is. Een van onze zorgen is de verschuiving tussen de vorming van gechloreerde desinfectiebijproducten die slecht zijn, naar de vorming van gebromeerde desinfectiebijproducten die erger zijn dan de gechloreerde desinfectiebijproducten” (Van Briesen, 2013). Van Briesen zegt over de relatie tussen de verhoogde concentratie en de bijproducten “Er is geen rechte lijn, tussen de hoeveel bromide in het oppervlakte water en hoeveel gebromeerde desinfectiebijproducten men vindt. De reden daarvoor is, dat een heleboel dingen dit proces kunnen beïnvloeden” (Van Briesen, 2013).

Over de effecten op het oppervlakte water is nog niet veel bekend, echter zal in het komende jaar een rapport worden gepubliceerd over deze effecten. Met de data welke voorhanden ligt kan men in ieder geval zeggen dat de waterzuiveringsinstallaties in Amerika barium en radium verwijderen uit het afvalwater, maar vaak geen zouten zoals chloride en bromide (Weimer, 2013), (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013) en (Van Briesen, 2013). Ook wordt een hoge bromide concentratie gerapporteerd, welke desinfectie bijproducten kan stimuleren en kankerverwekkende bijproducten kan vormen zoals trihalomethanen na de chlorering van het water benedenstrooms (Jackson R. , 2013). Behalve de al eerder genoemde stoffen zijn ook hoge concentraties van barium, arseen, selenium, lood gevonden en een hoge concentratie aan natuurlijk radioactief materiaal (met een concentratie van 5000 pCi/L (185 becquerel/liter), in plaats van de toegestane 5 pCi/L (0,185 becquerel/liter) in drinkwater) (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013).



Figuur 55; Beek en sediment effecten: geen radioactiviteit gedetecteerd in drinkwater, maar een opgetreden opbouw in verband met afvalwater effluent, bron: (Jackson R. , 2013) en (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013)

“We vonden precies wat EPA en DEP hadden gevonden. De installatie die werd gecheckt is volledig binnen de regelgeving van effluent concentraties van radioactiviteit. Ze zijn onder de norm wat ze mogen lozen in concentratie, maar omdat de hoeveelheden water zeer hoog is, zie je de opbouw van radioactiviteit in de sedimenten stroomafwaarts. In de onderstaande grafiek (zie figuur 55) is een 200-voudige toename van radium in de sedimenten te zien, welke zich dichtbij het punt bevindt waar het water in de rivier of beek wordt geloosd. Dit is het gevolg van de grote hoeveelheden water die worden gebruikt bij het fracken die weer als licht radioactief water naar het oppervlakte terug keren. Er is echter geen radioactiviteit gevonden in drinkwater” (Jackson R. , 2013).



Figuur 56; Verrijkingsfactor van halogenen in benedenstrooms rivierwater, bron: (Weimer, 2013)

Als men kijkt naar figuur 56 dan kan men zien dat de chloride concentratie voor het gezuiverde afvalwater geloosd wordt en de concentratie rond 1 mg per liter is. Op het punt van lozen is de concentratie drastisch hoger met waarden tussen 100 en 10.000 mg per liter. De lagere concentraties rond de 100 mg per liter zijn gemeten in eind 2012, de concentratie welke echter hoger zijn rond de 8.000 zijn hoofdzakelijk gemeten in 2010, 2011 en begin 2012. De chloride concentratie blijft veel hoger dan de normale achtergrondwaarde tot 100 meter na het loospunt. 300 meter na het loospunt ging in 2010 de concentratie weer terug naar de achtergrond waarde, echter is te zien dat 600 meter na het loospunt de concentratie boven de 10 mg per liter komt waarna het kort daarop weer daalt. Behalve in 2010 is ook eind 2012 te zien dat de chloride concentratie daalt, alhoewel niet zo snel als in 2010. 200 meter na het loospunt is de concentratie nog steeds rond de 50 mg per liter, terwijl in 2010 de concentratie al beneden de 10 mg per liter was. Het laatste punt welke gemeten was, is 300 meter na het loospunt, waar de chloride concentratie rond de 5 mg per liter is. In het rapport 'Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems' wordt verwacht dat het jaarlijkse gemiddelde rond de 5 mg per liter zal zijn (Weimer, 2013). Dit zal gedurende het jaar schommelen afhankelijk van de neerslag, de hoeveelheid water welke wordt geloosd en ander water welke wordt mee geloosd (Van Briesen, 2013).

Als men nu naar de bromide concentratie kijkt, ziet men een vergelijkbaar beeld als bij chloride. De concentratie stijgt hier tot maximaal 100.000 mg per liter begin 2011 en is in 2010 en eind 2011 tot begin 2012 tussen de 10.000 en 80.000 mg per liter. De bromide concentratie daalt daarna vergelijkbaar als de chloride concentratie en is na 300 meter in 2010 terug naar de achtergrond waarden en eind 2012 rond 10 mg per liter. De concentratie gaat in 2010, waar op een langere afstand van het loospunt is gemeten, weer omhoog naar 20 mg per liter. In het rapport 'Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems' wordt verwacht dat het jaarlijkse gemiddelde rond de 16 mg per liter zal zijn (Weimer, 2013). Dit zal echter weer gedurende het jaar schommelen afhankelijk van de neerslag, de hoeveelheid water welke wordt geloosd en ander water welke wordt mee geloosd (Van Briesen, 2013).

parameter	fracked	non-fracked	H-stat	p-value
	mean	mean		
Particulate THg	0.461	0.245	1.37	0.243
Particulate MeHg	0.02	0.018	0.26	0.61
Filtered THg	0.6	0.39	7.32	0.007
Filtered MeHg	0.05	0.04	1.82	0.177

Non-parametric (Kruskal-Wallis) comparisons of total and methyl-mercury concentrations (ng/g) in filtered and unfiltered stream water collected from sites with and without fracturing within their watersheds.

Figuur 57; Kwik concentratie in rivierwater in gebieden met en zonder schaliegas activiteit, bron: (Weimer, 2013)

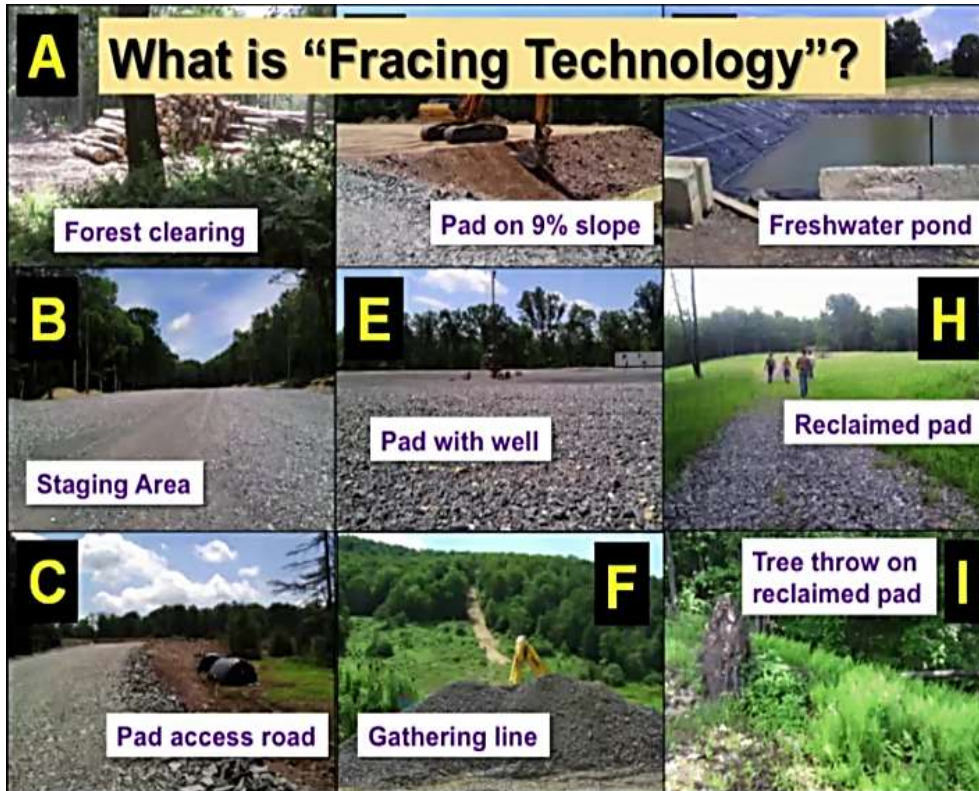
In het rapport 'Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems' wordt ook vermeld dat het gefilterde water een significant hogere totale kwik concentratie heeft in rivieren vlakbij schaliegas activiteiten dan in de gebieden zonder schaliegas activiteiten. De verschillen welke te zien zijn tussen de gebieden met schaliegas activiteiten en zonder schaliegas activiteiten zijn bij de ongefilterde totale kwik concentratie, ongefilterde methyl-kwik concentratie en gefilterde methyl-kwik concentratie niet significant (zie figuur 57). Er is een duidelijke hogere totale kwik concentratie in de rivieren met schaliegas activiteit te zien, echter kan niet gezegd worden wat de kwik concentratie is in het terug stromende fracking vloeistof en het terugstromende zoute grondwater.

De uiteindelijke conclusie van Weimer is dat "als men kijkt naar de verschillen tussen de gebieden met en zonder schaliegas activiteit, er geen verschillen te zien zijn in de biodiversiteit van vissen en macrofauna. Er zijn wel verschillen te zien in de bacterie kolonies in de gebieden met schaliegas activiteiten. Ook is behalve de totale kwik concentratie de opgeloste organische koolstof concentratie significant hoger in de gebieden met schaliegas activiteiten. Als men kijkt naar de kwik concentratie in rivierkreeft en andere macrofauna, is de concentratie hoger in gebieden met schaliegas activiteiten. Ook is het aantal boorputten nabij een rivier bepalend voor de gemiddelde concentratie in bronforel, want des te meer boorputten nabij de rivier aanwezig zijn des te hoger de gemiddelde concentratie in de bronforel (Weimer, 2013). Het is duidelijk te zien dat hier bio accumulatie plaatsvindt.

Tenslotte wordt in het rapport 'Wastewater Characteristics from Marcellus Shale Gas Development in Pennsylvania' vermeld dat "veel chemische verbindingen verwijderd kunnen worden door een chemische behandeling in een chemische afvalverwijderingsinstallatie. Momenteel is de behandeling van afvalstoffen zoals bijvoorbeeld metalen mogelijk, maar worden bijvoorbeeld de zouten nog niet verwijderd uit het water" (Resources for the Future, 2013). Van de radioactiviteit is al bekend dat de concentratie af neemt nadat men zich verder van de punt van lozen bevindt en dat deze het hoogst is vlakbij het punt van lozen (Jackson R. , 2013).

Er is dus bekend wat de concentratie van de chemicaliën in het zoute grondwater zit welke terugstroomt, van het terug stromende fracking vloeistof, de concentraties van bepaalde chemicaliën in het oppervlakte water en de concentraties van de chemicaliën in de effluent stroom, van de nu niet meer zo veelvuldig gebruikte waterzuiveringsinstallaties. Het injecteren van het afvalwater in de boorputten (injectieputten) heeft tot gevolg dat het fracking water net als in de schaliegas boorputten in andere watervoerende pakketten zal gaan lekken (Northrup, 2010).

3.3.4. Landschap effecten



Figuur 58; Effecten van de fracking technologie, bron: (Drohan P. D., 2013)

Wat in bovenstaande figuur 58 is te zien, dat is wat echt veranderd is qua winning in de industrie na 2005. “Frack Technologie die wordt gebruikt in de oliewinning, waterwinning, de schaliegaswinning nu en de winning van gas zijn al een tijd aanwezig, maar nu recent in 2005 werd het haalbaar om te gaan boren in deze diepere formaties. Wat uniek is aan deze technologie is het grote oppervlak dat nodig is voor de boorvloer (het oppervlakte waar de boor en win operaties plaats vinden). Vanwege de grote hoeveelheden vloeistoffen die gebruikt moet worden tijdens de operatie is dit oppervlak zo groot. Dit resulteert in een groot gebied van verstoring in het landschap” (Drohan P. D., 2013). Een ander aspect welke worden behandeld in het rapport van (Drohan P. D., 2013), zijn de lange termijn gevolgen op deze gebieden, zodra het winnen van het gas is afgelopen.

On-site activities: ground clearing and vegetation removal, site grading, drilling, vehicular and pedestrian traffic, waste management, and construction and installation of facilities.

Figuur 59; Activiteiten op de boorlocatie, bron: (Drohan P. D., 2013)

Drohan vertelt in zijn presentatie dat “Als geheel kan je de activiteiten in twee categorieën indelen (zie figuur 59 en 60); activiteiten op het terrein waar de meeste van activiteiten op het terrein bij behoren (zie figuur 59) en ook de off-site activiteiten en de materialen die gebruikt worden voor op de locatie en de ontwikkeling van wegen en de “staging area” (Dit is een aangewezen gebied waar voertuigen, voorraden en bouw apparatuur zijn geplaatst voor de toegang en het gebruik van een bouwplaats). Ook de bouw van de leidingen en pompstations voor het verplaatsen van het gas van de locatie af behoren hier toe” (Drohan P. D., 2013). Tenslotte zorgt ook het vrachtwagen verkeer voor verstoring van gebieden (Drohan P. D., 2013).

Off-site activities: excavation/blasting for sands, gravels; access road and storage area construction, and construction of gathering pipelines and compressor or pumping stations.

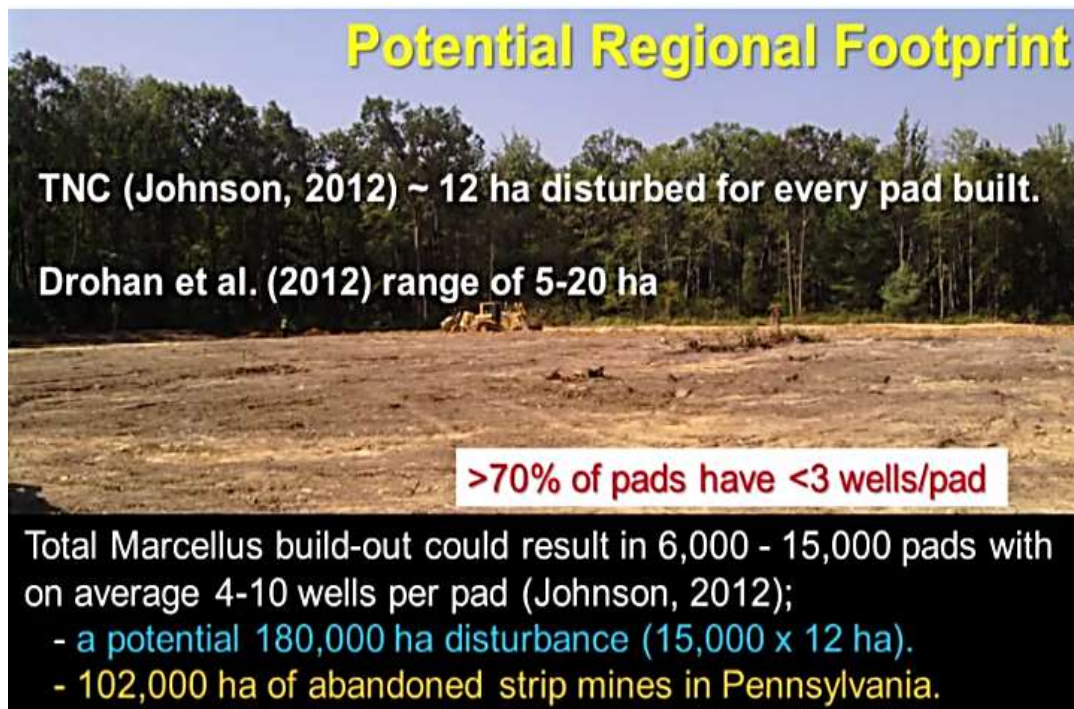
Figuur 60; Activiteiten buiten de boorlocatie, bron: (Drohan P. D., 2013)

Als geheel heeft dit als resultaat dat het fracking proces een zeer unieke grondstofwinning voetafdruk heeft, in vergelijking met de andere types van grondstofwinning. Drohan verteld dat “We hadden een heel snelle ontwikkelingstempo, dit is dan ook wat iedereen verrast heeft in de industrie, van de DEP, de academici en de NGO's. Het andere aspect dat uniek is dat het een verspreid patroon heeft vergelijkbaar met de windmolens, hoewel het een veel grotere voetafdruk heeft qua land dat rondom de boortoren wordt gebruikt, vanwege de grotere afmetingen van de tanks en vijvers” (Drohan P. D., 2013). Het water dat wordt gebruikt bij het boren, alsmede de grote infrastructuur welke deze ondersteund zorgt voor deze grote voetafdruk op het landgebruik (zie figuur 61).



Figuur 61; Boortorens te Wyoming, bron: (Lavelle, 2012)

Drohan vertelt dat “fracking in Pennsylvania, niet vergelijkbaar is met dagbouw, want fracking is een verspreide vorm van verstoring. Het is ook niet zoals conventionele gas, waar je een heleboel kleine boorputten in een klein gebied ziet. De onconventionele gasboorputten zijn geclusterd en vrij dicht bij elkaar te vinden, maar over het algemeen zijn ze niet zo geclusterd als je ziet met conventionele gasboorputten. Wat het zeker niet zal worden is de explosieve groei als de 19e eeuw olieboom in het noordwesten van Pennsylvania. Toch zal het iets zijn dat voor een lange tijd het landschap zal vormen in de staat Pennsylvania” (Drohan P. D., 2013).



Figuur 62; Potentieel voetafdruk, bron: (Drohan P. D., 2013)

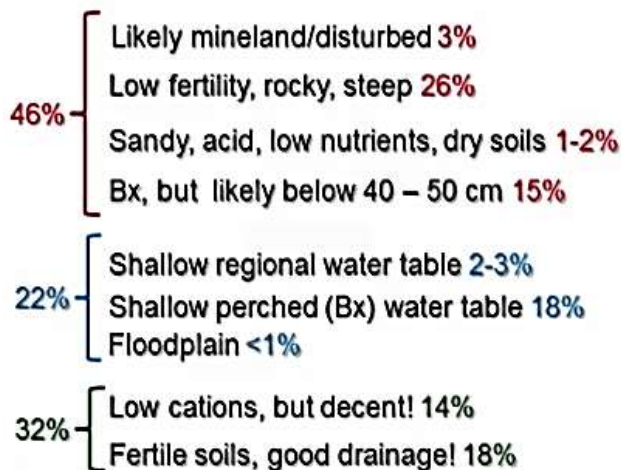
Dus als we kijken naar hoe de fracking technologie een voetafdruk geeft op Pennsylvania (zie figuur 63), is om te kijken hoe de huidige ontwikkeling zich verder zal ontwikkelen. Drohan zegt: “De natuurbescherming, waar Nellis Johnson tot behoort, hadden een energie analyse een paar jaar geleden en kwam met een schatting van ongeveer 12 hectare verstoord land voor elke boorvloer gebouwd. Onze analyse toonde een bereik van 5 tot 20 hectare, die ook de eiland ontwikkeling in het bos die plaatsvindt omvat” (Drohan P. D., 2013). Drohan zegt ook dat een heleboel boorvloeren nog niet veel boorputten bevatten. Als je kijkt naar de analyse welke de natuurbescherming heeft gedaan, kregen we 6000 tot 15.000 boorvloeren van alleen het Marcellus gebied. Dus als je kijkt naar de grootte van een boorvloer en dat vermenigvuldigt met de maximale aantal aan boorvloeren, krijg je een vrij groot gebied. Dus hoe verhoudt zich dat tot andere soorten grondstof extracties welke vandaag de dag gebruikelijk zijn” (Drohan P. D., 2013). In het rapport van Drohan staat dat dan het gebied wat nu aan verlaten dagbouw aanwezig is (Drohan P. D., 2013). De vraag is waar dit in de range qua hectares in het gebied te Pennsylvania het gemiddelde gaat vallen. Wat zeker is, dat de voetafdruk groter zal zijn dan menig andere grondstof extractie type (Drohan P. D., 2013).

- 7% excessively wet
- 28% ↑ rock fragment
- 37% bedrock < 100cm
- 31% slopes > 8%
- 28% have a restrictive soil horizon (Fragipan)

Figuur 63; Bodem beperkingen in Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

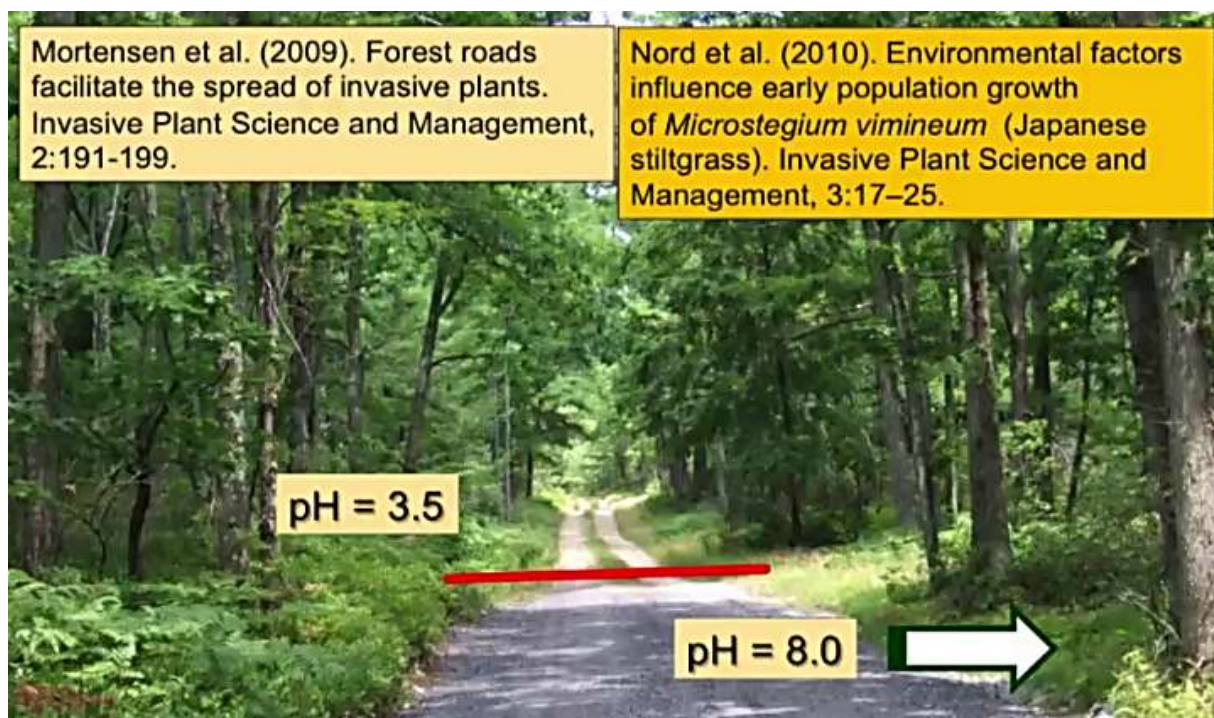
Alle grondstofwinning in Pennsylvania is geconfronteerd met substantiële bodem beperkingen (zie figuur 63). De grond in Pennsylvania is nat en rotsachtig, het is ondiep en heeft een steile helling (Drohan P. D., 2013).

Pre-pad soil characteristics



Figuur 64; Bodem kenmerken voor de boor activiteiten in Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

“Als men kijkt naar de bodem omstandigheden waar de boortorens zich bevinden, kun je zien dat ongeveer de helft van de boorlocaties een rotsachtige grond bevat met een lage vruchtbaarheid. Een kwart van de boortorens bevinden zich op een natte bodem en ongeveer één derde van de bodem zijn gronden die goed voor de landbouw kan worden gebruikt en vaak deze functie hadden voordat de boortoren aanwezig waren. De laatste bodems zijn vrij moeilijk terug te krijgen naar de situatie voor de verstoring van de booractiviteiten. Behalve verstoring van de bodem zijn ook problemen met de vruchtbaarheid van de bodem en droogte een meer voorkomend probleem” (Drohan P. D., 2013).

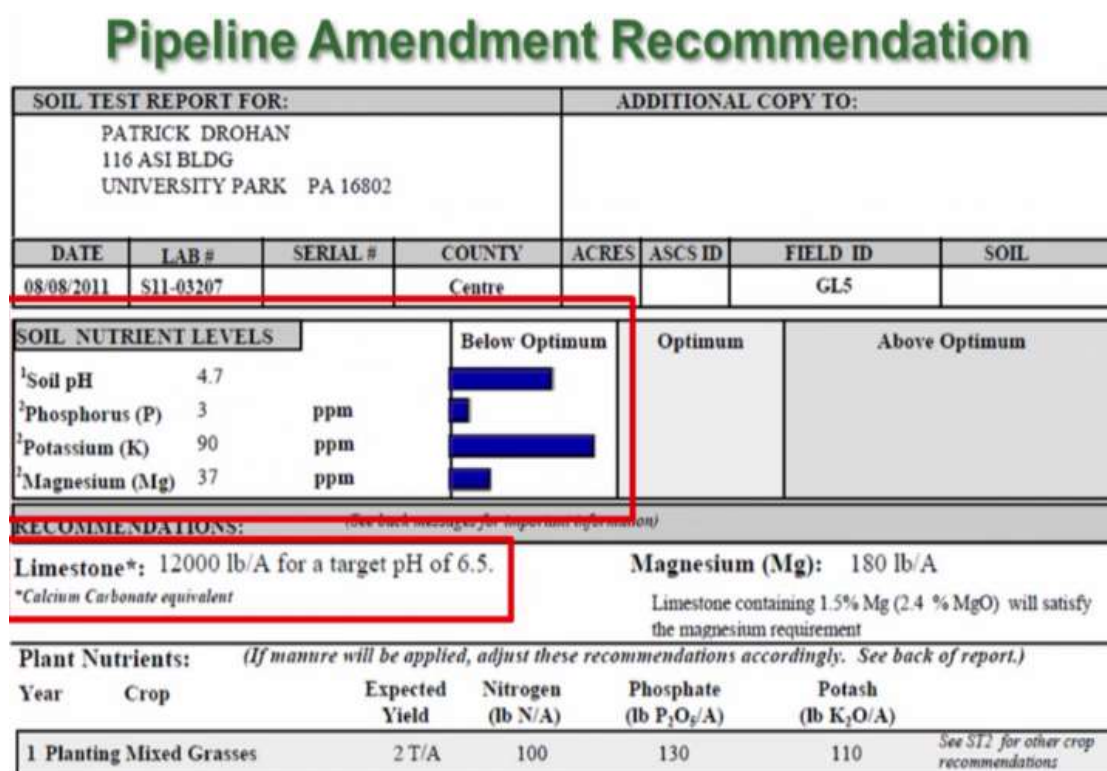


Figuur 65; Bodem kenmerken voor de boor activiteiten in Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

In de figuur hierboven (zie figuur 65) heb je een typische bosweg in Pennsylvania. Drohan zegt dat “Als we kijken naar deze weg en de effecten die het zou kunnen hebben op het ecosysteem, weten we dat deze wegen kunnen fungeren als een ecologische niche voor invasieve soorten. Er zijn veel vrij goed gedocumenteerde gevallen van een aantal soorten welke zich langs deze gebieden

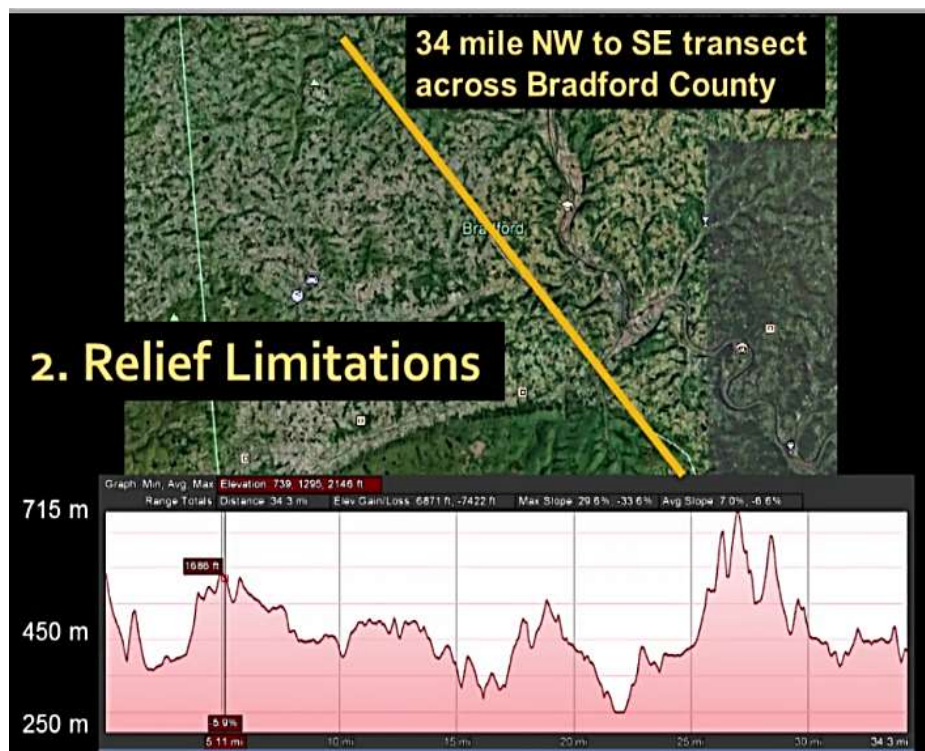
bewegen. Als we nu het schaliegas scenario hier aan toe voegen krijg je een scenario waar grind wordt gebruikt voor de fundering van de weg en om deze te ondersteunen en uit te breiden. Dit grind wordt per vrachtwagen getransporteerd naar de locatie. Het grind in Pennsylvania kan lokaal of in dit geval van de dalen afkomstig zijn, dus hoofdzakelijk uit kalksteen bestaan” (Drohan P. D., 2013). Nu heb je een nieuwe soort situatie met een beboste bodem met een pH van 3,5 en een kalksteengrind met een pH van 8,0. Het stof van de grind heeft ook een pH van 8,0 en kan ervoor zorgen dat de pH van het beboste bodem daalt. “Als men op een schaliegas operatie weg onderweg is, bijvoorbeeld in de zomer, is de kans groot dat je moet stoppen op een bepaald punt, omdat de stofwolk zo dik is dat je niets kunt zien. Dus wat je nu doet is kalk in het bos in deze gebieden strooien en dit maakt het moeilijker voor de inheemse soorten om te concurreren ten gunste van de invasieve soorten” (Drohan P. D., 2013).

In het rapport van (Drohan P. D., 2013) werd gekeken naar dit effect. “Barlow werkte met de Mortensen groep en deed een analyse van de boorvloer op bosgrond om te kijken naar dit probleem. 60% van de onderzochte boorvloeren waren gekoloniseerd door invasieve soorten en van deze boorvloeren hadden 45%, 3 of meer soorten die niet in de natuurlijke situatie aanwezig had moeten zijn” (Drohan P. D., 2013). Dat is een vrij goed bewijs dat in Pennsylvania een potentieel probleem aanwezig is, waar aandacht aan besteed zal moeten worden. Drohan gaf verder aan dat ook andere vormen van grondstofwinning die problemen met invasieve soorten hebben. Het verschil is nu dat bij schaliegas winning de invasieve soorten de soorten in de kern bosgebieden aanwezig zijn waar ze voor veel meer problemen kunnen zorgen (Drohan P. D., 2013). Waarom deze soorten nu in de kern bosgebieden bevinden is niet goed bekend. Drohan zegt hier op dat “al een regionale invasieve planten druk aanwezig kan zijn en dat ook de mate van bosfragmentatie in het gebied bepalend is. En ook het soort weg (grind wegen zijn vaak slechter), dus je zal meer invasieve soorten langs die wegen vinden en ook de nabijheid van andere verstoringen in die gebieden zijn bepalend” (Drohan P. D., 2013).



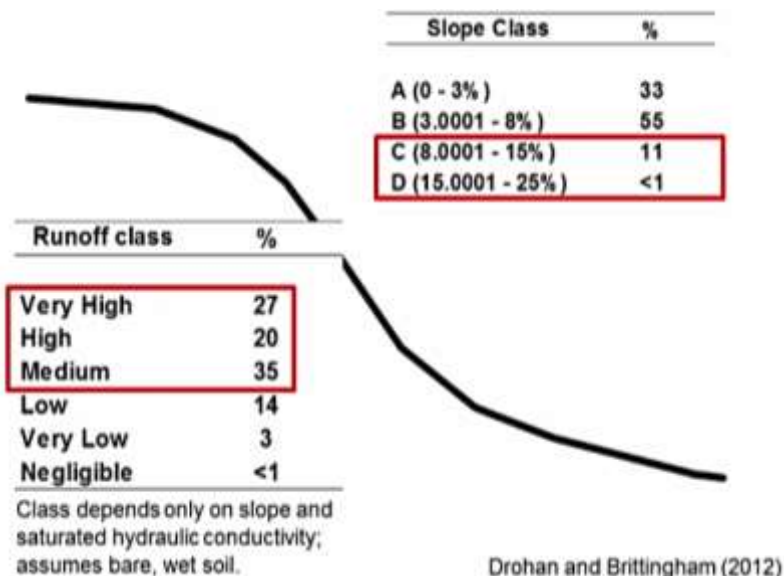
Figuur 66; bodem testrapport, Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

Een ander feit dat ook een probleem vormt, is hoe de voormalige locaties, waar zich pijpleidingen bevinden, worden teruggewonnen. In figuur 66 kan men een bodem testrapport zien van een pijpleiding in Pennsylvania. Dit houdt in dat de grond eerst gezeefd wordt en dat de bovengrond daarna boven de pijpleiding opgebracht wordt. De pH van de bodem werd hier 4.7, met een zeer lage fosfor en kalium concentratie. Voor een typische bodem bedekkend gewas, waar in dit lab op getest wordt, werd geoordeeld dat de bodem nutriënten tekort komt. Dus het lab had aanbevolen dat men met een meststof en een alkalisch middel de pH en nutriënten concentratie omhoog moet brengen, zodat deze voedingsstoffen beschikbaar komen. Het belangrijkste hier is hoeveel kalksteen wordt toevoegt. Er werd aanbevolen om 5400 kilogram kalk per hectare toe te voegen om de pH van 4,7 naar 6,5 te brengen. Dus daar hebben we het effect van de stof op de wegen die een potentieel probleem kunnen vormen. Hoe lang dat effect zal duren is onbekend” (Drohan P. D., 2013).



Figuur 67; dwarsdoorsnede met daaronder de gerelateerde hoogte, Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

“Reliëf zorgt voor beperkingen en is altijd al een grote uitdaging voor grondstofwinning in Pennsylvania geweest” zegt (Drohan P. D., 2013). Figuur 67 laat een dwarsdoorsnede van Bradford County zien. In de figuur is te zien dat het gebied in Pennsylvania zeer heuvelachtig is. In het rapport staat dat vergeleken met fracking technologie, de conventionele gas boorputten vaak in vlakke gebieden worden geboord (Drohan P. D., 2013). Er werd aangegeven dat met de schaliegas boorputten niet het geval is (Drohan P. D., 2013). Drohan zegt: “Deze industrie is in staat om boorvloeren te plaatsen in gebieden die een grotere helling hebben, de technische beperkingen minder ernstig zijn, omdat de apparatuur nog beter de beperkingen kunnen ondersteunen” (Drohan P. D., 2013). In Pennsylvania bevinden de meeste boortorens zich op de rug van helling die de neiging heeft om droog te zijn.



Figuur 68; Erosie risico, Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

Drohan zegt hierover dat “het water uit deze locaties beweegt, omdat het boven op de helling is gebouwd, waar ongeveer een derde van deze locaties laten zien dat het water de neiging heeft om in gebieden waar water samenkomt. Als je kijkt vanuit een ander perspectief en de helling klasse (zie figuur 68) analyseert, waar deze boorvloeren worden ontwikkeld, vindt men dat ongeveer 10% van de boorputten in een aantal zeer riskante hellingen zijn geplaatst. Dit zijn hellingen waar je er wilt voor zorgen dat een effectief waterbeheer voorhanden is. De meeste van de boorputten staan op de hellingen die vrij ondiep zijn” (Drohan P. D., 2013). Ook geeft Drohan aan dat “er veel ontwikkeling is gezien de geschiedenis van Pennsylvania op hellingen staan tot 8%. Op het moment dat de 8% drempel wordt overschreden, zullen de water afvoer problemen ontstaan. Water is niet altijd een probleem als je bedekking van bomen en andere planten hebt. Als je kijkt naar die situatie in de hele Marcellus regio zijn er veel meer locaties welke nu een hoog risico locatie worden” (Drohan P. D., 2013).



Less compacted



More compacted

Bulk Density Limits to Root Growth

Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual BMP 6.7.3: Soil Amendment & Restoration

Soil Texture	Ideal Bulk densities	Bulk densities that may affect root growth	Bulk densities that restrict root growth
	g/cm3	g/cm3	g/cm3
Sands, loamy sands	<1.60	1.69	1.8
Sandy loams, loams	<1.40	1.63	1.8
Sandy clay loams, loams, clay loams	<1.40	1.6	1.75
Silt, silt loams	<1.30	1.6	1.75
Silt loams, silty clay loams	<1.10	1.55	1.65
Sandy clays, silty clays, some clay loams (35-45% clay)	<1.10	1.49	1.58
Clays (>45% clay)	<1.10	1.39	1.47

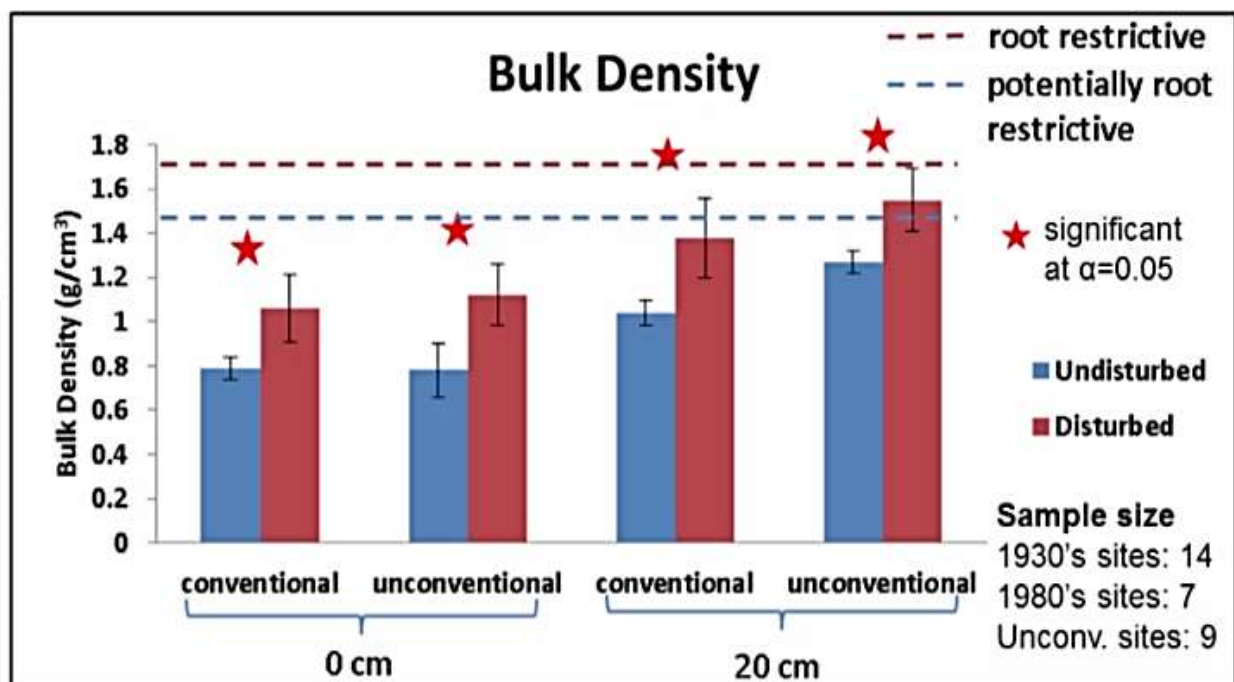
Source: Protecting Urban Soil Quality, USDA-NRCS

Figuur 69; Bodemdichtheid, bron: (Drohan P. D., 2013)

Wanneer men kijkt in het rapport van (Drohan P. D., 2013), kan men zien dat de dichtheid (bulk density) in de bodems, welke voorkomen in Pennsylvania de ideale situatie afhankelijk van de grond soort onder de 1,40 g/cm³, de 1,30 g/cm³ of de 1,10 g/cm³ zijn. De dichtheid van de grond die de wortels van planten mogelijkwerijze beïnvloed ligt rond de 1,60 g/cm³ en de dichtheid van de grond welke de wortel groei beperkt ligt tussen 1,65 en 1,75 g/cm³.

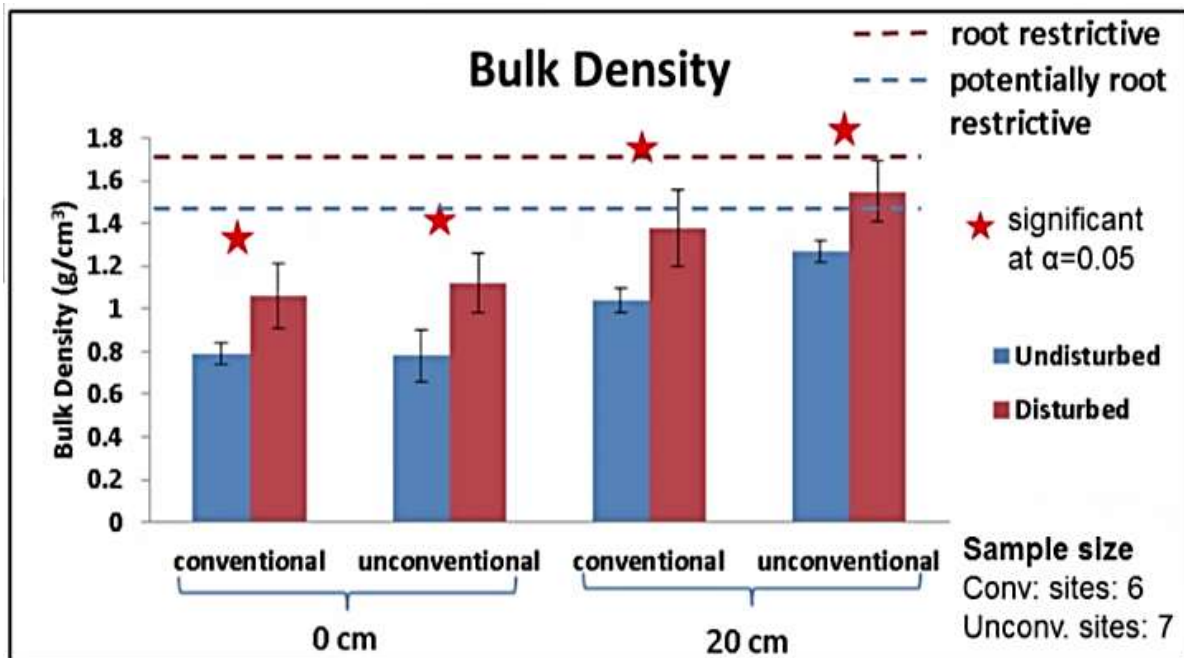
Als er nu naar de dichtheid van de grond onder de voormalige boorvloer wordt gekeken (zie figuur 70), dan kan men zien dat in het oppervlak van de grond de dichtheid nog in het goede bereik ligt. Er is wel een verschil te zien tussen de dichtheid van de situatie voor de boorvloer aanwezig was en nadat de boorvloer verwijderd is. Ook is het effect tussen de conventionele en onconventionele situatie vergelijkbaar. Als nu 20 centimeter dieper wordt gekeken is al een heel ander beeld te zien. De dichtheid in de situatie nadat de boorvloer verwijderd is, ligt bij de conventionele situatie nog onder de grens voor mogelijke beïnvloeding van de wortels, maar komt al zeer dicht bij de deze grens (Drohan & Brittingham, 2012).

Als men nu de onconventionele situatie bekijkt kan men zien dat hier wel degelijk de wortels worden beïnvloed door de te hoge dichtheid van de grond. Toch zal dit de groei van wortels in de bodem niet stoppen, alleen bemoeilijken (Drohan P. D., 2013). Tenslotte is ook te zien dat het verschil tussen de situatie voor en na de boorvloer bij 0 en 20 centimeters diepte bij beide, dus conventioneel en onconventioneel, significant is.



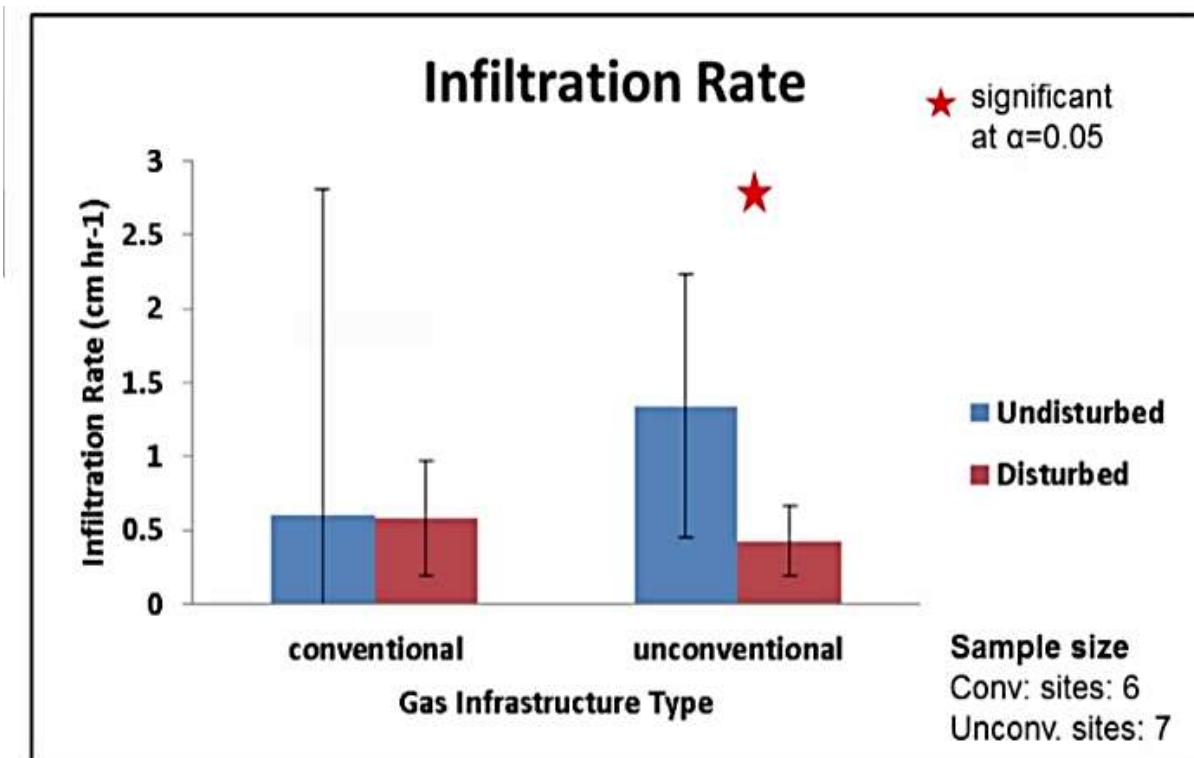
Figuur 70; Bodemdichtheid voor en na de boorvloer (vergelijking tussen de conventioneel situatie en onconventioneel situatie), Pennsylvania, bron: (Drohan P. D., 2013)

Wanneer men naar figuur 71 kijkt, dan kan men zien dat de dichtheid van de grond onder de voormalige pijpleidingen nog in het goede bereik ligt. Er is wel een verschil te zien tussen de dichtheid van de situatie voor de pijpleiding aanwezig was en nadat de pijpleiding verwijderd is. Het effect van de pijpleiding en boorvloer zijn hetzelfde. Ook is het effect tussen de conventionele en onconventionele situatie vergelijkbaar.



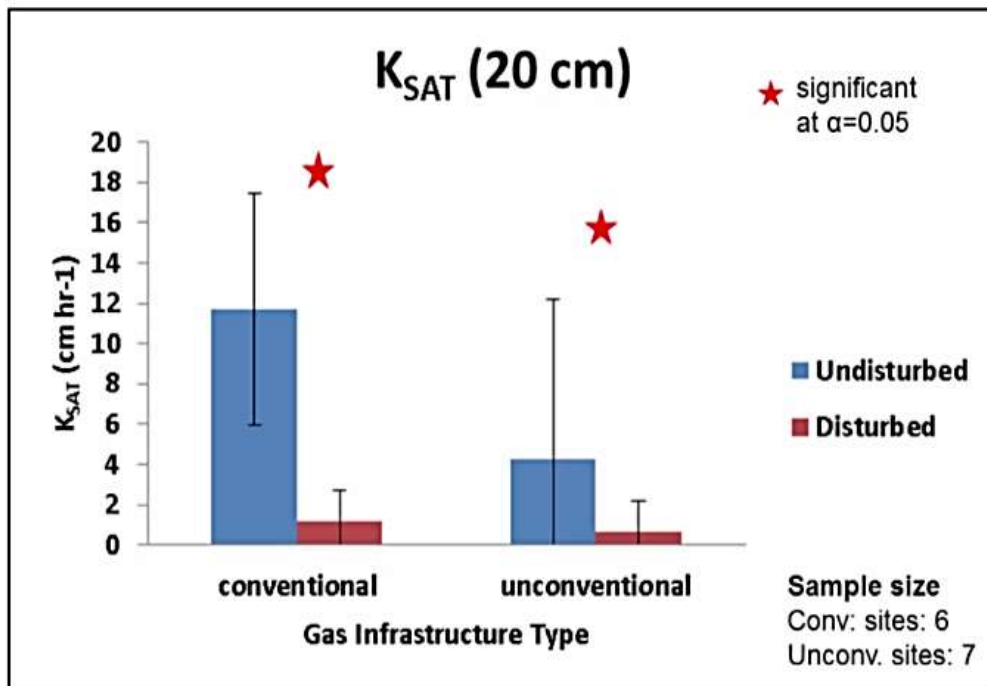
Figuur 71; Bodem dichtheid voor en na het plaatsen van een pijpleiding, bron: (Drohan P. D., 2013)

Als er nu 20 centimeter dieper wordt gekeken, is weer hetzelfde beeld te zien. De dichtheid in de situatie nadat de pijpleiding verwijderd is, ligt bij de conventionele situatie nog onder de grens en voor de onconventionele situatie boven de grens. Toch zal dit de groei van wortels in de bodem niet stoppen en alleen bemoeilijken (Drohan P. D., 2013). Tenslotte is ook te zien dat het verschil tussen de situatie voor en na de pijpleiding bij 0 en 20 centimeters diepte bij beide, dus conventioneel en onconventioneel, significant is.



Figuur 72; Infiltratiesnelheid van water voor en na het plaatsen van een pijpleiding, bron: (Drohan P. D., 2013)

Wanneer men naar figuur 72 kijkt, kan men zien dat de infiltratie snelheid (cm/h) van het water in de grond voor en na de pijpleiding niet veranderd is voor de conventionele situatie. Er is wel een verschil te zien bij de onconventionele situatie tussen de infiltratie snelheid van de situatie voor de pijpleiding aanwezig was en nadat de pijpleiding verwijderd is. Het verschil tussen de onverstoorde en verstoorde situatie is voor de conventionele situatie niet significant, maar voor de onconventionele situatie wel (Drohan P. D., 2013). De infiltratie snelheid gaat drastisch naar beneden in de onconventionele situatie. Dit zal gevolgen hebben voor het kunnen inzijsen van regenwater naar het grondwater en kan er voor zorgen dat het regenwater voor wateroverlast zorgt en zal dit water hoofdzakelijk in het oppervlakte water belanden.



Figuur 73; Infiltratiesnelheid van water voor en na het plaatsen van een pijpleiding op 20 centimeter diepte, bron: (Drohan P. D., 2013)

Als nu 20 centimeter dieper wordt gekeken is een heel ander beeld te zien (zie figuur 73). Bij de conventionele als onconventionele situatie is het verschil tussen de onverstoorde en verstoorde significant en daalt de infiltratie snelheid drastisch. De infiltratie snelheid wordt hier haast gereduceerd tot een minimum, zodat het onwaarschijnlijk is dat regenwater in deze situatie gemakkelijk in de bodem zal inzijsen (Drohan P. D., 2013). De conclusie in het rapport van (Drohan & Brittingham, 2012) luidt eigenlijk als volgt; In Pennsylvania vindt er landschap verandering plaats, maar is dit minder extensief dan landbouw. Wat sowieso duidelijk wordt is dat de schaliegas boorputten ruimtelijk meer verstorend zijn. En gezien ongeveer 2% van de totale schaliegas reserves ontwikkeld zijn, kunnen de landschapseffecten veel extensiever zijn dan verwacht. Het beheer op deze ruimtelijke schaal van verstoring moet regionaal of door meerdere provincies worden gepland, geeft Drohan aan in het rapport. Als de oorspronkelijke met de verstoorde bodems worden vergeleken, kan men voor de conventionele gas voor en na 1980 zien dat de boorvloer op het gebied van de koolstof, stikstof en fosfaat concentratie in de bodem, vergelijkbaar zijn. Als de oorspronkelijke met de verstoorte bodems worden vergeleken, kan men bij de conventionele gas voor en na 1980 zien dat de pijpleidingen vergelijkbare problemen veroorzaken, namelijk de verandering van de inzijsing in de bodem. Onconventionele boorvloeren hebben een lagere koolstof, stikstof en fosfaat concentratie in de bodem ten opzichte van de oorspronkelijke bodems. Dit komt vooral door het verliezen van de eerste 20 centimeter bij het plaatsen van de pijpleiding of het aanleggen van de boorvloer (Drohan P. D., 2013).

Nu de effecten op de bodems uitvoerig zijn beschreven, zal ik nu weer terug komen op de grindwegen en het verkeer dat daarover gaat en dan met name het vrachtverkeer. De vrachtwagens vervoeren de benodigde materialen en apparatuur voor het fracken, met inbegrip van water en chemicaliën. Daarnaast wordt het afvalwater uit aardgas operaties meestal verwijderd door tankwagens welke naar een stortplaats of naar een ander boorput gaan waar het afvalwater wordt geïnjecteerd. Het rapport van (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) geeft weer dat voor fracking operaties ongeveer 3.950 vrachtwagenritten per boorput nodig zijn tijdens de vroege ontwikkeling van de boorlocatie. “Een groot deel van het vrachtverkeer is geconcentreerd in de eerste 50 dagen na de ontwikkeling van de boorput. Vrachtverkeer kan worden verminderd met bijna 30% als pijpleidingen worden gebruikt om water tussen locaties te verplaatsen” (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Dit kan de grote stof wolken welke in het rapport van (Drohan & Brittingham, 2012) genoemd wordt verklaren. Dit zal ook het stof probleem kunnen verminderen, hoewel pijpleidingen andere zorgen met zich mee brengen, bijvoorbeeld, lekkage of de zo net genoemde problemen omtrent de bodem.

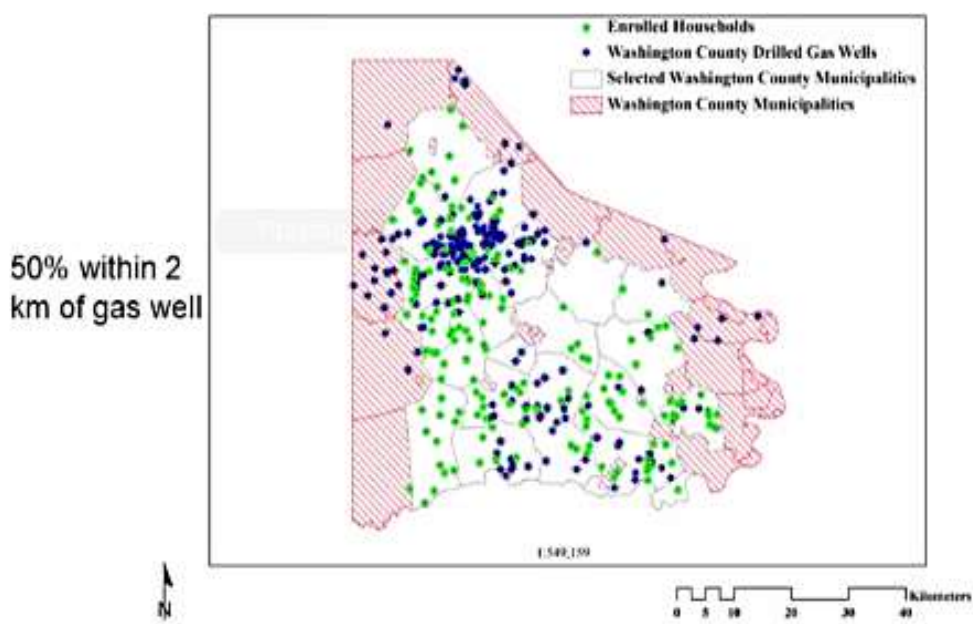


Figuur 74; Schaliegas gerelateerde vrachtverkeer in Pennsylvania, bron: (PALive365, 2011)

Behalve de eerder genoemde problemen zorgt de hoeveelheid aan vrachtverkeer voor een verscheidenheid aan sociale problemen en milieu problemen (zie figuur 74). In het rapport van (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) staat dat de toename van het verkeer in de regio voor geluidsoverlast en luchtverontreiniging heeft gezorgd. De vrachtwagens verhogen ook de slijtage en erosie op lokale wegen en de hoeveelheid aan vrachtwagens verhoogt het risico op morsen van het geproduceerde water en fracking vloeistof, die beide in het lokale oppervlakte- en grondwater systeem kunnen komen en deze kunnen vervuilen. “Tenslotte, omdat er zoveel nieuwe boortorens zich in landelijke locaties bevinden en nieuwe wegen moeten worden aangelegd om het vrachtverkeer tegemoet te komen, zorgt dit voor toenemende versnippering van habitats en de verstoring van de ecologie in de bosgebieden” (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) en (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). In sub paragraaf 3.3.6. Ecosysteem effecten wordt verder over de effecten van versnippering op het landschap in Pennsylvania ingegaan.

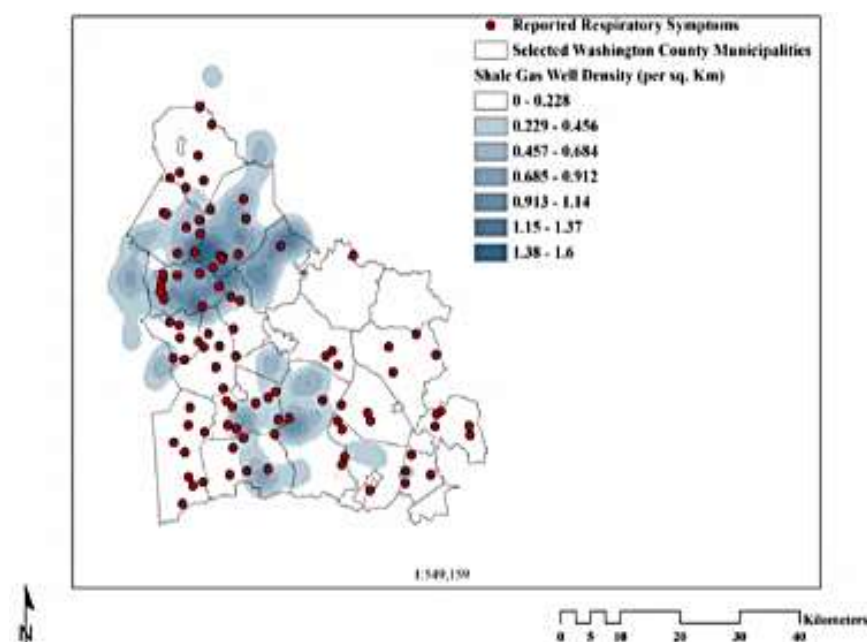
3.3.5. Gezondheidseffecten

Het rapport 'Hydraulic Fracturing and Water Resources: Separating the Frack from the Fiction' staat dat "Hoewel er meldingen van morsen en lekken in verband met hydraulische breken operaties zijn, wordt de nationale omvang van het probleem nog niet goed begrepen. Een recent rapport van Pennsylvania documenteerde een reeks van overtredingen in de Marcellus regio, veel van wat kan resulteren in lekkage van afvalwater in het oppervlaktewater, met inbegrip van 155 industriële lozingen van afval, 162 schendingen van afvalwater opstuwning en 212 niet werkende preventieve maatregelen tegen verontreiniging in de periode van 32 maanden vanaf januari 2008 tot augustus 2010" (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Nieuw onderzoek levert de documentatie van 24 gevallen in zes staten van ongunstige effecten op de mens, huisdieren, vee en wilde dieren in verband met aardgas, met inbegrip van morsen en lekken (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). Tenslotte staat in het rapport 'Hydraulic Fracturing and Water Resources: Separating the Frack from the Fiction' van het jaar 2012, dat er aanvullend onderzoek nodig is over de frequentie, de ernst, oorzaak en gevolgen van de lozingen in verband met fracking (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012). In 2013 zijn tijdens de conferentie in Pennsylvania op de Duquesne University, presentaties gegeven, waaronder één presentatie over de gezondheidseffecten welke betrekking hebben tot het boren naar en het winnen van schaliegas. De bromide bijproducten van desinfectiemiddelen welke ontstaan in de waterzuivering, kan voor gezondheidsproblemen zorgen en er zijn genoeg rapporten welke dit onderbouwen (Van Briesen, 2013) echter zijn van bromide en verscheidene andere chemicaliën zoals cadmium en chroom, barium, strontium, radium (226 en 228), chloor en radon geen concentraties bekend welke zich in het water bevinden welke door de mensen in Pennsylvania word verbruikt in bijvoorbeeld de douche of als gewoon drinkwater. Ondanks dat er concentraties bekend zijn van meerdere chemische verbindingen, zijn deze monsters genomen in het terugstromende water zelf. Deze concentraties zeggen echter niks over de concentratie waar de mensen in Pennsylvania mee geconfronteerd worden. De presentatie met de titel 'Health complaints, water quality indicators, and proximity to gas wells in Washington County PA' probeert hier een antwoord op te krijgen. Over gezondheidseffecten van hydraulische breken en onconventionele boren is voorafgaand aan het rapport 'Impacts of gas drilling on human and animal health' van (Bamberger, 2012) niet echt veel te vinden in de literatuur over de effecten op de gezondheid in algemeen. Bamberger vond effecten op de huid, de luchtwegen, wat maag- en darmproblemen, neurologische problemen en reproductieve problemen bij dieren (Rabinowitz, 2013).



Figuur 75; Het onderzoek gebied in Washington County met daarin de waterboorputten en schaliegas boorputten weergegeven, bron: (Rabinowitz, 2013)

In figuur 75 kan men een soort van clustering van boorputten (blauwe punten) zien in hoofdzakelijk het noordelijke gedeelte van het onderzoeksgebied. Nadat meerdere selectie criteria zijn doorlopen bleven van de 760 huishoudens 180 huishoudens (groene punten) over. Men kan zien dat een deel van de huishoudens zich zeer dicht bij een cluster van boorputten bevindt en dat sommige van hen zich verder weg bevinden. In het onderzoek zijn de huishoudens verder weg van gasputten als de controle groep gebruikt voor de degenen die dicht bij een cluster van gasputten bevond. De 180 huishoudens bestonden uit 494 individuen met 580 huisdieren en andere dieren zoals paarden en schapen (Rabinowitz, 2013). Van de dieren en mensen werd bij gehouden wat de medische gezondheidsproblemen waren in het jaar voor het onderzoek en hoever de huishoudens van een schaliegas boorput verwijderd zijn. Tegelijkertijd werden watermonsters genomen bij elk huis van het drinkwater en werd gekeken naar de pH, geleidbaarheid, BTEX (onder andere benzeen en tolueen) en de verscheidenheid aan verschillende andere elementen, waaronder metalen en ook organische verbindingen (Rabinowitz, 2013).



