

De rol van stadsverwarming bij verduurzaming van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving

Samenvatting

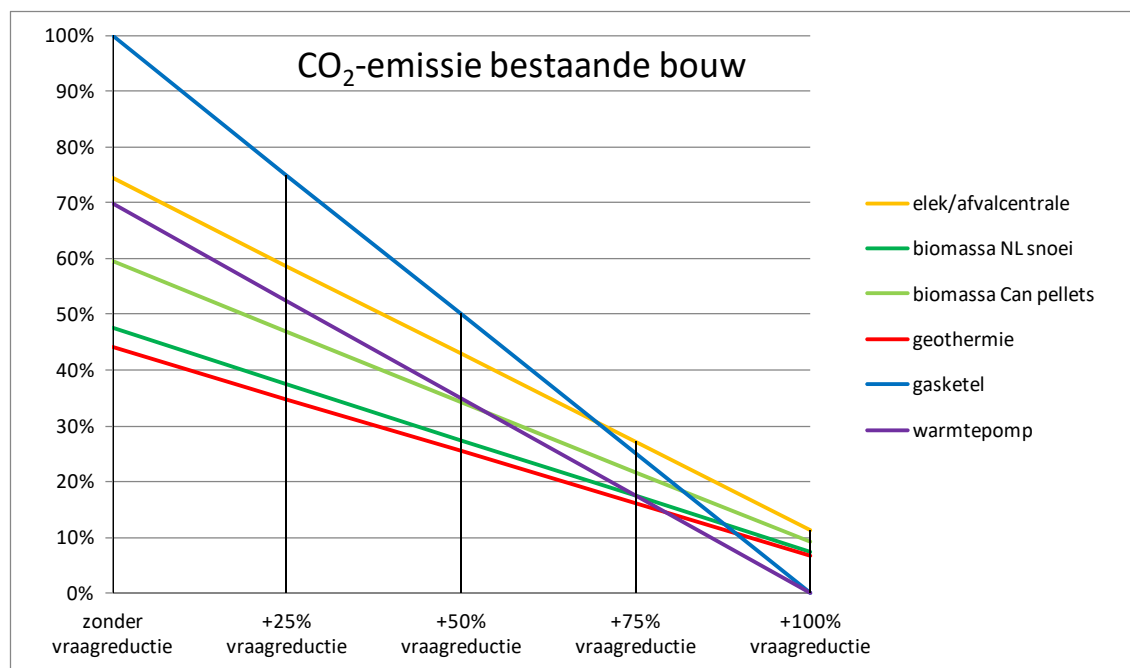
In Nederland wordt in de ruimteverwarming hoofdzakelijk voorzien door het stoken van aardgas in CV-ketels. Aansluiting van gebouwen op collectieve warmtenetten, zoals stadsverwarming, levert volgens de *Warmtevisie*¹ tot 75 procent minder CO₂-uitstoot op dan verwarming met CV-ketels. Dit spreekt met name de lagere overheden (gemeenten en provincies) aan die grote concrete stappen willen maken met de aanpak van klimaatverandering. CO₂-doelstellingen worden omgezet in doelstellingen voor aansluitingen op warmtenetten². De landelijke overheid heeft aangegeven te willen faciliteren bij de uitrol van warmtenetten³.

Vaak wordt de bestaande gasvoorziening (eindig, fossiel, aardbevingen en afhankelijkheid van Poetin) afgezet tegen stadsverwarming (geen verspilling van restwarmte, duurzaam en toekomstgericht). Stadsverwarming wordt vaak voorgesteld als de enige duurzame oplossing met een CO₂-reductie van minimaal 50%. De kritische consument heeft behoefte aan onderbouwing van de klimaatbijdrage van collectieve warmtenetten. Er zijn namelijk meerdere mogelijkheden om te voorzien in de warmtebehoefte, waarbij de totale **CO₂-reductie** een belangrijke parameter is bij de vergelijking.

Deze notitie is bedoeld als bijdrage in de discussie over de rol van stadsverwarming bij de verduurzaming van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Daartoe is op basis van kentallen een analyse gemaakt voor de CO₂-reductie in de toekomst (periode van 30 jaar). Verschillende vormen van grootschalige stadsverwarming zijn vergeleken met individuele systemen, afhankelijk van de te realiseren energiebesparing.

Onderzochte Systemen		Verwarming			Apparaten
		Warmte	Gas	Elektriciteit	
	Bron \ Infra				
Collectief	Stadsverwarming				
	----- Elektriteits/afvalverbrandingscentrale	X			X
	----- Biomassaketel met Nederlands snoeihout	X			X
	----- Biomassaketel met Canadese houtpellets	X			X
	----- Diepe Geothermie bron	X			X
Individueel					
	----- CV-ketel		X		X
	----- Warmtepomp (bestaande bouw)		X		X
	----- Warmtepomp (nieuwbouw)				X

Voor de **bestaande bouw** (figuur 1) blijkt dat stadsverwarming als centrale oplossing slechts onder bepaalde omstandigheden CO₂-reductie oplevert.



