



DE CO₂-BALANS VAN DE NEDERLANDSE FRUITTEELT

AFSTUDEERWERKSTUK

JOOST LOOMAN

DE CO₂-BALANS VAN DE NEDERLANDSE FRUITTEELT

AUTEUR	JOOST LOOMAN
OPLEIDING	TUIN- EN AKKERBOUW
MAJOR	AAFW
PLAATS EN DATUM	11-6-2019 DRONTEN
AFSTUDEERDOCENT	BAREND GEHNER

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk is voor het afstuderen in het 4e jaar van de studie Tuin- en akkerbouw aan de Aeres hogeschool in Dronten. Voor deze scriptie ben ik mij gaan verdiepen in het vastleggen en uitstoten van CO₂ op een fruitteeltbedrijven in Nederland. Aan de hand van dit afstudeerwerkstuk is een rekentool ontwikkeld waarmee fruitteeltbedrijven een CO₂-balans kunnen opstellen.

Ik wil graag iedereen bedanken die mij geholpen heeft met het schrijven van dit afstudeerwerkstuk. In het bijzonder wil ik Barend Gehner, afstudeerdocent en Jan Peeters, stagebegeleider bedanken voor de aangeboden hulp.

Ik wens u veel leesplezier.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	5
Abstract	6
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
1.1 Klimaatdoelstellingen van de EU	7
1.2 Nederland	8
1.3 Landbouw	8
1.4 De CO ₂ balans van de Nederlandse fruitteelt	9
1.4.1 De berekening achter de resultaten van Broeikasgasemissies in de appelketen. (Kool & Stokkers, 2009)	11
1.5 Processen in de fruitboom waarbij CO ₂ een rol speelt	13
1.5.1 Koolstofreserves	13
1.5.2 Fotosynthese van de appelboom	13
1.5.3 Wortelademhaling	14
1.5.4 Verdeling van de koolstof	14
1.6 Hoofd- en deelvragen	15
Hoofdstuk 2: Aanpak	16
2.1 Hoeveel CO ₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?	16
2.2 Wat is de CO ₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?	16
2.3 Wat is de CO ₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?	17
2.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO ₂ balans van een fruitteeltbedrijf?	17
2.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?	18
2.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO ₂ uitstoot hiervan?	18
2.7 Hoe kan er een rekentool worden opgesteld om per fruitteeltbedrijf de CO ₂ balans op te stellen?	18
Hoofdstuk 3: Resultaten	19
3.1 Hoeveel CO ₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?	19
3.1.1 De koolstof fluctuatie	19
3.1.2 De balans	20
3.1.2 Het koolstofgehalte in vruchten	22
3.2 Wat is de CO ₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?	23
3.2.1 Transportafstand	23

3.2.2 Uitstoot.....	23
3.3 Wat is de CO ₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?	24
3.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO ₂ balans van een fruitteeltbedrijf?25	
3.4.1 Kunstmest.....	25
3.4.2 Drijfmest	25
3.4.3 Compost/Champost	25
3.4.4 Het verschil tussen kunstmest en dierlijke mest.....	27
3.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?	28
3.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO ₂ uitstoot hiervan?	29
3.6.1 Stroomverbruik.....	29
3.6.2 Uitstoot van de het stroomverbruik.....	30
Hoofdstuk 4: Discussie	31
4.1 Hoeveel CO ₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?	31
4.2 Wat is de CO ₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?	31
4.3 Wat is de CO ₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?	32
4.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO ₂ balans van een fruitteeltbedrijf?	32
4.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?	33
4.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO ₂ uitstoot hiervan?	33
Hoofdstuk 5: Conclusie & Aanbevelingen	34
5.1 Conclusies deelvragen	34
5.2 Hoofdvraag.....	36
5.3 Aanbevelingen.....	37
Bibliografie	38
Bijlagen	40
Bijlage 1	40
Bijlage 2	41

Samenvatting

De aanleiding voor dit afstudeerwerkstuk is de naderende CO₂ taks voor bedrijven en industrie. De overheid wil de uitstoot van CO₂ gaan belasten. Als de landbouw hier ook mee te maken krijgt is het een voordeel als er kennis over de uitstoot van CO₂ beschikbaar is. Dit werkstuk richt zich op de CO₂-balans van de fruitteelt in Nederland. Om fruittelers bewust te maken hoeveel CO₂ er uitgestoten wordt, en welke factoren in de teelt daar verantwoordelijk voor zijn, wordt er in dit verslag een rekentool opgesteld waarmee de CO₂-balans van een fruitteeltbedrijf berekend kan worden. De hoofdvraag luidt: Hoe kan er een rekentool worden opgesteld om per fruitteeltbedrijf de CO₂-balans op te stellen? Deze vraag is beantwoord door een literatuuronderzoek uit te voeren naar factoren op het fruitteeltbedrijf waarbij CO₂ een rol speelt. Er is onderzoek gedaan naar hoeveel CO₂ er wordt vastgelegd in de biomassa, organische stof en de vruchten uit de boomgaard. Verder is de CO₂ uitstoot van het transport, het diesilverbruik, het stroomverbruik, de bemesting en de koeling onderzocht. Hierdoor is duidelijk geworden dat een boomgaard in Nederland jaarlijks 2528 kg CO₂ kan vastleggen door de groei van biomassa en de opbouw van organische stof. Een oogst van 60 ton appels met een suikerpercentage van 14% legt ongeveer 12 ton CO₂ vast. De uitstoot van CO₂ bij een gemiddeld bedrijf komt neer op 4 ton per hectare, wat dus betekent dat er CO₂-neutraal fruit geteeld kan worden.

Met dit verslag is dus een basis gelegd waarbij informatie over de uitstoot van CO₂ op een fruitteeltbedrijf is verzameld. Om de rekentool 100% betrouwbaar te maken is er meer onderzoek nodig naar de oorzaken van CO₂ uitstoot of opvang op fruitteeltbedrijven. Ook is er een methodiek nodig waarbij de emissie van broeikasgassen kan worden toegekend aan de sector waar de uitstoot veroorzaakt wordt.

Abstract

The reason for this graduation paper is the approaching charge of CO₂ emissions for companies and industries. The government is planning to charge the emission of CO₂ for every kilo that is emitted. If the agricultural businesses have to pay for their emissions, they need to have information about their emission of CO₂. This paper is focusing on the CO₂ balance of orchards in the Netherlands. This paper is written to give these fruit growers knowledge about number of carbon dioxide they expel and which factors are responsible for these emissions. A tool is created in this paper, to calculate the CO₂ balance of an individual fruit farm. The main question of this paper is: Is it possible to create a tool by which fruit growers can calculate the CO₂ balance of their own orchard? This question is answered through studying literature about the factors which capture or cause the most carbon dioxide.

Research has been done into how much CO₂ is captured by the growth of biomass, the increasing organic matter and the fruits from the orchard. The research into the emission of CO₂ is focussed on the transport, the use of diesel, the usage of electricity, fertilization and the storage of the fruit. The research made clear that an orchard in the Netherlands can capture 2528 kg of CO₂, annually through the growth of biomass and the increase of organic matter. A harvest of 60 tonnes of apples with a sugar percentage of 14% captures about 12 tonnes of CO₂. The emission of CO₂ from an average orchard is roughly 4 tons per hectare, which means that it is possible to produce CO₂-neutral fruits.

This report laid the foundation for gathering information about CO₂ emissions from an orchard. To make the tool 100% reliable, more research is needed into the causes of CO₂ emissions or capture by fruit growing companies. There is also a method required whereby the emission of CO₂ can be allocated to the sector where the emission is caused.

Hoofdstuk 1: Inleiding

De meeste wetenschappers zijn het erover eens dat de wereldwijde klimaatverandering wordt veroorzaakt door de uitstoot van broeikasgassen. Deze klimaatverandering heeft momenteel, en in de toekomst invloed op de natuur en de landbouw. Om de klimaatverandering tegen te gaan is er in 2015 een klimaatakkoord opgesteld tussen 195 landen waar in afgesproken is dat de aarde niet meer dan 2°C op mag warmen. Elk land moet zijn eigen bijdrage doen om dit doel te halen. In de theorie betekent dit dat de landen die het akkoord hebben ondertekent, de uitstoot van broeikasgassen terug proberen te dringen. (Visser, z.d.)

CO₂ is één van de broeikasgassen die de grootste invloed heeft op de opwarming van de aarde. De aarde ontvangt energie van de zon en straalt energie uit naar het heelal door middel van infraroodlicht. De broeikasgas CO₂ zorgt ervoor dat die uitstraling bemoeilijkt wordt omdat het de straling deels absorbeert. De aarde kan dus minder goed zijn warmte kwijt als de concentratie CO₂ te hoog wordt. (Visser, z.d.)

1.1 Klimaatdoelstellingen van de EU

De Europese unie heeft de afspraken van het klimaatakkoord van Parijs erkend en verdere doelen gesteld de CO₂ uitstoot te verminderen. Wereldwijd wil de Europese Unie een voorbeeldrol hebben in dit terugdringen dus heeft zij eigen doelen gesteld. De huidige doelstellingen voor 2030 zijn:

- 40% minder CO₂ uitstoot ten opzichte van 1990
- 27% van de geproduceerde energie moet hernieuwbaar zijn
- De energie-efficiëntie verbetering moet streven naar 30%
- Een energiebesparing van 1,5% per jaar is verplicht

Bovengenoemde doelen heeft de Europese unie voor zichzelf gesteld, er zijn dus geen eisen gesteld aan individuele landen. (Visser, z.d.)

Daarnaast heeft de Europese commissie een methode ontwikkeld om op productniveau de impact op het milieu te bepalen. Dit wordt de Product Environmental Footprint (PEF) genoemd. Met deze methode wil de commissie de carbon footprint inzichtelijk maken op bedrijfs-en/of sectorniveau per productgroep. Voor verschillende categorieën zoals diervoeder, vlees, pasta en wijn heeft de Europese commissie al regels vastgesteld waar het product aan moet voldoen. (Werkgroep Voedselconsumptie klimaattafel LB&LG , 2018)

1.2 Nederland

Het klimaatdoel wat Nederland voor ogen heeft is uitstoot van broeikasgassen met 49% te verminderen in 2030 ten opzichte van 1990. Hiervoor heeft Nederland een nationaal klimaatakkoord opgesteld en zoveel mogelijk bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden afspraken gemaakt het gesteld doel te behalen. In het akkoord staan concrete afspraken over het terugdringen van de CO₂ uitstoot. Omdat deze afspraken niet voor alle bedrijven gelijk zijn, is het klimaatakkoord opgedeeld in verschillende sectoren. Elke sector moet ervoor zorgen dat zij de uitstoot van CO₂ terugdringt. (Rijksoverheid, 2018)

1.3 Landbouw

Nederland heeft voor de landbouw en het landgebruik een doel gesteld om in het jaar 2050 klimaatneutraal te zijn. Het doel voor het jaar 2030 is om de uitstoot van CO₂ met 3.5 Mton te verminderen. De landbouw is hiervoor opgedeeld in verschillende thema's met elk zijn eigen taak om een deel van de uitstoot terug te dringen. De thema's zijn:

- Methaan & Veehouderij (1 Mton)
- Slimmer landgebruik (1.5 Mton)
- Kas als energiebron (1 Mton)

Om deze doelen te bereiken zijn er veel verandering nodig in de productiebedrijven, maar ook bij de voedselverwerkers de toeleveranciers en de supermarkten. In het klimaatakkoord staan verschillende maatregelen in de verschillende sectoren die genomen gaan worden om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. In de veehouderij wordt er bijvoorbeeld gekeken naar andere bemestingstechnieken, andere mestopslag en emissiearme stallen. Voor het landgebruik wordt er geïnvesteerd in CO₂ vasthoudende technieken zoals CO₂ vasthoudende beplanting en minder ploegen. Tot slot wordt er gekeken naar de consumptie van mensen. Zo moet er meer consumptie van plantaardige eiwitten, groente en fruit plaatsvinden en minder voedselverspilling worden gerealiseerd. (Planbureau voor de leefomgeving, 2018)

1.4 De CO₂ balans van de Nederlandse fruitteelt.

De klimaatdoelstellingen hebben er voor gezorgd dat er een CO₂taks gesteld gaat worden waarbij er per ton CO₂-uitstoot belasting wordt geheven (Van Santen & Van Der Walle, 2019). Hierdoor zal de fruitteelt, net als andere bedrijfstakken, inzicht moeten krijgen over de CO₂ die uitgestoten wordt. Over CO₂ in de Nederlandse fruitteelt is weinig bekend. Er zijn onderzoeken gedaan in het verleden, maar door de continu veranderende teeltwijze en nieuwe inzichten in de teelt kunnen deze cijfers verouderd raken. Ook wordt er bij de berekening van de CO₂ productie van een boomgaard gekeken naar de (logischerwijs) algemene cijfers, zoals in het onderzoek: Broeikasgasemissies in de appelketen (Kool & Stokkers, 2009). Wat er nog ontbreekt is een rekentool om per bedrijf de CO₂ uitstoot te kunnen schatten. Dit houdt in dat er per bedrijf gekeken moet worden aan welke knoppen de teler kan draaien om de uitstoot te verminderen, en daardoor minder of geen CO₂-taks te betalen. Doordat de boomgaard ook CO₂ op kan vangen en vast kan leggen is er een kans dat het fruit CO₂-neutraal geproduceerd kan worden. Als het resultaat van het onderzoek is dat het in Nederland mogelijk is om fruit CO₂-neutraal te telen is dit een kans voor de marketing van het product. In dit rapport zal dus worden onderzocht of het mogelijk is om een rekentool op te stellen waarbij het mogelijk is om de CO₂ uitstoot per bedrijf te berekenen.