Figuur 76; Het onderzoek gebied in Washington County met daarin de dichtheid aan boorputten en problemen met de luchtwegen, bron: (Rabinowitz, 2013)

In figuur 76 is een analyse te zien van de menselijke luchtwegen gezondheidsklachten en de dichtheid van de putten. Rabinowitz zegt hierover “We zien een aantal signalen in onze data van verhoogde huidproblemen en een toename van sommige symptomen met betrekking tot de luchtwegen met de nabijheid van gas putten” (Rabinowitz, 2013).

Species Type	< 1 Km	1-2 Km	> 2 Km	All
Individuals-no. (%)	153	170	257	580
Cats	56 (37)	63 (37)	68 (26)	187 (32)
Dogs	58 (38)	72 (42)	109 (42)	239 (41)
Large livestock	23 (15)	25 (15)	39 (15)	87 (15)
Poultry	5 (3)	7 (4)	19 (7)	31 (5)
Other	11 (7)	3 (2)	22 (9)	36 (6)

Figuur 77; Huisdieren en hoefdieren in relatie tot de afstand tot boorputten, bron: (Rabinowitz, 2013)

Als het gaat om de dieren, toont figuur 77 de verdeling van diersoorten. Totaal zijn er 580 dieren, welke verdeeld zijn over de categorieën minder dan een kilometer van de dichtstbijzijnde gasboorput, 1-2 kilometer en meer dan 2 kilometer. Onder 'Large livestock' (vee) wordt in het rapport paarden en geiten en soortgelijke dieren verstaan (Rabinowitz, 2013).

Household/ Backyard Pets	Total N (%)	Skin N (%)	Eye N (%)	Gastro- intestinal N (%)	Musculo- skeletal N (%)	Neurological N (%)	Respiratory N (%)
Total	580	29 (5)	9 (2)	12 (2)	18 (3)	1 (0.2)	1 (0.2)
Dogs	239 (41)	17 (59)	4 (44)	11 (92)	16 (89)	0 (0)	1 (100)
Cats	186 (32)	4 (14)	1 (11)	1 (8)	2 (11)	1 (100)	0 (0)
Horse	70 (8)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Cattle/Cow	34 (6)	1 (3)	4 (44)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Donkey	3 (1)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Goat	10 (2)	2 (7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Sheep/ Llama	6 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Pigs	5 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Chicken/ Duck/ Rooster	27 (5)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Other	2 (0.3)	2 (7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Figuur 78; Huisdieren en hoefdieren per gezondheidsprobleem, bron: (Rabinowitz, 2013)

Als men kijkt naar de gemelde gezondheidsproblemen (zie figuur 78), valt op dat honden veel meer gezondheidsproblemen lijken te hebben, die opgemerkt zijn door de eigenaren. Het lijkt dat symptomen zoals huidproblemen, oogproblemen, gastro-intestinale, spier-, neurologische, bij honden meer voor komen. Bij de katten bijvoorbeeld lijkt het erop dat deze minder problemen ondervinden.

Symptoms	Under 2 Km N (%)	Over 2 Km N (%)
Skin	11 (65)	6 (35)
Eye	1 (25)	3 (75)
Gastrointestinal	7 (64)	4 (36)
Musculoskeletal	8 (50)	8 (50)
Neurological	0 (0)	0 (0)
Respiratory	1 (100)	0 (0)

Figuur 79; Honden per gezondheidsprobleem, bron: (Rabinowitz, 2013)

In figuur 79 is een vergelijking te zien van de honden die minder dan 2 kilometer van de dichtstbijzijnde boorput verwijderd zijn versus meer dan 2 kilometer van de dichtstbijzijnde boorput. Wat we zoeken hier, de aantallen kleiner en dan kijken we voor de echte statistische significantie.

Rabinowitz zegt: “We zien een verschil in het aantal gemelde gevallen tussen de honden die dicht bij de boorputten en die verder van de boorputten wonen, maar is dit niet statistisch significant, zodat het niet bewezen kan worden dat er een statistisch correlatie tussen het dicht bij een boorput zijn en symptomen bij de honden bestaat” (Rabinowitz, 2013).

Dog	Skin (n=15)	Eye (n=4)	GI (n=7)	Musculoskeletal (n=15)	Neurological (n=0)	Respiratory (n=1)
Human	n (% of dog cases)					
Skin (n=15)	3 (20)	1 (25)	0 (0)	1 (7)	0 (0)	0 (0)
Itchy Eyes (n=20)	7 (35) p=0.003	0 (0)	2 (10)	1 (5)	0 (0)	0 (0)
Gastrointestinal (n = 20)	2 (2)	1 (25)	2 (29)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Musculatory (n=65)	11 (73)	4 (100)	6 (86)	6 (40)	0 (0)	0 (0)
Neurological (n=47)	11 (73)	3 (75)	6 (86)	9 (60)	0 (0)	1 (100)
Respiratory (n=66)	11 (73)	1 (25)	4 (57)	9 (60)	0 (0)	0 (0)
Upper Respiratory (n=47)	10 (67) p=0.02	1 (25)	3 (43)	5 (33)	0 (0)	0 (0)
Heart (n = 66)	10 (67)	1 (25)	3 (43)	8 (53)	0 (0)	1 (100)

Agreement defined as at least one human and at least one dog in household with reported problem.

Figuur 80; Relatie tussen gezondheidsproblemen bij honden en mensen, bron: (Rabinowitz, 2013)

Een andere manier om hier naar te kijken, is om te zien of niet alleen dieren symptomen hebben maar ook een van de mensen in het huishouden deze symptomen hebben. Rabinowitz zegt hierover dat “Het begint een indicatie te geven dat er iets aan de hand is in de omgeving welke invloed heeft op zowel mens als dier. In figuur 80 is te zien bij ‘skin’, dus de irritatie van de huid van de hond, dat ook een significant aantal mensen in het zelfde huishouden oogproblemen (jeukende ogen) hebben. Als een hond huidproblemen had, hadden vaak mensen last van de luchtwegen. Er is hier een significante correlatie tussen de huishoudens waar de honden huidproblemen hadden en mensen klagen dat ze last hebben van de luchtwegen (bijvoorbeeld veelvoorkomende bloedneuzen, of kriebelende keel of iets dergelijks)” (Rabinowitz, 2013). De conclusies die Rabinowitz trekt na het gedane onderzoek zijn “Als we kijken naar de ruimtelijke verdeling van de boorputten en de gezondheidsproblemen, zien we niet een correlatie die statistisch significant is. We zien echter een verband tussen sommige honden huidklachten en menselijke bovenste luchtwegklachten” (Rabinowitz, 2013). In het rapport ‘Health complaints, water quality indicators, and proximity to gas wells in Washington County PA’ staat dat sommige van de effecten die behoren bij de winning van schaliegas van korte duur zijn en dat daarom extra onderzoek nodig is. Rabinowitz zegt hierop “We zijn nog bezig met het ontwikkelen van een Rapid Response Protocol om de gezondheidsproblemen beter te kunnen volgen. Vanwege de korte duur van de gezondheidseffecten, is een groot deel van de effecten op de gezondheid waarschijnlijk niet in het rapport opgenomen” (Rabinowitz, 2013).

Tenslotte is er redelijk recent nog onderzoek geweest naar de gezondheidseffecten van schaliegas activiteiten. Een universiteit in Colorado heeft met een studie geconcludeerd dat bepaalde aangeboren afwijkingen 30 procent vaker voorkomen bij moeders die in de buurt van schaliegas boorputten wonen. Het onderzoek, geleid door wetenschappers aan de Colorado School of Public Health zeiden dat moeders die binnen 10 mijl van de schaliegasbronnen in het landelijke Colorado woonden meer kans hadden op een geboortes van baby's met aangeboren hartafwijkingen. Het

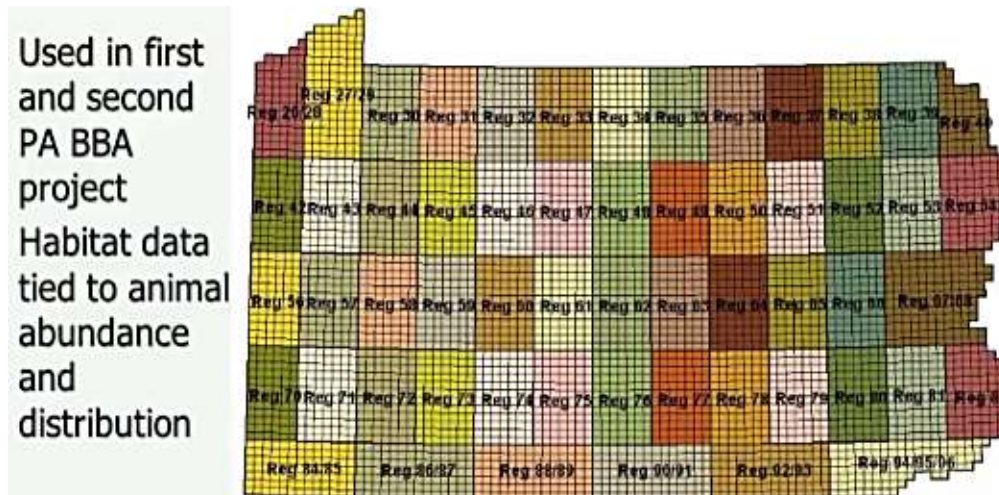
onderzoek heeft echter niet aangetoond dat het boren de oorzaak is. Net zo als het onderzoek van Rabinowitz is niet gekeken naar waar de personen zich bevinden tijdens het onderzoek. Er wordt van uit gegaan dat de moeders en de ongeboren of geboren baby, de hele dag thuis zijn. Ook werd geen rekening gehouden met eventuele verhuizingen of bijvoorbeeld andere activiteiten zoals iemand bezoeken in een ander gebied.

"De studie maakte gebruik van gegevens van het ministerie van volksgezondheid in Amerika (verslagen van 124.842 geboorten tussen 1996-2009). Chief Medical Officer Larry Wolk (Vergelijkbaar met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), waarschuwde in een lange verklaring dat mensen niet te snel moeten oordelen. De staatsambtenaar bekritiseerde het ontwerp van de studie en benadrukte de vele beperkingen. Inactieve schaliegas boorputten werden niet onderscheiden van actieve boorputten, ook hielden de bevindingen over de neurale buisdefecten geen rekening met factoren zoals prenatale zorg, drinken of roken. Boven op deze beperkingen, keek de studie alleen naar waar de moeders woonden op het ogenblik van hun baby's geboorte en hield geen rekening met vrouwen die zijn verhuisd na het eerste trimester, wanneer de meeste aangeboren afwijkingen optreden. Vele factoren zijn bekend welke leiden tot aangeboren afwijkingen, juist deze werden genegeerd in deze studie" (Joe Mahoney/I-News at Rocky Mountain PBS, 2014). In het artikel legt Davis een parallel met het begin van de discussie over sigaretten en de link met longkanker. Tabak bedrijven wezen op de onzekerheid van het koppelen van een complexe ziekte aan een enkele oorzaak. Davis zegt: "Hier, net als in het debat over tabak, is de inzet hoog. Er zijn nu 51.717 olie- en gasbronnen in het hele land, volgens een recente telling door de Colorado Oil and Gas Conservation Commissie. Voor een groeiend aantal mensen in Colorado, zijn de effecten van het boren op de lucht en water van lokale bezorgdheid" (Joe Mahoney/I-News at Rocky Mountain PBS, 2014).

De bevindingen in het rapport 'Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources' zijn dat een hoger percentage van aangeboren hartafwijkingen voorkomt in gebieden waar de dichtheid van de boorputten meer geconcentreerd is. Moeders die in de buurt van meer dan 125 putten per mijl zich bevinden hebben ongeveer 30 procent meer kans op een baby met een aangeboren hartafwijking dan moeders die bevallen in een gebied zonder boorputten. De onderzoekers wezen op de mogelijkheid van de blootstelling aan benzeen - een bekende bijproduct van boor- en andere luchtverontreinigende stoffen eerder gekoppeld worden aan aangeboren afwijkingen welke een mogelijke oorzaak kan zijn. Ook kwamen neurale buis defecten twee keer zo vaak voor in gebieden waar een hoge dichtheid aan boorputten aanwezig is. Hoofdauteur Lisa McKenzie waarschuwt echter dat hier geen voorbarige conclusies gemaakt kunnen worden. Neurale buis defecten zijn namelijk zeer zeldzaam en slechts 59 werden waargenomen in de gehele periode dat onderzocht werd (13 jaar). De onderzoekers bekeken ook palato-/cheiloschisis en voortijdige bevallingen of een lage geboortegewicht bij baby's. Ze vonden echter alleen een onverklaarbare en zeer kleine associatie in de andere richting; vrouwen die leven in de buurt van putten hadden iets minder kans op een voortijdige of een baby met een te laag gewicht. In de studie zelf werd al een lange lijst van erkende beperkingen in de beschikbare gegevens weergegeven, waaronder veel van dezelfde kanttekeningen benadrukt door het ministerie van volksgezondheid in Amerika (McKenzie, et al., 2014). David Savitz, een Brown University epidemioloog zegt: "Ik deel veel van de zorgen. Het is zeker niet een sluitend onderzoek en het blijkt niet dat de verontreinigingen veroorzaakt door de schaliegas ontwikkeling geboortefwijkingen veroorzaakt hebben." (Joe Mahoney/I-News at Rocky Mountain PBS, 2014). Er is amper goed onderzoek geweest naar de gezondheidseffecten omtrent schaliegas. Het is al wel bekend welke chemicaliën gebruikt worden in het fracking vloeistof en welke chemicaliën mee naar het oppervlak stromen in het zoute grondwater en wat de concentraties zijn van dit water. Echter is het nog niet bekend wat de concentratie aan chemicaliën in het drinkwater er gewonnen wordt uit ondiepe watervoerende pakketten. Ook houden de onderzoeken die uitgevoerd zijn, geen rekening met het feit dat de moeders of andere bewoners zich niet jaren lang op een locatie bevinden. Hierdoor is niet te zeggen welke effecten de gebruikte chemicaliën zullen hebben op de gezondheid en in welke mate dit tot effecten leidt.

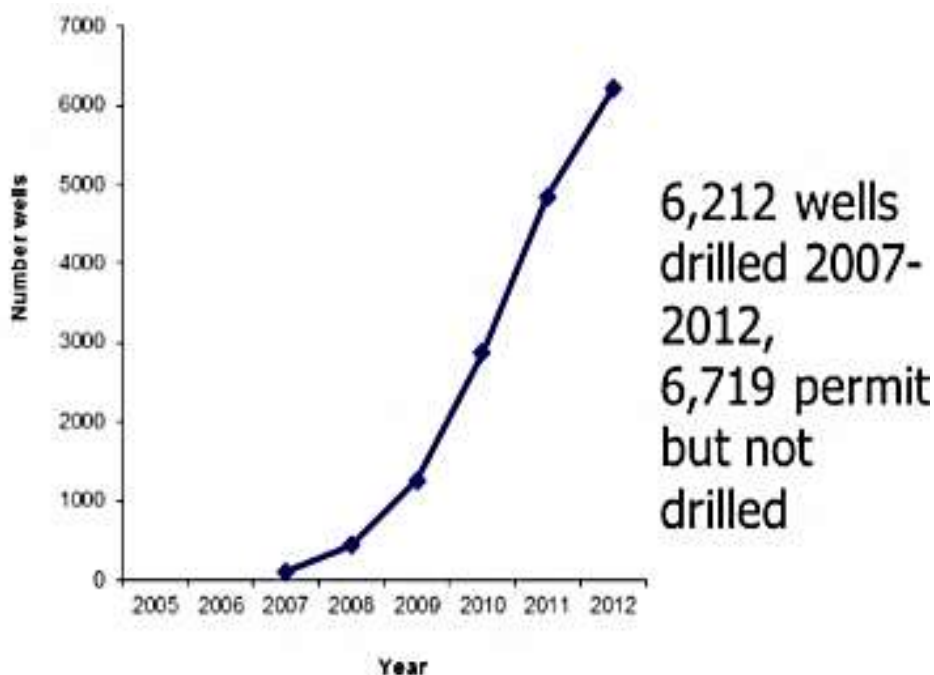
3.3.6. Ecosysteem effecten

In het rapport 'The effects of shale gas development on forest landscapes and ecosystems' zijn de landschap veranderingen beschreven met behulp van een GIS analyse. Men heeft hiervoor de gegevens gebruikt van de DEP over de afgegeven vergunningen en de al geboorde boorputten. Ook is er gebruik gemaakt van de Natural Gas Wells Geodatabase van Whitacre. Omdat het om een GIS analyse gaat is er eerst een kaart gemaakt met daarin de hoeveelheid broedvogels per habitat gebied, verdeeld per een gebied welke 2590 hectare groot is (zie figuur 83). In deze gebieden moest men echter eerst de aantallen broedvogels monitoren (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).

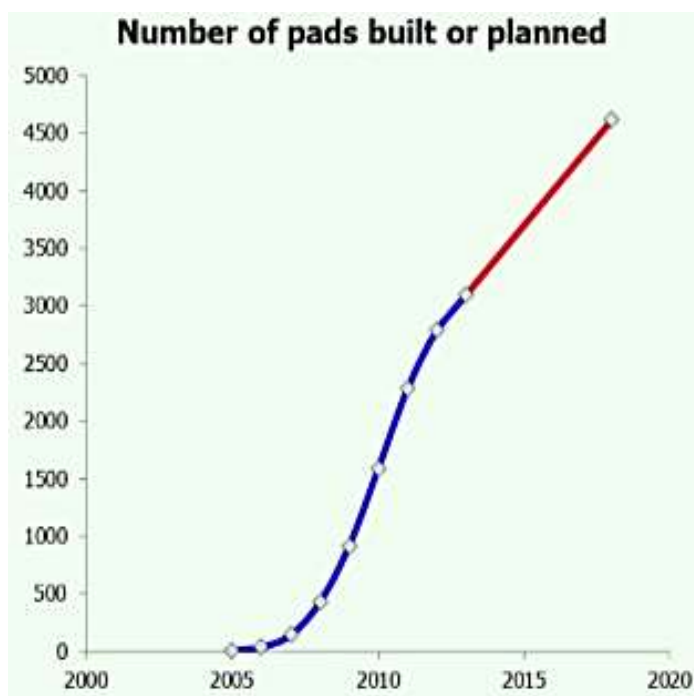


Figuur 83; Habitat gegevens, Pennsylvania, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

Als men naar figuur 84 kijkt, dan kan men zien dat het totale aantal boorputten in Pennsylvania exponentieel toe neemt. Er zijn 6212 boringen tussen 2007 en 2012 verricht. En er waren daarna nog 6719 vergunningen gegeven voor boorputten die nog niet waren geboord. Het is echter nog onbekend hoe deze toename aan boorputten in het jaar 2013 verlopen is.



Figuur 84; Aantal boorputten in Pennsylvania, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)



Figuur 85; Aantal boorvloeren in Pennsylvania, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

“Echter is het aantal boorputten niet een goede indicatie voor landschap verandering. Het aantal boorvloeren welke ontwikkeld worden of zijn is een betere indicatie hiervoor” (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). In Pennsylvania zijn er in totaal 3097 boorvloeren die gebouwd zijn tussen 2005 en 2013 en er zijn nog steeds 1520 boorvloeren gepland (zie figuur 85). “Bij het winnen van schaliegas worden meerdere boorputten per boorvloer geboord, vaak tussen 1-15 of zelfs meer boorputten. In Pennsylvania is het gemiddelde aantal boorputten per boorvloer 2,3. Wanneer het aantal geplande boorvloeren en geplande aantal boorputten hier aan word toegevoegd wordt dit gemiddelde ongeveer 2,8” (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Om de fragmentatie van het landschap te kunnen bepalen moet eerst bepaald worden, waar de boorvloeren zich bevinden. Als men dan kijkt in het rapport ‘The effects of shale gas development on forest landscapes and ecosystems’ kan men zien dat 40% van de boorvloeren in Pennsylvania zich op landbouwgrond bevinden en 59% van de boorvloeren in bosgebieden.

Hoewel er meer boorvloeren zijn op het bosgrond van Pennsylvania, is de snelheid waarmee het landbouwgrond wordt omgezet in boorvloeren meer dan twee keer zo hoog. Men ziet in Pennsylvania dat er 1 hectare bosgrond wordt omgezet naar een boorvloer, per 500 hectare bosgrond. Als men kijkt naar landbouwgrond, wordt er 1 hectare van de landbouwgrond omgezet naar een boorvloer per 200 ha landbouwgrond (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). “De belangrijkste reden dat dit gebeurt is, omdat het gemakkelijker is om een boorvloer en de boorput in een landbouwgrond te bouwen. Het verschil in snelheid is in het rapport ‘The effects of shale gas development on forest landscapes and ecosystems’ ook statistisch onderzocht met als uitkomst dat er een significant verschil is tussen de snelheid waarmee landbouwgronden worden omgezet ten opzichte van de bosgronden ($t = -7,16$, $p < 0,0001$) (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).

“De overlap tussen de kern gebieden in het bos en de Marcellus schalie reservoir resulteert in een hoge kwetsbaarheid voor dit habitat. De kerngebieden van het boshabitat in Pennsylvania heeft een hoge ecologische waarde en is vooral belangrijk voor de in het gebied gevoelige zangvogels. Een van de grootste problemen is dat het hout in deze gebieden gehakt worden, wat de bodembedekking rond de rivieren en waterwegen zeer veranderd. Het bos is zeer belangrijk voor de waterkwaliteit omdat het bos functioneert als een levende filter welke het water zuivert” (Brittingham, Drohan, &

Bishop, 2013). In Pennsylvania is er in de kern bosgebieden een grootte biodiversiteit, die nu in gevaar is. De kern bosgebieden zijn namelijk van belang voor trekvogels. Deze trekvogels zijn afhankelijk van de insecten die beschikbaar zijn in het bos.

Het gaat hier om vogels zoals de geelstuitzanger (*Setophaga coronata* s.l.), grijze zwartkeelzanger (*Setophaga nigrescens*), gele zwartkeelzanger (*Setophaga virens*), bonte zanger (*Mniotilta varia*), geelborstzanger (*Icteria virens*), rosse spotlijster (*Toxostoma rufum*), grijswangdwerglijster (*Catharus minimus*), heremietlijster (*Catharus guttatus*) en tenslotte de Amerikaanse boslijster (*Hylocichla mustelina*). Elk van deze soorten komt in dit habitat voor in kleine niches. De vogels zorgen hierdoor dat het ecologisch evenwicht in het bos behouden wordt. In Pennsylvania hebben deze gebieden ook een hoge recreatieve waarde in verband met de beboste gebieden en de voorkomende soorten (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Om iets over schalie gas winning te kunnen zeggen in beboste gebieden, moet men ook kijken naar de conventionele winning van gas.

Als je kijkt naar de verschillen tussen conventioneel (ondiepe boorputten) en onconventionele (diepe boorputten) gas winning, is het ontwikkelingspatroon anders. Met de ondiepe boorputten heb je een hoge dichtheid aan kleine boorputten, welke zich vaak heel dicht bij elkaar bevinden. Bij een ondiepe boorput gebeurt er net genoeg ontbossing om de boorinstallatie in het gebied te krijgen. Daarna groeit in deze gebieden de vegetatie weer terug en is er veel jonge vegetatie zoals jonge bomen te vinden. Bij schalie gas boorvloeren, lijkt dit veel meer op een industrieel gebied. Het is namelijk bedekt met stenen om het zware materieel te kunnen dragen (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Het patroon ziet er hier dus heel anders uit (zie figuur 86).



Figuur 86; Verschil tussen conventionele en onconventionele gaswinning qua landgebruik, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)



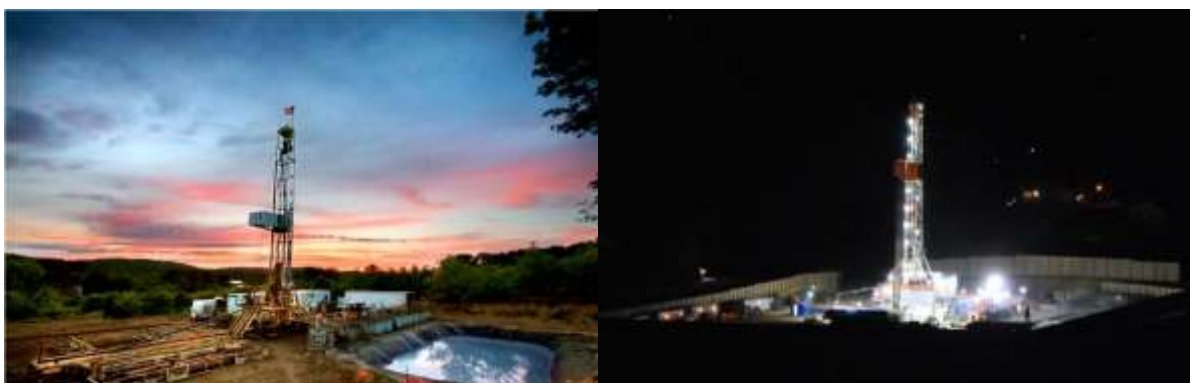
Figuur 87; Verschil tussen conventionele en onconventionele gaswinning qua weggebruik, Pennsylvania, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

Op de linker foto (zie figuur 87) is een weg naar een ondiepe conventionele boorput te zien. Op de foto's rechts zijn twee wegen te zien welke naar een diepe onconventionele boorput leidt. De reden voor het aanleggen van de wegen heeft voornamelijk te maken met de hoeveelheid aan apparatuur en het gewicht welke vervoert moet worden. Echter is het niet mogelijk om de twee verschillende soorten boorvloeren en wegen met elkaar te vergelijken, juist door het drastisch anders zijn van het patroon. Als men kijkt naar de schaliegas boorvloeren (zie figuur 88) word er eerst een gebied voorbereid, door het gebied in het geval van Pennsylvania te ontbossen. Daarna zal het gebied waar de boorvloer zal komen gestabiliseerd worden met grind en stenen. De volgende stap zal dan zijn om plastic isolatie materiaal aan te leggen, dit ter bescherming tegen morsen. "Als echter uit habitat oogpunt naar de boorvloer wordt gekeken is dit geen habitat, maar een leeg gebied" (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Tenslotte kan men over de vijvers/waterbekkens zeggen dat dit in Pennsylvania langzaam aan verandert. Brittingham zegt: "Drie jaar geleden was het meer gebruikelijk om een waterbekken te hebben, maar dit komt nu veel minder vaak voor. Wat men nu doet is om het water met pijpleidingen naar het gebied te laten stromen" (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).



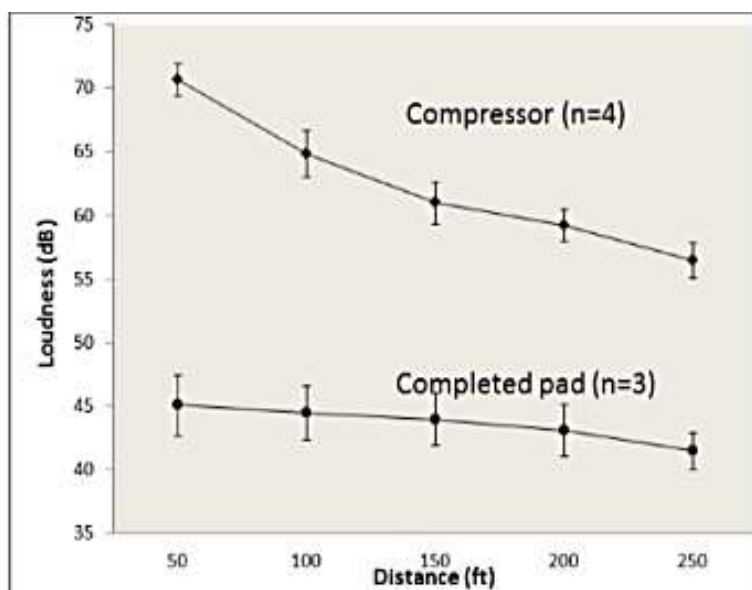
Figuur 88; Boorvloeren te Pennsylvania, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

De voetafdruk van de boorvloer zelf en de verstoring welke deze met zich mee brengt, beslaat gemiddeld 2,7 hectare, met een brede range van 0,1 tot 19 hectare afhankelijk van het feit of er een waterbekken wordt gebruikt of niet bij de boor activiteiten. De verstoring waar hier over gepraat wordt, houdt in principe de seismische testen in, in combinatie met de verstoring welke veroorzaakt wordt door versnippering door de wegen en pijpleidingen welke zijn aangelegd. Behalve deze meer langdurige verstoring kunnen ook geluidsoverlast en overlast door de gebruikte belichting (zie figuur 89) lokaal effecten hebben op gebieden, dit leidt echter waarschijnlijk niet op lange termijn tot problemen (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).



Figuur 89; Boortorens in Pennsylvania (dag en nacht), bron: (Marcellus-Shale.us, 2014) en (Schneider & Ramsey, 2010)

Als je kijkt naar schaliegas activiteiten zijn de compressoren een bron van geluidsoverlast op lange termijn. In het onderzoek van (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013) ging men naar voltooide boorvloeren toe en naar de boorvloeren met de al geïnstalleerde compressoren. Op horizontale as van de grafiek (zie figuur 90) kan men de afstand zien ten opzichte van de geluidsbron en op de verticale as is het aantal decibel te zien. Een 10-voudige toename in decibels, klinkt voor een persoon als een verdubbeling van het geluidsniveau. De impact van het geluid is afhankelijk van hoeveel geluidsbronnen er aanwezig zijn op lange termijn. Het geluidsniveau op de voltooide boorvloer is tussen de 40 en 50 decibel, wat vergelijkbaar is met continu gefluister. Het geluidsniveau van de compressor is eerst 70 decibel (vergelijkbaar met een stofzuiger) en neemt daarna af tot 60 decibel (vergelijkbaar met een gesprek op 1m) (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013) en (Gaeremyn, 2012).



Figuur 90; Geluid geproduceerd door booractiviteiten, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

Wat men uit het onderzoek van (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013) kan concluderen is en wat ook door Brittingham zelf gezegd wordt is dat habitat fragmentatie in Pennsylvania het gevolg is van gasexploratie en ontwikkeling en dat dit een primair probleem vormt. Het zorgt namelijk voor de wijziging in samenstelling van de habitats en veranderingen in de hoeveelheid van bepaalde soorten. Ook helpt het de verspreiding van invasieve soorten in het bosgebied. De fragmentatie is eigenlijk gewoon de verstoring van de gevoelige habitats (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Als men naar de oorzaak van de verstoring kijkt wordt 65% van de verstoring veroorzaakt door pijpleidingen en alleen 35% door de boorvloeren en geassocieerde gebieden. Tenslotte kan gezegd worden dat de schaliegas activiteiten negatieve effecten op de biodiversiteit en het ecosysteem in Pennsylvania hebben.

Group	Estimate $\pm$ SE	Z	P
Synanthropic	2.26 $\pm$ 0.52	4.30	<0.001
Forest interior	-0.55 $\pm$ 0.35	-1.59	0.11
Early successional	0.91 $\pm$ 0.52	1.59	0.11

Figuur 91; Verschil in dichtheid van soorten voor en na schaliegas activiteiten, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

Een van de redenen dat de oorspronkelijke soorten in hun aantal licht afnemen is vanwege de synantrope soorten (lid van een soort van wilde dieren en planten van verschillende soorten die in de buurt wonen en profiteren van mensen en de kunstmatige habitats die mensen creëren) die zich bewegen richting de bosgebieden. Deze afname is een trend, maar is echter niet significant. De synantrope soorten nemen in aantal toe, deze verhoging is niet alleen een trend, maar ook statistisch significant (zie figuur 91). Tussen de vroege successie soorten is geen statistisch verschil te zien. Brittingham zegt echter dat op de grote schaal waarop het onderzoek gedaan is, de gegevens zeer algemeen zijn en dat dus niet veranderingen in kleine gebieden snel worden ontdekt. Wat wel gezegd kan worden is dat de synantrope soorten het bosgebied in gaan en dat het aantal zangvogels lokale dalingen toont, maar is dit niet op grote schaal zichtbaar (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).

Een van de belangrijkste redenen voor de daling van het aantal zangvogels komt door concurrentie en predatie door synantrope soorten zoals de bruinkopkoevogel (*Molothrus ater*) en de blauwe gaai (*Cyanocitta cristata*). Brittingham voorspeld in het rapport 'The effects of shale gas development on forest landscapes and ecosystems' dat het aantal zangvogels in het bosgebied zullen blijven dalen, als de schaliegas ontwikkeling door blijft gaan op de manier waarop het tot nu toe is gegaan. Een goed voorbeeld is de zwartvleugel tangare (*Piranga olivacea*), waarvan de abundantie in het bosgebied na de ontwikkeling van de schaliegas boorvloeren en schalie gas activiteiten drastisch achteruit is gegaan ($Z = -2.5$, $p < 0.01$) (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).

Wat men kan concluderen is dat zowel bos en landbouwgrond in Pennsylvania worden omgezet in gebieden met schaliegas activiteit. In het bos is er een duidelijk verlies van de kern bosgebieden meetbaar (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Brittingham zegt: "Nu hebben we nog een groot percentage van deze soorten in het bos, de vogelpopulaties zijn nog steeds hoog in aantal, maar als dit zo doorgaat met dit tempo, want we verloren 9% van de populatie aan soorten alleen kijkend naar de boorvloer als indicator, zal dit een belangrijk probleem vormen voor dit gebied" (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Als men in het onderzoek kijkt naar de effecten van schaliegas op het ecosysteem, dan is er niet veel onderzoek naar gedaan, echter het onderzoek welke verricht is, laat wel een duidelijk beeld zien welke effecten het heeft. In het rapport 'Landscape

Consequences of Natural Gas Extraction in Bradford and Washington Counties, Pennsylvania, 2004–2010' wordt vermeld dat "versnippering van bos en habitat een primair probleem is als gevolg van de huidige gas ontwikkeling in Pennsylvania. Habitatversnippering treedt op wanneer grote gebieden natuurlijk landschap wordt doorsneden en onderverdeeld door andere, meestal antropogene vormen van landgebruik waardoor kleinere gebieden ontstaan welke een verminderd vermogen hebben om levensvatbare populaties van individuele soorten te ondersteunen (Slonecker, et al., 2012).

Hoewel veel menselijke en natuurlijke activiteiten leiden tot versnippering van habitats, kan gas exploratie en ontwikkeling extreem zijn in hun effect op het landschap. Tal van secundaire wegen en netwerken van pijpleidingen kriskras door het gebied onderverdelen de habitats. Landschap verstoring geassocieerd met de ontwikkeling van schaliegas infrastructuur verandert direct het leefgebied door verlies van bosgebied en fragmentatie daarvan, die op zijn beurt de flora en fauna afhankelijk van die habitat verandert.



Figuur 92; Habitatfragmentatie door schaliegas activiteiten, Pennsylvania, bron: (DCNR, 2012)

Habitatfragmentatie (zie figuur 92) verandert het landschap door een mozaïek van ruimtelijk verschillende habitats van oorspronkelijk een aaneengesloten habitat. Versnippering leidt daardoor doorgaans tot nadelige gevolgen voor flora en fauna, als gevolg verhoogde sterfte van individuen in de kleinere gebieden en een verminderde draagvermogen van het totale gebied voor de lokale populaties (Slonecker, et al., 2012).

"Een recente analyse van Marcellus boorputten in Pennsylvania liet zien dat boorputten, boorvloeren en de bijbehorende infrastructuur (wegen, waterbekkens en pijpleidingen) een gebied vereist van bijna 3,6 hectare per boorvloer met een extra 8,5 hectare verstoord gebied (Johnson, 2010). Dit type van uitgebreide en langdurige leefgebied verandering heeft een grotere impact op de natuurlijke ecosystemen dan activiteiten zoals houtkap of landbouw (Marzluff & Ewing, 2001).

3.3.7. De buitenlandse effecten samengevat

De meest opvallende gegevens welke uit de resultaten naar voren zijn gekomen, zijn dat elke boorput gemiddeld 18 miljoen liter water verbruikt per put voor het fracken en de afwerking van de boorput. In 2011 maakte fracking 0,1 procent van de totale Amerikaanse zoetwater onttrekkingen uit. Echter wordt het meeste van het water dat wordt gebruikt in fracking van schalie voorgoed verbruikt - ongeveer 80 procent van de fracking water blijft zitten in de schalie reservoir, terwijl ongeveer 20 procent terug stroomt als verontreinigd afvalwater. De US EPA meldt dat het fracken tussen de 8.7 miljoen en 14 miljoen liter water vereist per boorput (U.S. Department of Energy, 2013). Een extra 151.000 – 3.700.000 liter water is nodig om de boorput te boren (GWPC and ALL Consulting, 2009). “Aanzienlijk meer water is nodig dan voor conventionele gasputten omdat de schaliegas boorputten dieper zijn” (U.S. Department of Energy, 2013). Als men dan kijkt hoe het waterverbruik zich verhoudt met andere energie bronnen, is het nuttig om te kijken hoeveel water verbruikt wordt per energie welke verkregen wordt. Een gemiddelde schaliegas boorput verbruikt 1,3 miljoen gallons/MMBTU verbruikt. Het verbruik is minimaal 13 liters per Megawatt uur en maximaal 19,5 liters per Megawatt uur. Ondanks dat er miljoenen gallons worden gebruikt, waarbij het meeste bij het fracken wordt gebruikt, is het waterverbruik in liters per Megawatt uur lager dan bij de meeste andere energiebronnen.

Het volgende onderdeel ging over de boorput integriteit, hier was de conclusie hoofdzakelijk dat behuizing (casing) problemen voor de lekken zorgen. Leckage vanuit de reservoir door een breuk lijn direct naar een drinkwater reservoir is echter onwaarschijnlijk. Van de gloednieuwe boorputten waren 5% al lek. Als boorput leeftijd stijgt, gaat ook de mate van lekkage omhoog. Tegen de tijd dat boorputten, rijp zijn (offshore putten in de Golf van Mexico rijpen bijvoorbeeld na 15 - 25 jaar), hebben een zeer aanzienlijk percentage van de boorputten een of andere vorm van verlies van boorput integriteit en zijn dus lek. De conclusie die Ingraffea uiteindelijk maakte luidt als volgt; Tenminste 13% van alle olie en gas boorputten welke geboord zijn zal lekkage problemen ondervinden. Ten tweede zal tenminste 45% van de onconventionele boorputten gaan lekken. En tenslotte zullen onconventionele boorputten geboord na 2009 eerder en bij een hoger percentage problemen hebben met lekkage dan boorputten geboord voor 2009. Ook neigen Schaliegas boorputten eerder problemen te vertonen met betrekking tot lekkage van de behuizing dan conventionele boorputten. De hoofdreden voor het lekken van de boorputten is dat de boorput corrodeert (George E King Consulting Inc., 2013). De hoofdoorzaken voor corrosie van de productieleidingen en behuizing zijn; H₂S (zuur gas met ijzersulfide als bijproduct), CO₂ (Hoofdoorzaak van de corrosie door geproduceerd gas), O₂ (Hoofdoorzaak van corrosie in het algemeen), Bacteriën (bijproducten en geproduceerd zuur).

De hoeveelheid afval is enorm. De schaliegas industrie in Pennsylvania produceerde een gerapporteerde hoeveelheid van totaal 1.454 miljoen liter toxisch afval, afkomstig van hydraulisch fracken binnen Pennsylvania in de eerste zes maand van 2012. Chemische stoffen welke verwacht worden in het afvalwater zijn olie en vet, Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Barium, Beryllium, Strontium, Radium (226 en 228), Arseen, Nitriet, Nitraat, Ammonia, Ethyleen Glycol, Tolueen, Benzeen, Chloor, Bromide, Radon, Thorium, Uranium, Boor, Aluminium, Lood, IJzer, Kobalt, Nikkel, Koper, Zilver, Cadmium, Zink, Kwik, Mangaan, Chroom en Molybdeen (Ziemkiewicz, 2014). Er worden bij het fracken ook chemicaliën gebruikt zoals naftaleen, diesel, zoutzuur en vele andere chemicaliën zoals 2-butoxyethanol, welke ook weer mee naar het oppervlak stromen. De concentraties van de volgende chemicaliën zijn in het afvalwater te hoog; chloride, droge stof gehalte, sulfaat, bromide, barium, strontium, radium 226 en 228, arseen, boor, ijzer, seleen, TDS gehalte, natrium, fluoride, totaal gehalte aan oliën en vetten en de benzeen concentratie.

Er werd echter nog geen bewijs gevonden voor verontreiniging van de ondiepe drinkwaterbronnen bij actieve boorlocaties door het diepe zoute grondwater of door fracking vloeistof. In het oppervlakte water is wel aangetoond dat de bromide concentratie na 200 meter nog veel te hoog is. De concentratie is namelijk 70 mg/l bij bromide en mag maximaal 0,01 mg/l bedragen.

De uiteindelijke conclusie van het rapport 'Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems' luidt dat als men kijkt naar de verschillen tussen de gebieden met en zonder schaliegas activiteit, er geen verschillen te zien zijn in de biodiversiteit van vissen en macrofauna door de verandering in concentraties van de gemeten chemicaliën. Er zijn wel verschillen te zien in de bacterie kolonies in de gebieden met schaliegas activiteiten. Ook is behalve de totale kwik concentratie de opgeloste organische koolstof concentratie significant hoger in de gebieden met schaliegas activiteiten. Het is duidelijk te zien in onder andere vis dat bio accumulatie plaatsvindt van kwik. Er moet wel gezegd worden dat alleen chloride, bromide en kwik in het rapport onderzocht zijn in het oppervlakte water. Dit zijn echter maar een paar van de aanwezige verontreinigingen.

Wat men kan concluderen over de landschap effecten is dat als geheel heeft het fracking proces een zeer unieke grondstofwinning voetafdruk, in vergelijking met de andere types van grondstofwinning. Gemiddeld gezien is er 12 hectare verstoord land voor elke boorvloer welke gebouwd wordt. De range ligt tussen de 5 tot 20 hectare (Drohan P. D., 2013). In Pennsylvania zijn er 6000 tot 15.000 boorvloeren, wat dus als resultaat heeft, een verstoord gebied van maximaal 300.000 hectare. Dat is een gebied van ongeveer 240 voetbalvelden (1 voetbalveld is 7,140 m²) groot. Door het gebruik van grind voor de wegen welke naar de boorinstallaties gaan wordt in feite kalk in de bos gebieden van Pennsylvania gestrooid. Het stof afkomstig van de grind verlaagt namelijk de pH van de bodem en dit maakt het moeilijker voor de inheemse soorten om te concurreren ten gunste van de invasieve soorten. Ook de groei van de wortels worden door de pijpleidingen en boorvloeren belemmerd. Infiltratie in de bodem is door de hogere bodemdichtheid (samenpersen van de bodem) slecht.

Als men kijkt naar de gezondheidseffecten met betrekking tot schaliegas is er amper onderzoek geweest. Bijvoorbeeld van de bromide bijproducten van desinfectiemiddelen welke ontstaan in de waterzuivering, kunnen gezondheidsproblemen worden veroorzaakt en er zijn genoeg rapporten welke dit onderbouwen (Van Briesen, 2013) echter zijn van bromide en verscheidene andere chemicaliën zoals cadmium en chroom, barium, strontium, radium (226 en 228), chloor en radon geen concentraties bekend. Bamberger vond echter effecten op de huid, de luchtwegen, maag -en darmproblemen, neurologische problemen en reproductieve problemen bij dieren (Rabinowitz, 2013). Dit onderzoek was echter niet uitgebreid genoeg om iets over de effecten te kunnen zeggen.

Een ander opvallend gegeven is dat in Pennsylvania vaak tussen 1-15 of zelfs meer boorputten per boorvloer aanwezig zijn. In Pennsylvania is het gemiddelde aantal boorputten per boorvloer 2,3. Wanneer het aantal geplande boorvloeren en geplande aantal boorputten hier aan word toegevoegd wordt dit gemiddelde ongeveer 2,8" (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Tenslotte kan gezegd worden dat de schaliegas activiteiten negatieve effecten op de biodiversiteit en het ecosysteem in Pennsylvania hebben. Een van de belangrijkste redenen voor de daling van bijvoorbeeld het aantal zangvogels is de concurrentie en predatie door synantropen soorten welke profiteren van de nieuwe gebieden ontstaan door de schaliegas activiteiten. Al met al zijn de effecten van schaliegas op het landschap behoorlijk.

3.4. Wat wordt er verstaan onder de Nederlandse leefomgeving

Onder de Nederlandse leefomgeving wordt in dit rapport, gebaseerd op de gevonden gegevens over de effecten in de buitenlandse situatie, verstaan; de geologie van een gebied, de hydrologie (waaronder drinkwater winning), het landgebruik en oppervlaktewater kwaliteit.

De Nederlandse ondergrond

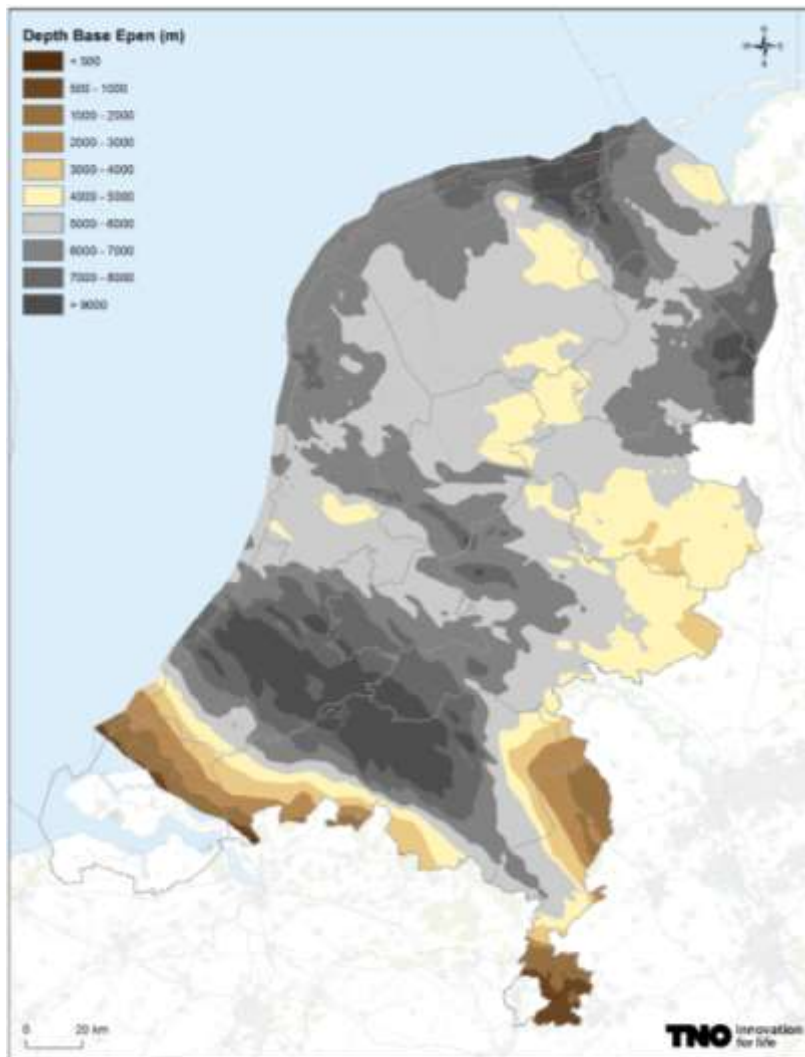
De gesteenten van de aardkorst vormen in letterlijke zin de basis van het landschap. De bodem levert het materiaal waarop de morfologische en bodemkundige processen plaatsvinden. Kennis van de opbouw van de diepere ondergrond is nodig om hydrologie te kunnen begrijpen. De vier bodemkundige hoofdlandschappen van Nederland zijn;

- Het pleistocene landschap (zand- en leemgronden)
- Het rivierenlandschap (rivierkleigronden)
- Het kust- en zeekleilandschap (zeekleigronden)
- Het veenlandschap (veengronden)



Figuur 93; Grondsoorten in Nederland (algemene classificering), bron: (Kamphuis, 2012)

Als men naar Nederland kijkt (zie figuur 93) is Nederland geologisch gesproken grotendeels een dalingsgebied die in de loop van de tijd vanaf verschillende kanten sediment ontving. De daling van het Noordzeebekken waar Nederland op ligt is nauw verwant aan de vorming van de Alpen en het van elkaar bewegen van de continenten Europa en Noord-Amerika. De daling veroorzaakt door het Noordzeebekken wordt gelijktijdig gevuld door een pakket van sediment dat maximaal een dikte van ongeveer 3500 meter heeft. Aan de rand van het Noordzeebekken (Duitsland en Frankrijk) is dit pakket dunner.



Figuur 94; Schaliegas in Nederland, Epen formatie, bron: (TNO, 2013)

Voor het geohydrologische systeem in Nederland is gezien in de tijd, het Quartair het belangrijkste. Sedimenten van periodes ouder dan het Quartair worden slechts in Zuid-Limburg aan het oppervlak gevonden en bevinden zich in de rest van Nederland in de diepere ondergrond. Steenkool welke in het Carboon gevormd werd uit veen eenmaal aan de oppervlakte dus, bevindt zich onder Leeuwarden en Groningen vandaag op een diepte van 2 tot 3 kilometer onder het oppervlakte. In Zuid-Limburg bevindt zich het steenkool veel ondieper. De Epen schalie formatie zit op een diepte van ongeveer 500 meter (Limburg en Zeeland) tot 9 kilometer onder het oppervlakte (zie figuur 94). De reden voor het ondieper zijn van het steenkool en schaliegas is hoofdzakelijk doordat hier minder materiaal boven de oudere bestaande lagen aanwezig is. In het noorden van Nederland in Groningen bijvoorbeeld bevindt zich deze laag veel dieper (tussen de 4 en 8 kilometer).

Als men kijkt naar de Posidonia schalie formatie komt deze formatie veel minder vaak voor in Nederland. Er zijn alleen een paar gebieden in het noorden, midden en oosten van Nederland aanwezig. Het meeste hiervan is aanwezig in het zuiden van Nederland (Zuid-Holland en Noord-Brabant) (zie figuur 95).

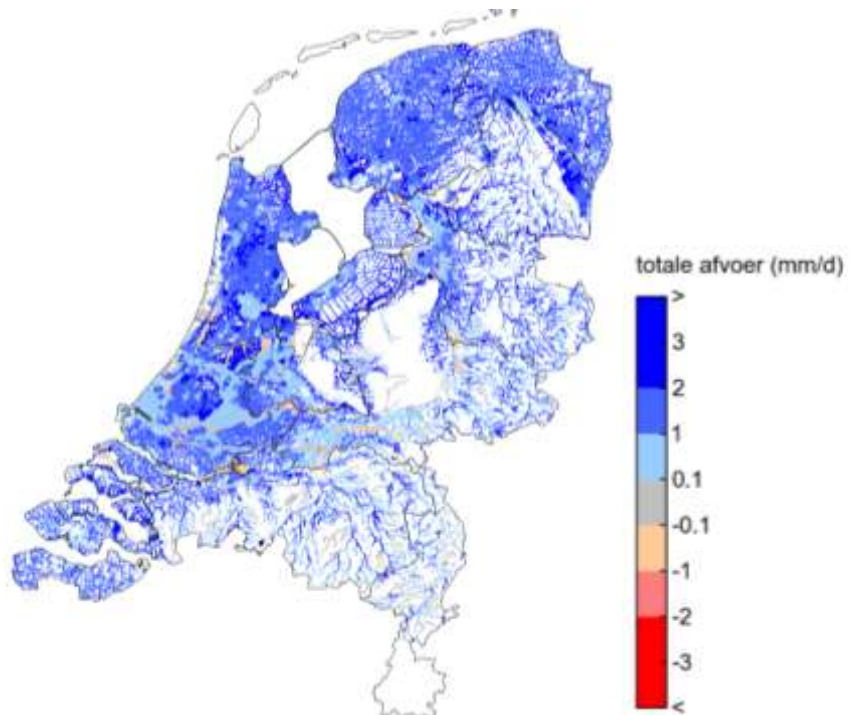


Figuur 95; Schaliegas in Nederland, Posidonia formatie, bron: (TNO, 2013)

De geologie van Nederland vormt samen met de hydrologie het hoofd onderdeel van de Nederlandse leefomgeving binnen dit onderzoek. Dit is hoofdzakelijk het geval omdat het boren en winnen van schaliegas in de bodem plaatsvindt en ook de effecten op het grondwater vindt hierin plaats. In het volgende onderdeel zal dan ook eerst de hydrologie behandeld worden.

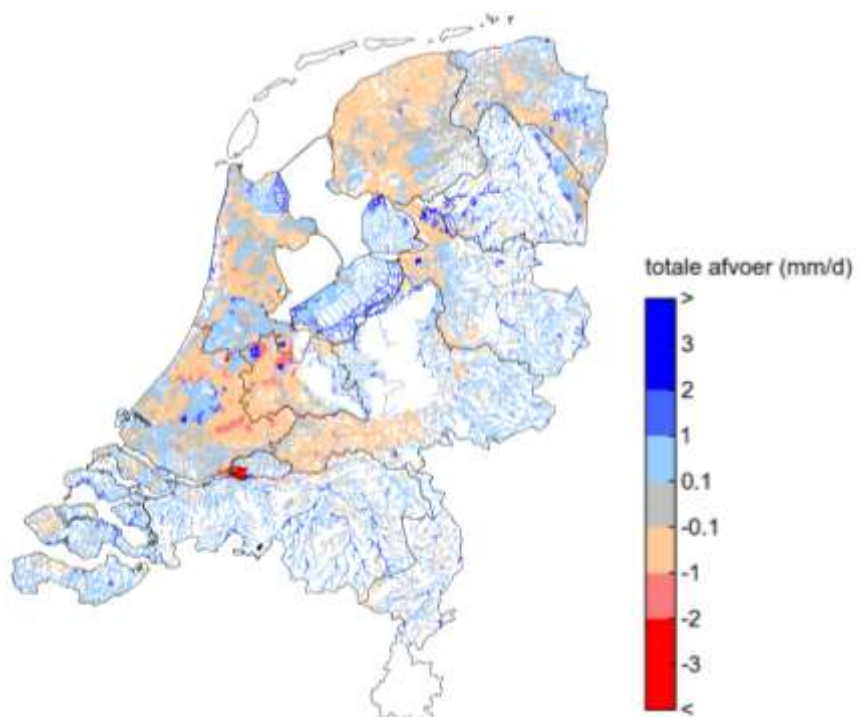
De hydrologie van Nederland

Hydrologie is de studie naar het gedrag en de eigenschappen van water in de atmosfeer, op en onder het aardoppervlak. Het vakgebied behandelt hiermee onder andere: neerslag, verdamping en grondwaterstroming. De hydrologische cyclus is de basis en beschrijft de weg die het water aflegt door de atmosfeer, richting de bodem als neerslag en in de beken, rivieren en grondwater. Uiteindelijk gaat het water weer terug naar de zee, maar binnen dit rapport wordt alleen gekeken naar het water welke als neerslag valt en het water in de beken, rivieren en grondwater. Het grondwater welke in de bodem aanwezig is, zit in de ruimten tussen de vaste deeltjes, zoals zandkorrels en in de grotere openingen, bijvoorbeeld breuken in het vaste gesteente (DINOloket & TNO, 2012).



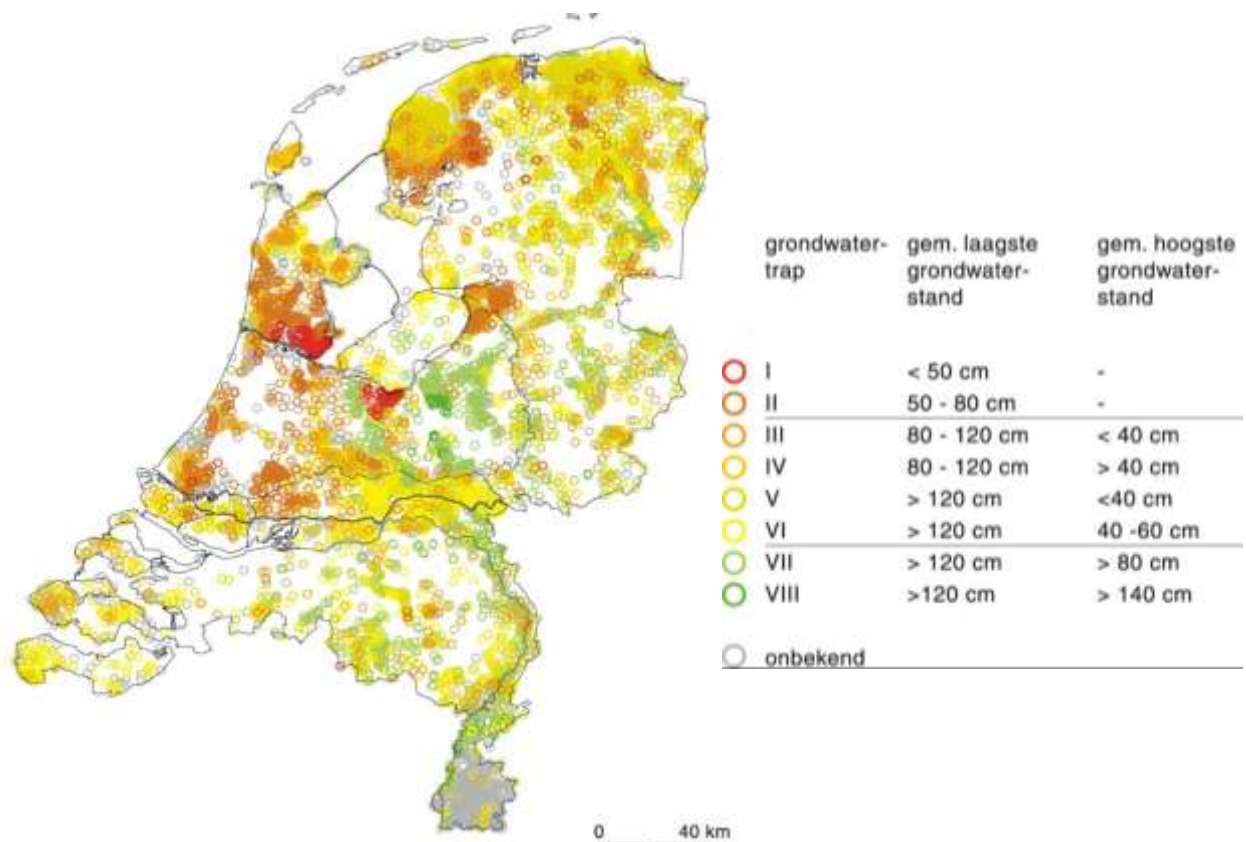
Figuur 96; Kwel en inzijginskaart, december 2004, bron: (TNO, 2004)

Figuur 96 is de kwel en inzijginskaart van Nederland van december 2004. Deze kaart laat zien waar en hoeveel kwel of inzijging plaats vindt. Het is dus het landelijk beeld van maandelijkse grondwater- en oppervlaktewaterinteractie. De blauwe kleuren zijn gebieden met opkwellend grondwater en rode kleuren zijn gebieden met infiltrerend oppervlaktewater. Dit is echter alleen het beeld van de maand december in het jaar 2004. Als men nu kijkt naar een vergelijkbare kaart, maar nu van juni 2004 (zie figuur 97) is te zien dat veel meer inzijging (infiltratie van oppervlakte water in de ondergrond) plaatsvindt dan in de nattere maanden van het jaar.



Figuur 97; Kwel en inzijginskaart, juni 2004, bron: (TNO, 2004)

Het verschil komt voornamelijk doordat in de zomer er een ander grondwaterpeil in Nederland wordt gehandhaafd dan welke in de winter het geval is. De grondwaterstand is namelijk hoger in de winter dan in de zomer, waardoor de hydrostatische druk (stijghoogte) in de winter in de onderliggende watervoerende pakketten hoger is dan het eerste watervoerende pakket, hierdoor wil dit grondwater in de vorm van kwel richting het oppervlak stromen. Dit hangt echter voornamelijk af van de doorlatendheid van de bodem of dit ook daadwerkelijk gebeurt. De geologische opbouw van de ondergrond is in veel gebieden in Nederland gelaagd, dit houdt in dat er meerdere watervoerende pakketten aanwezig zijn. Deze watervoerende pakketten worden soms afgesloten aan de bovenkant door een slecht doorlatende laag (bijvoorbeeld klei of leem). Goed doorlatende lagen bestaan daarentegen vaak uit zand of grind en hebben vaak een hoge porositeit, dus laat het grondwater relatief goed door. Grondwater stroomt ook sneller door deze lagen dan de eerder genoemde slecht doorlatende lagen. Onder hoger gelegen infiltratiegebieden infiltreert grondwater vaak tot in diepere watervoerende pakketten. In lager gelegen kwelgebieden vindt juist stroming vanuit deze ondiepere watervoerende pakketten naar het oppervlak plaats.



Figuur 98; Grondwatertrappen kaart, bron: (Erfgoed, 2013)

Figuur 98 is de grondwatertrappenkaart van Nederland, welke laat zien hoe hoog het grondwater waar staat. In de bijbehorende legenda is te zien welke grondwatertrap welke gemiddelde laagste en hoogste grondwaterstand bevat. Wat men kan zien is dat in het noorden van Nederland de grondwatertrappen tussen de II en VI zijn en af en toe zijn er gebieden met een grondwatertrap van VII. Rond Amsterdam en Amersfoort is de gemiddelde laagste grondwaterstand onder de 50 centimeter (grondwatertrap I). Nederland varieert zeer qua hydrologie wat ook van invloed is op het landgebruik door heel Nederland.

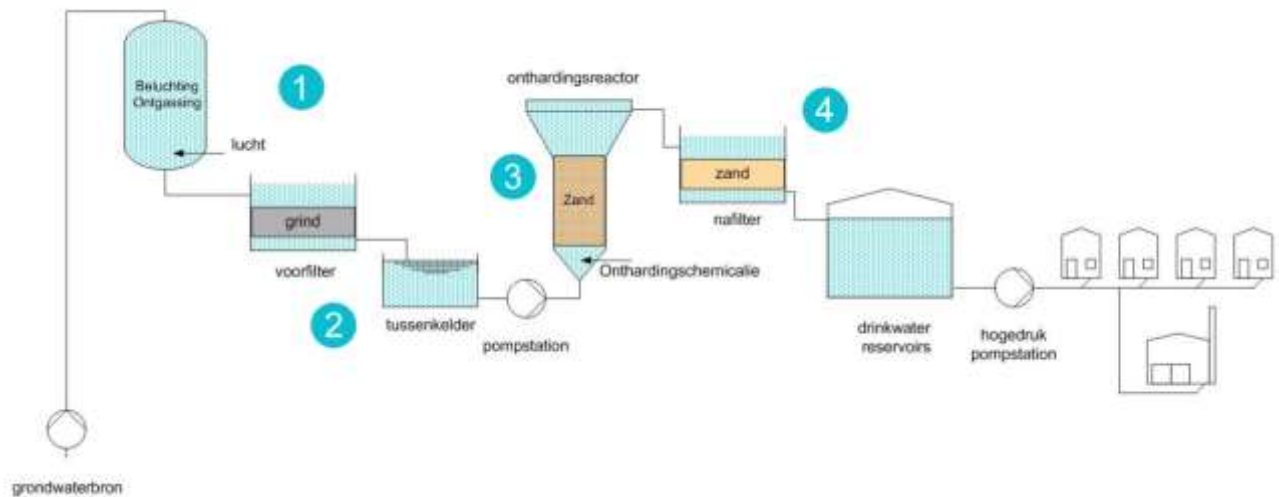
Kwel wat grondwater is welke onder druk richting het oppervlakte stroomt, ontstaat in het algemeen door een ondergrondse waterstroom van een hoger gelegen gebied naar een lager gelegen gebied. De grootte van het debiet wordt gemodelleerd met de wet van Darcy, hierbij speelt de doorlatendheid (in meters per dag) van de ondergrond een belangrijke rol. Diepe kwel heeft vaak een bijzondere waterkwaliteit het is vaak zuurstof- en voedselarm en is kalk- en ijzerhoudend. Dit voedselarme karakter wordt verder versterkt doordat het juist ijzerhoudend is. Het IJzer bindt namelijk fosfaat waardoor meststof op de weilanden als het ware geneutraliseerd wordt en dus minder geschikt voor planten wordt die voor hun groei sterk op de aanwezigheid van fosfaat afhankelijk zijn. In Natuurgebieden echter zorgt de kwel juist voor een verscheidenheid aan flora en de bijbehorende fauna, e zorgt het voor een extra gradiënt in het landschap, zodat de biodiversiteit van het gebied potentieel verhoogd wordt. In Het algemeen wordt in Nederland kwelwater meestal weggevangen in sloten voordat het in het maaiveld aan de oppervlakte treedt. Dit zorgt onder andere voor de verdroging van de natuur, maar houdt de landbouwgebieden droog genoeg voor landbouw. Het grondwater wordt beheerd door de waterschappen.