Figuur 1 gemiddelde CO₂-emissie bestaande bouw

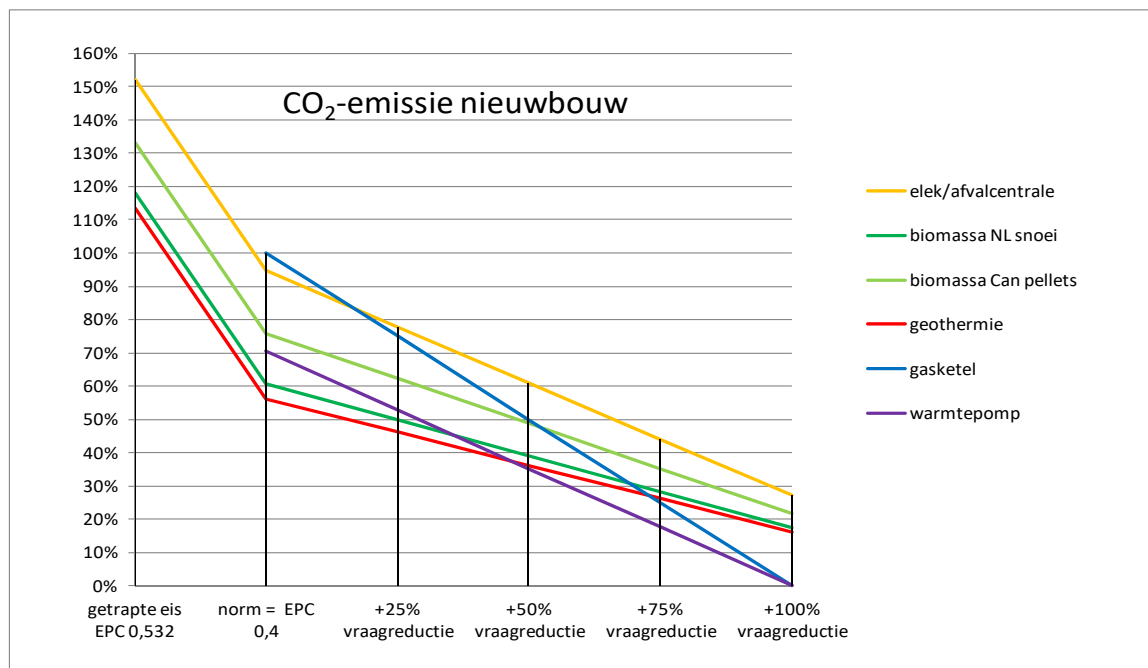
¹ Warmtevisie van de minister van Economische Zaken; 2015

² Groeiplan voor Warmte; Een initiatief van provincies, gemeenten en sector; 27 november 2015

³ Energierapport; Transitie naar Duurzaam: Ministerie van EZ; januari 2016

Dit is bij geothermie en biomassa als warmtebron wanneer het energiebesparingspotentieel laag is. Ten opzichte van stadsverwarming met restwarmte uit elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales (meest voorkomend in Nederland), scoort de hybride warmtepomp als decentrale, individuele voorziening altijd beter.

Voor **nieuwbouw** (figuur 2) levert stadsverwarming minder CO₂-reductie op dan voor bestaande bouw.



Figuur 2 gemiddelde CO₂-emissie voor nieuwbouw

De all-electric warmtepomp, in combinatie met energiebesparing, scoort hier beter dan alle vormen van stadsverwarming. In het belang van verduurzaming kunnen dus beter geen nieuwbouwwoningen op grootschalige stadsverwarming worden aangesloten.

Er is nog een extra nadelig effect: met stadsverwarming mag de **getrapte eis** toegepast worden. Dit houdt in dat de EPC 0,532 (i.p.v. 0,4) mag zijn. Dat is 33% minder zuinig dan nieuwbouwwoningen op gas of met een warmtepomp. De extra CO₂ die daardoor uitgestoten wordt, is links in figuur 2 te zien. De **getrapte eis** zou afgeschaft moeten worden.

Stadsverwarming kent als nadelen dat consumenten geen keuzevrijheid hebben en vaak meer betalen dan voor alternatieven.

Door ontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt worden minder gascentrales (die gekoppeld zijn aan een warmtenet) ingezet. Hierdoor wordt meer gas bijgestookt in de hulpwarmtecentrales, waardoor de CO₂-emissie van stadsverwarming toeneemt. En door ontwikkelingen in de afvalverbrandingsmarkt⁴ is de toekomst voor stadverwarming over 10 jaar onzeker. Een *lock-in* effect kan het gevolg zijn.

Genoemde onzekerheden zijn niet verwerkt in de berekening. Dat betekent dat de CO₂-reductie van stadsverwarming van elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales in de praktijk nog lager zal zijn.

De claim dat we met warmtenetten **gasloos** kunnen worden is slechts gedeeltelijk haalbaar. Met stadsverwarming wordt indirect nog een aanzienlijke hoeveelheid gas verbruikt in hulpwarmteketels en in de elektriciteitscentrales (die de gedeerde elektriciteit moeten compenseren). Energiebesparing en warmtepompen (op elektriciteit) zijn dan een betere optie.

Omschakeling van stadsverwarming uit elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales is op korte termijn noodzakelijk om de verduurzaming van de warmtevoorziening niet te remmen. Inzet van biomassa geeft een verbetering in de CO₂-reductie ten opzichte van stadsverwarming uit elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales, maar kent beperkingen met betrekking tot de beschikbaarheid, luchtverontreiniging en hoogwaardiger toepassingen van biomassa in de toekomst. Die omschakeling betekent dat ook stadsverwarmingswoningen extra geïsoleerd moeten worden en/of de transporttemperatuur verlaagd moet worden. Overschakeling op geothermie als bron lijkt een alternatief, maar is afhankelijk van beschikbaarheid en kosten.

