



Energiebesparing en CO₂ reductie Uitbreiding Warmtenet Enschede



Copyright© 2013 by Saxion University of Applied Sciences.

All rights reserved. No part of this article may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the authors.

Colofon

Opdrachtgever: Gemeente Enschede

Auteur(s):

J.B. de Wit, lector

Lectoraat *Duurzame Energievoorziening*

Registratienummer: 2013000581

Saxion Kenniscentrum Leefomgeving

Enschede, 31 mei 2013

Samenvatting

Saxion heeft in opdracht van de gemeente Enschede de duurzaamheid berekend van :

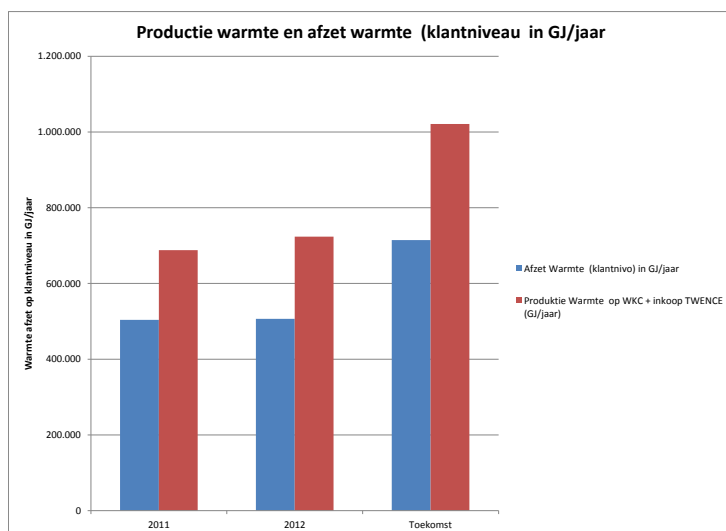
- Het oorspronkelijke warmtenet, met warmte die voornamelijk uit de met aardgas gestookte WKK afkomstig is, in combinatie met beperkte inzet van warmte uit AVI Twence (jaar 2011).
- Het huidige situatie warmtenet, met een beperkte hoeveelheid warmte afkomstig uit de met aardgas gestookte WKC Enschede en een ten opzichte van 2011 uitgebreide inzet van warmte uit de AVI Twence (jaar 2012);
- Het warmtenet na de voorziene uitbreidingen – inclusief de verder vergrote inzet van warmte uit de AVI Twence (toekomst)

De vast te stellen duurzaamheid wordt uitgedrukt in :

- a) vermeden CO₂ uitstoot (Kton/jaar)
- b) energiebesparing (GJ primaire fossiele energie per jaar)

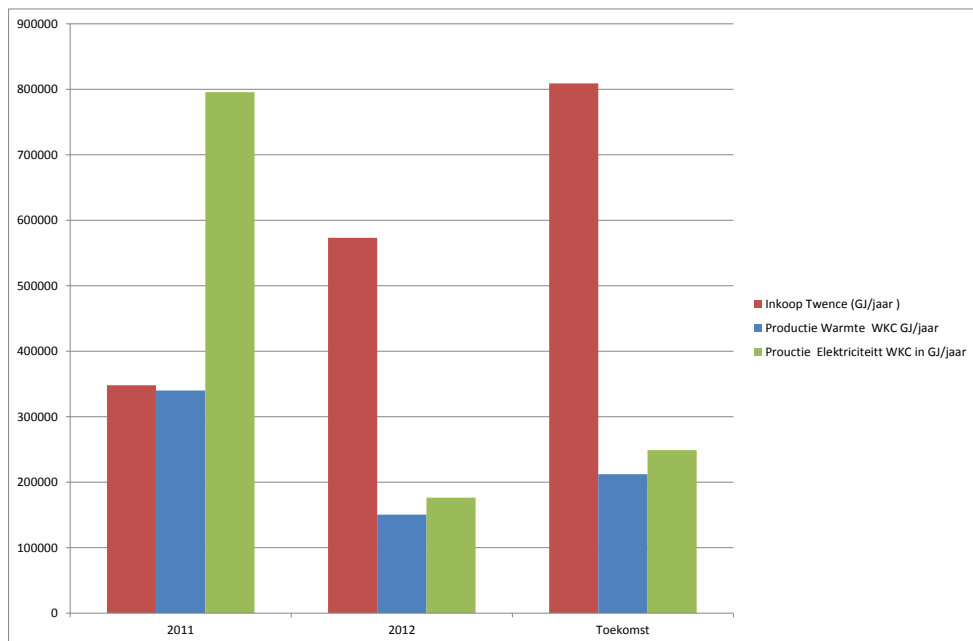
ten opzichte van de referentie: a) gescheiden opwekking van elektriciteit op basis van de Nationale Brandstof Mix 2013 (NBM 2013), op basis van de voorziene Nationale Brandstof Mix 2020 (NBM 2020) en op basis van aardgas (STEG 2013) en b) gescheiden opwekking van warmte met aardgasgestookte HR 107 combi ketels.

Onderstaande figuur 1 geeft de afzet van warmte in GJ/jaar weer, zoals voorzien door ELES. De afzet van warmte zal in de toekomst stijgen door de geprognosticeerde netuitbreiding in de stad Enschede. Zoals te zien gaat een aanzienlijk deel van de warmte verloren door warmteverliezen in het transport- en distributienet. Het aandeel van de afvalverbrandingsinstallatie Twence is op dit moment (medio 2013) al aanzienlijk en zal verder stijgen in de toekomst.



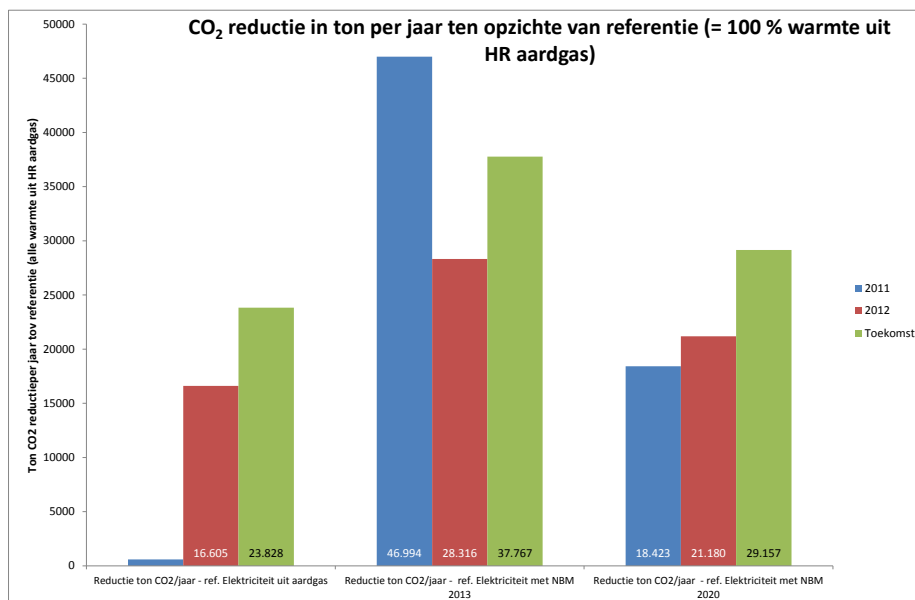
Figuur 1 Afzetprognose warmte Enschede (warmtenet)

Figuur 2 geeft de productie van elektriciteit en warmte op de WKC weer, en de inkoop van warmte van AVI Twence. Wat opvalt is de daling van de warmteproductie en de nog veel sterkere daling van de elektriciteitsproductie van de WKC in 2012 – ten opzichte van 2011 – en de gestaag stijgende inkoop van warmte van AVI Twence.



Figuur 2 Warmte- en elektriciteitsproductie WKC + inkoop warmte AVI Twence

Figuur 3 geeft de CO₂ reductie die optreedt ten gevolge van de situatie in 2011, in 2012 en in de toekomst, na de geplande uitbreiding van het warmtedistributienet.



Figuur 3 CO₂ reductie in 2011, 2012 en in de toekomst, afhankelijk van de warmteafzet en de referentie voor CO₂ emissie en energiegebruik van elektriciteitsopwekking.

De CO₂ reductie is sterk afhankelijk is van de manier waarop elektriciteit wordt gewaardeerd. Hiervoor zijn drie referenties aangehouden: gescheiden elektriciteit uit aardgas (STEG 2013) , gescheiden elektriciteit uit de National Brandstof Mix 2013 (NBM 2013) en gescheiden elektriciteit uit de voorziene Nationale Brandstof Mix 2020 (NBM 2020). De Uniforme Maatlat Warmte Gebouwde Omgeving (GO) [5] houdt voor 2013 de NBM 2013 aan en voor 2020 de NBM 2020.

De stijging van de CO₂ reductie (=daling van de CO₂ productie) door voorziene netuitbreidingen in de toekomst ten opzichte van 2012¹ blijkt echter vrijwel onafhankelijk van de waardering van elektriciteitsopwekking, en bedraagt **8–9 Kton/jaar**. Deze onafhankelijkheid wordt veroorzaakt door het feit dat de elektriciteitsproductie van de aardgasgestookte WKC min of meer proportioneel stijgt met de totale warmte afzet.

Het is aan de investeerders en betrokkenen om te bepalen – naast de economische rentabiliteit van de geplande uitbreiding als zodanig – of deze CO₂ reductie (8–9 Kton/jaar) per eenheid investering voldoende is om alternatieve duurzaamheidsinvesteringen (isolatie, duurzame energie) in de bestaande gebouwde omgeving te ‘verslaan’.

De belangrijkste conclusies van dit rapport zijn :

- Het is van groot belang dat de werkelijke duurzaamheid van geleverde warmte (equivalent opwekkrendement, CO₂ index) continu wordt gemonitord, zowel a) ter verantwoording van de duurzaamheid van de geleverde warmte als b) om het warmtesysteem te kunnen bijsturen in de richting van maximale duurzaamheid. Nu worden installaties meestal gestuurd op maximaal economisch rendement, waarschijnlijk ook de WKC Enschede.
- Helaas verhouden brandstofkosten, warmtekosten en elektriciteitskosten zich niet zodanig tot elkaar dat deze verhouding ‘automatisch’ tot maximale duurzaamheid leidt.
- Het equivalent opwekkingsrendement en de CO₂ index van de warmte worden bepaald door de inzet van warmte uit Twence, de manier waarop de WKC wordt ingezet en de waardering van de opgewekte elektriciteit.
- De manier waarop de opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd (NBM 2013, NBM 2020 of STEG aardgas) heeft grote invloed op de bereikte equivalente opwekkrendement en de vermeden CO₂ uitstoot.
- De extra CO₂ reductie ten gevolge van geplande warmtenet uitbreidingen in de toekomst bedraagt ongeveer 8–9 Kton/jaar. Deze hoeveelheid is betrekkelijk onafhankelijk van de manier waarop de opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd.
- De besparing op fossiele brandstof ten gevolge van geplande warmtenet uitbreidingen in de toekomst bedraagt **ca 160.000 GJ/jaar**. Dit staat gelijk aan bijna 5 miljoen Nm³ aardgas(equivalenten). Bij gemiddeld gebruik is dit het jaarlijks aardgasverbruik van 3400 huishoudens. Bij een commodity prijs van € 0,25/Nm³ voor aardgas is de jaarlijkse brandstof kostenbesparing 1,25 miljoen euro per jaar.

¹ is gelijk aan de huidige situatie: medio 2013

- Extra warmtelevering (stoom) aan Akzo Nobel levert waarschijnlijk de laagste (maatschappelijke) investeringskosten en operationele kosten per gereduceerde ton CO₂.
- Binnen de mogelijkheden van de huidige warmte infrastructuur moet de warmtelevering vanuit Twence een zo groot mogelijk deel van de warmteopwekking uit gaan maken om maximale duurzaamheid te bereiken.
- Gebouwen kunnen waarschijnlijk nog veel energie besparen door verbetering van het lokale energiemanagement en door eenvoudige installatietechnische maatregelen. Dit verlaagt de warmtevraag. Hiermee moet bij de mogelijke netuitbreiding terdege rekening worden gehouden.
- Warmtedistributie is gebaat bij een stabiele langdurige (langjarige) warmtevraag met een behoorlijke warmtedichtheid (GJ/jaar/hectare). Dit staat op gespannen voet met een geliberaliseerde energiemarkt en met beleid dat is gericht is op energiebesparing.
- Warmtedistributie biedt goede mogelijkheden voor verduurzaming van de warmtevoorziening, vooral als er gebruik wordt gemaakt van duurzame brandstoffen en de opwekking van zoveel mogelijk elektriciteit binnen een overigens warmte gestuurde warmte/kracht installatie als warmtebron van het warmtenet.
- De roadmap voor de eventuele uitbreiding van het warmtenet van Enschede wordt gedicteerd door de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. Weinig nieuwbouw en weinig ingrijpende energetische renovatie maakt de inzet van duurzame warmte aantrekkelijk.
- Op de lange termijn is de aanwezigheid van een warmtenet noodzakelijk om geothermie in te zetten. Ook om die reden moet een warmtenet goed aansluiten bij de lange termijn strategie inzake warmtevoorziening

Inhoud

Samenvatting	3
Inhoud	7
1. Inleiding	8
2. Waar, hoe en waarom warmtedistributie ?	14
3. Waardering van (duurzame) warmte in de energieprestatie normering in gebouw- en gebiedsniveau	18
4. Duurzame warmte (distributie) nader beschouwd.....	21
5. De huidige warmtevoorziening van Enschede met warmtedistributie	24
6. De toekomstige warmtevoorziening van Enschede met warmtedistributie	26
7. De roadmap aanpak voor de warmtevoorziening van Enschede.....	29
8. De CO ₂ reductie en de energiebesparing die met de mogelijk toekomstige uitbreidingen van het warmtenet bereikt kunnen worden.....	31
9. Conclusies	35
Bijlage 1: Literatuur	38

1. Inleiding

De gemeente Enschede heeft ambitieuze doelstellingen met betrekking tot verduurzaming van de lokale energiehuishouding. Dit kan grosso modo bereikt worden door energiebesparing en door de inzet van duurzame energie [4].