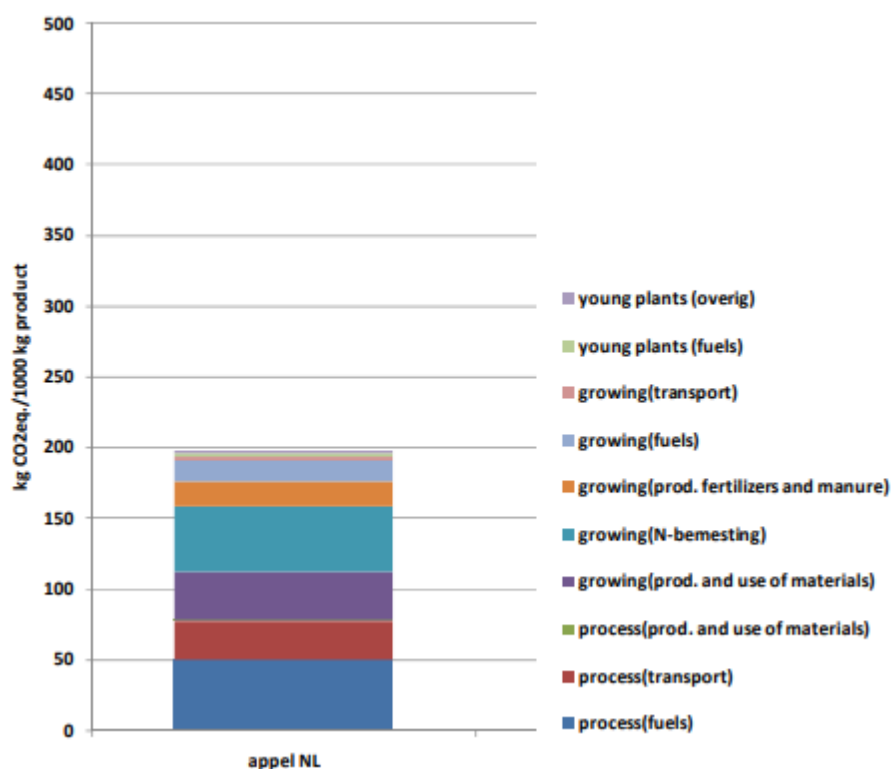
Blonk milieu Advies in Gouda heeft in een verslag uit 2009 de broeikasgasemissies in de appelketen beschreven. Hierbij zijn Nederlandse appels uit langdurige bewaring vergeleken met appels die worden geïmporteerd uit Nieuw-Zeeland. (Kool & Stokkers, 2009)

Om de CO₂ productie in de keten te berekenen zijn meerdere fases van de teelt tot en met het distributiecentrum geanalyseerd. Het traject is dus als volgt:

- Teelt vruchtbomen
- Transport vruchtboom naar teler
- Teelt appels bij teler
- Transport appels naar opslag
- Centrale opslag
- Transport naar distributiecentrum

Er wordt uitgegaan van het Nederlandse ras Elstar. De gegevens over de teelt zijn gebaseerd op kerngetallen zoals beschreven in de KWIN Fruitteelt en boomteelt. Daarnaast is er bij verschillende sectordeskundigen navraag gedaan voor data.

De gegevens die worden weergegeven zijn berekend met een bewaarduur van 180 dagen.



Figuur 1, De broeikasgasemissie (kg CO₂-equivalenten) per ton appels (Kool & Stokkers, 2009)

In figuur 1 is de uitstoot van CO₂ equivalenten per ton appels berekend. Dit komt uit op ongeveer 190 kg CO₂ per 1000 kg appels afgeleverd bij het distributiecentrum. In vergelijking met andere tuinbouwproducten is laag, wat te zien is in tabel 1.

Tabel 1, CO₂ uitstoot per ton tuinbouwproduct (Bos, De Haan, & Sukkel, 2007)

Teelt	Teeltwijze	Kg CO ₂ eq./ton
Tomaat	Gangbaar	1472
Tomaat	Biologisch	1735
Komkommer	Gangbaar	963
Komkommer	Biologisch	2600

1.4.1 De berekening achter de resultaten van Broeikasgasemissies in de appelketen. (Kool & Stokkers, 2009)

In dit hoofdstuk wordt in meer detail besproken hoe de resultaten van figuur 1 tot stand zijn gekomen.

Transport

Transport binnen Nederland draagt voor 14% bij aan de totale CO₂ uitstoot van de Nederlandse Elstar. Er wordt gerekend met een totale transportafstand van ruim 200 km, hierbij zitten de volgende transportbewegingen:

- Teelt uitgangsmateriaal → teler
- Teler → centrale opslag (koeling)
- Centrale opslag → distributie

Al deze transportbewegingen zijn uitgevoerd door een vrachtwagen.

Gekoelde opslag

Het gebruik van energie is de factor die het meeste bijdraagt aan de CO₂ uitstoot van de koeling. De andere factor die bijdraagt aan de broeikasgasemissie is het lek van het koelmiddel. Dit draagt echter maar voor 0.4% bij aan de totale emissie. Het verbruik van energie, elektriciteit, draagt voor 24.9% bij.

Materiaalgebruik

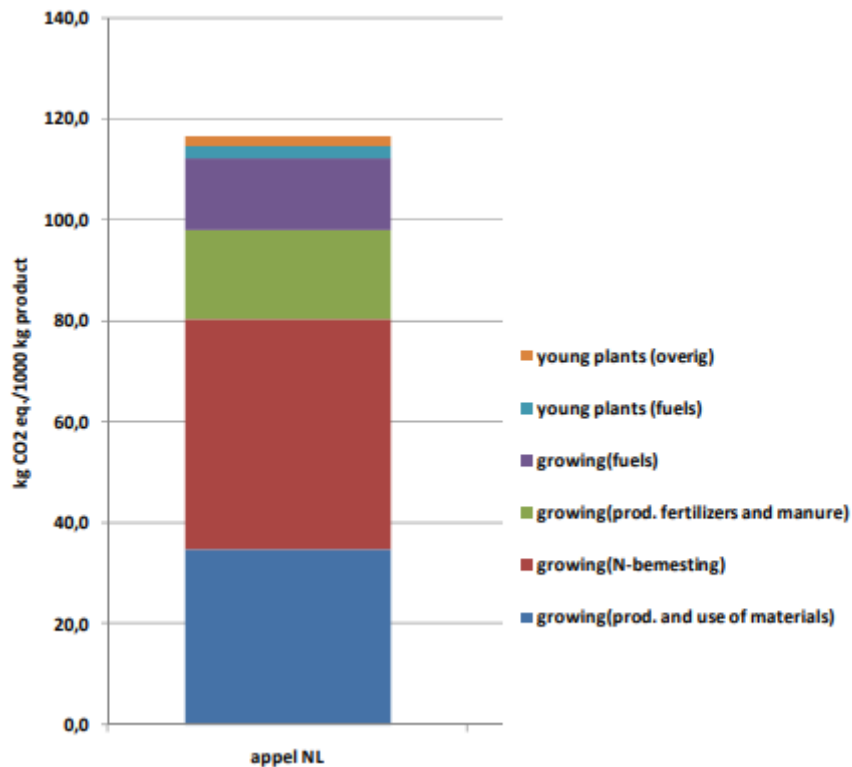
Het gebruik van materialen tijdens de teelt dragen bij voor 18%. De materialen die voor de emissies zorgen zijn: palen, hekwerk, gewasbeschermingsmiddelen en potgrond voor de aanplant.

Het gebruik van potgrond tijdens het planten (eens in de 12 jaar) telt mee voor 7% van de totale broeikasgas emissie. Dit percentage is zo hoog omdat er wordt uitgegaan van een mengsel van turf (veen) en compost. Veen geeft een emissie van 14 kg CO₂ per ton appels, wat er voor zorgt dat deze factor een groot aandeel heeft in de uitstoot.

Naast de potgrond geeft het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen een aanzienlijke bijdrage van 7% aan de emissie. Dit komt omdat er ongeveer 1kg werkzame stof wordt gebruikt per ton geproduceerde appels.

Bemesting

De bemesting in de teelt van Elstar appels draagt voor 23% bij aan de totale productie van de broeikasgassen. Daarbij komt nog de productie van de meststoffen die voor 9% bijdragen, waardoor het aandeel van de bemesting op 32% komt. Er wordt uitgegaan van een bemesting van 170kg zuivere stikstof tijdens de teelt.



Figuur 2, broeikasgasemissie door teelt en opkweek (Kool & Stokkers, 2009)

In figuur 2 is een overzicht weergegeven van kilo's CO₂ equivalenten per 1000 kg appels die vrijgekomen zijn tijdens de teelt. Hieraan is goed te zien dat de 170 kg zuivere stikstof voor het grootste deel bijdraagt aan de uitstoot van CO₂ equivalenten.

CO₂ vastlegging

De bomen leggen tijdens de groei CO₂ vast in het hout en in de vruchten. Dit verlaagt het CO₂ gehalte in de lucht en kan bijdrage aan een CO₂- neutrale fruitteelt. Na een teelt van 12 jaar wordt er ongeveer 30 ton hout gerooid van het perceel. Daarnaast wordt er elk jaar z'n 2.5 ton hout per hectare gesnoeid. Met deze getallen levert een boomgaard 3.75 ton hout gemiddeld per jaar. In één kg droge stof hout zit 0.5 kg CO₂ opgeslagen. Dit geeft een vastlegging van 3.4 ton CO₂ per hectare per jaar. Dit is 92 kg CO₂ per ton appels en is hiermee ongeveer de helft van de totale uitstoot CO₂ bij de productie en het 6 maanden bewaren van 1000 kg appels.

Wat er in het onderzoek aangegeven wordt is dat na de 12 jaar telen, het hout wordt verbrand of als afval wordt verwerkt. Hierdoor komt het CO₂ weer vrij in de lucht en geeft dit geen langdurige opslag van CO₂. Echter als het hout niet wordt verbrandt als afval, maar gebruikt wordt voor het opwekken van energie in een elektriciteitscentrale dan kan er een CO₂ winst zijn van 33 kg CO₂ per ton appels, wat 15 procent van de uitstoot goedmaakt.

1.5 Processen in de fruitboom waarbij CO₂ een rol speelt

In een fruitboom spelen zich verschillende processen af die de boom te laten groeien, blad te maken en fruit te produceren. Bij veel van deze processen worden voedingselementen uit de grond gehaald door de wortels en gebruikt door de boom om te ontwikkelen. De boom haalt niet alleen voedingsstoffen uit de grond, maar door middel van het blad ook uit de lucht. Dit heet fotosynthese. Door middel van fotosynthese zorgt de boom voor energie. Voor fotosynthese zijn er meerdere processen nodig in de boom. Zo moet er water uit de grond komen en worden getransporteerd naar de bladeren. Ook is er koolstofdioxide nodig. Dit gas wordt uit de lucht gehaald door de huidmondjes van het blad. In combinatie met energie van de zon vindt in de bladgroenkorrels van het blad dan fotosynthese plaats. Hierbij wordt water en koolstofdioxide met behulp van zonlicht omgezet in glucose en zuurstof. De geproduceerde zuurstof en de glucose wordt gebruikt als energie voor de boom.

1.5.1 Koolstofreserves

Appelbomen hebben koolstof reserves die gebruikt worden om in het voorjaar de groei te ondersteunen. Onderzoeken naar reserves koolstof in de appelboom laten zien dat deze het grootst is voor de bloei. Een aantal weken na de bloei heeft deze zijn minimum bereikt en het reserve wordt weer aangevuld tot een maximum in het najaar, net voor de bladval.

1.5.2 Fotosynthese van de appelboom

Een appelboom is een C₃-plant. Dit houdt in dat de boom de koolstof opslaat als C₃ moleculen. De snelheid van fotosynthese is op een maximaal niveau kort nadat het blad volledig ontvouwd is, daarna neemt de snelheid af gedurende het seizoen. Als het blad in de schaduw komt, neemt de snelheid sterk af en herstelt dit zich niet meer na nieuwe blootstelling aan het licht. Het voordeel van de fruitboom, ten opzichte van andere C₃-gewassen, is dat het weinig nieuwe bladeren aan maakt gedurende het seizoen. Oudere bladeren eisen minder onderhoudsademhaling dan jonge bladeren, hierdoor heeft de boom minder onderhoudsademhaling nodig en kan deze energie naar andere processen in de boom gaan.