Voor keuzes die nu gemaakt (moeten) worden voor de warmtevoorziening van wijken is het nodig **onafhankelijk energieverkenningen** te doen naar de CO₂-emissies van projectalternatieven. Naast energiebesparing zijn

⁴ Afname van import van afval voor verbranding in AVI's en invoering van circulaire economie: lager aanbod afval

warmtepompen dan belangrijk maar er zijn wellicht ook mogelijkheden voor kleinschalige warmtenetten, op een lager temperatuurniveau (< 70°C).

Het is belangrijk dat de **consument** (de gebruiker van de woning/kantoor/zorginrichting etc.) en de afnemer van energie) hierin een belangrijke rol krijgen. Dat voorkomt dat maatregelen worden getroffen die op termijn niet duurzaam zijn en het bevordert de sociale betrokkenheid bij verduurzaming.

Inhoud

Samenvatting	1
Inhoud	3
1 Wat is stadsverwarming	3
2 Stadsverwarming op restwarmte van elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales	4
3 Onzekerheden	5
Toekomst elektriciteitsmarkt	5
Toekomst afvalverbranding	6
4 Stadsverwarming op andere warmtebronnen	6
Industriële restwarmte	6
Biomassa	7
Geothermie	7
5 Minder zuinige nieuwbouw bij stadsverwarming	8
6 Stadsverwarmingsopties vergeleken	9
Bestaande bouw	9
Nieuwbouw	10
7 Andere aspecten	11
Minder vrijheid en extra kosten voor de warmteklant	11
Aardgasvrije wijken en -steden	11
Aanpak per wijk	12
Bijlage Invoergegevens	13

1 Wat is stadsverwarming

Bij stadsverwarming worden gebouwen (woningen en utiliteit) indirect verwarmd, met warmte die buiten de wijk is opgewekt. De warmtebron is vaak een elektriciteitscentrale en soms een afvalverbrandingscentrale (AVI). Restwarmte uit de industrie wordt marginaal toegepast. De bronnen zijn door middel van een warmtenet gekoppeld met de gebruiker, het gebouw. In Nederland is ruim 5% van alle woningen op een warmtenet gekoppeld⁵.

Bij stadsverwarming is de afstand van de woonwijk tot de warmtebron groot, waardoor vele kilometers leiding nodig zijn. Omdat geïsoleerde leidingen duur zijn, wordt gekozen voor kleine leidingdiameters, ook voor de leidingen direct vanaf de bron. Om voldoende warmte te kunnen transporteren moet de temperatuur omhoog. Kenmerkend voor

⁵ Developments of heat distribution networks in the Netherlands; ECN; june 2015:

De bronnen van de warmtelevering is als volgt: 69% elektriciteitsproductie, 7% afvalverbranding, 6% biomassa, 16% kleinschalige warmte kracht koppeling, 1% grootschalige warmtepompen, 0% geothermie, 1% overig duurzaam, 0% industriële restwarmte.

stadsverwarmingprojecten is dat de uitwisseling met de bron op ongeveer 120°C⁶ gebeurt. Voor ruimteverwarming en tapwaterverwarming is een temperatuur van ongeveer 60°C al voldoende.

Restwarmte heeft een temperatuur van 45°C. Warmte op dit temperatuurniveau "blijft over" bij elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties. Dit is in principe voldoende om een woning mee te verwarmen. Het stadsverwarmingssysteem vraagt echter 100-120°C en dat kan geen restwarmte genoemd worden. Opwaarding van 45 naar 100 tot 120°C kost energie en die moet verrekend worden met het voordeel van warmtebenutting. Vaak gebeurt dat niet, waardoor het voorgehouden energetisch rendement van bestaande stadsverwarmingssystemen in Nederland mooier lijkt dan het feitelijk is.

Uitgangspunt van deze notitie is een kritische beschouwing van de mogelijke bijdragen van stadsverwarming als oplossingsrichting voor de CO₂-reductie-opgave voor de gebouwde omgeving. Het gaat hier over grootschalige toepassing en niet over kleinschalige, decentrale projecten met een lagere uitwisselingstemperatuur, zoals een collectieve warmtepomp in een woonwijk, die warmte levert aan woningen met een temperatuur tot 70°C.

2 Stadsverwarming op restwarmte van elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales

Bij het bepalen van de CO₂-reductie van stadsverwarming zijn de volgende componenten belangrijk:

Netverliezen

Voor warmtelevering is een leidingnet met geïsoleerde buizen nodig. Er is geen onafhankelijk onderzoek naar de verliezen van warmtenetten gedaan. Het enige bekende onderzoek⁷ komt op een verlies van 15-40 procent voor Nederlandse warmtenetten. In deze notitie wordt gerekend met het kengetal van 8 GJ per woning⁸ uit de *Uniforme Maatlat*. Dit is het gemiddelde van hoogbouw en grondgebonden woningen. Met het gemiddelde gasverbruik in Nederland komt dit neer op 15 procent, ook al lijkt dit alleen in de optimale situatie (goede leidingisolatie, hoge woningdichtheid) haalbaar.

Pompverliezen

Voor het transport van warmte door het warmtenet worden pompen ingezet. Het energiegebruik is afhankelijk van de weerstand in het systeem en die wordt in belangrijke mate bepaald door de afstand van bron tot gebouwen. Er is geen onafhankelijk onderzoek bekend naar de pompverliezen in warmtenetten. In deze notitie wordt uitgegaan van het kengetal van 0,0018 MJ_{elektriciteit}/MJ_{warmte} per kilometer uit de NEN 7125⁹. Het pompverlies in gebouwen wordt niet meegenomen, want die zijn er ook in de referentiesituatie (CV-ketel).