Warmte voor het klimatiseren van de gebouwde omgeving vormt –nog steeds– een zeer belangrijk deel van deze energiehuishouding. Daarnaast hebben bedrijven warmte nodig voor hun productieprocessen.

Traditioneel wordt aardgas ingezet voor het verwarmen van woningen en proceswarmte. Het gebruik van aardgas veroorzaakt echter de emissie van CO₂. Bovendien is aardgas als energiebron eindig.

De energiehuishouding van een gebied –en dus ook de regio Enschede– kan in het algemeen ingedeeld worden in vier segmenten:

- Gebouwde omgeving (woningen, gebouwen)
- Transport
- Industrie (incl. agrarische sector)
- Energiebedrijven

Het laatste segment kenmerkt zich door het feit dat energie het eindproduct is (brandstoffen, elektriciteit, warmte, koude) en is toeleverancier voor de overige segmenten. AVI Twence en WKC Enschede (ELES) kan in dit opzicht opgevat worden als energiebedrijf.

Overigens wordt het energiegebruik van veel bedrijven vooral bepaald door het klimatiseren van hun gebouwen. Bij deze indeling wordt het energiegebruik van bedrijven verdeeld over hun gebouwen enerzijds en hun industriële productie activiteiten anderzijds. Zo zal het energiegebruik van een groot chemisch bedrijf vooral bepaald worden door hun productieprocessen, en minder door hun gebouwen. Bij een commerciële dienstverlener zal dat andersom zijn: hier wordt het energieverbruik vooral bepaald door de grootte en de aard van de gebouwen.

Verduurzamen van de energiehuishouding komt neer op: a) besparen (minder eenheden afnemen) en b) het op niet-fossiele wijze voorzien in de energievraag (duurzame energievoorziening). Beiden dragen bij aan een duurzame energiehuishouding.

Naast de ambitie om duurzaamheid te bereiken speelt de economie een belangrijke rol in de manier waarop de strategie van besparen en duurzaam voorzien wordt ingekleurd.

Bij een zeker gekozen ambitieniveau (bijvoorbeeld EU richtlijnen 20/14/20) is de economie bepalend voor de gekozen route, waarbij de juridische, fiscale en planologische (on)mogelijkheden belangrijke randvoorwaarden zijn. Voorbeeld van de fiscale invloed is het feit dat kleinverbruikers relatief veel energiebelasting, en ook veel méér energiebelasting betalen dan grootverbruikers.

De duurzaamheid van een warmtenet

Een warmtenet is op zich niet duurzaam. Een warmtenet kan echter wel een middel zijn, als onderdeel van een duurzaam energiesysteem, om duurzame bronnen efficiënt in te zetten en te distribueren, en op die manier bijdragen aan duurzaamheid.

De duurzaamheid van de inzet van een warmtenet wordt grosso modo door vier factoren bepaald:

1. De optredende absolute warmteverliezen van het warmtenet;
2. De relatieve warmteverliezen, bepaald door de absolute verliezen en de afzet van warmte;
3. De duurzaamheid van de ingezette brandstoffen;
4. De hoeveelheid elektriciteit die (gecombineerd) wordt opgewekt ten opzichte van de totale hoeveelheid geproduceerde warmte.

Als de ingezette brandstof a) niet duurzaam is (bv aardgas), b) de relatieve netverliezen hoog zijn en c) de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit laag is ten opzichte van de geproduceerde warmte, dan levert een warmtenet geen of een negatieve bijdrage aan duurzaamheid ten opzichte van de referentie. Het omgekeerde geldt ook: als de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit hoog is, de relatieve netverliezen laag en de ingezette brandstof (deels) duurzaam is, dan is de bijdrage van het warmtenet aan duurzaamheid juist hoog. Dit heeft tot gevolg dat de duurzaamheidsprestatie van warmtesystemen waarvan het warmtenet een onderdeel is van systeem tot systeem strek kan verschillen. Tot slot is de duurzaamheidsprestatie niet alleen afhankelijk van het systeemontwerp, maar ook van de manier waarop met het systeem na oplevering wordt omgegaan. Dit laatste krijgt onmiskenbaar te weinig aandacht, ook in de EMG en de EPG.

Warmte als energiekwaliteit en als product

Warmte en elektriciteit zijn dé energiedragers voor de gebouwde omgeving. In grotere gebouwen is koude (het onttrekken van warmte) overigens in toenemende mate van belang. Voor transport wordt vooral kracht uit vloeibare fossiele brandstoffen gevraagd. De energiesector converteert energiebronnen in bruikbare producten (zoals warmte, koude, brandstoffen, elektriciteit) en transporteert deze.

De energiesector speelt een cruciale rol in de verduurzaming, door eigen besparingen (conversiewinst), het vermijden van verliezen en door gebruik te maken van duurzame bronnen. Daarnaast is het mogelijk decentraal (bijvoorbeeld op gebouwen) duurzame energie op te wekken.

De kwaliteit van warmte wordt bepaald door het dragende medium en het temperatuurniveau. Hoe hoger het temperatuurniveau, hoe hoger de kwaliteit (exergie).

Zo moet de warmte die door Twence aan Akzo Nobel wordt geleverd de vorm van stoom hebben, bij een zekere druk en dus temperatuur om bruikbaar te kunnen zijn voor de processen van Akzo Nobel (indamping). Deze energie (warmte) is hoogwaardiger dan de energie (warmte) die nodig is om gebouwen en woningen te verwarmen.

Warmte is een complex product omdat het moeilijk transporteerbaar is en hoge transportverliezen met zich meebrengt. Daardoor is warmte vooral een lokaal product, veel meer dan elektriciteit. Extra probleem: in tegenstelling tot de beeldvorming is warmte is nog steeds goedkoop op te wekken via aardgas, zeker voor grootverbruikers en WKK exploitanten.

De energiebesparing en de CO₂ reductie die door warmtedistributie wordt bereikt is sterk afhankelijk van:

- De manier waarop warmte wordt opgewekt, en de mate waarin sprake is van gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit (kracht)
- De gebruikte warmtebron of de gebruikte brandstof(fen).

Daarbij is het van belang om na te gaan met welke **referentie** men de energiebesparing en de CO₂ reductie vergelijkt. Bovendien blijkt het hierbij van belang of men de eventueel opgewekte elektriciteit in het totale energiesysteem a) exporteert of b) deze elektriciteit binnen het gebied zelf gebruikt. Een warmtesysteem – warmte(kracht) opwekking + warmtedistributie + warmtegebruiker, hierna te noemen: warmtesysteem – produceert een zekere hoeveelheid warmte en elektriciteit en heeft hiervoor een zekere hoeveelheid fossiele brandstof gebruikt en een zekere hoeveelheid CO₂ geproduceerd. Dit fossiele energiegebruik en deze CO₂ productie moet vergeleken worden met een zekere referentie, waarmee dezelfde hoeveelheid elektriciteit en warmte wordt geproduceerd. De bereikte duurzaamheid van het warmtesysteem in termen van energiebesparing en CO₂ reductie is dan:

- Energiegebruik referentie – energiegebruik warmtesysteem = energiebesparing
- CO₂ productie referentie – CO₂ productie warmtesysteem = CO₂ reductie

Bij, zoals gezegd, gelijke hoeveelheid geproduceerde nuttige warmte en elektriciteit. In feite wordt verondersteld, dat het (nieuwe) warmtesysteem de bestaande warmte- en elektriciteitsopwekking verdringt. Het is duidelijk dat het dan van belang is welke installaties men veronderstelt te verdringen. Hierover zijn op verschillende niveaus afspraken gemaakt.

De referentie voor warmte

Voor de opwekking van warmte wordt (het rendement van) de aardgasgestookte HR 107 combi ketel en de manier waarop deze wordt ingezet voor warmte opwekking (warm tapwater, ruimteverwarming in de verhouding 22/78) als uitgangspunt genomen.

De referentie voor elektriciteit

Voor het opwekken van elektriciteit wordt gescheiden opwekking als referentie gebruikt. Gescheiden opwekking wil zeggen: de elektriciteit wordt opgewekt in een elektriciteitscentrale, waarbij de warmte die bij de elektriciteitsopwekking vrijkomt, verloren gaat. De keuze van de brandstof bepaalt in hoge mate het rendement van opwekking – en daarmee de brandstofbehoefte per opgewekte eenheid elektriciteit (kWh). De keuze van de brandstof bepaalt ook de CO₂ productie per kWh, door het koolstofgehalte van de brandstof en door het rendement – dat dus vooral wordt bepaald door de brandstofkeuze.

Als referentie wordt meestal uitgegaan van de Nationale Brandstof Mix 2013 [5]. Dit levert een zeker primair energiegebruik en CO₂ productie per kWh op. De voorziene brandstofmix voor 2020 (meer duurzaam – biomassa, zon, wind, minder kolen, centrales met een hoger rendement) geeft een lager primair fossiel energiegebruik en een lagere CO₂ uitstoot per kWh. De aardgasgestookte centrale met hoog rendement (STEG – installaties met een Gasturbine, afgassenketel en Stoomturbine) kan ook als referentie genomen worden. Dit is vooral relevant als het beoogde warmtesysteem op aardgas wordt gestookt (*brandstof –op– brandstof* vergelijking).

Er zijn dus drie referentie systemen voor de waardering van elektriciteit:

Referentie	Primair energiegebruik (MJ) per kWh [MJ/kWh]	CO ₂ uitstoot per kWh [kg/kWh]
Gescheiden opwekking NBM 2013	8,372	0,565
Gescheiden opwekking NBM 2020	6,545	0,430
Gescheiden opwekking aardgas STEG	6,545	0,368

De invloed van export van elektriciteit en warmte buiten het beschouwde voorzieningsgebied

Volgens de EPG en EMG [8] maakt het voor het aan te houden rendement voor elektriciteitsopwekking uit of de opgewekte elektriciteit in het warmtesysteem in het gebied² zelf wordt gebruikt.

Referentie	Rendement (OW) bij elektriciteitsgebruik <i>binnen het gebied</i> (primair energiegebruik: MJ/kWh, CO ₂ productie: kg/kWh)	Rendement (OW) bij <i>export</i> van elektriciteit buiten het gebied (primair energiegebruik/kWh, CO ₂ productie/kWh)
NBM 2013	43% (8,372/0,545)	56% (6,428/0,418)
NBM 2020	55% ³ (6,545/0,430)	56% (6,428/0,418)
Aardgas STEG	55% ⁴ (6,545/0,368)	56% (6,428/0,361)

De gedachte achter dit onderscheid is, dat, als import wordt verdrongen door afzet in eigen gebied, er rekening moet worden gehouden met een vermindering van de afzet en dus de productie van elektriciteit met het gemiddelde rendement en de geldende brandstofmix van bestaande installaties. Bij export komt er 'nieuw' vermogen op de markt, dat moet concurreren met de nieuwste en dus beste technologie. Bovendien is de veronderstelling dat dit vermogen voorziet in de stijgende elektriciteitsvraag, en dus dat bestaande vermogen (centrales) niet verminderen in hun productie. Export veronderstelt dus een stijgend (nationaal) elektriciteitsgebruik, import veronderstelt een gelijkblijvend (nationaal) elektriciteitsverbruik.

In de praktijk zal het – door de liberalisering van de markt – afhangen van een groot aantal (extra) factoren of de opgewekte elektriciteit in het gebied kan concurreren met elders opgewekte elektriciteit. Ook de netcapaciteit – is de opgewekte elektriciteit wel exporteerbaar? – speelt een rol. Over het referentie rendement en de referentie CO₂ emissie van elektriciteitsopwekking zijn zeer veel discussies, ook en vooral vanwege de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt. In geval van het warmtenet Enschede wordt uitgegaan van dat alle elektriciteit in het gebied zelf wordt gebruikt. Dit leidt tot de situatie dat de energiebesparing en de CO₂ reductie bij eenzelfde warmtesysteem dus hoger dan uitgegaan was van export van de geproduceerde elektriciteit van dit warmtesysteem.

Als voor warmte dezelfde prijs wordt aangehouden als de equivalente aardgasprijs (de prijs van 1 GJ warmte is gelijk aan de prijs van 1 GJ verbrandingswaarde aardgas) dan is warmtedistributie in het algemeen duurder dan aardgasdistributie (situatie per medio 2013). Warmtedistributie kan echter duurzamer zijn dan aardgasdistributie door het inzetten van duurzame brandstoffen of geothermie en de warmteopwekking te combineren met elektriciteitsopwekking. Het duurzamer zijn is de economische rechtvaardiging van warmtedistributie, en daarom hét criterium om de duurzaamheid goed te wegen ten opzichte van alternatieven (besparing, warmtepompen, zonnepanelen, etc.). Daarom is het van belang dat de producent van de warmte en de exploitant van het warmtesysteem vooraf (ontwerp) en achteraf (bedrijfsvoering) verantwoording afleggen over de duurzaamheid van de geleverde warmte bij de eindgebruiker. Belangrijke grootheden hiervoor zijn :

- Equivalent opwekkingsrendement
- CO₂ index

² Meestal wordt hier een gebied met een straal van 10 km rond de W/K centrale als bron van het warmtesysteem aangehouden.

³ In de laatste versie van de Uniforme Maatlat is 60 % aangenomen

⁴ In de laatste versie van de Uniforme Maatlat is 60 % aangenomen

Beiden moeten 'beter' zijn dan de referentiewaarden, gebaseerd op individuele verwarming met aardgas. Dat wil zeggen dat voor de opwekking van 1 GJ warmte minder primaire energie wordt gebruikt dan voor de opwekking van 1 GJ warmte uit aardgas, en dat de CO₂ productie hiervan ook lager is dan van de warmte opwekking uit aardgas, waarbij uiteraard de elektriciteit uit de gecombineerde opwekking van warmte en kracht medebepalend is voor het equivalent opwekkingsrendement. De relatie equivalent opwekkingsrendement en CO₂ index hoeven niet evenredig te veranderen in verband met het feit dat voor elektriciteitsopwekking brandstoffen met een onderling verschillende CO₂ index worden gebruikt.