Figuur 99; waterwingebieden, bron: (DOB, 2012)

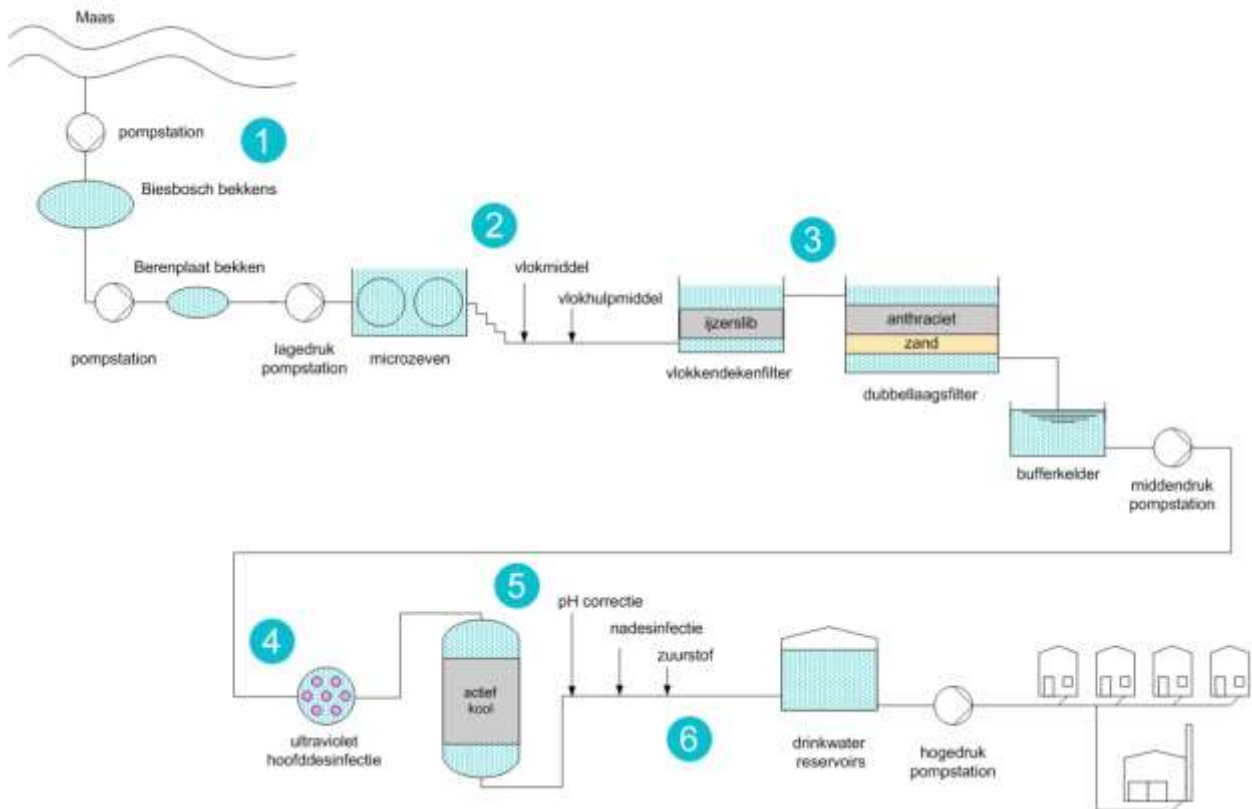
In het artikel van Annemieke van Roekel staat: “Om te begrijpen waar de waterbedrijven mee in hun maag zitten, is het van belang je voor te stellen om welke gebieden het in Nederland gaat. Waterbedrijven pompen water op uit de waterwingebieden (zie figuur 99), die vrijwel altijd hun eigendom zijn. In deze gebieden, zoals de Veluwe, duingebieden en andere natuurgebieden, zijn andere (economische) activiteiten in de bodem verboden. Alleen het waterbedrijf mag in dit gebied putten slaan om grondwater op te pompen. Dat neemt niet weg dat de ondergrondse *toestroom* van grondwater en aanwezige stoffen of verontreinigingen daarin naar de waterwingebieden vanuit omliggende gebieden plaatsvindt. Als deze de status hebben van *beschermingsgebieden* of *boorvrije zone*, mag er ook niet in geboord worden” (van Roekel, 2012).

De waterbedrijven zijn bang dat in de watervoerende pakketten waar zij hun grondwater uit winnen, boorvloeistoffen of andere chemicaliën in terecht komen. “Wij werken met het *voorzorgsprincipe*. Dat houdt in dat we als drinkwaterproducenten geen risico willen lopen. Ook als het gaat om boringen die veel dieper reiken dan de laag waaruit wij het water oppompen, zoals het geval is bij schaliegas op circa 2 kilometer diepte. De beschermende aardlagen worden doorboord zodat de kans bestaat dat lekkage naar de aquifer optreedt.” Zegt Salverda (van Roekel, 2012). De laag waaruit het drinkwater wordt opgepompt, ligt op een diepte tussen de 10 en 150 meter. De schaliegas reservoirs liggen op een diepte van meerdere kilometers tot zelfs 8 kilometer of meer. Het produceren van drinkwater zal daarom ook als een onderdeel van de leefomgeving worden meegenomen en worden uitgelegd in deze paragraaf.



Figuur 100; Zuivering van water gewonnen uit grondwater, bron: (Evides Waterbedrijf, 2014)

Drinkwater welke uit grondwater wordt gewonnen (zie figuur 100) wordt eerst belucht, om methaangas te verwijderen. De zelfde beluchting zorgt ook voor het uitvlokken van opgelost ijzer en mangaandeeltjes. De tweede stap is om het water door zandfilters te laten stromen welke de vlokdeeltjes uit het water filteren. Stap drie is het harde grondwater (verrijkt met calciumbicarbonaat) te ontharden. Dit wordt gedaan in pelletsontharders (drie grote tanks waarbij kalkmelk en zilverzand in het water worden gedoseerd). “Hierdoor hecht de kalk die zich in het water bevindt aan het zand. Deze korrels worden 'pellets' genoemd. De pellets groeien totdat ze zo zwaar zijn dat ze bezinken en kunnen worden afgevoerd. Aan het ontharde water voegen we een kleine hoeveelheid ijzerchloride toe die de laatste vuildeeltjes bindt tot ijzervlokjes” (Evides Waterbedrijf, 2014). Tenslotte wordt in de na-filters, welke gevuld zijn met zand, de laatste vlokdeeltjes uit het grondwater gefilterd, waarna het grondwater drinkwater geworden is. Het water wordt vervolgens met gezuiverd oppervlaktewater gemengd, hierdoor is het drinkwater nu van hoge kwaliteit en klaar voor transport naar de mensen in het gebied (Evides Waterbedrijf, 2014).



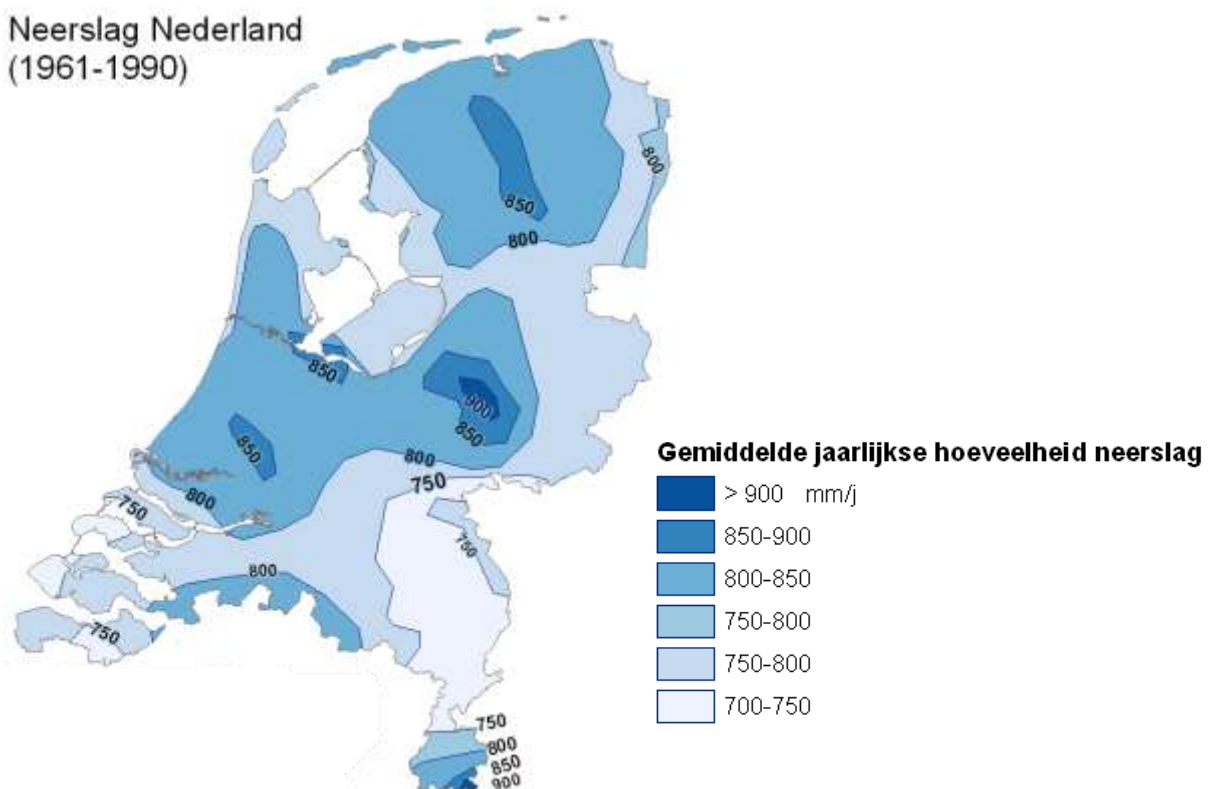
Figuur 101; Zuivering van water gewonnen uit oppervlakte water, bron: (Evides Waterbedrijf, 2014)

Behalve grondwater wordt ook oppervlakte water (zie figuur 101) gebruikt voor het bereiden van drinkwater. Het Waterbedrijf Evides gebruikt bijvoorbeeld het water uit de Maas hiervoor, welke door drie grote spaarbekkens in de Brabantse Biesbosch geleid wordt (Evides Waterbedrijf, 2014). “De kwaliteit van het water verbetert hier tijdens dit verblijf van circa 5 maanden op een natuurlijke manier. Via leidingen wordt het water vervolgens naar de productielocaties Berenplaat, Kralingen, Baanhoek en Braakman gepompt” (Evides Waterbedrijf, 2014). Als het water in de oppervlaktewater zuivering aankomt wordt het water door microzeven geleid, waardoor de grove vuildeeltjes uit het water verwijderd worden.

De volgende stap is het toevoegen van een vlokmiddel (ijzerchloride of aluminiumsulfaat). Dit zorgt ervoor dat de zwevende stoffen en andere verontreinigingen uit het water kunnen worden verwijderd. Snelfilters filteren vervolgens de overgebleven verontreinigingen met het ingesloten vuil uit het water. Met behulp van desinfectie met ultraviolet licht (UV) of ozon wordt het water bacteriologisch betrouwbaar gemaakt. Tenslotte gaat het water nog door actief-koolfilters, die ervoor zorgen dat alle geur-, kleur- en smaakstoffen uit het water verwijderd worden. De laatste bewerking stap is het toevoegen van een zeer kleine hoeveelheid chloordioxide om de bacteriën die op de actief-kool groeien af te doden. Hierna wordt het drinkwater opgeslagen in waterreservoirs. Vanuit deze waterreservoirs gaat dit kraanwater van hoge kwaliteit via een ondergronds leidingnet naar de afnemers (Evides Waterbedrijf, 2014).

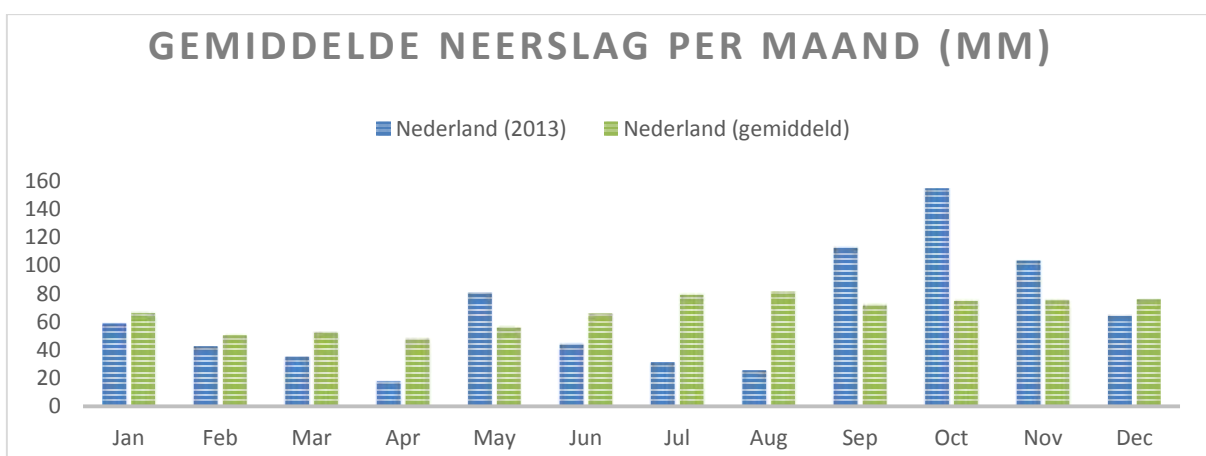
Tenslotte is ook van belang om te kijken naar de hoeveelheid neerslag. In de paragraaf over de buitenlandse effecten kwam dit naar voren in het deel over het watergebruik. De reden waarom dit behalve in het buitenland ook in Nederland van belang is, is omdat het grondwater alleen aangevuld wordt met regenwater. Oppervlakte water heeft behalve regenwater ook grondwater en smeltend ijs uit de Alpen als een bron van water.

Neerslag Nederland (1961-1990)



Figuur 102; Neerslag in Nederland, 1961 tot 1990, bron: (Nijeholt, 2007)

In figuur 102 is een voorbeeld van een kaart te zien met daarin de neerslag gemiddeld per jaar in Nederland. Over het algemeen valt er tussen de 700 en meer dan 900 mm water per jaar. In het noorden en westen van Nederland valt het meeste regen, met tussen de 800 en 900 mm per jaar. Gebieden met meer dan 900 mm neerslag per jaar komen in Nederland niet veel voor. Het gaat hier echter om een verouderde kaart en geeft de recentere klimaatsveranderingen niet goed weer. In figuur 103 is een beter beeld te zien van hoeveel neerslag in Nederland gedurende het jaar (in dit geval 2013 en het gemiddelde over de jaren) verloopt. Men kan zien dat in 2013 de neerslag in april, juni, juli en augustus minder is dan het gemiddelde gezien in Nederland is geweest. In mei, september, oktober en november is de neerslag meer geweest.

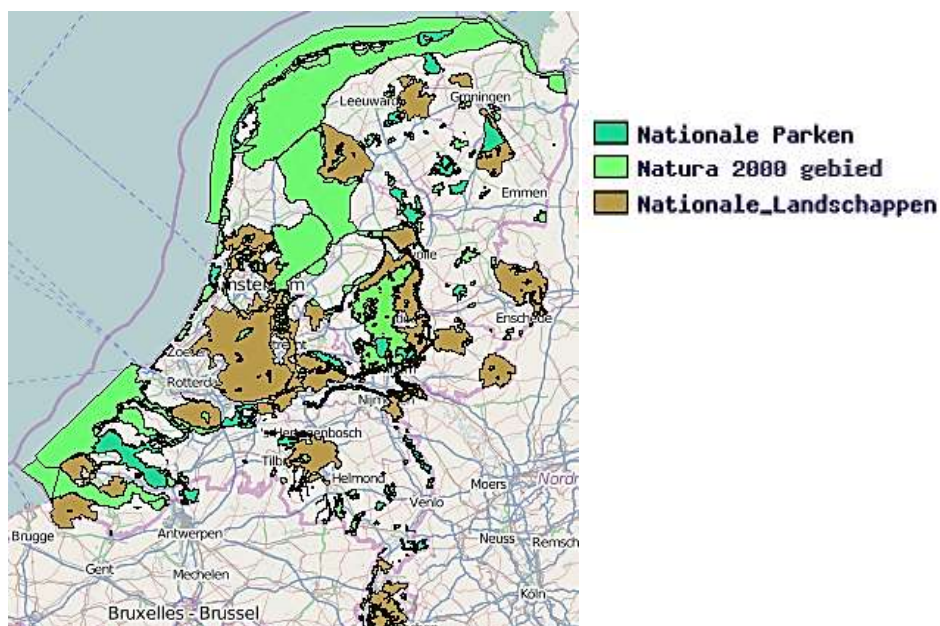


Figuur 103; Neerslag in Nederland, gemiddelde neerslag en in 2013, bron: (KNMI, 2013)

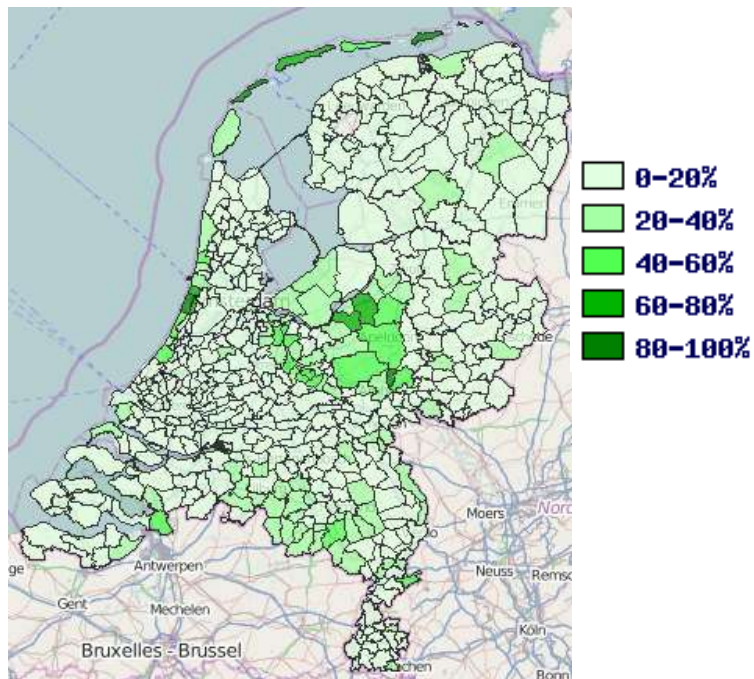


Figuur 104; Bodemgebruik in Nederland, bron: (OpenStreetMap & CBS, 2014)

Nederland is als men naar het landgebruik kijkt (zie figuur 104), hoofdzakelijk een agrarisch gebied met een groter stedelijk gebied in het westen, met hier en daar gebieden met bos en natuurlijk terrein. Er zijn meerdere nationale landschappen (zie figuur 105), echter bestaan ook hier de meeste gebieden uit landbouwgebieden. Het grondgebied aan nationale parken maakt maar een klein deel uit van het totale landgebruik en ook de Natura 2000 gebieden bevinden zich het meest offshore en on-shore waar de Hoge Veluwe is.

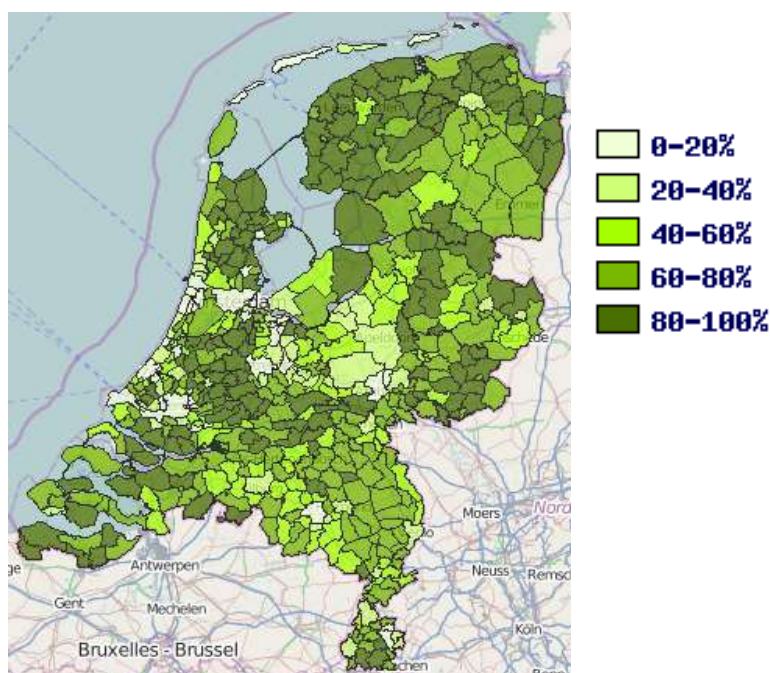


Figuur 105; Nationale parken, landschappen en Natura 2000 in Nederland, bron: (OpenStreetMap & CBS, 2014)



Figuur 106; Percentage bos en natuur in Nederland, bron: (OpenStreetMap & CBS, 2014)

Als men nu het percentage bos en natuurgebied per gemeente bekijkt (zie figuur 106), kan men zien dat ondanks de gebieden welke zijn aangewezen als nationaal park, landschap of natura 2000 gebied op het land, dat het percentage aan natuur en bos zeer laag is over Nederland. Er zijn alleen meerdere clusters te zien, met een hoger percentage aan bos en natuur. De Hoge Veluwe (40 – 80%) is een van deze cluster gebieden en ook de eilanden in de Waddenzee (20 – 100%) zijn hier een voorbeeld van. In figuur 107, is het percentage aan landbouwgebieden te zien per gemeente. Wat men kan zien is dat het grootste percentage van Nederland zoals al eerder te zien in figuur 104, landbouwgebied is. Er zijn wel een paar cluster gebieden met minder landbouw, deze zijn rond de Hoge Veluwe, de rand stand en Groningen stad.



Figuur 107; Percentage landbouw in Nederland, bron: (OpenStreetMap & CBS, 2014)

3.5. Beschrijving leefomgeving van de casusgebieden

De casusgebieden (zie figuur 108) (rood gemarkeerd) liggen tussen Veenwouden, Leeuwarden, Grou en Drachten en tussen Delfzijl, Uithuizen, Eemshaven en Bedum. Het eerste gebied is 61 000 hectare groot en het tweede gebied 35 000 hectare groot. De groene gebieden op de kaart representeren mogelijke schaliegasvelden en de blauwe gebieden drinkwaterwingebieden. Voor beide gebieden gelden Europese en Nederlandse regelgeving met betrekking tot de al reeds bestaande en toekomstige activiteiten. De activiteiten omtrent het boren naar schaliegas moeten daarom getoetst worden aan deze regelgeving, om conflicten te kunnen voorkomen. Op basis van deze wetgeving wordt binnen de casusgebieden gekeken naar de landschapseigenschappen welke kunnen lijden onder de activiteiten die behoren tot het boren naar schaliegas in de gebieden.

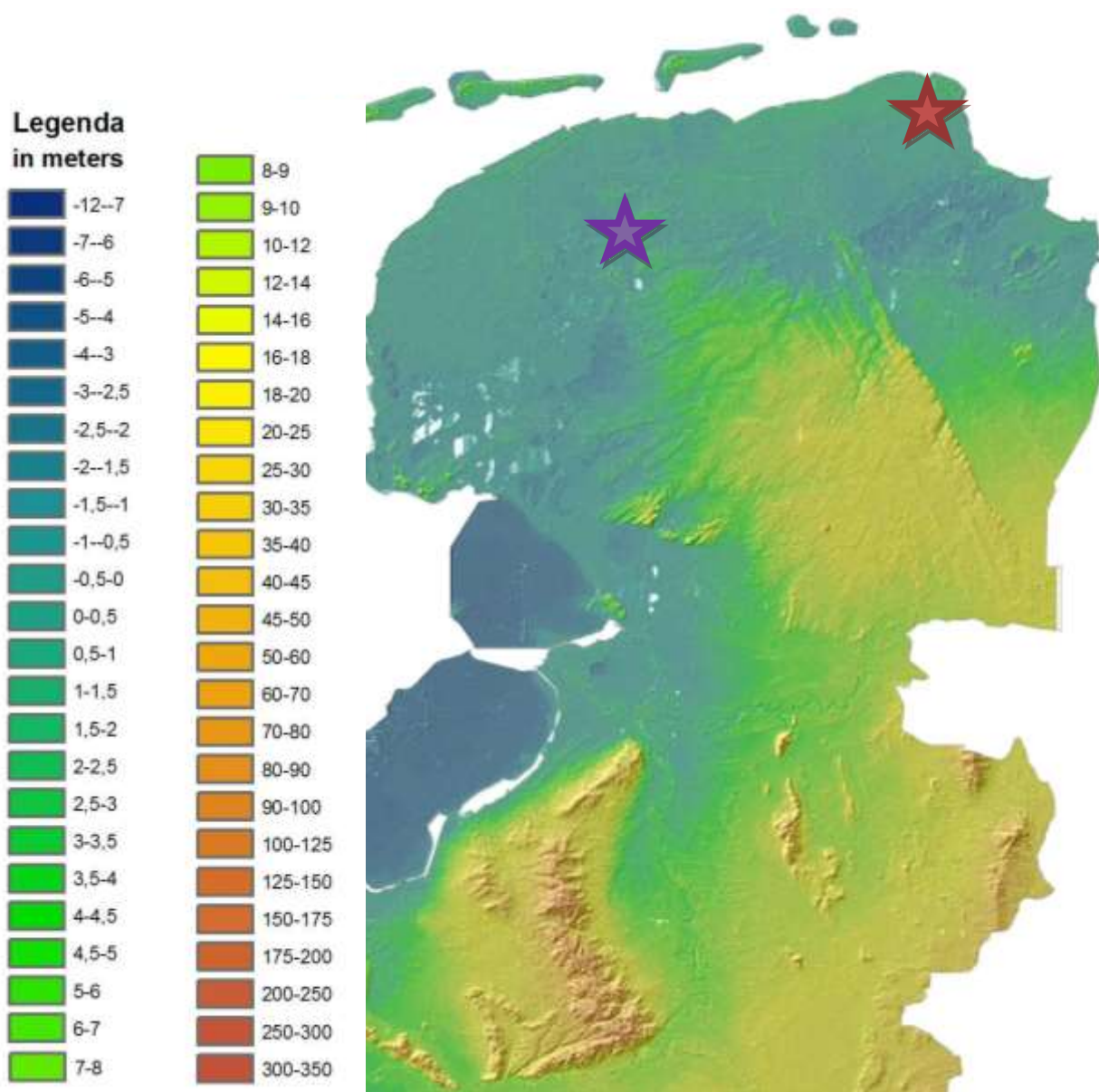


Figuur 108; Casusgebieden te Veenwouden en Delfzijl, bron: (Google, Aerodata International Surveys, GeoBasis DE/BKG en Landsat, 2014), bewerkt door Robin Hummel



Figuur 109; Casusgebieden te Veenwouden en Delfzijl, bron: (Elzinga, 2014) en (RTV-Noord, 2012)

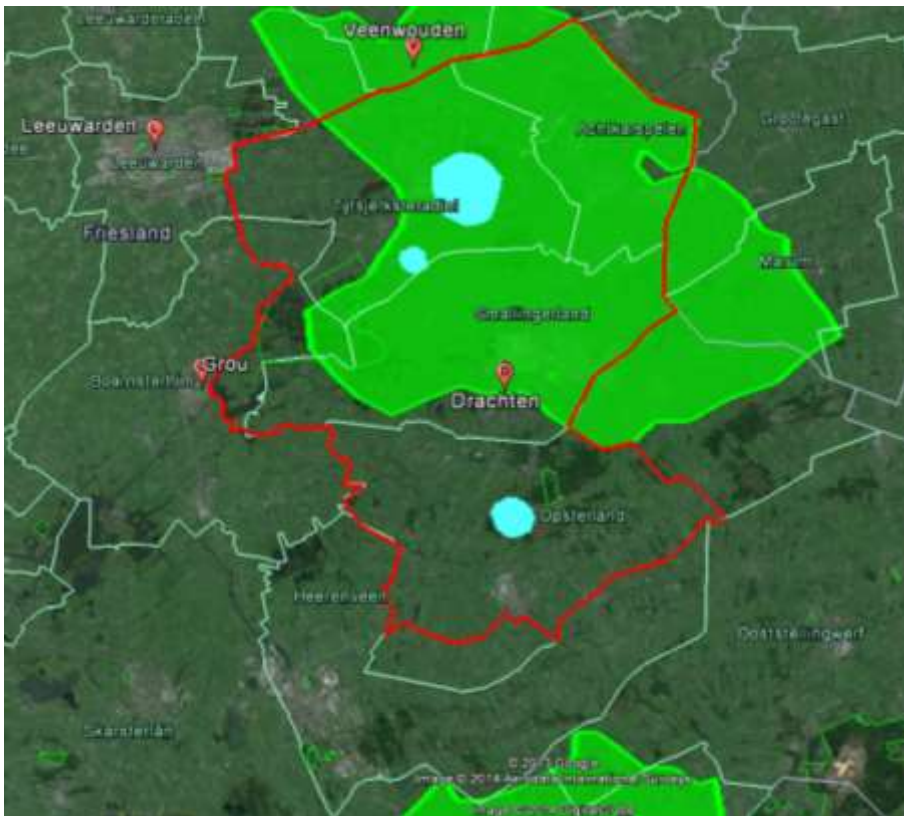
Rechts boven (zie figuur 110) bevindt zich het Drents plateau, welke zich langzaam in het veengebied rond Veenwouden (paarse ster) begeeft en in dit veen verdwijnt. In het Friese landschap bestaat er relatief gezien weinig variatie in hoogte, het gaat hier vaak om niet meer dan een paar meter over meerdere kilometer. Toch heeft deze variatie effect op de biodiversiteit van het Friese landschap. Dit heeft onder andere te maken met het voorhanden zijn van veen, zand en klei in het gebied. Het klei en zand heeft dit gebied over de eeuwen egaal gemaakt. Het gebied varieert qua hoogte tussen de 3 meter t.o.v. het NAP en -3 meter t.o.v. het NAP. Het gebied te Groningen duidelijke het verloop van de Hondsrug weer en geeft ook aan dat zich het gebied waar hier naar schaliegas geboord moet worden relatief laag ligt ten opzichte van het Drents plateau. Het overtollige water wordt van het Drents Plateau richting Groningen geleid. Het gebied te Delfzijl is hoofdzakelijk een poldergebied, dit is door de relatief lage ligging van het gebied te zien. Het gebied ligt qua hoogte tussen de 0 meter t.o.v. het NAP en de -5 meter t.o.v. het NAP.



Figuur 110; Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) met reliëf-schaduwwerking, bron: (AHN, 2009)

Veenwouden

Proefboringen kunnen in principe in de alle boven getoonde schaliegasvelden worden uitgevoerd. De reden voor het kiezen van het gebied De Alde Feanen als casusgebied ligt in het feit dat het gebied te Veenwouden tot één van de meer kwetsbare gebieden behoort. Waarom dit gebied kwetsbaar wordt in het onderdeel natuurwaarden verder onderbouwd. De grens van dit casusgebied loopt in het noorden langs de spoorverbinding tussen Leeuwarden en Groningen en volgt de noordelijke gemeente grens van de gemeente Achtkarspelen. In het westen volgt het eerst van noord naar zuid de kanaal genaamd Langdeel en volgt Eagumerdijp richting Grou, om dan verder te gaan langs het Botmeer, langs de gemeente grens van de gemeente Opsterland. In het zuiden volgt het eerst van west naar oost de weg genaamd Hegedyk, om dan vervolgens verder te gaan langs de gemeente grens van de gemeente Opsterland. In het oosten volgt het eerst van het zuiden naar het noorden de weg genaamd Opperhaudmare en volgt daarna de A7 en gaat verder door de zuidelijke gemeente grens van Smallingerland en de westelijke gemeente grens van Grootegast en volgt daarna de grens van het schaliegasveld tot het noordelijke gedeelte van het casusgebied. De drie groene gebieden op de kaart representeren mogelijke schaliegasvelden en de twee blauwe gebieden drinkwater wingebieden. Zo men kan zien in figuur 111, is niet het hele schaliegas veld genomen. De reden hiervoor is dat het resterende deel van het schaliegasveld te ver van het natuurgebied en de drinkwatergebieden liggen waar de aandacht in dit casusgebied wordt besteed.



Figuur 111; Casusgebied te Veenwouden, (Google, Aerodata International Surveys, GeoBasis DE/BKG en Landsat, 2014), bewerkt door Robin Hummel

Het gebied te Veenwouden wordt gekenmerkt door het karakteristieke Friese leefomgeving wat zich daar bevindt. In het gebied bevinden zich een van de vele meren in Friesland (zie figuur 112). Het schaliegasveld hier bevindt zich onder het nationaal leefomgeving wat daar aanwezig is en ook onder het Nationaal park de Alde Feanen, welke voor de vergrootte kwetsbaarheid zorgt ten opzichte van andere mogelijke casusgebieden. De fauna in het gebied bestaat uit onder andere op basis van bekende gegevens minimaal uit 35 zoogdiersoorten, waaronder 4 bij de wet beschermde rode lijstsoorten behoren. Ook bevinden zich in het gebied 180 soorten vogels, waarvan 20 bij de wet

beschermde rode lijstsoorten behoren (Buro Hemmen, 2006). Er zijn ook 6 verschillende soorten amfibieën aangetroffen, waarvan 1 als rode lijstsoort te boek staat. In het gebied zijn er 22 soorten libellen waargenomen, waarvan er 2 bij de wet beschermde rode lijstsoorten behoren. Tenslotte zijn er circa 20 soorten vlinders bekend, waarvan 4 rode lijstsoorten. Deze soorten maken het gebied kwetsbaar voor activiteiten zoals het boren naar schaliegas en dan is dit alleen één van de 1568 gebieden welke zich in Nederland bevinden (www.hollandgroen.nl, 2008). In het onderdeel over de natuurwaarden in het gebied te Veenwouden wordt verder ingegaan op dit component van de leefomgeving welke onder het natuurgebied valt.



Figuur 112; bron: (pepes-welt, 2013)

Het Nationaal park de Alde Feanen is een natuurgebied waarvan het ontstaan terug te voeren is op uitgebreide laagveenvorming en is het grootste aaneengesloten laagveenmoeras in Fryslân, met internationaal hoge natuurwaarden. Het gebied maakt ook deel uit van de EHS (Ecologische Hoofdstructuur) en vormt een onderdeel van de Natte As (Buro Hemmen, 2006). De status van dit gebied is vooral te danken aan de grote soortenrijkdom die zich hier voordoet, als ook de bijzondere wijze van ontstaan waardoor dit en vergelijkbare gebieden op de internationale lijst van Wetlands zijn gezet. Ook in Nederland behoren laagveen gebieden tot de meer soortenrijke systemen, zowel met betrekking tot de flora als de fauna (EC-LNV, 2001), (Buro Hemmen, 2006). Ook komen in dit gebied meerdere rode lijst soorten voor, waardoor dit gebied in het kader van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn valt.

Bodemkaart

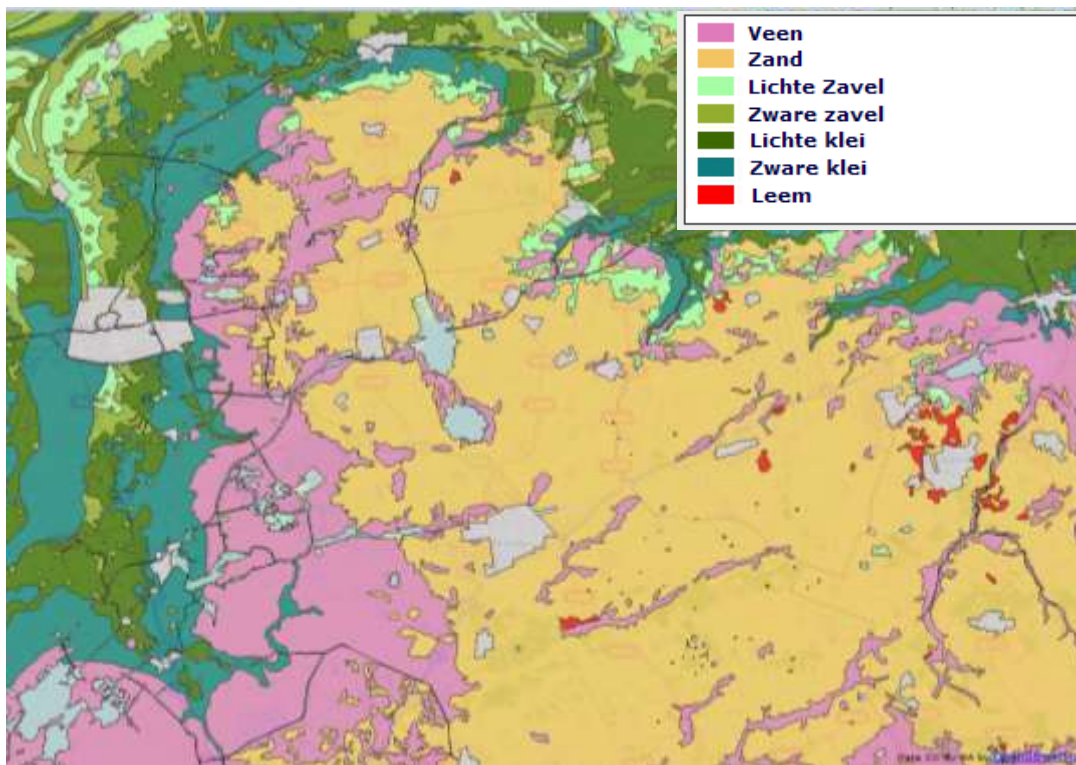
De Pleistocene landschap omvat dat deel van Nederland waar Pleistocene afzettingen aan het oppervlak liggen. Het dekzand (de zogenoemde Formatie van Bostel) heeft in veel gevallen de bestaande oudere pleistocene afgedekt met een dikkere of dunnere laag zand. Ook bij Veenwouden is het zand welke daar aanwezig is afkomstig van onder andere deze formatie.

Het noordelijk dekzand- op keileemlandschap omvat de gehele provincie Drenthe en een deel van de provincies Friesland en Groningen. Verreweg het grootste deel wordt door het Fries - Drentse keileem plateau ingenomen. Dit plateau heeft een licht golvend oppervlak met een algemene helling richting het noordwesten. De rivieren die in brede valleien stromen meanderen door dit plateau.

Voor de waterhuishouding (hydrologie) van een gebied zijn drie factoren van groot belang: klimaat, geologie en terreinvorm (geomorfologie). Het klimaat in Nederland, beschouwen we als een constante factor met een neerslagoverschot in de winter en een neerslagtekort in de zomer. Netto hebben we in Nederland een neerslagoverschot. De geologische structuur van de onder grond is bepalend voor de instroom van grondwater en oppervlaktewater. Voornamelijk de aanwezigheid of

afwezigheid van slecht doorlatende lagen en watervoerende pakketten bepalen de grootte en de richting waar het (grond)water naar toe stroomt. Een voorbeeld hiervan is het zich voordoen van klei of leem nabij het oppervlak. Dit zorgt ervoor dat de infiltratie van de neerslag naar de ondergrond zeer beperkt is, zodat in de winter relatief grote hoeveelheden neerslag afstroomt.

Geologie en geomorfologie bepalen samen de hydrologie. Hydrologie op zijn beurt bepaald de bodemvorming. De bodem bepaalt in grote mate de vegetatie en ook de hydrologie is bepalend voor de vegetatie. Het voorkomen van plantensoorten en vegetatietypen is sterk gecorreleerd met de samenstelling van het grondwater en de hoogte van het grondwaterspiegel.



Figuur 113; Bodemkaart, gebied te Veewouden, bron: (Alterra, 2013)

Ook in het gebied ten zuiden van Veewouden (zie figuur 113) vond er veel verveening (zie figuur 114) plaats. Met tot gevolg dat grote stukken veengebied hier verdwenen zijn. In het nationaal park de oude Feanen is deze veenlaag nog aanwezig. Het gevoeligste gebied is hier het nationaal park de oude Feanen, gevolgd door het gebied ten noorden van Veewouden. De rode vlekken die af en toe te zien zijn in clusters is leem welke aan het oppervlak aanwezig is. Dit veen en zand gebied wordt omringt door een gebied met voornamelijk lichte en zware zavel en klei.



Figuur 114; Droge verveening in Oost-Friesland in 1987, bron: (Fischer, 1987)

Figuur 115 laat een dwarsdoorsnede zien in het casusgebied, welke is gebaseerd op de boorpunten (rode punten) welke ook op dezelfde kaart te zien zijn. Deze boorpunten zijn punten waar een boring in de bodem heeft plaatsgevonden met het doel om de ondergrond in kaart te brengen. Deze data wordt dan vervolgens geëxtrapoleerd en gebruikt om een dwarsdoorsnede te maken welke laat zien hoe de ondergrond in dat gebied er uit ziet en dus welke bodemformaties zich onder elkaar bevinden. De kaart met daarop de boorpunten en de dwarsdoorsnede wordt in dit onderzoek gebruikt om inzicht te krijgen in de opbouw van de bodem en de eigenschappen van de ondergrond. Met behulp van deze gegevens kan dan bepaald worden welke weg het grondwater waarschijnlijk zal afleggen, dit in combinatie met de informatie over het gehanteerde peilbeheer en de grondwaterstanden.

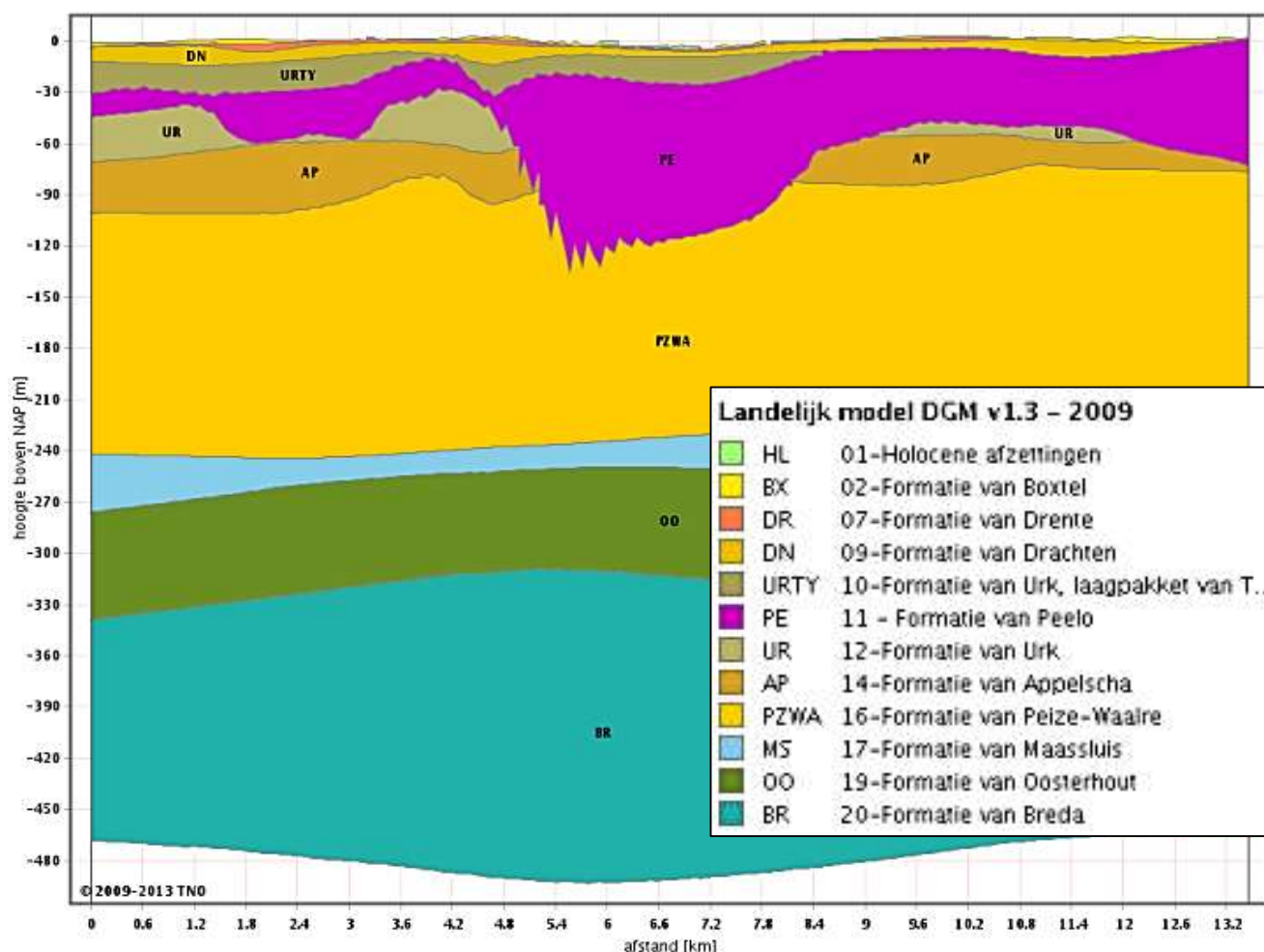


Figuur 115; Boorpunten kaart met bodem dwarsdoorsnede ingetekend (gebied te Veenwouden), bron: (TNO en RIZA, 2008)

De dwarsdoorsnede is ongeveer 14 km lang en maximaal 480 meter diep, begint bij Veenwouden in het noordwesten en gaat door tot Surhuisterveen in het zuidoosten. De gegevens van het DINOLOket (zie bijlage ** en **) laten zien dat de volgende formaties aanwezig zijn in het casusgebied te Veenwouden; formatie van Bortel, formatie van Peelo, formatie van Drenthe, formatie van Appelscha, formatie van Peize – Waalre, formatie van Oosterhout, holocene afzettingen, formatie van Breda, formatie van Drachten, formatie van Urk en de formatie van Maassluis.

Deze formaties bestaan voornamelijk uit de volgende grondsoorten;

- Formatie van Bortel: zand, silt, leem en lokaal ook klei, grind of gyttja
- Formatie van Peelo: fijn zand en klei
- Formatie van Drenthe: zand, klei en leem
- Formatie van Appelscha: zand, grind (met uiteenlopende korrelgroottes) en dunne laagjes klei of leem
- Formatie van Peize – Waalre: grof zand en grind, zeer kwartsrijk, veldspaat, dunne laagjes klei of leem en geen kalk
- Formatie van Oosterhout: middelgrof zand tot grof zand, bovenste deel kleilagen
- Holocene afzettingen: rivierafzettingen (klei, zand en grind), veen, zeeklei en duin- en strandzand
- Formatie van Breda: glauconiet houdende mariene zanden en kleien
- Formatie van Drachten: zand, matig fijn tot matig grof, zonder silt tot zwak siltig en kalkloos
- Formatie van Urk: zand (matig fijn tot uiterst grof), zwak tot sterk grindig, kalkloos tot kalkrijk, fijne planten- en houtresten en grind (fijn tot zeer grof)
- Formatie van Maassluis: zand (uiterst fijn tot matig grof), overwegend kalkrijk, klei, siltig en schelparm tot schelphoudend (mariene schelpen)



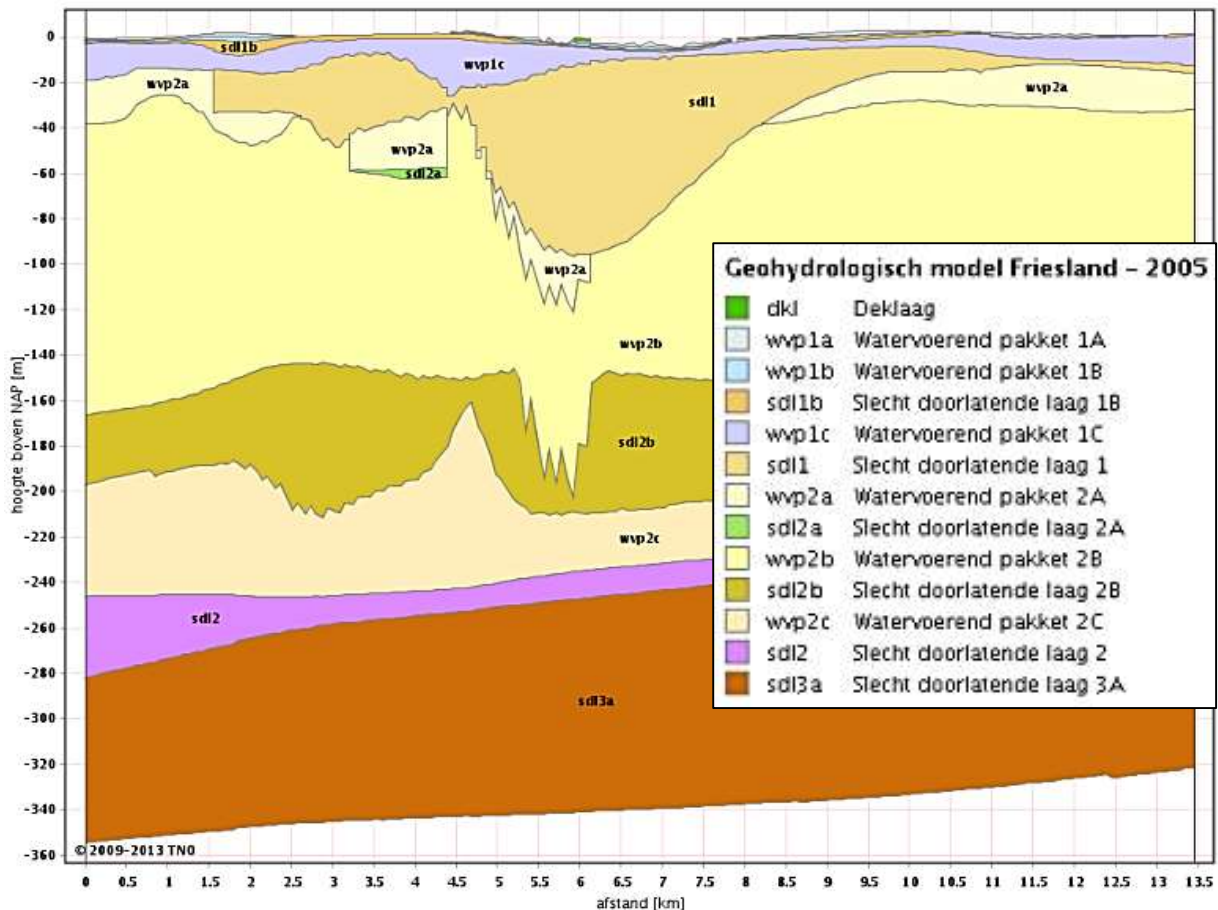
Figuur 116; Bodem dwarsdoorsnede (gebied te Veenwouden), bron: (TNO en RIZA, 2008)

De bovenste laag (zie figuur 116) bestaat voornamelijk uit een combinatie van de formatie van Drachten en Drente, met hier en daar de formatie van Boxtel en een paar holocene afzettingen, waaronder zich tot 240 meter diepte een mix bestaat van de formatie van Peelo, Appelscha, Peize – Waalre en Urk. Hieronder bevindt zich de formatie van Maassluis, Oosterhout en Breda. In het midden van de dwarsdoorsnede is de formatie van Peelo het dikst, waarna deze formatie met een dikte van ongeveer 80 meter doorgaat. De formatie van Peize – Waale, Maassluis, Oosterhout en Breda blijven gemiddeld gezien de zelfde dikte. De formaties van Urk en Appelscha worden in het midden van de dwarsdoorsnede onderbroken door de formatie van Peelo.

De formatie van Peelo bestaat hoofdzakelijk uit fijn zand en klei, dit houdt in dat er of een dikke klei laag aanwezig kan zijn, of alleen fijn zand. Een klei laag wordt een slecht doorlatende laag genoemd. Dit houdt in dat het grondwater lastig door deze laag naar een ander watervoerend pakket kan bewegen. Door een fijn zand laag daarentegen kan grondwater gemakkelijker stromen.

De formatie van Appelscha welke hoofdzakelijk uit zand, grind (met uiteenlopende korrelgroottes) en dunne laagjes klei of leem bestaat kent vergelijkbare eigenschappen. De formatie van Peize – Waalre welke grof zand en grind bevat, zal als watervoerend pakket functioneren. De formatie van Oosterhout heeft vooral middelgrof zand tot grof zand en in de bovenste deel soms kleilagen. Deze formatie zal hoofdzakelijk als watervoerend pakket functioneren.

De Formatie van Breda echter bevat glauconiet houdende mariene zanden en kleien, welke als een dikke slecht doorlatende laag kunnen functioneren. De formatie van Urk welke uit zand (matig fijn tot uiterst grof), fijne planten- en houtresten en grind (fijn tot zeer grof) bestaat zal alleen als watervoerend pakket functioneren. Tenslotte is de formatie van Maassluis welke vooral uit zand (uiterst fijn tot matig grof) bestaat zal als een watervoerend pakket functioneren. Om nu wat te kunnen zeggen over de doorlatendheid van de verschillende lagen moet het Geohydrologisch model van Friesland erbij worden gehaald.



Figuur 117; Hydrologische dwarsdoorsnede (gebied te Veenwouden), bron: (TNO en RIZA, 2008)

Het Geohydrologisch model van Friesland (zie figuur 117 en bijlage **) laat duidelijk zien dat de formatie van Drenthe een slecht doorlatende laag vormt onder een zeer dunne eerste watervoerende pakket. Onder de slecht doorlatende laag is er een vertakking van het eerste watervoerende pakket. Deze dikkere eerste watervoerende pakket maakt in het gebied bij Veenwouden kort contact met het zeer dikke tweede watervoerende pakket. De slecht doorlatende laag met een dikte van maximaal 80 meter die daarna het eerste van het tweede watervoerende pakket scheidt bestaat voornamelijk uit de formatie van Peelo. In de buurt van Surhuisterveen wordt deze laag steeds minder dik tot een dikte van een meter. Tussen de 160 en de 200 meter diepte bevindt zich een tweede slecht doorlatende laag wat in de formatie van Peize – Waalre ligt. Onder deze laag bevindt zich weer een watervoerend pakket, met daaronder in de formatie van Maassluis een slecht doorlatende laag boven op de slecht doorlatende laag die door de formatie van Breda wordt gevormd.

Natuurwaarden

De flora in het gebied De Alde Feanen (zie figuur 118) bestaat hoofdzakelijk uit rietlanden met kleine gebieden van ronde zonnedauw, blauwgraslanden, dotterbloemhooilanden, kleine zeggenvegetaties, matig voedselrijke graslanden, beemdgras-raaigrasweiden met kleine gebieden met Spaanse ruiter. In en vlakbij het water bevindt zich vooral moerasbos met gebieden waar zich wilde gagel bevindt (Rintjema, Claassen, Hettema, Hosper, & Wymenga, 2001).



Figuur 118; Drijftil en rietland te Alde Feanen, bron: (It Fryske Gea) en (Nederpix.nl)

In het boek 'De Alde Feanen – schets van een laagveenmoeras' wordt vermeld dat het "Maaibeheer in de rietlanden alleen uitstel van executie is, want uiteindelijk komt er toch moerasbos. Een veel voorkomende rietland type in het gebied is het moerasvaren rietland, welke onder andere Moerasvaren, Moeraswederik, Watermunt, Moeraswalstro en Wateraardbei heeft. Meer richting het land bevindt zich vaak nog de kleine lisdodde en op drogere plaatsen koninginnekruid, Melkeppe en Hennepgras. Als de waterstand stijgt, biedt dit een kans voor de stijve zegge om uit te breiden. Tot het kleine zeggenmoeras behoren de zeer natte voedselarme en licht zure moerashooilanden. Zomers kan hier het water tot op het maaiveld staan en in de winter bevindt zich permanent onder water. In dit soort landschap komen vooral zegge soorten voor zoals de zwarte zegge, geelgroene zegge, stijve zegge, maar ook moerasstruisgras. Kenmerkende soorten zijn vooral egelboterbloem, waternavel, wateraardbei en sterzegge. Deze landschapstypes bevinden zich voor een groot deel in de zomerpolders Laban, Wyldlannen en Polder Grondsma" (Rintjema, Claassen, Hettema, Hosper, & Wymenga, 2001).

De natuurlijke successie van de vegetatie in een laagveenmoeras eindigt in moerasbos. Vooral in de rietlanden vestigen zich al snel de eerste struiken en struwelen van de wilde gagel en grauwe of geoorde wilg. In het eind stadium van de rietlanden zullen vooral zwarte els en zachte berk voorkomen. In nattere en meer door oppervlakte water of grondwater beïnvloede gebieden zal elzenbroek echter overheersen. Tenslotte op de wat zuurdere bodems met meer regenwater invloed maakt het berkenbroekbos meer kans. Dit is ook in het natuurgebied De Alde Feanen te zien. In het boezemgedeelte is overwegend sprake van zwarte els en in de moerasgebieden in de Polder Earnewâld is er een mengeling met zachte berk. Tenslotte op de meest zure plaatsen zoals plaatselijk in It Wikelslân is zelfs een volwaardig berkenbroekbos te vinden (Rintjema, Claassen, Hettema, Hosper, & Wymenga, 2001). Onder matig voedselrijke graslanden vallen terreinen waar een verschrallend beheer wordt toegepast, nadat ze in een recent verleden als boerenland werden gebruikt. De Beemdgras-raaigrasweiden in het gebied vormen de randgebieden van het natuurgebied, welke zijn toegevoegd aan het natuurgebied. De huidige blauwgraslanden in het natuurgebied De Alde Feanen zijn restanten van hooilanden, die al voor de vervening in gebruik waren. Dit landschapstype is schraal en vochtig en hebben een kenmerkende begroeiing. Dit vegetatie beeld wordt voornamelijk bepaald door de mens, echter erg productief is het

blauwgrasland niet met twee tot vier ton per hectare in een jaar. Deze voedsel arme gebieden zijn ontstaan doordat boeren generaties lang het land op dezelfde manier bewerkten en het jaarlijks maaiden en het organisch materiaal afvoerden. Kenmerkende soorten zijn blauwe zegge, blonde zegge, Spaanse ruiter en pijpenstrootje. Ook zijn er zeldzame soorten te vinden zoals vlozegge en verschillende soorten orchideeën (Rintjema, Claassen, Hettema, Hosper, & Wymenga, 2001).

Tot de natte, bloemrijke graslanden behoren de dotterbloemhooilanden (zie figuur 119), vernoemd naar de gewone dotterbloem. Deze natte tot drassige graslanden zijn op veengronden en klei op veengronden te vinden. De grondwaterstand in deze gebieden is constant vrij hoog en vormt het gebied voor kritische weidevogelsoorten zoals kwartelkoning, kemphaan, watersnip, grutto, slobbeend en zomertaling. De kenmerkende planten in dit soort landschap zijn vooral gewone dotterbloem, echte koekoeksbloem, waterkruiskruid, tweerijige zegge en scherpe zegge. Bovendien zijn er ook soorten aanwezig zoals lidrus, holpijp, wilde bertram, kale jonker, moerasspirea, grote wederik en grote ratelaar (Rintjema, Claassen, Hettema, Hosper, & Wymenga, 2001).



Figuur 119; Dotterbloemhooiland, bron: (Panoramio)

De fauna in het gebied bestaat uit onder andere op basis van bekende gegevens minimaal 35 zoogdiersoorten in “De Alde Feanen, waarvan 7 vleermuissoorten. Van de 35 soorten zijn er 4 rode lijstsoorten: boommarter, noordse woelmuis, waterspitsmuis en grootoorvleermuis. De noordse woelmuis heeft daarbij een extra status, want het gaat hier om een prioritaire soort van de SBZ (speciale beschermingszone) Alde Feanen in het kader van de Habitatrichtlijn. De otter (ook rode lijst), welke aanwezig was tot halverwege de jaren 80 in De Alde Feanen, is thans verdwenen, maar door uitzetting van de soort in de omgeving en verbeteringen binnen De Alde Feanen én bij instandhouding van verbindingzones, kan de soort op niet al te lange termijn terug verwacht worden” (Buro Hemmen, 2006). Er komen bovendien in het Nationaal Park De Alde Feanen in totaal meer dan 180 soorten vogels voor, waarvan 100 soorten broedvogels. Van deze broedvogels behoren circa 20 tot de rode lijst, waaronder het baardmannetje, maar ook verschillende soorten die specifiek genoemd worden onder de Vogelrichtlijn zoals; aalscholver, roerdomp, purperreiger, bruine kiekendief, porseleinhoen, kleinst waterhoen, kemphaan, zwarte stern, visdief (Buro Hemmen, 2006). “Behalve voor de broedvogels heeft het gebied ook een belangrijke betekenis voor doortrekkende en overwinterende vogelsoorten. Voor de Wetlands wordt een 1% norm gehanteerd: als meer dan 1% van de Noordwest-Europese populatie zich gelijktijdig in het gebied bevindt, heeft het gebied de bijzondere wetland-status. Dit geldt maar liefst voor 8 soorten: lepelaar, kolgans, brandgans, smient, krakeend, bonte strandloper en grutto. Soms gaat het dan om nog vrij kleine aantallen, zoals voor de lepelaar (20-30 exemplaren), soms om geweldig grote aantallen (25.000-35.000 smienten)” (Buro Hemmen, 2006).



Figuur 120; Torenvalk, bron: (It Fryske Gea)

“Van de trekkende vogelsoorten (zie figuur 120) komen de volgende soorten voor die ook specifiek genoemd zijn in de Vogelrichtlijn; wilde zwaan, kleine zwaan, kemphaan, zeearend, torenvalk, visarend, blauwe kiekendief, zwarte wouw, rode wouw, wespandief, slechtvalk, smelleken, bosruiter” (Buro Hemmen, 2006). Behalve zoogdieren en vogels zijn ook amfibieën en reptielen in het gebied aangetroffen. In het rapport van Buro Hemmen in opdracht van Overlegorgaan Nationaal Park De Alde Feanen staat “Vrij recent zijn er 6 verschillende soorten amfibieën aangetroffen, waarvan de heikikker als rode lijstsoort te boek staat. Naast de kikkers en padden werd de kleine watersalamander waargenomen. Tot op heden zijn van reptielen geen waarnemingen bekend, hoewel het leefgebied als geschikt wordt beschouwd voor de ringslang” (Buro Hemmen, 2006).

Naar het voorkomen van Dagvlinders, libellen en andere ongewervelden is volgens het rapport van Buro Hemmen in opdracht van Overlegorgaan Nationaal Park De Alde Feanen geen systematisch onderzoek gedaan. Er is wel bekend dat 22 soorten libellen zijn waargenomen (14 glazenmakers en 8 juffersoorten). Hiervan zijn er twee rode lijstsoorten (glassnijder en vroege glazenmaker). Bovendien zijn er circa 20 soorten vlinders bekend, waarvan 4 rode lijstsoorten. Echter zijn 3 daarvan zijn slechts incidenteel waargenomen (waaronder koninginpage). Een totaalbeeld is volgens het rapport nu niet te geven (Buro Hemmen, 2006).