Omdat de boom een overblijvende plant is, leveren de reserves koolstof die in de winter overblijven een substantiële bijdrage aan de snelle ontwikkeling van de kroonbladeren in het voorjaar. Ongeveer 4 weken nadat de knoppen uitgekomen zijn, heeft de boom al 20% van zijn totale bladoppervlak geproduceerd. De ontwikkeling van de krachtigste scheuten kan doorgaan tot de oogst, maar het overgrote deel van het blad is in de zomer volledig ontwikkeld.

Een boomgaard vangt in totaal ongeveer 70% van het totale beschikbare licht op. Dit is relatief laag in vergelijking met andere veldgewassen maar omdat de boomgaard een lang seizoen kent en dus gedurende een lange tijd licht kan onderscheppen geeft dit een mogelijkheid tot een hoge productie aan droge stof. Het moment waarop de boom zijn blad gaat verliezen is afhankelijk van de temperatuur, en niet van het licht. Hierdoor kan de fruitboom in verschillende klimaten tot in het najaar fotosynthese uitvoeren en zo de koolstofreserves aanvullen.

De ademhaling van de boom zorgt voor energie die de groeiprocessen, de onderhoud van het blad, de vruchten en het hout nodig hebben. Van de geleverde energie door de boom gaat het grootste deel naar de groei van het hout, het blad en de wortels. Deze hebben veel energie nodig om lipine, eiwitten en lignine te maken. De vruchten in de boom nemen niet zoveel energie in beslag doordat er geen verbindingen worden aangemaakt die veel energie kosten. De bouwkosten voor suikers, polysachariden zoals zetmeel en andere organische zuren zijn lager in vergelijking met de productie

van lignine door het hout. De meest actieve groei komt dus in de lente voor als er nieuwe scheuten, wortels, bladeren en vruchten groeien. Als de ontwikkeling van het bladoppervlak stopt en de vruchten de celdeling voltooien en de cel uitbreiding beginnen nemen de specifieke ademhalingskosten af. Een andere reden dat de ademhalingsnelheid afneemt is dat er gedurende het seizoen meer bladoppervlak aanwezig is dat voor relatief minder energie hoeft te zorgen. (Ebert & Lenz, 1991)

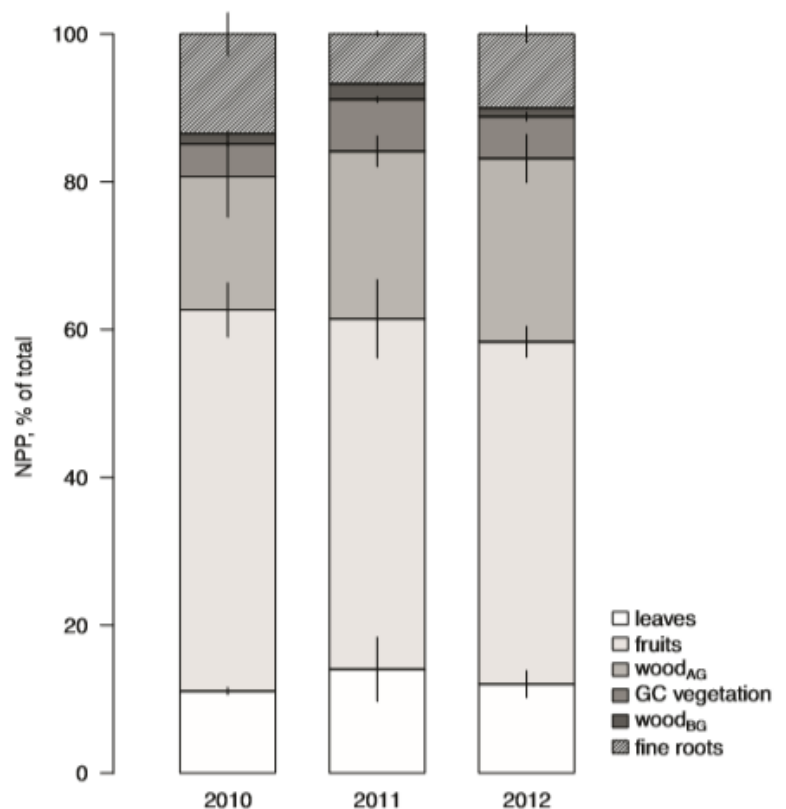
1.5.3 Wortelademhaling.

Over het gebruik van koolstof voor de groei en ademhaling van de wortels van de boom is het minst bekend. Er is een onderzoek geweest naar de ademhaling van het wortelsysteem van een jonge appelboom. (Heinicke & Childers, 1937) Hierbij werd een schatting gemaakt van het verbruik van CO₂ in de wortels. Deze schatting was dat elke gram wortel, ongeveer 5-6 µmol CO₂ per dag gebruikt als de temperatuur 20°C is. Dit verbruik is laag als het vergeleken wordt met andere gewassen. Chaffer en Andersen ontdekte dat de ademhalingsnelheden daalden door schaduw en lage stikstoftoevoer, maar schatte dat het wortelsysteem van een appel zijn eigen gewicht in koolstof kan vastleggen in 70-150 dagen bij 20°C (Chaffer & Andersen, 1994). Ebert en Lenz berekende dat de ademhaling van de wortels wordt verminderd door het aanwezige fruit met ongeveer 50%. (Ebert & Lenz, 1991) Er is te weinig gepubliceerd over de ademhaling in de wortels van appelbomen. Hierdoor is het nog niet mogelijk om een betrouwbare schatting te doen over het eventueel vastleggen van koolstof door de wortels. Daarbij komt dat er bij de teelt van appels verschillende onderstammen worden gebruikt met ieder zijn eigen wortelsysteem.

1.5.4 Verdeling van de koolstof

De verschillende processen die zich in de boom plaatsvinden gebruiken niet evenveel energie. Bron heeft onderzocht in welke delen van de plant de koolstof werd verdeeld. Dit is weergegeven in figuur 3

In deze figuur is te zien dat de verdeling van de koolstof tijdens de drie verschillende jaren ongeveer gelijk is. Zo neemt fruit het grootste deel van de gewonnen koolstof op. De opname van CO₂ door de fijne wortels is meer variabel. Zo is dit in 2011 de helft van de waarde dan in 2010. Dit is hoogst waarschijnlijk te wijten aan een droog of nat seizoen. In een droog seizoen moet de boom een groter wortelgestel aanleggen om het beschikbare water te bereiken.



Figuur 3, verdeling van de koolstof in de boom met Leaves (bladeren), Fruits (fruit), Wood_{AG} (bovengrondse hout), GC vegetation (vegetatie in de rij zoals gras), Wood_{BG} (ondergrondse hout dus de grove wortels) en Fine roots (fijne wortels) (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015)

1.6 Hoofd- en deelvragen

De hoofdvraag van deze scriptie is: **Hoe kan er een rekentool worden opgesteld om per fruitteeltbedrijf de CO₂-balans op te stellen?** Hierbij worden verschillende variabelen die per fruitteeltbedrijf kunnen verschillen vergeleken. In het vooronderzoek is de nadruk gelegd op het vastleggen van CO₂ door de boomgaard. Omdat er te weinig betrouwbare gegevens zijn over de CO₂ opname in verschillende plantsystemen zal dit geen invloed hebben en zal er een met een standaard worden gerekend.

De uitstoot van CO₂ in een fruitteeltbedrijf is van meerdere factoren afhankelijk. Voor een bedrijf moet er een koers gekozen worden waarbij het financieel haalbaar is om fruit te telen. Deze koers wordt logischerwijs beoordeeld op financieel vlak, maar met meer kennis zal de uitstoot van CO₂ ook meegenomen kunnen worden in deze beslissingen. Met de rekentool zouden bedrijven daarnaast een eigen CO₂-balans kunnen opstellen. Waarmee, indien positief, reclame gemaakt kan worden voor duurzame producten. De tool kan ook een bijdrage leveren om financiële gevolgen uit te rekenen bij een invoering van een CO₂-taks voor bedrijven. Als deze taks wordt ingevoerd gaat de industrie (en mogelijk ook de landbouw) betalen per ton CO₂ die ze uitstoten. (Van Santen & Van Der Walle, 2019)

De Europese Unie, en daarmee ook Nederland, stelt steeds meer eisen aan de industrie over de uitstoot van CO₂. Als deze ontwikkeling doorzet bestaat de kans dat niet alleen de industrie, maar ook de landbouw zich moeten verantwoorden over de uitstoot van koolstofdioxide. Om dit voor te zijn is het belangrijk om op tijd in kaart te brengen welke processen van de fruitteelt veel CO₂ uitstoot veroorzaken en bedrijven zich hiervan bewust maken. Voor de keuze van het bedrijf bij de bedrijfsinrichting kan dan beoordeeld worden of dit duurzaam is en hierbij toekomstbestendig is.

Het beoordelen van een bedrijf op uitstoot van CO₂ is van vele variabelen afhankelijk. Daarom zijn de volgende deelvragen opgesteld. Als deze deelvragen beantwoord zijn is het mogelijk een berekening te maken van de CO₂ balans van een fruitteeltbedrijf.

De deelvragen zijn als volgt:

- Hoeveel CO₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?
- Wat is de CO₂ uitstoot van het transport dat er nodig is van de boomgaard naar de distributeur?
- Wat is de CO₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?
- Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO₂ balans van een fruitteeltbedrijf?
- Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?
- Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO₂ uitstoot hiervan?

Als bovenstaande deelvragen zijn onderzocht kan de hoofdvraag beantwoord worden en zal er een rekentool opgesteld kunnen worden met de CO₂ uitstoot van de fruitteelt sector.

Hoofdstuk 2: Aanpak

In dit hoofdstuk staat wordt de aanpak van de scriptie beschreven. Per deelvraag wordt er aangegeven welke informatie er verzameld wordt, op welke manier en de betrouwbaarheid van deze gegevens. Daarnaast wordt beschreven hoe deze informatie verwerkt wordt om het uiteindelijke doel van het beantwoorden van de hoofdvraag te bewerkstelligen.

2.1 Hoeveel CO₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?

Om deze deelvraag te beantwoorden was er informatie nodig over: de CO₂ die wordt opgeslagen in de boom, hoeveel er wordt opgeslagen in de organische stof, hoeveel er wordt opgeslagen in de vruchten en hoeveel CO₂ er wordt vastgelegd door de grasbanen tussen de bomen. Deze informatie is verzameld door middel van de onderzoeken: Net ecosystem carbon balance of an apple orchard (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015) en het onderzoek Measurement and Modeling of Carbon Balance of the Apple Tree (Lakso, Wünsche, Palmer, & Corelli Grappadelli, 1999).

Het vastleggen van koolstof door het groeien van de bomen is berekend aan de hand van informatie uit de bron: (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015) omdat gegevens over een Nederlandse boomgaard niet beschikbaar zijn.

Daarnaast is er een berekening gemaakt met de hoeveelheid koolstof die in de vruchten zit. Dit is gebeurt door de hoeveelheid koolstof in een vrucht te berekenen, aan de hand van het suikerpercentage. Nadat dit bekend was is er gekeken naar de totale oogst en hoeveel CO₂ er dus jaarlijks weggevangen wordt door de groei van de vruchten.

De verzamelde gegevens zijn geanalyseerd op betrouwbaarheid en overzichtelijk beschreven worden. De kwaliteit van de gegevens is beoordeeld door een sectorspecialist.

2.2 Wat is de CO₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?

Voor het beantwoorden van deze deelvraag waren gegevens over het transport naar de distributeur nodig. De eerste factor die hier een rol in speelt is de transportafstand. De transport afstand verschilt per bedrijf en is een gemiddelde geworden. Dit gemiddelde is afkomstig van de bron: (Kool & Stokkers, 2009). Een bedrijf kan dit vertalen naar een eigen situatie.

Om de uitstoot per kilometer te berekenen werd de bron STREAM Goederenvervoer 2016 gebruikt. dit is een onderzoek van CE Delft waarbij er emissies van modaliteiten in het goederenvervoer worden weergegeven. Uit deze bron is de gemiddelde uitstoot van CO₂ van het goederenvervoer via de vrachtwagen gehaald.

Er is met een gemiddelde van uitstoot gerekend omdat ieder merk en model vrachtwagen een andere uitstoot heeft. Ook kan de oplegger verschillen qua gewicht en aerodynamica, wat het brandstofverbruik verandert. De gegevens zijn daardoor uit een onderzoek gehaald wat gaat over de uitstoot van verschillende soorten van goederenvervoer.