In de gemeente Enschede is een stelsel van lokale warmtenetten aanwezig, die min of meer los van elkaar opereren. Deze warmtenetten maken allen gebruik van aardgas als warmtebron. In de meeste gevallen wordt gebruikt gemaakt van warmte/ kracht koppeling.

Recent wordt warmte van de AVI Twence gebruikt via de hoofdcentrale (WKC) van ELES (Essent Local Energy Solutions). Daardoor is het noodzakelijk dat er gezocht wordt naar nieuwe afnemers van deze warmte, zie [1][2].

In de gemeente Hengelo is een warmtenet in ontwikkeling, waarbij o.a. sprake is van een gemeentelijk warmtebedrijf, waarbij op voorhand vooral bedrijven worden aangesloten.

Gezien de kosten van een warmtenet en de daar tegenoverstaande baten is de aanleg van een warmtenet niet zonder meer vanzelfsprekend. Bovendien zijn de risico's betrekkelijk groot doordat er een trend zichtbaar is van verminderde warmte afname en verminderde (nieuw)bouw. Tenslotte wordt de warmteprijs via de warmtewet (NMDA) aan de aardgasprijs (die in een geliberaliseerd stelsel niet zonder meer opgevat kan worden als 'de' aardgasprijs, door marktwerking) is gekoppeld.

Warmtedistributie past vooral goed bij grote projecten met een hoge warmte afzetdichtheid, met een langdurig perspectief op ruime afzet van warmte.

Warmte wordt nu vooral opgewekt door de verbranding van aardgas in lokale HR ketels. Hiermee wordt een fossiele brandstof gebruikt die netto CO₂ uitstoot veroorzaakt, eindig is en (dus) erg duur kan worden. Tot op heden is dit echter slechts in beperkte mate het geval, ook door het feit dat de aardgasprijs inmiddels losgekoppeld is van de veel sneller stijgende olieprijs.

Indien het aandeel van de bijstook met hulpketels laag is en ook de netverliezen niet te hoog zijn, kan de CO₂ index van warmte uit gasgestookte WKK lager zijn dan met HR ketels en gescheiden opwekking van Elektriciteit in STEG installaties. Deze CO₂ index kan nog verder verlaagd (= verbeterd) worden door (deels) biogene brandstoffen te gebruiken in AVI's (Twence). Zoals gezegd wordt deze CO₂ index van warmte niet alleen bepaald door het ontwerp van de installatie, maar ook door de manier waarop de installatie wordt bedreven.

De vraag of de aanleg/uitbreiding van een warmtenet in Enschede (i.s.m. Hengelo, Twence, ELES) een economisch rendabele, ecologisch rendabele (= de investeringen zijn gunstig t.o.v. concurrerende duurzame opties met gelijk warmteresultaat) en juridisch haalbare activiteit is hangt af van vele factoren. Last but not least: warmtedistributie moet geaccepteerd worden door de afnemers.

De Gemeente Enschede heeft aan Saxion gevraagd om de duurzaamheid van het huidige warmtesysteem en van het mogelijk toekomstige warmtesysteem te beoordelen. Cruciaal is daarbij de vraag in hoeverre het uit oogpunt van duurzaamheid zinvol is de huidige lokale warmtesystemen te verbinden tot één netwerk.

In de volgende hoofdstukken wordt nagegaan wat de duurzaamheid van warmte uit het huidige warmtenetwerk is, en wat de effecten van uitbreidingen en het (verder) inkoppelen van warmte vanuit de lokale AVI (Twence) zijn.

2. Waar, hoe en waarom warmtedistributie ?

De prestatie van warmtelevering via een distributienet kan worden uitgedrukt is een equivalent opwekrendement. Een equivalent opwekrendement groter dan het opwekrendement met aardgas als brandstof betekent dat de warmtevoorziening duurzamer is dan traditionele warmtevoorziening (met aardgas).

Het is echter van het grootste belang dat dit equivalent opwekrendement wordt gemonitord, omdat dit rendement niet alleen afhankelijk is van het ontwerp van opwekinstallaties, de distributie en de vraagprofielen bij de eindgebruiker, maar ook hoe met deze energieketen wordt omgegaan. Vier factoren zijn cruciaal:

- De jaarvraag naar warmte (GJ/jaar)
- De duurzaamheid van de ingezette brandstoffen of bronnen anderszins
- De mate waarin elektriciteit wordt opgewekt en opgewekt kan worden
- De verliezen die in het net optreden.

De verliezen van het net zijn – bij een zeker gekozen temperatuurniveau – min of meer constant. Voor de meeste netten geldt, dat de verliezen tussen 25 en 30 % van de geproduceerde warmte liggen. Dit betekent dat het equivalent opwekrendement stijgt bij een stijging van de warmte afzet en daalt bij een daling van de warmte afzet. Meer elektriciteitsopwekking zal het equivalente opwekrendement doen stijgen, evenals een verhoging van de duurzaamheid van de ingezette brandstoffen.

Naast het wegen van de CO₂ index van de warmte is het nuttig ook de, zowel de fossiele als de niet-fossiele, energie index van de warmte te wegen. Immers, een biomassa gestookt warmtenet dat zeer veel duurzame warmte verliest, zal nog steeds een gunstige CO₂ index hebben, doch gaat niet effectief met de (schaarse) biomassa om.

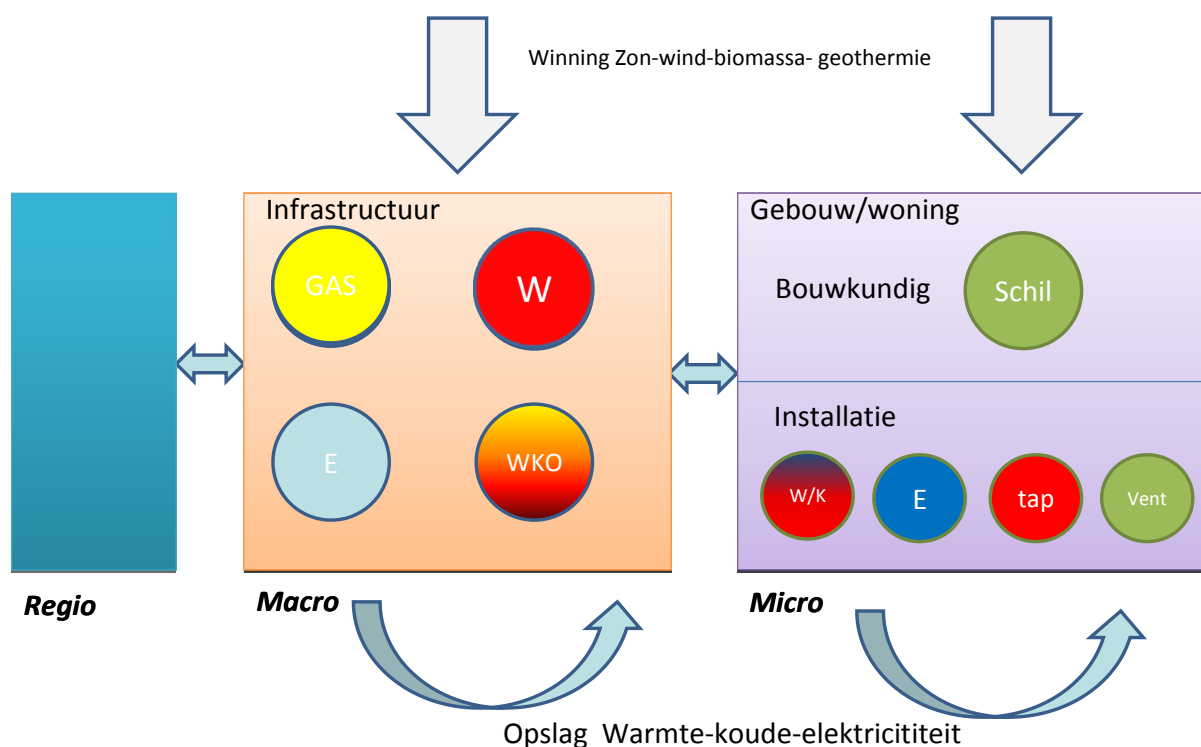
Warmtevoorziening gebouwde omgeving – nieuwbouw

De hoeveelheid energie die wordt ingezet om woningen en gebouwen te verwarmen daalt al jaren, zowel absoluut als specifiek, per m² woning/gebouwoppervlak. Door het toepassen van zgn. passiefbouw [13] kan de warmtebehoefte vervolgens zeer sterk worden teruggebracht. Een doorsnee woning (100 – 120 m²) zal dan een warmtebehoefte voor ruimteverwarming hebben van 200 Nm³ aardgas (200 aardgasequivalenten). Nu is dat ongeveer 1450 Nm³ (gemiddeld Nederland). Voor tapwater zullen beide woningen ongeveer 300 –350 Nm³ aardgas gebruiken. Deze laatste post kan nog verder worden teruggebracht door de douche WTW en toepassing van een zonneboiler, al dan niet in combinatie met een warmtepomp(boiler).

Om aan de bouwregelgeving van 2015 te kunnen voldoen is per 1 januari 2015 een EPC waarde van 0,4 vereist. Omdat er nogal wat forfaitaire posten zijn opgenomen (o.a. voor verlichting) moet de warmtevraag voor ruimteverwarming en warm tapwater relatief sterk worden teruggebracht om deze EPC waarde te bereiken. Het bouwen volgens de passief norm [13] is een mogelijkheid om de warmte voor ruimteverwarming sterk terug te dringen.

Bij nieuwbouw is het van belang dat de Trias Energetica wordt gevolgd. De meerkosten van passiefbouw ten opzichte van traditionele bouw bedragen op dit moment ongeveer 10.000 tot 15.000 euro [14]. Dit betrekkelijk hoge bedrag wordt echter vooral veroorzaakt door de (nog) kleinschalige toepassing van passiefbouw. In het licht van de vereiste EPC = 0,4 in 2015 is deze investering echter verantwoord doordat hij in de exploitatiefase wordt terugverdiend, zelfs bij gelijkblijvende energieprijzen. Zoals gezegd kunnen de meerkosten van passiefbouw dalen, terwijl de energiekosten waarschijnlijk zullen stijgen. Er is dus een gerede kans dat passiefbouw op den duur aantrekkelijker wordt dan thans.

Dashboard energieketen



Figuur 2.1 Om de bestaande gebouwde omgeving te verduurzamen kan aan vele knoppen worden gedraaid

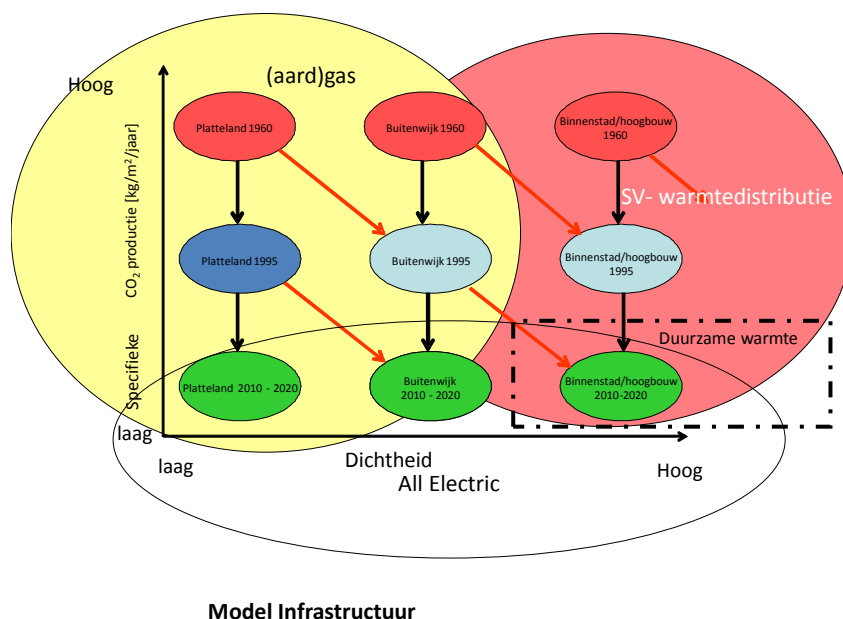
Om de fossiele inzet van de resterende warmtevraag verder te verminderen is het mogelijk om a) warmtepompen of b) duurzame warmte via een warmtedistributiesysteem in te zetten. De economie van beide systemen is nogal problematisch vanwege het lage warmteverbruik en dus de warmtekosten ten opzichte van de investeringen. Voor warmtedistributie geldt bovendien, dat er een duurzame warmtebron in de buurt dient te zijn. Om een EPC van 0,4 te bereiken mogen externe duurzaamheidsmaatregelen worden ingezet, echter deze waarde mag maar voor 1/3 bereikt worden door deze externe maatregelen. Zo zal een zekere woning zonder inzet van duurzame gebiedsmaatregelen (bv een duurzaam warmtenet) een maximale EPC waarde mogen hebben die 1/3 hoger ligt dan 0,4, dus een EPC waarde (op 'gebouwschil' niveau) van 0,532 mogen hebben. De warmtekosten van deze woning zullen dus (bij gelijke tarieven, NMDA) ook hoger liggen, hetgeen gecompenseerd moet worden door de lagere investeringskosten van de woning door de hogere EPC waarde (0,532 ipv. 0,4). Dit laatste geldt mutatis mutandis ook voor (utiliteits)gebouwen.

Warmtevoorziening gebouwde omgeving – bestaande bouw

Ook in de bestaande bouw dient men in principe de Trias Energetica te volgen. Het verminderen van het warmteverbruik – behalve door het verbeteren van installaties en regelingen – zie [13] is echter vaak zeer kostbaar en is eigenlijk alleen verantwoord als renovatie 'toch al' aan de orde is. De toepassing van warmtepomp/ WKO systemen in de bestaande bouw is vaak nogal complex omdat het verwarmingssysteem voor hoge temperaturen is ontworpen en de warmtevraag aan de hoge kant is. De eerste factor is ongunstig voor de investeringskosten en de tweede factor is ongunstig voor de exploitatiekosten.