Bijstook

Bij stadsverwarming wordt niet alle warmtebehoefte ingevuld met restwarmte. Wanneer geen elektriciteit gemaakt wordt, op piekmomenten en bij storingen, wordt warmte gemaakt met hulpwarmteketels die op aardgas gestookt worden. De bijstookfactor is afhankelijk van de centrale, het warmteproject en de tariefontwikkeling in de elektriciteitsmarkt. In het algemeen wordt de bijstookfactor in warmteprojecten op 20 procent gesteld, zo ook in deze notitie.

Derving van elektriciteit

Omdat voor stadsverwarming geen echte restwarmte (45 °C) gebruikt wordt, maar warmte van 100-120°C, moet stoom uit het proces gebruikt worden om elektriciteit te maken. Hierdoor kan de centrale minder elektriciteit maken. Deze elektriciteit moet elders worden opgewekt en in de berekening worden verwerkt. De hoeveelheid energie is voornamelijk afhankelijk van de stoomopwekking in de centrale en de benodigde temperatuur waarop de warmte wordt uitgekoppeld. Er zijn geen onafhankelijke onderzoeken bekend naar de dervingsfactoren voor verschillende projecten. Daarom wordt in dit stuk de dervingsfactor van de *Uniforme Maatlat* gebruikt, zijnde minimaal 0,18 GJ_{elektriciteit}/GJ_{warmte}.

⁶ 120°C is de uitwisselingstemperatuur bij lage buitentemperatuur. Bij minder lage buitentemperaturen daalt de uitwisselingstemperatuur naar ongeveer 100°C. De relatie tussen buitentemperatuur en uitwisselingstemperatuur wordt in een stooklijn vastgelegd.

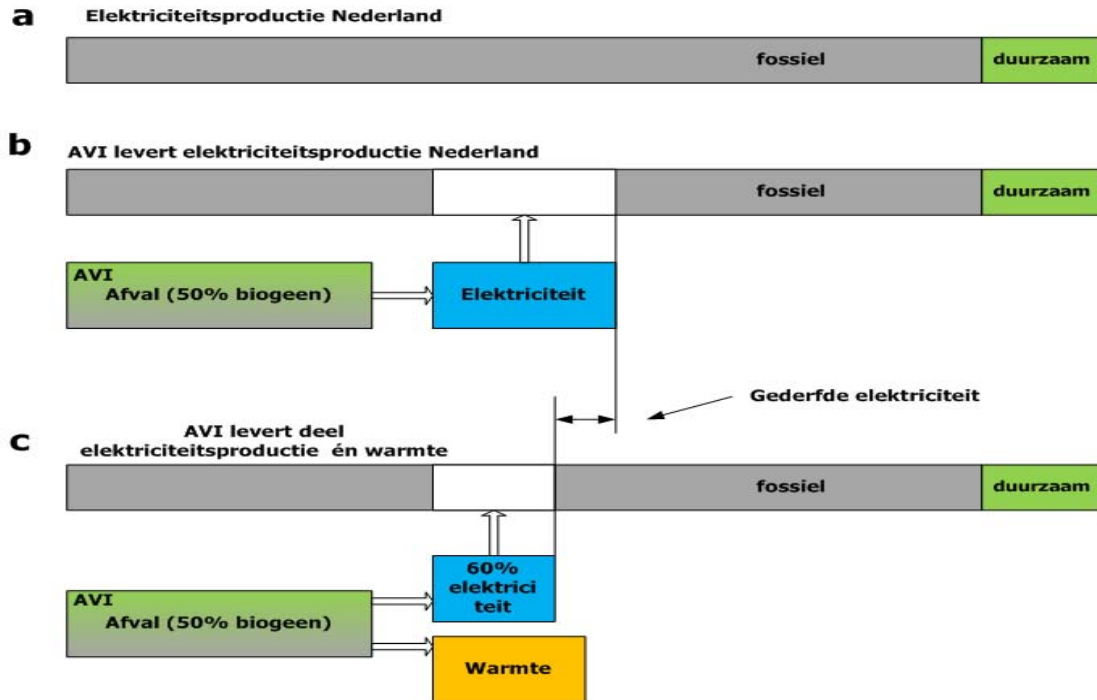
⁷ Performance of piping systems used in district heating distribution networks in the Netherlands during the last 40 years; BGP engineers; 1 maart 2010

⁸ Uniforme maatlat voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw; Nationaal Expertise Centrum Warmte; RVO; maart 2014.

⁹ Norm voor Energie Maatregelen in het Gebied; NEN 7125_{ontwerp}.

AVI

Bij afvalverbrandingsinstallaties (AVI) geldt dat ongeveer de helft van het afval van biogene oorsprong is. De helft van de opgewekte elektriciteit mag daarmee als groen worden aangemerkt. In warmteprojecten wordt dan gesteld dat daarom maar de helft van de gedeerde elektriciteit gerekend hoeft te worden. Voor deze aanname is echter geen energetisch argument. In figuur 3 is weergegeven hoe dat werkt. Bij (b) levert een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) een hoeveelheid elektriciteit die niet meer opgewekt hoeft te worden door fossiele elektriciteitscentrales (a).



Figuur 3 Effect van warmtelevering op de elektriciteitsproductie van een AVI

Bij het maken van elektriciteit in de AVI blijft restwarmte over. Deze kan geleverd worden aan gebouwen om ze te verwarmen (c). Deze gebouwen hoeven dan minder gas te verbruiken en dat is duurzaam. Maar omdat die warmte naar een hogere temperatuur moet worden gebracht kan er ongeveer 40% minder elektriciteit worden gemaakt in de AVI. Deze gedeerde elektriciteit (b-c) moet geheel worden opgewekt door fossiele elektriciteitscentrales elders in Nederland.