De meeste soorten van de 45 soorten vis welke in Nederland in de binnenwateren voorkomen komen ook in De Alde Feanen voor. Enkele soorten zijn verdwenen, zoals de kwabaal (rode lijst). In het rapport van Buro Hemmen in opdracht van Overlegorgaan Nationaal Park De Alde Feanen staat beschreven dat “De rivierdonderpad is na lange tijd onlangs opnieuw waargenomen. Drie andere soorten staan op de rode lijst, te weten bittervoorn, paling en vetje. Elders is al aangegeven dat het vooral om de verhouding tussen verschillende typen vissoorten gaat. Wanneer de afgesloten wateren in De Alde Feanen worden vergeleken met de open boezemwateren, dan is te zien dat brasem minder voorkomt en aal meer. Met name brasem is indicatief voor troebel water” (Buro Hemmen, 2006). De gevonden vissoorten indiceren dat het zich bij de afgesloten wateren in De Alde Feanen voornamelijk handelt om niet troebele wateren.

Het rapport van Wetterskip Fryslân geeft aan dat de boezemwateren in de Alde Feanen tot ondiepe middelgrote gebufferde zoete plassen in laagveengebieden behoort en heeft als status sterk veranderd (Wetterskip Fryslân, 2013). “Middelgrote gebufferde zoete plassen worden gevoed door regen, grondwater en/of instromend oppervlaktewater en het waterpeil kan maximaal 1 meter variëren, waardoor er vloedvlaktes kunnen ontstaan. De bodem bestaat hoofdzakelijk uit zand en veen met kale oevers in de golfslagzone. De gesloten plas te Alde Feanen kent alleen een norm overschrijding van koper (Cu) en ammonium (NH₄) welke in de groep Overige verontreinigende stoffen valt en er zijn geen prioritaire stoffen gevonden in het boezemwater” (Wetterskip Fryslân, 2013).

Biologie en algemeen fysische chemie

Beoordeling periode 2009-2015	GEP	Toestand 2009	Actuele toestand (jaar)	Prognose Toestand
Macrofauna (EKR)	0.50		 (2013)	
Overige waterflora (EKR)	0.40		 (2013)	
Vis (EKR)	0.30		 (2013)	
Fytoplankton (EKR)	0.50		 (2013)	
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mg P/L)	0.09		 (2013)	
Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mg N/L)	1.30		 (2013)	
DIN (winterperiode) (umol N/l)		NVT	NVT	
Chloride (zomergemiddelde) (mg Cl/l)	0 - 200		 (2013)	
Temperatuur (maximum waarde) (°C)	25.0		 (2013)	
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)	5.5 - 8.5		 (2013)	
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%)	60 - 120		 (2013)	
Doorzicht (zomergemiddelde) (m)	0.65		 (2013)	

Legenda: groen = (zeer)goed, geel = matig, oranje = ontoereikend, rood = (zeer)slecht, leeg = geen data

Tabel 4; Biologie en algemeen fysische chemie indicatoren, bron: (Wetterskip Fryslân, 2013)

Op sommige vlakken is er een verbetering geweest ten opzichte van 2009, echter zijn er meerdere indicatoren achteruit gegaan. Het gaat hier vooral over de doorzicht en de overige waterflora welke aanwezig is. Op het gebied van de ecologie als geheel is het gebied achteruit gegaan. Over het algemeen kijkend naar de ecologie is de kwaliteit zeer slecht en voldoet niet aan de eisen, welke door het Wetterskip Fryslân wordt gesteld voor dit gebied. De chemie is dus verbeterd, echter is de ecologie verslechterd.

Eindoordeel

		2009	Actueel (Jaar)
Chemie	Totaal		 (2013)
Ecologie	Totaal		 (2013)
	Biologie		 (2013)
	Fysische - Chemie		 (2013)
	Overige verontr. stoffen		 (2013)

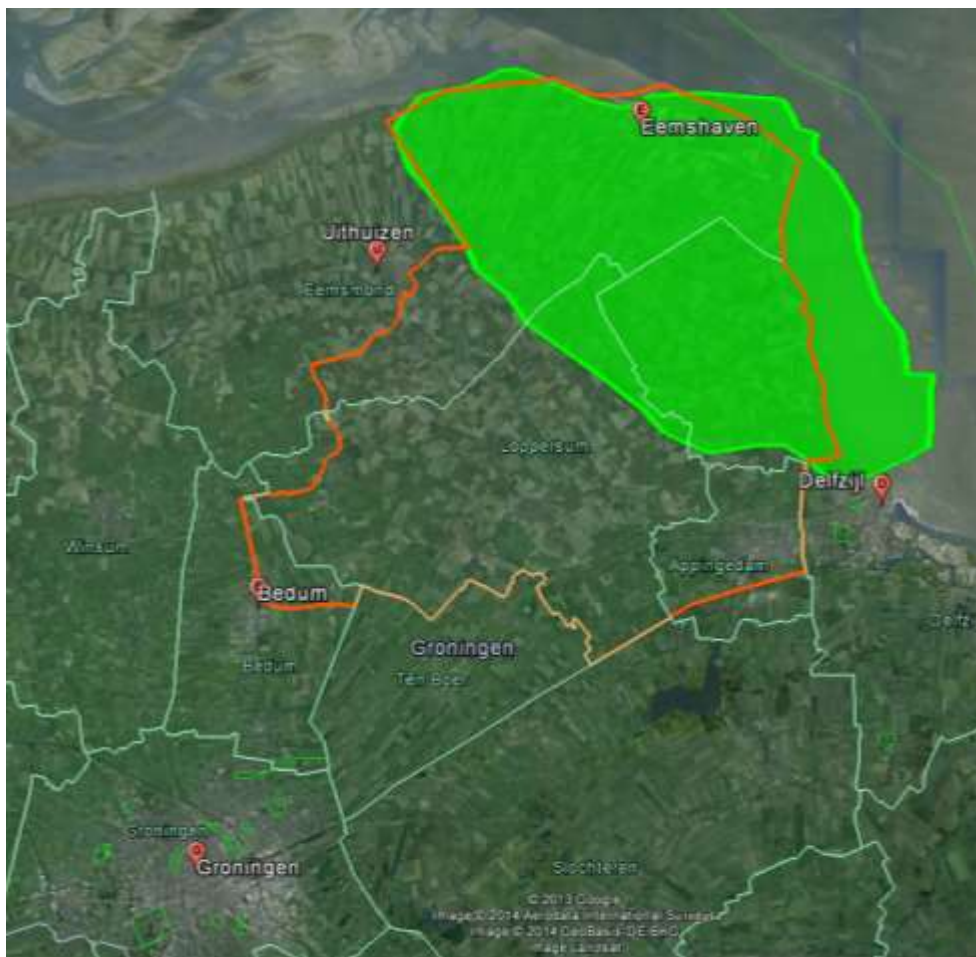
Legenda: groen = (zeer)goed/voldoet, geel = matig, oranje = ontoereikend, rood = (zeer)slecht/voldoet niet

Tabel 5; Eindoordeel aan de hand van de indicatoren, bron: (Wetterskip Fryslân, 2013)

Delfzijl

Het gebied te Delfzijl (figuur 121) is voor het onderzoek als casusgebied interessant door het feit dat dit gebied een lange geschiedenis kent aan problemen met betrekking tot gasboringen. De effecten van het boren naar schaliegas en de daarbij behorende activiteiten kunnen in dit gebied vergeleken worden met conventionele gaswinning.

In het noorden volgt de grens van het casusgebied de kustlijn en tevens ook de grens van het mogelijke schaliegasveld. In het oosten van het casusgebied verloopt de grens langs de kustlijn tot Delfzijl, waarna deze verder gaat langs de oostelijke gemeente grens van de gemeente Appingedam. De zuidelijke grens verloopt langs het Eemskanaal en verloopt daarna langs de zuidelijke gemeente grens van de gemeente Loppersum en gaat tenslotte richting Bedum. De westelijke grens volgt eerst de Westerwijtwerdemaar richting Onderdendam, vervolgens volgt het de Onderdendamsterweg richting Middelstum en de Molenweg richting Rottum en de trekweg richting Uithuizen. Het laatste deel van de westelijke grens verloopt langs de grens van het mogelijke schaliegasveld. Het casusgebied te Delfzijl is 35 000 hectare groot en heeft het gehele onshore gedeelte van het mogelijke schaliegasveld binnen zijn grenzen.

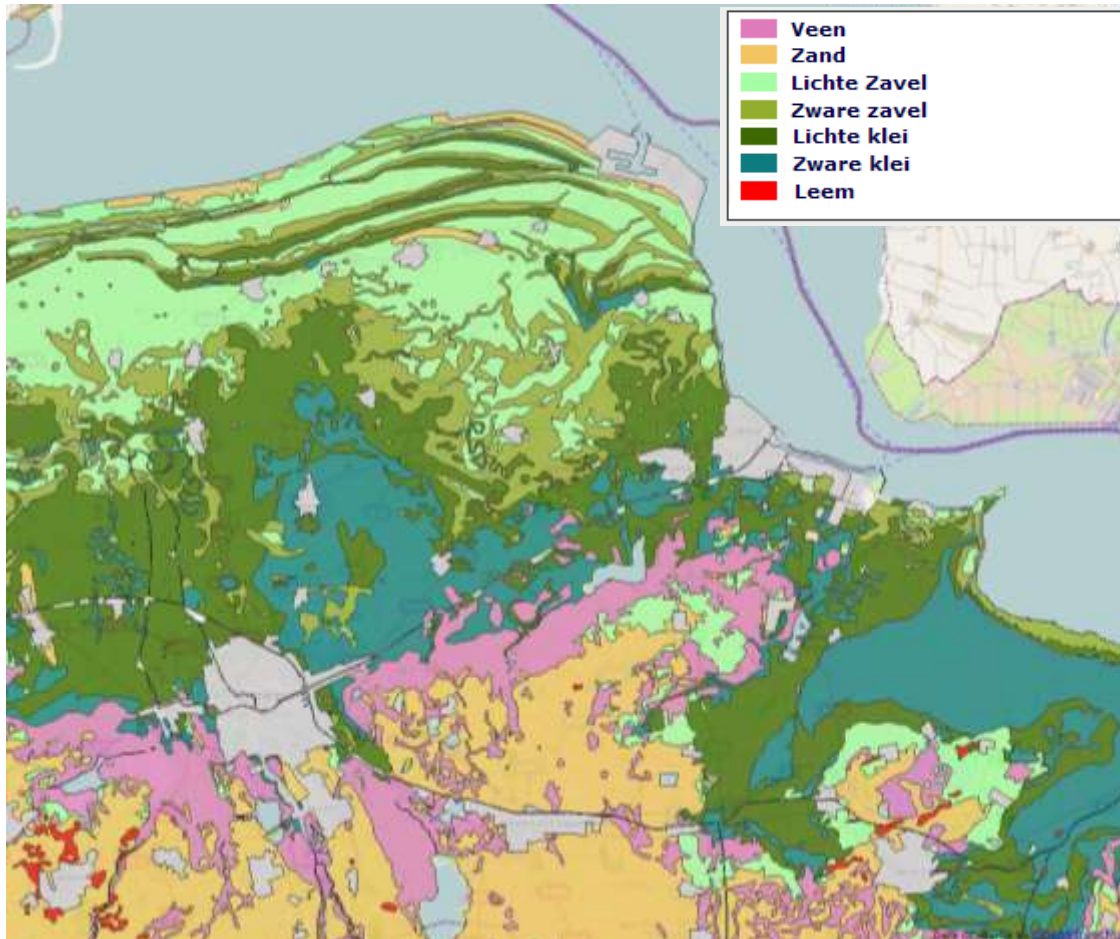


Figuur 121; Casusgebied te Delfzijl, (Google, Aerodata International Surveys, GeoBasis DE/BKG en Landsat, 2014), bewerkt door Robin Hummel

In de gemeente Loppersum dichtbij Delfzijl vond op 24 oktober 2003 en 10 november 2003 aardbevingen plaats, beide met een kracht van 3.0 op de schaal van Richter. Deze bevingen werden verklaard met behulp van onderzoek met de aanwezige gaswinning in het gebied (Ministerie van Economische Zaken, 2014), (Gasunie Transport Services (GTS), Ministerie van Economische Zaken en GasTerra, 2013). Een aardbeving op 16 augustus 2012 bij Huizinge in de gemeente Loppersum met

een sterkte van 3,6 was de zwaarste aardbeving ooit gemeten in Noord-Nederland. In het Groningenveld is een toename van het aantal bevingen te zien. Dit lijkt een samenhang te hebben met de toegenomen gaswinning (KNMI, 2013). In dit zelfde gebied bevindt zich ook een mogelijk schaliegas winningsgebied. Voor beide gebieden gelden Europese en Nederlandse regelgeving met betrekking tot de al reeds bestaande en toekomstige activiteiten. De activiteiten omtrent het boren naar schaliegas moeten daarom getoetst worden aan deze regelgeving, om conflicten te kunnen voorkomen.

Bodemkaart



Figuur 122; Bodemkaart, gebied te Delfzijl, bron: (Alterra, 2013)

In het gebied te Groningen (zie figuur 122) is van de vele grondsoorten die in de Provincie Groningen voorkomen, vooral lichte en zware zavel aanwezig. Zavel is een minerale grondsoort met als moedermateriaal zand. Als het lutumpercentage tussen 8% en 17,5% van lichte zavel, bij een lutumpercentage tussen 17,5% en 25% van zware zavel. Bij lutumpercentages van meer dan 25% spreekt men van klei. In het gebied bevindt zich hier en daar nog moedermateriaal (zand) en er zijn ook gebieden aanwezig met zware klei. Het klei in dit gebied is normaal gesproken tussen de 5 meter en 20 meter dik en bevindt zich als een deklaag op zand.

Ten zuiden van het gebied bevindt zich een veengebied, dat vroeger tot de moerasgebieden rond Groningen hoorden. Vooral dit veengebied is voor bodemdaling en fluctuatie in het peilbeheer zeer gevoelig. Hierdoor kan er nog een verdere daling van de bodem door veen oxidatie plaatsvinden. Veen wat grotendeels uit plantaardig materiaal bestaat oxideert (verteert) zoals elk organisch materiaal. Als het veen onder water staat, gaat dat proces heel langzaam. Als het grondwaterpeil wordt verlaagd heeft dit tot gevolg dat het plantaardig materiaal in contact komt met zuurstof en

daardoor oxideert met als gevolg volumeafname. Oftewel er treedt bodemdaling op. Dit gaat in combinatie met de al bestaande bodemdaling door de gaswinning en dan ook de winning van schaliegas. In het zuidoosten van de provincie Groningen en het aangrenzende deel van de provincie Drenthe lag vroeger het moerasgebied Bourtangerveen.

Deze veenmoerassen hadden zich na de laatste IJstijd in een laaggelegen gebied ontwikkeld. Reeds in de middeleeuwen werd, door plaatselijke kloosters, hier en daar begonnen met het afgraven van het veen. In de 17de eeuw nam de turfwinning een grote vlucht. Dit had ten gevolg dat zich het veengebied langzamerhand in het huidige zandgebied veranderde. De effecten op de verschillende bodemsoorten die de winning van schaliegas heeft veel invloed op hoe het gebied er in de toekomst er uit ziet.

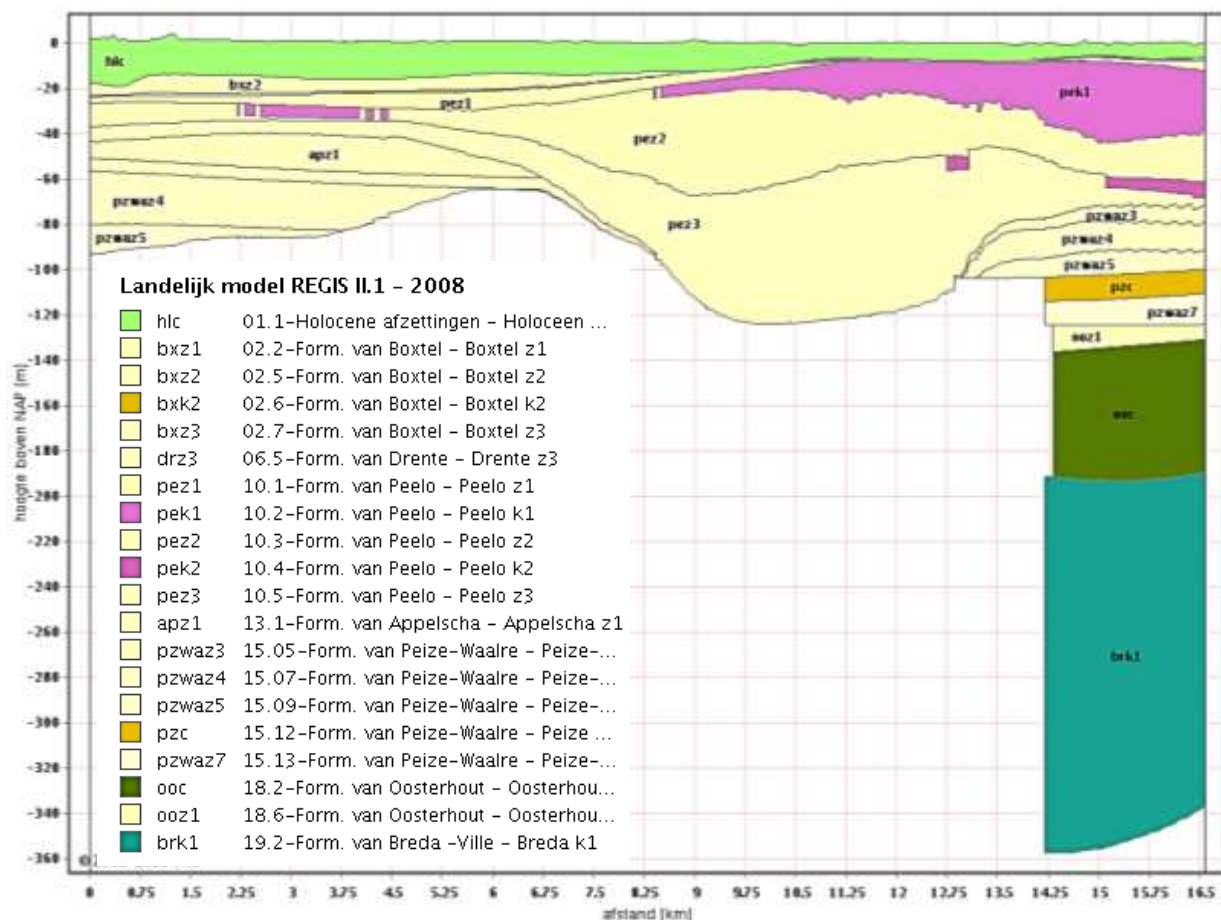


Figuur 123; Boorpunten kaart met bodem dwarsdoorsnede ingetekend (gebied te Groningen), bron: (TNO en RIZA, 2008)

Ook figuur 123 is gebaseerd op de boorpunten (rode punten) welke ook op dezelfde kaart te zien zijn. Deze boorpunten zijn punten waar een boring in de bodem heeft plaatsgevonden met het doel om de ondergrond in kaart te brengen. Deze data wordt dan vervolgens geëxtrapoleerd en gebruikt om een dwarsdoorsnede te maken welke laat zien hoe de ondergrond in dat gebied er uit ziet. De dwarsdoorsnede (zie figuur 9) is ongeveer 17 km lang en maximaal 350 meter diep, begint bij de Eemshaven in het noordwesten en gaat door tot Delfzijl in het zuidoosten. De gegevens van het DINOlaket laten zien dat de volgende formaties (zie bijlage ** en **) aanwezig zijn in het casusgebied te Groningen; De formatie van Bortel, de formatie van Drenthe, de formatie van Peelo, de formatie van Appelscha, de formatie van Peize – Waalre, de formatie van Oosterhout en er zijn ook nog holocene afzettingen aanwezig.

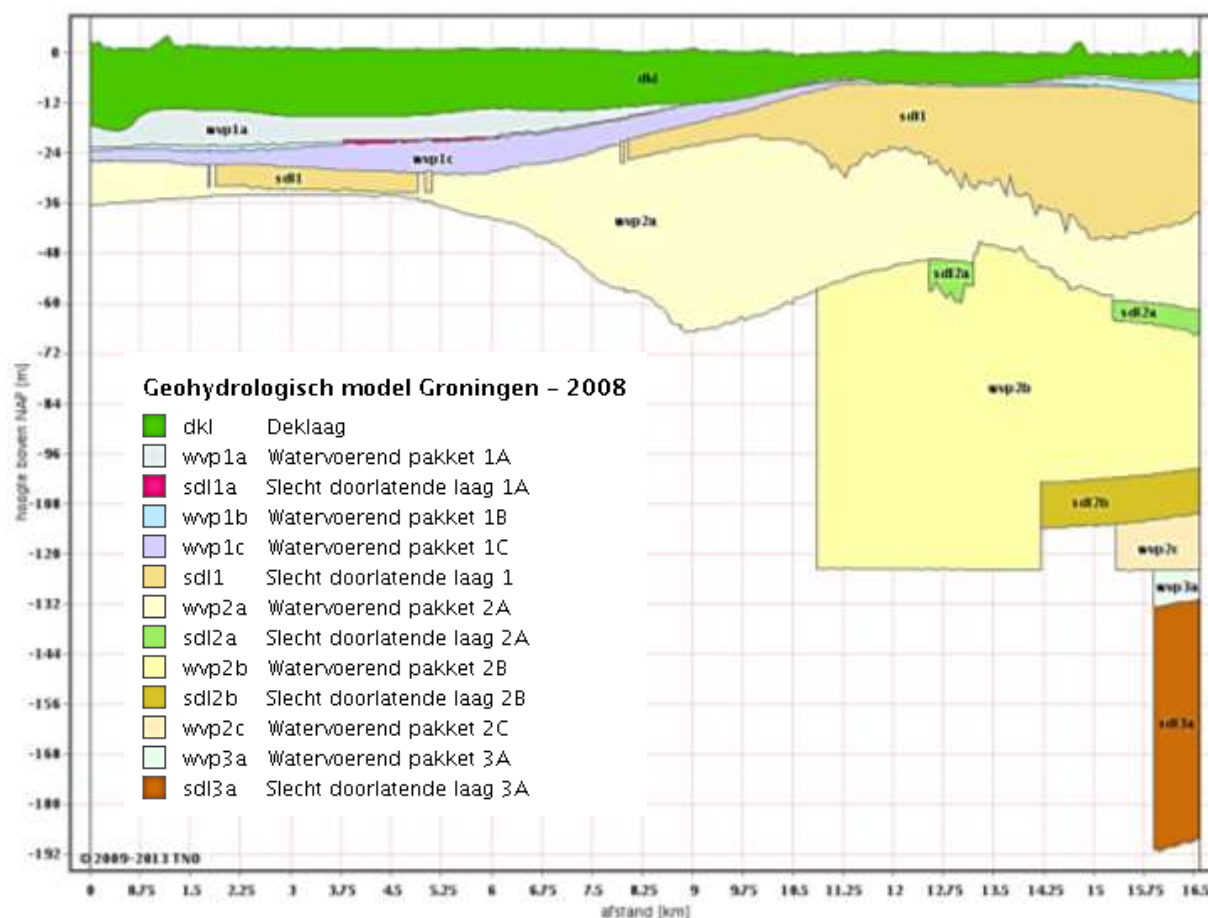
Deze formaties bestaan voornamelijk uit de volgende grondsoorten;

- Formatie van Bortel: zand, silt, leem en lokaal ook klei, grind of gyttja
- Formatie van Peelo: fijn zand en klei
- Formatie van Drenthe: zand, klei en leem
- Formatie van Appelscha: zand, grind (met uiteenlopende korrelgroottes) en dunne laagjes klei of leem
- Formatie van Peize – Waalre: grof zand en grind, zeer kwartsrijk, veldspaat, dunne laagjes klei of leem en geen kalk
- Formatie van Oosterhout: middelgrof zand tot grof zand, bovenste deel kleilagen
- Holocene afzettingen: rivierafzettingen (klei, zand en grind), veen, zeeklei en duin-en strandzand
- Formatie van Breda: glauconiet houdende mariene zanden en kleien



Figuur 124; Bodem dwarsdoorsnede (gebied te Delfzijl), bron: (TNO en RIZA, 2008)

Als de dwarsdoorsnede genomen tussen Eemshaven en Delfzijl, bekeken wordt (zie figuur 124 en bijlage 6) dan kan men zien dat de bovenste laag (deklaag) bestaat voornamelijk uit holocene afzettingen, waaronder zich tot 120 meter diepte een mix bestaat van de formatie van Bortel, Peelo, Appelscha, Peize – Waalre en Drente. Hieronder bevindt zich de formatie van Oosterhout en Breda. Om nu wat te kunnen zeggen over de doorlatendheid van de verschillende lagen moet het Geohydrologisch model van Groningen erbij worden gehaald.



Figuur 125; Hydrologische dwarsdoorsnede (gebied te Delfzijl), bron: (TNO en RIZA, 2008)

Het Geohydrologisch model van Groningen (zie figuur 125 en bijlage 5) laat duidelijk zien dat de formatie van Bontel gezamenlijk met de holocene afzettingen de bovenste deklaag vormen. De gebieden van de Peelo formatie bestaat uit slecht doorlatend materiaal. De slecht doorlatende laag is ongeveer 1 tot 24 meter dik en neemt richting het eind van de dwarsdoorsnee (Delfzijl) langzaam toe in dikte. Onder deze slecht doorlatende laag ligt een dik watervoerend pakket. Deze maakt verbinding met het eerste watervoerende pakket. Onder het tweede watervoerende pakket ligt een dunne slecht doorlatende laag die de tweede van de derde watervoerend pakket scheidt. Beneden de 132 meter diepte ligt er een slecht doorlatende laag bestaande uit de formatie van Oosterhout.

3.6. Nederlandse wetgeving

De bestaande wetgeving zal worden gebruikt om de verplichtingen op het gebied van veiligheid van de bedrijven welke naar schaliegas zullen boren inzichtelijk te maken en te kijken welke bescherming de deelgebieden binnen de casusgebieden genieten en of deze toereikend is. Ruud Van Boom gaf aan dat “ondanks de verschillen tussen de onconventionele gaswinning en conventionele gaswinning, beide manieren van gaswinning zich aan de zelfde wetgeving zal moeten houden” (Boom, 2014). Ook werd er aangegeven dat het beste de volgende bronnen gebruikt kunnen worden; (Staatstoezicht op de Mijnen, 2014) en (NL Olie- en Gasportaal, 2014). Op de website van het NL Olie- en Gasportaal werd verwezen naar meerdere bronnen (NL Olie- en Gasportaal, 2014) met betrekking tot de wetgeving en ook op de website van de Staatstoezicht op de Mijnen. Per paragraaf wordt een wet toegelicht welke betrekking heeft tot gaswinning.

Op de website van de staatstoezicht op de mijnen (www.sodm.nl) staat al deze wetgeving welke gebruikt kan worden voor het toetsen van de activiteiten met betrekking tot gaswinning en de activiteiten die komen kijken bij het boren naar schaliegas. Ook zal gebruik worden gemaakt van de website van de Ministerie van Economische zaken, TNO en Geologische Dienst Nederland (nlog.nl) (Boom, 2014).

Aan deze wetgeving zijn de wetten genaamd Natuurbeschermingswet 1998 en Flora en Fauna wet toegevoegd, om de gebied specifieke regelgeving van het deelgebied de Alde Feanen binnen het onderzoek ook mee te nemen. Deze regelgeving geldt binnen dit gebied, mede door de kwetsbaarheid van het gebied ten opzichte van de ecologie en stabiliteit binnen dit natuurgebied. Per wet zijn alleen de delen in het onderzoek opgenomen welke specifiek over gaswinning, mijnbouw in het algemeen gaan of ten behoeve van de bescherming van het landschap (bijvoorbeeld natuur en openbare drinkwatervoorziening) gaan. Het belang van deze wetgeving is dat ondanks de beperkingen op het gebied van schaliegas, het een leidraad biedt op welke aspecten binnen de Nederlandse en Europese wetgeving gelet wordt en welke punten binnen dit onderzoek extra aandacht verdienen.

Regeling omgevingsrecht

Binnen de regeling omgevingsrecht staat beschreven dat ten eerste de gebruiksoppervlakte van de inrichting opgegeven moet worden. Ook moet worden vastgesteld wat het invloedsgebied is van de inrichting. “Dit houdt in het gebied waarin volgens door Onze Minister bij ministeriële regeling op grond van artikel 15, eerste lid, van het Besluit externe veiligheid inrichtingen te stellen regels personen worden meegeteld voor de berekening van het groepsrisico” (Rijksoverheid, 2014). Onder groepsrisico wordt hier bedoeld “het cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof betrokken is” (Rijksoverheid, 2014). Behalve het invloedsgebied moet ook bekend zijn wat het plaatsgebonden risico is. “Dit is de risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof betrokken is” (Rijksoverheid, 2014). In het geval van fracken zal dit het afvalwater inhouden en de chemicaliën welke in de boorgat worden gepompt en ook de verontreiniging van drinkwater mits deze voorkomt. Deze wetgeving is van belang voor de Nederlandse situatie, omdat gaswinning risico’s met zich mee brengt voor de bevolking wanneer niet duidelijk wat het risico is voor mensen rondom het gebied en wat het invloedsgebied rondom de inrichting is.

Mijnbouwregeling

Het winnen van gas valt in Nederland onder de mijnbouwregeling, dus zal ook het winnen van schaliegas onder deze regeling gaan vallen, als naar het gas wordt geboord. Van elke inrichting moet het oppervlak vermeldt worden, uitgedrukt in km². “Een plaats of een traject wordt, onder vermelding van de coördinaten daarvan, aangegeven op een kaart en de ligging van een gebied wordt, onder vermelding van de coördinaten van de hoekpunten daarvan, aangegeven op een kaart” (Rijksoverheid, 2014).

“Bij de aanvraag om een opsporingsvergunning als bedoeld in de artikelen 6 en 25 van de wet vermeldt de aanvrager; voor welk tijdvak de vergunning wordt gevraagd, voor welk gebied de vergunning wordt gevraagd en of de aanvraag betrekking heeft op de opsporing van delfstoffen onder vermelding van de delfstof” (Rijksoverheid, 2014). De aanvrager hiervan, in dit geval een bedrijf welke naar schaliegas wil gaan boren, “verstrekt bij de aanvraag; een programma waarin is aangegeven welke verkenningsonderzoeken en opsporingsactiviteiten de aanvrager voornemens is uit te voeren, het daarbij behorende tijdschema en welke technieken daarbij worden gebruikt, een geologisch rapport, dat een opgave van de voor de onderbouwing van de aanvraag gebruikte verkenningsonderzoeken en andere geologische gegevens, de interpretatie van deze gegevens en de daarbij gehanteerde onzekerheidsanalyse, een beschrijving van de locale en regionale geologie en indien het een vergunning voor koolwaterstoffen betreft: een beschrijving van de verwachte hoeveelheid aanwezige delfstof per mogelijk aanwezig voorkomen bevat” (Rijksoverheid, 2014). Er zal hier bovendien van de bedrijven worden verwacht om onder andere een milieueffectrapportage te schrijven, welke de effecten zal beschrijven welke de activiteiten hebben op de gebieden. Het schrijven van een milieueffectrapportage valt echter onder de Wet milieubeheer. Dit zal dan ook verder worden toegelicht in de daarvoor betreffende paragraaf.

“ Indien de aanvraag een winningvergunning voor koolwaterstoffen betreft, verstrekt de aanvrager naast de gegevens, bedoeld in het eerste lid, ook een raming van de verwachte hoeveelheid en de samenstelling van de aanwezige delfstoffen en de daarbij gehanteerde onzekerheidsanalyses, structuurkaarten van de bovenzijde van de reservoirlagen waarin de aanwezigheid van koolwaterstoffen is aangetoond of wordt vermoed, een beschrijving van de onderzoeksmethoden die tot de in de onderdelen a en b bedoelde gegevens hebben geleid en een meerjarenprogramma waarin de te verrichten winningactiviteiten worden beschreven, alsmede de technieken die daarbij worden gebruikt, daaronder begrepen de in het kader van de winning noodzakelijke behandeling van de gewonnen delfstoffen en het vervoer daarvan tot het punt waar die delfstoffen aan een ander worden overgedragen” (Rijksoverheid, 2014). Na de proef boring is het relatief eenvoudig om meerdere van deze gegevens over de verwachte hoeveelheid en de samenstelling van de aanwezige delfstoffen te geven en ook structuurkaarten van de bovenzijde van de reservoirlagen waarin de aanwezigheid van koolwaterstoffen is aangetoond of wordt vermoed.

“Het gebied als waarvoor een opsporings- of winningvergunning voor koolwaterstoffen wordt verleend, is, voor zover dat met een doelmatige en voortvarende opsporing en winning van koolwaterstoffen verenigbaar en op grond van de aantoning uit geologisch oogpunt gerechtvaardigd is, in overeenstemming met de ingediende aanvraag” (Rijksoverheid, 2014). “Een opsporings- of winningvergunning voor koolwaterstoffen wordt bovendien ook geweigerd indien de technische mogelijkheden van de aanvrager niet toereikend zijn voor een goede uitvoering van het opsporingsonderzoek of de winning in het gebied, waarvoor de vergunning wordt aangevraagd. Bij de beoordeling van de technische mogelijkheden van de aanvrager worden in ieder geval betrokken, de geologische en mijnbouwkundige kennis van de aanvrager, de ervaring met opsporing en winning van de aanvrager, alsmede de wijze waarop deze activiteiten door hem zijn uitgevoerd, de technische mogelijkheden van de rechtspersonen, waarvan de aanvrager de dochtermaatschappij is of die behoren tot de groep, waartoe de aanvrager behoort, voor zover blijkt dat deze technische mogelijkheden ter beschikking staan of zullen staan van de aanvrager” (Rijksoverheid, 2014). Dit

houdt in dat als aan een van deze voorwaarden niet is voldaan de vergunning niet verleend zal worden.

Behalve naar de kennis en techniek welke de aanvrager bezit en naar het feit dat de doelmatige en voortvarende opsporing en winning van koolwaterstoffen verenigbaar en op grond van de aantoning uit geologisch oogpunt gerechtvaardigd is, wordt ook gekeken naar de financiële middelen. “Een opsporings- of winningvergunning voor koolwaterstoffen wordt geweigerd indien de financiële mogelijkheden van de aanvrager niet toereikend zijn voor een goede uitvoering van het opsporingsonderzoek of de winning in het gebied, waarvoor de vergunning wordt aangevraagd en voor het nakomen van de verplichtingen, die daaruit voortvloeien. Bij de beoordeling van de financiële mogelijkheden van de aanvrager worden in ieder geval betrokken, de financiële middelen, waarover de aanvrager beschikt, de wijze, waarop de aanvrager voornemens is het opsporingsonderzoek of de winning te financieren, de financiële mogelijkheden van de rechtspersonen, waarvan de aanvrager de dochtermaatschappij is of die behoren tot de groep, waartoe de aanvrager behoort, voor zover blijkt dat deze financiële mogelijkheden ter beschikking staan of zullen staan van de aanvrager” (Rijksoverheid, 2014). Dit zal gewoon inhouden dat wordt gekeken naar de feit of de aanvrager het opsporingsonderzoek en de winning kan financieren.

Ook wordt een opsporings- of winningvergunning voor koolwaterstoffen geweigerd indien de manier waarop de aanvrager voornemens is het opsporingsonderzoek of de winning in het gebied, waarvoor de vergunning wordt aangevraagd, te verrichten het belang van een doelmatige en voortvarende opsporing en winning in onvoldoende mate verzekert. Dit houdt hoofdzakelijk in of de geologische onderbouwing van het in onderdeel a bedoelde programma gerechtvaardigd is en of de praktische uitvoerbaarheid van het in onderdeel a bedoelde programma realistisch is (Rijksoverheid, 2014).

Als de winning zal plaatsvinden, zal er ook een vergunning pijpleidingen en kabels moeten worden aangevraagd. “Bij de aanvraag om een vergunning tot aanleg van een pijpleiding als bedoeld in artikel 94 van het besluit verstrekt de aanvrager gegevens omtrent, het tijdvak waarvoor de vergunning wordt gevraagd, het traject van de pijpleiding, de wijze waarop de pijpleiding wordt aangelegd en de diepte waarop de pijpleiding in de bodem wordt gelegd, de resultaten van het onderzoek van het voorgenomen traject in een strook van 600 meter, waarvan de as van de strook samenvalt met het gekozen traject en waarin is beschreven en ook de aanwezige obstakels, de ligging van bestaande pijpleidingen en kabels, de grondmechanische eigenschappen, de analyse en kwaliteit van de bodemonsters en sonderingen, een rapport van het voorontwerp van de pijpleiding waarin is beschreven wat de eigenschappen en diameter van de pijpleiding is, de stoffen die erin worden vervoerd, een analyse van de veiligheids- en milieurisico's en de tijd gedurende welke de pijpleiding wordt gebruikt voor het vervoer van die stoffen” (Rijksoverheid, 2014).

Voorts wordt in deze afdeling onder zeebodem mede begrepen: de bodem van oppervlaktewater. Van de boorgaten op land moet bekend zijn wat de naam van de gemeente is waarin het boorgat zal worden aangelegd en ook de benaming van het boorgat, de plaats van het aanzetpunt daarvan uitgedrukt in het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting en een opgave van de hoogte van het maaiveld in meters ten opzichte van N.A.P evenals de hoogte van de boortafel.

Voordat er geboord zal worden moet ook bekend zijn wat “de precieze locatie zal zijn waar een boorgat het voorkomen zal binnendringen en de voorgenomen diepte van het boorgat, de selectiecriteria waarop de verbuizingsdiepten zijn gekozen, rekening houdend met de maximaal toelaatbare instromingvolumes bij de verwachte formatiesterken, de geologische formaties, welke vermoedelijk zullen worden doorboord, de in het boorgat te verwachten poriëndrukken en bezwijkdrukken van het gesteente met de beoogde boorspoelingsdrukken en elke plaats waar spoelingverliezen kunnen optreden, een plastisch gesteente te verwachten is, of koolwaterstofaccumulatie aanwezig kan zijn” (Rijksoverheid, 2014). Er zal hier dus moeten worden

vermeld waar verontreinigd water zal kunnen voorkomen en welke formaties worden doorboord. Hierbij is het van belang dat er een dikke zoutlaag aanwezig is welke de contaminatie van grondwater ten behoeve van drinkwater relatief laag zal houden.

Ook moet per boorgat bekend zijn wat “de aan te brengen cementatie van elke verbuizingsserie is met vermelding van de voorgenomen diepte van de top van de annulaire cementkolom en een opgave van de beproevingsdruk van elke verbuizingsserie, een opgave van de toe te passen methodes van formatiesterke testen, een opgave van de te gebruiken boorspoeling alsmede een gedetailleerde toelichting op de gemaakte keuze, een opgave van de bij de aanleg van het boorgat te gebruiken chemicaliën, hun hoeveelheden alsmede een beschrijving van het gebruik van die chemicaliën waaruit blijkt dat wordt voldaan aan; de EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen en de bij of krachtens titel 9.3 van de Wet milieubeheer voor de uitvoering van die verordening gestelde voorschriften, de EG-verordening indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels en de bij of krachtens titel 9.3a van de Wet milieubeheer voor de uitvoering van die verordening gestelde voorschriften. Indien een boorgruis reinigingssysteem zal worden gebruikt: een opgave van het systeem dat zal worden gebruikt alsmede van de eventueel daarbij te gebruiken chemicaliën” (Rijksoverheid, 2014).

“De voorzieningen, bedoeld in het eerste lid, bestaan uit, een afsluiter die het boorgat kan afsluiten rondom het boorgereedschap dat zich in het boorgat bevindt en een spoelstuk met een inwendige diameter die tenminste gelijk is aan de in onderdeel a bedoelde afsluiter en tenminste is voorzien van één zijuitlaat met een afsluiter waarvan de bediening gekoppeld is aan de in onderdeel a bedoelde afsluiter, maar waarvan de werking tegengesteld is aan die van deze afsluiter. De voor deze voorzieningen benodigde afvoerleidingen hebben een inwendige diameter van ten minste 250 mm en worden met een zo gering mogelijk aantal bochten geïnstalleerd. Op de plaats van de bochten worden inwendige voorzieningen aangebracht die het eroderen van de leidingen zoveel mogelijk voorkomen” (Rijksoverheid, 2014). Er moet dus dan ook getest worden of de casing nog voldoet aan de eisen welke daaraan gesteld zijn, oftewel lekt het boorgat of niet.

Om deze redenen is het volgende van belang; “Het boorgat moet na het inbouwen en cementeren van de eerste drukhoudende serie der verhuizing voorzien worden van een beveiligingsinstallatie waarmee het boorgat onder alle omstandigheden kan worden afgesloten. Een spuitend produceerbare put is voorzien van een op een diepte van ten minste 50 meter onder het aardoppervlak of de bodem van oppervlaktewater aangebrachte beveiligingsinstallatie ter voorkoming van het ongecontroleerd spuiten van de put. Deze beveiligingsinstallatie is van boven het aardoppervlak of oppervlaktewater bedienbaar. Zodra bediening van de in het voorgaande lid bedoelde beveiligingsinstallatie niet meer mogelijk is, wordt de put automatisch ingesloten. De goede werking van de beveiligingsinstallatie wordt met behulp van periodieke testen aangetoond. De frequentie van de testen en de resultaten hiervan worden vastgelegd” (Rijksoverheid, 2014).

“Van een onder oppervlaktewater afgewerkte put staan de ruimten tussen twee opeenvolgende drukhoudende verbuizingsseries niet in open verbinding met de ondergrond. De eerste zin is niet van toepassing op de annulaire ruimte van de productie verbuizingsserie, die in open verbinding kan staan met de ondergrond voor expansie door temperatuurschommelingen tijdens productie. De productie annulaire ruimte is dan afgedicht bij de afhangconstructie” (Rijksoverheid, 2014).

“De uitvoerder draagt er ook zorg voor dat het gebruik of de lozing van chemicaliën als bedoeld in paragraaf 9.2 beperkt blijft tot hetgeen strikt noodzakelijk is bij mijnbouwactiviteiten. De chemicaliën voldoen aan: de EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen en de bij of krachtens titel 9.3 van de Wet milieubeheer voor de uitvoering van die verordening gestelde voorschriften, de EG-verordening indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels en de bij of krachtens titel 9.3a van de Wet milieubeheer voor de uitvoering van die verordening gestelde

voorschriften en de biocidenverordening en de bij of krachtens de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden voor de uitvoering van die verordening gestelde voorschriften” (Rijksoverheid, 2014).

Het gebruik van de volgende chemicaliën is verboden:

- boorvloeistof die op dieselolie is gebaseerd en
- OPF-vloeistof, indien de OPF-vloeistof wordt gebruikt in het gedeelte van een boorgat met een doorsnede van meer dan 12¼ inch (= 298,9 mm).

De lozing van de volgende chemicaliën is verboden:

- OPF-vloeistoffen, al dan niet gemengd met boorgruis en
- boorgruis dat vervuild is met synthetische vloeistoffen.

“Voorts wordt bij de aanvraag voldoende beargumenteerd ingegaan op veiligheids- en gezondheidsaspecten en financiële factoren die gemoeid zijn met het gebruik of het lozen van chemicaliën alsmede op de technische prestaties van de chemicaliën. Onder chemicaliën wordt hier, bedoeld; de chemicaliën, genoemd in Ospar-akkoord 2004–12, chemicaliën die anorganisch zijn en een LC50 of EC50 van minder dan 1 mg/l hebben, chemicaliën die een biodegradatie hebben van minder dan 20% gedurende 28 dagen, chemicaliën die voldoen aan twee van de volgende drie criteria; niet snel bio-afbreekbaar zijn, een groot potentieel voor bio-accumulatie hebben ($\log \text{Pow} \geq 3$ of $\text{BCF} > 100$ en het molecuulgewicht in aanmerking genomen ($M < 600$)), of zeer toxisch zijn ($\text{LC50} < 10 \text{ mg/l}$ of $\text{EC50} < 10 \text{ mg/l}$). Een HOCNF-formulier is een gegeven als bedoeld in artikel 10, eerste lid, onderdeel c, van de Wet openbaarheid van bestuur en is noodzakelijk bij gebruik van chemicaliën. Een aanvraag tot registratie van chemicaliën wordt tezamen met een HOCNF-formulier, ingevuld volgens Ospar-akkoord 2005-13, door de producent of leverancier bij de minister ingediend. De toxiciteitstest waarvan het resultaat wordt opgenomen in het HOCNF-formulier wordt op stofbasis verricht met inachtneming van de Ospar-akkoorden 2005-11 en 2005-12” (Rijksoverheid, 2014).

Besluit omgevingsrecht

Voordat een inrichting zoals een boorinstallatie kan worden gerealiseerd moet eerst worden gekeken naar het bestemmingsplan, “en moet in het belang van de archeologische monumentenzorg in ieder geval voorschriften aan de omgevingsvergunning worden verbonden, inhoudende een verplichting tot het treffen van technische maatregelen waardoor monumenten in de bodem kunnen worden behouden, het doen van opgravingen in de zin van artikel 1, onder h, van de Monumentenwet 1988, of de activiteit die tot bodemverstoring leidt, te laten begeleiden door een deskundige op het terrein van de archeologische monumentenzorg die voldoet aan bij die voorschriften te stellen kwalificaties” (Rijksoverheid, 2014).

“Met betrekking tot een aanvraag ten aanzien van activiteiten, in gevallen waarin burgemeester en wethouders het bevoegd gezag zijn, worden als adviseur aangewezen; het bestuur van de veiligheidsregio binnen wiens gebied de betrokken inrichting geheel of in hoofdzaak zal zijn of is gelegen, gedeputeerde staten van de provincie, waarin de inrichting geheel of in hoofdzaak zal zijn of is gelegen, indien de inrichting of een onderdeel daarvan is gelegen in een gebied, waarvoor bij provinciale milieuverordening regels zijn gesteld ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op de waterwinning” (Rijksoverheid, 2014).

Waterwet

“Een vergunning voor het infiltreren van water wordt slechts verleend, indien er geen gevaar is voor verontreiniging van het grondwater. Bij de beoordeling van dat gevaar worden de krachtens artikel 12 van de Wet bodembescherming gestelde regels in acht genomen. Aan de vergunning worden in ieder geval voorschriften verbonden ter verzekering van de controle op de kwaliteit van het grondwater” (Rijksoverheid, 2014). Omdat het boren naar schaliegas de watervoerende pakketten

doorboort waarin het drinkwater wordt gewonnen, zal ook deze wet bij het boren naar en het winnen van schaliegas worden betrokken. Als er dus gevaren zijn voor het grondwater of oppervlaktewater bestemd voor drinkwater door besmetting door chemicaliën zal door deze wet de boring niet door mogen gaan, in verband met de volksgezondheid.

Wet milieubeheer

In deze wetgeving staat onder andere beschreven wat de concentratie van het terugstromende water mag zijn. “Provinciale staten stellen ter bescherming van het milieu een verordening vast. De verordening bevat ten minste: regels ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op de waterwinning in bij de verordening aangewezen gebieden, regels inzake het voorkomen of beperken van geluidhinder in bij de verordening aangewezen gebieden. Bij de verordening worden, voor zover dit naar het oordeel van provinciale staten van meer dan gemeentelijk belang is, verdere regels gesteld ter bescherming van het milieu” (Rijksoverheid, 2014). “Bij een maatregel worden de bevoegdheden aangewezen bij de uitoefening waarvan; de gestelde grenswaarden in acht moeten worden genomen bij de maatregel, met de bij de maatregel gestelde richtwaarden rekening moet worden gehouden, of de bij die maatregel ter uitvoering van een EU-richtlijn of EU-verordening gestelde milieukwaliteitseisen worden betrokken, op de bij die maatregel bepaalde wijze” (Rijksoverheid, 2014). “Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur kan met betrekking tot daarbij aangegeven onderwerpen de verplichting worden opgelegd te voldoen aan voorschriften die nodig zijn ter bescherming van het milieu, gesteld door een bij die maatregel aangegeven bestuursorgaan” (Rijksoverheid, 2014). Dit houdt in dat bij het boren naar schaliegas de verplichting worden opgelegd te voldoen aan voorschriften die nodig zijn ter bescherming van het milieu, welke gesteld moet worden door de het bevoegde bestuursorgaan in het gebied.

Voor het water welke verontreinigd uit de bodem weer terug keert gelden tenminste de volgende richtwaarden; “Voor arseen geldt 6 nanogram per m³ als jaargemiddelde concentratie, gedefinieerd als het totale gehalte arseen in de PM₁₀ fractie, als richtwaarde die met ingang van 1 januari 2013 voor zover mogelijk moet worden bereikt, voor de bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu. Voor cadmium geldt 5 nanogram per m³ als jaargemiddelde concentratie, gedefinieerd als het totale gehalte cadmium in de PM₁₀ fractie, als richtwaarde die met ingang van 1 januari 2013 voor zover mogelijk moet worden bereikt, voor de bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu. Voor nikkel geldt 20 nanogram per m³ als jaargemiddelde concentratie, gedefinieerd als het totale gehalte nikkel in de PM₁₀ fractie, als richtwaarde die met ingang van 1 januari 2013 voor zover mogelijk moet worden bereikt, voor de bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu. Voor benzo(a)pyreen geldt 1 nanogram per m³ als jaargemiddelde concentratie, gedefinieerd als het totale gehalte benzo(a)pyreen in de PM₁₀ fractie, als richtwaarde die met ingang van 1 januari 2013 voor zover mogelijk moet worden bereikt, voor de bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu” (Rijksoverheid, 2014). Als er de concentraties van deze stoffen boven de genoemde richtwaarden zijn, in geval van het boren naar schaliegas en de daarbij behorende activiteiten, het afvalwater welke na het boren vrijkomt, dan is de activiteit in strijd met de daarbij behorende vergunning en wordt de vergunning nietig verklaart.

“Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur worden regels gesteld, die nodig zijn ter bescherming van het milieu tegen de nadelige gevolgen die inrichtingen daarvoor kunnen veroorzaken. Daarbij kan worden bepaald dat daarbij gestelde regels slechts gelden in daarbij aangegeven categorieën van gevallen. Bij de beslissing tot het vaststellen van een algemene maatregel van bestuur als bedoeld in het eerste lid, worden in ieder geval betrokken: de bestaande toestand van het milieu, voor zover inrichtingen die tot de betrokken categorieën behoren, daarvoor gevolgen kunnen veroorzaken; de gevolgen voor het milieu, die inrichtingen die tot de betrokken categorieën behoren, kunnen veroorzaken, mede in hun onderlinge samenhang bezien; de met betrekking tot inrichtingen die tot de betrokken categorieën behoren en de omgeving waarin zodanige inrichtingen zijn of kunnen zijn gelegen, redelijkerwijs te verwachten ontwikkelingen die

van belang zijn met het oog op de bescherming van het milieu; de mogelijkheden tot bescherming van het milieu, door de nadelige gevolgen voor het milieu, die inrichtingen die tot de betrokken categorieën behoren, kunnen veroorzaken, te voorkomen, dan wel zoveel mogelijk te beperken, voor zover zij niet kunnen worden voorkomen; de voor onderdelen van het milieu, waarvoor de betrokken categorieën van inrichtingen gevolgen kunnen hebben geldende milieukwaliteitseisen; de redelijkerwijs te verwachten financiële en economische gevolgen van de maatregel” (Rijksoverheid, 2014). De activiteiten met betrekking tot het boren naar schaliegas moeten geen nadelige effecten hebben op het milieu. Maatregelen moeten worden getroffen om deze te voorkomen.

Mijnbouwwet

In De mijnbouwwet staat geschreven dat “Het is verboden zonder vergunning van Onze Minister; delfstoffen op te sporen, delfstoffen te winnen, aardwarmte op te sporen en te winnen.

Een vergunning wordt niet verleend, voor zover deze bij het in werking treden zou gaan gelden voor een gebied waarvoor op dat tijdstip reeds een door een ander gehouden vergunning voor dezelfde delfstof geldt” (Rijksoverheid, 2014). “Een winningvergunning wordt slechts verleend, indien aannemelijk is dat de delfstoffen binnen het gebied waarvoor de vergunning zal gelden economisch winbaar zijn. Een vergunning kan slechts worden geweigerd als; op grond van de technische of financiële mogelijkheden van de aanvrager, op grond van de manier waarop de aanvrager voornemens is de activiteiten, waarvoor de vergunning wordt aangevraagd, te verrichten, op grond van het gebrek aan efficiëntie en verantwoordelijkheidszin, daaronder mede verstaan maatschappelijke verantwoordelijkheidszin, waarvan de aanvrager blijk heeft gegeven bij activiteiten, of indien een keuze moet worden gemaakt uit twee of meer aanvragen om een vergunning die bij een beoordeling op grond van de onderdelen gelijkwaardig zijn gebleken, in het belang van het doelmatig en voortvarend opsporen en winnen” (Rijksoverheid, 2014). Als dus niet aangetoond kan worden dat het winnen van schaliegas economisch winbaar is, wordt er geen vergunning verleend. “De houder van een vergunning, ingeval de vergunning haar gelding heeft verloren, neemt alle maatregelen die redelijkerwijs van hem gevegd kunnen worden om te voorkomen dat als gevolg van de met gebruikmaking van de vergunning verrichte activiteiten; nadelige gevolgen voor het milieu worden veroorzaakt, schade door bodembeweging wordt veroorzaakt, de veiligheid wordt geschaad, of het belang van een planmatig beheer van voorkomens van delfstoffen of aardwarmte wordt geschaad. Een niet meer in gebruik zijnde mijnbouwinstallatie wordt verwijderd” (Rijksoverheid, 2014).

“De vergunning kan slechts in het belang van de bescherming van het milieu worden geweigerd.

Met het oog op de kans op beweging van de aardbodem worden metingen verricht voor de aanvang van het winnen van delfstoffen, tijdens het winnen en tot dertig jaar na het beëindigen van het winnen. Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur worden regels gesteld omtrent deze metingen en de rapportage over de uitkomsten daarvan” (Rijksoverheid, 2014). “Indien een vergunning voor het winnen van delfstoffen of aardwarmte geldt voor een gebied, waarin zich een voorkomen bevindt dat naar redelijkerwijs kan worden aangenomen de grens van het vergunningsgebied overschrijdt, is de vergunninghouder verplicht om medewerking te verlenen aan de totstandkoming van een overeenkomst tussen de vergunninghouder en de voor het aangrenzende gebied tot het winnen van de delfstoffen of aardwarmte gerechtigde, tenzij Onze Minister van deze verplichting ontheffing verleent. De overeenkomst strekt er toe dat het winnen in onderlinge overeenstemming zal geschieden. Onze Minister kan eisen stellen aan de tot stand te brengen overeenkomst. De overeenkomst en de wijzigingen in de overeenkomst worden aan Onze Minister overgelegd” (Rijksoverheid, 2014). “Onze Minister kan rond een mijnbouwinstallatie een veiligheidszone van een door hem te bepalen omvang instellen. Zodanige veiligheidszone kan zich niet verder uitstrekken dan tot een afstand van 500 meter, gemeten vanaf de buitenzijde van de installatie” (Rijksoverheid, 2014).

Drinkwaterwet

“De eigenaar van een drinkwaterbedrijf heeft tot taak; het tot stand brengen en in stand houden van een duurzame en doelmatige openbare drinkwatervoorziening in het voor zijn bedrijf vastgestelde distributiegebied;

- het tot stand brengen en in stand houden van de infrastructuur die noodzakelijk is voor de productie en distributie van drinkwater in dat distributiegebied;
- het leveren van drinkwater binnen het voor zijn bedrijf vastgestelde distributiegebied en
- het borgen van de kwaliteit en duurzaamheid van het productie- en distributieproces en het geleverde drinkwater.

De eigenaar van een drinkwaterbedrijf heeft voorts tot taak:

- het bijdragen aan de bescherming van de bronnen voor de drinkwatervoorziening in zijn distributiegebied tegen verontreiniging, waaronder in elk geval wordt begrepen:
 - het verrichten van onderzoek naar de kwaliteit van deze bronnen;
 - het beheren of medebeheren van terreinen rondom deze bronnen gericht op het voorkomen of beperken van verontreiniging van deze bronnen;
- het bijdragen aan het uit een oogpunt van volksgezondheid verantwoord omgaan met drinkwater door eigenaars, consumenten en andere afnemers tussen het punt van levering en het punt waar het drinkwater voor consumptie ter beschikking komt, waaronder in elk geval wordt begrepen:
 - het geven van voorlichting aan consumenten;
 - het opstellen van technische eisen ten aanzien van de op zijn distributienet aan te sluiten en aangesloten installaties;
 - het overeenkomstig artikel 24 uitvoeren van controles ten aanzien van bedoelde installaties.

Indien de levering van drinkwater aan consumenten of andere afnemers naar het oordeel van de inspecteur gevaar voor de volksgezondheid kan opleveren, kan hij die levering verbieden of slechts toestaan voor gebruik in door hem aan te geven gevallen, op een daarbij aan te geven wijze.

Onze Minister kan in geval van buitengewone omstandigheden, zo mogelijk na overleg met de eigenaar van een drinkwaterbedrijf en zo lang als die omstandigheden dat vereisen, regels stellen of maatregelen treffen die hij redelijkerwijs nodig acht in het belang van de veiligstelling van de openbare drinkwatervoorziening” (Rijksoverheid, 2014). Dit houdt in dat activiteiten welke de openbare drinkwatervoorziening bedreigen in het geding zijn met de Drinkwaterwet. Als het water bestemd voor drinkwater besmet is met chemicaliën welke een gevaar kunnen vormen voor de volksgezondheid, houdt dit in dat de drinkwaterbedrijven het drinkwater aan niemand kunnen verkopen. Dit houdt echter ook in als dit op grote schaal zal gebeuren, de zekerheid van de openbare drinkwater voorziening in gevaar kan komen.

Mijnbouwbesluit

“Het winningsplan, voor de winning van koolwaterstoffen bevat: een beschrijving van de verwachte hoeveelheid en de samenstelling van de aanwezige koolwaterstoffen, onderverdeeld naar reservoirlaag en reservoircompartiment; een opgaaf van de gegevens met betrekking tot de structuur van het voorkomen, onderverdeeld naar reservoirlaag en reservoircompartiment, met bijbehorende geologische, geofysische en petrofysische studies en de daarbij gehanteerde onzekerheidsanalyses, een beschrijving van de wijze van de winning, een beschrijving van het mijnbouwwerk en de ligging ervan, een opgaaf van het aantal boorgaten dat bij de winning wordt gebruikt, een opgaaf van de volgorde en het tijdsbestek van het maken van de boorgaten, een opgaaf van de ligging, lengte en diameter van de verbuizing van de boorgaten, een opgaaf van de plaats en wijze waarop de koolwaterstoffen in de verbuizing treden, een opgaaf van de samenstelling

en hoeveelheden van de stoffen, die jaarlijks onvermijdelijk bij de winning van koolwaterstoffen meekomen, een opgaaft van de hoeveelheden gewonnen koolwaterstoffen die jaarlijks bij de winning wordt gebruikt, afgeblazen of afgefakkeld, een opgaaft van de samenstelling en hoeveelheden delfstoffen en andere stoffen die jaarlijks bij de winning in de ondergrond worden teruggebracht, een opgaaft van de jaarlijkse kosten van de winning, onderverdeeld in kosten voor investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering en de kosten van het verlaten en verwijderen van mijnbouwwerken, een kaart met daarop de contouren van de verwachte uiteindelijke mate van bodemdaling, een overzicht met het verloop van de verwachte mate van bodemdaling in de tijd, een opgaaft van de onzekerheid omtrent de verwachte mate van bodemdaling” (Rijksoverheid, 2014). “Ook een risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning, een beschrijving van de mogelijke omvang en verwachte aard van de schade door bodembeweging, een beschrijving van de maatregelen die worden genomen om bodembeweging te voorkomen of te beperken en een beschrijving van de maatregelen die worden genomen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken moet in het winningsplan voorkomen” (Rijksoverheid, 2014).

“De volgende zaken zijn verboden op een mijnbouwwerk:

- Het is verboden op een mijnbouwinstallatie aardgas af te blazen of af te fakkelen in de open lucht dan wel andere verontreinigende stoffen uit te stoten. Het eerste geldt niet indien het afblazen of affakkelen van aardgas dan wel de uitstoot van andere verontreinigende stoffen onvermijdelijk is voor een normale bedrijfsvoering in het mijnbouwwerk. In dat geval worden alle maatregelen getroffen om schade ten gevolge van het afblazen of affakkelen van aardgas dan wel de uitstoot van andere verontreinigende stoffen zoveel mogelijk te voorkomen dan wel te beperken.
- Het is verboden olie, een oliehoudend mengsel, sanitair afval en vuilnis vanaf een mijnbouwinstallatie te lozen.

Het geldt evenmin, indien het lozen:

- noodzakelijk is om de veiligheid van de installatie te verzekeren dan wel om mensenlevens te redden;
- het gevolg is van schade aan de installatie of aan de uitrusting daarvan, indien na het ontstaan van de schade of na de ontdekking van de lozing alle redelijke maatregelen zijn getroffen om de verdere lozing te voorkomen of tot een minimum te beperken.

Indien er een lozing is waardoor nadelige gevolgen voor het milieu zijn ontstaan of dreigen te ontstaan neemt de uitvoerder onmiddellijk passende maatregelen. De bedoelde passende maatregelen houden in het voorkomen, bestrijden of beperken van de bedoelde nadelige gevolgen” (Rijksoverheid, 2014).

“De uitvoerder draagt er zorg voor dat er een rampenbestrijdingsplan is voor elke mijnbouwinstallatie die in gebruik is ten behoeve van de opsporing, winning of opslag van delfstoffen in het continentaal plat of de territoriale zee” (Rijksoverheid, 2014).

Wet geluidhinder

De laatste wet welke direct te maken heeft met het boren naar en het winnen van schaliegas is de wet geluidhinder. “Indien bij de vaststelling van een bestemmingsplan in een gebied een industrieterrein ontstaat, wordt daarbij rond het betrokken terrein gelegen een zone vastgesteld, waarbuiten de geluidsbelasting vanwege dat terrein de waarde van 50 dB(A) niet mag worden overschrijden. Voor de ter plaatse ten hoogste toelaatbare geluidsbelasting, kan een hogere dan de in dat artikel genoemde waarde worden vastgesteld, met voor de geprojecteerde woningen 55 dB(A) en voor aanwezige of in aanbouw zijnde woningen 60 dB(A) (Rijksoverheid, 2014).

Natuurbeschermingswet 1998

Ondanks dat deze wetgeving niks direct met het boren naar en het winnen van schaliegas te maken heeft, zal wel deze wetgeving worden betrokken bij het onderzoek in de casus gebieden. Onder natuurmonument wordt binnen de Natuurbeschermingswet 1998 verstaan: terrein of water, dan wel samenstel van terreinen of wateren, dat van algemeen belang is om zijn natuurwetenschappelijke betekenis of zijn natuurschoon;

“In een beschermd natuurmonument is het verboden zonder vergunning van gedeputeerde staten, , handelingen te verrichten, te doen verrichten of te gedogen, die schadelijk kunnen zijn voor het natuurschoon, voor de natuurwetenschappelijke betekenis van het beschermd natuurmonument of voor dieren of planten in het beschermd natuurmonument of die het beschermd natuurmonument ontsieren, dan wel in strijd met de bij een vergunning gestelde voorschriften of beperkingen handelingen te verrichten, te doen verrichten of te gedogen. Als schadelijke handelingen worden hier in elk geval aangemerkt handelingen die de in het besluit tot aanwijzing als beschermd natuurmonument vermelde wezenlijke kenmerken van het beschermde natuurmonument aantasten” (Rijksoverheid, 2014). Dit houdt in dat een activiteit ongeacht in of in de buurt van het beschermde natuurmonument dit monument aantast, in strijd is met de Natuurbeschermingswet 1998.