In deze situatie is de toepassing van duurzame hoge temperatuur warmte via een warmtedistributiesysteem aantrekkelijk, tenminste als is voldaan aan de eis dat de dichtheid van de bouw redelijk hoog is (stedelijk – hoogstedelijk).

Zoals bekend, worden op dit moment weinig nieuwe woningen en gebouwen ontwikkeld. De verduurzaming van de bestaande bouw is dus des te meer aan de orde. Om bovengenoemde redenen is distributie van duurzame warmte dus interessant, zeker voor gebieden met hoge bouwdichtheid.



Figuur 2.2 Trends: 1) vermindering van specifiek energiegebruik (MJ/m²) – zwarte pijlen – en 2) verdichting van de gebouwde omgeving – rode pijlen. Warmtedistributie vraagt om hoge dichtheden en kan zich alleen handhaven door een hogere duurzaamheid dan warmte uit aardgas.

Warmtevoorziening nieuwe industriële processen of glastuinbouw

Bij de warmtevoorziening van nieuw te bouwen processen moet allereerst de Trias Energetica worden toegepast, door een uitgekiend ontwerp. Als de warmtevraag na toepassing hiervan nog substantieel is, dan komt duurzame warmtevoorziening zeker in aanmerking. Een en ander is afhankelijk van de beschikbaarheid van een duurzame bron en de dichtheid van de warmtevraag. Industriële gebruikers van warmte zijn op zich ideaal voor warmtedistributie omdat de warmtevraag vaak het hele jaar constant is. Daardoor kunnen de (capaciteitsbepaalde) kosten van de netaanleg met vele verkochte eenheden warmte (GJ) worden terugverdiend.

Warmtevoorziening bestaande industriële processen of glastuinbouw

In het geval van bestaande processen zijn radicale procesaanpassingen om het energieverbruik te reduceren vaak niet haalbaar. Om deze reden is aansluiting op een duurzame warmtevoorziening vaak een goede methode om te verduurzamen. Een mooi voorbeeld is de koppeling van Twence en Akzo Nobel (zout indamping). Hier is aan alle voorwaarden voldaan voor een succesvolle toepassing:

- Korte afstand tot de bron
- Hoge warmtevraag, jaar rond
- Goede fit temperatuurniveau gevraagde en beschikbare warmte

Het is om die reden niet verwonderlijk dat de huidige stoomlevering (415.000 ton/jaar, ongeveer 960.000 GJ/jaar bij een condensaatretourtemperatuur van 120 °C) per 1 januari 2013 wordt uitgebreid tot 650.000 ton/jaar, ongeveer 1.500.000 GJ/jaar [15]. Bovendien studeren de twee bedrijven (Twence en Akzo Nobel) op een verdere uitbreiding naar 1.130.000 ton stoom per jaar, ongeveer 2.621.500 GJ/jaar [15].

Hoewel een goed inzicht in de energiehuishouding van Akzo Nobel en Twence nodig is om dit te beoordelen, is het aannemelijk⁵ dat op bovengeschetste wijze de hoogste CO₂ reductie per geïnvesteerde euro kan worden bereikt die met de inzet van de duurzame warmte van Twence mogelijk is, en dat de maatschappelijke kosten baten analyse in deze richting wijst. Dit hoeft echter niet te betekenen dat de benodigde investeringen door de betrokken bedrijven verantwoord wordt bevonden, ook omdat andere investeringen 'nog aantrekkelijker' kunnen zijn.

⁵ De energiehuishouding van beide bedrijven is vertrouwelijk en (dus) niet beschikbaar.

3. Waardering van (duurzame) warmte in de energieprestatie normering in gebouw- en gebiedsniveau

Er zijn grosso modo drie methoden om warmtedistributie te waarderen:

1. De EMG (Energie Maatregelen op Gebiedsniveau, NVN 7125) [8]
2. De Uniforme Maatlat voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw [5,6]
3. De uniforme maatlat voor de industrie [7]

Deze drie methoden zijn sterk aan elkaar gelieerd. Ze bezitten alle drie een rekenmodel om de duurzaamheid van warmte te berekenen in een concrete situatie. Hierbij wordt de situatie met de te onderzoeken warmteketen (met of zonder WKK) vergeleken met een referentie situatie, waarbij dit referentie systeem evenveel energie output (dezelfde hoeveelheid warmte en dezelfde hoeveelheid elektriciteit) levert als het te onderzoeken systeem.

Voor warmte wordt hierbij de HR ketel als referentie systeem gebruikt, voor elektriciteit de qua rendement gemiddelde elektriciteitscentrale die wordt gestookt met de gemiddelde brandstofmix (NBM – nationale brandstof mix). WKK installaties vormen geen onderdeel van de referentie, hoewel circa 1/3 van de in Nederland gebruikte elektriciteit afkomstig is van WKK eenheden. Voor de rendementen van deelininstallaties (warmtepompen, AVI's, piekketels, WKK installaties, etc.) worden normrendementen gehanteerd.

Overigens is in deze studie uitgegaan van a) de werkelijke energieproductie (elektriciteit en warmte) en b) de brandstof verbruiken van het warmtesysteem van Enschede om een oordeel te vormen over de duurzaamheid van de warmte van het bestaande systeem. Op basis hiervan, en op basis van de genoemde methoden is berekend wat de equivalente opwekrendementen van eventuele toekomstige systeemuitbreidingen kunnen zijn.

In afwijking van bovengenoemde methoden is ook rekening gehouden met het opwekrendement van de state of the art aardgasgestookte elektriciteitscentrale (STEG) in plaats van met de gemiddelde elektriciteitscentrale met de NBM, zoals in de EMG en de uniforme maatlat wordt gehanteerd.

Dit heeft de volgende reden:

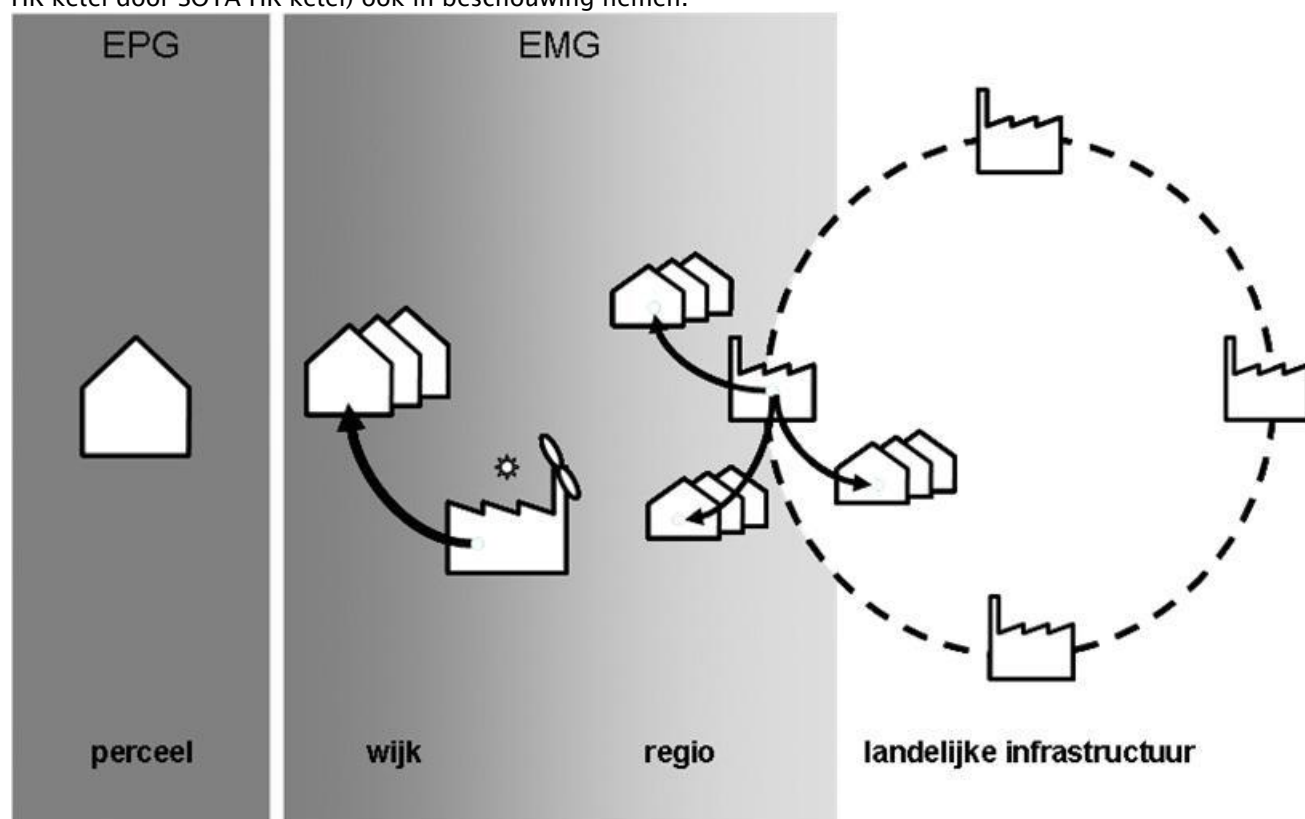
- Stel, men wil een gebied voorzien van elektriciteit en warmte, met uitsluitend aardgas als energiebron. Stel men heeft X eenheden elektriciteit en Y eenheden warmte nodig. De rendementen volgens de EMG zijn 0,39 (NBM 2013) resp. 0,95 (HR ketel, opwekrendement overigens ook afhankelijk van de woningen en gebouwen). Dit betekent dat men refereert aan $2,56 * X + 1,05 * Y$ eenheden primaire energie.

Het werkelijke rendement van elektriciteit uit aardgas bedraagt echter 0,5, met als gevolg dat het werkelijke primaire energiegebruik $2 * X + 1,05 * Y$ bedraagt. Hoe hoger de elektriciteitsvraag, des te groter het verschil in primair energiegebruik.

Het verschil in CO₂ productie is nog groter omdat de brandstof aardgas minder CO₂ per MJ produceert dan de NBM.

Men bereikt hier dus een reductie van energiegebruik (een hoger equivalent opwekkingsrendement) en CO₂ uitstoot, niet door toepassing van een warmtenet, maar door de inzet van de brandstof aardgas als basis voor de elektriciteitsopwekking. Dit kan niet de bedoeling zijn. Om deze reden wordt, als aardgas wordt ingezet voor de opwekking van elektriciteit (via WKK of gescheiden), het werkelijk rendement van state of the art aardgasgestookte elektriciteitscentrales gebruikt (ca 50 %). Dit wordt de brandstof-op-brandstof vergelijking genoemd. Alle genoemde brandstoffen zijn op bovenwaarde (BW) gewaardeerd, en dus ook de genoemde rendementen.

Een ander punt van kritiek is, dat de aangehouden opwekrendementen voor ruimteverwarming (85%) en warm tapwater (80%) vanuit aardgas in de Uniforme Maatlat [5] aan de lage kant zijn, waarschijnlijk omdat men bewust niet is uitgegaan van state of the art (SOTA) HR ketels. In dit geval is het van belang of men een bestaande woningen van warmtedistributie voorziet, of nieuwe woningen. In dat laatste geval moet men met hogere opwekrendementen rekening houden (95 – 97 % voor ruimteverwarming en ca 90 % voor warm tapwater). Bij aansluiting van bestaande bouw moet men het alternatief (vervangen HR ketel door SOTA HR ketel) ook in beschouwing nemen.



Figuur 3.1 In reikwijdte van de EMG ten opzichte van de EPG

Invloed van de benutting van het warmtenet op het equivalent opwekkingsrendement

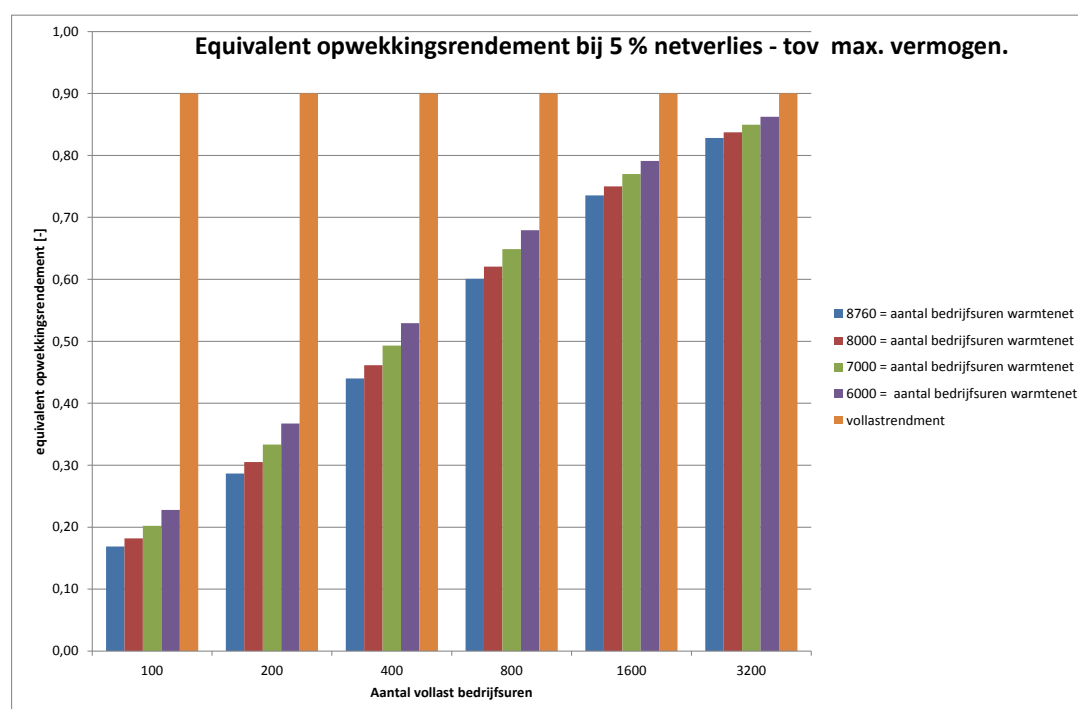
Naarmate het warmtenet minder benut wordt – bijvoorbeeld doordat het aantal aansluitingen daalt of de isolatiegraad van de aangesloten gebouwen stijgt – dan zal relatief steeds meer warmte worden gebruikt om het net op temperatuur te houden. Daarmee daalt het equivalent opwekkingsrendement. Dit is op te vangen of zelfs te verminderen door het aantal aansluitingen te laten stijgen. Door het stijgend aantal aansluitingen zal het warmtenet meestal groter worden waardoor de netverliezen weer

stijgen. In sommige gevallen is dit effect te compenseren door het toepassen van een ‘Smart Heat Grid’⁶.