De samenstelling van het afval is hierbij niet relevant. Dus dat de helft van het afval als biogeen mag worden aangemerkt, doet er niet toe. De gedeerde elektriciteit voor het maken van warmte moet geheel elders worden opgewekt en niet maar de helft. In deze notitie wordt dan ook gerekend met alle gedeerde elektriciteit.

Deze dervingsfactor wordt vaak niet gebruikt in vergelijkingen voor stadsverwarming, terwijl het een groot effect heeft op de daadwerkelijke CO₂-reductie.

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van alle invoergegevens en de berekeningswijze.

3 Onzekerheden

Toekomst elektriciteitsmarkt

De elektriciteitsmarkt is aan het omschakelen. Door input van meer duurzame elektriciteit (vooral nog via import uit Duitsland) en de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs worden Nederlandse elektriciteitscentrales (voornamelijk die op aardgas) minder ingezet. Enkele belangrijke gascentrales (STEG) leveren ook stadsverwarming. Doordat deze centrales minder worden ingezet, wordt minder restwarmte geproduceerd. Om aan de warmtevraag te kunnen voldoen wordt meer bijgestookt met de hulpwarmteketels. Dit verlaagt de CO₂-reductie nog meer.

Een voorbeeld is de stadsverwarming in Utrecht. Doordat de elektriciteitscentrale (o.a. Lage Weide) sinds 2012 minder elektriciteit produceert is ongeveer 30 procent extra gas door de hulpketels verstuikt voor de stadsverwarming.

In Almere waar stadsverwarming wordt geleverd vanuit de Diemen-centrale is dat ook aan de orde. Om het probleem deels te ondervangen is een grote buffer geplaatst zodat meer restwarmte opgeslagen kan worden. In de energietransitie heeft opslag een belangrijke rol om de toepassing van duurzame energie te vergroten. In dit geval

heeft het een negatief effect: de buffer geeft extra verliezen omdat de laadtemperatuur nog hoger is dan het warmtenet nodig heeft. Daarnaast is de buffercapaciteit onvoldoende om alle benodigde warmte op te kunnen slaan. Ondanks de buffer wordt extra gas bijgestookt.

Door de ontwikkeling van de elektriciteitsmarkt wordt een *lock-in* van stadsverwarming zichtbaar: hulpwarmteketels moeten onbedoeld worden ingezet om aan de warmtevraag te voldoen. De verwachting is dat deze ontwikkeling in de elektriciteitsmarkt zich verder door zal zetten.

Toekomst afvalverbranding

Momenteel is verbranding van afval onvermijdelijk en een betere aanpak dan storten. Bij Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties wordt zo efficiënt mogelijk elektriciteit gewonnen uit het verbrandingsproces waardoor dat momenteel als de beste oplossing geldt.

De ontwikkelingen rond recycling gaan de laatste jaren echter snel. Met Van Afval Naar Grondstof (VANG¹⁰) is het streven om het te verbranden restafval in Nederland te halveren in 10 jaar. Er is nu al een overcapaciteit bij Nederlandse AVI's die ter compensatie en in toenemende mate afval uit het buitenland (met name UK) verbranden. Dat is op EU-niveau duurzaam, omdat veel afval anders gestort zou (moeten) worden. Die buitenlandse volumes kunnen de Nederlandse restcapaciteit de komende 6 jaar opvullen¹¹. Maar hoe gaat het daarna?

De doelstelling die de EU in 2015 heeft geformuleerd voor de Circulaire Economie¹² loopt in tijd ongeveer 12-15 jaar achter bij de Nederlandse doelstelling. Hiermee kan een prognose gemaakt worden voor de daling van de benodigde afvalverbrandingscapaciteit. Voor het Nederlandse afval is de daling ingezet in 2011. Voor Europa zal die daling dan ongeveer inzetten in 2025. Dit betekent dat de benuttingsgraad van Nederlandse AVI's voor alle afval over 10 jaar daadwerkelijk zal afnemen (en de overcapaciteit zal toenemen). Anders gezegd: het wordt over 10 jaar wenselijk om te stoppen met afvalverbranding, omdat anders waardevolle grondstoffen vernietigd worden én onnodig CO₂-emissies plaatsvinden omdat grondstoffen niet hergebruikt worden.

Daarnaast is niet te voorspellen hoe de afvalverbrandingsmarkt zich zal ontwikkelen. Mogelijk wordt verbranden in Nederland vanwege de prijs niet meer aantrekkelijk.

Ook hier wordt een *lock-in* van stadsverwarming zichtbaar. Over ongeveer 20 jaar worden mogelijk waardevolle grondstoffen¹³ onnodig verbrand of moet extra gas worden bijgestookt om aan de warmtebehoefte te voldoen.

Genoemde onzekerheden zijn niet verwerkt in de berekening. Dat betekent dat de CO₂-reductie van stadsverwarming van elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales in de praktijk nog lager zal zijn.

4 Stadsverwarming op andere warmtebronnen

Behalve stadsverwarming op elektriciteitscentrales of afvalverbrandingsinstallaties zijn er andere - potentiële warmtebronnen:

Industriële restwarmte

Er is een groot potentieel aan restwarmte uit de industrie, met name in grote regionale clusters als de Rijnmond, IJmond en Eemsmond.