“Het bevoegd gezag draagt ervoor zorg dat passende maatregelen worden genomen om te voorkomen dat bestaand gebruik de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in een Natura 2000-gebied verslechtert en dat er door bestaand gebruik storende factoren optreden die gelet op de instandhoudingdoelstellingen een significant effect kunnen hebben op de soorten waarvoor het gebied is aangewezen. Het bevoegd gezag kan degene die bestaand gebruik uitoefent waardoor de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in een Natura 2000-gebied kan verslechteren of waardoor er storende factoren optreden die gelet op de instandhoudingdoelstellingen een significant effect kunnen hebben op de soorten waarvoor het gebied is aangewezen” (Rijksoverheid, 2014). Een activiteit met een storend effect op het gebied waar geen maatregelen zijn te nemen ter compensatie of ter herstelling van het beschermde Natura 2000-gebied, kan niet worden voortgezet, of wordt beperkt tot de activiteiten geen storend effect hebben op het Natura 2000-gebied. “Het is ook verboden zonder vergunning, of in strijd met aan die vergunning verbonden voorschriften of beperkingen, van gedeputeerde staten of, ten aanzien van projecten of andere handelingen te realiseren onderscheidenlijk te verrichten die gelet op de instandhoudingdoelstelling, de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in een Natura 2000-gebied kunnen verslechteren of een significant verstrend effect kunnen hebben op de soorten waarvoor het gebied is aangewezen. Zodanige projecten of andere handelingen zijn in ieder geval projecten of handelingen die de natuurlijke kenmerken van het desbetreffende gebied kunnen aantasten” (Rijksoverheid, 2014).

Flora en fauna wet

Tenslotte wordt nog de Flora en fauna wet er bij betrokken welke als aanvulling op de Natuurbeschermingswet 1998 in het onderzoek wordt opgenomen. “Bij algemene maatregel van bestuur kunnen als beschermde inheemse plantensoort worden aangewezen plantensoorten die van nature in Nederland voorkomen en die in hun voortbestaan worden bedreigd of het gevaar lopen in hun voortbestaan te worden bedreigd, niet noodzakelijkerwijs in hun voortbestaan worden bedreigd of dat gevaar lopen, doch ter bescherming waarvan maatregelen noodzakelijk zijn ter voorkoming van overmatige benutting, uit Nederland zijn verdwenen doch ten aanzien waarvan gerede kans op terugkeer bestaat of zodanige gelijkenis vertonen met soorten die zijn aangewezen op grond van het bepaalde in de onderdelen a, b of c, dat aanwijzing ervan noodzakelijk is ter bescherming van die soorten” (Rijksoverheid, 2014). “De aanwijzing van een plantensoort als beschermde inheemse plantensoort geschiedt in afwijking van het bepaalde in het eerste lid bij ministeriële regeling indien

die aanwijzing noodzakelijk is ter uitvoering van internationale verplichtingen of bindende besluiten van organen van de Europese Unie of andere volkenrechtelijke organisaties.

Als beschermde inheemse diersoort worden aangemerkt:

- alle van nature in Nederland voorkomende soorten zoogdieren, met uitzondering van gedomesticeerde dieren behorende tot bij algemene maatregel van bestuur aangewezen soorten en met uitzondering van de zwarte rat, de bruine rat en de huismuis;
- alle van nature op het Europese grondgebied van de Lid-Staten van de Europese Unie voorkomende soorten vogels met uitzondering van gedomesticeerde vogels behorende tot bij algemene maatregel van bestuur aangewezen soorten;
- alle van nature in Nederland voorkomende soorten amfibieën en reptielen en
- alle van nature in Nederland voorkomende soorten vissen, met uitzondering van de soorten waarop de Visserijwet 1963 van toepassing is.

Als beschermde inheemse diersoort kunnen voorts bij algemene maatregel van bestuur worden aangewezen diersoorten die van nature in Nederland voorkomen en die in hun voortbestaan worden bedreigd of het gevaar lopen in hun voortbestaan te worden bedreigd, niet noodzakelijkerwijs in hun voortbestaan worden bedreigd of dat gevaar lopen, doch ter bescherming waarvan maatregelen noodzakelijk zijn ter voorkoming van overmatige benutting, uit Nederland zijn verdwenen doch ten aanzien waarvan gerede kans op terugkeer bestaat of zodanige gelijkenis vertonen met soorten die zijn aangewezen op grond van het bepaalde in de onderdelen a, b of c, dat aanwijzing ervan noodzakelijk is ter bescherming van die soorten” (Rijksoverheid, 2014).

“De aanwijzing van een diersoort als beschermde inheemse diersoort geschiedt in afwijking van het bepaalde in het tweede lid bij ministeriële regeling indien die aanwijzing noodzakelijk is ter uitvoering van internationale verplichtingen of bindende besluiten van organen van de Europese Unie of andere volkenrechtelijke organisaties. Aanwijzingen van soorten, kunnen worden beperkt naar gelang van de ontwikkelingsstadia van dieren en planten behorende tot die soorten. De aanwijzingen kunnen voorts worden beperkt tot de onderscheiden producten van dieren en planten, behorende tot de soorten. Het is verboden planten, behorende tot een beschermde inheemse plantensoort, te plukken, te verzamelen, af te snijden, uit te steken, te vernielen, te beschadigen, te onwortelen of op enigerlei andere wijze van hun groeiplaats te verwijderen” (Rijksoverheid, 2014).

“Het is verboden dieren, behorende tot een beschermde inheemse diersoort, te doden, te verwonden, te vangen, te bemachtigen of met het oog daarop op te sporen. Het is verboden dieren, behorende tot een beschermde inheemse diersoort, opzettelijk te verontrusten. Het is verboden nesten, holen of andere voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaatsen van dieren, behorende tot een beschermde inheemse diersoort, te beschadigen, te vernielen, uit te halen, weg te nemen of te verstoren. Het is verboden eieren van dieren, behorende tot een beschermde inheemse diersoort, te zoeken, te rapen, uit het nest te nemen, te beschadigen of te vernielen.

Gedeputeerde staten kunnen een plaats die van wezenlijke betekenis is als leefomgeving voor een beschermde inheemse plantensoort of een beschermde inheemse diersoort, met het oog op instandhouding van die plaats ten behoeve van die soort, aanwijzen als beschermde leefomgeving. Het besluit bevat de kadastrale aanduiding van de percelen waarop de aangewezen plaats is gelegen en gaat vergezeld van een kaart waarop de plaats is aangegeven. Een plaats als bedoeld in het eerste lid, kan niet worden aangewezen als beschermde leefomgeving, indien die gelegen is in een krachtens de Natuurbeschermingswet 1998 aangewezen beschermd natuurmonument dan wel in een gebied ten aanzien waarvan een besluit tot aanwijzing als beschermd natuurmonument wordt voorbereid. Een besluit tot aanwijzing van een plaats als beschermde leefomgeving vermeldt handelingen die een aantasting van de betekenis van de aangewezen plaats als leefomgeving van de in dat besluit genoemde beschermde inheemse planten- of diersoort ten gevolge kunnen hebben” (Rijksoverheid, 2014).

4. Analyse

4.1. Wat zijn de verschillen tussen de leefomgeving in de buitenlandse literatuur en de Nederlandse leefomgeving

Om de gegevens afkomstig van de buitenlandse situatie te kunnen vertalen naar de Nederlandse leefomgeving, zal duidelijk moeten worden wat de verschillen zijn, zodat deze verschillen weggenomen kunnen worden.

Watergebruik

Het eerste deel van de effecten ging over het watergebruik. In het rapport zal verondersteld worden dat dezelfde hoeveelheid water gemiddeld per boorput verbruikt zal worden in Nederland als in Pennsylvania het geval is. Het resultaat hieruit zal zijn, dat de effecten bij een laag tot hoog verbruik zullen worden bekeken om aan te geven in welke range de effecten zullen vallen. De gegevens welke afkomstig zijn uit Pennsylvania, kunnen gebruikt worden voor de Nederlandse situatie, in tegenstelling tot die van Texas, omdat de omstandigheden in Pennsylvania ten eerste vergelijkbaar zijn met Nederland en ook de grootte van Pennsylvania vergelijkbaar is. In het deel over landschap effecten in paragraaf 4.1 over de verschillen zal hier dieper op in worden gegaan.

Boorput integriteit

Het volgende punt waarop er een verschil kan voorkomen is het materiaal welke gebruikt wordt bij het maken van de boorput (cement casing en productiepijp). Er zijn echter meerdere bronnen welke bevestigen dat er juist geen verschil tussen Amerika, England en Nederland bestaat. In Amerika worden vooral de volgende materialen gebruikt voor de productiepijp; koolstofstaal (gebruikt in de casing) (John Martins, 2001), (Smith, 1999), roestvast staal met 13% chroom tot 25% chroom (gebruikt voor injectieputten), Super 13% Cr, Duplex SS en Austenitic SS (John Martins, 2001). In England wordt ook koolstofstaal gebruikt in de casing (John Martins, 2001), (Smith, 1999) en roestvast staal met 13% chroom tot 25% chroom gebruikt (Smith, 1999). “Alle metalenpijpen vertonen corrosie problemen, echter vertonen de Duplex SS en Austenitic SS minder corrosie door CO₂ en zouten” (John Martins, 2001). Als men dan kijkt naar de situatie in Nederland en wereldwijd is te zien dat “De industrie meer uitvoerig gebruik maakt van corrosiebestendige legeringen voor de meer corrosieve boorputten, in het bijzonder wordt dan de 13% chroom legering en andere vormen van Martensitisch staal” (Kane & Burman, 2012). Er zal dan ook verder van uit worden gegaan dat vergelijkbare productiepijpen en cement casings zullen worden gebruikt voor de corrosieve schaliegas boorputten in Nederland als in Amerika.

Oppervlakte en grondwater effecten

Het volgende onderdeel welke behandeld zal gaan over de oppervlakte en grondwater effecten en dan vooral kijkend naar de verschillen in de technieken welke gebruikt worden voor de zuivering van afvalwater en het zuiveren van oppervlakte water en grondwater voor de productie van drinkwater. Tenslotte zijn ook de verschillen in waternormen van belang en zal gekeken worden wat de verwachting is in Nederland wat met het geproduceerde afvalwater zal worden gedaan.

In Nederland stroomt het afvalwater in sommige installaties door een vet- en zandvanger. “Een vetvanger doet de vetten en oliën bovendrijven en schraapt ze van het wateroppervlak. Vaak wordt een vetvanger gebruikt in combinatie met een zandvanger, die door de trage stroming grind en zand doet bezinken. In een aantal installaties haalt een voorbezinktank nog de laatste fractie bezinkbaar materiaal uit het rioolwater” (Aquafin, 2014). In Pennsylvania waar de gegevens van afkomstig zijn over de oppervlakte en grondwater effecten, wordt geen vet- en zandvanger gebruikt (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2014). Wel worden in Pennsylvania en in Nederland een aeratie carrousel gebruikt met daarna een na bezinktank (Aquafin, 2014) en (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2014).

De lichtere materialen (vet, olie, kunststoffen en zeep) welke bovendrijven in de bezinktanks worden pas in de bezinktank verwijderd in de situatie in Amerika, in Nederland wordt dit al in de eerste stap verwijderd. Langzaam bewegende harken halen het schuim van het oppervlak van het afvalwater in de Amerikaanse situatie. Nadat de vaste stoffen zijn verwijderd, wordt het afvalwater gefiltreerd door het door zand te laten stromen. Dit wordt gedaan in Amerika om het water te ontdoen van bijna alle bacteriën, de troebelheid te verminderen, de geuren te neutraliseren en de hoeveelheid ijzer en de meeste andere vaste deeltjes te verwijderen die nog in het water aanwezig zijn. Water wordt ook soms gefilterd door een koolstoffilter, die organische deeltjes verwijdert. Deze methode wordt gebruikt in Pennsylvania ook in sommige woningen gebruikt (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2014). In de Amerikaanse situatie gaat het water tenslotte in een chloor tank, waar chloor toegevoegd wordt om bacteriën te doden, die een risico voor de gezondheid kunnen vormen. De chloor wordt grotendeels geneutraliseerd door de bacteriën welke worden gedood, maar soms moet het resterende chloor worden geneutraliseerd door toevoeging van andere chemicaliën. Dit ter bescherming van vissen en andere mariene organismen die kunnen worden geschaad door de kleinste hoeveelheden chloor (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2014). In Nederland daarentegen worden geen desinfectie middelen gebruikt maar worden bacteriën gedood met Uv-straling of ozon (AquaFin, 2014). Het gezuiverde water (effluent) wordt dan in een lokale rivier of kanaal geloosd. Het slib wordt in Pennsylvania voor 20 tot 30 dagen in grote, verwarmde tanks bewaard genaamd 'vergisters.' Hier breken bacteriën het materiaal af en verminderen het volume, de stank en verwijderen organismen die ziektes kunnen veroorzaken. Het eindproduct hiervan wordt voornamelijk gestort en wordt soms gebruikt als meststof (U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, 2014). In Nederland wordt het slib hergebruikt en alleen spuislib wordt afgezet nadat het is gedroogd (AquaFin, 2014).

Als men dan kijkt naar oppervlakte water en grondwater welke tot drinkwater bereidt wordt in Amerika, zijn er verschillen te zien ten opzichte van Nederland. Het proces van drinkwaterbereiding (zie paragraaf 3.4 voor de Nederlandse situatie) gaat in Amerika als volgt; In Amerika wordt het oppervlakte water net als in Nederland eerst richting bassins geleid. In Amerika wordt echter aluin, polymeren en soms kalk en kooldioxide toegevoegd. Dit proces zorgt ervoor dat de kleine deeltjes neerslaan. In Nederland wordt hiervoor echter een microzeef gebruikt in plaats van chemicaliën. Het water wordt vervolgens door lagen van fijne, granulaten (zand of zand en actief-kool, afhankelijk van de zuiveringsinstallatie) gefilterd. Kleinere, zwevende deeltjes worden verwijderd om de troebelheid te verminderen. In de Amerikaanse situatie wordt ontsmettingsmiddel toegevoegd ter bescherming tegen bacteriën, virussen en andere microben voordat het water in een ondergrondse reservoirs gaat en dan via de pijpleiding richting huishoudens. Fluoride komt van nature voor in het water, maar ook wordt het toegevoegd aan het behandelde water. Ook wordt de pH constant gehouden door toevoeging van alkalische stoffen tegen corrosie (Denver Water, 2014). Dit zijn stappen welke in de Nederlandse situatie niet voorkomen. Als men nu kijkt in tabel 6 kan men de verschillen zien tussen de drinkwaternormen in Amerika en Nederland.

Chemicaliën	VS (MCL)	VS (DEP action level / Health advisory)	Nederland (Waterleidingbesluit 2001)	Strengere normen (VS of NL)
Alpha partikels, pCi/L	15		2,7	NL
Arseen, mg/l	0,01		0,01	-
Barium, mg/l	2,0			VS
Benzeen, ug/l	5		1	NL
Beryllium, mg/l	0,004			VS
Boor, mg/l		3 - 5 (HA)	0,5	NL
Bromide, mg/l	0,01		0,001 (bij desinfectie 0,005)	NL

Cadmium, mg/l	0,005		0,005	-
Chloride, mg/l	250		150	NL
Cyanide, mg/l	0,2		0,05	NL
Fluoride, mg/l	4		1,1	NL
IJzer, mg/l	0,3		0,2	NL
Koper, mg/l	1,3		2	VS
Kwik, mg/l	0,002		0,001	NL
Lood, mg/l	0		0,01	VS
Natrium, mg/l		20 (HA)	150	VS
Nitraat, mg/l	10		50	VS
Nitriet, mg/l	1		0,1	NL
pH, Standard units	6.5-8.5		7,0 - 9,5	-
Radium 226 & 228, pCi/l	5			VS
Seleen, mg/l	0,05		0,01	NL
Sulfaat, mg/l	250		150	NL
TDS, mg/l	500			VS
Tolueen, ug/l	1000			VS
TPH and DRO, mg/l		1 (AL)		VS
Uranium, ug/l	30			VS

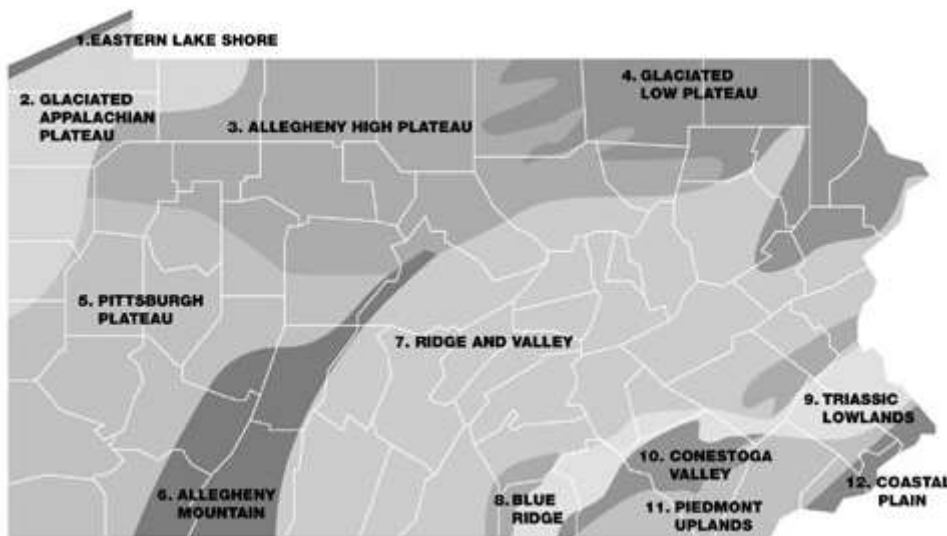
Tabel 6; Vergelijking tussen de Amerikaanse en Nederlandse drinkwaternormen, bron: (US EPA, 2013) en (Lenntech B.V, 2006)

In tabel 6 staat VS voor dat de drinkwaternorm in de Verenigde staten strenger is, NL staat voor het strenger zijn van de Nederlandse norm en tenslotte staat – voor hetzelfde zijn van beide normen of zeer vergelijkbaar als bij de pH het geval is. In totaal zijn 12 Nederlandse normen strenger van de 26 normen en zijn 11 Amerikaanse normen strenger. Er moet wel gezegd worden dat bepaalde normen voor chemicaliën die in het fracking vloeistof en het terugstromende grondwater zitten, geen norm in de Nederlandse situatie hebben, maar wel in de Amerikaanse situatie. De Verenigde Staten heeft duidelijk een veel uitgebreidere lijst aan normen welke aan het drinkwater gesteld wordt. Sommige Nederlandse normen voor chemicaliën die vergeleken zijn en die met terugstromende fracking vloeistof en grondwater naar boven worden in Nederland dus niet gemeten.

Als men kijkt naar de Amerikaanse situatie kan men zien dat het afvalwater met vrachtwagens, naar injectieputten wordt getransporteerd, of naar een normale afvalwaterzuivering, wat daar voor problemen zorgt. Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot van Alterra Wageningen, de IBED en de Universiteit van Amsterdam zeggen hierover het volgende; “Eenmaal bovengronds kan een gedeelte van het teruggestroomde water na verdunning en bewerking weer worden hergebruikt in andere boorputten. Gezien de samenstelling van het water is het vanzelfsprekend dat de rest, het afvalwater, niet direct op het oppervlaktewater kan worden geloosd. Het moet worden opgevangen en gezuiverd om te voorkomen dat voor aquatische systemen schadelijke stoffen in het oppervlaktewater terecht komen” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot hebben ook gekeken in hun onderzoek naar hoe om moet worden gegaan met het afvalwater geproduceerd door de schaliegas activiteiten in Nederland. Door hun wordt gezegd dat “In principe is dit dus vergelijkbaar met de situatie op industriële complexen. Het verschil zit hem in de tijdschaal waarop schaliegaswinning plaatsvindt; die is vele malen korter dan de tijd waarin industriële complexen in gebruik zijn. Dat roept de vraag op is of het mogelijk is een infrastructuur aan te leggen waarmee dezelfde mate van veiligheid wordt gewaarborgd als bij ‘reguliere’ industriële afvalwaterzuivering” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013).

Landschap effecten

Als nu gekeken wordt naar de effecten op het landschap en dan vooral de bodem moeten eerst de verschillen in de bodemopbouw, hydrologie moeten worden beschreven, waarna ook effecten zoals de verandering in bodemdichtheid, welke in Amerika de groei van de wortels van planten bemoeilijken. Wat in ieder geval bekend is, is dat de volgende praktijken kunnen leiden tot een slechte bodemdichtheid, namelijk het consequent ploegen tot dezelfde diepte, het toestaan van zwaar transport vooral op een natte ondergrond en ook een beperkte gewasrotatie zonder variabiliteit in de wortel structuur kan dit belemmeren. Het verbranden, of het verwijderen van gewasresten in de ondergrond, overbegrazing van voedergewassen en ook het gebruik van zwaar materieel voor de bouw en het ook het egaliseren van de grond zorgt voor een slechte bodemdichtheid (NRCS National Soil Survey Center and the ARS National Laboratory for Agriculture and the Environment, 2011). Tenslotte zal ook gekeken worden naar de verschillen in landgebruik en ook naar de verstoring van vogels door geluidsbronnen.



Figuur 126; Geologische overzichtskaart, Pennsylvania, bron: (College of Agricultural Sciences, 2014)

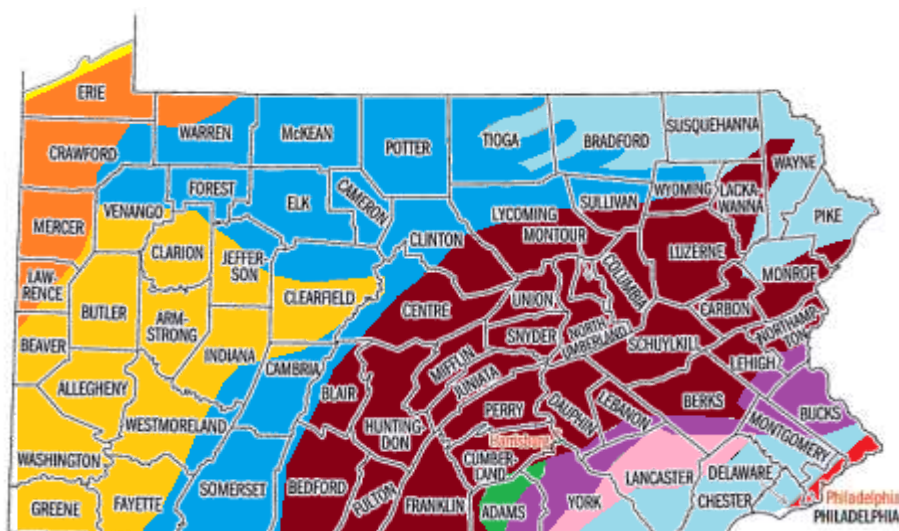
Het noordwestelijke gebied van Pennsylvania genaamd 'Eastern Lake Shore' (gebied 1) kent aan de oevers vooral zand met silt en klei. De gronden bestaan voornamelijk uit zand en grind en hebben een goede doorlatendheid, hoewel sommige gebieden silt en klei onder het zand hebben. Het landschap is voornamelijk vlak en het erosie potentieel is laag. De silt bodems bevatten over het algemeen weinig rots fragmenten en hebben een matige wortelzone en waterhoudend vermogen. Deze regio heeft een mild klimaat vanwege de nabijheid van een meer genaamd 'Lake Erie' (College of Agricultural Sciences, 2014).

Gebied nummer twee op de kaart, welke ten zuiden van het 'Eastern Lake Shore' ligt was een met ijs bedekte regio van de Appalachian Plateau. De bodems hier in het noordwesten van Pennsylvania bestaan hoofdzakelijk uit keileem. Veel bodems in deze regio hebben een dichte ondergrond die niet kan worden gepenetreerd door wortels en zorgt voor een zeer langzaam waterstroom in het grondwater. De slechte afvoer van veel bodems in deze regio wordt gekenmerkt door Gley (grijze kleur afkomstig van gereduceerd ijzer) welke wordt veroorzaakt door een hoge seizoensgebonden grondwaterstand. Het landschap is voornamelijk vlak of golvend en erosie potentieel is laag tot matig. Rots fragmenten kunnen aanwezig zijn tot vlakbij het maaiveld in dit gebied. De Allegheny High Plateau is een hoogvlakte van 'northcentral Pennsylvania' welke voornamelijk ontstaan is uit zandsteen. Dit gebied ligt ten oosten van het eerste gebied (Eastern Lake Shore). De dominante structuur van deze gronden is zandige leem. De hellingen hier zijn steil en het erosie potentieel is hoog. Het aantal rots fragmenten in de grond kan hier hoog zijn. Het waterhoudend vermogen van deze gronden is vaak laag als gevolg van hun grove textuur en de aanwezigheid van de rots

fragmenten. Gebied 4 was vroeger een met ijs bedekte plateau in het noordoosten van Pennsylvania welke vooral keileem bevat. Sommige van deze bodems hebben op geringe diepte een slecht doorlatende laag. De oppervlaktestructuur van deze gronden is overwegend silt met leem. Het landschap is glooiend en de erosie potentieel is laag tot matig. Rots fragmenten zijn veel in de bodems van dit gebied te vinden (College of Agricultural Sciences, 2014).

De Pittsburgh Plateau bevindt zich in het midden en zuidwest van Pennsylvania. De bodem wordt gedomineerd door zure klei met leisteen een onderliggende laag met leisteen en zandsteen. Deze bodems bevatten meer klei en silt. De oppervlaktestructuur van deze gronden bestaat overwegend uit silt en leem. Het landschap van deze regio heeft ook vrij steile hellingen en erosie vormt een groot probleem hier. Veel van deze gronden bevatten ook aanzienlijke hoeveelheden rots fragmenten. De 'Allegheny Mountains' worden gedomineerd door bodem welke ontstaan is uit zandsteen. De textuur bestaat voornamelijk uit zandige leem tot leemrijke zand. Het landschap bestaat uit steile hellingen en het erosie potentieel is hoog. Rots fragmenten komen vaak voor in dit gebied welke voor een groot deel uit bosvegetatie bestaat met een paar belangrijke landbouwgebieden. Het landschap in centraal en oostelijk Pennsylvania wordt gekenmerkt door zandsteen richels, leisteen (schalie) hellingen en leisteen en kalksteen valleien. Zandige leemgronden vergelijkbaar met die op de Allegheny High Plateau en Allegheny Mountains gebieden zijn te vinden in de beboste heuvelruggen. Bodems bestaande uit een mengsel van zandsteen en leisteen zijn te vinden op de hellingen. In de dalen zijn er vooral bodems welke ontstaan zijn uit kalksteen aanwezig, hoewel er ook sommige leisteen gebieden zijn. Op de kalksteen bodems vindt vooral veel landbouw plaats en op de zure en steile leisteenbodems bevindt zich vooral bos. De bodems in de valleien zijn vlak of heuvelachtig en het erosie potentieel is laag tot matig. De vallei gronden worden vooral intensief gebruikt voor de landbouw. De provincie Blue Ridge heeft bodems welke van vulkanische oorsprong zijn. Deze metamorfe gesteenten zijn veranderd onder grote druk onder de oppervlakte van de aarde. Behalve stollingsgesteenten komt ook silt en leem in dit gebied voor welke vaak grote hoeveelheden rots fragmenten bevatten. Steile hellingen komen vaak voor, waardoor veel gronden in dit gebied een hoge erosie potentieel hebben en groot deel van dit gebied is bedekt met bos (College of Agricultural Sciences, 2014).

De bodems in het deel van Pennsylvania genaamd 'Trias Laagland' is ontstaan uit roodachtige zandsteen, leisteen, silt en leem. Het erosie potentieel van deze gronden is matig tot hoog. De bodems in dit gebied kunnen aanzienlijke hoeveelheden rots fragmenten bevatten. Bodems welke zijn ontstaan uit kalksteen zijn dominant in de 'Conestoga Valley'. Deze gronden zijn vergelijkbaar met de kalksteen bodems in de valleien van de 'Ridge' en de 'Valley Province'. Ze bevatten vooral silt en leem als moedermateriaal met daaronder een dikkere laag van zandsteen en hebben een kleiige deklaag. Het landschap is vlak tot heuvelachtig en het erosie potentieel is laag. Rots fragmenten komen niet veel voor en het waterhoudende capaciteit is hoog. Deze gronden worden in Pennsylvania intensief gebruikt voor de landbouw. Bodems in het 'Piemonte Upland' zijn hoofdzakelijk afkomstig van metamorf gesteente. Deze bodems hebben silt en leem in het moedermateriaal en hebben een goede doorlatendheid. Het landschap heeft vrij steile hellingen en het erosie potentieel is matig hoog. Rots fragmenten zijn schaars op deze gronden. Tenslotte kan men over het laatste deel van Pennsylvania zeggen dat de bodem vooral uit kustgebieden met zand bestaan. Deze gronden hebben meestal een zandige textuur en hebben een goede doorlatendheid. Het gebied bevindt zich op zeeniveau waardoor het erosie potentieel laag is. De bodems bevatten soms rots fragmenten en het grootste deel van het gebied wordt beslaan door de stad Philadelphia en haar voorsteden (College of Agricultural Sciences, 2014).



Figuur 127; Bodemkaart, Pennsylvania, bron: gebaseerd op (College of Agricultural Sciences, 2014)

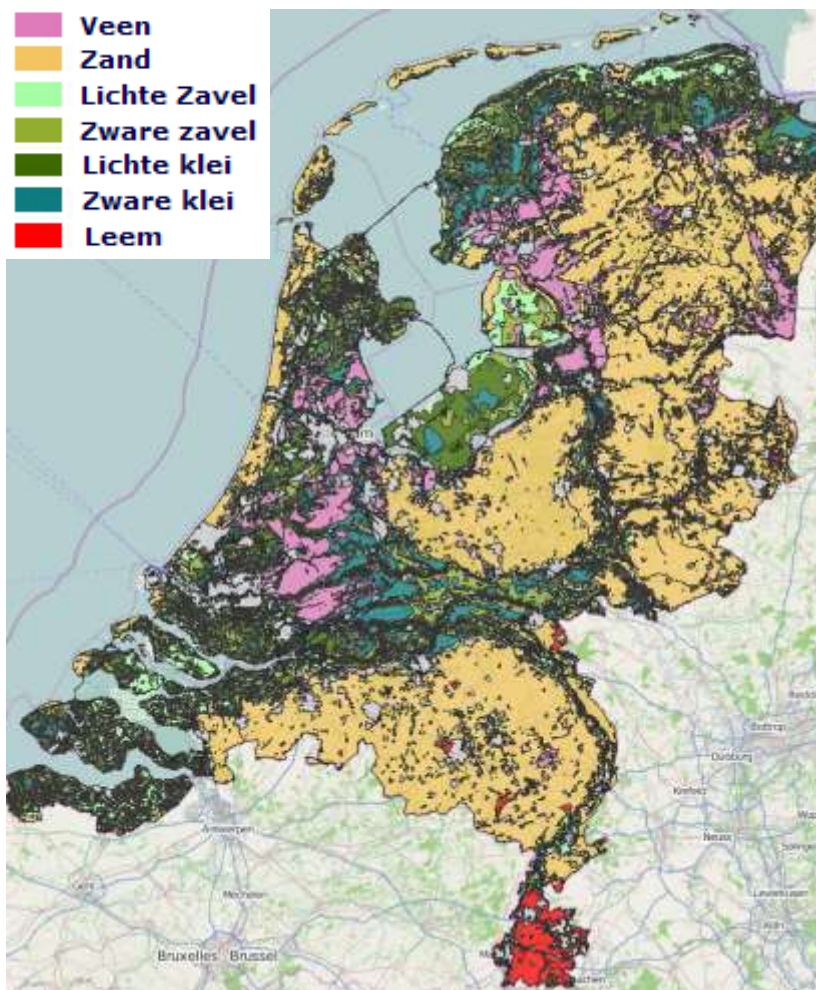
In figuur 127 is een overzichtskaart (zie tabel 7 voor de legenda) te zien van de grondsoorten welke in de gebieden welke eerder genoemd zijn voorkomen. Wat men kan zien is dat in het noordwesten zand met grind voorkomt en dat ook in het westen en noorden van Pennsylvania vooral zand voorkomt met vaak een voorkomende laag van silt of leem. In het midden van Pennsylvania en het oosten zijn vooral zandsteen, kalksteen en leisteen te vinden, met een kleiner gebied met stollingsgesteenten. Tenslotte in het zuid oosten van Pennsylvania is weer voornamelijk zandsteen, leisteen met een deklaag van silt of leem te vinden met een even groot gebied met silt, klei en leem. In het zuid oosten is er ook nog een kustgebied te vinden met vooral zand. De effecten op het landschap in de buitenlandse literatuur gaan over Bradford County en ook het beschrijvende rapport over de boorputintegriteit gaat over Bradford County. Bradford County valt in het gebied met hoofdzakelijk silt en leem en heeft in het zuidwesten gebieden met zand met een deklaag van zandige leem. Washington County valt in het gebied met zand en grind met een deklaag van silt of klei. De effecten op het grondwater staan wel in verbinding met de bodemopbouw en gaan over het westen van Pennsylvania waar de gebieden onder vallen welke zich links van de Counties Bedford, Blair, Centre, Clinton en Potter bevinden. Hiermee vinden de gevonden effecten plaats in een gebied met vooral zand, grind met een deklaag van silt of klei en een gebied met vooral keileem.

	Zand en grind met een deklaag van silt of klei
	Keileem
	Zandsteen en zandige leem
	Silt met leem
	Silt met klei en leem
	Zandsteen en kalksteen met zandige leem
	Stollingsgesteenten
	Zandsteen, leisteen met een deklaag van silt of leem
	Zand
	Silt, klei en leem

Tabel 7; bron: (College of Agricultural Sciences, 2014)

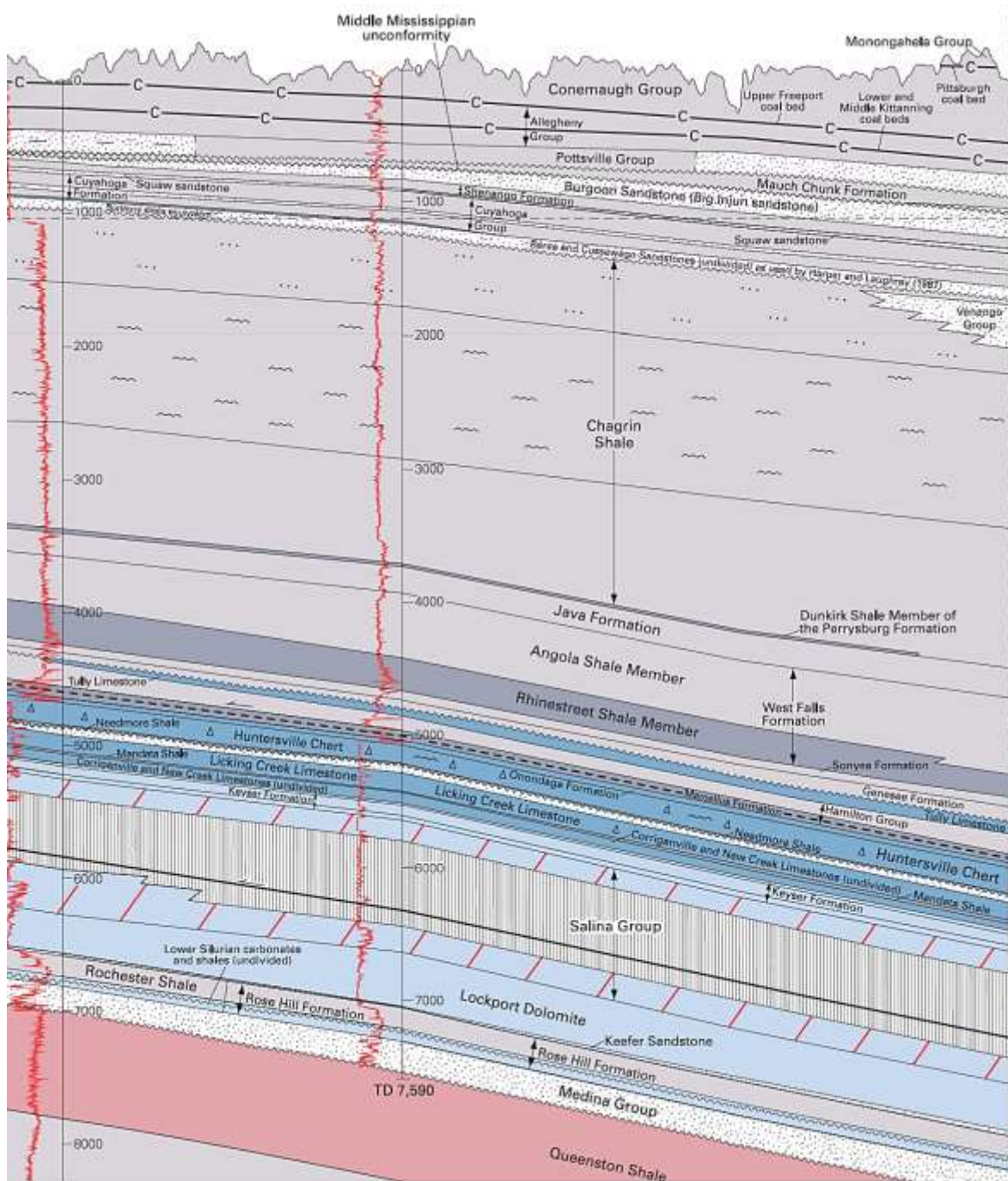
Als men kijkt naar de Nederlandse situatie kan men zien (zie figuur **) dat in Limburg veel leem voorkomt, met zand en zavel. Het westen van Nederland bestaat vooral uit een gebied met veen, zavel en klei met in de kustgebieden zand. Het midden van Nederland domineert vooral zand en komt af en toe klei en zavel voor. Flevoland is een uitzondering met vooral klei als moedermateriaal. Op het Drentse plateau komt vooral zand voor met veen en is zavel in de beekdalen aanwezig. In

Groningen en Friesland komt veel klei en zavel voor met gebieden met veen en een paar kleinere gebieden met zand. Tenslotte komt op de eilanden vooral zand voor met hier en daar klei en zavel. Als men Nederland met Pennsylvania vergelijkt is het westen van Pennsylvania vergelijkbaar met Noord-Brabant en Limburg qua bodem welke ondiep voorkomt. Het midden en oosten van Pennsylvania waar zandsteen en kalksteen met zandige leem voorkomt is niet vergelijkbaar met Nederland. Het gebied met keileem aan het oppervlak is vergelijkbaar met veel gebieden in Drenthe en ook het gebied in Pennsylvania met leemrijke zand is vergelijkbaar met gebieden in Drenthe, echter kijk je alleen ondiep in de ondergrond. Om meer te kunnen zeggen hierover moet veel dieper worden gekeken.



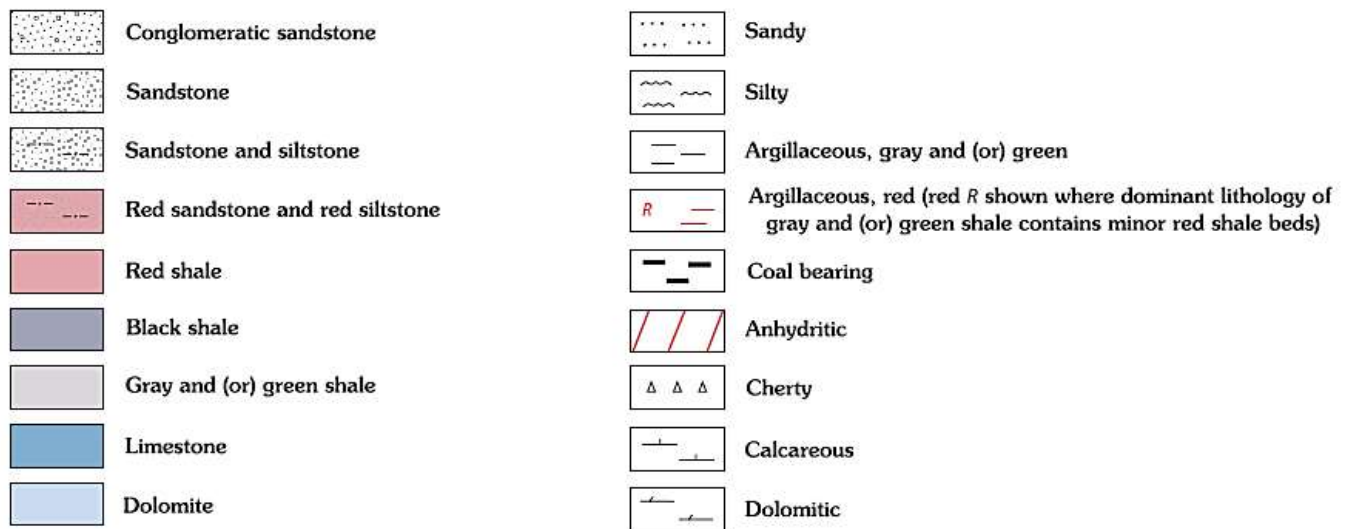
Figuur 128; Bodemkaart van Nederland, bron: (OpenStreetMap & Alterra, 2014)

Behalve de gebieden welke zo net genoemd zijn is in het oosten van Friesland een gebied nabij Veenwouden welke als moedermateriaal zand heeft zonder silt tot zwak siltig. Boven deze laag bevindt zich de formatie van Bostel (zand, silt en leem) en Drenthe (zand, klei en leem). In sommige gebieden komt een deklaag van veen voor in dit casus gebied. De ondiepe ondergrond is vergelijkbaar met de Allegheny High Plateau, echter komt onder de zand laag vlak bij het oppervlak zandsteen of leisteen voor. Zandsteen komt in het gebied rond Veenwouden alleen in de diepe ondergrond voor en ook leisteen bevindt zich hier op grotere diepte dan in Pennsylvania. Het casusgebied te Delfzijl bestaat uit een laag met silt of zand met daarboven een deklaag van klei, deze opbouw van de ondiepe ondergrond komt overeen met het Pittsburgh Plateau. Zandsteen komt in het gebied rond Delfzijl op een diepte van 3.000 meter voor en leisteen op een diepte van meer dan 4.000 meter.



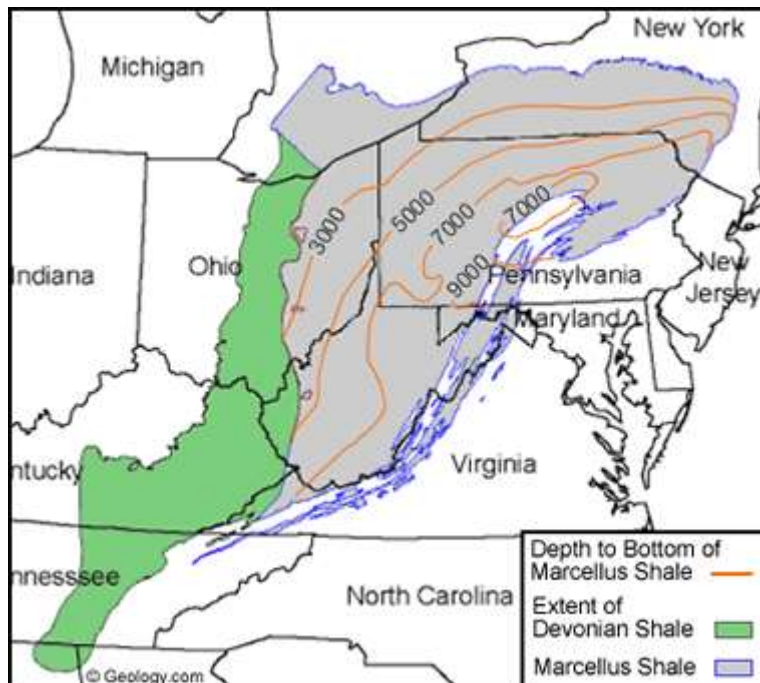
Figuur 129; Geologische dwarsdoorsnede Washington County, bron: (USGS, 2014)

In de Washington County in Pennsylvania (zie figuur 129) ligt het zandsteen op een diepte van minder dan 1.000 voet (300 meter) en komt niet aan het oppervlak voor. Het silt rijke leisteel bevindt zich op een diepte van 1.000 tot 3.000 voet (300 tot 900 meter) en ook andere leisteel lagen bevinden zich tot 4.500 voet (1.400 meter) diepte in de ondergrond (Magyar R. , 2012). De Marcellus formatie ligt in dit deel van Pennsylvania op 5.000 voet (1.500 meter) diepte en heeft een kalksteen laag boven de formatie. Onder de formatie bevinden zich twee dikke kalksteen lagen met een zandsteen laag daartussen waar zich ook vuursteen en keisteel bevindt. Onder het kalksteen bevindt zich een dunne dolomiet (dolosteel) laag, met een dikke zoutlaag welke overgaat in een dikke dolomiet laag. Op 6.500 voet (2.000 meter) diepte bevindt zich weer een leisteel laag, met een kalksteen laag, waar zich onder een zandsteen laag bevindt. De laagste laag in figuur 129 is een rode leisteel laag welke zich dieper dan 7.000 voet (2.100 meter) bevindt.

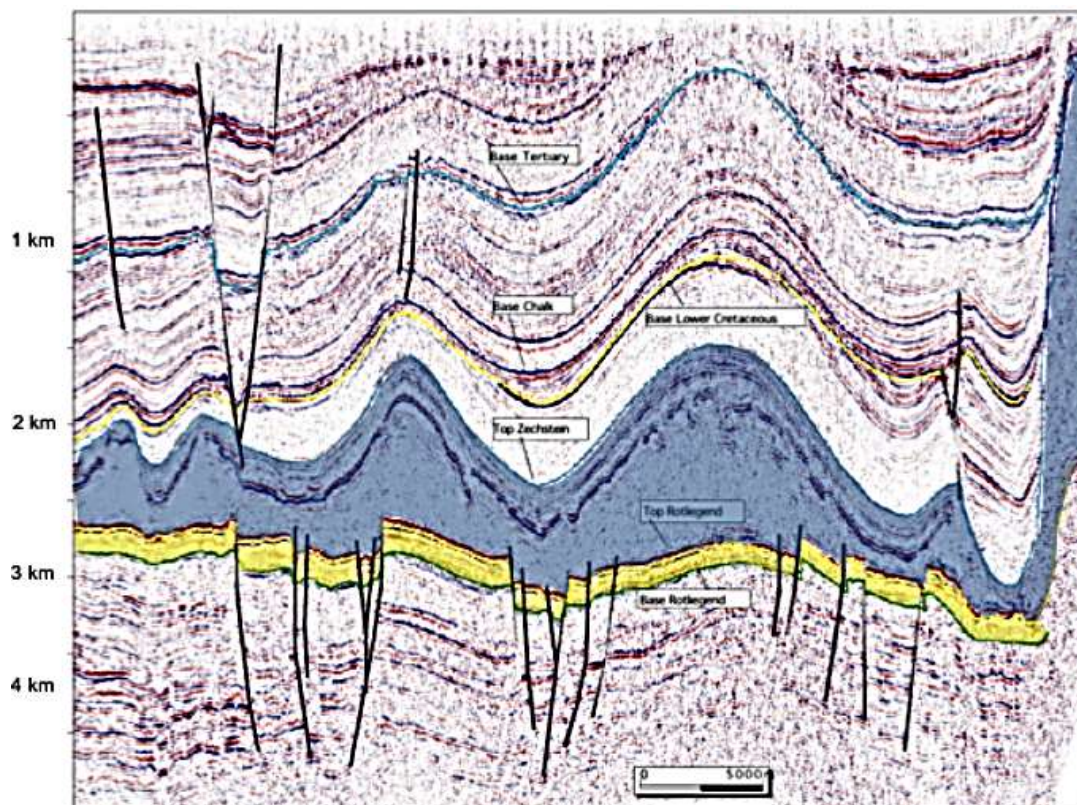


Figuur 130; legenda behorende bij de geologische dwarsdoorsnede, bron: (USGS, 2014)

De casus gebieden in Nederland hebben ook een leisteen (schalie) laag welke zich op meer dan 4.000 diepte bevindt en zijn dus vergelijkbaar met dit gebied in Pennsylvania. In Pennsylvania is de Marcellus reservoir 1.600 meter diep of dieper (Geology.com, 2014). In figuur 131 is te zien hoe diep de onderkant van de Marcellus formatie is. De dwarsdoorsnede (zie figuur 129) is afkomstig van een gebied wat tussen de 5.000 en 7.000 voet (1.500 en 2.100 meter) lijn ligt in het zuid westen van Pennsylvania. Dit komt overeen met de dwarsdoorsnede van Washington County. Ook is te zien dat in het gebied in Bradford dezelfde schaliegas laag op dezelfde diepte ligt. Er kan dus worden veronderstelt dat de dwarsdoorsnede ook geldig zal zijn voor het gebied in Bradford County.



Figuur 131; diepte van de Marcellus reservoir, bron: (Geology.com, 2014)



Figuur 132; Geologische dwarsdoorsnede Groningen, bron: (Rien Herber, Hoogleraar Geo Energie, 2011)

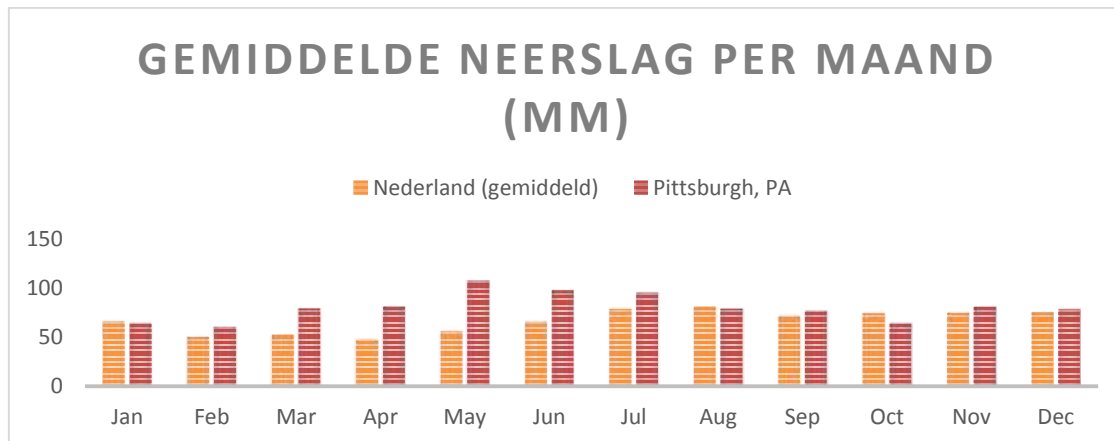
Het geel ingekleurde interval van zo'n 200m dikte op deze doorsnede bestaat uit Rotliegend zandsteen, wat het reservoir vormt voor niet alleen het Groningen gasveld, maar ook vele andere gasvelden in Noord Nederland en in de offshore. Het grijs ingekleurde interval vertegenwoordigt de zoutlagen van het Zechstein die in dikte kunnen variëren van een paar honderd meter tot meerdere kilometer (Rien Herber, Hoogleraar Geo Energie, 2011). De zandsteen laag waaruit het aardgas in Groningen wordt gewonnen is tussen de 2.600 meter en 3.000 meter diep. Onder deze laag bevindt zich de laag met de schaliegas reservoir op een diepte van 4.000 tot 7.000 meter in het gebied te Delfzijl. Boven de zandsteen laag komt een laag van zout voor welke op een diepte van ongeveer 2.000 meter begint, met een kleisteen laag en een dunne zandsteen laag daarboven. Boven op deze lagen ligt op een diepte van 1.000 meter tot 1.900 meter een dikkere kalksteen laag, met daarboven een laag van zand en klei van ongeveer 150 meter tot een diepte van 1.000 meter. Boven de zand en klei laag ligt een laag van 150 meter diep tot 20 meter diep, welke de formatie van Bortel met vooral zand, silt, leem en in het geval van het gebied te Groningen klei en ook de formatie van Peelo met fijn zand en klei bevat. In deze laag bevindt zich hier ook de formatie van Peize – Waalre met grof zand en grind welke zeer kwartsrijk is en soms veldspaat en dunne laagjes klei of leem bevat. De laatste laag is 20 meter dik en bevat in de Groningse situatie klei.

Als men kijkt naar het gebied te Veenwouden is gaat de zand en klei laag door tot een diepte van ongeveer 270 meter. Boven deze laag ligt de formatie van Maassluis met vooral zand welke overwegend kalkrijk is en ook klei en silt bevat welke schelparm tot schelp houdend is. De formatie van Peize – Waalre komt hier voor tot een diepte van 100 tot 240 meter. Boven deze formatie ligt hier de formatie van Peelo, Appelscha (zand, grind en dunne laagjes klei of leem) en de formatie van Urk met zand, fijne planten- en houtresten en grind van 10 meter tot 80 meter diep, met een uitschieter tot 120 meter diep (formatie van Peelo). Boven deze laag bevindt zich nog een dunne laag bestaande uit de formatie van Drenthe (zand, klei en leem) en de formatie van Drachten (zand, soms zwak siltig), met soms een dunne veenlaag daarboven.

Geologisch dwarsdoorsnee		Pennsylvania	Groningen	
	Diepte waar de laag begint			
Ondiep	0 meter	Zand en silt met klei en leem	Klei	
	20 meter		Zand, silt, leem en klei	
	50 meter	Zandsteen		
	150 meter		Zand en klei	
	300 meter	Leisteen		
	1.000 meter		Kalksteen	
	1.400 meter	Kalksteen		
	1.500 meter	Marcellus formatie		
	1.600 meter	Kalksteen		
	1.700 meter	Dolomiet		
	1.800 meter	Zoutlaag		
	1.900 meter		Zandsteen en Kleisteen	
	2.000 meter	Dolomiet	Zoutlaag	
	2.150 meter	Leisteen (schalie)		
	2.250 meter	Zandsteen		
	2.300 meter	Rode leisteen (schalie)		
		2.600 meter		Zandsteen (aardgas)
		3.000 meter		Zandsteen
	Diep	4.000 meter		Geverik laagpakket

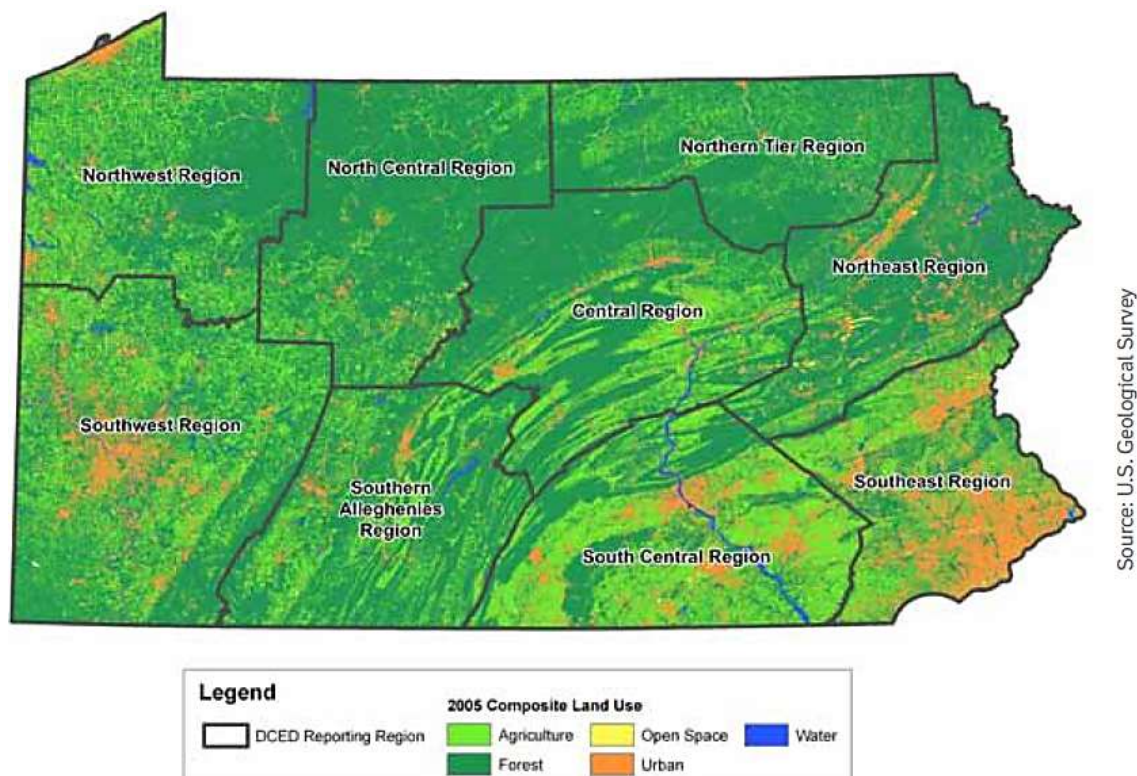
Tabel 8; Vergelijking van de geologische dwarsdoorsnedes, gebaseerd op (Rien Herber, Hoogleraar Geo Energie, 2011), (USGS, 2014) en (TNO en RIZA, 2008)

Het verschil tussen de opbouw van de ondergrond in Pennsylvania en Groningen is het niet aanwezig zijn van de leisteen lagen boven de zoutlaag en ook is in de Nederlandse situatie geen dolomiet of leisteen laag aanwezig tussen de zandsteen laag en de zoutlaag. Boven de zoutlaag bevindt zich in Pennsylvania weer dolomiet wat in de Nederlandse situatie niet voorkomt. Daarentegen is er hier kleisteen aanwezig welke niet in Pennsylvania voorkomt. De zandsteen laag boven de kleisteen laag in Groningen is in Pennsylvania alleen zeer ondiep aanwezig en komt op deze diepte daar niet voor. Daarentegen is daar een dikke kalksteen laag aanwezig met daar tussen een leisteen laag (Marcellus formatie). Boven deze kalksteen laag komt in Groningen een zand en klei laag voor, waar in Pennsylvania een leisteen en zandsteen laag voorkomt. De bovenste lagen bij beide dwarsdoorsnedes bevatten beide zand, silt, leem en klei. Doordat de verschillen in de diepere ondergrond zo groot zijn, ondanks de overeenkomsten, is het niet verantwoord om iets over de Nederlandse situatie te zeggen qua effecten welke in de ondergrond zijn te verwachten. Daarom zal ook niet verder naar de hydrologie van Pennsylvania in de ondergrond worden gekeken. Wel zal het zelfde soort water met de chemicaliën mee naar boven stromen, omdat de schaliegas laag waar het gas afkomstig is in beide gevallen van de zelfde geologische tijdperk is. Ook is het grondwater welke in Pennsylvania zout is in de diepe ondergrond ook in Nederland de schalie laag zout (Zijp & Bergen, 2012). Wat men wel kan zeggen met betrekking tot de hydrologie in Pennsylvania en Nederland dat er een vergelijkbaar beeld qua neerslag (zie figuur 133) is, met alleen in de maanden april, mei en juli meer neerslag dan in Nederland.



Figuur 133; Neerslag in Nederland en Pennsylvania, bron: (KNMI, 2013) en (Jackson R. , 2013)

Aan de hand van deze neerslag gegevens kan een indicatie gegeven worden of er net zoals in Pittsburgh genoeg water valt. Dit zegt echter niks over de hoeveelheid regenwater welke daadwerkelijk inzigt en het grondwater aan zal vullen. Ook is niet bekend wat de intensiteit is van de menselijke handelingen welke het grondwater beïnvloeden in de beide gebieden.



Figuur 134; Bodemgebruik te Pennsylvania, bron: (Pennsylvania, Governor's Center for Local Government Services, 2010)

Als men kijkt naar Pennsylvania (zie figuur 134) en dan weer kijkt naar Nederland (zie figuur 104) kan men zien dat Pennsylvania voor het grootste deel uit bos bestaat, met een groter gebied met veel landbouw en steden en dorpen in het zuid oosten van Pennsylvania. In de gebieden waar landschap effecten zijn beschreven (Washington en Bradford County) is over het algemeen veel meer bos aanwezig dan landbouw. In Bradford County wordt het gebied gedomineerd door bos en alleen in Washington County is meer landbouw aanwezig, met ook een grotere stad genaamd Pittsburgh. Het landschap in de twee provincies in Pennsylvania en ook heel Pennsylvania is niet te vergelijken qua bodemgebruik met Nederland. De effecten van schaliegaswinning op ecosystemen zijn onder te

verdelen in drie groepen, namelijk de verontreiniging van het oppervlakte- of grondwater, de onttrekking van grond- of oppervlaktewater en de aanleg van de infrastructuur noodzakelijk voor de gaswinning (wegen, pijpleidingen, boorlocaties, bassins voor productiewater-opslag). Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot zeggen met betrekking tot de Nederlandse situatie: “Aangezien het Nederlandse landschap vele malen intensiever wordt gebruikt, verwachten we dat de effecten van de laatste groep effecten in de Nederlandse situatie klein zullen zijn” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). Kijkend naar het aantal wegen welke in Nederland aanwezig zijn, kan men zien dat Nederland 135.470 kilometer aan wegen. Pennsylvania daarentegen met een vergelijkbare grote dan Nederland heeft maar 65.200 kilometer aan wegen (Wikipedia, 2014) en (Wikipedia, 2013). Dit is net iets minder dan de helft aan wegen. De populatie in Pennsylvania met ongeveer 12 miljoen inwoners in 2013 is echter niet veel kleiner dan de populatie in Nederland in 2013 welke rond de 17 miljoen inwoners lag (Lotje, 2014) en (CBS, 2014). Omdat het schaliegas vrachtverkeer in Pennsylvania door heel Pennsylvania moeten gaan en ook wegen nodig zijn van de geïsoleerde boortorens naar de hoofdwegen in Pennsylvania worden deze wegen daarom gebouwd. In Nederland waar er veel meer wegen aanwezig zijn en er geen vergelijkbare geïsoleerde gebieden aanwezig zijn, zullen geen kilometers aan weg worden aangelegd zoals in Pennsylvania het geval is. Niettemin zal het afvalwater wat geproduceerd wordt bij de schaliegas activiteiten getransporteerd worden op de Nederlandse wegen (Zijp & Bergen, 2012).

4.2. Wat is te gebruiken voor de Nederlandse situatie

Er is bij het deel over watergebruik voor gekozen om het zelfde watergebruik als die in Pennsylvania aan te houden. Dit is gebaseerd op gegevens over het klimaat en ook kijkend naar de grote en ligging van de provincie ten opzichte van Nederland. Bij de boorput integriteit is vooral gekeken naar bronnen binnen de olie en gas industrie zelf over de cement casing. Gebaseerd op deze bronnen is geconcludeerd dat het type cement casing en ook de productieleiding vergelijkbaar is als deze gebruikt wordt in Pennsylvania. Echter de NAM wilde dit niet bevestigen (Terhorst, 2014).

Op het gebied van de lekkage van chemicaliën in de ondergrond, kan door de grote verschillen tussen de situatie in Pennsylvania en Nederland geen uitspraken worden gemaakt. Het is echter wel mogelijk om op het gebied van watergebruik te zeggen voor de Nederlandse situatie wat de effecten zijn en wat de effecten op het oppervlakte water zijn van het watergebruik en de chemicaliën na deze door de waterzuivering zijn gegaan, of wanneer lekkage plaats vindt van het afvalwater direct in het oppervlakte water. Er zal ook in paragraaf 4.3. gekeken worden hoe het afvalwater in Nederland gezuiverd kan worden.