2.3 Wat is de CO₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?

Om deze deelvraag te beantwoorden speelt het diesilverbruik van het bedrijf een grote rol. Deze diesel wordt gebruikt in trekkers, hoogwerkers en andere machines. Omdat het overgrote deel van de fruitbedrijven een eigen dieseltank heeft, is het jaarlijkse verbruik van diesel bekend. Het maakt voor de uitstoot van CO₂ geen verschil aan welke emissie eisen het voertuig voldoet.

Om deze deelvraag te beantwoorden is er een berekening gemaakt waardoor de hoeveelheid koolstof die geproduceerd wordt uit diesel als resultaat kwam. Dit is vergeleken met de literatuur: (Milieucentraal, z.d.) en (Shell, z.d.)

Nadat het verbruik in liters diesel en de uitstoot van CO₂ per liter bekend waren, werd dit overzichtelijk verwerkt in de rekentool en zal de teler de uitstoot van CO₂ door het gebruik van machines kunnen berekenen.

2.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO₂ balans van een fruitteeltbedrijf?

Het verschil in CO₂ uitstoot van de mest in de boomgaard heeft significante impact op de totale uitstoot van de teler. De reden hiervoor is dat zowel bij de productie van kunstmest als dat van dierlijke mest veel CO₂ vrijkomt. Voor het verzamelen van gegevens over kunstmest is de bron inventarisatie klimaatvriendelijke kunstmest (De Haas & Van Dijk, 2010) gebruikt. De gegevens over dierlijke mest, compost en de kunstmest Kali 60 zijn gehaald uit de bron (Dekker, Stilma, Van Geel, & Kool, Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw, 2009) worden gehaald.

De verschillende strategieën zijn tegen elkaar worden weggezet en zo is duidelijk geworden welke methode van bemesting zorgt voor de minste uitstoot van CO₂. Om de berekening te maken over de gemiddelde uitstoot van een Nederlands fruitteelt bedrijf zijn de gegevens gebruikt worden uit het algemene advies van Fruitconsult, een onafhankelijke adviesorganisatie van de fruitteelt.

2.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?

Bij het beantwoorden van deze vraag spelen twee factoren een rol in de uitstoot van CO₂. Ten eerste zorgt het gebruik van elektriciteit voor een groot deel van de emissie. Deze wordt niet alleen bepaald door de bewaarduur, maar ook door de COP (Coëfficiënt of performance) van het koelsysteem. Afhankelijk van de stroom die gebruikt wordt, groene of grijze stroom, is hier een CO₂ uitstoot aan gekoppeld. Een andere factor die bij het koelproces een bijdragen kan maken aan de uitstoot is het gebruik van koudemiddelen. Omdat gegevens over efficiëntie van deze koudemiddelen schaars zijn is het gemiddelde energieverbruik bij het koelen onderzocht. Telers die zelf koelen, kunnen hun eigen stroomverbruik achterhalen en invullen in het rekenmodel.

Het verbruik van energie zal worden berekend aan de hand van de bron (van de Geijn & Montsma, Energiebesparing fruitteelt, z.d.). Deze gegevens worden beoordeeld door een sectorspecialist.

De resultaten die verzameld zijn, zijn verwerkt tot een overzicht waarbij het aantal maanden van bewaring en het verschil tussen groene en grijze stroom is opgenomen. De data wordt beoordeeld op betrouwbaarheid en er is een standaard gekozen waarmee de gemiddelde CO₂ balans van de Nederlandse fruitteelt wordt uitgerekend.

2.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO₂ uitstoot hiervan?

Bij het beantwoorden van deze deelvraag is een schatting gemaakt over het stroomverbruik op fruitteeltbedrijven. De schatting is echter niet van grootte waarde omdat het stroomverbruik sterk afhankelijk is van de bedrijfsinrichting en de activiteiten die plaatsvinden op het bedrijf. De schatting die gemaakt is, is afkomstig van de bron (van de Geijn & Montsma, Energie besparen in de bewaring kan simpel, 2010), waarbij koeling buiten beschouwing wordt gelaten.

De invloed van het stroomverbruik op de CO₂ uitstoot is groter. Dit is ten eerste afhankelijk van de hoeveelheid stroom die verbruikt wordt. Daarnaast is de soort stroom die gebruikt wordt belangrijk. In het antwoord op deze deelvraag komt een overzicht waarbij de verschillende soorten stroom, zoals grijze stroom, wind energie en zonne-energie, met de uitstoot van CO₂ die hier gerelateerd aan is. (Milieucentraal, z.d.)

De gegevens zijn in de rekentool verwerkt waarbij de teler zijn energieverbruik en soort stroom kan invullen. De totale uitstoot door energieverbruik wordt dan duidelijk.

2.7 Hoe kan er een rekentool worden opgesteld om per fruitteeltbedrijf de CO₂ balans op te stellen?

Nadat de deelvragen beantwoord waren, is tenslotte de hoofdvraag beantwoord. De informatie uit de deelvragen is in een Excel-sheet verwerkt waarbij telers kenmerken van hun bedrijf, zoals aantal hectare, transport afstand, informatie over koeling enz. kunnen invoeren. Aan de hand van deze gegevens wordt er een uitstoot van CO₂ aan gekoppeld. Het product is een rekentool voor bedrijven om een eigen uitstoot van CO₂ te berekenen voor het geteelde fruit. Naast de rekentool is er weergegeven welke standaardwaarden gekozen kunnen worden als er gegevens niet bekend zijn bij de teler.

Hoofdstuk 3: Resultaten

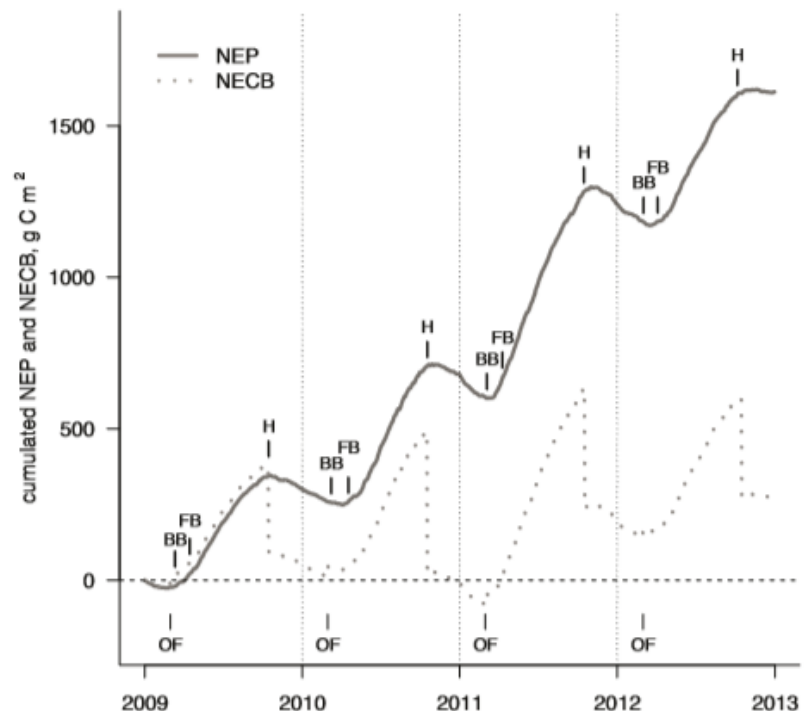
In dit hoofdstuk worden per deelvraag de resultaten beschreven. Elke deelvraag heeft een eigen paragraaf waarin de uitkomst van het onderzoek wordt weergegeven.

3.1 Hoeveel CO₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?

De opslag van koolstof in de boomgaard vind plaats op verschillende manieren. Zoals in het onderzoek (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015) wordt weergegeven.

3.1.1 De koolstof fluctuatie

De boomgaard slaat de koolstof op van knopzetting in de lente, tot kort na de oogst. Daarna diende de boomgaard als een bron voor koolstof. De koolstof die de boomgaard toetrad in de vorm van mest is elk jaar ongeveer gelijk, terwijl de grootte van de oogst verschilde. Hierdoor is de balans afhankelijk van de hoeveelheid vruchten die geëxporteerd worden uit de boomgaard. In figuur 4 is de balans te zien van de koolstofopslag die gemeten vier jaren.



Weergegeven in figuur 4 is de cumulatieve opslag van koolstof per vierkante meter in de boomgaard, gemeten over vier jaren. Er is duidelijk te zien dat er koolstof wordt opgeslagen in de tijd na het

openbarsten van de knoppen totdat de vruchten geoogst worden. Er is dan een daling te zien waarbij de netto balans ongeveer terugkomt op de beginwaarde van het teeltseizoen. In de jaren 2009, 2011 en 2012 was de balans echter positief met een waardes van respectievelijk 50, 198 en 82 g C per m². In 2010 was dit negatief met -55 g C per m² omdat de oogst buitengewoon hoog was (74 ton per hectare) waardoor de boom minder vegetatieve groei vertoonde. Dit maakt een gemiddelde van 69 gram koolstof wat ieder jaar vastgelegd wordt per vierkante meter boomgaard.

Het grootste deel van de vastgelegde koolstof komt door de productie van biomassa van de boomgaard (96 %). De overige 4% werd aangevoerd door organische mest. Tijdens de oogst wordt 44% van de koolstof uit de boomgaard geëxporteerd in de vorm van vruchten. De overgebleven biomassa (het blad, gevallen vruchten, snoeihout, wortels en het gemaaid gras) bleef in de boomgaard en word in de afvalcyclus opgenomen van de grond. (Hierbij komt ook CO₂ vrij).

Figuur 4, Het cumulatief vastleggen of loslaten van koolstof (NEP) over de 4 gemeten jaren en de cumulatieve balans van koolstof van de boomgaard (NECB). BB staat voor het opengaan van de knoppen, FB staat voor volle bloei, H staat voor oogstmoment en OF staat voor het toepassen van organische mest. (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015)

Dit onderzoek geeft dus aan dat de volgende hoeveelheden worden opgeslagen:

Tabel 2, aantal grammen vastgelegde koolstof (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015)

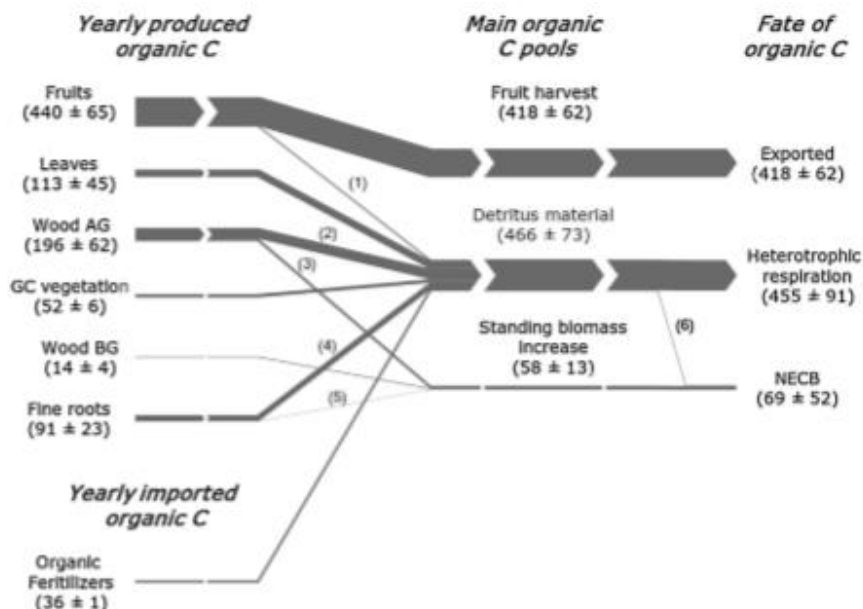
	Gram koolstof	
Jaar	Per m ²	Per hectare
2009	50	500.000
2010	-55	-550.000
2011	198	1.980.000
2012	82	820.000
Totaal	275	2.750.000

Totaal wordt er over 4 jaar dus 2750 kg koolstof opgeslagen op een hectare grond, wat te zien is in tabel 2. Deze opslag is voor een termijn van ten minste 12 jaar en wordt opgeslagen in het hout en organische stof.

3.1.2 De balans

In dit hoofdstuk wordt de uiteindelijke balans van het onderzoek: Net ecosystem carbon balance of an apple orchard (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015) weergegeven. Deze gegevens zijn verkregen uit een appelboomgaard in Tirol, Italië. Dit is het gemiddelde schema van de gegevens over 4 jaar.