Uiteraard is het achterwege laten van isolatie geen optie, uit duurzaamheidsoverwegingen en uit oogpunt van warmtekosten voor de eindgebruiker (NMDA).

Bij een ontwerp of een uitbreiding van een warmtenet moet dus zeer kritisch gekeken worden naar de toekomstige isolatiegraad van de aangesloten gebouwen, vanwege het risico van een lager equivalent opwekkingsrendement in de toekomst.

Onderstaande figuur 3.2 geeft het effect van het verminderen van de afgegeven warmte – uitgedrukt in vollast uren – in een warmtenet. Ook de uren dat de installatie in bedrijf is speelt een rol. Een zomerstop van een warmtenet (indien mogelijk) verhoogt het equivalent opwekkingsrendement. De W/K effecten zijn niet opgenomen in deze figuur 3.2 .



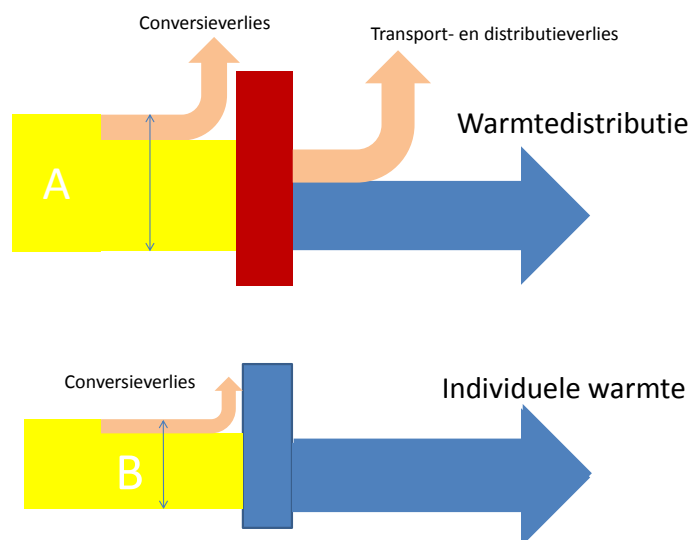
Figuur 3.2 het Equivalent opwekkingsrendement (zonder W/K effecten) daalt bij afnemende warmte afzet.

⁶ Met een smart heat grid wordt een optimale temperatuursturing toegepast, in combinatie met (locale) buffering om a) de bestaande netcapaciteit zo goed mogelijk te benutten en b) om de netverliezen zo laag mogelijk te houden

4. Duurzame warmte (distributie) nader beschouwd

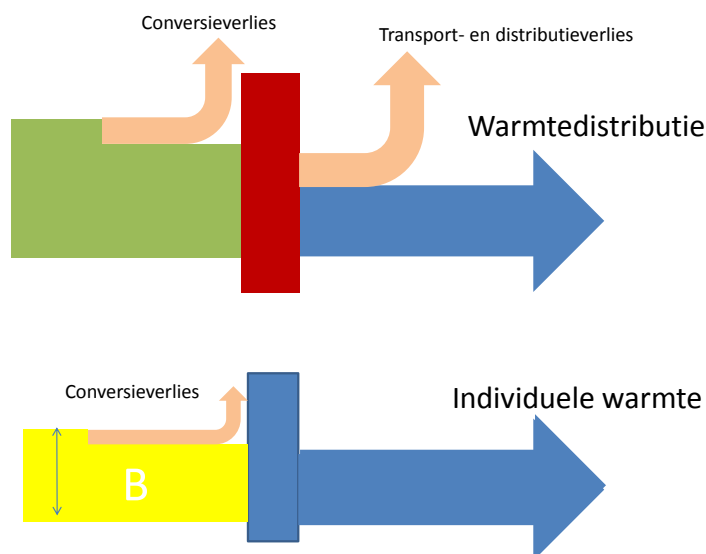
Zoals reeds gesteld, zijn warmtenetten op zich niet duurzaam. De bronnen (brandstoffen) die worden ingezet, de mate waarin de exergie van de brandstoffen wordt omgezet in elektriciteit en de netverliezen bepalen het equivalent opwekkingsrendement en dus de bereikte duurzaamheid.

Onderstaand voorbeeld (figuur 4.1) geeft aan dat een aardgasgestookt warmtenet zonder WKK een negatieve duurzaamheidsbijdrage veroorzaakt doordat er meer primaire energie moet worden ingezet. Doordat de gemiddelde systeemtemperatuur bij centrale warmtedistributie ketels hoger moet zijn dan bij individuele verwarming zijn de opwekkrendementen van centrale ketels lager dan van de individuele ketels. Bovendien treden er aanzienlijke distributieverliezen op buiten de woning, in de orde van 25 – 30 % van de opgewekte warmte. Het equivalent opwekkrendement van het centrale systeem bedraagt ca 67,5 % (90 % opwekkrendement en 25 % distributieverlies) ten opzicht van 93 % voor de SOTA referentie. In beide gevallen moet wel rekening gehouden worden met de benodigde hulpenergie van het warmtedistributiesysteem (pompen) en van de HR ketel (pomp, ventilator, elektronica), die voor SOTA HR ketels echter gering is (ca 50 –70 kWh/jaar).



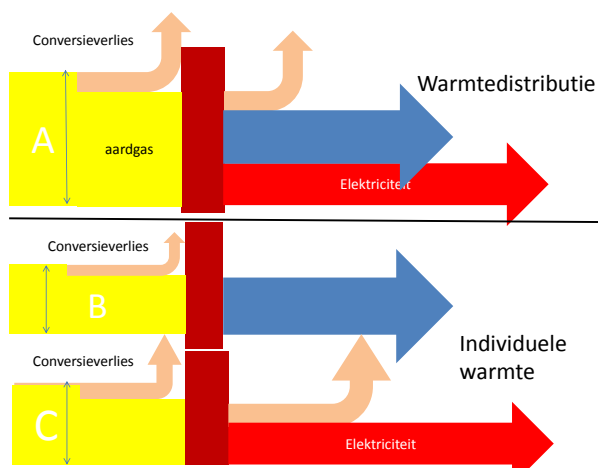
Figuur 4.1 Warmtedistributie met centrale ketel. $A > B$

Het equivalent opwekkrendement wordt betrokken op de inzet van fossiele energie. Door de fossiele brandstof geheel of gedeeltelijk te vervangen kan men het equivalent opwekkrendement sterk verbeteren. Als de bron volledig duurzaam is en de pompenergie wordt duurzaam opgewekt, dan is een equivalent opwekkrendement = ∞ (oneindig) en een CO₂ index = 0 mogelijk.



Figuur 4.2 Doordat uitsluitend gebruik gemaakt wordt van duurzame warmte (groen) is het equivalent opwekrendement oneindig

Een andere manier om het equivalent opwekrendement te laten stijgen is het gecombineerd opwekken van warmte en elektriciteit. Doordat elektriciteit wordt opgewekt stijgt het primair energieverbruik, maar deze stijging kan minder zijn dan de hoeveelheid primaire energie die elders ingezet moet worden om dezelfde elektriciteit op te wekken. In onderstaande situaties wordt steeds evenveel elektriciteit en warmte opgewekt.



Figuur 4.3 Warmtedistributie wordt gecombineerd met elektriciteitsopwekking.

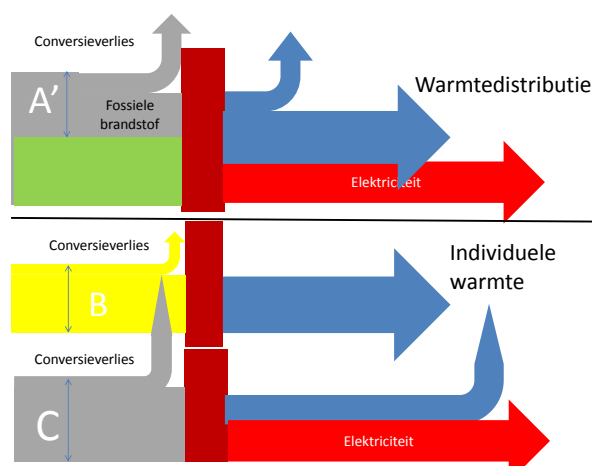
Dit levert besparingen op als $B+C > A$. A kan verminderd worden door verlaging van de temperatuur van de warmte en/of door andere opwektechnieken (o.a. STEG) waardoor de elektrische opbrengst stijgt en uiteraard het verminderen van de distributieverliezen. Ook het verminderen van de bijstook (effectief: meer elektriciteit uit dezelfde hoeveelheid aardgas) levert een bijdrage om A te verlagen. B kan verlaagd worden door SOTA HR ketels toe te passen, hoewel hier het maximum haalbare wel ongeveer bereikt is in 2013. Het verbeteren van het rendement van gescheiden opwekking vermindert C.

In het geval van de bestaande warmtenetten in Enschede hielden B+C en A elkaar in evenwicht. Er is sprake van een zeer geringe besparing door WKK + warmtedistributie. Het geringe verschil wordt veroorzaakt door de combinatie van het distributieverlies en het relatief grote aandeel bijstook door de hulpketels. Deze tabel illustreert dat warmtedistributie tot energiebesparing kan leiden (vooral als het gebruikte aardgas vooral wordt ingezet voor elektriciteitsvoorziening en alle warmte nuttig wordt afgezet), maar dat deze besparing in ongunstige gevallen kan omslaan in een extra energiegebruik ten opzichte van de referentie. Bijvoorbeeld als de distributieverliezen toenemen.

Tabel 4.1

Referentie			
	Jaarverbruik	Ketel afnemer	Referentie
	totaal	gasverbruik	emissie
	GJ	Nm3/jr	ton CO2/jr
	633.067	21.054.860	37.851
Emissie WKC incl ketels			
	productie in GJaardgas equivalent		ton CO2/jr
WKC	375.694	4.705.883	8.460
hulpketels	481.358	16.009.248	28.780
totaal	857.052	20.715.130	37.240
Netverlies	26%		
netto warmte	633.067	20.715.130	37.240

Vervolgens kan de inzet van fossiele brandstof in de WKK verminderd worden door biogene bijstook. Figuur 4.4 geeft dit weer. Dit is in feite een sterk vereenvoudigde weergave van de huidige warmtelevering door de WKC + Twence.



Figuur 4.4 Huidige situatie met warmtelevering door Twence A' zal over het algemeen veel lager zijn dan B + C.

In dit geval wordt het equivalent opwekkendement extra gunstig – ten opzichte van de aardgasgestookte WKK– doordat in dit geval geen aardgas wordt ingezet voor elektriciteitsopwekking, en om die reden rekening wordt gehouden met de landelijke brandstofmix + bijbehorend opwekkendement.

5. De huidige warmtevoorziening van Enschede met warmtedistributie

Door ELES (Essent Local Energy Systems) zijn gegevens beschikbaar gesteld met betrekking tot de huidige warmtenet. Deze gegevens worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Voor 2012 is een forecast afgegeven (De grote inkoop van Twence moet nog wel bevestigd worden door Twence).

Tabel 5.1

WKC Enschede		
	2011	2012
Productie W (inkoop ELES) GJ	687.943	723.626
Productie E (kWh)	221.000.000	49.000.000
Inkoop G (Nm3)	58.800.000	13.400.000
Inkoop W (Twence deel) GJ	347.938	573.205
Afzet W (klantniveau) GJ	503.913	506.497
Aantal aansluitingen	5229	5223

Tabel 5.2

Tattersal		
	2011	2012
Productie W (GJ)	19.216	20.763
Productie E (kWh)	762.997	437.582
Inkoop G (Nm3)	801.244	801.369
Afzet W (klantniveau) GJ	14.424	15.527
Aantal aansluitingen	560	560

Tabel 5.3

Roombeek		
	2011	2012
Productie W GJ	59.255	68.672
Productie E (kWh)	8.413.467	8.648.945
Inkoop G (Nm3)	3.171.578	3.343.633
Afzet W (klantniveau) GJ	42.761	49.696
Aantal aansluitingen	1063	1092

Tabel 5.4

Deppenbroek		
	2011	forecast 2012
Productie W (GJ)	6.494	7.263
Productie E	n.v.t.	n.v.t.
Inkoop G (Nm3)	226.901	258.741
Afzet W (klantniveau) GJ	5.270	5.947
Aantal aansluitingen	70	70

Onderstaande tabel laat de equivalente opwekrendementen zien. Tevens is duidelijk dat de waardering van de elektriciteit een belangrijke rol speelt, en dat het aandeel van Twence in de warmtevoorziening gemaximaliseerd moet worden.