Het wordt in stadsverwarmingprojecten (nog) niet veel toegepast, omdat een regievoerder en investeerder ontbreken, de investeringen onzeker zijn, terugverdiengaranties ontbreken en meerdere industriële bronnen op het – al dan niet "open" - net nodig zijn voor een betrouwbare levering.

Voor restwarmte van industriële processen geldt hetzelfde als voor restwarmte van elektriciteitscentrales. Deze is in het algemeen beschikbaar op ongeveer 45°C. Het stadsverwarmingssysteem vraagt om uitkoppeling op een temperatuurniveau van 100-120°C. Dat verschil opwaarderen vraagt extra energie die verrekend moet worden. De hoeveelheid te verrekenen energie is afhankelijk van het proces/project en niet in algemene zin te kwantificeren. Als uitgangspunt nemen we dat industriële restwarmte ongeveer gelijk scoort aan stadsverwarming met

¹⁰ Invulling programma van Afval naar Grondstof; 28-1-2014; IenM

¹¹ Toekomstscenario's voor afvalverbranding in Nederland 2015-2022; Rebel; 12-1-15

¹² Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth Brussels, 2 December 2015 http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

¹³ Kansen voor de circulaire economie in Nederland; TNO; 2013

elektriciteitsproductie. Kleinschaligheid ligt hier gezien de afstand tussen industriële bedrijvencusters en woonwijken niet voor de hand.

Ook als restwarmte met een hoger temperatuur beschikbaar is, is de vraag of transport van een bedrijvencuster naar een woonwijk energetisch wel zinvol is. Alvorens deze optie te overwegen, vraagt de *trias energetica* eerst te kijken naar de mogelijkheden van opwaardering en hergebruik binnen het bedrijf en warmte-uitwisseling tussen bedrijven binnen het cluster. Belangrijk is daarnaast dat er marktrijpe ontwikkelingen zijn die de energie-efficiëntie van processen kunnen verbeteren. Voorbeelden zijn stoomrecompressie en hoge temperatuur warmtepompen. De energie intensieve industrie in Nederland neemt als uitgangspunt dat er in 2050 geen restwarmte meer zal zijn¹⁴. Door koppeling van restwarmte uit industriële processen op een stadsverwarmingssysteem zou een *lock-in* gegenereerd kunnen worden. Het is daarom in de vergelijking niet meegenomen.

Biomassa

Voor stadsverwarming kan ook biomassa als energiebron ingezet worden. Bij de verbranding van biomassa treedt per definitie (per saldo) geen directe CO₂-emissie op.

Duurzame biomassa productie

Voorwaarde voor 0-emissie is dat de biomassa duurzaam geproduceerd wordt. Bijvoorbeeld door duurzame bosbouw, die niet meer biomassa oogst dan de bijgroei. Daarnaast zijn nog andere duurzaamheidsaspecten van belang, zoals uitputting van nutriënten door productie-bosbouw. Als door nieuwe aanbouw van biomassa een andere functie wordt vervangen (bv oud bos door productiebos, voedselproductie door energy crops) moet deze op ander land gecompenseerd worden. Dit geeft een van de grootste onzekerheden rondom emissies door bio-energie. Daarom moet de biomassa gecertificeerd¹⁵ worden.

Al is er geen directe emissie, wel is bij biomassa de indirecte emissie van belang¹⁶.

Snoeihout is in Nederland beperkt beschikbaar en onvoldoende voor alle stadsverwarmingssystemen. Daarom is ook een vergelijking gemaakt met Canadese houtpellets.

Een nadeel van biomassa verbranding zijn de luchtmissies (NO_x, SO_x, PAKs, e.d.). Daarnaast bestaan voor hout steeds meer hoogwaardiger toepassingen als grondstof (i.p.v. verbranding), waardoor hier ook weer een grote kans op een *lock-in* ontstaat.

Geothermie

De misschien wel ultieme warmtebron voor stadsverwarming is (diepe) geothermie. Hierbij wordt water van 2 tot 5 km diepte opgepompt, dat zodanig warm is dat het voor verwarming en tapwaterverwarming gebruikt kan worden. Hoe dieper de bron, hoe heter het water. Op 2 km diepte kan water van 70°C beschikbaar zijn dat voldoende kan zijn voor de toepassing. Dan zou dit kleinschalig toegepast moeten worden (beperking netverliezen) zodat het warmtenet geen hogere temperatuur vraagt. Bestaande stadsverwarmingssystemen vragen echter een temperatuurniveau van 100-120°C, waardoor dieper geboord moet worden (vanaf 4 km). Met woongebieden is nog weinig ervaring opgedaan.

Of geothermie op de plaatsen waar stadsverwarming verduurzaamd moet worden in voldoende mate beschikbaar is bepaalt of het de vanzelfsprekende opvolger van conventionele stadsverwarming wordt.

Die beschikbaarheid wordt pas echt duidelijk na een boring. Dat maakt projecten onzeker en ingewikkeld omdat dieper geboord moet worden dan eigenlijk nodig is. Op deze diepte wordt het in ieder geval duur.¹⁷

Het is ook belangrijk dat geothermie zonder problemen gewonnen kan worden. Het is bijvoorbeeld niet wenselijk dat "fracking" moet worden ingezet.

Voor geothermie is gerekend met een rendement (COP) van 10¹⁸.