In figuur 5 is het samenvattende schema over de koolstofstromen in de boomgaard weergegeven. De pijlen geven de stromen van de koolstof aan. De waardes zijn in grammen koolstof per jaar. De gebruikte begrippen zijn verklaard in bijlage 1



Figuur 5, De balans van koolstof in de boomgaard (Zanotelli, Montagnani, Manca, Scandellari, & Tagliavini, 2015)

De koolstof komt dus op verschillende manieren de boomgaard in, wordt opgeslagen en wordt grotendeels weer geëxporteerd door de boomgaard. Jaarlijks legt de boomgaard ± 906 gram koolstof vast per m^2 . Hierbij komt nog ± 36 gram wat wordt geïmporteerd door meststoffen. Deze ± 942 gram wordt vervolgens verdeeld over het fruit, afvalmateriaal en de groei van de bomen. Het grootste deel van de vastgelegde koolstof wordt afvalmateriaal ± 466 gram, waarvan ± 455 gram weer vrijkomt in de lucht door ademhaling. ± 418 gram van de vastgelegde koolstof komt in het fruit te zitten. Dit fruit wordt uit de boomgaard geëxporteerd tijdens door het oogsten. De groei van de bomen (± 58 gram) en een deel van het afvalmateriaal (± 11 gram) blijft over en vormt de netto balans van het vastgelegde koolstof in de boomgaard.

De balans van figuur 5 geldt voor de situatie in Zuid-Tirol, Italië. Deze balans wordt als basis genomen voor het beantwoorden van deze deelvraag. De teeltsituatie in Nederland is te vergelijken met deze uit Italië.

Het resultaat wat meegenomen wordt uit dit onderzoek is de groei van de biomassa en de organische stof die in de bodem komt. Dit is 69 gram koolstof per m^2 per jaar. In kg per hectare is dit 580 kg C. Als er 690 kg koolstof vastgelegd wordt, betekent dit dat er 2528 kg CO_2 uit de lucht is gehaald.

3.1.2 Het koolstofgehalte in vruchten

Het koolstofgehalte in de vrucht kan worden berekend via het suikerpercentage. Het suikerpercentage geeft aan hoeveel suiker ($C_6H_{12}O_6$) er in de vrucht zit.

Door het aantal C-atomen te berekenen kan ook het CO_2 -gehalte berekend worden. Dit geldt voor zowel appels als peren. Van deze berekening is hieronder een voorbeeld weergegeven:

De Brix (suikerpercentage) van een appel is gemiddeld 14%, wat inhoudt dat 14% van het gewicht van de appel uit suiker bestaat.

Berekening CO_2 in de vrucht aan de hand van het suikerpercentage:

Een gemiddelde boomgaard heeft een appeloogst van 60 ton appels. De appels hebben een suikerpercentage van 14%, wat betekent dat er 8,4 ton suiker geoogst wordt.

Suiker heeft de molecuulformule $C_6H_{12}O_6$ en heeft een mol massa van 180,156 gr/mol

Tabel 3, molaire massa's van suiker

Molecuul	Mol massa
C6	72,06
H12	12,096
O6	96
Totaal	180,156

- Elke 180 gram suiker bevat dus 72,06 gram koolstof.
- $(8400/0,180156) \cdot 0,07206 = 3359,888$ kg Koolstof
- $3359,888/0,01201 = 279757,5$
- Dit betekent dat er 279757,5 deeltjes koolstof aanwezig zijn
- Voor elk deeltje koolstof zijn er 2 deeltjes water (O_2), dat een molaire massa heeft van 16 gram.
- $279757,5 \cdot 0,032 = 8952,241$ kg O_2 .
- De koolstof en de zuurstof bij elkaar is dus goed voor $3359,888 + 8952,241 = 12312,13$ kg CO_2
- Er wordt dus bij een Brix van 14 en een oogst van 60 ton ongeveer 12,3 ton CO_2 in de vruchten vastgelegd.

Deze berekening wordt ingevuld in de rekentool op een manier dat de teler het suikerpercentage en de geoogste tonnen invult. Dit gebeurt voor alle rassen die de teler heeft en zo komt het aantal kilo's CO_2 naar voren die de boomgaard jaarlijks opslaat in de vruchten.

3.2 Wat is de CO₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?

Om de CO₂ uitstoot te berekenen van het transport zijn er drie variabelen die hieronder worden uitgewerkt.

3.2.1 Transportafstand

Met de transportafstand wordt de afstand weergegeven van de teler naar de opslaglocatie en van de opslag locatie naar het verpakkingscentrum (distributeur). Deze afstand verschilt per teler en zal een variabele waarde blijven in het rekenmodel, om dit later bedrijfsspecifiek in te vullen.

3.2.2 Uitstoot

De uitstoot van vrachtwagens verschilt per vrachtwagen. Er is daarnaast een middel als Adblue dat de uitstoot van vrachtwagens vermindert. Omdat dit getal per vrachtwagen verschilt zal er een standaardwaarde gebruikt worden voor de uitstoot per afgelegde kilometer. Deze standaardwaarden komt van een lijst STREAM goederenvervoer 2016. (Otten, 't Hoen, & den Boer, 2017)

Tabel 4, emissiefactoren wegvervoer zwaar transport (Otten, 't Hoen, & den Boer, 2017)

Voertuigtype	Laad capaciteit ton	2014									
		TTW-emissies (g/tkm)						WTW-emissies (g/tkm)			
		MJ/tkm	CO ₂ -eq	SO ₂	PM _v	NO _x	PM _d	CO ₂ -eq	SO ₂	PM _v	NO _x
Trekker-oplegger Zwaar											
Gemiddeld	29,2	0,9	64	0,0004	0,003	0,3	0,004	82	0,1	0,007	0,3
Stad	29,2	1,8	133	0,001	0,007	0,7	0,01	171	0,2	0,014	0,8
Buiten	29,2	1,1	83	0,0005	0,004	0,4	0,004	107	0,1	0,008	0,4
Snelweg	29,2	0,8	58	0,0004	0,003	0,3	0,004	74	0,1	0,006	0,3

In tabel 4 zijn de emissiefactoren te zien van zwaar transport. Er zijn twee soorten gegevens te zien in de tabel: de TTW (Tank-to-wheel) en de WTW (Well-to-wheel) emissie. TTW zijn de directe emissies van de activiteit, dus het transport. WTW houdt de emissie in de voorketen van de activiteit in, plus de directe emissie van de activiteit.

Voor het rekenmodel wordt TTW meegenomen omdat dit de emissie is die door het fruitbedrijf veroorzaakt wordt.

De getallen over de emissie zijn weergegeven in g/tkm (gram per tonkilometer) dit is het vervoer van 1000 kg product over 1 kilometer. In het rekenmodel zal het aantal kilometers ingevuld worden, met het gewicht dat vervoerd moet worden. De uitstoot van CO₂-equivalenten wordt gebruikt van 64 gram per tonkilometer.

3.3 Wat is de CO₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?

Deze deelvraag wordt beantwoord door het diesilverbruik rechtstreeks toe te rekenen aan CO₂ emissie. Dus het totale verbruik vermenigvuldigen met de uitstoot per liter diesel. Dit is de meest betrouwbare methode omdat fruitteeltbedrijven een eigen dieseltank hebben. Waardoor het gebruik van het aantal liter diesel rechtstreeks gekoppeld kan worden aan de CO₂ uitstoot van het bedrijf.

Een voertuig dat zuiniger rijdt, geeft minder uitstoot omdat er minder liters diesel gebruikt worden. Het is dus niet zo dat een trekker met hogere eisen aan de emissie, minder CO₂ uitstoot heeft per liter diesel.

Om dus de uitstoot van het bedrijf op de meest nauwkeurige manier te berekenen wordt het verbruik in liters diesel omgerekend naar de uitstoot in CO₂. (Otten, 't Hoen, & den Boer, 2017)

De berekening gaat als volgt:

- 1 liter diesel weegt in Europa 0.832 kg
- Ongeveer 86,1% van diesel is koolstof,
- Dit betekent dat 1 liter diesel 0,716 kg koolstof bevat.
- Koolstof heeft het atoomgewicht van 12. Hier worden twee zuurstofatomen met een atoomgewicht van 32, waardoor het totaalgewicht van een CO₂ atoom op 44 komt.
- $0,716 * 44 / 12 = 2.63$ kg
- Elke liter diesel produceert dus 2.63 kg CO₂.

Deze berekening wordt bevestigd door: (Milieucentraal, z.d.) en Shell (Shell, z.d.)

In het rekenmodel wordt er dus de volgende berekening gemaakt: Aantal liters verbruikt * 2,63 = het aantal kilo's CO₂ dat wordt geproduceerd door het diesilverbruik van de machines.

Een gemiddelde aantal liters wat verbruikt wordt op een fruitteeltbedrijf wordt genomen uit de bron: Energiebesparing op het agrarisch bedrijf (Kamp, van Reeuwijk, Schoorl, & Montsma, 2010) gebruikt. In tabel 5 is te zien dat het verbruik bij een hectare appels gemiddeld op 346 liter uit komt en bij peren 298 liter. Bij deze gemiddelden wordt er op een hectare appels $346 * 2,63 = 910$ kg CO₂ uitgestoten, bij peren is die $298 * 2,63 = 784$ kg CO₂

		Naoogst							
		teelt		drogen/bewaring		overig		totaal (GJ)	
gewas/ ton per ha	drager	l of kWh	GJ	l of kWh	GJ	l of kWh	GJ	per ha	per ton
appel	diesel (l)	346	12,28		0,00		0,00		
	40 electriciteit (kWh)		0	2926	26,33	676	6,08		
	energie tot.(GJ)		12,28		26,33		6,08	44,7	1,1
	energie %		27		59		14		
peer	diesel (l)	298	10,58		0,00		0,00		
	32 electriciteit (kWh)		0	1973	17,76	541	4,87		
	energie tot.(MJ)		10,58		17,76		4,87	33,2	1,0
	energie %		32		53		15		

Tabel 5, energieverbruik in de fruitteelt (Kamp, van Reeuwijk, Schoorl, & Montsma, 2010)

3.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO₂ balans van een fruitteeltbedrijf?

Bij het beantwoorden van deze deelvraag wordt gebruikt gemaakt van gemiddelde om een algemeen beeld te creëren van het verschil in uitstoot van CO₂ equivalenten tussen verschillende manieren van bemesten.

3.4.1 Kunstmest

In de fruitteelt wordt veelal gebruikt gemaakt van drie soorten kunstmest: stikstof fosfaat en kali kunstmest. De uitstoot bij de productie van kunstmest is uitgedrukt in CO₂ equivalenten per 1000Kg zuiver product. (De Haas & Van Dijk, 2010)

Stikstof

Bij de productie van een ton zuivere stikstof als kunstmest wordt er tussen de 2,3 en 2,9 ton CO₂ equivalenten uitgestoten. De speling van 0,6 ton CO₂ is te wijten van de productielocatie van de kunstmest. Voor de berekening wordt het gemiddelde van 2,6 ton CO₂ equivalenten gebruikt. Per kg stikstof komt dus 2.6 kg CO₂ vrij. De geadviseerde hoeveelheid stikstof in de fruitteelt is 80-100 kg per hectare bij appels, en 150 kg bij peren.

Kali

Kali wordt toegediend in de vorm van kali-60 kunstmest. Kali 60 heeft een milieubelasting van 353 kg CO₂-equivalenten per ton product. Geadviseerd wordt om appels 100-120 kg zuivere kali per hectare te geven, bij peren is die 150 kg. In kali 60 zit 60% zuivere kali, waardoor de gift bij appels 167-200 kg kali 60 per hectare is, en bij peren 250 kg per hectare

Fosfaat

Er wordt niet geadviseerd om fosfaat te geven via kunstmest, maar door dierlijke mest of organisch materiaal. De hoeveelheid die de boomgaard nodig heeft om optimaal te kunnen presteren is 50 kg P₂O₅.

3.4.2 Drijfmest

Drijfmest van koeien wordt in de fruitteelt gebruikt voor op de zwartstrook en voor grasbaanverbetering. Per ton drijfmest wordt er 56Kg CO₂ equivalent uitgestoten. (Dekker, Stilma, Van Geel, & Kool, Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw, 2009). Over de gift van runderdrijfmest is geen eenduidig advies en zal per teler verschillen.

3.4.3 Compost/Champost

Voor de fruitteelt wordt 20 ton compost of champost per hectare per jaar geadviseerd. Het gebruik hiervan varieert sterk per bedrijf. Bij het planten wordt er 30 ton compost per hectare gebruikt. De uitstoot van CO₂ equivalenten bij de productie van compost is 113 kg per ton. Voor champost is dit niet bekend.

Bovenstaande gegevens zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 6.