Tabel 5.5

	2011	2012
Totaal GJ afgeleverd	566.368	577.667
Totaal opgewekte kWh	230.176.464	58.086.527
Primair E-NBM 2013 (GJ)	2.124.706	536.183
Primair E-aardgas (GJ)	1.657.271	418.223
Primair E-NBM 2020 (GJ)	1.657.271	418.223
Inzet aardgas GJ WKC	2.215.700	626.158
Pomp energieprimair E – NBM 2013 (WKC)	15.693	6.943
Pomp energieprimair E – aardgas (WKC)	12.240	5.415
Pomp energieprimair E – NBM 2020 (WKC)	12.240	5.415
Inzet warmte Twence	347.938	573.205
GJ primair/GJ Twence (incl. pompen, af WKC) NBM 2013	0,199	0,199
GJ primair/GJ Twence (incl. pompen, af WKC) NBM 2020	0,155	0,155
Primaire inzet Twence NBM 2013	69.313	114.188
Primaire inzet Twence NBM 2020	54.064	89.067
Equivalent opwekrendement E-NBM 2013	3,218	2,736
Equivalent opwekrendement E-aardgas	0,885	1,764
Equivalent opwekrendement E-NBM 2020	0,907	1,910

De CO₂ index van de warmte van Twence bedraagt 0,24 (warmte uit aardgas met 100 % rendement op bovenwaarde = 1). De door Twence opgegeven CO₂ index bedraagt 0,22. Hierin is echter het warmte opwekrendement van de referentie meegenomen, waardoor de werkelijke CO₂ index van Twence wat gunstiger is dan opgegeven (0,204 i.p.v. 0,22).

6. De toekomstige warmtevoorziening van Enschede met warmtedistributie

In de toekomst zal de warmtevoorziening van Twence (wellicht) worden uitgebreid. Het aantal klanten zal worden uitgebreid met 125.000 GJ/jaar, terwijl de kleinere WKK installaties uit bedrijf worden genomen en wordt overgeschakeld op warmte van AVI Twence. De WKC dient hierbij als hulpcentrale, waarbij tegenover warmtelevering altijd elektriciteitslevering staat (elektriciteit volgt warmte)

Tabel 6.1

Gecombineerde opwekking E+W			
WKC Enschede			
	2011	2012	Toekomst
Productie W op WKC + inkoop TWENCE	687.943	723.626	1.021.095
Productie E (kWh/jaar)	221.000.000	49.000.000	69.142.972
Inkoop G (Nm ³ /jaar)	58.800.000	13.400.000	18.908.486
Inkoop W (Twence deel) GJ/jaar	347.938	573.205	808.839
Productie W op WKC GJ/jaar	340.005	150.421	212.256
Afzet W (klantniveau) GJ/jaar	503.913	506.497	714.708
Aantal aansluitingen	5229	5223	
verlies W (GJ/jaar)	184.030	217.129	306.387
verlies als deel opwek(%)	27	30	30
verlies als deel netto warmte klant (%)	37	43	43

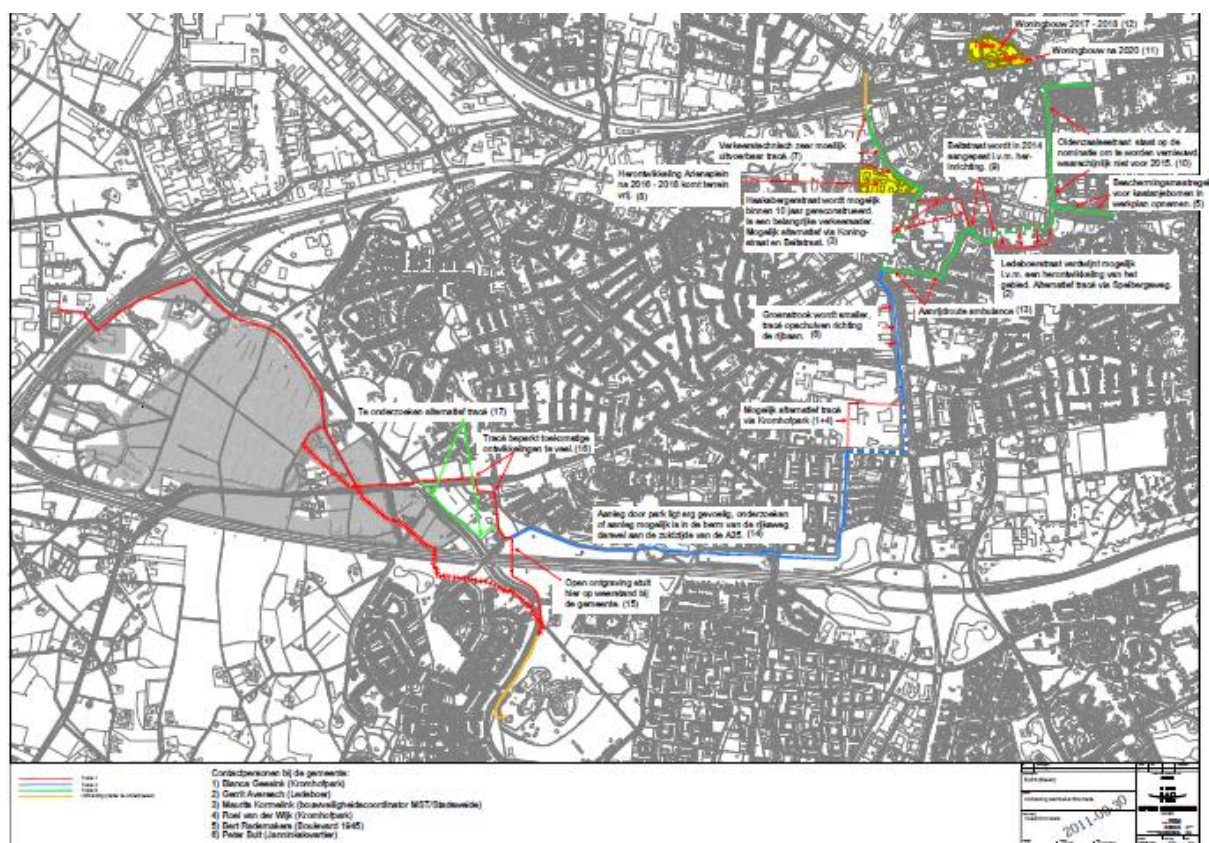
Het equivalent opwekrendement stijgt hierdoor verder, zie onderstaand. De bijstook via de WKC bedraagt ca 28,5 %. Voor de toekomst (laatste kolom in tabel 6) is de geprognostiseerde warmte afzet als uitgangspunt genomen. Er is daarbij uitgegaan van een proportionele stijging van de elektriciteitsproductie en warmteproductie door de WKC ten opzichte van 2012.

Onderstaande tabel geeft de belangrijkste resultaten weer van de warmte inzet in 2011, 2012 en in de toekomst, na uitbreiding van het warmtenet.

Tabel 6.2

	2011	2012	Toekomst
Totale inzet primair GJ	2.149.549	590.881	833.781
Totaal verschil (GJ/jaar primair) E-aardgas	26.333	352.250	504.881
Totaal verschil GJ/jaar primair E-NBM 2013	475.133	473.361	645.295
Totaal verschil GJ/jaar primair E-NBM 2020	46.658	354.076	504.881
Totale uitstoot CO ₂ (ton/jaar)	109.534	31.128	43.924
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-aardgas	591	16.605	23.828
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-NBM 2013	46.994	28.316	37.767
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-NBM 2020	18.423	21.180	29.157
Equivalent opwekkingsrendement HR aardgas	0,85	0,85	0,85
Equivalent opwekkingsrendement E aardgas	0,885	1,765	2,127
Equivalent opwekkingsrendement E-NBM 2013	3,218	2,739	3,615
Equivalent opwekkingsrendement E-NBM 2020	0,907	1,911	2,378
kg CO ₂ /GJ netto warmte referentie (HR aardgas)	59,54	59,54	59,54
kg CO ₂ /GJ netto warmte E aardgas	51,20	22,98	26,20
kg CO ₂ /GJ netto warmte E NBM 2013	-26,85	6,14	7,00
Ton CO ₂ /GJ netto warmte E NBM 2020	19,71	13,87	15,82

Om dit laatste te kunnen realiseren is het nodig dat het warmtenet wordt uitgebreid. Onderstaand kaartje laat zien hoe een en ander gerealiseerd zou kunnen worden.



7. De roadmap aanpak voor de warmtevoorziening van Enschede

Het equivalent opwekrendement – en dus de CO₂ reductie – van het huidige warmtesysteem in Enschede blijkt zeer afhankelijk van de warmtelevering van Twence. De huidige verhoogde inzet van deze warmte levert een aanzienlijke CO₂ reductie op. Bovendien stimuleert dit de warmte afzet van Twence. Onderstaande tabel 7.1 is ontleend aan het Twence duurzaamheidsverslag van 2011. Lijn 1–2–3 zijn de drie afvalverbrandingslijnen/ovens, de BEC is de Bio Energie Centrale.

Tabel 7.1

	2010		2011	
Afval input	lijn 1-2-3	BEC	lijn 1-2-3	BEC
huishoudelijk afval + bedrijfsafval				
Biomassa				
Elektriciteit				
Bruto E-productie	387,0	146,3	319,1	110,7
Levering aan openbare net	318,8	131,4	250,9	98,1
Eigen verbruik	68,2	14,9	68,2	12,7
Warmte				
Warmwater levering	61.200	0	342.000	0
Stoom levering	10.800	0	1.004.400	0

Deze tabel toont aan dat de warmte uitkoppeling vanuit Twence sterk in de lift zit. Zoals eerder aangegeven, is de uitkoppeling van warmte vanuit Twence naar Akzo Nobel waarschijnlijk de meest interessante optie, als gekeken wordt naar de investeringen die nodig zijn per gereduceerde ton CO₂. Hier zou primair naar gekeken moeten worden.

Omdat investeringen in het stedelijke warmtenet kostbaar zijn en bij NMDA warmteprijsen (vastrecht en GJ) over een lange periode terugverdiend moeten worden, is het van groot belang om de ontwikkeling van de warmtevraag goed in de gaten te houden. De op zich goede daling van de warmtevraag (= energiebesparing) kan zorgen dat het equivalent opwekrendement daalt, evenals de inkomsten door warmteverkoop. Een andere bedreiging is het stijgende opwekrendement en de dalende specifieke CO₂ emissie van de referentie elektriciteitsopwekking. Beide ontwikkeling zijn overigens gunstig voor elektrische warmtepompen.

Een en ander betekent, dat de ontwikkeling van de gebouwde omgeving de komende dertig jaar cruciaal is: veel (energetische) renovatie en nieuwbouw maakt duurzame warmte moeilijk, maar wanneer er niet veel wijzigingen komen, dan is duurzame warmte dé manier om te verduurzamen. Een mooi voorbeeld is de wijk Tattersal, waar reeds een lokaal warmtenet ligt: duurzame warmte kan hier de warmtevoorziening zonder ‘downstream’ maatregelen (aanpassingen in de woningen) verregaand verduurzamen. Wanneer de elektriciteitsvraag dekkend via PV op daken en op het belendende Polaroid terrein wordt opgewekt, dan ligt (bijna) energieneutraliteit binnen handbereik.

Innovatie

De warmteverliezen in het net kunnen overigens ook verminderd worden door een 'Smart Heat Grid' te ontwikkelen: lokale buffering van warmte in een tapwaterboiler kan de systeemtemperaturen gedurende een groot deel van de dag verlagen (via stooklijn), terwijl cascadering kan zorgen dat er meer warmte wordt afgezet per m³ heet water, en dus dat de relatieve netverliezen worden verlaagd. Cascadering van warmte van Akzo Nobel (zowel restwarmte afkomstig van indamping, als het retourcondensaat van de stoomlevering van Twence) kunnen interessante mogelijkheden bieden voor de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving.

Daarnaast speelt de 'begrazings' discussie: door biomassa naar de regio te importeren wordt in feite de duurzaamheidsresources van andere gebieden geconsumeerd. Binnen het GEN (gebieden Energie Neutraal) consortium dat naar toekomstige ontwikkelingen kijkt, is dit een 'hot item'. Doordat Nederland betrekkelijk weinig grond heeft en duurzame energie extensief is (veel grond is nodig voor de winning van een zekere hoeveelheid duurzame energie) dient ook uiterst zuinig te worden omgesprongen met de beschikbare 'continue' duurzame bronnen zoals biomassa. De beschikbare biomassa rond Enschede is vooralsnog volstrekt onvoldoende om in de lokale energievraag te voldoen.

Om ook daadwerkelijk duurzaam en lokaal in de energievraag van een gebied te voorzien is het derhalve noodzakelijk de vraag zover als enigszins mogelijk is te verminderen (zeer zuinige bouw, elektrisch vervoer) en tegelijkertijd de lokale duurzame bronnen zo goed mogelijk te benutten. Zon en wind zijn lokaal en in principe voldoende om de energievraag te dekken, maar zijn niet continu. Buffering op 24 uur basis van elektriciteit biedt mogelijkheden, maar niet om 'de winter door te komen'.

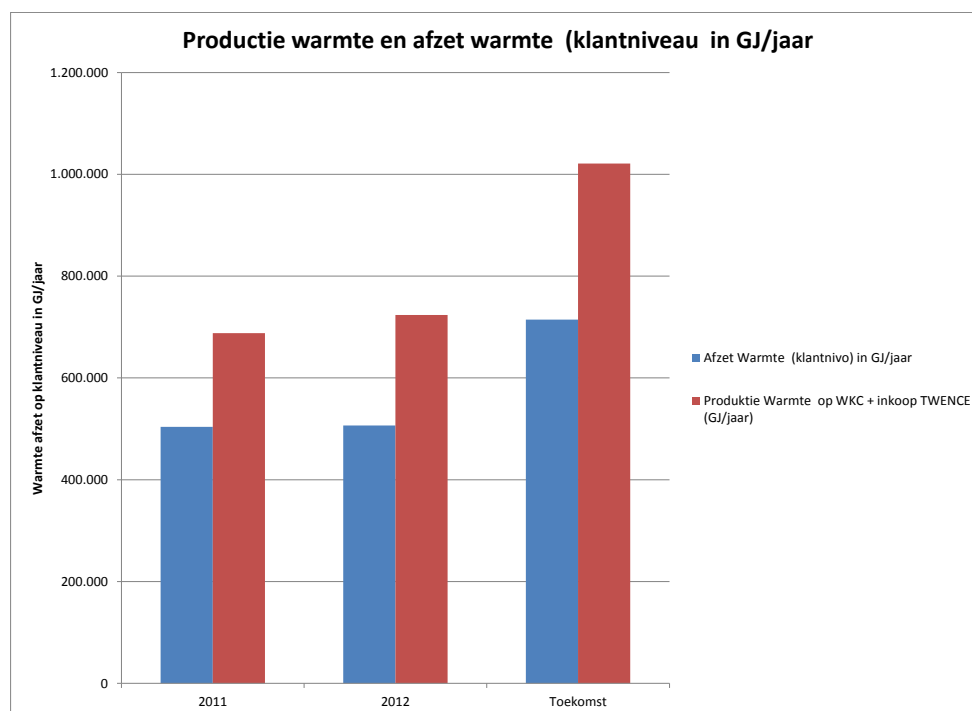
Geothermie is in de regio Enschede moeilijk, maar is wel een bron die én lokaal is, én continu en dus op termijn serieus genomen dient te worden. Overigens is ook voor de inzet van geothermie een warmtenet noodzakelijk. Wanneer bovenstaande maatregelen worden genomen, dan is wellicht de beschikbare biomassa voldoende om in de resterende continue vraag te voldoen

Hoewel kostbaar en zeer onzeker, moet op lange termijn ook rekening gehouden worden met zeer diepe geothermie voor warmte en elektriciteit opwekking.