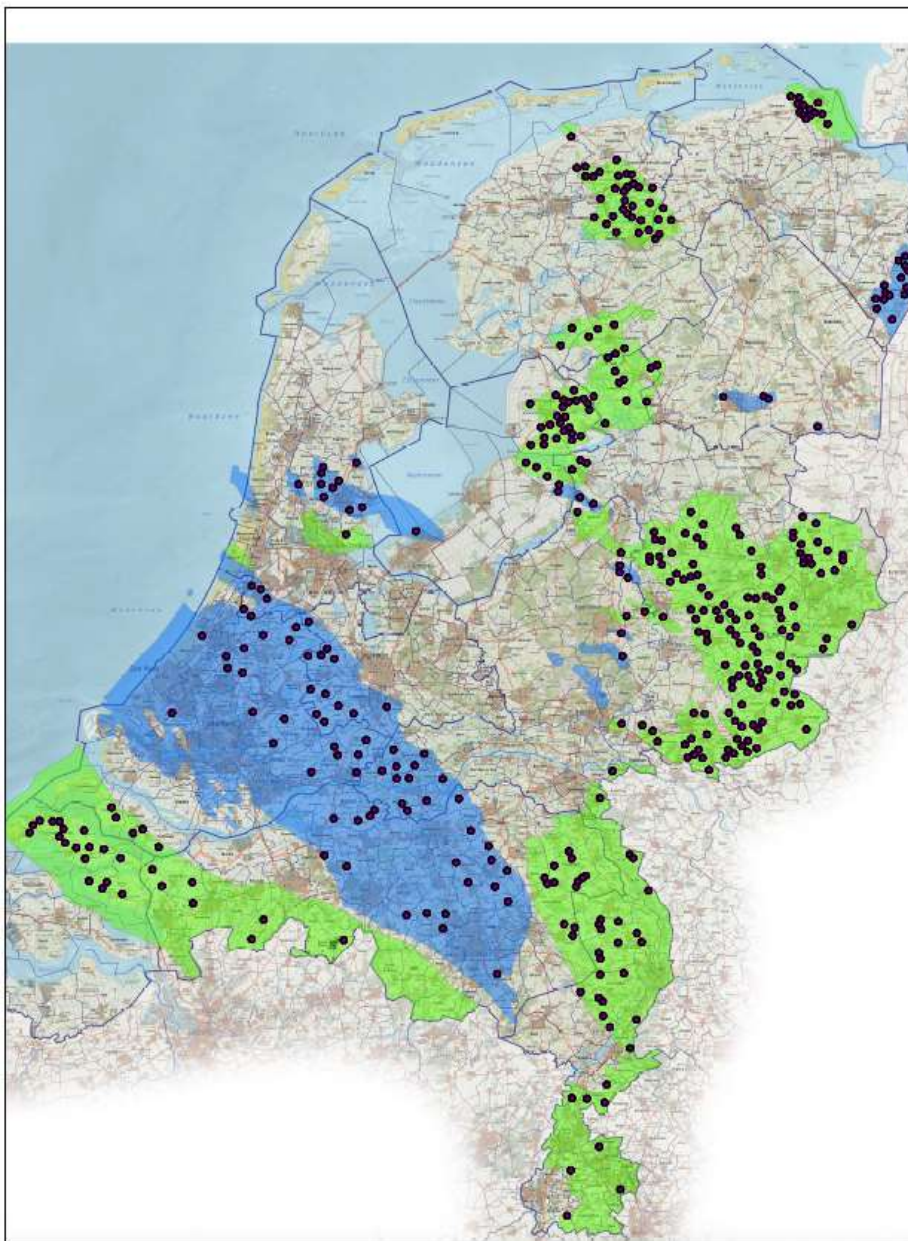
Kijkend naar de landschapseffecten zal geen gebruik worden gemaakt van de gegevens welke over de ondergrond gaan. Dit komt zoals al eerder vermeld door de grote verschillen in de diepe ondergrond. De neerslag welke door (Jackson R. , 2013) genoemd werd voor Pennsylvania is vergelijkbaar met de hoeveelheid neerslag in Nederland. Echter zegt dit niks over de hoeveelheid regenwater welke daadwerkelijk inzigt en het grondwater aan zal vullen. Ook is niet bekend wat de intensiteit is van de menselijke handelingen welke het grondwater beïnvloeden in de beide gebieden. Het landgebruik is ook drastisch anders in Pennsylvania, waar zich vooral bos voorkomt, met kleinere landbouwgebieden en stedelijke gebieden. Het hoge percentage aan bos, zorgt er voor dat het de effecten van de boorputten op het landschapsgebruik niet vertaald kunnen worden. Het is echter wel mogelijk om de effecten van het geluidsoverlast en horizontvervuiling op ecosystemen landelijke gebieden veroorzaakt door de schaliegas activiteiten te vertalen naar de Nederlandse situatie. Ook zal de voetafdruk van de activiteiten vergelijkbaar zijn (Ministerie van Economische Zaken, 2014) en (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). Er zal geen gebruik worden gemaakt van de beschikbare informatie over gezondheidseffecten door het feit dat deze informatie geen eenduidige aanwijzing heeft laten zien dat schaliegas daadwerkelijk voor de gezondheidsproblemen heeft gezorgd welke gevonden zijn.

4.3. Wat zijn de effecten voor de Nederlandse situatie

Om de effecten op de Nederlandse situatie te kunnen beschrijven is gebruik gemaakt van de gegevens welke zijn verzameld in de buitenlandse situatie. Op basis daarvan is gekeken naar verschillen tussen de situaties en wordt zo getracht om de situatie in Pennsylvania en andere gebieden te vertalen richting de situatie in Nederland. Om iets te kunnen zeggen over de effecten zal eerst bekend moeten zijn hoeveel boorputten er in Nederland geboord kunnen worden.

4.3.1 Aantal boorputten

Door middel van een GIS analyse is onderstaande kaart (zie figuur 135) gemaakt. Hierbij is gebruik gemaakt van de gemiddelde grootte en de hoeveelheid boorputten welke zijn toegestaan in Pennsylvania per vierkante kilometer in de Nederlandse situatie. Ook is een afstand van minimaal 500 meter ten opzichte van bebouwing aangehouden en wordt uitgegaan van een gemiddeld aantal van 3 boorputten (Drohan P. D., 2013) en (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013).



Figuur 135; Schaliegas kaart met boorputten, bron: (Hummel, 2014), gebaseerd op (Zijp M. , Schaliegas in Nederland, 2013) en (OpenStreetMap & Alterra, 2014)

Als men kijkt naar Pennsylvania zijn daar in totaal 3097 boorvloeren die gebouwd zijn tussen 2005 en 2013 en er zijn nog steeds 1520 boorvloeren gepland. Ook is in Pennsylvania het gemiddelde aantal boorputten per boorvloer met de geplande boorvloeren en boorputten uiteindelijk 2,8" (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). In Nederland kunnen er kijkend naar de diepte van de gasvelden (gebaseerd op de gasvelden kaart van TNO (zie figuur 1)) en de natuurgebieden (natura 2000, habitatrichtlijn en vogelrichtlijn gebieden) ongeveer 406 boorvloeren worde gebouwd in de schaliegasvelden. Het kan echter zijn dat de dichtheid van de boorputten hoger kan uitvallen of lager. Uitgaande van een gemiddelde van 3 boorputten per boorvloer in Nederland zal hiermee het totaal aantal schaliegas boorputten in Nederland op 1.218 boorputten komen. Om het aantal boorvloeren te bepalen, is rond de boorvloer een bufferzone gemaakt van 1 kilometer waarin geen tweede boorvloer aanwezig kan zijn en is ook rekening gehouden ten opzicht van bebouwing en met bestaande gas winning in de gebieden. Het is namelijk volgens de mijnbouwwet verboden zonder vergunning delfstoffen op te sporen, delfstoffen te winnen, aardwarmte op te sporen en te winnen. En deze vergunning wordt niet verleend, wanneer in het gebied al een vergunning geldt voor dezelfde delfstof (Rijksoverheid, 2014). Behalve hiermee zijn ook alle natura 2000, grondwaterbeschermingsgebieden, habitatrichtlijn en vogelrichtlijn gebieden vermeden, waar niet in geboord kan worden. De eerder genoemde afstand welke werd aangehouden ten opzichte van bebouwing is gebaseerd op de veiligheidszone van 500 meter welke de afstand is welke een installatie moet hebben tot bebouwing (Rijksoverheid, 2014).

4.3.2. Lekkage van boorputten

Zoals al in paragraaf 4.1. is vermeld zijn er meerdere bronnen welke bevestigen dat er juist geen verschil tussen de boorputten in Amerika, England en Nederland bestaan. In Amerika worden vooral de volgende materialen gebruikt voor de productiepijp; koolstofstaal (gebruikt in de casing) (John Martins, 2001) en (Smith, 1999), roestvast staal met 13% chroom tot 25% chroom (gebruikt voor injectieputten), Super 13% Cr, Duplex SS en Austenitic SS (John Martins, 2001). In England wordt ook koolstofstaal (gebruikt in de casing) (John Martins, 2001) en (Smith, 1999), roestvast staal met 13% chroom tot 25% chroom gebruikt (Smith, 1999). Als men dan kijkt naar de situatie in Nederland en wereldwijd is te zien dat "De industrie meer uitvoerig gebruik maakt van corrosiebestendige legeringen voor de meer corrosieve boorputten, in het bijzonder wordt dan de 13% chroom legering en andere vormen van Martensitisch staal" (Kane & Burman, 2012). Uitgaande van deze bronnen is te verwachten dat ook in Nederland, vooral door het corrosieve fracking vloeistof, al 5 % van de schaliegas boorputten in de eerste jaar lek zullen zijn, na 8 jaar 40%, tenslotte na 30 jaar zullen naar verwachting 60% van de schaliegas boorputten lek zijn. Minister Henk Kamp (Economische Zaken) heeft eerder in 2014 gezegd dat de mijnbouwschade in Limburg verjaard is. De verjaringstermijn is namelijk 30 jaar en de laatste mijn sloot daar in 1975 (De Telegraaf, 2014). Dit zal omtrent de problemen die kunnen ontstaan door het lekken van fracking vloeistof en geproduceerd water problematisch zijn. Deze verjaringstermijn zal dan ook herzien moeten worden, kijkend naar de genoemde problemen omtrent lekkage.

Zoals in sub paragraaf 3.3.3. al vermeld is niet bekend wat de effecten zullen zijn op het grondwater van de gebruikte chemicaliën. Ook kan niet over de Nederlandse situatie worden gezegd wat de effecten op het grondwater zullen zijn omtrent hoe ver het fracking vloeistof en geproduceerde water in de ondergrond in Nederland zullen komen. Dit met name door het feit dat de ondergrond in Pennsylvania en Nederland zo drastisch anders is qua opbouw dat de effecten niet te vertalen zijn richting de Nederlandse situatie. Wel is het zelfde soort water te verwachten met chemicaliën welke mee naar boven zal stromen, omdat de schaliegas laag zoals in paragraaf 4.1. al eerder vermeld in beide gevallen van de zelfde geologische tijdperk is. Ook is het grondwater welke in Pennsylvania zout is in de diepe ondergrond ook in Nederland in de diepe ondergrond zout (Zijp & Bergen, 2012). Het percentage aan vloeistof welke terugstroomt, zal naar verwachting ook in Nederland tussen de 20 en 30% zijn van het gebruikte water. Hierdoor kunnen de effecten van het afvalwater wel weer in kaart worden gebracht. Als men de regeling omgevingsrecht daar ook bij haalt, is het onduidelijk wat

de precieze risico's zullen zijn voor de bevolking. Er is een sterke indicatie aanwezig dat schalie gas activiteiten gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken, door de vele chemicaliën welke weer in het terugstromende water richting het oppervlakte water stromen. De besluit omgevingsrecht stelt regels ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater met het oog op de waterwinning, maar de waterwet is hier nog strenger in. Als er een kans bestaat van lekkage en daarmee besmetting van grondwater bestemd voor drinkwater winning, wat in Pennsylvania nog niet bewezen is, maar wel vermoed wordt, dan wordt geen vergunning verleend voor het infiltreren van deze watervoerende pakketten. Uit het literatuur onderzoek komt duidelijk naar voren dat er bewijs is gevonden, onder andere van (Northrup, 2010), dat er daadwerkelijk chemicaliën rondom de boorputten in het grondwater bevinden in de lagen waarin niet gefracteerd wordt. Er is echter nog niet voldoende onderzoek gedaan, om te kunnen bewijzen dat drinkwater bronnen daarmee besmet worden. Dit komt ook met name doordat de meeste boorputten in 2011 zijn gebouwd en het onderzoek van 2011 tot 2013 zijn uitgevoerd. In de gebieden waar de effecten onderzocht zijn komt vooral silt, klei en leem voor.

Globale horizontale doorlatendheid	
grondsoort	doorlatendheid (m/dag)
zware klei	0,0001
potklei	0,001
matig zware klei	0,01
zandige klei	0,05
keileem	0,05
veen	0,001 – 0,1
kleiig veen	0,005
sterk zandig veen	0,05
leem/löss	0,05
zandige leem	0,3
lichte zavel	0,5
teelaarde	5
schelpen	30
fijn zand	1- 10
duinzand	7
grof zand	30
zeer grof zand	80
uiterst grof zand	200
fijn grind	1,000 – 10,000
grof grind	10,000 – 100,000

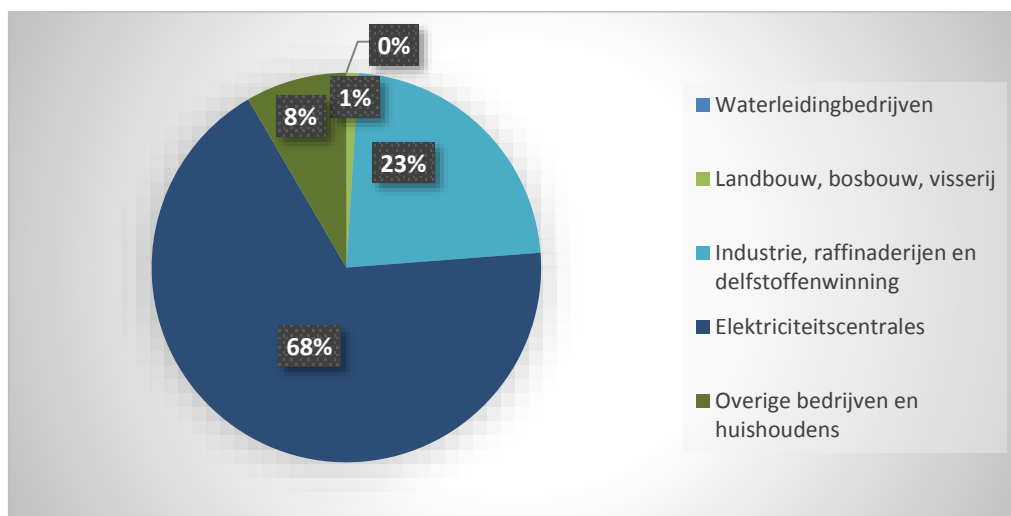
Tabel 9; (Bot, 2011)

De doorlatendheid van leem en silt bijvoorbeeld is 0,05 meter per dag (zie tabel 9) en die van klei 0,001 tot 0,0001 meter per dag. Als men dan veronderstelt dat de doorlatendheid van de grond 0,05 meter per dag is, welke de maximale waarde is welke in deze gebieden zal voorkomen en dat de afstand van een boorput tot een drinkwater reservoir ongeveer 1 kilometer is, duurt het 20.000 dagen (55 jaar) voordat het water van de boorput richting de drinkwater bronnen is gestroomd in de ondergrond. Als je nou een gebied neemt met fijn zand (doorlatendheid: 1 – 10) duurt het 0,3 tot 3 jaar. De slechte doorlatendheid van de grond in de gebieden in Pennsylvania, kan verklaren waarom nog geen chemicaliën en dus nog geen effecten van deze chemicaliën op het drinkwater en de bevolking zijn gevonden. In Nederland zijn er gebieden welke een veel hogere doorlatendheid hebben dan 0,05 meter per dag, waardoor in deze gebieden de chemicaliën het drinkwater sneller zullen bereiken en verontreinigen, dan in Pennsylvania het geval is. Wat wel te zien is in Pennsylvania is dat er meer gas aanwezig is in het drinkwater, gas dat afkomstig moet zijn van de schaliegas

boorputten, kijkend naar de chemische signatuur van het gas. Methaan gas is daar al aanwezig in het grondwater, maar niet in de hoeveelheden en gezamenlijk met propaan en ethaan. Kijkend naar de boorputintegriteit van de boorputten wereldwijd, is de kans groot dat ook in Nederland, met name met een hoge dichtheid aan boorputten, dat er methaan, propaan en ethaan gas in het drinkwater terecht zal komen.

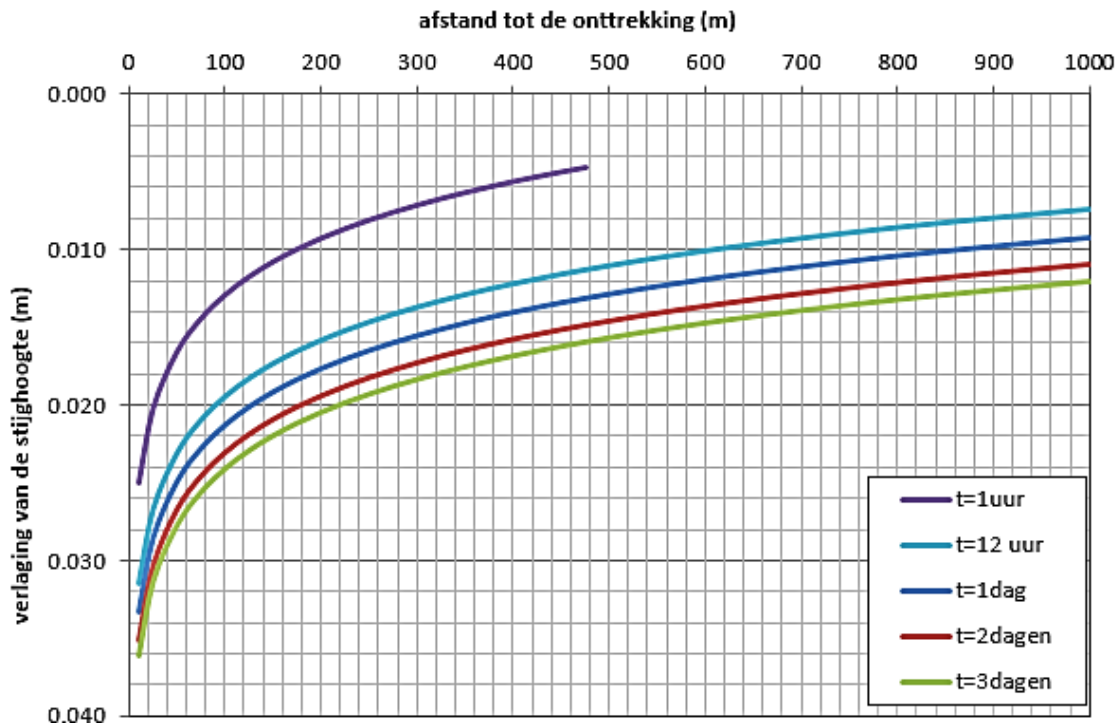
4.3.3. Watergebruik

Als men nu naar het watergebruik kijkt in Pennsylvania per boorput komt men gemiddeld op 18 miljoen liter per boorput per jaar (dat betekent dat als alleen grondwater wordt onttrokken of een combinatie van oppervlakte water en grondwater wordt gebruikt dit als een industriële toepassing wordt aangemerkt) (Jenkins, 2013) en (Kenniscentrum InfoMil, 2014). Dat houdt in dat alle 1.218 boorputten in totaal 21,9 miljard liter water per jaar zullen verbruiken. Om een beter beeld te geven om hoeveel water het echt gaat kan men het vergelijken met de inhoud van het IJsselmeer. Het IJsselmeer bevat namelijk 6 biljoen liter water, wat betekend dat de boorputten alleen 0,36% van het IJsselmeer aan water zullen verbruiken. Als men dan kijkt naar het totale waterverbruik van Nederland (oppervlakte en grondwater), dan is dat in totaal 16 biljoen liter water per jaar (CBS, PBL & Wageningen UR, 2014). Elektriciteitscentrales (zie grafiek 1) verbruiken duidelijk het meeste water in Nederland, gevolg door industrie, raffinaderijen en delfstofwinning. Als men dan het waterverbruik van de schaliegas activiteiten bij de categorie industrie, raffinaderijen en delfstofwinning optelt dan verandert het verbruik van deze categorie niet bij het totale waterverbruik. Dit komt vooral door de hoeveelheid grondwater welke verbruikt wordt door deze categorie. Het verbruik van deze categorie is in totaal ongeveer 4 biljoen liter water wat hoofdzakelijk uit grondwater wordt gewonnen.



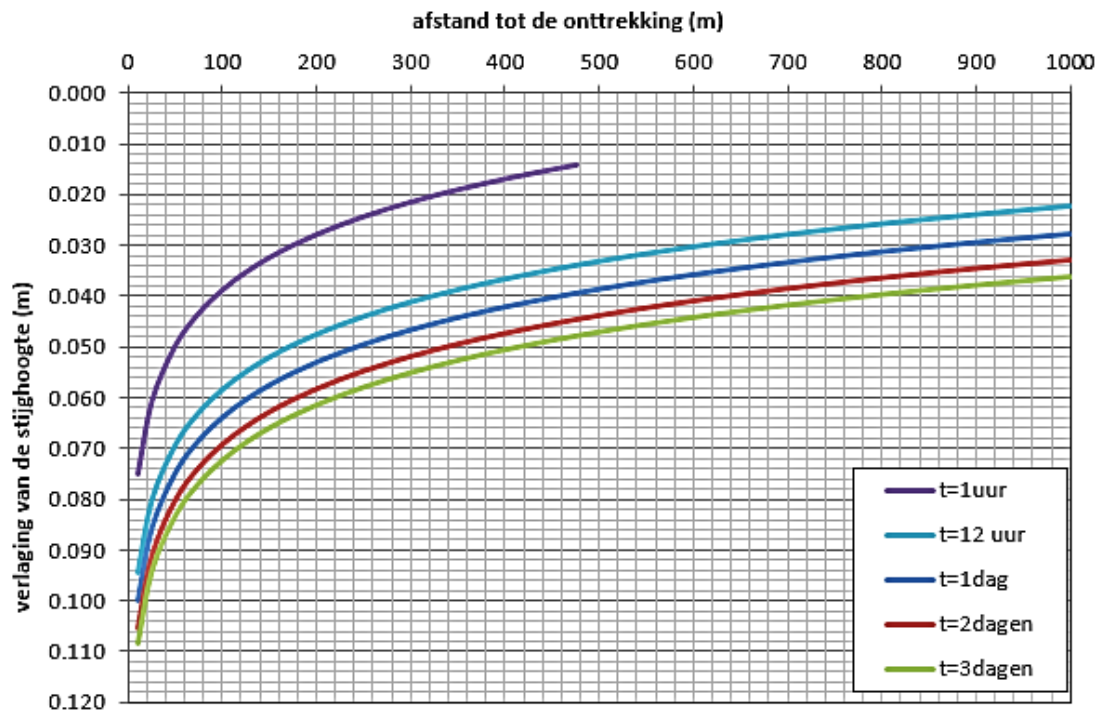
Grafiek 1; Waterverbruik in Nederland, bron: (CBS, PBL & Wageningen UR, 2014)

“De grafiek (zie grafiek 2) die wordt berekend met de formule van Theis kan oneindig doorgaan ook na een absurd lange onttrekkingsperiode. Dat komt doordat er geen voedende grens is, niet langs de bovenrand (infiltratie) en niet op een zekere afstand R van de put (een gebied met watervoerende sloten bijvoorbeeld). Buiten dit bereik van drie dagen is de berekende verlaging onrealistisch en moet een andere formule gebruikt worden, die wel rekening houdt met voeding door neerslag of waterlopen” (Grondwaterformules.nl, 2014). Deze formule wordt binnen het onderzoek gebruikt om een indicatie te geven van de stijghoogte welke verwacht kan worden nadat de grondwateronttrekking is gestart in een gebied.



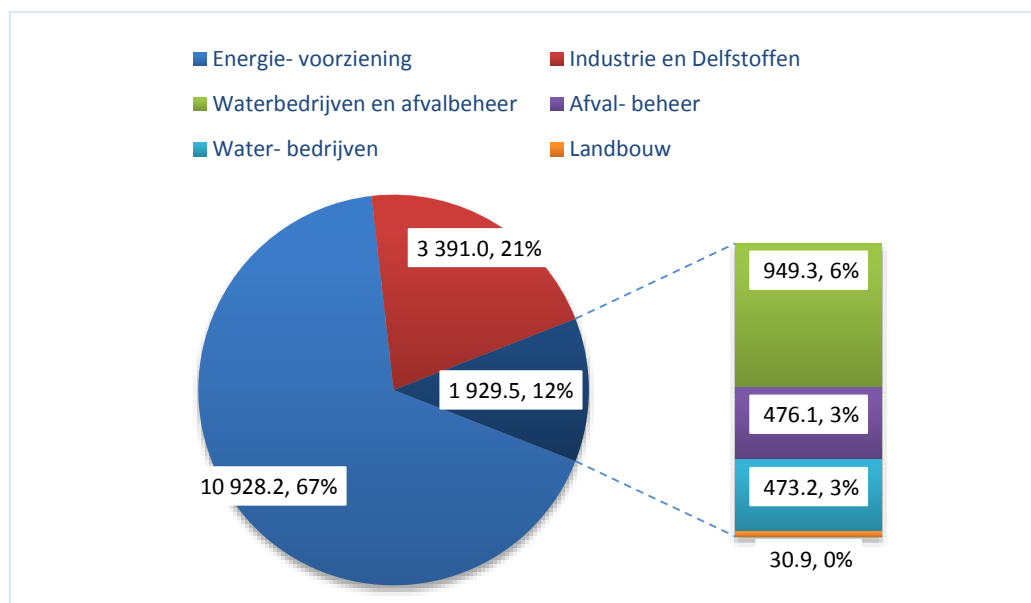
Grafiek 2; grondwateronttrekking effect op de stijghoogte (1 boorput), gebaseerd op: (grondwaterformules.nl, 2014)

In grafiek 2 is een voorbeeld te zien wat voor een effect het winnen van 18 miljoen liter water heeft op de grondwaterstand van het diepe grondwater (stijghoogte). De stijghoogte is dicht bij de boorput voor de winning van het grondwater ongeveer 0,035 meter (3,5 centimeter) lager. Op 1 kilometer afstand van de boorput voor de winning van het grondwater is de stijghoogte tussen 0,007 en 0,012 meter (0,7 – 1,2 centimeter) lager. Na deze drie dagen zal de stijghoogte stabiel blijven, tot het moment dat of gestopt wordt met het onttrekken van grondwater, of er meer onttrokken wordt.



Grafiek 3; grondwateronttrekking effect op de stijghoogte (3 boorputten), gebaseerd op: (grondwaterformules.nl, 2014)

Door het feit dat de boorvloeren minimaal 1 kilometer van elkaar verwijderd zijn en er drie boorputten zijn per boorvloer zal de stijghoogte 1 kilometer rondom het gebied (zie grafiek 3) tussen 0,02 en 0,04 meter (2 – 4 centimeter) lager zijn. In beide gevallen is het effect van de grondwaterstand verlaging veroorzaakt door de grondwateronttrekking ten behoeve van het watergebruik welke komt kijken bij het winnen van schaliegas gering op de stijghoogte. In paragraaf 4.4 zal dieper worden ingegaan op de mogelijke effecten van de stijghoogte verlaging op de casusgebieden.



Grafiek 4; Oppervlaktewater verbruik in Nederland, bron: (CBS, PBL & Wageningen UR, 2014)

Als men dan kijkt naar het huidige oppervlaktewater verbruik in Nederland (zie grafiek 4) kan men zien dat voor de Energievoorziening het meeste oppervlakte water wordt gebruikt, gevolgd door Industrie en Delfstoffen. Schaliegas welke onder Industrie en Delfstoffen valt zal zo'n impact hebben op deze categorie dat het huidige verbruik, welke nu 100% binnen de categorie uitmaakt, reduceert tot 0,05%. Het totale oppervlaktewater verbruik maakt alleen 0,07% van het totale waterverbruik uit als al het water afkomstig zal zijn van oppervlaktewater. Als men dan kijkt naar de totale toevoer en afvoer van zoetwater in Nederland (zie tabel 10), kan men zien dat in een gemiddeld jaar 108 miljard m³ water Nederland binnen stroomt of als neerslag binnenkomt.

	Zeer droog jaar	Gemiddeld jaar	Zeer nat jaar
<i>miljard m³ per jaar</i>			
Toevoer	77,3	108,0	130,2
Neerslag	24,3	26,8	27,3
Rijn	42,4	70,2	88,1
Maas	9,1	8,0	10,8
Andere rivieren	1,5	3,0	4,0

Tabel 10; Watertoevoer in Nederland, bron: (CBS, PBL, Wageningen UR, 2002)

De Rijn zorgt voor 65% (70,2 miljard m³) van het totaal aan zoetwater. Als men dan kijkt naar hoeveel verdampt (18,3 miljard m³) en verbruikt wordt (3,4 miljard m³), blijft nog 80% over van het water welke Nederland binnen stroomde. Er moet wel vermeld worden dat binnen dit verbruik ook onderlinge watertransport is gerekend, dus water welke eigenlijk niet verbruikt wordt, door beide maar door de ontvangende partij (Lenntech, 2014) en (CBS, PBL, Wageningen UR, 2002). Het waterverbruik van schaliegas valt in het grootte geheel in het niet als men kijkt naar de totale

hoeveelheid water welke Nederland binnen stroomt met 0,02%. Echter zullen de boorputten niet massaal water gebruiken welke afkomstig is uit de Rijn of de Maas. Het is realistischer om aan te nemen dat het water afkomstig zal zijn uit rivieren en meren in de buurt van de boorputten. Nu kijkend naar de andere rivieren zorgt het waterverbruik door schaliegas winning voor 0,73% van het totale aan water wat door deze rivieren stroomt. Het is echter niet uit te sluiten dat onder droge omstandigheden en/of overmatig watergebruik uit een beperkte aantal waterbronnen tot uitputting van deze bron kan leiden, of er voor zorgen dat een rivier lokaal droog komt te vallen. Met name door het feit dat het afhangt van de schaliegas exploitanten welke waterbronnen ze gaan gebruiken en of ze gezamenlijk één bepaalde rivier of grondwaterbron in een gebied gebruiken, of het waterverbruik meer over het land verspreiden. In het laatste geval zal de impact vergelijkbaar zijn zoals eerder geschetst en dus niet heel groot zijn. Niettemin is het mogelijk dat dit niet het geval is en alleen een beperkt aantal lokale bronnen worden gebruikt. In paragraaf 4.4 zal een voorbeeld worden gegeven als niet per elke drie boorputten een boorput worden gebruikt, maar grotere aantallen één gezamenlijke waterbron gebruiken.

Het verbruik van de schaliegas activiteiten met 21,9 miljard liter zal dus hierop niet veel invloed uit oefenen, op het totaal aan grondwater en oppervlakte water. Echter wordt dan wel tussen 4,4 en 6,6 miljard liter aan vervuild afvalwater geproduceerd, welke uit de boorput afkomstig is. De chemicaliën welke in het afvalwater in Pennsylvania verwacht worden naar verwachting ook in Nederland gebruikt.

4.3.4. Geproduceerd afvalwater

“Over het algemeen is de concentratie van additieven relatief consistent met 0,5% tot 2% chemicaliën en 98% tot 99,5% water” (U.S. Department of Energy, 2013). Dus 99% van het materiaal is water en zand, maar dat laat nog ongeveer 181.000 kg aan chemicaliën welke in de fracking vloeistof worden gebruikt over. “Zoutzuur (HCl) is de grootste vloeibare component welke gebruikt wordt in fracking vloeistof afgezien van water (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013). Dit is te zien in tabel 11 in de lage pH van sommige bronnen van terugstromend water. Als men kijkt naar de concentraties is te zien dat deze voor arseen, boor, bromide, cadmium, chloor, fluoride, ijzer, natrium, seleen en sulfaat te hoog uitvallen, echter komen er waarden voor welke nog beneden de concentraties zijn welke maximaal zijn toegestaan. Dit zijn de concentraties welke in Pennsylvania zijn gemeten, maar welke ook verwacht mogen worden in de Nederlandse situatie. De pH van het terugstromende water is ook in sommige gevallen te laag, wat hoofdwarschijnlijk door het zoutzuur komt welke aan het fracking vloeistof is toegevoegd.

Chemische verbinding en indicatoren (mg/l)	Fracking vloeistof	Zout grondwater	Nederlandse drinkwater norm
Alkaliniteit		1 - 4810	
Arseen		0,2 - 0,29	0,01
Barium	10 – 1.000	800 – 8.000	
Benzeen	0,01 – 0,5	0,03 – 0,06	1
Boor		0,37 - 67	0,5
Bromide	200 - 800	77 – 3.000	0,001 (bij desinfectie 0,005)
Cadmium	0,001 – 0,006	0,003 – 0,1	0,005
Calcium		57 - 9.380	
Chloor	10.000 – 80.000	30.200 – 250.000	150
Chroom	0,01 – 0,06	0,03 – 0,08	
Droge stof	20.000 – 90.000	51.500 – 345.000	
Fluoride		0,16 - 2600	1,1

IJzer		0,3 - 348	0,2
Kalium		12 - 1.840	
Magnesium		5,4 - 915	
Natrium		200 - 31.600	150
pH		1,5 - 8,5	7,0 - 9,5
Radium 226 (Pci/l)	80 – 2.000	1.000 – 5.000	
Radium 228 (Pci/l)	8 - 300	500 - 1000	
Seleen		0,2 - 0,76	0,01
Strontium	100 – 1.000	4.000 – 6.000	
Sulfaat	50 - 200	30 - 799	150
Tolueen	0,01 – 0,7	0,05 - 3	

Tabel 11; (Resources for the Future, 2013), (Van Briesen, 2013) en (Ben M. Stout III, 2013)

Net als in Pennsylvania zal in Nederland precies bekend moeten zijn welke werkwijze gebruikt gaat worden door het bedrijf en welke chemicaliën gebruikt gaan worden. (Rijksoverheid, 2014). Ook moeten deze chemicaliën voldoen aan de EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen. Als niet hieraan voldaan wordt zal het niet mogelijk zijn, om deze mengsel aan chemicaliën gebruikt voor het fracken te gebruiken. Ook staat in de Mijnbouwregeling dat het eroderen van de leidingen zoveel mogelijk voorkomen moet worden (Rijksoverheid, 2014). Er moet dus dan ook getest worden of de casing voldoet aan de eisen welke daaraan gesteld zijn. Mede door het corrosieve fracking vloeistof zullen de boorputten al snel niet meer voldoen aan deze eisen. Ook is het gebruik van de volgende chemicaliën verboden; boorvloeistof die op dieselolie is gebaseerd en OPF-vloeistof. De lozing van de volgende chemicaliën is verboden; OPF-vloeistoffen, al dan niet gemengd met boorgruis en boorgruis dat vervuild is met synthetische vloeistoffen. OPF-vloeistoffen zijn organische boorvloeistoffen, welke bestaan uit een emulsie van water en andere toevoegingen, welke bestaat uit een niet met water vermengbare organische vloeistof van dierlijke, plantaardige of minerale oorsprong. Als je kijkt naar het fracking vloeistof zijn bestanddelen daarvan zoals glutaaraldehyde en aardoliedestillaat niet mengbaar met water, als deze bestanddelen net zo als in Pennsylvania ook in Nederland worden gebruikt zal deze boorvloeistof niet kunnen worden gebruikt voor het fracken. Ook mogen chemicaliën die anorganisch zijn en een LC50 of EC50 van minder dan 1 mg/l hebben, chemicaliën die een biodegradatie hebben van minder dan 20% gedurende 28 dagen en chemicaliën die voldoen aan twee van de volgende drie criteria; niet snel bio-afbreekbaar, een groot potentieel voor bio-accumulatie hebben of zeer toxisch zijn niet gebruikt worden. Het fracking vloeistof kan niet gebruikt worden in Nederland, omdat er OPF-vloeistoffen in aanwezig zijn. Het is echter mogelijk om deze stoffen te vervangen voor andere, zodat in Nederland wel weer gefracked kan worden. Zo in tabel 11 te zien is, zijn van veel van de voorkomende chemicaliën en indicatoren geen waardes bekend welke maximaal zijn toegestaan in het drinkwater. Van de chemicaliën welke wel een norm hebben, zijn van de meeste de concentratie drastisch hoger dan is toegestaan. Het terugstromende water zal dan ook gezuiverd moeten worden, voordat het in contact kan komen met het milieu.

In de wet milieubeheer staan voor verscheidende chemicaliën aangegeven wat de concentratie mag zijn van deze chemicaliën. Voor het water welke verontreinigd uit de bodem weer terug keert gelden tenminste de volgende richtwaarden; voor arseen: 6 nanogram per m3 als jaargemiddelde concentratie, voor cadmium: 5 nanogram per m3 als jaargemiddelde concentratie, voor nikkel: 20 nanogram per m3 als jaargemiddelde concentratie en tenslotte voor benzo(a)pyreen: 1 nanogram per m3 als jaargemiddelde concentratie. De concentratie van arseen in het terugstromende zoute grondwater is echter niet 6×10^{-9} mg/l, maar ligt tussen de 0,2 en 0,29 mg/l. Dat is 33 tot 48 miljoen keer hoger dan is toegestaan. Tenslotte is van cadmium ook de concentratie bekend, welke tussen de 0,003 en 0,1 mg/l ligt. De concentratie welke is toegestaan in het terugstromende water is echter $1 \times$

10^{-9} mg/l. De concentratie in het terugstromende water is daarmee 600.000 tot 20 miljoen keer hoger. “Door de samenstelling van het afvalwater en de hoge concentraties stoffen hierin voldoet normale afvalwaterzuivering niet. Het afvalwater moet dus getransporteerd worden naar industriële zuiveringslocaties, waar bijvoorbeeld omgekeerde osmose en chemische scheiding kunnen worden toegepast. Een andere mogelijkheid is het afvalwater te injecteren in oude boorputten en deze hermetisch af te sluiten” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013) De concentraties zijn eenvoudig te hoog van onder andere chloor, sulfaat en bromide om daar gezuiverd te kunnen worden. Dit afval water welke onder andere een zeer hoge zout concentratie heeft kan net zo als het zoute concentraat welke met behulp van omgekeerde osmose is ontstaan uit brak grondwater terug worden gepompt in de ondergrond. Echter door het terugbrengen in de bodem van dit zoute concentraat zal op den duur de samenstelling en dus de kwaliteit, van het grondwater veranderen. Tot nu toe wordt deze techniek vooral toegepast ten behoeve van de intensieve glastuinbouw. De tweede techniek wordt ook toegepast in rioolwaterzuiveringen en zal vooral gebruik maken van coagulatie en flocculatie van de chemische verbindingen welke aanwezig zijn in het water. Tenslotte laat de situatie in Pennsylvania zien dat vooral de oude boorputten lek zijn, hermetisch afsluiten van deze boorputten zal een haast onmogelijke taak worden, door de corrosiviteit van het afvalwater.

Zoals al eerder vermeld in paragraaf 4.1. wordt het Nederlandse landschap vele malen intensiever gebruikt dan in Pennsylvania. Omdat de bouw van wegen onwaarschijnlijk is, zal het afvalwater getransporteerd moeten worden op de bestaande Nederlandse wegen, mits het water niet op de locatie gezuiverd wordt. Het Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding meldt dat “De kans op een ramp met een tankwagen in Nederland is niet zo heel groot. De tankwagens zijn zo geconstrueerd dat zij de klap van een ongeluk kunnen opvangen, zonder (een deel van) de lading te verliezen” (Nationaal Brandweer documentatiecentrum, 2005). Ook werd vermeld dat een tankwagen die gevaarlijke stoffen vervoert altijd gecompartmenteerd is, dus bij lekkage stroomt dan niet de hele lading de vrachtwagen uit. Een gemiddelde tankwagen heeft 40.000 liter inhoud met zes tot zeven verschillende compartimenten (Nationaal Brandweer documentatiecentrum, 2005).

Om 4,4 tot 6,6 miljard liter afvalwater te kunnen vervoeren zijn 110.000 tot 165.000 tankwagens nodig welke 40.000 liter water kunnen vervoeren. Om dit in perspectief te zetten en ook duidelijk te krijgen om hoeveel het nu echt gaat, zal een voorbeeld worden gegeven. In dit geval het totaal aantal vrachtwagens in Nederland en Duitsland. Nederland heeft in totaal 12.002 vrachtwagens en Duitsland 86.937 vrachtwagens beschikbaar (Statista, 2014). Gezamenlijk is dit nog net genoeg om in het gunstige geval 90% van het water te kunnen transporteren, verondersteld dat dit allemaal tankwagens zijn welke 40.000 liter water kunnen transporteren. Dit zijn geen realistische aantallen aan vrachtwagens welke over de Nederlandse wegen kunnen gaan zonder voor verkeersproblemen te gaan zorgen.

Het zou ook onrealistisch zijn dat al het water via pijpleidingen vervoerd zal worden in Nederland naar zuiveringsinstallaties, hiervoor is de dichtheid aan bestaande pijpleidingen en activiteiten in de ondiepe ondergrond te hoog in Nederland. Een andere oplossing voor het afvalwater probleem zou een van de grootste omgekeerde osmose systemen zijn welke tot 70 m^3 per uur aan water kan verwerken (Lenntech, 2014). Dit systeem perst water door een membraan en heeft als eindproduct zeer zuiver water, maar ook een afvalwater concentraat met haast alle chemicaliën daarin. Als dan alle boorputten 1 omgekeerde osmose systeem zullen hebben zal een systeem ongeveer 3.600 m^3 tot 5.400 m^3 water moeten verwerken. Dit zal in totaal ongeveer 2 tot 3 dagen duren (51 tot 77 uur). Een omgekeerd osmose systeem van deze grote verbruikt gemiddeld 56 kWh, dit zal inhouden dat al het water wat gezuiverd moet worden voor 1 boorput ongeveer 2.000 tot 4.300 kWh verbruikt zal worden (Lenntech, 2014). Ook de Rijksoverheid bevestigt dat het energie verbruik van omgekeerde osmose niet heel hoog is en tussen 1 tot 10 kWh/ m^3 ligt (Rijksoverheid, 2014). Dat betekent dat als alle boorputten een omgekeerde osmose systeem hebben alle systemen gezamenlijk 2.436.000 tot 5.237.400 kWh zullen verbruiken.

In Nederland werd bijvoorbeeld in 2010 ongeveer 109,4 miljard kWh elektriciteit verbruikt. De omgekeerde osmose systemen verbruiken dus tussen 0,002% en 0,005% van het totale energie verbruik in Nederland (energieleveranciers.nl, 2011). Alle omgekeerde osmose systemen verbruiken hetzelfde als 700 tot 1.505 gemiddelde huishoudens (uitgaande van een gemiddeld verbruik van 3480 kWh per huishouden (Nuon, 2014)). Als men uitgaat van maximaal 4.300 kWh en van een gemiddelde kWh prijs van 0,25 euro, betekend dat een schaliegas exploitant gemiddeld 1.075 euro per boorput besteed qua energie kosten voor het zuiveren van het afvalwater.

Wat wel voor problemen zou kunnen zorgen is dat hulpstoffen tijdens de procesvoering in een beperkt aantal gevallen maar toegepast. Dit wordt gedaan ter voorkoming van neerslag van slecht oplosbare zouten. “Zuur wordt gedoseerd toegevoegd om de pH te verlagen. Ook worden soms complexvormers en polyfosfaten toegepast. Bij de reiniging van membranen worden lage concentraties (tot 1 à 2 procent) zeepoplossingen, zuren of complexvormers toegepast. Soms moet worden gedesinfecteerd met chloor of biocide” (Rijksoverheid, 2014). Vooral het toevoegen van het desinfectie middel zou tot bromide bijproducten kunnen leiden. Het zou dus mogelijk zijn om het water op locatie te zuiveren, echter is het de vraag of de schaliegas exploitanten per boorput een eigen afvalwaterzuivering zullen plaatsen en of dit voor de schaliegas exploitanten economischer is dan het te transporteren van afvalwater. Het gezuiverde water zou hergebruikt kunnen worden voor een volgende fracking stap, maar zou ook getransporteerd kunnen worden. De uiteindelijke conclusie hier is dat het onzeker is wat precies met het afvalwater gaat gebeuren, wat wel bekend is dat het afvalwater ongezuiverd voor grote milieuproblemen kan zorgen en zelfs als het in een omgekeerde osmose systeem wordt gezuiverd, blijft er een geconcentreerde afvalwater stroom met daarin de chemicaliën achter. De hoeveelheid water is dan afgenomen, maar het probleem niet, want dit water kan niet gezuiverd worden noch kan dit in het grondwater worden geïnjecteerd of geloosd worden.

4.3.5. Oppervlakte en grondwater effecten

Door de grote verschillen in de ondergrond welke in paragraaf 4.1. zijn uitgelegd zal voor de Nederlandse situatie het niet mogelijk zijn om iets over de effecten te zeggen op de ondergrond. Het is echter wel mogelijk om te kijken naar de concentraties welke gevonden zijn in rivieren in Pennsylvania met de veronderstelling dat ook in Nederland geprobeerd zal worden om het water goedkoper te zuiveren in rioolwaterzuiveringen. De concentratie van de bromide bijproducten van desinfectiemiddelen welke ontstaan in de waterzuivering in Pennsylvania zullen in Nederland laag zijn, omdat in Nederland zoals in paragraaf 4.1. al vermeld is geen desinfectie middelen worden gebruikt, maar de bacteriën met behulp van ozon of Uv-straling worden gedood.

De desinfectie bijproducten welke door (Van Briesen, 2013) genoemd worden zullen niet worden gevormd in de rioolwaterzuiveringsinstallatie in Nederland, door het feit dat dit niet gebruikt kan worden voor de zuivering van het afvalwater, maar de bijproducten zouden gevormd kunnen worden bij het bereiden van drinkwater, wanneer het oppervlakte water bij het grondwater wordt toegevoegd welke dan beide aan het eind van het drinkwater productie proces worden gezuiverd van bacteriën met desinfectie middelen. Het is echter de vraag hoe hoog de concentratie zal zijn welke uiteindelijk aan zal komen in de buurt van de gebieden waar het oppervlakte water wordt ontnomen voor drinkwater productie. Bijvoorbeeld in Pennsylvania is aangetoond dat in de buurt van schaliegas activiteiten de bromide en chloride concentratie na 200 meter nog te hoog is. De concentratie zal gedurende het jaar in de rivier voor chloor rond de 5 mg per liter liggen en voor bromide 16 mg per liter. Alleen de bromide concentratie is hier te hoog. De data is echter over een beperkte afstand verkregen, zodat alleen tot een afstand van 600 meter te zeggen valt wat de concentratie mogelijkerwijze zal zijn. De concentratie is echter bij het loospunt nauwelijks gedaald ten opzichte van de concentratie welke verwacht wordt van het terug stromende zoute grondwater en fracking vloeistof. Wat wel gezegd kan worden is dat de kwik concentratie in de gebieden waar de schaliegas activiteiten plaatsvinden, de kwik concentratie in roofvissen (in Nederland bijvoorbeeld de

Snoek) hoog was in Pennsylvania. Ook in Nederland is uit te gaan van bio accumulatie van de door rioolwaterzuiveringsinstallaties niet zuiverbare chemicaliën.

Tenslotte heeft het afvalwater ook het potentieel in Nederland om het sediment in de rivieren met natuurlijk radioactief materiaal te verontreinigen. Hierbij is uit te gaan van concentraties rond 185 becquerel/liter (Warner, Christie, Jackson, & Vengosh, 2013). Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot hebben al onderzoek gedaan naar de effecten van de chemicaliën op het oppervlakte water en zeggen dat “Wanneer het afvalwater in contact komt met het oppervlaktewater – direct, of indirect via het (oppervlakkige) grondwater – zijn verzilting en vergiftiging de belangrijkste effecten op de getroffen aquatische systemen. De hoge saliniteit van het afvalwater, zowel door natriumchloride als door andere opgeloste macro-ionen, heeft grote consequenties voor organismen. De saliniteit van water is namelijk een belangrijke sturende factor in aquatische systemen, omdat die direct ingrijpt op de fysiologie van organismen. Verzilting leidt op termijn dan ook tot veranderingen in de levensgemeenschappen van aquatische systemen. Onder de stoffen die de saliniteit bepalen in het afvalwater neemt chloride een belangrijke plaats in. Van veel soorten macrofauna en waterplanten is bekend dat ze een chloridegehalte van onder de 300 mg/l prefereren, terwijl bijvoorbeeld het teruggestroomde water uit boorputten in Engeland 15.000-75.000 mg/l chloride bevatte” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013).

In het geval van Pennsylvania is dit een chloride concentratie rond de 30.200 mg/l. Als dan gekeken wordt naar de zware metalen en koolstofverbindingen welke in het terugstromende water in hoge concentratie voorkomen wordt hierover door Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot gezegd dat “deze in hoge concentraties kunnen leiden tot sterfte, verminderde groei, verminderde reproductie en misvormingen bij onder andere vissen en andere macrofauna” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). “Echter hoe de levensgemeenschappen precies reageren op het afvalwater van schaliegasboorputten is niet goed bekend en is door de wisselende samenstelling van zowel de gebruikte stoffen als van bodem ter plekke van de boring ook lastig van tevoren te bepalen voor een specifieke locatie. Daarnaast zijn toxiciteitstests maar voor een beperkt aantal soorten uitgevoerd. Belangrijk is bovendien dat er bij een lekkage sprake is van een multistress-situatie, omdat allerlei potentiële stressoren tegelijkertijd in het aquatische milieu terechtkomen. Combinaties van toxische stoffen kunnen daardoor al bij een lagere waarde tot sterfte leiden dan wanneer er maar één stof aanwezig zou zijn” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). Niet alleen de hoeveelheid aan verscheidende chemicaliën welke in het afvalwater voorkomen zijn groot, maar ook de concentraties van schadelijke chemicaliën zoals chloor, bromide, arseen en vele anderen zijn hoger dan de maximaal toegestane concentratie en vaak zelfs drastisch hoger zoals de arseen concentratie welke 29 keer hoger is dan toegestaan.

“De waterkwaliteit van de Nederlandse wateren staat op veel plaatsen onder druk door stressoren als eutrofiëring, organische belasting, verzilting, zware metalen en bestrijdingsmiddelen. Wanneer er in de toekomst schaliegas gewonnen gaat worden, is het de vraag in hoeverre de effecten hiervan te herleiden zijn tot deze winningen. Het is goed mogelijk dat andere stressoren de effecten in eerste instantie maskeren. Daarom is het van belang dat wanneer in Nederland proefboringen verricht gaan worden, de effecten van de frack vloeistof, het productiewater en het afvalwater op aquatische organismen onder gecontroleerde omstandigheden getest worden, zodat eventuele signalen van toxiciteit tijdig opgemerkt kunnen worden. Daarnaast is het van belang de effecten van verzilting op aquatische ecosystemen verder te onderzoeken. Ook bij de huidige verziltingsproblematiek ligt er een groot kennishiaat op dit vlak. Met schaliegaswinning als tweede potentiële bron van verzilting wordt het opvullen van de kennisleemtes een nog belangrijker item. Droogval is uitvoerig bestudeerd voor grondwaterafhankelijke vegetaties, maar over de effecten van droogvallen – of, voor beken, het tijdelijk stilstaan – op de oppervlaktewaterkwaliteit is veel minder bekend. Dit speelt niet alleen door schaliegaswinning maar ook door klimaatverandering. Het is een belangrijke extra stressor op ons oppervlaktewater. Juist de combinatie van droogval of sterke peilwisseling en belastende stoffen

leidt tot de vraag of beide elkaar versterken in hun effecten” (Verdonschot, Keizer-Vlek, & Verdonschot, 2013). Uitgaande van de effecten van de chemicaliën op het oppervlakte water en ook het watergebruik, kan geconcludeerd worden dat voor de Nederlandse situatie nog veel meer onderzoek moeten worden gedaan, om de effecten van de chemicaliën en het watergebruik op het oppervlakte water beter te kunnen begrijpen. Zoals al eerder vermeld in sub paragraaf 4.3.3. kan lokaal een rivier of meer droogvallen, als meerdere boorvloeren in een gebied dezelfde waterbron gebruiken.

4.3.6. Voetafdruk

De voetafdruk van de boorvloer zelf plus de verstoring welke deze met zich mee brengt beslaat gemiddeld 2,7 hectare, met een brede range van 0,1 tot 19 hectare afhankelijk van het feit of er een waterbekken wordt gebruikt of niet bij de boor activiteiten. De verstoring waar hier over gepraat wordt, houdt in principe de seismische testen in, in combinatie met de verstoring welke veroorzaakt wordt door versnippering door de wegen en pijpleidingen welke zijn aangelegd. In Nederland zal ook een waterbekken of een watertank moeten worden gebruikt, om het afvalwater op te vangen en het water op te slaan voordat het gebruikt wordt.

De verstoring welke in de Pennsylvania aanwezig is, zal in Nederland minder effect hebben op de natuur, omdat in Nederland al veel bronnen van verstoring aanwezig zijn en in Nederland de schaliegas activiteiten in landbouwgebieden zullen plaatsvinden in plaats van de beboste gebieden zoals in Pennsylvania. Echter zullen de bewoners rondom de boorvloeren enige hinder in de vorm van geluidsoverlast en horizon vervuiling ondervinden, welke voor een groot deel niet voor de gehele productie periode zal zijn, mits meertraps fracken niet nodig is. De effecten van de schaliegas activiteiten op landbouwgebieden, heeft in Pennsylvania landverlies tot gevolg. Voor elke 200 hectare aan landbouwgrond, wordt daar 1 hectare omgezet naar boorvloer.

Zoals in sub paragraaf 3.3.4. al vermeld is, zorgen de activiteiten omtrent het winnen van schaliegas er voor dat de grond onder de boorvloer minder geschikt wordt voor de groei van planten. De vruchtbaarheid van de grond wordt daardoor verminderd doordat de wortels van de planten de nutriënten minder goed op kunnen nemen. In Nederland zal dit er voor zorgen dat in totaal een gebied van 36,5 vierkante kilometer verloren kan gaan, alleen door de boorvloeren.

In Pennsylvania lijken de schaliegas boorvloeren, meer op een industrieel gebied doordat het bedekt is met stenen om het zware materieel te kunnen dragen. Ook in Nederland zal dit het geval zijn en kan er voor zorgen dat regenwater minder goed of niet kan inzijgen in de ondergrond (Ministerie van Economische Zaken, 2014). In Pennsylvania heeft dit tot gevolg dat er modderlawines ontstaan, echter zal dit in Nederland niet het geval zijn, door het ontbreken van zulke steile hellingen en heuvels. Wel zou dit voor wateroverlast kunnen zorgen en net als in Pennsylvania mits de waterbekkens ook niet overdekt zijn met een plastic bescherm laag, voor de verontreiniging van oppervlakte water direct door het terugstromende water of fracking vloeistof welke in de waterbekken aanwezig is zorgen.

4.3.7. Geluidsoverlast

Als je kijkt naar schaliegas activiteiten in Pennsylvania zijn de compressoren daar een bron van geluidsoverlast op lange termijn (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013). Ook in Nederland zullen deze compressoren nodig zijn om het gas te kunnen verplaatsen van de ene naar de andere locatie, bijvoorbeeld van de boortoren richting de gasopwerkingsinstallatie. Het geluidsniveau van deze compressoren ligt 50 feet (15 meter) van de geluidsbron rond de 70 decibel, 100 feet (ongeveer 30 meter) van de geluidsbron is het geluidsniveau al 65 decibel. Het neemt verder geleidelijk af tot ongeveer 60 decibel op een afstand van 250 feet (ongeveer 76 meter) van de geluidsbron. Een voltooide boorvloer heeft zelf een geluidbelasting van 40 tot 45 decibel, welke redelijk constant is tot

250 feet (76 meter). In de Nederlandse wetgeving staat dat buiten het industrie terrein, wat de schaliegas boorvloer zal zijn, dat terrein de waarde van 50 dB(A) niet mag overschrijden. De compressoren voldoen duidelijk niet aan deze eis en zijn qua geluidsbelasting 15 tot 20 decibel hoger dan toegestaan. Zelfs als men de hogere waarden toelaat met voor de geprojecteerde woningen 55 dB(A) en voor aanwezige of in aanbouw zijnde woningen 60 dB(A) is dit nog steeds 5 tot 10 decibel hoger dan is toegestaan. De boorvloer zelf zit met 40 tot 45 decibel nog onder de maximale geluidsbelasting (Rijksoverheid, 2014). Dit is echter zeer dichtbij de boortoren. Als men de gebruikte afstand tot de bebouwing aanhoudt is te zien (zie tabel 12) dat de norm nu niet overschreden is. Het is dus mogelijk om ondanks de geluidsoverlast te boren.

“Bij plannen of projecten op het gebied van ruimtelijke ordening, bij wijzigingen van de bedrijfsvoering of oprichting van bedrijven en vergunningen- of ontheffingenprocedures kan volgens de Flora- en faunawet of de Natuurbeschermingswet een flora en fauna toets of passende beoordeling vereist zijn. Onderdeel hiervan is een onderzoek naar de potentiële verstoring van (beschermde) vogelsoorten” (Aida Tursic (Taw), 2013).

Antropogene geluidbronnen kunnen nadelige effecten hebben op het voorkomen van zangvogels. Dit kan de instandhouding van de vogels welke onder de Natura 2000 soorten vallen bemoeilijken. “Veel soorten vogels communiceren in belangrijke mate met behulp van akoestische signalen. De meest in het oog lopende processen die grotendeels via akoestische communicatie verlopen zijn paarvorming, afbakening van het territorium of het waarschuwen tegen predatoren (o.a. Rheindt 2003). Antropogene geluidbronnen kunnen deze communicatie verstoren” (Kleijn, 2008). Studies tonen over het algemeen aan dat de aanwezigheid van wegen een nadelig effect heeft op de populatiedichtheid van broedvogels maar tevens dat niet alle soorten nadelig worden beïnvloed” (Kleijn, 2008).

“Plotselinge en onbekende geluiden werken vermoedelijk als alarmsignaal bij veel diersoorten en activeren het sympathisch zenuwstelsel. De fysiologische stress respons die op de korte termijn optreedt na een alarmsignaal (vecht-of-vlucht reactie) zijn hetzelfde voor veel gewervelde dieren (Möller 1978). Het algemene reactiepatroon in respons op stress behelst onder meer een activering van de neurale en endocriene systemen, welke veranderingen veroorzaakt zoals verhoogde bloeddruk en verhoogde concentraties glucose en corticosteroïden in de bloedbaan. Een regelmatige activering van de neurale en endocriene systemen veroorzaakt uitputting van de reserves en kan de conditie negatief beïnvloeden. In hoeverre dit kan leiden tot een verhoogde mortaliteit of verlaagde reproductie is onbekend” (Kleijn, 2008).

In het gebied in Pennsylvania zijn ook effecten te zien met betrekking tot geluidsoverlast en is de populatie dichtheid in de buurt van de boorvloeren lager dan in de gebieden zonder schaliegas activiteiten. Beide bronnen bevestigen dat geluidsbronnen een negatief effect hebben op de zangvogels vlakbij een gebied met een continue of discontinue geluidsbron. Het geluidsniveau welke gemeten is op een voltooide boorvloer is redelijk stabiel 250 meter rond het terrein met een niveau van 45 decibel. De compressor op het terrein zorgt gedurende de booractiviteiten voor een geluidsniveau van tussen de 60 en 70 decibel. “Vrijwel al het werk aan grenswaarden van geluid op wilde soorten is uitgevoerd door Reijnen en collega's (b.v. Reijnen et al. 1995, Reijnen & Foppen 1995, Reijnen et al. 1997) en Tulp et al. (2002) voor Nederlandse grasland- en bosvogels en voor de relatief continue geluidbelasting van (spoor-) wegen. Hieruit blijkt dat grenswaarden voor verschillende soorten aanzienlijk kunnen verschillen en uiteen lopen van 31 tot 60 dB(A) voor soorten waarin de respons op dichtheden territoria is gemeten” (Kleijn, 2008). De waarde van alleen al de voltooide boorvloer zorgt voor problemen voor de meeste soorten (zie bijlage 10). De compressor heeft een geluidsniveau welke veel hoger ligt dan de grenswaarde van de soorten welke zijn onderzocht. Deze soorten zullen in de buurt van schaliegas gebieden waarschijnlijk gaan verdwijnen.

Als men dan kijkt naar het geluidsniveau over een kilometer van beide geluidsbronnen (zie tabel 12), zullen van de soorten waarvan de maximaal dB (A) waarde van bepaald zijn bij de voltooide boorvloer de vogelsoorten houtduif, veldleeuwerik, fitis en koekoek pas op een afstand van 30 tot 100 meter van de boorvloer voorkomen.

Afstand tot de geluidsbron in meter															
	15	30	45	60	75	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Compressor	70	64	60	58	56	53	47	43	40	38	36	35	33	32	31
Voltooide boorvloer	45	39	36	33	31	28	22	18	15	13	11	10	8	7	6

Tabel 12; Geluidsniveaus van de twee belangrijkste geluidsbronnen, bron: (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

De compressor welke veel luider is heeft op de vogels een veel groter effect (zie tabel 13). Er komen geen tot alleen weinig broedende vogels voor tot 60 meter van de compressor en zelfs dan komen alleen een paar soorten voor zoals meerkoet en graspieper. 400 meter vanaf de compressor is de verscheidenheid aan vogels al veel groter en kunnen ook soorten voorkomen zoals de grutto of de veldleeuwerik. De fitis en koekoek zijn het gevoeligst en komen pas op 600 en 700 meter afstand van een compressor voor. Het voorkomen van deze vogels was in het onderzoek 'Effecten van geluid op wilde soorten - implicaties voor soorten betrokken bij de aanwijzing van Natura 2000 gebieden' gebaseerd op het aantal broedende vogels.

Afstand tot geluidsbron (meter)	Compressor (dB)	Grens waar de soort niet meer voorkomt
15	70	Geen van de bekende soorten komt voor
30	64	
45	60	
60	58	Meerkoet
75	56	Graspieper
100	53	Fazant, Houtsnip en Gaai
200	47	Boompieper, Zomertaling en Slobeend
300	43	Ekster, Winterkoning en Kievit
400	40	Grutto, Veldleeuwerik en Houtduif
500	38	
600	36	Fitis
700	35	Koekoek
800	33	
900	32	
1000	31	

Tabel 13; Grenswaarde in meters ten opzichte van de compressor, gebaseerd op: (Kleijn, 2008) en (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013)

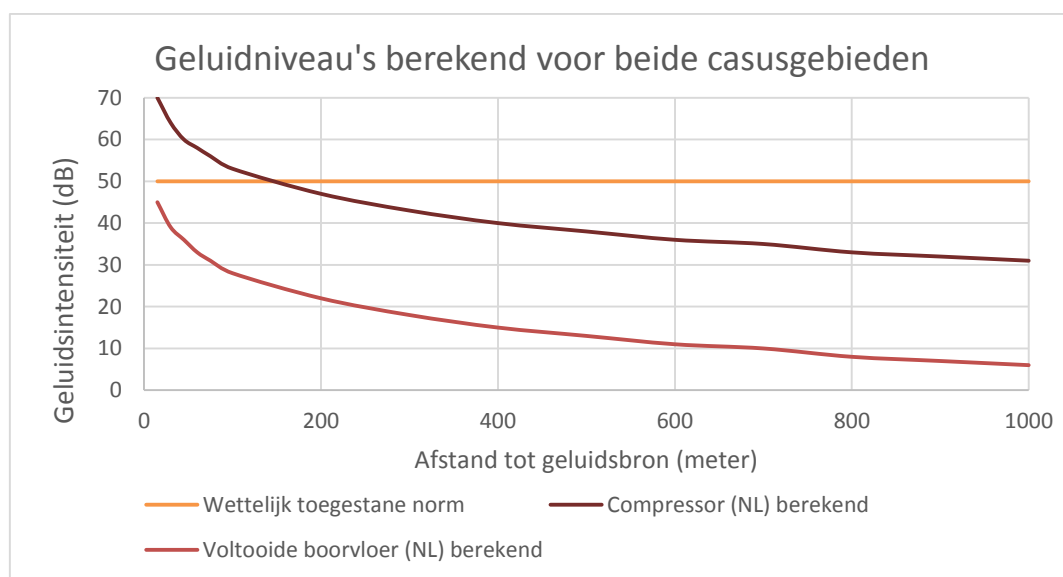
4.4. Beschrijving leefomgeving effecten van de casusgebieden

De leefomgeving van de casusgebieden is al beschreven in paragraaf 3.5, waar te lezen is hoe de leefomgeving in deze gebieden er uit zien. Aan de hand van deze beschrijving en de effecten welke voor de Nederlandse situatie zijn verzameld, wordt een beeld geschetst voor de casusgebieden.