Tabel 6, Overzicht van de soorten mest met de uitstoot van CO₂ in de fruitteelt. ¹De geadviseerde waarde is de totale stikstof gift, dus inclusief organische mest inclusief organische mest. ² Fosfaat wordt niet geadviseerd om via kunstmest toe te dienen. ³Over het gebruik van runderdrijfmest is geen eenduidig advies bekend.

soort mest	Appel/peer	Geadviseerde gift in Kg per hectare	Kg CO ₂ uitstoot per Ton product	Uitstoot CO ₂ per hectare	Bron
Zuivere stikstof in kunstmest	Appel	80-100 ¹	2600	208-260	(De Haas & Van Dijk, 2010)
	Peer	150 ¹		250	
Zuivere fosfaat in kunstmest	Appel	50 ²	1300	-	(De Haas & Van Dijk, 2010)
	Peer	50 ²		-	
Kali 60 (60% K ₂ O per kg)	Appel	100-120	153	26-31	(Dekker, Stilma, Van Geel, & Kool, Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw, 2009)
	Peer	150		38	
Runderdrijfmest	Appel	³	56	-	(Dekker, Stilma, Van Geel, & Kool, Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw, 2009)
	Peer	³		-	
GFT-Compost	Appel	20.000	113	2260	(Dekker, Stilma, Van Geel, & Kool, Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw, 2009)
	Peer	20.000		2260	
Champost	Appel	20.000	N.B.	-	
	Peer	20.000		-	

3.4.4 Het verschil tussen kunstmest en dierlijke mest

Om het vergelijk te maken tussen kunstmest en dierlijke mest wordt er gekeken naar de stikstof omdat fosfaat in de boomgaard veelal gegeven wordt via organisch materiaal. Om aan de stikstof behoefte (100kg) van één hectare appels te voldoen, wordt er 260 kg CO₂ uitgestoten (tabel 6). Om dit aan deze gift te voldoen met rundveedrijfmest (gier) wordt er 25 ton drijfmest uitgereden (4 kg stikstof per ton. Tabel 7). Met een uitstoot van 56 kg CO₂ per ton drijfmest wordt er 1400 kg CO₂ uitgestoten om aan de stikstofbehoefte te voldoen.

Bij peren wordt er 150 kg stikstof toegediend, wat met gebruik van kunstmest een CO₂ uitstoot heeft van 250 kg CO₂ per hectare. Om aan dezelfde gift te komen met runderdrijfmest wordt er 37,5 ton runderdrijfmest uitgereden, wat een uitstoot heeft van 2100 kg CO₂ per hectare.

Tabel 7, gehalten stikstof en fosfaat in dierlijke mest (Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest, 2019)

Rundvee	Vaste mest	10	6,4	3,2
	Filtraat na mestscheiding	11	4,0	1,3
	Gier	12	4,0	0,2
	Koek na mestscheiding	13	16,9	9,8
	Drijfmest behalve van vleeskalveren	14	4,0	1,5
	Bewerkte kalvergier	17	4,2	5,0
	Vleeskalveren, witvlees	18	3,2	1,2
	Vleeskalveren, rosésvlees	19	5,5	2,2

3.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?

Bij het beantwoorden van deze vraag wordt onderzoek gedaan naar hoeveel energie gebruikt wordt voor het koelen van fruit. Doorgaans is dit 70 tot 90% van het totale energieverbruik op het bedrijf. (van de Geijn & Montsma, Energiebesparing fruitteelt, z.d.) De koelsystemen die gebruikt worden zijn divers en daarbij zijn er ook vele soorten koudemiddelen, met elk een eigen efficiëntie.

Telers die hun eigen fruit opslaan kunnen het energieverbruik uit de boekhouding halen en zo de totale energie die gebruikt wordt om één kilo fruit te koelen terugrekenen. Voor telers waarbij het fruit bij derden wordt gekoeld kan dit niet, gegevens over het energieverbruik van koelhuizen worden over het algemeen niet gedeeld.

Daarom wordt er in dit onderzoek gekeken naar het gemiddelde energieverbruik van koelinstallaties in Nederland. Met dit gegeven kunnen telers zonder koeling een schatting maken van de CO₂ uitstoot.

Figuur 6 geeft een overzicht van 18 verschillende bedrijven waar fruit gekoeld wordt, en hun verbruik aan energie om één ton fruit een dag te koelen. Wat duidelijk wordt uit het figuur is dat er veel verschil zit in de duurzaamheid van de opslag.

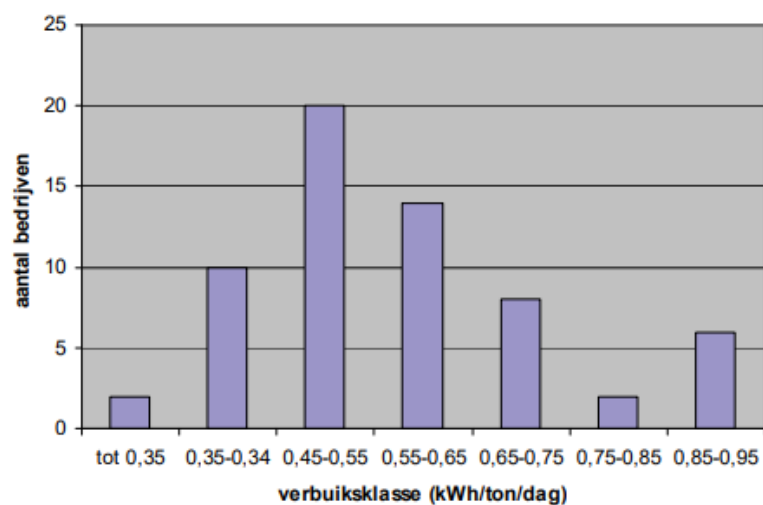
In dit artikel is een norm vastgesteld van 0,5 KWh/ton/dag. Als de koeling dit verbruik niet haalt, is er verbetering nodig om het verbruik terug te dringen.



Figuur 4, Energieverbruik van verschillende bewaarders (van de Geijn & Montsma, Energie besparen in de bewaring kan simpel, 2010)

Het verbruik per tonnage fruit is afhankelijk van een aantal variabele. De belangrijkste is de tijd in het jaar. Bij de inkoelfase wordt ongeveer 2 keer meer energieverbruik geregistreerd dan tijdens de bewaarfase. In deze fase hangt het verbruik af van hoe energiezuinig de koelinstallatie is.

In figuur 7 is de verdeling van bedrijven in verbruiksklassen te zien. Ook uit dit figuur blijkt dat het standaard verbruik van koelbedrijven rond de 0,5 KWh/ton/dag zit.



Figuur 5, Het aantal bedrijven en verbruiksklassen bij het koelen van fruit (van de Geijn & Montsma, Energiebesparing fruitteelt, z.d.)

Het standaard verbruik wat in het rekenmodel wordt toegepast 0,5 KWh/ton/dag zal worden.

3.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO₂ uitstoot hiervan?

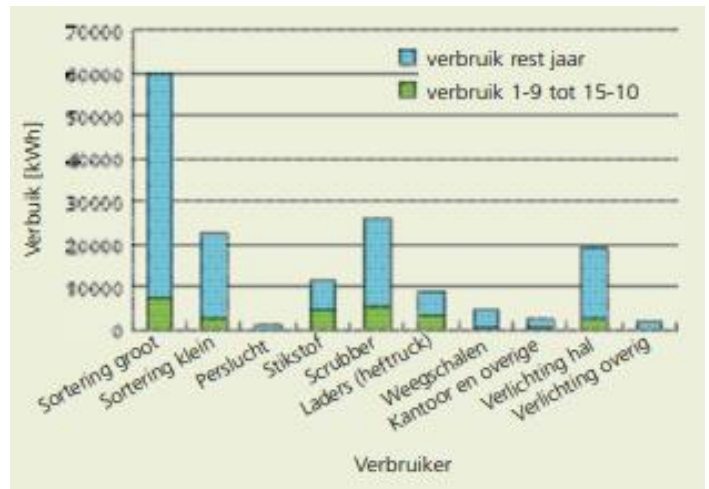
Het stroomverbruik bij een fruitteelt bedrijf is sterk afhankelijk van het soort bedrijf. Elk fruitbedrijf heeft een andere grootte schuur, verschillende soorten heftrucks en zo zijn er meerdere factoren die het stroomverbruik bepalen.

3.6.1 Stroomverbruik

Het stroomverbruik op een fruitteeltbedrijf kent pieken en dalen. Ook de inrichten van het bedrijf heeft sterke invloed op het verbruik. Bedrijven met eigen koeling gebruiken meer energie dan bedrijven waarvan het fruit bij koelbedrijven wordt opgeslagen.

In figuur 8 is een grafiek weergegeven over het verbruik in KWh van een willekeurig fruitbedrijf uit Gelderland om een beeld te krijgen waar de meeste energie naar toe gaat, mits het bedrijf dezelfde handelingen uitvoert zoals sorteren.

Het gemiddelde stroomverbruik wordt uit de bron (van de Geijn & Montsma, Energiebesparing fruitteelt, z.d.) Dit komt neer op het stroomverbruik voor appels 676 KWh en bij peren is dit 541 KWh. Deze waarde worden als gemiddelde gebruikt in het rekenmodel.



Figuur 6, Een voorbeeld van het energieverbruik op een fruitteeltbedrijf (van de Geijn & Montsma, Energie besparen in de bewaring kan simpel, 2010)

3.6.2 Uitstoot van de het stroomverbruik

Het gebruik van elektriciteit veroorzaakt geen directe emissie, maar de productie van stroom wel.

In tabel 8 is de CO₂ emissie te zien die bij de verschillende productie methodes van elektriciteit horen. Hierin is te zien dat elektriciteit uit wind, water en van de zon het minste uitstoot geeft. In bijlage 2 is deze tabel volledig weergegeven. In de toelichting van de tabel staat dat de productie van windmolens, waterkrachtcentrales en zonnepanelen voor een emissie zorgen. Hiervan is geen duidelijk beeld te creëren omdat de emissie van de productie sterk afhankelijk is van de plaats en de manier waarop de productie plaats heeft gevonden.

Tabel 8, CO₂ emissie bij de productie van elektriciteit (Milieucentraal, z.d.)

Elektriciteit	Eenheid	Kg CO ₂ /eenheid Totaal	Kg CO ₂ /eenheid Conversie	Kg CO ₂ /eenheid Productie
STROOMETIKET			VARIABEL	0,054
Grijze stroom	kWh	0,526	0,464	0,062
Stroom (onbekend)	kWh	0,355	0,301	0,054
Windkracht	kWh	0,000	0,000	0,000
Waterkracht	kWh	0,000	0,000	0,000
Zonne-energie	kWh	0,000	0,000	0,000
Biomassa	kWh	0,189	"0"	0,189

In de rekentool zal de uitstoot van het stroomverbruik weergegeven worden op een manier dat het bedrijf het aantal kWh kan invullen. Daarnaast wat voor energiebron er gebruikt wordt. Dit wordt dan met elkaar vermenigvuldigd en zo zal er een CO₂ emissie van het stroomverbruik duidelijk worden

Hoofdstuk 4: Discussie

Het doel van dit afstudeerwerkstuk is om een rekentool op te stellen waarmee Nederlandse fruitteeltbedrijven een schatting kunnen maken van de CO₂ uitstoot van het bedrijf. Daarbij worden verschillende factoren meegewogen die zorgen voor een hogere of lagere uitstoot. Met de kennis over de uitstoot van verschillende teelthandelingen en bijvoorbeeld de keuze tussen dierlijke mest en kunstmest, kan de ondernemer duurzame keuzes maken binnen het bedrijf.

In dit hoofdstuk wordt per deelvraag de gekozen aanpak en de resultaten bediscussieerd.

4.1 Hoeveel CO₂ wordt er vastgelegd in een gemiddelde Nederlandse boomgaard?

De CO₂ die wordt vastgelegd in de gemiddelde Nederlandse boomgaard is afhankelijk van verschillende factoren. Groei van de biomassa en de opslag van organische stof is in dit onderzoek gelijk getrokken voor elke boomgaard, wat jaarlijks 2528 kg CO₂ per hectare is. Dit gegeven is afkomstig van een onderzoek dat uitgevoerd is in het zuiden van Italië, waar het teeltsysteem vergelijkbaar met Nederland. Dat het teeltsysteem vergelijkbaar is betekent niet dat de groei van de biomassa en de opbouw van organische stof hetzelfde is. Toch is er gekozen voor deze bron omdat de informatie het meest betrouwbaar was. Om exacte waarden te verkrijgen is er onderzoek nodig naar de toename van biomassa en organische stof op Nederlandse appel- en perenboomgaarden.

De vrucht die koolstof opneemt zorgt voor een opslag van CO₂. De hoeveelheid hiervan is afhankelijk van de grootte van de oogst en het suikergehalte. Het resultaat is dat er bij een oogst van 60 ton en een Brix van 14% ongeveer 12.3 ton CO₂ wordt weggevangen uit de lucht. De CO₂ die in de vrucht zit voor een korte tijd opgeslagen, namelijk minder dan 1 jaar. Toch wordt dit meegerekend als het wegvangen van CO₂ omdat het niet door de teler uitgestoten wordt, maar door de consument.

4.2 Wat is de CO₂ uitstoot van het transport dat er nodig van de boomgaard naar de distributeur?

Het resultaat van deze deelvraag is een gegeven waarmee de uitstoot per kilo product over een kilometer berekend kan worden. Het proces om deze vraag te beantwoorden is niet ingewikkeld geweest. Door verschillende literatuuronderzoeken te vergelijken is er gekozen voor het meest betrouwbare onderzoek. Dit gaf aan dat een gemiddelde vrachtwagen 64 gram CO₂ uitstoot per vervoerde ton over een kilometer.