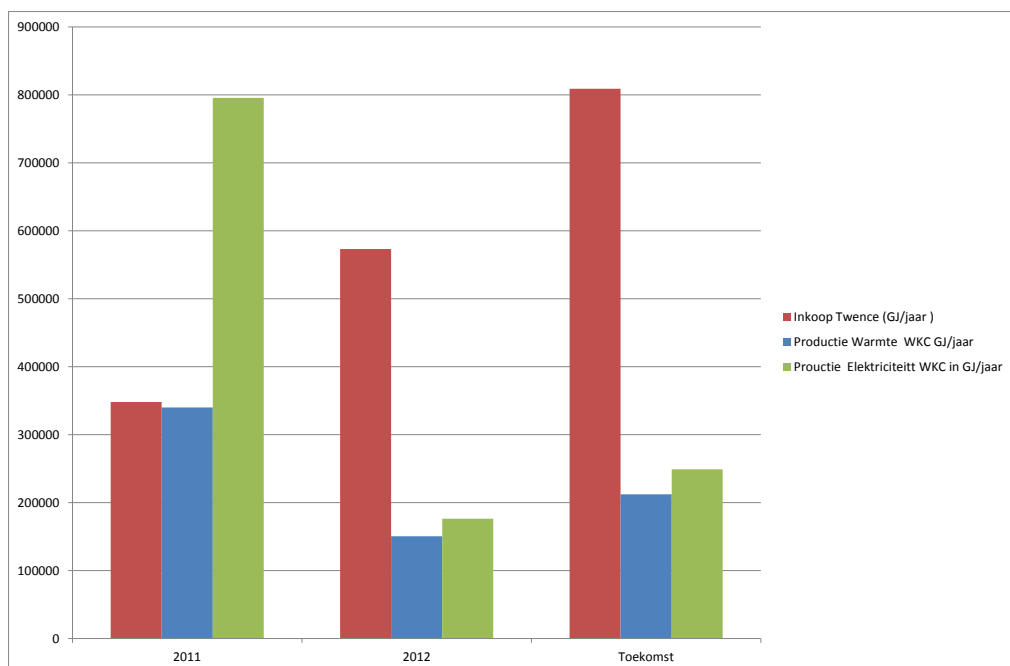
8. De CO₂ reductie en de energiebesparing die met de mogelijk toekomstige uitbreidingen van het warmtenet bereikt kunnen worden

Onderstaande figuur 8.1 geeft de afzetprognose in GJ/jaar weer [2]. De afzet van warmte zal in de toekomst stijgen door de geprognosticeerde warmtenet uitbreiding in de stad Enschede. Zoals te zien gaat een aanzienlijk deel van de warmte verloren door warmteverliezen in het transport- en distributienet. Deze verliezen ontstaan doordat het net zelf op temperatuur gehouden moet worden om warmte te kunnen leveren, en de isolatie van de warmtebuizen om technische en economische redenen beperkt is. Overigens levert een optimale sturing van de aanvoertemperatuur(stooklijn) en vooral een minimalisering van de retourtemperatuur een verlaging van deze verliezen op. Bovendien kan door deze lagere retourtemperatuur meer warmte aan de AVI onttrekken bij overigens gelijke omstandigheden, waardoor het AVI rendement voor warmte stijgt.

De verliezen zijn vooral hoog in de zomer, omdat de aanvoertemperatuur moet blijven (minimaal 70 °C) voor de warm tapwatervoorziening, terwijl de warmte afname gering is.

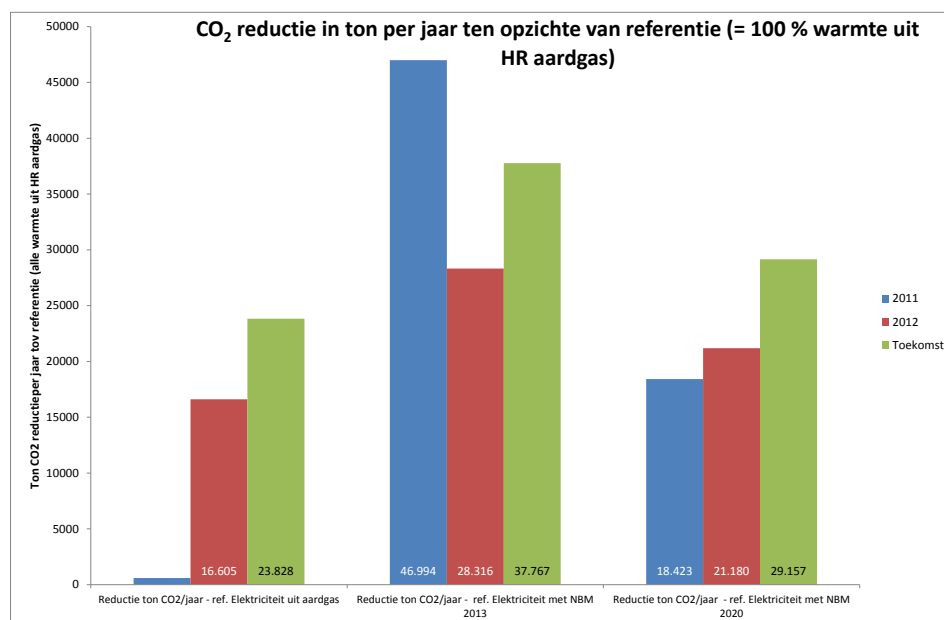


Figuur 8.1 Afzetprognose warmte Enschede (warmtenet)



Figuur 8.2 Warmte- en elektriciteitsproductie WKC + inkoop warmte AVI Twence

Figuur 2 geeft de productie van elektriciteit en warmte op de WKC weer, en de inkoop van warmte van AVI Twence. Wat opvalt is de daling van de warmteproductie en de nog veel sterkere daling van de elektriciteitsproductie in 2012 – ten opzichte van 2011 – en de stijgende inkoop van warmte van AVI Twence.



Figuur 8.3 CO₂ reductie in 2011, 2012 en in de toekomst, afhankelijk van de warmteafzet en de waardering van elektriciteit.

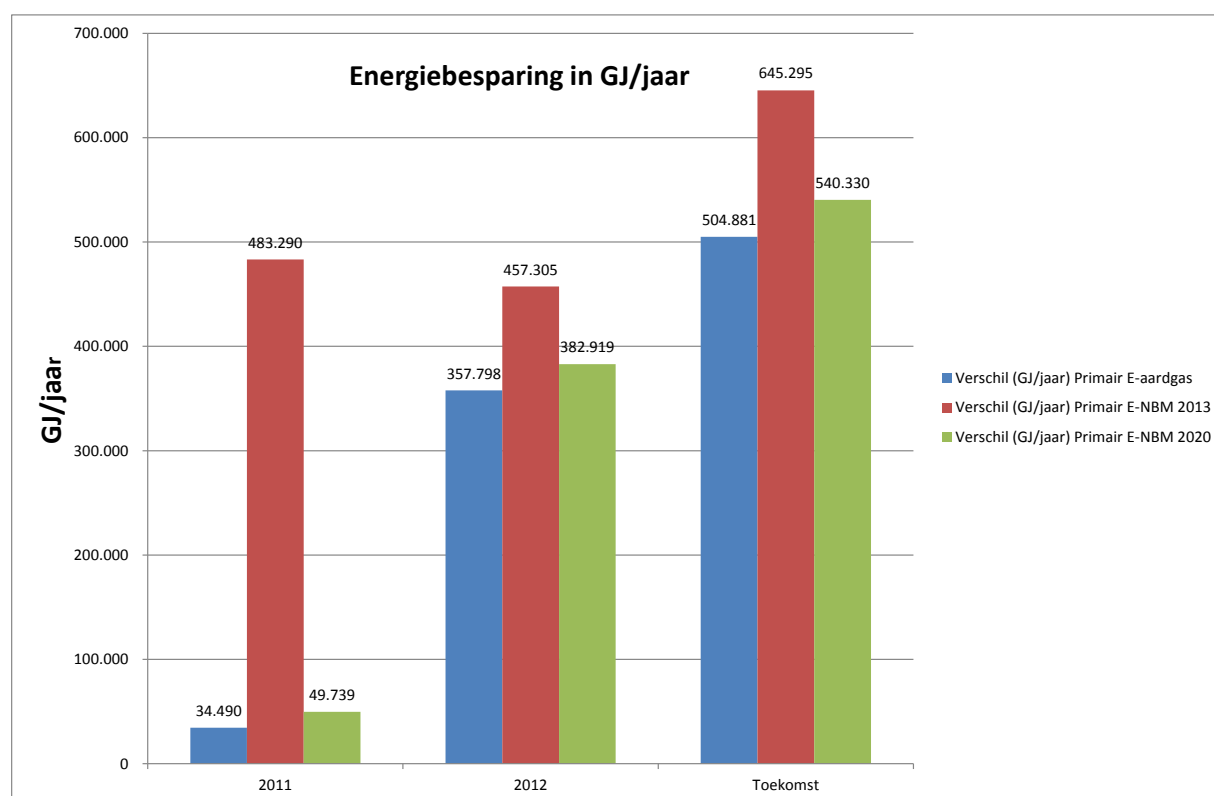
Figuur 8.3 geeft de CO₂ reductie die optreedt ten gevolge van de situatie in 2011, in 2012 en in de toekomst, na de geplande uitbreiding van het warmtedistributienet. Aangenomen wordt, dat de door de AVI geproduceerde elektriciteit in het gebied zelf wordt benut, gewaardeerd wordt op NBM 2013 en

2020 (zie figuur 8.3 en is verwerkt in het equivalent opwekkingsrendement van de warmte die door de AVI wordt geleverd.

Wat opvalt, is dat de mate van CO₂ reductie sterk afhankelijk is van de manier waarop elektriciteit wordt gewaardeerd. Hiervoor zijn de eerder behandelde drie referenties – zie inleiding – aangehouden: gescheiden elektriciteit uit NBM 2013, gescheiden elektriciteit uit NBM 2020 en gescheiden elektriciteit uit aardgas. De Uniforme Maatlat Warmte Gebouwde Omgeving (GO) houdt voor 2013 de NBM 2013 aan en voor 2020 de NBM 2020. Zoals eerder aangegeven wordt uitgegaan van het feit dat de door de geproduceerde elektriciteit (WKC en AVI) wordt benut in het gebied zelf.

De extra CO₂ reductie in de toekomst ten opzichte van 2012 – overigens min of meer de situatie medio 2013 – blijkt echter vrijwel onafhankelijk van de waardering van de waardering van elektriciteitsopwekking, en bedraagt 8–9 Kton/jaar. Deze onafhankelijkheid wordt veroorzaakt door het feit dat de elektriciteitsproductie van de WKC aardgasgestookte WKC min of meer proportioneel stijgt met de totale warmte afzet.

Het is aan de investeerders en betrokkenen om te bepalen – naast de economische rentabiliteit van de geplande uitbreiding als zodanig – of deze CO₂ reductie (8–9 Kton/jaar) per eenheid investering voldoende is om alternatieve duurzaamheidsinvesteringen in de bestaande gebouwde omgeving te 'verslaan'.



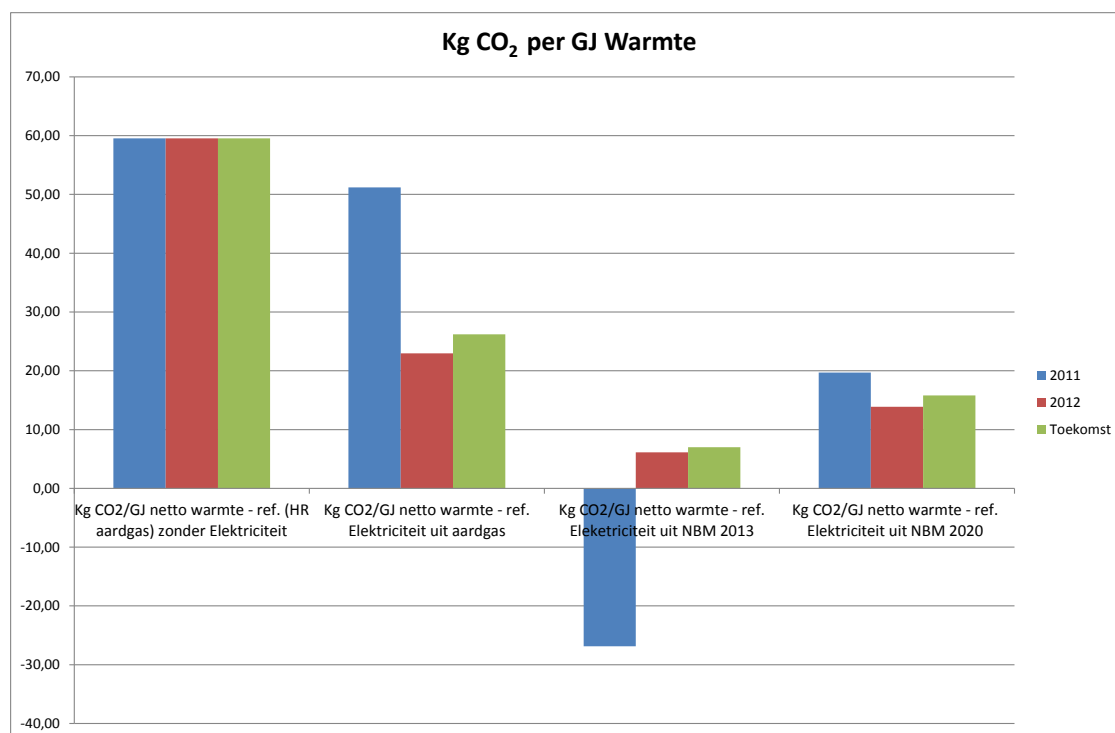
Figuur 8.4 Energiebesparing bij de verschillende jaren en verschillende waardering van elektriciteit

Figuur 8.4 geeft de energiebesparing die optreedt ten opzichte van de referentie, ca. 160.000 GJ/jaar. Ook hier blijkt, dat de extra energiebesparing die in de toekomst wordt bereikt niet erg afhankelijk is van de referentie die wordt aangehouden voor de elektriciteitsopwekking

Overigens is, als de geproduceerde elektriciteit wordt gebruikt voor export uit het gebied waar de warmte wordt benut, op dit moment al gewaardeerd op NBM 2020. In dat geval zijn de energie- en CO₂ resultaten voor NBM 2013 en 2020 congruent.