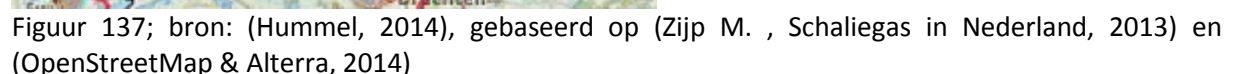
Figuur 136; bron: (Hummel, 2014), gebaseerd op (Zijp M. , Schaliegas in Nederland, 2013) en (OpenStreetMap & Alterra, 2014)

Het eerste casusgebied welke wordt behandeld, is het casusgebied Veenwouden, waar zich het natuurgebied De Alde Feanen bevindt. In figuur 136 is het gasveld te zien welke zich vlakbij het natuurgebied bevindt. In dit gasveld bevinden zich 34 schaliegas boorvloeren (rode punten op de kaart), welke een bufferzone (oranje cirkels) van een kilometer om zich heen hebben. De bufferzone is de zone waar binnen geluidsoverlast kan voorkomen voor de bewoners. Buiten deze zone zal het geluidsniveau laag genoeg zijn, zodat niet meer over geluidsoverlast gepraat kan worden. Dit geldt zowel voor het casusgebied te Veenwouden als Delfzijl.



Grafiek 5; gebaseerd op: (Rekenvoorbeeld.nl, 2009)

De Alde Feanen welke een nationaalpark en Natura 2000 gebied is, wordt door de Flora en fauna wet en Natuurbeschermingswet 1998 beschermt tegen activiteiten welke een gevaar vormen voor het gebied en ook zorgt er voor dat in deze gebieden geen boringen verricht kunnen worden. Indien deze gebieden worden vermeden in de Nederlandse situatie, zal niet zoals in Pennsylvania het geval is versnippering van het natuurgebied zelf plaatsvinden (zie paragraaf 3.3.6.). Wel kan verstoring door geluid er voorzorgen dat soorten zoals de grutto 400 meter rondom de compressoren gebruikt bij schaliegas winning niet voorkomen en deze gebieden mijden. Kijkend naar figuur 137 kan men zien dat er gebieden aanwezig zijn waar er meerdere boorvloeren dicht op elkaar voorkomen. Dit kan er voor zorgen dat in de blauw omcirkelde gebieden amper vogels voorkomen. Dit heeft tot gevolg dat de leefruimte van vogels zoals de grutto en zoogdieren in het gebied te Veenwouden afneemt. Het natuurgebied De Alde Feanen zelf zal niet door het geluid worden verstoord, maar wel de mogelijke foerageergebieden, welke door deze geluidsbarrière versnipperd wordt. De bufferzones worden hierdoor de gebieden waar de vogels omheen moeten om naar gebieden te kunnen gaan waar ongestoord gevoerageerd kan worden. In de bufferzone zelf zullen de vogels en zoogdieren gestoord worden bij het foerageren door de geluidsbron. De geluidsbron zal er namelijk voor zorgen dat het lastiger is, om als roofdier te bepalen aan de hand van geluiden waar de prooi zich bevindt. De kans neemt hierdoor af voor de roofdier om succesvol een prooi te kunnen vangen.



De voetafdruk van de boorvloeren zal in het gebied te Veenwouden 0,9 – 1 vierkante kilometer beslaan en is kijkend naar het totaal oppervlak van het gasveld (ongeveer 259 vierkante kilometer) maar een fractie (0,4%) van het totaal oppervlak.

Als men nu kijkt naar de boortoren zelf, is in onderstaande afbeeldingen te zien hoe de boortoren er uit ziet op ongeveer 150 afstand (zie figuur 138) en op 800 meter afstand (zie figuur 139). De boortoren is op grotere afstand nog steeds zichtbaar en zal vooral in Nederland waar er grote open gebieden zijn meer opvallen dan het geval is in Pennsylvania. Vooral bij het hoge dichtheid aan boortorens zal de belevingswaarde voor de bewoners vooral in open gebieden verslechteren en zal de visueel ruimtelijke karakteristiek van het landschap worden beïnvloed.



Figuur 138; Boortoren bij 't Faan (Groningen), op 150 meter afstand, bron: (De Streekkrant, 2014)

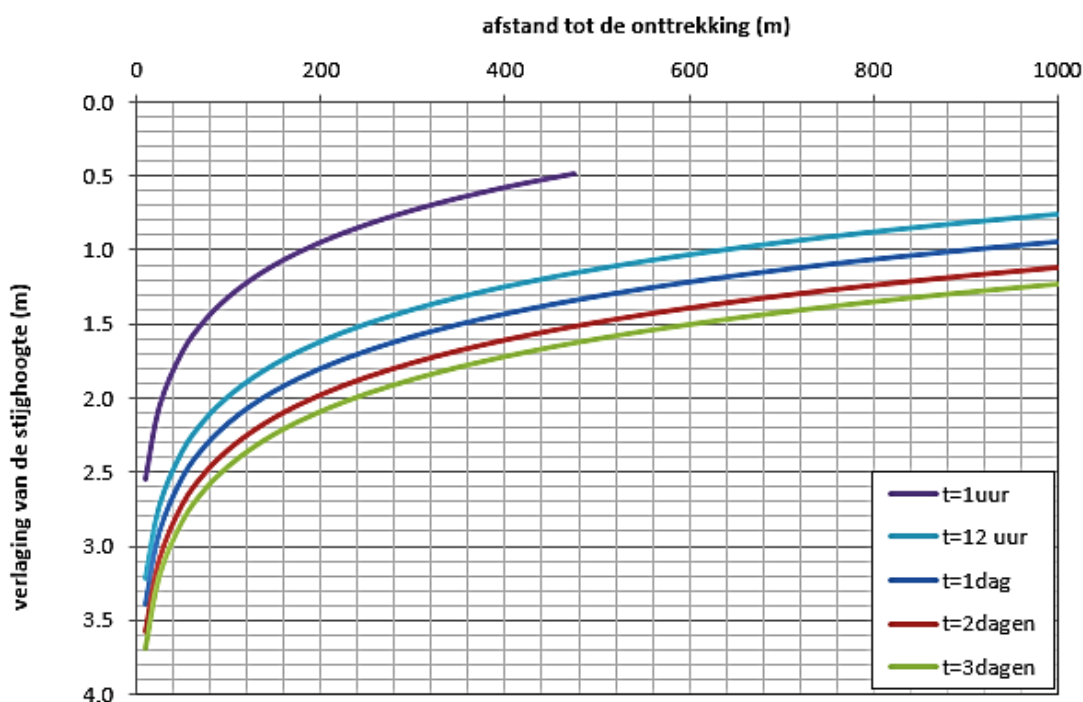


Figuur 139; Boortoren in Pennsylvania op 800 meter afstand, bron: (Sarita Rose & Min, 2010)

Als men kijkt naar het casusgebied te Veenwouden zullen de 102 boorputten in totaal 1,83 miljard liter water nodig zijn. Kijkend naar oppervlakte water zal alleen het water uit het Bergumermeer mogelijkerwijze gebruikt worden. Het Bergumermeer is gemiddeld 1,5 meter diep en heeft een oppervlak van 3,6 vierkante kilometer (anglermaps.nl, 2014). Dit komt neer op ongeveer 5,4 miljard liter water. De boorputten zouden dus ongeveer 34% van het water welke in het Bergumermeer aanwezig is verbruiken. Dat betekent dat ongeveer 3.564.000.000 liter water achterblijft. Als men dan berekend hoe hoog het water hierna nog staat ($3.564.000.000 \text{ liter} = 3.564.000 \text{ m}^3$, $3.564.000 \text{ m}^3 / 3,6 \text{ vierkante kilometer} = 0,99 \text{ meter}$), blijft nog ongeveer 1 meter water over. Oftewel de waterstand in het Bergumermeer zakt dan met 50 centimeter. Hierbij wordt wel uitgegaan dat al het water in één keer wordt verbruikt, wat niet het geval is. Het illustreert echter wel wat voor een invloed het kan hebben als alle boorputten in een gebied uit één waterbron water onttrekken. Men is dan in het feite ook de omliggende gebieden aan het ontwateren.

Zoals al vermeld in sub paragraaf 4.3.3. zal de stijghoogte amper veranderen ten opzichte van de stijghoogte nu, als geleidelijk door het gehele jaar water zal worden onttrokken in de buurt van de boorvloer. Het effect van deze grondwater onttrekking is per boorvloer niet significant op de omgeving, echter is het onbekend wat voor een effect een grote aantal aan boorvloeren op een gebied zal hebben.

Als men naar een scenario (zie grafiek 6) kijkt waar in het casusgebied te Veenwouden het water voor de 102 boorputten afkomstig is van één grondwaterbron kan men zien dat de stijghoogte 200 meter van de grondwateronttrekking 2 meter lager is dan in de normale situatie het geval moet zijn en 1 kilometer verwijderd van de grondwateronttrekking 1,2 meter lager is. Dit voorbeeld laat zien dat ook bij grondwater verbruik (zie sub paragraaf 4.3.3. voor oppervlaktewater verbruik) het waterverbruik verspreidt moet worden om de impact op de leefomgeving te verminderen. Als dit niet het geval zou zijn, zal dit tot verdroging van de gebieden rondom de boorput leiden en in het geval van Veenwouden het natuurgebied De Alde Feanen in gevaar kunnen brengen.



Grafiek 6; gebaseerd op: (grondwaterformules.nl, 2014)

Het onttrekken van grond en oppervlaktewater heeft het potentieel om de gebieden te verdrogen. Het effect van het verspreid onttrekken van grondwater zal het effect verminderen, toch zal langdurige wateronttrekking door 102 boorputten voor de winning van het grondwater waarschijnlijk voor verdroging zorgen. De stijghoogte wordt dan wel niet veel beïnvloed, door een boorput voor de winning van het water per boorvloer in een gebied waar niet veel ondergrondse activiteiten plaatsvinden, echter bevinden zich 102 van deze boorputten in een gebied van 259 vierkante kilometer welke zich redelijk vlak bij elkaar in clusters bevinden. De onttrekking van de 102 boorputten gezamenlijk heeft het potentieel om verdroging te veroorzaken in het gebied. “Kleinere of tijdelijke onttrekkingen zijn momenteel vrijgesteld van vergunningplicht. Hierdoor ontbreekt nu het inzicht in de (cumulatieve) effecten van deze winningen” (Provincie Utrecht, 2008). Het is dus onzeker in welke mate er verdroging zal plaatsvinden, tot deze inzicht in de (cumulatieve) effecten van deze winningen wordt verkregen.

Plantsoort	GLG (cm boven maaiveld)	GHG (cm boven maaiveld)	Range
Pijpenstrootje	-240 – -20	-135 – 25	265
Zachte berk	-240 – 40	-140 – 60	300
Zwarte els	-170 – -20	-90 – 40	210
Moerasstruisgras	-170	-70 – 60	200
Grote wederik	-140 – 40	-65 – 60	200
Geoorde of Grauwe wilg	-135 – 10	-50 – 55	190
Zwarte zegge	-130 – -30	-60 – 30	160
Wilde gagel	-130 – -20	-65 – 30	160
Stijve zegge	-130 – 30	-60 – 60	190
Blauwe zegge	-125 – 40	-55 – 60	185
Moerasvaren	-120 – -20	-75 – 30	150
Kale jonker	-130	-60 – 35	155
Moerasspirea	-120 – 0	-35 – 50	170
Gewone dotterbloem	-120 – 40	-50 – 60	180
Sterzegge	-115 – 15	-40 – 55	170
Grote ratelaar	-110	-40 – 45	145
Moeraswederik	-100 – 20	-30 – 50	150
Lidrus	-95 – -20	-40 – 30	125
Moeraswalstro	-90 – -20	-30 – 30	120
Melkeppe	-85 – 35	-30 – 60	145
Geelgroene zegge	-80 – -20	-25 – 25	105
Watermunt	-80 – -10	-15 – 50	130
Spaanse ruiter	-80 – 20	-25 – 50	130
Scherpe zegge	-80 – 10	-20 – 55	135
Wilde Bertram	-80 – 30	-25 – 57	137
Gewone watervan	-80 – 30	-20 – 60	140
Vlozegge	-75 – 35	-10 – 60	135
Kleine lisdodde	-70 – -20	-20 – 30	100
Egelboterbloem	-70 – -20	-15 – 35	105
Tweerijge zegge	-65 – 0	-15 – 45	110
Holpijp	-60 – 30	-10 – 57	117
Blonde zegge	-60 – 40	0 – 60	120
Echte koekoeksbloem	-55 – 30	-10 – 55	110
Wateraardbei	-50 – 40	0 – 60	110
Waterkruiskruid	-40 – 40	5 – 60	100

Tabel 14; Gemiddeld laagste en hoogste waterstand per plantsoort, gebaseerd op: (Schaminee, 2014)

Als men kijkt naar het soort planten (zie tabel 14) welke voorkomen binnen het natuurgebied De Alde Feanen, kan men zien dat vooral Pijpenstrootje, Zachte berk, Zwarte els, Moerasstruisgras, Grote wederik, Geoorde of Grauwe wilg, Zwarte zegge, Wilde gagel, Stijve zegge en Blauwe zegge minder gevoelig zijn voor verdroging. De gemiddelde laagste en hoogste grondwaterstand bij deze plantsoorten is redelijk laag en ook de spreiding tussen de hoogste en laagste grondwaterstand is bij deze soorten groter en neigt meer richting meer drogere omstandigheden. Bij verdroging van het gebied zullen vooral deze soorten bevoordert worden en zullen soorten zoals de Egelboterbloem, Tweerijge zegge, Holpijp, Blonde zegge, Echte koekoeksbloem, Wateraardbei en Waterkruiskruid terrein verliezen in het natuurgebied. Bij verminderde stijghoogte zal ook minder kwel in het natuurgebied voorkomen welke juist door de eerder genoemde soorten belangrijk zijn.

“In een aantal laagveengebieden heeft afname van kweldruk geleid tot achteruitgang van kenmerkende elzenbroekbossen en open moerasvegetaties. De afname van grondwaterinvloed versnelt het proces van hydrologische isolatie waarbij de regenwaterinvloed toeneemt en kwelinvloed verder afneemt. Dit proces gaat gepaard met verzuring en een ontwikkeling richting berkenbroekbos en levend hoogveen. Vanuit het oogpunt van de veenbossen is dit misschien een goede ontwikkeling, vanuit een breder natuurbehoudsperspectief echter zeker niet! Daar waar de kwel echt niet meer hersteld kan worden, kan ervoor gekozen worden het bos verder met rust te laten, zodat zich een mooi veenbos kan ontwikkelen. Verdroging en eutrofiëring leiden bij veenbossen tot een sterke verarming van het ecosysteem.

De kenmerkende planten- en diersoorten verdwijnen en maken plaats voor een beperkt aantal algemene soorten zoals Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*), Gewone braam (*Rubus fruticosus*), Brede stekelvaren (*Dryopteris dilatata*) en Hennegras (*Calamagrostis canescens*). Ernstige verdroging leidt tot veraarding van de bodem: een onomkeerbare verandering van de groeiplaats. In laagveengebieden leidt eutrofiëring van het water tot een vervlakking van milieudiversiteit (=nivellering). Het belemmert ook het ontstaan van jonge verlandingsstadia die niet tot de veenbossen gerekend kunnen worden, maar wel voorstadia daarvan kunnen vormen. De opeenvolging van begroeiingen en de daarbij horende grote diversiteit aan veen- en broekbostypen is voor laagveen heel kenmerkend” (Natuurkennis, 2010).

Vermesting kan potentieel voorkomen in de gebieden waar zich een boorput bevindt, doordat in het terugstromende grondwater onder andere nitraat, nitriet en sulfaat voorkomt. Bij lekkage van het teruggestroomde grondwater in het oppervlakte water kan dit leiden tot eutrofiëring (vermesting) van dit water.

Als men nu de andere chemicaliën erbij betreft en kijkt naar de buitenlandse literatuur komt duidelijk naar voren dat er bewijs is gevonden, onder andere van (Northrup, 2010), dat er daadwerkelijk chemicaliën rondom de boorputten in het grondwater bevinden in de lagen waarin niet gefrackt wordt. Kijkend naar de boorputintegriteit van de boorputten wereldwijd, is de kans groot dat ook in het casus gebied te Veenvouden, waar een hoge dichtheid aan boorputten voorkomt, methaan, propaan en ethaan gas in het drinkwater terecht zal kunnen komen. Als men dan kijkt op de verschillende dieptes in de dwarsdoorsnede uit het casusgebied (zie figuur 116, paragraaf 3.5) heeft men de volgende doorsnede (zie tabel 15). Met de formule van Darcy is dan aan de hand van de doorlatendheid (m/dag), de verhang (hier is gekozen voor 1,1) en het frontaal oppervlak waar voor 1 vierkante meter gekozen is.

Diepte (in meters)	Grondsoort	Indicatie van de tijd waarin 1 kilometer wordt afgelegd
0 - 2	Veen	27 tot 2740 jaar
2 - 100	Zand (fijn tot uiterst grof)	33 dagen tot 2,7 jaar
100 - 240	Grof zand en grind	14 minuten tot 33 dagen
240 - 270	Zand (fijn tot uiterst grof)	33 dagen tot 2,7 jaar
270 - 330	Grof zand	33 dagen
330 - 460	Schelpen, grof zand	33 dagen

Tabel 15; gebaseerd op: (Bot, 2011)

Het zal onwaarschijnlijk zijn dat de fracking vloeistof en zout grondwater horizontaal door het ondiepe veen zal gaan stromen. Het is echter waarschijnlijker dat op een diepte van 100 tot 460 meter dat fracking vloeistof en zout grondwater uit de boorput lekt. Kijkend naar de lagen op deze diepte wordt 1 kilometer afgelegd in 14 minuten tot 2,7 jaar. Vooral in grof grind en grof zand stroomt het grondwater snel door de bodem. Grondwater in fijn zand legt juist 1 kilometer

langzamer af in 2,7 jaar. Toch is dit in geologisch perspectief een fractie van een seconde. In Pennsylvania echter duurt het in ondiepe ondergrond minimaal 55 jaar. De gebieden in Nederland zijn dus veel gevoeliger om besmet te worden met de chemicaliën mits er lekkage plaatsvindt dan wat in Pennsylvania het geval is. Het is daarom meer waarschijnlijk dat de chemicaliën een drinkwaterwingebied bereiken in Veenwouden dan in het onderzoeksgebied in Pennsylvania.

Er worden dan ook sneller effecten van deze chemicaliën op de leefomgeving in Nederland verwacht. Er zal vooral in gebieden zoals Veenwouden met vooral zand en grind extra aandacht moeten worden besteed, om lekkage van de boorput te voorkomen en de effecten van de chemicaliën op de publieke drinkwatervoorziening te minimaliseren. Ook kan het zout wat is opgelost in het grondwater welke terug stroomt richting het oppervlak bij lekkage in de boorput of in het oppervlak voor verzilting van het grondwater of oppervlakte water zorgen en hierdoor negatieve effecten veroorzaken op de flora en fauna in een gebied. Als men kijkt naar de plantsoorten welke in het natuurgebied voorkomen zoals Grote ratelaar, Wateraardbei, Zwarte els, Moeraswalstro en Stijve zegge is van deze plantsoorten bekend dat ze geen tot amper zout verdragen. De zout concentraties van het terugstromende zoute grondwater is des danig hoog, dat dit het natuurgebied en de daar voorkomende flora en fauna negatief beïnvloeden. Ook een soort zoals de Grote brandnetel wordt door deze zout concentraties negatief beïnvloed.

Echter kijkend naar de recente ontwikkelingen met betrekking tot boorput integriteit is het onwaarschijnlijk dat een boorput kan worden gecreëerd welke bestand is tegen het corrosieve fracking vloeistof en zoute grondwater (Ingraffea, 2013), (Krupp & Jenkins, 2013), (John Martins, 2001) en (Smith, 1999). Het is daarom aan te raden om gebieden met een goede doorlatendheid en geen dikke slecht doorlatende laag welke het ondiepe grondwater over de gehele diepte beschermt tegen de chemicaliën te mijden als potentieel schaliegaswingebied. Echter moet wel gezegd worden dat ook in een slecht doorlatende laag zoals keileem, leem, zandige klei en löss 1 kilometer in 55 jaar wordt afgelegd. Dit houdt echter alleen in dat deze laag het drinkwater mits deze over 1 kilometer afstand ononderbroken voorkomt, wat niet altijd het geval is, nog steeds het drinkwater verontreinigd wordt met de chemicaliën ook al is dit 55 jaar later dan het fracking proces heeft plaats gevonden. In het geval van zware klei duurt het 27400 jaar en bij potklei duurt het 2740 jaar. Als men de gemiddelde generatietijd hiernaast legt van 30 jaar welke voor Nederland geldt, kan men zien hoelang het echt duurt voordat in deze gevallen de verontreiniging een drinkwaterbron op 1 kilometer afstand kan bereiken (Wikipedia, 2014). In het geval van zware klei duurt het 913 generaties voordat de drinkwaterbron verontreinigd wordt en bij potklei 91 generaties. In beide gevallen zal het mogelijk zijn om een schaliegas boorput te boren, echter komen deze gebieden in Nederland welke hoofdzakelijk uit zand en grind en mariene zanden bestaat in de diepe ondergrond met hier en daar leem of keileem, niet veel voor.

Wat het effect is van het vrachtverkeer op het regionale verkeer is voor beide casusgebieden niet te bepalen, omdat niet bekend is hoe vaak de vrachtwagens het water zullen vervoeren en hoeveel vrachtwagens per keer gebruikt zullen worden. Wel kan gezegd worden dat in totaal ongeveer 14.000 vrachtwagens per jaar nodig zullen zijn om het afvalwater te transporteren als het niet op de locatie zelf wordt gezuiverd.

Als men kijkt naar het casusgebied te Delfzijl (zie figuur 140) zal hier hoofdzakelijk grondwater gebruikt worden als benodigd fracking water. Er bevinden zich in totaal 13 boorvloeren in het casusgebied, wat het totaal aantal boorputten 39 maakt. Deze boorputten zullen in totaal 702 miljoen liter water verbruiken en daarbij wordt tussen 140,4 miljoen liter en 210,6 miljoen liter aan afvalwater geproduceerd.



Figuur 140; bron: (Hummel, 2014), gebaseerd op (Zijp M. , Schaliegas in Nederland, 2013) en (OpenStreetMap & Alterra, 2014)

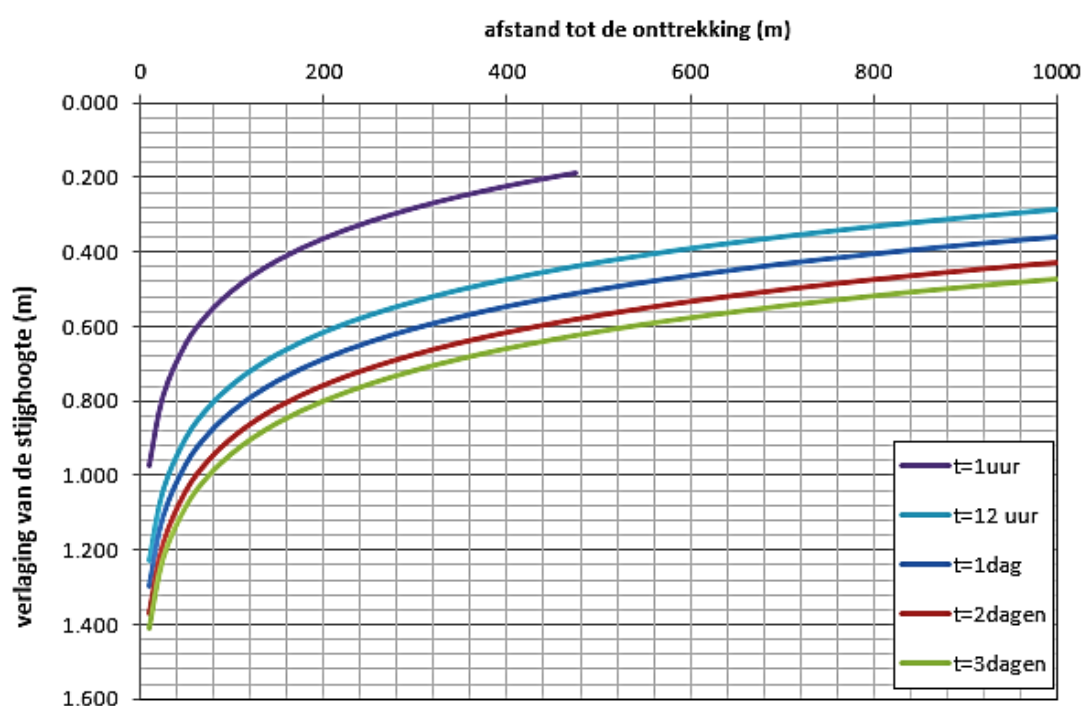
Zo al eerder vermeld in paragraaf 4.4. is het geluidsniveau op de voltooide boorvloer tussen de 40 en 50 decibel, wat vergelijkbaar is met continu gefluister en het geluidsniveau van de compressor 70 decibel, vergelijkbaar met een stofzuiger (Brittingham, Drohan, & Bishop, 2013) en (Gaeremyn, 2012). Qua geluidsbelasting voor het casusgebied te Delfzijl is het zelfde niveau te verwachten als het casusgebied te Veenwouden. Wat wel een invloed kan hebben hier zijn de activiteiten welke plaats vinden in de Eemshaven, welke ook een bron van verstoring vormt.



Figuur 141; bron: (Hummel, 2014), gebaseerd op (Zijp M. , Schaliegas in Nederland, 2013) en (OpenStreetMap & Alterra, 2014)

Ondanks het feit dat het gebied te Delfzijl geen Natura 2000 gebied is, kan wel verstoring door geluid er voor zorgen dat de aanwezige meer algemene vogelsoorten 400 meter rondom de compressoren gebruikt bij schaliegas winning niet voorkomen en deze gebieden mijden. Kijkend naar figuur 141 kan men zien dat er een groot gebied aanwezig is waar er meerdere boorvloeren dicht op elkaar voorkomen. Dit kan er voor zorgen dat in dit gebied amper vogels voorkomen. Dit heeft tot gevolg dat de leefruimte van de vogels en zoogdieren in het gebied afneemt. De bufferzones worden hierdoor ook in het casusgebied te Delfzijl de gebieden waar de vogels en zoogdieren omheen moeten om naar gebieden te kunnen gaan waar ongestoord gevoerd kan worden. In de bufferzone zelf zullen de vogels en zoogdieren gestoord worden bij het foerageren door de geluidsbron.

De voetafdruk van de boorvloeren zal in het gebied te Delfzijl 0,3 – 0,4 vierkante kilometer beslaan. Als men kijkt naar het casusgebied te Delfzijl zullen de 39 boorputten in totaal 702 miljoen liter water nodig zijn. Zoals al vermeld in sub paragraaf 4.3.3. zal de stijghoogte amper veranderen ten opzichte van de stijghoogte nu, als geleidelijk door het gehele jaar water zal worden onttrokken in de buurt van de boorvloer. Het effect van deze grondwater onttrekking is per boorvloer niet significant op de omgeving. Als men naar een scenario (zie grafiek 7) kijkt waar in het casusgebied te Delfzijl het water voor de 39 boorputten afkomstig is van één grondwaterbron kan men zien dat de stijghoogte 200 meter van de grondwateronttrekking 0,8 meter lager is dan in de normale situatie het geval moet zijn en 1 kilometer verwijderd van de grondwateronttrekking 0,5 meter lager is. Dit voorbeeld laat zien dat ook bij grondwater verbruik (zie sub paragraaf 4.3.3. voor oppervlaktewater verbruik) het waterverbruik verspreidt moet worden om de impact op de leefomgeving te verminderen. Als dit niet het geval zou zijn, zal dit tot verdroging van de gebieden rondom de boorput leiden en in het geval van Delfzijl een gebied welke al lijdt onder de effecten van aardgas boringen de situatie verslechteren.



Grafiek 7; gebaseerd op: (grondwaterformules.nl, 2014)

Ook in het casusgebied te Delfzijl heeft de onttrekking van de 39 boorputten gezamenlijk het potentieel om verdroging te veroorzaken in het gebied. Zoals al eerder vermeld zijn “Kleinere of tijdelijke onttrekkingen momenteel vrijgesteld van vergunningplicht. Hierdoor ontbreekt nu het inzicht in de (cumulatieve) effecten van deze winningen” (Provincie Utrecht, 2008).

Plantsoort	GLG (cm boven maaiveld)	GHG (cm boven maaiveld)	Range
Aardappel	-260 – -70	-150 – -15	245
Haver	-210 – -80	-90 – -20	190
Veldbeemdgras	-175 – -50	-115 – 5	180
Tarwe	-140 – -65	-75 – -10	130
Mais	-140 – -20	-80 – 10	150
Ruw beemdgras	-135 – -40	-75 – 10	145
Engels raaigras	-120 – -50	-55 – 0	120

Tabel 16; Gemiddeld laagste en hoogste waterstand per plantsoort, gebaseerd op: (Schaminee, 2014)

Als men kijkt naar het soort planten (zie tabel 16) welke voorkomen binnen het casusgebied te Delfzijl, kan men zien dat soorten zoals Engels raaigras, Ruw beemdgras en Veldbeemdgras niet zo gevoelig zijn voor verdroging. Gewassen die in het gebied verbouwd worden zijn onder andere aardappel en tarwe, maar ook haver en mais zijn toegevoegd omdat dit ook meer voorkomende gewassen zijn die een boer in de toekomst zou kunnen gaan verbouwen (regiobedrijf.nl, 2014). Als men dan naar deze gewassen kijkt prefereren deze een lage grondwaterstand. Bij verminderde stijghoogte zal ook minder kwel in het gebied voorkomen wat gunstig uitkomt voor de boeren in het gebied, welke problemen ondervinden door kwel, voornamelijk in de vorm van natte plekken in het landbouwgebied welke zij bezitten.

Als men nu de andere chemicaliën erbij betreft en kijkt naar de buitenlandse literatuur komt duidelijk naar voren dat er bewijs is gevonden, onder andere van (Northrup, 2010), dat er daadwerkelijk chemicaliën rondom de boorputten in het grondwater bevinden in de lagen waarin niet gefrackt wordt. Kijkend naar de boorputintegriteit van de boorputten wereldwijd, is de kans groot dat ook in het casus gebied te Delfzijl, waar hoewel er een minder hoge dichtheid aan boorputten voorkomt, methaan, propaan en ethaan gas in het grondwater terecht zal kunnen komen. Er wordt geen drinkwaterbron in dit gebied besmet met de chemicaliën, toch zorgen de chemicaliën voor een potentieel gevaar voor de gewassen welke verbouwt worden in dit gebied.

De kationenumwisselingscapaciteit is de capaciteit van de bodem om positief geladen ionen zoals Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ en Al^{3+} aan te trekken. De Kleimineralen hebben namelijk een negatief geladen oppervlak dat positief geladen ionen aantrekt. De metalen zoals boor (Ba^{3+}) en ijzer (Fe^{2+} of Fe^{3+}) kunnen de plaats in nemen van een ander ion zoals H^+ of Al^{3+} . Dit kan voor verzuring van de bodem zorgen en ook de bodem verontreinigen met de metalen afkomstig van het terug stromende zoute grondwater of fracking vloeistof. Ook kan het zoute grondwater voor verzilting zorgen, wat er voor kan zorgen dat de gewassen in het gebied niet meer willen groeien. Soorten zoals Engels raaigras, Ruw beemdgras, Veldbeemdgras en ook de gewassen zoals aardappel, mais, tarwe en haver verdragen geen zout en zullen hierdoor problemen ondervinden wanneer het zoute grondwater het grondwater in het casusgebied zou stromen.

Voordat er een uitspraak gemaakt kan worden hoe gevoelig het gebied zal zijn wanneer een boorput zijn integriteit verliest, moet worden gekeken naar een dwarsdoorsnede van de bodem in het gebied, om een indruk te krijgen van de gelaagdheid van de grondsoorten in het gebied en de doorlatendheid van de bodem. Als men dan kijkt op de verschillende dieptes in de dwarsdoorsnede uit het casusgebied (zie figuur 124, paragraaf 3.5) heeft men de volgende doorsnede (zie tabel 17). Het gaat hier om een indicatie binnen welke tijdsrange het grondwater een kilometer zal afleggen.

Diepte (in meters)	Grondsoort	Indicatie van de tijd waarin 1 kilometer wordt afgelegd
0 - 20	Klei	274 tot 27400 jaar
20 - 40	Zandige klei en fijne zand	100 dagen tot 55 jaar
40 - 80	Fijne zand	100 dagen tot 2,7 jaar
80 - 140	Grofzand en grind	14 minuten tot 33 dagen
140 - 200	Middel grof zand tot grof zand	33 tot 143 dagen
200 - 360	Schelpen, grof zand	33 dagen

Tabel 17; gebaseerd op: (Bot, 2011)

Het zal onwaarschijnlijk zijn dat de fracking vloeistof en zout grondwater horizontaal door het ondiepe klei zal gaan stromen. Het is echter waarschijnlijker dat op een diepte van 20 tot 360 meter dat fracking vloeistof en zout grondwater uit de boorput lekt. Op 20 tot 40 meter diepte zal het tussen 100 dagen en 55 jaar duren. In de dwarsdoorsnede (zie figuur 125) is te zien dat er een dikke

laag klei aanwezig is die zich over iets meer dan 8 kilometer in de in totaal 16 kilometer lange dwarsdoorsnede bevindt. In dit stuk van de dwarsdoorsnede zal het dus ongeveer 440 jaar duren voordat het zoute grondwater van het begin van het zandige klei pakket horizontaal richting het fijne zand zou stromen. Daarna duurt het nog 2,2 tot 22 jaar voordat het water de gehele 16 kilometer aflegt. Dat is in totaal 442 tot 462 jaar voordat het door deze laag heen is gestroomd. Op 40 tot 80 meter diepte kan het zelfde grondwater tussen 100 dagen en 2,7 jaar een kilometer afleggen. Dezelfde 16 kilometer wordt onder de dikke klei laag in het fijne zand tussen 4,4 en 43 jaar afgelegd. Dat laat zien dat ondanks deze dikke kleilaag aanwezig is kan het zoute grondwater van de boorput onder deze laag stromen en zo toch binnen een kortere tijd het ondiepe grondwater bereiken. De laatste laag van 80 meter diepte tot 360 meter diepte kan 1 kilometer worden afgelegd door het zoute grondwater, welke uit de boorput mogelijkerwijze lekt, binnen 14 minuten tot 143 dagen.

De Nederlandse gevoeligheid van de bodem komt als men de ondiepe ondergrond vergelijkt met de bodem welke wordt gevonden in Pennsylvania, hoofdzakelijk door het feit dat daar de bodem slecht doorlatend is met een gemiddelde doorlatendheid van 0,05 meter per dag, wat er voor zorgt dat het zoute grondwater er 55 jaar over doet om een kilometer af te leggen. De bodem in Nederland welke veel goed doorlatende lagen heeft, met daar tussen soms slecht doorlatende lagen, welke ook af en toe onderbroken worden, is juist hierdoor veel gevoeliger voor eventuele lekkage van de boorputten welke ontstaat door de corrosiviteit van het terugstromende zoute grondwater en de fracking vloeistof welke gebruikt wordt. Pas als de problemen rond de corrosie van de boorputten zijn opgelost kan er worden geboord naar gas, zonder enige risico om het grondwater te verontreinigen. Dit is niet alleen een probleem voor de schaliegas industrie maar voor de gehele gas en olie branche. Dit wordt echter in Nederland door onder andere de NAM ontkend dit en zegt daarop als daarnaar gevraagd wordt: “De NAM doet niet aan schaliegas winning maar alleen aan conventionele gaswinning. Derhalve kunnen we ook geen antwoord geven op de vraag m.b.t. de productiebehuizing inclusief cement casing” (Terhorst, 2014). Wat het effect is van het vrachtverkeer op het regionale verkeer is zoals eerder vermeld in paragraaf 4.4 voor beide casusgebieden niet te bepalen, omdat niet bekend is hoe vaak de vrachtwagens het water zullen vervoeren en hoeveel vrachtwagens per keer gebruikt zullen worden. Wel kan gezegd worden dat in totaal ongeveer 5.265 vrachtwagens per jaar nodig zullen zijn om het afvalwater te transporteren als het niet op de locatie zelf wordt gezuiverd.

5. Discussie

Er zal nog verder onderzoek moeten worden gedaan naar de effecten van de chemicaliën en wat de drinkwater norm zal moeten zijn in Nederland voor deze niet gebruikelijke chemicaliën in het grondwater en oppervlakte water. Er zal ook onderzoek moeten worden gedaan naar de effecten van meerdere grondwater onttrekkingen vlak bij elkaar. Rondom het vraagstuk over de grote hoeveelheid afvalwater en het mogelijk transport daarvan zal nog verder onderzoek gedaan kunnen worden, om beter te kunnen bepalen wat de impact is van de grote hoeveelheid vrachtwagens op het huidige verkeer. Ook zal bepaald moeten worden wat dan met het geconcentreerde afvalwater moet gebeuren, wanneer gekozen wordt voor het gebruiken van omgekeerde osmose.

6. Conclusie

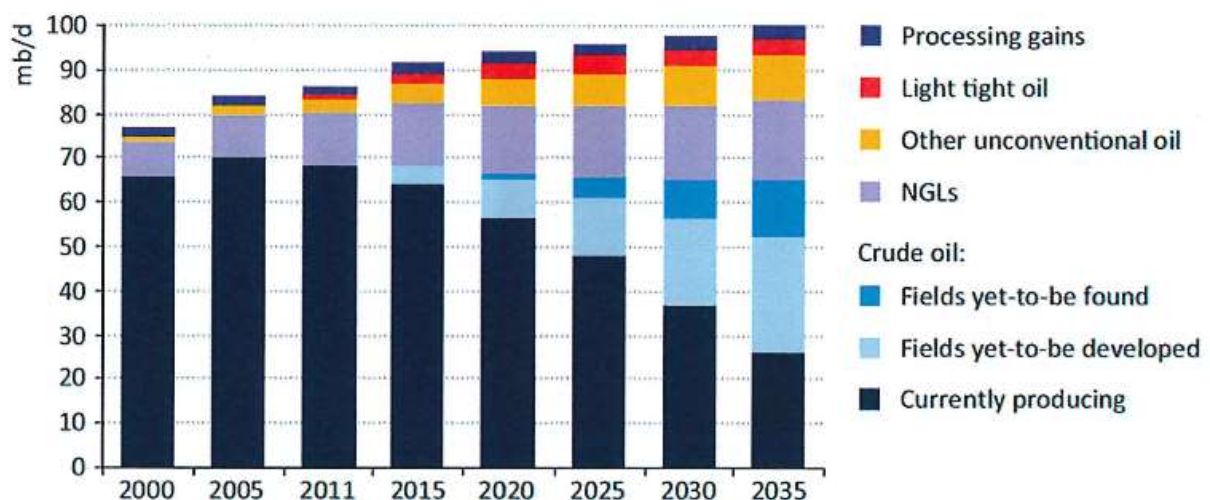
De uiteindelijke conclusie van dit onderzoeksrapport is dat de effecten van schaliegas op de leefomgeving op veel gebieden zoals watergebruik een grote impact kunnen hebben, maar niet als dit over Nederland verspreid wordt. Ook is het mogelijk om vele boorputten in de gasvelden te boren, echter kijkend naar de casing problemen welke vooral schaliegasboorputten ondervinden is af te raden om te gaan fracken in de Nederlandse ondergrond. Dit vooral door de goede doorlatendheid van de ondergrond, waardoor bij lekkage het fracking vloeistof of het terugstromende zoute grondwater binnen 14 minuten tot 2,7 jaar in het grof grind, fijn zand, of middel grof en grof zand een kilometer af kan leggen. De kans dat er lekkage is, is in het eerste jaar nog 5%, maar neemt daarna gestaag toe naar 40% als de boorput 8 jaar oud is en na 17 jaar tot 60%. Dit houdt in dat van de 1.218 schaliegasboorputten welke er in Nederland mogelijkerwijze zullen zijn 730 daarvan lek zullen zijn na 17 jaar. Het kan echter in gebieden met een slechtere doorlatendheid van de ondergrond 55 jaar duren voordat de fracking vloeistof of het terugstromende zoute grondwater een kilometer heeft afgelegd. Bij een grotere afstand tussen boorput en drinkwaterbron kan het beduidend langer duren. Bijvoorbeeld duurt het 4,4 tot 43 jaar in fijn zand om 16 kilometer af te leggen. Dit houdt in dat het goed mogelijk is dat een boorput pas na 17 jaar lek is en dan 43 jaar later een drinkwaterbron besmet met de chemicaliën. Dat is in totaal 60 jaar nadat de boorput begon met boren, dat een effect waarneembaar zal zijn.

Het geluidsniveau is voor de bebouwing onder de norm wat is toegestaan, toch kan dit als onaangenaam worden ervaren, door het continue geluid wat afkomstig is van de geluidsbron welke vergelijkbaar is met geroesemoes in een klas, of iemand die aan het fluisteren is. Het geluidsoverlast zal echter voor zang en broedvogels problematischer zijn. De hoge geluidsniveaus kunnen zorgen dat vogels zoals de redelijk veel voorkomende Fitis 600 meter rondom de boorput niet meer voorkomt. De boortorens zelf zullen in de gebieden zichtbaar zijn en kunnen van 800 meter afstand nog goed worden herkend. Ook het feit dat 's nachts belichting wordt gebruikt, maakt het dat de boortorens vooral in de nacht goed zichtbaar zullen zijn. Het watergebruik en afvalwater probleem is op te lossen, maar zal er voor zorgen dat elke boortoren een eigen grondwaterboorput en omgekeerde osmose systeem zal moeten hebben. Wat met het geconcentreerde afvalwater wat als afvalproduct ontstaat bij omgekeerde osmose gedaan moet worden, is een vraagstuk welke in een nieuw onderzoek belicht zal moeten worden. De effecten van de vele grondwateronttrekkingen, zal ook verder uitgezocht moeten worden. Over het oppervlakte watergebruik, kan kort gezegd worden dat dit in Nederland niet aan te raden is om dit als fracking water te gaan gebruiken.

Tenslotte kan men concluderen dat boren naar en het winnen van schaliegas mogelijk is, echter zullen eerst de problemen omtrent het watergebruik, afvalwaterzuivering en hoofdzakelijk lekkage opgelost moeten worden. Tot het moment dat deze problemen niet meer zullen voorkomen, is het af te raden om te beginnen met het boren naar schaliegas of het winnen er van. De risico's op het moment zijn te hoog.

7. Extra informatie over schaliegas

Milieudefensie en Fossil Free Nederland werkten op het gebied van onconventionele olie en gas aan het thema de 'Carbon Bubble'. Beide partijen leggen uit dat de "Carbon Bubble staat ervoor dat mondiaal tot 80 procent van de voorraad fossiele brandstoffen in de grond moet blijven, simpelweg omdat de atmosfeer niet meer aan kan. Dat deel van de voorraden van olie- en gasbedrijven is dus ook niks waard - een enorme financiële zeepbel. Shell wil er niet aan geloven, doet alsof de neus bloedt en blijft investeren in méér reserves, zoals teerzand, schaliegas en diepzeeolie. Aandeelhouders en grote investeerders maken zich wel zorgen, want mondiaal bedraagt de overwaardering maar liefst 21 biljoen dollar. Een enorme financiële zeepbel dus. En een nieuw rapport van Milieudefensie toont aan dat Shell waarschijnlijk nog éxtra gevoelig is, juist omdat het kiest voor 'onconventionele fossiele brandstoffen' - zoals schaliegas" (Milieudefensie, 2014).



Figuur 142; bron: (Shell, 2014)

Shell laat zien in een brief aan investeerders met een grafiek (zie figuur 142) dat het aantal miljoenen vaten per dag (mb/d) zal toenemen. Hierbij wordt vooral geïnvesteerd in ruwe olie (crude oil), welke uit olievelden afkomstig moet zijn welke nog gevonden moeten worden of opgestart moeten worden. De eigenlijke productie van conventionele olie zal echter afnemen (Shell, 2014). Over de jaren wordt het steeds meer speculeren of de reserves welke nog gevonden moeten worden of ontwikkeld moeten worden daadwerkelijk de gas reserves bezitten. Dit is namelijk niet precies bekend tot het moment dat er geboord wordt. Inzetten op onconventionele gas, zoals schaliegas is kijkend naar het feit dat er eigenlijk niet veel meer CO₂ geproduceerd zal moeten worden, een slechte stap (Carbon Tracker Initiative, 2014). Behalve CO₂ wat door het verbranden van schaliegas geproduceerd wordt kan bij lekkage van de boorput ook methaan in de atmosfeer komen. Dit draagt bij tot de opwarming van de aarde. Methaan wat 28 keer zo sterk is dan CO₂ over een tijdsperiode van 100 jaar, kan er voor zorgen dat de CO₂ winst die behaald kan worden door het gebruik van schaliegas in plaats van kolen wegvalt.

Bronnenopgave

- Redactie DuurzaamBedrijfsleven.nl. (2013, Augustus 27). *Twijfels objectiviteit schrijvers schaliegasrapport | Duurzaam Bedrijfsleven*. Opgehaald van Duurzaam nieuws voor het bedrijfsleven | DuurzaamBedrijfsleven.nl:
<http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/57682/twijfels-objectiviteit-schrijvers-schaliegasrapport/>
- Rijksoverheid. (2014, Mei 5). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Wet geluidhinder - BWBR0003227*. Opgehaald van Overheid.nl:
http://wetten.overheid.nl/BWBR0003227/geldigheidsdatum_05-05-2014
- AHN. (2009, Mei 22). *Voorbeelden van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) met laseraltimetrie*. Opgehaald van Swartvast: advies bij innovatieve inwinning en verwerking van geo-informatie: http://www.swartvast.nl/ahn_voorbeelden.php
- Aida Tursic (Tauw). (2013, November 6). *GTL2013_ Onderzoek naar verstoring vogelsoorten door geluid.pdf*. Opgehaald van Congres Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit in Nederland: http://www.gtlcongres-beurs.nl/download/samenvattingen/GTL2013_Onderzoek%20naar%20verstoring%20vogelsoorten%20door%20geluid.pdf
- Albert Bos. (2009, Maart 3). *Alumnivereniging VVA Larenstein :: Nieuwsbrief*. Opgehaald van Alumnivereniging VVA Larenstein: <http://www.vva-larenstein.nl/nieuwsbrief.asp?id=3&l=NL>
- Al-Fin, A. (2012, Maart 31). *Al Fin Energy: March 2012*. Opgehaald van Al Fin Energy:
http://www.google.nl/imgres?sa=X&biw=1920&bih=910&tbm=isch&tbnid=c6nUVSaR41tjNM%3A&imgrefurl=http%3A%2F%2Falin2300.blogspot.com%2F2012_03_01_archive.html&docid=jhN69USsHI6vFM&imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-ndpYt5F55h4%2FT3dw90RSnBI%2FAAAAAAAAI6
- Alterra. (2013, Oktober 10). *EduGIS*. Opgehaald van EduGIS - Educatief GIS portaal:
<http://kaart.edugis.nl/nederland.html#12>
- anglermaps.nl. (2014). *Bergumermeer*. Opgehaald van <http://www.anglermaps.nl/>:
<http://www.anglermaps.nl/visstekken/meren/bergumermeer/>
- Aquafin. (2014). *Aquafin - Rioolwaterzuiverings- installatie*. Opgehaald van Aquafin:
<http://www.aquafin.be/nl/indexb.php?n=9&e=43&s=48>
- ARCADIS. (2014). *ARCADIS - Oil & Gas*. Opgehaald van ARCADIS - ARCADIS, Imagine the result.:
http://www.arcadis.com/Markets-Environment_Oil_and_Gas.aspx
- Arthur, J. D. (2008). *Hydraulic Fracturing Considerations for Natural Gas Wells of the Marcellus Shale*. Cincinnati: The Ground Water Protection Council.
- Atsma, W. J. (2014, Maart 4). Telefoongesprek over voortgang van het onderzoek. (R. C. Hummel, Interviewer)
- Bamberger, M. (2012). *Impacts of gas drilling on human and animal health*. New Solutions.

- Ben M. Stout III, P. (2013, November 25). Problems with Fracking Waste: The Proposed Wheeling Waste Water Facility. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Boom, R. V. (2014, Februari 20). Inloop presentatie NAM. (R. C. Hummel, Interviewer) Zuidhorn, Groningen, Nederland.
- Bot, A. (2011). *doorlatendheid per grondsoort*. Opgehaald van overzicht:
<http://www.grondwaterformules.nl/index.php/vademecum/ondergrond/globale-doorlatendheid>
- Brabants Dagblad. (2010, Oktober 11). *Proefboring naar Buxtels gas op industrieterrein Vorst*. Opgehaald van BD.nl - Regionaal nieuws uit Tilburg, Den Bosch, 's-Hertogenbosch, Oss, Uden, Waalwijk e.o.: <http://www.bd.nl/regio/den-bosch-en-omgeving/proefboring-naar-buxtels-gas-op-industrieterrein-vorst-1.1084710>
- Brabants Dagblad. (2010, Oktober 8). *Proefboringen naar aardgas in Haaren en Buxtel*. Opgehaald van BD.nl - Regionaal nieuws uit Tilburg, Den Bosch, 's-Hertogenbosch, Oss, Uden, Waalwijk e.o.: <http://www.bd.nl/regio/den-bosch-en-omgeving/proefboringen-naar-aardgas-in-haaren-en-buxtel-1.1107190>
- Breslow, N. E. (1975). *JSTOR: International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique, Vol. 43, No. 1 (Apr., 1975), pp. 45-57*. Opgehaald van JSTOR:
<http://www.jstor.org/discover/10.2307/1402659?uid=2&uid=4&sid=21103828425287>
- Brittingham, M., Drohan, P. D., & Bishop, J. D. (2013, November 26). The effects of shale gas development on forest landscapes and ecosystems. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Bruffato, C., Cochran, J., Conn, L., Power, D., El-Zeghaty, S. A., Fraboulet, B., . . . Rishmani, L. (2003). *From Mud to Cement - Building Gas Wells*. Schlumberger Oilfield Review.
- Bullis, K. (2013, Maart 22). *Fracking with Carbon Dioxide Could Help Shale Gas Production in Arid Areas | MIT Technology Review*. Opgehaald van MIT Technology Review:
<http://www.technologyreview.com/news/512656/skipping-the-water-in-fracking/>
- Buro Hemmen. (2006). *Nationaal Park De Alde Feanen - Beheers- en Inrichtingsplan, In Nije Faze*. Leeuwarden: Overlegorgaan Nationaal Park De Alde Feanen.
- Byrne, J. (sd). *Nexen's two shale gas rigs at Dilly Creek in the Horn River Basin, British Columbia in Canada*. colinshek.com.
- Calta, P. (2012, April 23). *Global Gas Reserves | Intellectual Takeout (ITO)*. Opgehaald van Intellectual Takeout (ITO) | National debt, education, history, economics, Great Depression, 5th, 4th Amendment, Patriot Act, energy, & human nature info.:
<http://www.intellecualtakeout.org/library/chart-graph/global-gas-reserves>
- Carbon Tracker Initiative. (2014). *CAR_Brochure_WEB_SHORT.pdf*. Opgehaald van Financial specialists making carbon investment risk real today in the capital market | Carbon Tracker Initiative: http://carbontracker.org/wp-content/uploads/2014/05/CAR_Brochure_WEB_SHORT.pdf

- CBS. (2014, Mei). *Bevolking van Nederland* - Wikipedia. Opgehaald van Wikipedia:
http://nl.wikipedia.org/wiki/Bevolking_van_Nederland
- CBS, PBL & Wageningen UR. (2014, Januari 28). *Waterwinning en waterverbruik in Nederland | Compendium voor de Leefomgeving*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving:
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0057-Waterwinning-en-waterverbruik-in-Nederland.html?i=3-126>
- CBS, PBL, Wageningen UR. (2002, Oktober 14). *Balans voor zoet oppervlaktewater*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving | Feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl005603-Balans-voor-zoet-oppervlaktewater.html?i=20-113>
- Chesapeake Energy Corporation. (2011). *EPA Hydraulic Fracturing Study Technical Workshop #4 - Water Resources Management*. Oklahoma: Chesapeake Energy Corporation.
- College of Agricultural Sciences. (2014). *The Soils of Pennsylvania — Agronomy Guide — Penn State Extension*. Opgehaald van Penn State Extension: <http://extension.psu.edu/agronomy-guide/cm/sec1/sec11a>
- Cooke, J., Claude, E., Co, E. P., BiBTeX, EndNote, & RefMan. (1973, Oktober 1). *Patent US3888311 - Hydraulic fracturing method* - Google Patenten. Opgehaald van Google:
<http://www.google.nl/patents/US3888311?hl=nl&dq=hydraulic+fracturing+method#v=onepage&q=hydraulic%20fracturing%20method&f=false>
- Cooley, H., Donnelly, K., Ross, N., & Luu, P. (2012). *Hydraulic Fracturing and Water Resources: Separating the Frack from the Fiction*. Oakland: Pacific Institute.
- CSUR. (2013, Maart 25). *Understanding Shale Gas in Canada_MRU_presentation*. Mount Royal University, USA.
- DCNR, P. (2012). *Forest Fragmentation and Land Degradation from Marcellus Shale gas production*. Opgehaald van Marcellus Shale gas drilling - Photos of Marcellus Shale gas wells in Pennsylvania at marcellus-shale.us: <http://www.marcellus-shale.us/fragmentation.htm>
- De Streekkrant. (2014). *GroenLinks: Zuidhorn, kom in actie*. Opgehaald van De Streekkrant:
<http://www.destreekkrant.nu/index.php/rubrieken/nieuws/4700-groenlinks-zuidhorn-kom-in-actie>
- De Telegraaf. (2014, Februari 4). *CdK Limburg: Rijk moet mijnbouwschade betalen | Binnenland | Telegraaf.nl*. Opgehaald van Telegraaf.nl:
http://www.telegraaf.nl/binnenland/22268182/___Rijk_moet_mijnschade_betalen___.html
- Denver Water. (2014). *Treatment Process | Denver Water*. Opgehaald van Welcome to Denver Water: <http://www.denverwater.org/WaterQuality/TreatmentProcess/>
- DINOLoket, & TNO. (2012). *Grondwater in Nederland*. Opgehaald van TNO - kennis voor zaken - DINOLoket: <http://www2.dinoloket.nl/nl/about/dataTypes/gqn/gqn.html>

- DOB. (2012, Oktober 9). *Grondwaterbeschermingsgebieden – Kennislink*. Opgehaald van Kennislink: <http://www.kennislink.nl/vergroting/151331?original=0>
- DOE and Lawrence Livermore National Labs. (2011). Data from USGS Circular 1344, 2009. USA.
- Drohan, P. D. (2013, November 26). How fracking technology is changing landscapes compared to past resource extraction disturbance. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Drohan, P., & Brittingham, M. (2012). *Topographic and Soil Constraints to Shale-Gas Development in the Northcentral Appalachians*. Pennsylvania: Soil Science Society of America Journal.
- EIA. (2013, December 16). *EIA - Annual Energy Outlook 2014 Early Release*. Opgehaald van U.S. Energy Information Administration (EIA): <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/index.cfm>
- Eijsink, R. (2013). *Inzet voor de Structuurvisie Ondergrond*. Den Haag: Vewin.
- ELS and Company Inc. (2014, April 1). *Land Acquisition - ELS and Company Inc.* Opgehaald van Oil, Gas - Land Leasing Services for all of Southwestern Ontario - ELS and Company Inc.: http://www.elsandcompany.com/land_acquisition.htm
- ELS and Company Inc. (2014, April 1). *Well Site Permits*. Opgehaald van Oil, Gas - Land Leasing Services for all of Southwestern Ontario - ELS and Company Inc.: http://www.elsandcompany.com/well_site.html
- Elzinga, S. (2014). *Panoramio - Photos by Sjaak Elzinga > Veenwouden*. Opgehaald van Panoramio: <http://www.panoramio.com/user/739512/tags/Veenwouden>
- Encyclopedie - Nederlandstalig. (2014, Maart 12). *natuurgebied (Betekenis/definitie van)*. Opgehaald van Encyclopedie - Nederlandstalig: <http://www.encyclo.nl/begrip/natuurgebied>
- energieleveranciers.nl. (2011, September 2). *Energieverbruik huishoudens daalt*. Opgehaald van Energieleveranciers.nl | Dé onafhankelijke energievergelijker: <http://www.energieleveranciers.nl/nieuws/500327-energieverbruik-huishoudens-daalt>
- Environmental Institute for Golf. (2008). *Golf Course Environmental Profile - Volume II - Water Use and Conservation Practices on U.S. Golf Courses*. Lawrence, Kansas: GCSAA.
- Erfgoed, R. v. (2013). *Grondwaterdynamiek | Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed*. Opgehaald van Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed: <http://erfgoedbalans.cultureelerfgoed.nl/staat-van-het-erfgoed/archeologie/be%C3%AFnvloedingsfactoren/grondwaterdynamiek>
- European Commission (Eurostat). (2013, November). *Statistics Explained*. Opgehaald van Water statistics - Statistics Explained: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Water_statistics
- Evides Waterbedrijf. (2014). *Hoe wordt drinkwater gemaakt? - Evides Waterbedrijf*. Opgehaald van Evides Waterbedrijf: <http://www.evides.nl/drinkwater/paginas/hoe-wordt-uw-drinkwater-gemaakt.aspx>

- Fair, J. H. (2014, Februari 24). *Soapbox Henry*. Opgehaald van Soapbox Henry:
<http://soapboxhenry.blogspot.nl/>
- Fischer, C. (1987, Oktober). *File:Torfabbau-.jpg - Wikimedia Commons*. Opgehaald van Wikimedia Commons: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torfabbau-.jpg>
- Freudenrich, P. C., & Strickland, J. (2014, Maart 30). *HowStuffWorks "Learn How Everything Works!"*. Opgehaald van HowStuffWorks "Locating Oil":
<http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/oil-drilling2.htm>
- Fugro. (2014). *Mission and Profile - Fugro World Wide*. Opgehaald van Fugro World Wide:
<http://www.fugro.com/corporate/>
- Gaeremyn, J. (2012, Mei 2). *File:Geluidsniveaus.svg - Wikimedia Commons*. Opgehaald van Wikimedia Commons: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Geluidsniveaus.svg>
- Gasunie Transport Services (GTS), Ministerie van Economische Zaken en GasTerra. (2013). *Groningengas op de Noordwest-Europese gasmarkt*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Gemeente Utrechtse Heuvelrug. (2014, Maart 12). *Woordenlijst*. Opgehaald van Home:
<http://www.structuurvisieutrechtseheuvelrug.nl/Woordenlijst/tabid/2191/language/en-US/Default.aspx>
- Geology.com. (2014). *Marcellus Shale Gas: New Research Results Surprise Geologists!* Opgehaald van Geology.com: News and Information for Geology & Earth Science:
<http://geology.com/articles/marcellus-shale.shtml>
- George E King Consulting Inc. (2013). *Cementing.pdf*. Opgehaald van George E King Petroleum Engineering Oil and Gas Consultant:
http://gekengineering.com/Downloads/Free_Downloads/Cementing.pdf
- Gies, E. (2011, November 30). *Can No-Water Fracking Quiet Critics? - Forbes*. Opgehaald van Forbes:
<http://www.forbes.com/sites/ericagies/2011/11/30/can-no-water-fracking-quiet-critics/>
- Google, Aerodata International Surveys, GeoBasis DE/BKG en Landsat. (2014, Maart 5). Google Earth. Mountain View, Californië, USA.
- grondwaterformules.nl. (2014, Juni 1). *afgesloten, zonder rand*. Opgehaald van overzicht:
<http://www.grondwaterformules.nl/index.php/formules/onttrekking/afgesloten-zonder-rand>
- Grondwaterformules.nl. (2014). *afgesloten, zonder rand*. Opgehaald van Overzicht:
<http://www.grondwaterformules.nl/index.php/formules/onttrekking/afgesloten-zonder-rand>
- GWPC and ALL Consulting. (2009, April). *Microsoft Word - Shale Gas Primer_MASTER_whole body.docx - Shale Gas Primer 2009.pdf*. Opgehaald van Home | Groundwater Protection Council: <http://www.gwpc.org/sites/default/files/Shale%20Gas%20Primer%202009.pdf>

- Hummel, R. C. (2014, Mei 5). Schaliegas kaart met boorputten. Groningen, Groningen, Nederland.
- Ingraffea, A. R. (2013, November 25). A statistical analysis of leakage from Marcellus gas wells in Pennsylvania. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- It Fryske Gea. (sd). *01419_JFR.jpg (JPEG Image, 1417 × 945 pixels) - Scaled (64%)*. Opgehaald van It Fryske Gea - Home:
http://www.itfryskegea.nl/Uploaded_files/Zelf/Natuurgebieden/Midden/Alde%20Feanen/01419_JFR.jpg
- It Fryske Gea. (sd). *TorenvalkReadeWikelkopie1322662760.jpg (JPEG Image, 1500 × 695 pixels) - Scaled (87%)*. Opgehaald van It Fryske Gea - Home:
https://www.itfryskegea.nl/Uploaded_files/Slides/TorenvalkReadeWikelkopie1322662760.jpg
- Jackson, R. (2013, November 25). Water interactions with shale gas extraction. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Jackson, R., Vengosh, A., Darrah, T., Warner, N., Down, A., Poreda, R., . . . D. Karr, J. (2012). *Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction*. Jena, Germany: Max Planck Institute for Biogeochemistry.
- Jenkins, J. (2013, April 6). *Energy Facts: How Much Water Does Fracking for Shale Gas Consume? | The Energy Collective*. Opgehaald van The Energy Collective:
<http://theenergycollective.com/jessejenkins/205481/friday-energy-facts-how-much-water-does-fracking-shale-gas-consume>
- Joe Mahoney/I-News at Rocky Mountain PBS. (2014, Februari 7). *State questions study linking fracking to birth defects | Rocky Mountain PBS I-News*. Opgehaald van Rocky Mountain PBS I-News: <http://inewsnetwork.org/media-partners/state-questions-study-linking-fracking-to-birth-defects/>
- John Martins, e. (2001). *Best Prac*.
- Johnson, N. (2010). *Pennsylvania Nature Conservation, Environment Issues | The Nature Conservancy*. Opgehaald van The Nature Conservancy:
<http://www.nature.org/wherewework/northamerica/states/pennsylvania/news/news3511.html>
- Kable Intelligence Limited. (2014). *Accurate Performance in GRO, DRO and TPH In-Water Testing - Hydrocarbons Technology*. Opgehaald van Hydrocarbons Technology:
<http://www.hydrocarbons-technology.com/contractors/instrumentation/sitelab/press4.html>
- Kadaster, Geonovum, Geodan, Vrije Universiteit, Anaximander, ESRI Nederland. (2013, Oktober 9). *EduGIS*. Opgehaald van EduGIS - Educatief GIS portaal: <http://kaart.edugis.nl/nederland.html>
- Kamphuis, H. (2012). *Henk Kamphuis - Bodemruimte*. Opgehaald van Henk Kamphuis - Hergebruik van kennis: <http://www.hkamphuis.nl/index.php?page=bodemruimte>

- Kane, R. D., & Burman, J. (2012). *Low Stress Connection Design versus Environmental Cracking in Corrosive Well Service Conditions*. Houston, Texas: NACE International.
- Kelso, M. (2012, September 7). *Pennsylvania Unconventional Waste Data*. Opgehaald van FracTracker: <http://www.fractracker.org/2012/09/pennsylvania-unconventional-waste-data/>
- Kenniscentrum InfoMil. (2014, Juni 02). *Kenniscentrum InfoMil - Grondwater onttrekken en water infiltreren*. Opgehaald van Kenniscentrum InfoMil: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/handboek-water/wetgeving/waterwet/handelingen/vergunningplichtig/grondwater/>
- Kleijn, D. (2008). 15791. Opgehaald van Wageningen UR Library - Wageningen UR: <http://edepot.wur.nl/15791>
- KNMI. (2013). *Het weer van 2013 - Weerverleden.nl*. Opgehaald van Weerverleden.nl: <http://weerverleden.nl/2013>
- KNMI. (2013, December 4). *KNMI Aardbevingen door gaswinning in Noord-Nederland*. Opgehaald van KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: http://www.knmi.nl/cms/content/22993/aardbevingen_door_gaswinning_in_noord-nederland
- Koster, R. (2014, Februari 26). *Artikel 12-status - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia, de vrije encyclopedie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Artikel_12-status
- Krupp, F., & Jenkins, J. (2013, Maart 30). *Should the Shale Gas Revolution be Feared or Cheered? | The Energy Collective*. Opgehaald van The Energy Collective: <http://theenergycollective.com/jessejenkins/203796/should-shale-gas-revolution-be-feared-or-cheered>
- Lavelle, M. (2012, December 7). *Natural Gas Nation: EIA Sees U.S. Future Shaped by Fracking in Annual Energy Outlook 2013*. Opgehaald van National Geographic - Inspiring People to Care About the Planet Since 1888: <http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2012/12/121207-annual-energy-outlook-2013/>
- Lenntech. (2014). *Omgekeerde Osmose - Lenntech*. Opgehaald van Lenntech: <http://www.lenntech.nl/systemen/omgekeerde-osmose/rosmose.htm>
- Lenntech. (2014). *Omgekeerde osmose brak water Large - Lenntech*. Opgehaald van Lenntech: <http://www.lenntech.nl/systemen/omgekeerde-osmose/large-bwro/ro-large-nl.htm>
- Lenntech. (2014). *Waterverbruik, aanvoer en hoeveelheden- Lenntech*. Opgehaald van Lenntech: <http://www.lenntech.nl/waterverbruik.htm>
- Lenntech B.V. (2006). *Vergelijking drinkwaternormen*. Opgehaald van Lenntech Waterbehandeling: <http://www.lenntech.nl/elementen-en-water/vergelijking-drinkwaternormen.htm>
- Lotje. (2014, Mei). *Pennsylvania - Wikipedia, the free encyclopedia*. Opgehaald van Wikipedia, the free encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pennsylvania>

- LP Gas. (2014, Januari 2). *Propane technology among Time's top 25 inventions of 2013* : LP Gas.
Opgehaald van LP Gas: <http://www.lpgasmagazine.com/propane-technology-among-times-top-25-inventions-of-2013/>
- Lycaeus Juridisch Woordenboek. (2014, Maart 12). *nationaal park (Betekenis/definitie van)*.
Opgehaald van Encyclopedie - Nederlandstalig:
<http://www.encyclo.nl/begrip/nationaal%20park>
- Magyar, R. (2012, Juli 24). *Shale gas drilling depths argue against Pennsylvania's Marcellus - Philadelphia Energy*. Opgehaald van Examiner.com: <http://www.examiner.com/article/shale-gas-drilling-depths-argue-against-pennsylvania-s-marcellus>
- Magyar, R. (2012, Oktober 22). *Shale gas fracking wastes soar in Pennsylvania - Philadelphia Energy | Examiner.com*. Opgehaald van Examiner.com: <http://www.examiner.com/article/shale-gas-fracking-wastes-soar-pennsylvania>
- Marcellus-Shale.us. (2014). *Chappel Unit Marcellus Shale wells in Hopewell Township Washington County Pennsylvania*. Opgehaald van Marcellus Shale gas drilling - Photos of Marcellus Shale gas wells in Pennsylvania at marcellus-shale.us: <http://www.marcellus-shale.us/Chappel-Unit.htm>
- Mart Zijp, Geologische Dienst Nederland - TNO. (2012). *Schaliegas in Nederland*. Delft: TNO.
- Marzluff, J., & Ewing, K. (2001). *Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes: Restoration Ecology*.
- McKenzie, L. M., Guo, R., Witter, R. Z., Savitz, D. A., Newman, L. S., & Adgate, J. L. (2014, January 28). *Birth Outcomes and Maternal Residential Proximity to Natural Gas Development in Rural Colorado - ehp.1306722.pdf*. Opgehaald van Environmental Health Perspectives: <http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/1/ehp.1306722.pdf>
- Meijer, W. (2013, Mei 9). *Winnen van schaliegas in Polen niet rendabel - NOS Nieuws*. Opgehaald van NOS.nl - Nieuws, Sport en Evenementen op Radio, TV en Internet | Nederlandse Omroep Stichting: <http://nos.nl/audio/504835-winnen-van-schaliegas-in-polen-niet-rendabel.html>
- Meyer & Associates, Inc. (2014, April 1). *Meyer 2013*. Opgehaald van Home | BakerHughes.com: www.mfrac.com/mfrac.html
- Mielke, E., Diaz Anadon, L., & Narayanamurti, V. (2010, Oktober). *etip-water-consumption-cover.pdf - ETIP-DP-2010-15-final-4.pdf*. Opgehaald van Harvard - Belfer Center for Science and International Affairs: <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/ETIP-DP-2010-15-final-4.pdf>
- Milieudefensie. (2014, Mei 20). *Shell neemt groot risico met negeren van carbon bubble — Milieudefensie*. Opgehaald van Milieudefensie: https://milieudefensie.nl/oliewinning/nieuws/shell-neemt-groot-risico-met-negeren-van-carbon-bubble?utm_source=nieuwsbrief_20140520&utm_medium=email&utm_campaign=schaliegas

Ministerie van Economische Zaken. (2014, Februari 20). *Aardbevingen door gaswinning in Groningen* / *Aardbevingen in Groningen* / *Rijksoverheid.nl*. Opgehaald van Rijksoverheid.nl | Informatie van de Rijksoverheid: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardbevingen-in-groningen/aardbevingen-door-gaswinning-in-groningen>

Ministerie van Economische Zaken. (2014). *Concept notitie reikwijdte en detailniveau planMER - Structuurvisie schaliegas*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.