Om het meest betrouwbare resultaat te krijgen is het verbruik in liters diesel nodig wat het totale transport gebruikt heeft. Het transport van fruit wordt over het algemeen uitgevoerd door een transportbedrijf, waardoor deze gegevens niet beschikbaar zijn voor het fruitteeltbedrijf. Door dit gegeven is er gekozen voor een schatting van de gemiddelde uitstoot van het transport.

De uitstoot van 64 gram CO₂ per ton/km is niet veel. Gemiddeld wordt het fruit ongeveer 100 km vervoerd totdat het bij de distributeur is. (Kool & Stokkers, 2009) Dit zorgt voor een uitstoot van 0,0069 kg CO₂ per kg fruit.

Het is wel belangrijk om dit mee te nemen. Fruit uit een ander land wordt over een grotere afstand vervoerd waardoor de CO₂ uitstoot per kg fruit hoger wordt. Met de nadruk op duurzaamheid is het dus belangrijk de transportafstand zo laag mogelijk te houden.

4.3 Wat is de CO₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt?

Het antwoord op de deelvraag: Wat is de CO₂ uitstoot door de verstookte diesel van verschillende machines die gebruikt worden in de teelt? Is deels beantwoord, de berekening van het gebruik van diesel naar de uitstoot van CO₂ is relatief simpel. Per liter diesel wordt er 2,63 kg CO₂ uitgestoten. Telers met een eigen dieseltank kunnen eenvoudig berekenen hoeveel CO₂ hierdoor is uitgestoten.

Het gemiddelde verbruik per hectare bij appels is 345 liter, en bij peren is dit 298 liter. Dit zorgt ervoor dat het diesilverbruik zorgt bij appels en peren voor respectievelijk 910 en 784 kg CO₂ uitstoot. Deze gegevens komen uit 2010, tegenwoordig wordt er door Delphy gerekend met 335 liter diesel per hectare, wat zorgt voor 881 Kg CO₂ uitstoot.

Om telers bewust te maken van de uitstoot was er een resultaat beoogd waarbij een lijst beschikbaar was met de uitstoot van verschillende soorten machines. Dit resultaat is niet behaald omdat de meerwaarde voor de rekentool hier gering was.

4.4 Wat is de invloed van kunstmest en dierlijke mest op de CO₂ balans van een fruitteeltbedrijf?

Het antwoord op deze deelvraag is beantwoord door de CO₂ uitstoot te berekenen van de drie meest gebruikte types kunstmest. Daarnaast is de uitstoot van runderdrijfmest en compost onderzocht. De uitkomsten zijn weergegeven in een tabel.

Het onderzoek is volgens plan verlopen en de bronnen waaruit de gegevens zijn gehaald zijn betrouwbaar. De bronnen geven aan hoeveel CO₂ er vrijkomt bij de productie van de verschillende soorten mest. Champost is niet opgenomen in de tabel, terwijl deze wel gebruikt wordt in de fruitteelt. De reden dat champost niet opgenomen is omdat hier niet genoeg gegevens over bekend zijn. Champost is paardenmest waarop champignons zijn geteeld. Omdat de mest in drie verschillende sectoren komt, de hippische sector, champignontelers en de fruitteelt, is er geen duidelijke 'schuldige' aan te wijzen die de uitstoot van CO₂ veroorzaakt.

Een ander punt waar over gediscussieerd kan worden is de CO₂ uitstoot van runderdrijfmest. Als de drijfmest het hoofdproduct is, dan kan de emissie worden toegeschreven aan de gebruiker van de mest. Dit is echter een restproduct van de veehouderij. Een teler die dit gebruikt hoeft dus niet persé op te draaien voor de totale uitstoot van de drijfmest.

Dit geldt ook voor compost, maar in mindere maten. GFT-compost is groente, fruit en tuin afval van burgers dat verwerkt wordt tot compost. Het verwerken van afval tot compost kost veel energie, wat de uitstoot veroorzaakt. Als er geen afval van de compost wordt gemaakt wordt dit bijvoorbeeld verbrand, wat ook veel emissie oplevert. Het gebruiken van compost is dus, net als runderdrijfmest, het opvangen van een restproduct.

Bij vervolgonderzoek kan er gekeken worden naar uitstoot van andere soorten mest zoals varkensdrijfmest. Daarnaast is het nodig om met de juiste methodiek de uitstoot van CO₂ toe te rekenen aan de juiste sector/bedrijf.

Het resultaat geeft dus niet één beste optie die het beste is voor de duurzaamheid van het bedrijf. Wel kan het telers bewust maken over hoeveel uitstoot veroorzaakt wordt door de bemesting en welke keuzes qua CO₂ het meest duurzaam zijn.

4.5 Hoeveel energie wordt er verbruikt met het koelen van fruit?

70 tot 90% van de totale energieverbruik op fruitteeltbedrijven gaat naar de opslag van het product. Voor een gemiddeld bedrijf is dit 0,5 KWh/ton/dag. Uit het onderzoek blijkt dat er grote verschillen zijn tussen fruitbedrijven en de efficiëntie van de koelinstallatie, waardoor er een spreiding is in het verbruik van energie per gekoelde ton product.

Het resultaat van deze deelvraag is gebaseerd op meerdere onderzoeken, die ongeveer hetzelfde gemiddelde aangaven. De onderzoeken hebben ongeveer 10 jaar geleden plaatsgevonden, waardoor de gegevens verouderd kunnen zijn. Dit komt omdat telers innoveren en koudemiddelen verboden worden kan het energieverbruik veranderen. Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van 0.7KWh/ton/dag, deze waarde wordt gebruikt door Delphy (Streef, 2019).

Bij een vervolg onderzoek is het nodig om te kijken naar verschillende koelsystemen en koudemiddelen en de efficiëntie hiervan. Deze gegevens zijn nog niet beschikbaar. Met deze gegevens kunnen telers bij het bouwen of verbouwen van de opslaglocatie rekening houden met energieverbruik.

4.6 Hoeveel stroom verbruikt een fruitteeltbedrijf en wat is de invloed op de CO₂ uitstoot hiervan?

De hoeveelheid stroom die een fruitteeltbedrijf verbruikt wordt ingeschat op 676 KWh bij appels, voor peren is dit 541 KWh. Deze informatie komt niet overeen met het oordeel van sectorspecialist Adri Streef van Delphy, die het verbruik van stroom exclusief koeling inschat op 1000KWh. (Streef, 2019)

Er zijn verschillende soorten stroom meegenomen in het onderzoek. Dit zijn: grijze stroom, normale stroom (herkomst onbekend), windenergie, energie uit waterkracht en zonne-energie.

Grijze stroom heeft een uitstoot van 0,054 kilo CO₂ per KWh, deze stroom is afkomstig van kolen, gas of kernenergie. De normale stroom geeft een uitstoot van 0,054 kilo CO₂ per KWh, van deze stroom is de herkomst niet bekend.

Wind, water en zonne-energie zorgen niet direct voor een uitstoot van CO₂ en zijn daarom duurzaam. Indirect, dus bij de bouw ervan, komt wel CO₂ vrij.

- Door de bouw van de windmolen komt er ongeveer 0,012 kilo CO₂ vrij, over alle energie die geproduceerd wordt door de molen.
- Bij de bouw van een waterkrachtcentrale is dit 0,004 kilo CO₂ per KWh, waterkrachtcentrales.
- Bij de bouw van zonnepanelen komt meer CO₂ vrij, gemiddeld namelijk 0,070 kilo CO₂ per KWh die geproduceerd wordt. (Milieucentraal, z.d.)

Omdat dit indirecte uitstoot van CO₂ is wordt dit gegeven niet meegenomen in het rapport. Wel is het van belang dit in het achterhoofd te houden. Voor de balans van het bedrijf zijn wind, water en zonne-energie een duurzame oplossing, maar voor de wereld is dit niet het geval.

Hoofdstuk 5: Conclusie & Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden eerst de deelvragen en dan de hoofdvraag beantwoord.

Het doel van dit rapport is om een rekentool te creëren waarmee een fruitteler de uitstoot van CO₂ van zijn product kan berekenen. Daarnaast wordt er inzicht verschaft welke factoren een rol spelen in de uitstoot van CO₂ en welke keuzes het bedrijf kan maken om duurzaam fruit te telen.

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn deelvragen opgesteld die er voor zorgen dat de hoofdvraag beantwoord kan worden. De resultaten van de deelvragen zorgen voor een basis van de rekentool.

5.1 Conclusies deelvragen

CO₂ wordt op meerdere manieren opgeslagen in de boomgaard. De groei van biomassa en de opbouw van organische stof zorgen voor de langdurige vastlegging van koolstof in de boomgaard. De groei van biomassa houdt de groei van de boom, de takken, het blad en het gras in. De groei van biomassa zorgt voor een koolstof opslag van 580 Kg C per hectare. De opbouw van organische stof gaat trager, ongeveer 11 kg C per hectare. omgerekend wordt er jaarlijks 2528 kg CO₂ weggevangen per hectare boomgaard.

De hoeveelheid koolstof die in de vruchten aanwezig is, is berekend door het aantal koolstof atomen te berekenen die in het suiker van de vrucht zit. Met het suikerpercentage (Brix) en de grootte van de oogst is het aantal kilo koolstof in de vruchten berekend. Bij een oogst van 60 ton fruit waarvan de Brix 14% is, betekent dit dat er ongeveer 12,3 ton CO₂ wordt vastgelegd.

Het transport dat plaatsvindt van de teler naar de koellocatie, en van de koellocatie naar de distributeur verschilt per partij. In dit onderzoek is er gekozen voor een gemiddelde van 100 kilometer transportafstand. De CO₂ uitstoot die dit veroorzaakt wordt berekend met de gemiddelde uitstoot van een vrachtwagen. Volgens dit onderzoek is dit 64 gram CO₂ per ton product, vervoerd over één kilometer. Per kilo fruit veroorzaakt deze transportafstand een uitstoot van 6,4 gram CO₂.

De uitstoot van CO₂ door het gebruik van machines is berekend met een vaste uitstoot per liter diesel. Voor de uitstoot van CO₂ maakt het niet uit welke trekker of machine de diesel verbruikt. Uit literatuur onderzoek is gebleken dat er op één hectare appels 346 liter diesel verbruikt, op één hectare peren is dit 298 liter. De CO₂ die vrijkomt bij de verbranding van diesel is 2.63 kg. De CO₂ uitstoot per hectare appels is dus jaarlijks 910 Kg CO₂. De CO₂ uitstoot van één hectare peren is 784 kg CO₂. Wederom wordt hier gebruik gemaakt van gemiddelde. Een teler die het rekenmodel invult kan afwijken van het gemiddelde dieselverbruik.

De invloed van kunstmest en dierlijke mest op de totale CO₂ uitstoot is onderzocht door middel van het advies dat in Nederland wordt gegeven, te combineren met de uitstoot die wordt veroorzaakt door de productie van de methodes van bemesting. Het advies dat is gebruikt komt van Fruitconsult. Als het advies over stikstof, fosfaat en Kali wordt opgevuld door het gebruik van kunstmest, zorgt dit voor een uitstoot van 340 kg CO₂ bij appels, en 478 kg CO₂ bij de bemesting van één hectare peren. Het aanbrengen van runderdrijfmest en GFT-compost zorgt voor een grotere uitstoot van CO₂, namelijk 56 kg CO₂ per ton runderdrijfmest en 113 kg CO₂ bij het aanbrengen van een ton GFT-compost. De CO₂ uitstoot van champost is niet bekend.

De energie die verbruikt wordt tijdens het koelen is afhankelijk van de koelduur, het koelsysteem, het koudemiddel en de efficiëntie van de koeling. Over al deze gegevens is nog niet genoeg bekend om een overzicht te maken welke van de genoemde factoren zorgen voor een laag energieverbruik. Door dit gegeven is er bij het beantwoorden van de deelvraag wederom gebruik gemaakt van een gemiddelde. Uit literatuur bleek dat het gemiddeld 0,5KWh kost om 1000 kilo fruit één dag te koelen.

Adviesbureau Delphy rekent met een gemiddelde van 0,7 KWh/ton/dag. Telers waarbij het stroomverbruik door het koelen bekend is, kunnen zelf het energieverbruik invullen. Als dit niet bekend is wordt er gebruik gemaakt van 0,7 KWh/ton/dag.

De hoeveelheid stroom dat een fruitteeltbedrijf is afhankelijk van de grootte, het soort fruit en de bedrijfsactiviteiten die worden uitgevoerd. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat een gemiddeld bedrijf 676 KWh voor een hectare appels, en 541 KWh voor een hectare peren gebruikt(exclusief koeling). Adviesbureau Delphy rekent met een gemiddelde van 1000 KWh per hectare. Als het stroomverbruik niet bekend is bij de teler zal 1000 KWh gebruikt worden in het rekenmodel.