In het jaar 2011 werd relatief veel warmte en elektriciteit in de aardgasgestookte WKK opgewekt, met eveneens een aanzienlijke bijstook in hulpketels. Als deze elektriciteit wordt gewaardeerd volgens NBM 2013 of 2020, dan treedt er extra energie en CO₂ winst op. Elektriciteit opwekken met aardgas in plaats van met de Nationale brandstof Mix leidt namelijk tot a) extra rendement en b) daardoor tot een dubbel CO₂ reductie effect doordat de brandstof aardgas minder CO₂ per MJ primaire energie produceert. Deze manier van waarden zijn de energiebesparing en CO₂ reductie van elektriciteitsproductie in de WKK zelfs hoger dan de totaal door de WKK gebruikte energie en de door de WKK geproduceerde CO₂ ! Hierdoor is de CO₂ productie van de warmteproductie (en dus ook per GJ netto geproduceerde warmte) in de WKK zelfs negatief! Figuur 8.5 laat dit zien.

Door nu de elektriciteit uit de aardgasgestookte WKK te waarden op aardgas uit gescheiden opwekking (STEG) ontstaat een reëler beeld. Immers, het is in de vergelijking WWK + warmtenet versus STEG + HR ketels redelijk om dezelfde brandstof aan te houden.



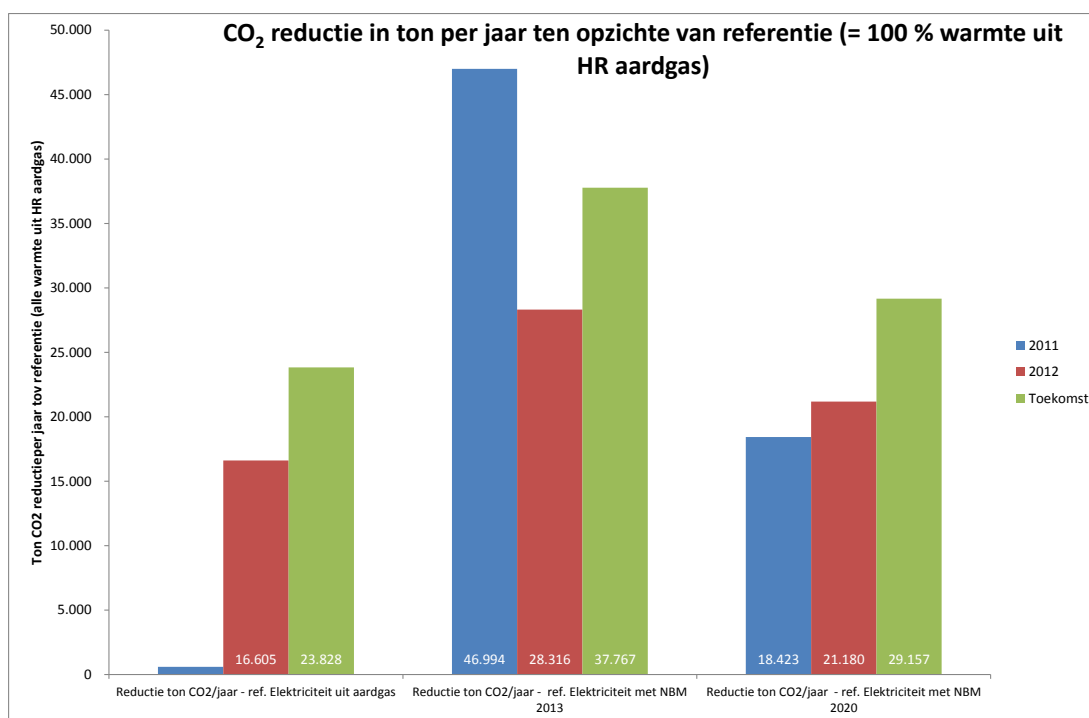
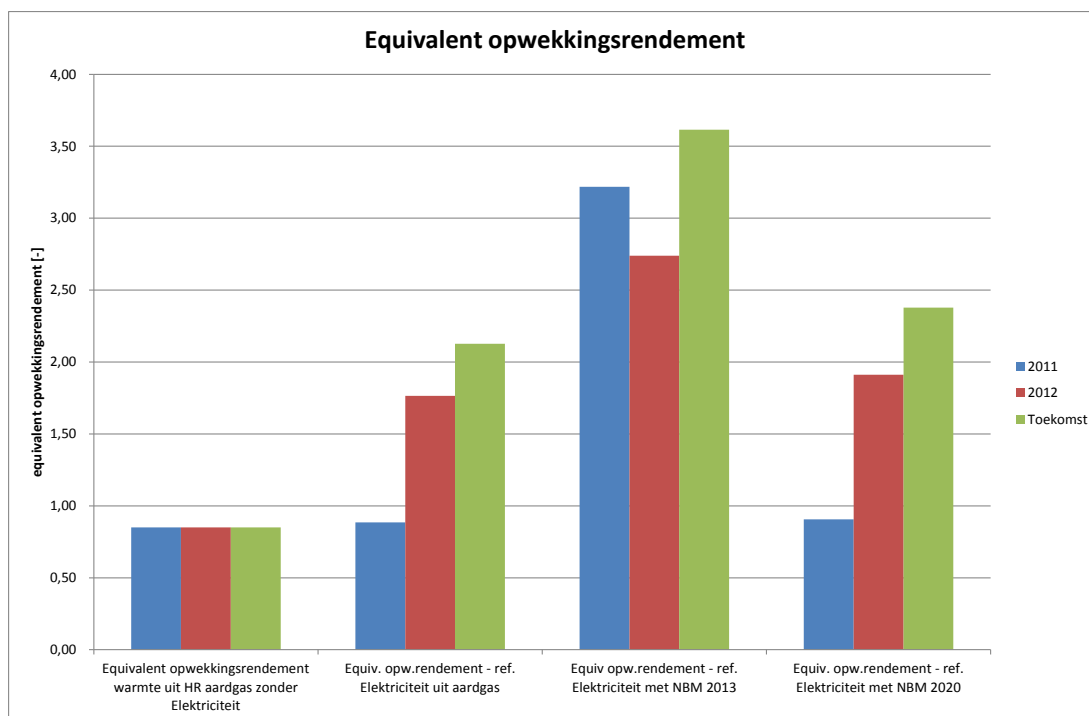
Figuur 8.5 CO₂ productie per GJ netto afgeleverde warmte

9. Conclusies

- Het is van groot belang dat de werkelijke duurzaamheid van geleverde warmte (equivalent opwekkendement, CO₂ index) continu wordt gemonitord, zowel a) ter verantwoording van de duurzaamheid van de geleverde warmte als b) om het warmtesysteem te kunnen bijsturen in de richting van maximale duurzaamheid. Nu worden installaties meestal gestuurd op maximaal economisch rendement, waarschijnlijk ook de WKC Enschede. Helaas verhouden brandstofkosten, warmtekosten en elektriciteitskosten zich niet zodanig tot elkaar dat deze verhouding 'automatisch' tot maximale duurzaamheid leidt.
- Het equivalent opwekkingsrendement en de CO₂ index van de warmte worden bepaald door de inzet van warmte uit Twence, de manier waarop de WKC wordt ingezet en de waardering van de opgewekte elektriciteit. Zie onderstaande tabel.

	2011	2012	Toekomst
Totale inzet primair GJ	2.149.549	590.881	833.781
Totaal verschil (GJ/jaar primair) E-aardgas	26.333	352.250	504.881
Totaal verschil GJ/jaar primair E-NBM 2013	475.133	473.361	645.295
Totaal verschil GJ/jaar primair E-NBM 2020	46.658	354.076	504.881
Totale uitstoot CO ₂ (ton/jaar)	109.534	31.128	43.924
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-aardgas	591	16.605	23.828
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-NBM 2013	46.994	28.316	37.767
Totaal verschil ton CO ₂ /jaar E-NBM 2020	18.423	21.180	29.157
Equivalent opwekkingsrendement HR aardgas	0,85	0,85	0,85
Equivalent opwekkingsrendement E aardgas	0,885	1,765	2,127
Equivalent opwekkingsrendement E-NBM 2013	3,218	2,739	3,615
Equivalent opwekkingsrendement E-NBM 2020	0,907	1,911	2,378
kg CO ₂ /GJ netto warmte referentie (HR aardgas)	59,54	59,54	59,54
kg CO ₂ /GJ netto warmte E aardgas	51,20	22,98	26,20
kg CO ₂ /GJ netto warmte E NBM 2013	-26,85	6,14	7,00
Ton CO ₂ /GJ netto warmte E NBM 2020	19,71	13,87	15,82

- De manier waarop de opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd (NBM 2013, NBM 2020 of STEG aardgas) heeft grote invloed op de bereikte equivalente opwekkendement en de vermeden CO₂ uitstoot. Onderstaande figuren laten dat zien:



- De extra CO₂ reductie ten gevolge van geplande netuitbreidingen in de toekomst bedraagt ongeveer 8–9 Kton/jaar. Deze hoeveelheid is betrekkelijk onafhankelijk van de manier waarop de opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd.
- De besparing op fossiele brandstof ten gevolge van geplande warmtenet uitbreidingen in de toekomst bedraagt ca 160.000 GJ/jaar. Dit staat gelijk aan bijna 5 miljoen Nm³ aardgas(equivalenten). Bij gemiddeld gebruik is dit het jaarlijks aardgasverbruik van 3400

huishoudens. Bij een commodity prijs van € 0,25/Nm³ voor aardgas is de jaarlijkse brandstof kostenbesparing 1,25 miljoen euro per jaar.

- Extra warmtelevering (stoom) aan Akzo Nobel levert waarschijnlijk de laagste (maatschappelijke) investeringskosten en operationele kosten per gereduceerde ton CO₂.
- Binnen de mogelijkheden van de huidige warmte infrastructuur moet de warmtelevering vanuit Twence een zo groot mogelijk deel van de warmteopwekking uit gaan maken.
- Gebouwen kunnen waarschijnlijk nog veel energie besparen door verbetering van het lokale energiemanagement en door eenvoudige installatietechnische maatregelen. Dit verlaagt de warmtevraag. Hiermee moet bij de mogelijke netuitbreiding terdege rekening worden gehouden.
- Warmtedistributie is gebaat bij een stabiele langdurige (langjarige) warmtevraag met een behoorlijke warmtedichtheid (GJ/jaar/hectare). Dit staat op gespannen voet met een geliberaliseerde energiemarkt en op beleid dat is gericht op energiebesparing.
- Warmtedistributie biedt goede mogelijkheden voor verduurzaming van de warmtevoorziening, vooral als er gebruik wordt gemaakt van duurzame brandstoffen en de opwekking van zoveel mogelijk elektriciteit binnen een overigens warmte gestuurde warmte/kracht installatie als warmtebron van het warmtenet.
- De roadmap voor de eventuele uitbreiding van het warmtenet van Enschede wordt gedicteerd door de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. Weinig nieuwbouw en weinig ingrijpende energetische renovatie maakt de inzet van duurzame warmte aantrekkelijk.
- Op de lange termijn is de aanwezigheid van een warmtenet noodzakelijk om geothermie in te zetten. Ook om die reden moet een warmtenet goed aansluiten bij de lange termijn strategie inzake warmtevoorziening.

Bijlage 1: Literatuur

- [1] Notitie Samenwerking Hengelo en Enschede, R v/d W/ AF 13/02/2012
- [2] Kansen voor Enschede Presentatie Essent Local Energy Solutions (ELES) , 9 juni 2011
- [3] Nieuwe Energie voor Enschede, brochure Gemeente 2010.
- [4] Onderzoek naar een strategische energietransitie in Enschede, Evert Vrins Energie Advies, 10 november 2011.
- [5] Protocol uniforme maatlat v 3.3
- [6] Rekenmodel uniforme maatlat v 3.3
- [7] Uniforme maatlat Industrie, Agentschap NL, december 2012
- [8] NVN 7125 energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) – bepalingmethode.
- [9] Rekenmodel EMG, versie 1.0
- [10] Kaart warmtenet Enschede
- [11] Notitie duurzaam warmtenet langs uniforme maatlat, notitie Essent, 18 januari 2012
- [12] Mondelinge communicatie met Twence
- [13] Passiefbouw in Nederland, Builddesk, 2006
- [14] Trecedome, Evaluatie vijf nieuwbouw passief woningen, AgentschapNL, 2011
- [15] Duurzaamheidsjaarverslag Twence, 2011