Morton, M. Q. (2014, Februari 27). *GEO ExPro - Unlocking the Earth - A Short History of Hydraulic Fracturing*. Opgehaald van GEO ExPro: <http://www.geoexpro.com/articles/2014/02/unlocking-the-earth-a-short-history-of-hydraulic-fracturing>

Mudgineer. (2011, November 4). *File:Oil Rig NT8.svg - Wikipedia, the free encyclopedia*. Opgehaald van Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Oil_Rig_NT8.svg

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestad, J., Huang, J., . . . Zhang, H. (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

NAM. (2014, Maart 12). *Fracking: meer aardgasproductie door vloeistofinjectie - NAM*. Opgehaald van Nederlandse Aardolie Maatschappij BV - NAM: <http://www.nam.nl/nl/technology-and-innovation/optimization-natural-gas/fracking.html>

Nationaal Brandweer documentatiecentrum. (2005, Maart 7). *NBDC - Kans op ramp met tankwagen niet groot*. Opgehaald van NBDC: <http://www.nbdc.nl/cms/show/id=571615/contentid=53096>

Natuurkennis. (2010, November). *Natuurkennis - De site over herstel-, inrichtings- en instandhoudingsbeheer*. Opgehaald van Natuurkennis - De site over herstel-, inrichtings- en instandhoudingsbeheer.: <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=2&niveau=4&subgroep=113&subsubgroep=1037&subsubsubgroep=80&deel=bedr>

Nederpex.nl. (sd). *album_pic.php (JPEG Image, 800 × 600 pixels)*. Opgehaald van Nederpex.nl - Natuurfoto's online en natuurfotografie site + forum / Nature pictures online and nature photography site + forum :: Home: http://www.nederpex.nl/album_pic.php?pic_id=138783&sid=2739f0051dac41fabcccd5fa9859986

New York State Department of Environmental Conservation. (2014, April 1). *New York State Department of Environmental Conservation*. Opgehaald van Landowner's Guide to Oil & Gas Leasing - NYS Dept. of Environmental Conservation: <http://www.dec.ny.gov/energy/1553.html>

Nijeholt, T. (2007, December 22). *Klimaat van Nederland - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia: http://nl.wikipedia.org/wiki/Klimaat_van_Nederland

- NL Olie- en Gasportaal. (2014, Maart 1). *Welkom bij het NL Olie- en Gasportaal*. Opgehaald van Welkom bij het NL Olie- en Gasportaal: Welkom bij het NL Olie- en Gasportaal
- NL Olie- en Gasportaal. (2014, Maart 1). *Wet- en regelgeving*. Opgehaald van Welkom bij het NL Olie- en Gasportaal: <http://www.nlog.nl/nl/legal/legislation.html>
- Northrup, J. (2010). *THE UNIQUE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF HORIZONTALLY HYDROFRACKING SHALE*.
- NRCS National Soil Survey Center and the ARS National Laboratory for Agriculture and the Environment. (2011, September 19). *Soil Quality: Indicators: Bulk Density*. Opgehaald van Soil Quality for Environmental Health: http://soilquality.org/indicators/bulk_density.html
- Nuon. (2014). *Gemiddeld energieverbruik per huishouden in Nederland weten?* Opgehaald van Uw energieleverancier voor stroom & gas | altijd Nuon: <http://www.nuon.nl/energie-besparen/e-manager/gemiddeld-energieverbruik.jsp>
- NY Department of Environmental Conservation. (2011, September 11). *Marcellus Shale - NYS Dept. of Environmental Conservation*. Opgehaald van New York State Department of Environmental Conservation: <http://www.dec.ny.gov/energy/46288.html>
- OpenStreetMap & Alterra. (2014). *EduGIS*. Opgehaald van EduGIS - Educatief GIS portaal: www.edugis.nl
- OpenStreetMap & CBS. (2014). *EduGIS*. Opgehaald van EduGIS - Educatief GIS portaal: <http://www.edugis.nl/>
- Osborn, S., Vengosh, A., Warner, N., & Jackson, R. (2011). *Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing*. Millbrook, NY: Cary Institute of Ecosystem Studies.
- PALive365. (2011, September 26). *PennDOT: Marcellus drillers fixing damaged roads | NewsLive365*. Opgehaald van NewsLive365 | News by You!: <http://www.palive365.com/2011/09/26/penn-dot-marcellus-drillers-fixing-damaged-roads/>
- Panoramio. (sd). *23045015.jpg (JPEG Image, 1024 × 683 pixels) - Scaled (89%)*. Opgehaald van Panoramio - Photos of the World: <http://static.panoramio.com/photos/large/23045015.jpg>
- Pennsylvania, Governor's Center for Local Government Services. (2010). *1397*. Opgehaald van PA Department of Community & Economic Development (DCED): http://newpa.com/webfm_send/1397
- pepes-welt. (2013, Oktober 6). *Panoramio - Photo of Natur pur*. Opgehaald van Panoramio - Photos of the World: <http://www.panoramio.com/photo/93765657>
- Philip Willems, C. R. (2013, Augustus 23). *Elsevier.nl - Voor emotionele argumenten is geen plek in schaliegasdiscussie*. Opgehaald van Elsevier.nl: <http://www.elsevier.nl/Economie/blogs/2013/8/Voor-emotionele-argumenten-is-geen-plek-in-schaliegasdiscussie-1342776W/>

- Premiere Land Services. (2014, April 1). *Land Lease Acquisition - Oil, Gas, & Mineral Rights*. Opgehaald van Land Lease Acquisition Services: <http://www.plsco.com/services/lease-acquisition/>
- Premiere Land Services. (2014, April 1). *Pipeline ROW Acquisition | Pipeline Right of Way Acquisition*. Opgehaald van Land Lease Acquisition Services: <http://www.plsco.com/services/pipeline-row-acquisition/>
- Pro Publica Inc. (2010). *What Is Hydraulic Fracturing? - ProPublica*. Opgehaald van ProPublica: <http://www.propublica.org/special/hydraulic-fracturing-national>
- Provincie Utrecht. (2008). *Grondwaterplan 2008 t/m 2013 Deel II: Operationeel beleid en toelichting*. Utrecht: Provincie Utrecht.
- Rabinowitz, P. M. (2013, November 26). Health complaints, water quality indicators, and proximity to gas wells in Washington County PA. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- regiobedrijf.nl. (2014). *Teelt van eenjarige gewassen in Groningen op de kaart*. Opgehaald van Alle sectoren en branches in Nederland op de kaart: <http://regiobedrijf.nl/groningen/teelt-van-eenjarige-gewassen/index.html>
- Rekenvoorbeeld.nl. (2009, Mei 7). *Geluidsniveau op andere afstand*. Opgehaald van Rekenvoorbeeld.nl: <http://rekenvoorbeeld.nl/index.php?view=article&id=18>
- Resources for the Future. (2013). *Wastewater Characteristics from Marcellus Shale Gas Development in Pennsylvania*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Rien Herber, Hoogleraar Geo Energie. (2011, Maart 1). *Microsoft Word - OratietekstHerber.doc - oratietekstherber.pdf*. Opgehaald van Top 100 University | University of Groningen: <http://www.rug.nl/research/geo-energy/oratietekstherber.pdf>
- Rijksoverheid. (2014, Mei 20). *Grondwaterzuivering, omgekeerde osmose, milieubelasting | Bodemrichtlijn*. Opgehaald van Bodemrichtlijn: <http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/e-verwerken-van-bij-bodemsan8950/e9-omgekeerde-osmose/grondwaterzuivering-omgekeerde-osmose-milieubelasting>
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *Natuurbeschermingswet 1998 - Overheid.nl*. Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0009641>
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Besluit omgevingsrecht - BWBR0027464*. Opgehaald van Overheid.nl: http://wetten.overheid.nl/BWBR0027464/geldigheidsdatum_28-02-2014
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Drinkwaterwet - BWBR0026338*. Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0026338>
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Flora- en faunawet - BWBR0009640*. Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0009640>

- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Mijnbouwbesluit - BWBR0014394*.
Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0014394>
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Mijnbouwregeling - BWBR0014468*.
Opgehaald van Overheid.nl:
http://wetten.overheid.nl/BWBR0014468/geldigheidsdatum_28-02-2014
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Mijnbouwwet - BWBR0014168*.
Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0014168>
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Regeling omgevingsrecht - BWBR0027471*. Opgehaald van Overheid.nl:
http://wetten.overheid.nl/BWBR0027471/geldigheidsdatum_28-02-2014
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Waterwet - BWBR0025458*.
Opgehaald van Overheid.nl:
http://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/geldigheidsdatum_28-02-2014
- Rijksoverheid. (2014, Maart 1). *wetten.nl - Wet- en regelgeving - Wet milieubeheer - BWBR0003245*.
Opgehaald van Overheid.nl: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0003245>
- Rintjema, S., Claassen, T. H., Hetteema, H., Hosper, U. G., & Wymenga, E. (2001). *De Alde Feanen - schets van een laagveenmoeras*. Leeuwarden: Friese Pers Boekerij.
- RTV-Noord. (2012, Januari 30). *Hogelandster boeren vrezzen uitstoot Eemshaven - RTVNoord.nl*.
Opgehaald van RTVNoord.nl: <http://www.rtvnoord.nl/artikel/artikel.asp?p=107148>
- Ruud Van Boom, C. D. (2014, Februari 20). Inloop presentatie NAM. (R. C. Hummel, Interviewer)
- Sarita Rose, U., & Min, B. (2010). *Visual Impacts of Natural Gas Drilling in the Marcellus Shale Region*. Ithaca: Cornell University, Dept. of City and Regional Planning.
- Schaminee, p. J. (2014, Juni 8). *SynBioSys - Nederland - Wageningen UR*. Opgehaald van Wageningen UR: <http://www.wageningenur.nl/nl/show/SynBioSys-Nederland.htm>
- Schneider, K., & Ramsey, M. (2010, Juli 27). *Michigan's New Natural Gas Rush: Energy and Water in Play | Circle of Blue WaterNews*. Opgehaald van Circle of Blue WaterNews | Where Water Meets: <http://www.circleofblue.org/waternews/2010/world/michigans-new-natural-gas-rush-energy-and-water-in-play/>
- Shale Gas Europe. (2013). *Shale Gas Europe*. Opgehaald van Water Use & Protection: <http://www.shalegas-europe.eu/en/index.php/resources/environment-safety/water-use-and-protection>
- Shell. (2014, Mei 16). *sri-web-response-climate-change-may14.pdf*. Opgehaald van <http://s02.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/corporate/corporate/downloads/pdf/investor/presentations/2014/sri-web-response-climate-change-may14.pdf>

- Slonecker, E., Milheim, L., Roig-Silva, C., Malizia, A., Marr, D., & Fisher, G. (2012). *Landscape Consequences of Natural Gas Extraction in Bradford and Washington Counties, Pennsylvania, 2004–2010*. Reston, Virginia: U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey.
- Smith, L. (1999). *Control of corrosion in oil and gas production tubing*. Waverton, Chester, UK: IoM Communications Ltd.
- Staatstoezicht op de Mijnen . (2014, Maart 1). *Staatstoezicht op de Mijnen* . Opgehaald van Staatstoezicht op de Mijnen : <http://www.sodm.nl/>
- Statista. (2014). • *Registration of trucks in Europe | 2012*. Opgehaald van • Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies: <http://www.statista.com/statistics/247022/registration-of-trucks-in-europe/>
- Streb, E. (2013, November 17). *List of components of oil drilling rigs - Wikipedia, the free encyclopedia*. Opgehaald van Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_components_of_oil_drilling_rigs
- Terhorst, F. (2014, Mei 5). Productiebehuizing. (R. Hummel, Interviewer)
- TNO. (2004, December 4). *Grondwater-oppervlaktewaterinteractie*. Opgehaald van TNO - kennis voor zaken - DINOloket: http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/grond_oppervlaktewater.html
- TNO. (2013, Oktober 11). *Overzichtstabel | DINOloket*. Opgehaald van DINOloket | DINOloket: <http://www.dinoloket.nl/overzichtstabel>
- TNO. (2013, Oktober 9). *Schaliegas in Nederland - Geowetenschappen - Kennislink*. Opgehaald van Kennislink: <http://www.kennislink.nl/publicaties/schaliegas-in-nederland>
- TNO en RIZA. (2008). *DinoMap*. Opgehaald van TNO - kennis voor zaken: <http://www2.dinoloket.nl/dinoLks/map/map.jsp?setLayerId=M09M1316>
- U.S. Department of Energy. (2013). *Hydraulic Fracturing Fluids - Composition and Additives*. Opgehaald van Geology.com: News and Information for Geology & Earth Science: <http://geology.com/energy/hydraulic-fracturing-fluids/>
- U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey. (2014, Maart 17). *Wastewater-treatment plant visit, USGS Water-Science School*. Opgehaald van The USGS Water Science School: All about water!: <https://water.usgs.gov/edu/wwvisit.html>
- University of Reading. (sd). *Starting a literature review - University of Reading*. Opgehaald van University of Reading: <http://www.reading.ac.uk/internal/studyadvice/StudyResources/Essays/sta-startinglitreview.aspx#what>
- University of Reading. (sd). *Undertaking a literature review - University of Reading*. Opgehaald van University of Reading: <http://www.reading.ac.uk/internal/studyadvice/StudyResources/Essays/sta-undertakinglitreview.aspx>

- US EPA. (2013, Juni 3). *Drinking Water Contaminants | Drinking Water Contaminants | US EPA*. Opgehaald van US EPA: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/#Unregulated>
- US EPA. (2013, Juni 3). *Drinking Water Contaminants | Drinking Water Contaminants | US EPA*. Opgehaald van US EPA: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/>
- USGS. (2014). *CCSht1ToPrint copy - SIM3172_Sheet1.pdf*. Opgehaald van USGS Publications Warehouse: http://pubs.usgs.gov/sim/3172/pdf/SIM3172_Sheet1.pdf
- Van Aalst, J. W. (2014, Januari 1). *Loppersum (gemeente) - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia, de vrije encyclopedie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Loppersum_%28gemeente%29
- van B., E. (2014, Mei 14). *Drinkwater - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Drinkwater>
- Van Briesen, J. M. (2013, November 25). Challenges in assessing effects of shale gas produced water on drinking water treatment plants. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- van Roekel, A. (2012, Oktober 9). *Meer regie nodig voor de ondergrond | Achtergrond | Geowetenschappen, Techniek | aquifer, bodemenergiesystemen, drinkwater, drinkwaterwinning, grondwater, schaliegas, warmte-koude opslag, wko - Kennislink*. Opgehaald van Kennislink: <http://www.kennislink.nl/publicaties/meer-regie-nodig-voor-de-ondergrond>
- Verdonschot, R., Keizer-Vlek, H., & Verdonschot, P. (2013, Augustus 28). *De effecten van schaliegaswinning op aquatische systemen*. Opgehaald van Welkom bij H2O-Online: http://www.vakbladh2o.nl/index.php?option=com_easyblog&view=entry&id=63&Itemid=171
- Warner, N., Christie, C., Jackson, R., & Vengosh, A. (2013). *Impacts of Shale Gas Wastewater Disposal on Water Quality in Western Pennsylvania*.
- Weimer, G. C. (2013, November 25). Marcellus shale and mercury: assessing impacts on aquatic ecosystems. Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Wetterskip Fryslân. (2013). *Factsheets Wetterskip Fryslân*. Leeuwarden: Wetterskip Fryslân.
- Wikipedia. (2013). *Wegen in Nederland - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia: http://nl.wikipedia.org/wiki/Wegen_in_Nederland
- Wikipedia. (2014, April 21). *Generatietijd - Wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Generatietijd>
- Wikipedia. (2014). *Pennsylvania Department of Transportation - Wikipedia, the free encyclopedia*. Opgehaald van Wikipedia, the free encyclopedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Pennsylvania_Department_of_Transportation
- Willem Jan Atsma, v.-v. v. (2013, Augustus 26). Twijfels objectiviteit schrijvers schaliegasrapport. (R. 1, Interviewer)

- Wilson, J. (2013). *Challenges for Drinking Water Plants from Energy*. Carnegie Mellon University.
- Witteveen+Bos; Arcadis; Fugro; Ministerie van Economische Zaken;. (2013). *Aanvullend onderzoek naar mogelijke risico's en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland*. Amsterdam: Witteveen+Bos.
- Woorden Nederlandse Taal. (2014, Maart 12). *fauna (Betekenis/definitie van)*. Opgehaald van Encyclopedie - Nederlandstalig: <http://www.encyclo.nl/begrip/fauna>
- Woorden Nederlandse Taal. (2014, Maart 12). *flora (Betekenis/definitie van)*. Opgehaald van Encyclopedie - Nederlandstalig: <http://www.encyclo.nl/begrip/flora>
- www.hollandgroen.nl. (2008). *Overzicht natuurgebieden*. Opgehaald van Overzicht van natuurgebieden, nationale parken, rivierreservaten, polders en landschappen in Nederland: <http://www.hollandgroen.nl/Natuurgebieden>
- Zerbe, L. (2009, November 9). *Drilling for Natural Gas Jeopardizes Clean Water | Rodale News*. Opgehaald van Rodale News: <http://www.rodalenews.com/natural-gas-drilling>
- Ziemkiewicz, P. H. (2014). *Characterization of waste waters from hydraulic fracturing*. Pittsburgh PA: Am. Soc. of Civil Eng. Shale Energy Engineering Conference.
- Zijp, & Bergen. (2012). *Schaliegas in Nederland: potenties en risico's*. Utrecht: KNAG.
- Zijp, M. (2013). *Schaliegas in Nederland*. TNO.
- Zijp, M., & Bergen, F. v. (2012). *Schaliegas in Nederland: potenties en risico's*. Utrecht: KNAG.

Bijlagen

Bijlage 1 – Hydraulisch fracking methode

Deze uitvinding is gerelateerd aan een methode om ondergrondse formaties te breken, welke zich bevinden onder olie boorputten, gas boorputten en vergelijkbare boorputten. De methode maakt gebruik van een verbeterd onsamendrukbaar materiaal (Cooke, et al., 1973). Hydraulisch cracken is een boorput stimulatie methode ontworpen om de productiviteit van een boorput te verhogen door hoog geleidende breuken te creëren of kanalen in de producerende formatie welke zich rondom de boorput bevindt.

Het proces omvat normaal gesproken twee basis stappen; De eerste is het injecteren van vloeistof bij een voldoende hoeveelheid en druk om de formatie los te breken en daarbij scheuren in het reservoir gesteente te creëren en daarna onsamendrukbaar materiaal in de openingen van de scheuren in de formatie te plaatsen, om de breuk te behouden in de formatie. Wanneer de druk in de scheur afgenomen is, zal de bulk van grond de scheur proberen te dichtten op het samendrukbaar materiaal welke in de scheur aanwezig is. Als stimulatie van de grond zal moeten gebeuren, zal de onsamendrukbaar materiaal voldoende mechanische druk kunnen uithouden, zodat de scheur niet zal dicht gaan en ook een relatief hoge permeabiliteit in the scheur met daarin het onsamendrukbaar materiaal te waarborgen (Cooke, et al., 1973).

Een grote variatie aan onsamendrukbaar materiaal is als een mogelijkheid naar voren gebracht voor het gebruik in hydraulische fracking operaties. Deze materialen vallen in twee klassen; de eerste klasse bestaat uit materiaal welke niet van vorm verandert en hard materiaal. Deze klasse wordt getypeerd door plastic pellets en wordt normaal gesproken geplaatst in de scheur in een gedeeltelijk één laags patroon, waarbij het harde materiaal normaal gesproken in een scheur geplaatst wordt in een meerder laags patroon. De huidige vorm van fracking gebruikt vooral hard materiaal (Cooke, et al., 1973).

Het hoofd probleem geassocieerd met conventionele hard onsamendrukbaar materiaal zoals zand, is de neiging om te verspreiden of desintegreren onder druk van de grond boven de formatie met de scheuren. Dit reduceert niet alleen de breedte van de scheur met het onsamendrukbaar materiaal, maar produceert kleine verstoppingen in de kanalen van de scheur. Onderzoek toonde aan dat de verstoppingseffecten van zand welke zich verspreid heeft binnen de scheur drastisch de doorlatendheid van de scheur beïnvloeden.

Experimenten om onsamendrukbaar materiaal voor in de fracking vloeistof te produceren welke efficiënt de druk van de bovenliggende grond aan kan zonder al te veel te desintegreren. Dit heeft geleid tot materialen zoals glas korrels, stalen korrels en vergelijkbare materialen. Deze materialen zijn echter duur en worden normaal gesproken alleen gebruikt onder speciale condities waar het economisch rendabel is om deze materialen te gebruiken (Cooke, et al., 1973). Als men dan kijkt naar de huidige situatie is er veel veranderd sinds 1973, want materialen zoals bijvoorbeeld nu de keramiek korrels worden net zoals zand vaak gebruikt (Cooley, Donnelly, Ross, & Luu, 2012) en (European Commission (Eurostat), 2013).

Laboratorium onderzoeken hebben aangetoond dat onsamendrukbaar materiaal gerenforceerd met vezels of met een temperatuur onafhankelijk gom veel minder snel de neiging heeft om net zoals zand uit elkaar te vallen en te verspreiden in de scheur en zo verstoppingen veroorzaakt. Extra onderzoek heeft aangetoond dat met gom geïmpregneerde korrels de doorlatendheid substantieel beter behouden onder druk van de formaties daarboven dan zand. De geprefereerde onsamendrukbare materialen zijn inclusief de volgende; cement pellets met een gewichtpercentage van 5 tot 50% vezelrijk materiaal als versterkend materiaal. In het oude patent staat nog geschreven

dat asbest het beste gebruikt kan worden hiervoor, echter is dit niet meer toegestaan (Cooke, et al., 1973).

De cement pellets met een gewichtspercentage van 3 tot 50% gom en geprefereerd één die temperatuur onafhankelijk is, zou in de huidige en toekomstige schaliegas boorputten kunnen worden gebruikt of worden al gebruikt. Tenslotte zijn de cement pellets met een gewichtspercentage van 5 tot 50% met vezels versterkt materiaal met een gewichtspercentage van 3 tot 5% gom, zijn zolang in de laatste combinatie geen asbest aanwezig is, zou in principe gebruikt kunnen worden als onsamendrukbaar materiaal in de huidige en nieuwe schaliegas boorputten (Cooke, et al., 1973).

Het is redelijk bekend in de aardolie industrie dat permeabiliteit afneemt door fragmenten en verstoppingen geproduceerd door de desintegratie van onsamendrukbaar materiaal in korrel vorm zoals zand. Silica zand is juist gevoelig voor het uit elkaar vallen van het materiaal bij te hoge druk van de bovenliggende formaties boven de 4,000 psi.

Experimenten tonen aan dat het aanwezig zijn van 20% aan verstoppingen, de doorlatendheid van de breuklijn met 50% vermindert (Cooke, et al., 1973). De cement pellets mogen gevormd worden door conventionele pelletiseer technieken gebruik makend van een mengsel van droog cement, water en vezels. De term cement, gebruikt in het patent, refereert naar hydraulische cementen. Dit type cement wordt geproduceerd door een precieze mix te verbranden van even verdeelde kalkachtig materiaal en kleihoudend materiaal en het resulterende residu fijn te malen tot een zeer fijn poeder.

Het residu van de verbranding wordt "clinker" genoemd, wat eigenlijk gewoon koolstof is in poeder vorm oftewel as. Dit materiaal, wat hoofdzakelijk uit kalk, silicaten en aluminium verbindingen bestaat, wordt afgevoerd van de verbrandingsoven in poeder vorm of als pellet. Het as kan gemakkelijk worden gezeefd in een samengeperste grote, welke gebruikt kan worden als onsamendrukbaar materiaal in bijvoorbeeld een schaliegas reservoir. Een coating en impregnatie van de samengeperste as met een synthetisch gom toegevoegd kan het dragend vermogen verbeteren en daarmee efficiënter omgaan met de druk van de bovenliggende grond (Cooke, et al., 1973).

De cement pellets versterkt met vezels kunnen ook andere toevoegsels, zoals een vulmiddel bevatten, bijv. kwartszand (silicameel), kalksteen, cokes, vliegashoudend materiaal en dergelijke fijn verdeelde passieve materialen. Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat versterkte cement korrels kunnen worden gepelletiseerd in een formaat dat geschikt is voor gebruik als opvulmateriaal voor fracking operaties (Cooke, et al., 1973). Na drukproeven van de pompen en boorput instrumenten, een viskeuze vloeistof, bekend als de pad wordt geïnjecteerd in de put met voldoende snelheid en druk om een breuk in de formatie te creëren. De breukvormingsvloeistof kan op oliebasis, water basis, zuur basis gebruikt worden en er kunnen ook emulsie vloeistoffen of een andere vloeistoffen gebruikt worden in het hydraulische breken van de grond. Het kan additieven zoals biocides, corrosie remmers, wrijving remmers, geleermiddelen, ijzerregelmiddelen, zuurstofbinders en verkalking remmers bevatten (Cooke, et al., 1973).

De injectie van het vloeistof wordt voortgezet totdat een breuk van voldoende grootte is verkregen zodat de breuk e cement of keramiek korrels kan ontvangen. Normaal gesproken is een breuk met een breedte van twee en een half maal de diameter van de grootste korrels heeft voldoende groot om de korrels te ontvangen. Wanneer de breuk van de gewenste grootte is verkregen, worden de pellets in de vloeistof ondergedompeld in de vloeistof en wordt dan getransporteerd in de vloeistof naar de breuk waar deze in het gewenste patroon wordt aangebracht (Cooke, et al., 1973).

De pellets worden gewoonlijk ingebracht in de breekvloeistof in een concentratie die voldoende is om meerdere lagen in de breuk te vormen. Onder bepaalde omstandigheden kan het echter wenselijk zijn een patroon bekend als gedeeltelijke monolaag te gebruiken, waarbij de pellets relatief breed worden verspreid in de breuk en vormen als het ware pijlers in de breukwanden. In elk geval zal de concentratie van de pellets van ongeveer 0,06 kilogram tot ongeveer 0,6 kilogram per liter in de breukvormingsvloeistof aanwezig zijn. Na plaatsing van pellets in de breuk wordt de druk in de boorput met voldoende tijd om het te laten afnemen in de formatie, de druk terug gebracht naar de situatie voor het injecteren van de vloeistof. Dit veroorzaakt dat de breuk sluit en oefent een sluitingsspanning uit op de cement pellets of andere deeltjes. De tijd benodigd voor dit proces kan variëren van enkele minuten tot enkele dagen (Cooke, et al., 1973).

Wanneer de boorput gaat produceren, zullen koolwaterstoffen uit de formatie stromen door de breuk en in de boorput. De sluitingsspanning van de breukwanden op de cement korrels zullen de neiging hebben om de deeltjes te desintegreren, welke leiden tot de vorming van fragmenten die onder productie omstandigheden de breuken welke gedurende de fracking operaties zijn gecreëerd verstoppen en de stromingsdoorgangen richting de boorput afsluiten zodat er geen gas richting de boorput stroomt. Laboratorium onderzoeken werden uitgevoerd op vezelcement pellets en met gom gevulde cement pellets om de mate van pellet desintegratie onder druk van de bovenliggende formaties en druk van de breukwanden te toetsen. Aanvullende experimenten werden uitgevoerd om de permeabiliteit behoud van hars gevulde cement pellets en as pellets onder verschillende druk niveaus te bepalen (Cooke, et al., 1973).

Bijlage 2 – Chesapeake watergebruik gegevens

Current Chesapeake Water Use by Shale Play



Gas Shales (Dry Gas)

Barnett Shale*

250,000 Gallons used for Drilling
3,800,000 Gallons used for Fracturing
~ 4.0 Million Gallons Used Per Well

Fayetteville Shale

65,000 Gallons used for Drilling
4,900,000 Gallons used for Fracturing
~ 4.9 Million Gallons Used Per Well

Haynesville Shale

600,000 Gallons used for Drilling
5,000,000 Gallons used for Fracturing
~ 5.6 Million Gallons Used Per Well

Marcellus Shale*

85,000 Gallons used for Drilling
5,500,000 Gallons used for Fracturing
5.6 Million Gallons Used Per Well

Liquid Shales (Gas, Oil, Condensate)

Eagle Ford Shale

125,000 Gallons used for Drilling
6,000,000 Gallons used for Fracturing
~ 6.1 Million Gallons Used Per Well

Niobrara

300,000 Gallons used for Drilling
3,000,000 Gallons used for Fracturing
~ 3.3 Million Gallons Used Per Well

* Portion of play contains some NG liquids

5

Produced Water Generation by Shale Play: Initial Produced Water



● Quantities and Rates of Water Production Important for Reuse

- ▶ Need large volume of water over short time period
 - Helps ensure the effectiveness of the process
- ▶ “Initial” defined here as first 10 days of Flowback and Production Process

● Barnett, Fayetteville, and Marcellus Shales

- ▶ “Initial” volume of water significant
 - 500,000 to 600,000 gallons per well in first 10 days → ~ 10% to 15% of total water need to frac new wells

● Haynesville Shale

- ▶ “Initial” volume of water less significant
 - 250,000 gallons per well in first 10 days → ~ 5% of total water needed to frac new well

Bron: (Chesapeake Energy Corporation, 2011)

Bijlage 3 – Chesapeake watergebruik efficiëntie

Raw Fuel Source Water Use Efficiency



Energy resource	Range of gallons of water used per MMBtu of energy produced
Chesapeake deep shale natural gas *	0.84 – 1.84
Conventional natural gas	1 – 3
Coal (no slurry transport) (with slurry transport)	2 – 8 13 – 32
Nuclear (processed uranium ready to use in plant)	8 – 14
Conventional oil	8 – 20
Synfuel - coal gasification	11 – 26
Oil shale petroleum	22 – 56
Oil sands petroleum	27 – 68
Synfuel - Fisher Tropsch (Coal)	41 – 60
Enhanced oil recovery (EOR)	21 – 2,500
Biofuels (Irrigated Corn Ethanol, Irrigated Soy Biodiesel)	> 2,500

Source: USDOE 2006 (other than CHK data)

*Does not include processing which can add from 0 - 2 gallons per MMBtu

Solar and wind not included in table (require virtually no water for processing)

Values in table are location independent (domestically produced fuels are more water efficient than imported fuels)

32

Water Use Efficiency in Natural Gas Plays



Chesapeake's Four Major Deep Shale Plays

Shale Play	Average Water Use Per Well ¹	CHK Est. Avg. Natural Gas Production Over Well Lifetime ²	Resulting Energy From Natural Gas Production Per Well (based on 1,028 Btu per Cubic Feet) ³	Water Use Efficiency (in gallons per MMBtu)
Haynesville	5.6 million gallons	6.5 billion cubic feet	6.68 trillion Btu	0.84
Marcellus	5.6 million gallons	5.2 billion cubic feet	5.35 trillion Btu	1.05
Barnett	4.0 million gallons	3.0 billion cubic feet	3.08 trillion Btu	1.30
Fayetteville	4.9 million gallons	2.6 billion cubic feet	2.67 trillion Btu	1.84

Source: ¹Chesapeake Energy 2009b, ²Chesapeake Energy 2009a, ³USDOE 2007
 British Thermal Unit (Btu)
 Million British Thermal Units (MMBtu)

Bron: (Chesapeake Energy Corporation, 2011)

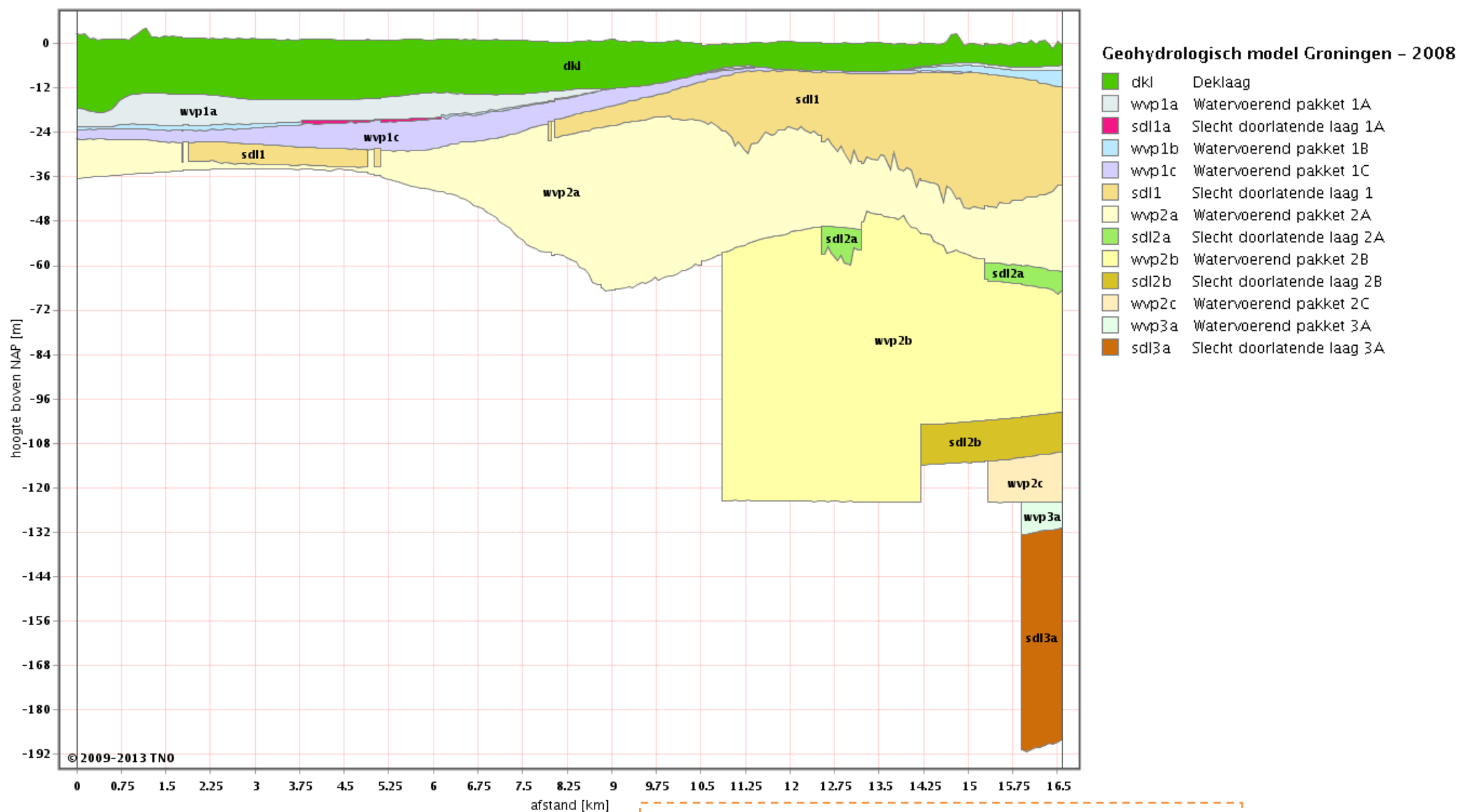
Bijlage 4 – Concentraties van chemicaliën in het terug gestroomde zoute grondwater

Parameter, units	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Arsenic, mg/l (primary standard=0.010mg/L)	0.29	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.21	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Barium, mg/l (primary standard=2.0mg/L)	5.59	4.59	2.99	0.14	0.191	4.11	1.34	3.96	7.86	834	0.02	<0.02	0.05
Boron, mg/l (health advisory 3-5mg/L)	44.4	35.6	38.2	58.6	0.367	37.5	0.67	2.24	0.87	66.7	37.7	34.8	17.3
Iron, mg/l (secondary standard=0.3 mg/L)	30.7	25.2	26.8	4.84	0.311	26.4	85	4.85	348	86.5	43.9	39.6	96.6
Magnesium, mg/l	488	453	485	5.4	11.1	476	97.1	87.4	24.6	915	522	467	417
Potassium, mg/l	836	665	710	11.7	19.2	704	32.9	1020	1840	1710	742	664	1400
Selenium, mg/l (primary standard=0.05 mg/L)	0.2	<0.2	<0.2	0.76	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Sodium, mg/l (health advisory=20mg/L)	17800	14100	14700	218	229	15600	200	5430	3500	31600	15800	15600	12900
Alkalinity, mg/l	130	36.9	37.3	294	112	35.7	4810	118	<1	80.1	126	124	418
Total Diss. Solids mg/l (secndry std=500mg/l)	57800	53400	51500	1560	759	52200	711	17200	16600	121000	63600	60600	49500
Flouride, mg/l (secondary standard=2mg/l)	85	87.5	57.5	7.2	0.16	1380	3.19	300	340	2600	600	70	75
Chloride, mg/l (secondary stndrd=200mg/l)	9300	31500	32000	135	371	37700	646	10900	10900	105000	43000	36000	30200
Biochemical Oxygen Demand(BOD), mg/l	414	364	524	66400	12	444	66	228	3340	434	474	323	>684.2
Chemical Oxygen Demand(COD), mg/l	1420	914	947	290000	40	781	1330	516	5240	1620	1290	997	2420
Total Suspended Solids(TSS), mg/l	210	170	213	239	12	63	23900	94	810	409	184	228	506
Sulfate, mg/l (secondary stndrd=250mg/L)	1350	799	807	129	55.1	39800	99	2700	229	565	15800	893	402
Calcium, mg/l	4310	3750	4000	201	56.5	3980	1160	1020	346	9380	2160	2060	2160
Bromide, mg/l	77.5	240	280	3.25	1.29	525	4.4	62.5	45	70	303	325	283

TPH-DRO, mg/l (WV DEP action level 1mg/L)	26.1	7.44	6.95	76.6	1.93	7.38	4.21	27.6	94.4	6.41	2.09	9.35	41.5
Benzene, ug/l (primary standard=5ug/L)	<12.9	<12.0	<12.1	1310	0.5	<12.9	5.5	43	<12.9	<12.9	<12.9	<12.9	79
Toulene, ug/l (primary standard=1000 ug/L)	<16.7	<16.7	<16.8	271	12.1	<16.7	26.4	144	<16.7	<16.7	<16.7	<16.7	226
Ethylbenzene, ug/l	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
m.p-Xylene, ug/l	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
o-Xylene, ug/l	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Specific Conductance, umh/cm	88300	80400	80100	2390	1600	80300	1220	32000	42100	152000	88900	85600	75600
Gross Alpha, pCi/l (primary stndrd=15pCi/L)	Minus 6.524 ±/106	17.5 ±/93.5	24.0 ±/56.6	Minus 6.356 ±/30.3	2.66 ±/1.38	Minus 44.017 ±/97.2	34.6 ±/7.63	47.8 ±/35.9	54.1 ±/24.9	±4846 994	Minus ±88822 107	±76.4 115	±3.754 731
Gross Beta, pCi/l	164 ±/140	201 ±/133	361 ±/99.7	21.5 ±/60.7	8.79 ±/1.99	348 ±/98.2	41.9 ±/8.03	659 ±/127	1306 244	±2662 529	±252 128	±354 136	±1.684 328
Strontium, ug/l	732000	709000	689000	7130	3770	695000	4510	88000	15800	2820000	935000	891000	640000
Strontium-90, pCi/l	Minus 5.83 ±/3.46	Minus 0.10 ±/3.88	Minus 0.360 ±/4.67	Minus 1.43 ±/1.98	Minus 0.0770 ±/ 0.458	Minus 0.510 ±/3.27	Minus 0.131 ±/ 0.693	Minus 0.690 ±/2.31	Minus 0.710 /1.47	±7.44 8.62	Minus ±0.04 2.82	Minus ±2.88 2.45	±0.630 2.59
Radium-226, pCi/l (primary standard=5pCi/L)	8.30 ±/2.45	9.0 ±/2.45	1.49 ±/2.92	6.38 ±/3.10	Minus 0.121 ±/0.535	10.6 ±/6.69	1.10 ±/1.26	31.5 ±/8.56	5.09 2.83	±/1136 217	±4.31 4.43	±0.000 4.48	±44.1 13.3
Radium-228, pCi/l (combined with Rad226)	73.5 ±/17.6	6.44 ±/2.73	1.45 ±/1.79	0.487 ±/ 0.483	±/0.683 ±/0.418	2.51 ±/2.21	0.334 ±/0.451	9.58 ±/2.08	Minus 0.0169 ±/ 1.08	±347 ±69.7	1.77 ±2.25	0.124 1.82	±44.7 12.5
Total Uranium, ug/l (primary stndrd=30ug/L)	1.09 ±/0.024	0.119 ±/0.004	0.117 ±/0.003	4.28 ±/0.523	0.665 ±/0.013	0.503 ±/0.118	3.05 ±/0.064	1.48 ±/0.037	7.81 0.336	±1.08 0.027	±1.22 0.032	±1.37 0.035	±1.57 0.042
pH, Standard units (secondry stndrd 6.5-8.5)	6.63	5.95	5.98	7.93	8.59	5.97	9.26	7.04	1.5	6.49	6.53	6.44	6.31

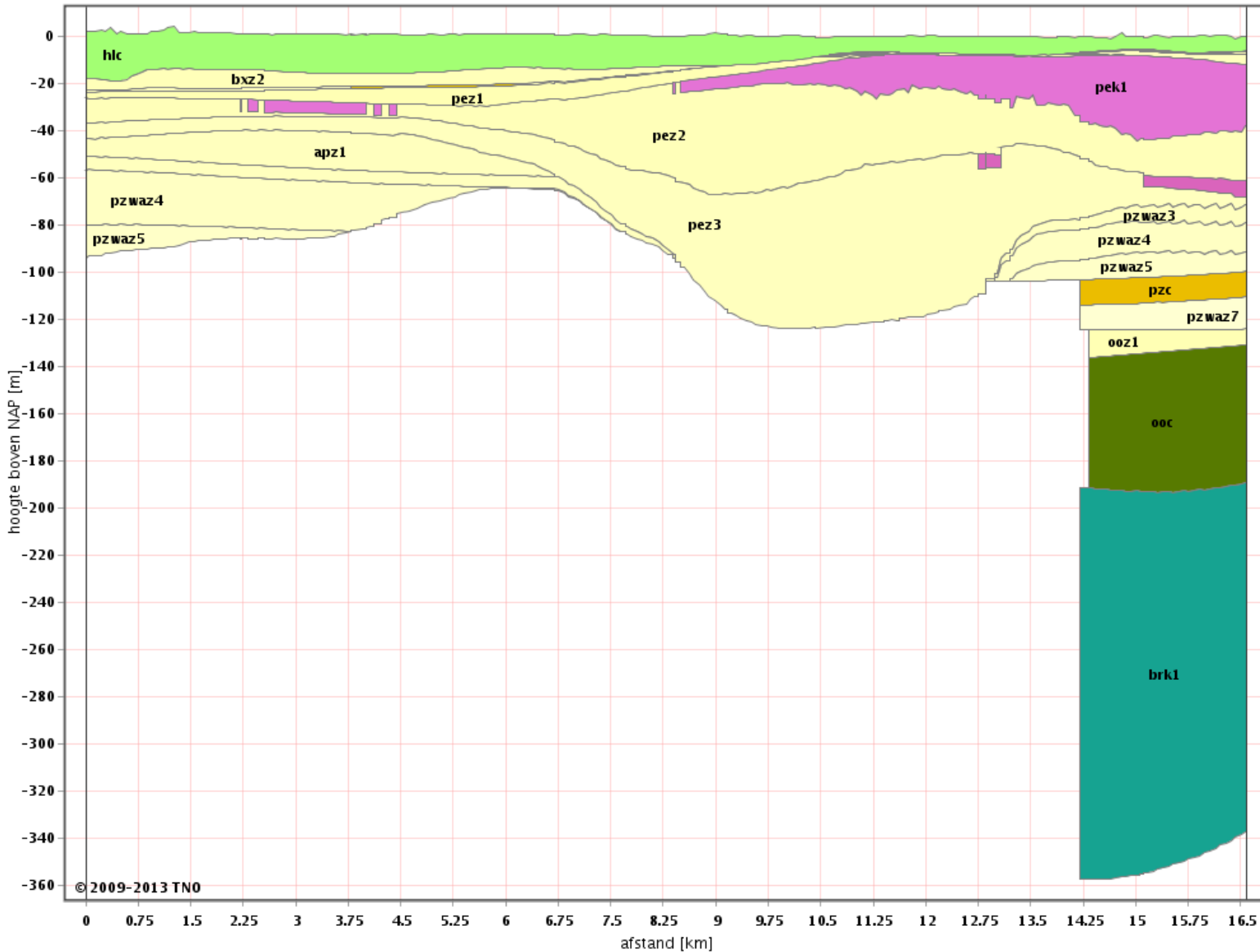
Concentraties van chemicaliën in het terug gestroomde zoute grondwater in 13 monsters, bron: (Ben M. Stout III, 2013) (Rood: Primaire drinkwaternorm Overschrijding, Geel: Secundaire drinkwaternorm Overschrijding, Blauw: Geen overschrijdingen)

Bijlage 5 – Geohydrologische dwarsdoorsnede Groningen



Actueel (gebaseerd op REGIS II.1) Geohydrologisch model Groningen - 2008
(TNO en RIZA, 2008)

Bijlage 6 - geologische dwarsdoorsnede Groningen

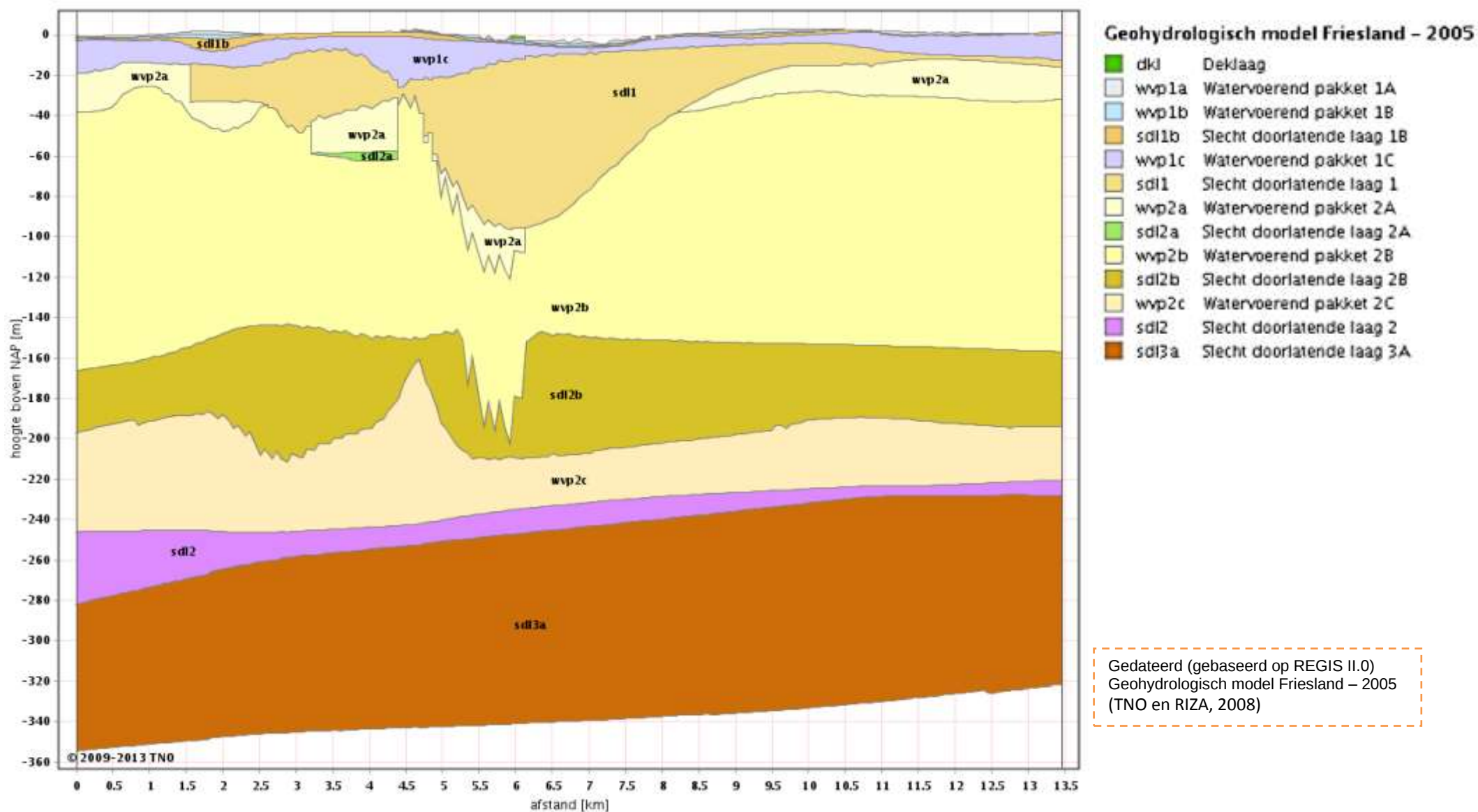


Landelijk model REGIS II.1 – 2008

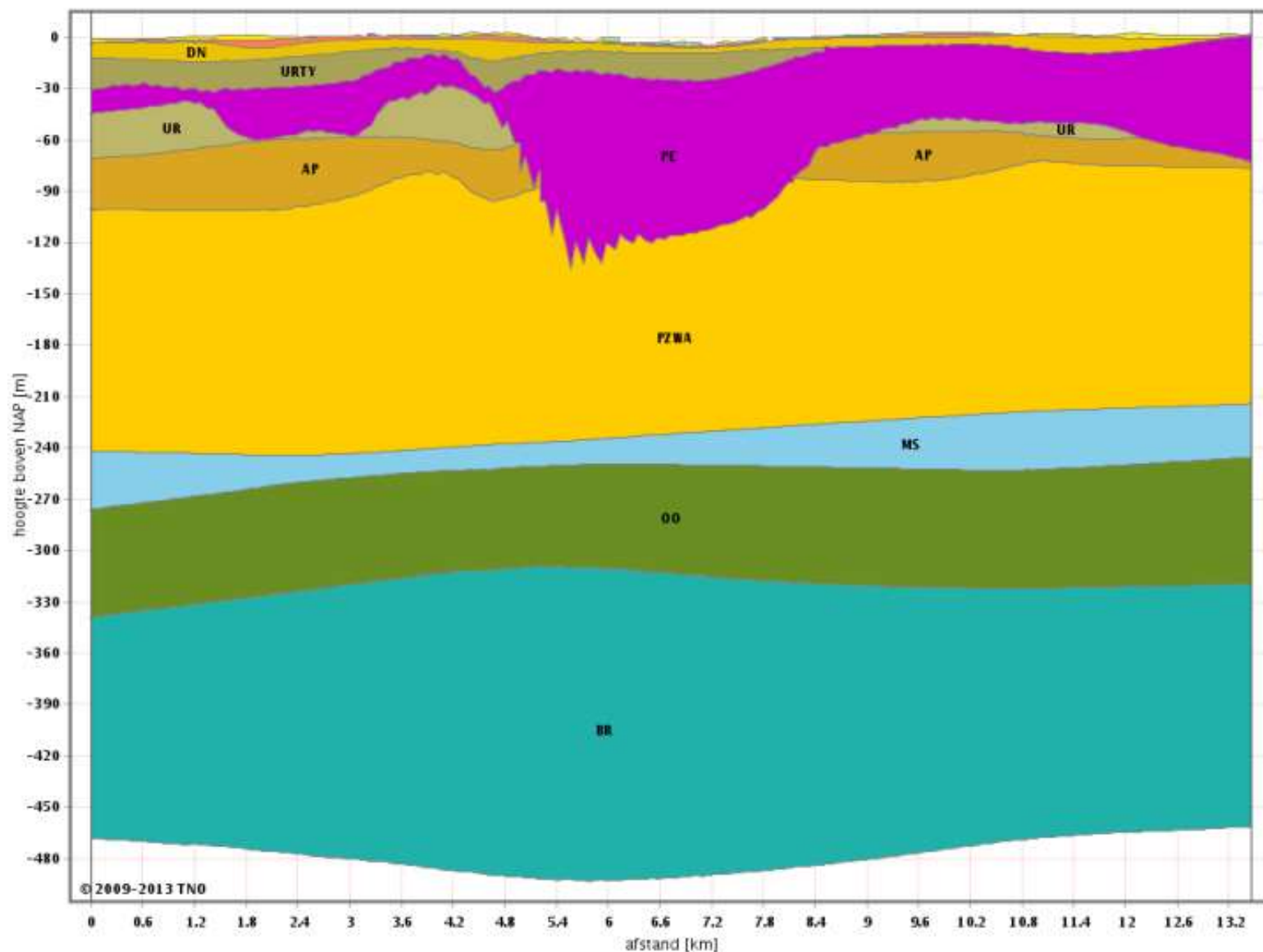
hlc	01.1-Holocene afzettingen - Holocene ...
bxz1	02.2-Form. van Bostel - Bostel z1
bxz2	02.5-Form. van Bostel - Bostel z2
bxk2	02.6-Form. van Bostel - Bostel k2
bxz3	02.7-Form. van Bostel - Bostel z3
drz3	06.5-Form. van Drente - Drente z3
pez1	10.1-Form. van Peelo - Peelo z1
pek1	10.2-Form. van Peelo - Peelo k1
pez2	10.3-Form. van Peelo - Peelo z2
pek2	10.4-Form. van Peelo - Peelo k2
pez3	10.5-Form. van Peelo - Peelo z3
apz1	13.1-Form. van Appelscha - Appelscha z1
pzwaz3	15.05-Form. van Peize-Waalre - Peize-...
pzwaz4	15.07-Form. van Peize-Waalre - Peize-...
pzwaz5	15.09-Form. van Peize-Waalre - Peize-...
pzc	15.12-Form. van Peize-Waalre - Peize ...
pzwaz7	15.13-Form. van Peize-Waalre - Peize-...
ooc	18.2-Form. van Oosterhout - Oosterhou...
ooz1	18.6-Form. van Oosterhout - Oosterhou...
brk1	19.2-Form. van Breda -Ville - Breda k1

Actueel Landelijk model REGIS II.1 - 2008
(TNO en RIZA, 2008)

Bijlage 7 – Geohydrologische dwarsdoorsnede Friesland



Bijlage 8 – Geologische dwarsdoorsnede Friesland



Landelijk model DGM v1.3 – 2009

HL	01-Holocene afzettingen
BX	02-Formatie van Boxtel
DR	07-Formatie van Drente
DN	09-Formatie van Drachten
URTY	10-Formatie van Urk
PE	11-Formatie van Peelo
UR	12-Formatie van Urk
AP	14-Formatie van Appelscha
PZWA	16-Formatie van Peize-Waalre
MS	17-Formatie van Maassluis
OO	19-Formatie van Oosterhout
BR	20-Formatie van Breda

Digitaal Geologisch Model DGM
Actueel Landelijk model DGM v1.3 – 2009
(TNO en RIZA, 2008)

Bijlage 9 – Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond

Chrono- stratigrafie			Lithostratigrafische eenheden op formatieniveau						
			Marien	Fluviaal				Glaciaal	Overig
				Oostelijke rivieren	Rijn	Maas	Belgische rivieren		
Kwartair	Holocene	Formatie van Naaldwijk		Formatie van Echteld	Formatie van Beegden	Kreekrak Formatie		Formatie van Nieuwkoop	Formatie van Bortel
		Eem Formatie		Formatie van Kreftenheye		Formatie van Koewacht		Woudenberg	
	Pleistoceen			Formatie van Urk		Formatie van Drachten			
				Formatie van Sterksel					
	"Midden"			Formatie van Waalre		Formatie van Stramproy			
		Formatie van Appelscha							
		Formatie van Maassluis	Formatie van Peize						
Neogeen	Pliocene	Formatie van Oosterhout		Kiezelodiet Formatie					
	Mioceen	Formatie van Breda		Formatie van Inden					
Paleogeen	Oligocene	Fm. v. Veldhoven							
		Rupel Formatie							
		Fm. v. Tongeren							
	Eocene	Formatie van Dongen							
	Paleocene	Formatie van Landen							

JS-1101

(TNO, 2013) Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond, versie 2013. Retrieved [11-10-2013]

Bijlage 10 – Grenswaarden van verstoring door geluid per vogelsoort

Nederlandse naam	Soort wetenschappelijke naam	Geluids- bron	Grenswaarde [dB(A)]	Geluidbepaling	Verstorings- indicatie	Habitatype	Bron
Boompieper	<i>Anthus trivialis</i>	Autoweg	52	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Naaldbos	1
Ekster	<i>Pica pica</i>	Autoweg	46†	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Ekster (1984)	<i>Pica pica</i>	Autoweg	52	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Fazant	<i>Phasianus colchicus</i>	Autoweg	53	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Fazant	<i>Phasianus colchicus</i>	Autoweg	40†	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Fazant (1984)	<i>Phasianus colchicus</i>	Autoweg	38	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Autoweg	39	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Autoweg	38†	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Fitis (1984)	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Autoweg	40	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Fitis (1986)	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Autoweg	31	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Gaai (1986)	<i>Garrulus glandarius</i>	Autoweg	56	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Graspieper	<i>Anthus pratensis</i>	Autoweg	59	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Grutto	<i>Limosa limosa</i>	Spoorweg	45	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	2
Grutto	<i>Limosa limosa</i>	Autoweg	43	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Houtduif (1986)	<i>Columba palumbus</i>	Autoweg	43	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Houtsnip	<i>Scolopax rusticola</i>	Autoweg	56†	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Kievit	<i>Vanellus vanellus</i>	Autoweg	47	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Koekoek	<i>Cuculus canorus</i>	Autoweg	49	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	1
Koekoek (1986)	<i>Cuculus canorus</i>	Autoweg	36	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Meerkoet	<i>Fulica atra</i>	Autoweg	60	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Mexican Spotted Owl'	<i>Strix occidentalis lucida</i>	Helikopter	92	Piekwaarde	Opvliegen	Bos	4
Mexican Spotted Owl'	<i>Strix occidentalis lucida</i>	Kettingzaag	46	Piekwaarde	Opvliegen	Bos	4
Slobeend	<i>Anas clypeata</i>	Autoweg	51	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Veldleeuwerik	<i>Alauda arvensis</i>	Spoorweg	42	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	2
Veldleeuwerik	<i>Alauda arvensis</i>	Autoweg	48	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	3
Winterkoning (1986)	<i>Trochilodytes trochilodytes</i>	Autoweg	47	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Loofbos	4
Zomertaling	<i>Anas querquedula</i>	Spoorweg	49	Etmaalgemiddelde	Broedcic htheden	Grasland	2

† Bepaald langs een subset van wegen met een hoge geluidsbelasting.

Tabel ** Grenswaarden van verstoring door geluid per vogelsoort, bron: (Kleijn, 2008)