5.2 Hoofdvraag

Met de antwoorden op de deelvragen kan er een rekentool worden opgesteld waarbij een fruitteeltbedrijf een CO₂ balans kan opstellen. De gegevens die voortkomen over de uitstoot van CO₂ zijn ingevuld in het rekenmodel. Als de teler informatie invult over de oogst, het suikerpercentage, de transportafstand, het dieselverbruik, de bemesting, de bewaarduur en het stroomverbruik, wordt er een berekening gemaakt over de uitstoot van CO₂. De balans is een schatting naar het vastleggen en het uitstoten van CO₂. Als het de balans negatief is kan de teler overwegen veranderingen aan te brengen in het bedrijf om de CO₂-balans positief te krijgen. Als de balans positief is, is dit een meerwaarde zijn voor het product.

In figuur 8 is het rekenmodel te zien, ingevuld voor een gemiddeld appelperceel in Nederland.

CO2 balans van een fruitteeltbedrijf per hectare														
			Informatie		Invullen door Teler:		Gemiddelde per hectare							
			Oogst in Kg		50000		60000							
Vastleggen CO2			Brix		14		14							
Kg			Transportaftand naar distributeur (km)		100		100							
Biomassa + organische stof		2528	Diesel verbruik per hectare (liter)		346		Appel		Peer					
Vrucht		10260,11					346		298					
Totaal opgenomen:		12788,11			Soort mest		Kg		Soort mest		Appel		Peer	
		Stikstof			100		Stikstof		80-100		150			
		Fosfaat			50		Fosfaat		50		50			
		Kali 60			120		Kali 60		100-120		150			
Uitstoot CO2 in kg per hectare		Kg			Runderdrijfmest		Runderdrijfmest		N.B.		N.B.			
Transport		320 <th colspan="2">Bemesting in kg</th> <th colspan="2">Gft compost</th> <th colspan="2">15000</th> <th colspan="2">Gft compost</th> <td colspan="2">20000</td> <td colspan="2">20000</td>	Bemesting in kg		Gft compost		15000		Gft compost		20000		20000	
diesel		909,98 <th colspan="2">Bewaarduur in dagen</th> <th colspan="2">150</th> <th colspan="7">150</th>	Bewaarduur in dagen		150		150							
Bemesting		2038,36 <th colspan="2" rowspan="5"></th> <th colspan="2">Soort stroom</th> <th colspan="2">verbruikte KWh</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="3"></th>			Soort stroom		verbruikte KWh							
Uitstoot door stroom		367 <th colspan="2">Grijs</th> <th colspan="2">676</th> <th colspan="2">Appel</th> <th colspan="3">Peer</th>			Grijs		676		Appel		Peer			
Totaal uitgestoten		3635,752 <th colspan="2">Normale' stroom</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="3"></th>			Normale' stroom									
					Windmolen									
opname - uitstoot		9152,356 <th colspan="2">Stroom</th> <th colspan="2">Waterkracht</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="3"></th>			Stroom		Waterkracht							
					Zonne-energie				676		541			

Figuur 8, de CO₂-balans van een gemiddeld appelperceel in Nederland

In figuur 9 is het rekenmodel ingevuld voor een gemiddeld perceel peren.

CO2 balans van een fruitteeltbedrijf per hectare																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figuur 9, De CO₂-balans van een gemiddeld perenperceel in Nederland

5.3 Aanbevelingen

Telers kunnen het rekenmodel gebruiken om een schatting te maken van de uitstoot op het bedrijf, er moeten echter wel rekening mee gehouden worden dat dit de basismodel is van de rekentool. Zolang het een basismodel blijft kan het gebruikt worden om telers bewust te maken van factoren die zorgen voor emissie, en maatregelen nemen om dit te verminderen. Er kunnen geen feiten uit getrokken worden over de uitstoot van CO₂ op het bedrijf.

Tijdens het schrijven van dit rapport is er duidelijk geworden dat er een methodiek ontbreekt waarmee CO₂ uitstoot of opname kan worden toegeschreven aan een sector, een bedrijf of een consument. Als er een methodiek wordt ontwikkeld waarbij sectoren verantwoordelijk worden voor de CO₂ uitstoot die zij veroorzaken, zal de overheid hier ook een taks op kunnen stellen.

Om de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van het rekenmodel te verhogen is het nodig om de meer onderzoek te doen naar de biomassa in de boomgaard, de groei van organische stof en de uitstoot van verschillende soorten mest. Ook is het nodig om een overzicht te krijgen waarbij koudemiddelen en koelsystemen vergeleken worden. Doordat regels over koudemiddelen strenger worden zal er meer bekend moeten worden over natuurlijke koudemiddelen, en de efficiëntie hiervan.

Bibliografie

- Bos, J., De Haan, J., & Sukkel, W. (2007). *Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken*. Wageningen: Wageningen UR.
- Chaffer, B., & Andersen, P. (1994). *Handbook of Environmental physiology of Fruit Crops*. Florida: CRC Press LLC.
- De Haas, i., & Van Dijk, i. (2010). *Inventarisatie klimaatvriendelijke kunstmest*. Wageningen: nutriënten management instituut nmi bv .
- Dekker, P., Stilma, E., Van Geel, W., & Kool, A. (2009). *Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Dekker, P., Stilma, E., Van Geel, W., & Kool, A. (2009). *Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Ebert, G., & Lenz, F. (1991). Jahresverlauf der Wurzelatmung von Apfelbäumen und ihr Beitrag zur CO₂-Bilanz. *Gartenbauwissenschaft* 56, 130-133.
- Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest*. (2019, Februari). Opgehaald van RVO: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/04/Tabel-5-Forfaitaire-stikstof-en-fosfaatgehalten-in-dierlijke-mest-2018.pdf>
- G, Heijerman-Peppelman, P.F.M.M. Roelofs. (2010). *kwantitatieve informatie Fruitteelt 2009/2010*. Randwijk: praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.
- Heinicke, J., & Childers, N. (1937). *The daily rate of photosynthesis, during the growing season of 1935, of a young apple tree of veering age*. Cornell: Cornell University.
- Kamp, J., van Reeuwijk, P., Schoorl, F., & Montsma, M. (2010). *Energiebesparing op het agrarisch bedrijf*. Wageningen: Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek.
- Kool, A., & Stokkers, R. (2009). *Broeikasgasemissies in de appelketen*. Gouda: Blonk Milieu advies.
- Lakso, A., Wünsche, J., Palmer, J., & Corelli Grappadelli, L. (1999). Measurement and Modeling of Carbon Balance of the Apple Tree. *HortScience*, 1040-1047.
- Milieucentraal. (z.d.). *Lijst van CO₂ emissiefactoren*. Opgehaald van CO₂emissiefactoren: <https://www.co2emissiefactoren.nl>
- Otten, M., 't Hoen, M., & den Boer, E. (2017). *Stream Goederenvervoer 2016*. Delft: CE Delft.
- Planbureau voor de leefomgeving. (2018). *Landbouw en landgebruik*. Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving .
- Rijksoverheid. (2018). *Achtergrond van het nationale Klimaatakkoord*. Opgehaald van Klimaatakkoord.nl: <https://www.klimaatakkoord.nl/>
- Shell. (z.d.). *Lagere brandstokosten en lagere uitstoot voor uw wagenpark*. Opgehaald van Fuelsave Diesel: https://www.oqvalue.nl/wp-content/uploads/SH_17645_FuelSave-Diesel-CO2-FS_nl_v01.pdf
- Streef, A. (2019, 6 6). (J. Looman, Interviewer)

- van de Geijn, F., & Montsma, M. (2010). Energie besparen in de bewaring kan simpel. *Fruitteelt*, 6-7.
- van de Geijn, F., & Montsma, M. (z.d.). *Energiebesparing fruitteelt*. Wageningen: Agrotechnology & food sciences groep.
- Van Santen, H., & Van Der Walle, E. (2019, 01). *De voor- en nadelen van een CO2-heffing*. Opgehaald van NRC.nl: <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/01/22/de-voor-en-nadelen-van-een-co2-heffing-a3651291>
- Visser, N. (z.d.). *Europese aanpak klimaatverandering*. Opgehaald van Europa-nu.nl: https://www.europa-nu.nl/id/vhesf063wxu9/europese_aanpak_klimaatverandering
- Werkgroep Voedselconsumptie klimaattafel LB&LG . (2018). *Impact van consumptie op klimaat*. Den Haag: Sectortafel Landbouw en landgebruik.
- Zanotelli, D., Montagnani, L., Manca, G., Scandellari, F., & Tagliavini, M. (2015). Net ecosystem carbon balance of an apple orchard. *European Journal of Agronomy*, 97-104.

Bijlagen

In dit hoofdstuk worden de bijlage uit het verslag weergegeven.

Bijlage 1

Uitleg van figuur 5, de balans van koolstof in de boomgaard.

Yearly produced organic C	→ Jaarlijks geproduceerde organische koolstof
Fruits	→ De appels
Leaves	→ Het blad
Wood AG	→ Bovengronds hout
GC vegetation	→ Vegetatie in de rij (grotendeels gras)
Wood BG	→ Ondergronds hout (grote wortels)
Fine Roots	→ Fijne wortels
Yearly imported organic C	→ Jaarlijkse binnenkomende stromen organische koolstof
Organic fertilizers	→ Organische meststoffen
Main organic C pool	→ Grootste organische koolstof opslag
Fruit harvest	→ De geoogste appels
Detritus material	→ Afvalmateriaal
Standing biomass increase	→ Toename van bovengrondse biomassa
Fate of organic C	→ Bestemming van organische koolstof
Exported	→ Geëxporteerd uit de boomgaard
Heterotrophic respiration	→ Heterotrofe ademhaling
NECB	→ De koolstofbalans

Bijlage 2

De emissies van verschillende manieren van elektriciteitsproductie.
(Milieucentraal, z.d.)

Elektriciteit	Eenheid	Kg CO2/eenheid Totaal	Kg CO2/eenheid Converse	Kg CO2/eenheid Productie	Bron	Toelichting
STROOMTICKET			VARIABEL	0,054		De CO2-emissiefactor die elektriciteitsleveranciers rapporteren op het stroomticket is het meest specifiek, maar is exclusief de emissies voor de productie van brandstof voor de centrale, die van belang zijn bij fossiele bronnen en biomassa. Deze emissies in de voorkeuren zijn gemiddeld zo'n 54 gram CO2/kWh. Dit getal kan preciezer berekend worden, afhankelijk van de geleverde stroom. Op het stroom ticket staat ook de herkomst van de geleverde groene stroom (specifieke energiebron en land van oorsprong). Vermeld dit in rapportages.
Grijze stroom	kWh	0,526	0,464	0,062		Deze factor kan worden gebruikt voor elektriciteitsconsumptie maar er geen gebruik gemaakt is van stroom met een Garantie van Oorsprong. Het gaat om een voor Nederland representatieve stroommix van kolen, gas en kernenergie.
Stroom (onbekend)	kWh	0,355	0,301	0,054	[23]	Deze factor kan worden gebruikt voor elektriciteitsconsumptie maar er niet bekend is over de herkomst van de stroom, bijvoorbeeld bij een laadpaal voor het opladen van elektrische auto's.
Windkracht	kWh	0,000	0,000	0,000	[12]	Exclusief de CO2 uitstoot t.g.v. de bouw van windmolens. (ca. 12 gram CO2 per kWh Bron [6] [14]. Dit betreft een gemiddelde waarde op basis van wind op zee en wind geproduceerd op land).
Waterkracht	kWh	0,000	0,000	0,000	[12]	Exclusief CO2 uitstoot t.g.v. de bouw van de waterkrachtcentrale. (ca. 4 gram CO2 per kWh (bron [6]) (water op basis van Nederlandse waterkracht (rivers)). Op basis van Noorse waterkracht geldt 6 gram CO2 per kWh.)
Zonne-energie	kWh	0,000	0,000	0,000	[12]	Exclusief de CO2 uitstoot t.g.v. de bouw van de zonnepanelen. Ca. 70 gram CO2 per kWh Bron [19]. Studies rapporteren broeikasgasemissies van zonnepanelen tussen de 10 en 225 g CO2 per kWh).
Biomassa	kWh	0,189	"0"	0,189	[23]	Elektriciteit uit biomassa kan afkomstig zijn uit vele soorten biomassa. Bij het gebruik van een brandstof met biogene componenten, worden de CO2-emissies door verbranding niet meegenomen (want onderdeel van een kortcyclische koolstofkring). We zijn de de emissies van het produceren, insamelen, vervoeren en vervoeren van de biomassa van belang. Emissiefactoren uit wetenschappelijk onderzoek tonen daarin echter een zeer grote spreiding. We adviseren een factor te gebruiken die van toepassing is op de specifieke leverancier.