¹⁴ Samen op weg naar minder; Hoe Nederlandse energie intensieve bedrijven de CO₂ uitstoot verlagen; VEMW; 16 juni 2016

¹⁵ Brief Commissie Borging Energieakkoord voor Duurzame Groei; SER; 12-12-2014

¹⁶ Nederlands snoeihout 9,2 kg CO₂/GJ; Canadese pellets 17,2 kg CO₂/GJ; Ketenemissies warmtelevering; CE Delft; januari 2016

¹⁷ Volgens ECN kosten diepe geothermie-bronnen ruim € 1,5 miljoen/MW_{th}; Volgens IF € 2 miljoen/MW_{th}

¹⁸ Kansen voor geothermie in stadsregio Arnhem-Nijmegen; IF; 12-10-15

5 Minder zuinige nieuwbouw bij stadsverwarming

In de vergelijking van stadsverwarming met alternatieve opties is een nadelig effect van stadsverwarming nog niet meegenomen. Met stadsverwarming hoeft een woning minder energiebesparende maatregelen te nemen als eenzelfde woning op gas. Dat werkt als volgt.

Energieprestatie in gebouw en in gebied

De Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC), die berekend wordt volgens NEN 7120, is een maat voor de isolatiekwaliteit van een gebouw en de energieprestaties van gebouwgebonden installaties.

Daarnaast is er de NEN 7125 waarmee de energieprestatie van maatregelen in het gebied worden bepaald. Daarmee wordt het rendement van bijvoorbeeld stadsverwarming berekend. Dit rendement kan oplopen tot meer dan 200 procent. (Een HR-ketel haalt 97,5 procent). De belangrijkste criteria (transportverlies, bijstookfactor) voor het berekenen van het Equivalente Opwek Rendement (EOR) zijn vooraf niet bekend of worden bepaald met kentallen die niet onafhankelijk getoetst zijn (dervingsfactor en pompverlies). Het EOR is daarom hypothetisch en eigenlijk ongeschikt om bouwvergunningen af te geven. Het zegt in ieder geval weinig over de energetische kwaliteit van het systeem gebouw-installatie.

Bij toepassing van maatregelen buiten gebouwen mag het rendement van de warmtevoorziening worden bepaald met NEN 7125. Het rendement van stadsverwarming kan hiermee oplopen tot meer dan 100 procent (een HR-ketel haalt 97,5 procent). Met dit hogere rendement mag opnieuw de EPC worden uitgerekend. Deze daalt daardoor. Hierdoor ontstaat ruimte om minder energiebesparende maatregelen in het gebouw te treffen. Deze methode heet de *getrapte eis* en is in het Bouwbesluit opgenomen. Het staat toe dat de EPC van een warmtewoning 0,532 mag zijn t.o.v. 0,4 voor een gaswoning of een woning met een warmtepomp. Dat betekent dat het warmteverbruik van een woning op stadsverwarming 33 procent hoger mag zijn.¹⁹

De *getrapte eis* wordt bij stadsverwarming vaak gebruikt en heeft tot resultaat dat de warmtewoning tot 10 GJ meer energie verbruikt dan wanneer een gasaansluiting met CV-ketel zou worden toegepast. Met de aanscherping van de EPC-norm in 2015 is eveneens de minimale isolatie (R_c -waarde) verhoogd. De kans dat thermische maatregelen achterwege blijven, is daardoor kleiner. Die 10 GJ komt bijvoorbeeld overeen met de opbrengst van 9 m² zon-PV panelen, die dan achterwege blijven. Voor de consument betekent dit extra energielasten, oplopend tot ongeveer € 250. Kosten die nergens gecompenseerd worden²⁰.

De beleidsmatige onderbouwing is dat de energieprestatie van een gebouw kan verbeteren onder invloed van maatregelen in het gebied. De betrekkelijkheid van die verbetering is in figuur 2 te zien. Wanneer de ruimte die de *getrapte eis* biedt volledig wordt benut, wordt bij alle vormen van stadsverwarming extra CO₂ uitgestoten.

Gelijkwaardigheidsverklaringen

Om een en ander aan te tonen worden gelijkwaardigheidsverklaringen gemaakt. Deze verklaringen zijn gebaseerd op kentallen uit de branche en inschattingen vooraf. Een deel van deze verklaringen wordt getoetst door het Bureau Controle en Registratie Gelijkwaardigheidsverklaringen door de kentallen te checken. De gebiedsprestatie controleren met praktijkcijfers is ingewikkeld, omdat het vraagt om een zeer uitgebreid overzicht van metingen van leiding- en pompverliezen, derving en bijstook. En dat kan eigenlijk alleen achteraf.

Hoe discutabel toepassing van de *getrapte eis* is, blijkt in Utrecht, waar vergunning is verleend voor warmtewoningen op basis van een verkeerde gelijkwaardigheidsverklaring. Ten gevolge van marktontwikkelingen wordt in de elektriciteitscentrale minder elektriciteit gemaakt en daarmee meer aardgas bijgestookt voor de stadsverwarming. Dit is vooraf ook niet vast te leggen. De consequentie is dat voor honderden woningen achteraf de nodige energiemaatregelen moeten worden aangebracht. In Utrecht heeft Eneco die ontwikkeling zelf gemeld. In hoeverre dit in andere stadsverwarmingsprojecten ook het geval is, is onduidelijk.

Omdat toepassing van de *getrapte eis* tot extra CO₂-emissie leidt, zou het in het belang van verduurzaming van de warmtevoorziening zo snel mogelijk afgeschaft moeten worden.

¹⁹ Minder energiezuinig en hogere lasten; Energie+ nr. 3 mei 2011; A. van Krevel en T. Buiting

²⁰ De eigenaar betaalt ook nog eens een extra aansluitbijdrage van ongeveer € 6.000 terwijl de woning minder zuinig is.

6 Stadsverwarmingsopties vergeleken

Bij de vergelijking zijn de volgende emissiefactoren gehanteerd:

Emisiefactor voor elektriciteit

De CO₂-emissie van elektriciteit is afhankelijk van de inzet van elektriciteitscentrales in Nederland²¹. De berekening gebeurt op basis van de referentieparkmethode^{22 23}. In de toekomst wordt het aandeel duurzaam hoger in de elektriciteitsproductie. Volgens de Nationale Energie Verkenning (NEV) is de emissie in 2025: 0,5 kg CO₂/kWh²⁴.

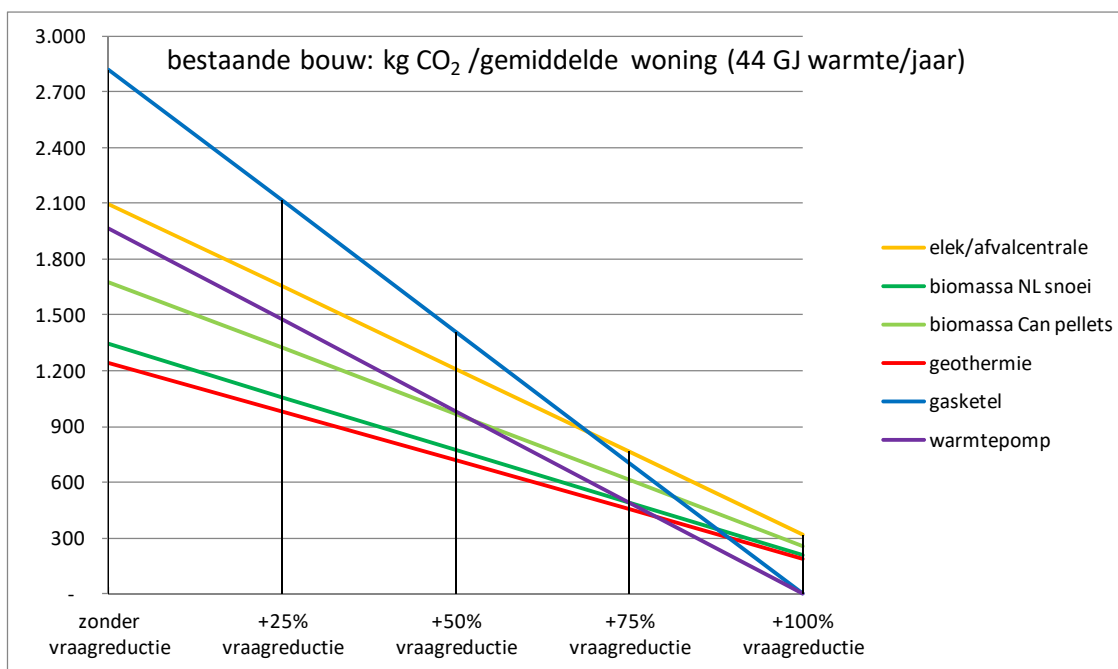
Om een vergelijking te kunnen maken voor beslissingen nu en effecten in de toekomst (ongeveer 30 jaar) is daar in deze notitie mee gerekend.

Indirecte emissies

De energievoorziening kent naast de directe CO₂-emissies ook indirecte emissies die resulteren uit de winning en het transport van de energiedragers. Een rapport van CE Delft²⁵ geeft hier inzage in. In absolute zin zijn de indirecte emissies belangrijk. In relatieve zin vallen ze bij vergelijking van stadsverwarming voornamelijk tegen elkaar weg. Het effect van het meenemen van indirecte emissies bedraagt ongeveer 2 procent. Omdat de indirecte emissies bij biomassa wel aanzienlijk zijn, is in deze notitie gerekend met directe en indirecte emissies.

Bestaande bouw

Het effect van centrale stadsverwarming is vergeleken met de situatie waarin met individuele gasketels verwarmd wordt. Het gemiddelde aardgasverbruik voor verwarming en tapwater is 1500 m³ gas per woning per jaar (= 44 GJ warmtevraag). In onderstaande grafiek is een overzicht gegeven van de CO₂-emissie per woning van de verschillende vormen van stadsverwarming, afhankelijk van de energiebesparing die voor de woning gerealiseerd kan worden.



Figuur 4 Directe en indirecte CO₂-emissie bestaande bouw (komt overeen met figuur 1)

Voor de toekomstige situatie (ongeveer 30 jaar) is de CO₂-reductie van stadsverwarming met elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales 26 procent²⁶. Dat is aanzienlijk lager dan vaak wordt voorgespiegeld.

²¹ Voor 2014 was deze 0,64 kg CO₂/kWh (Referentieparkmethode; bron CBS)

²² Berekening van CO₂-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland; AgentschapNL, CBS, ECN,PBL; september 2012

²³ Hoewel de extra behoefte aan elektriciteit van warmtepompen en de transportpompen eigenlijk met de "integrale methode" (met een lagere CO₂-emissie) berekend dienen te worden is in deze notitie gekozen om alle elektriciteit met genoemde factor door te rekenen.

²⁴ bron: ECN

²⁵ Ketenemissies warmtelevering; CE Delft; januari 2016

²⁶ Ter info: voor 2014 was de CO₂-reductie 14%, dat verschil komt doordat de CO₂ per kWh elektriciteit in 2014 hoger is dan het gemiddelde dat we aanhouden voor 2025, doordat meer kolen zijn ingezet.

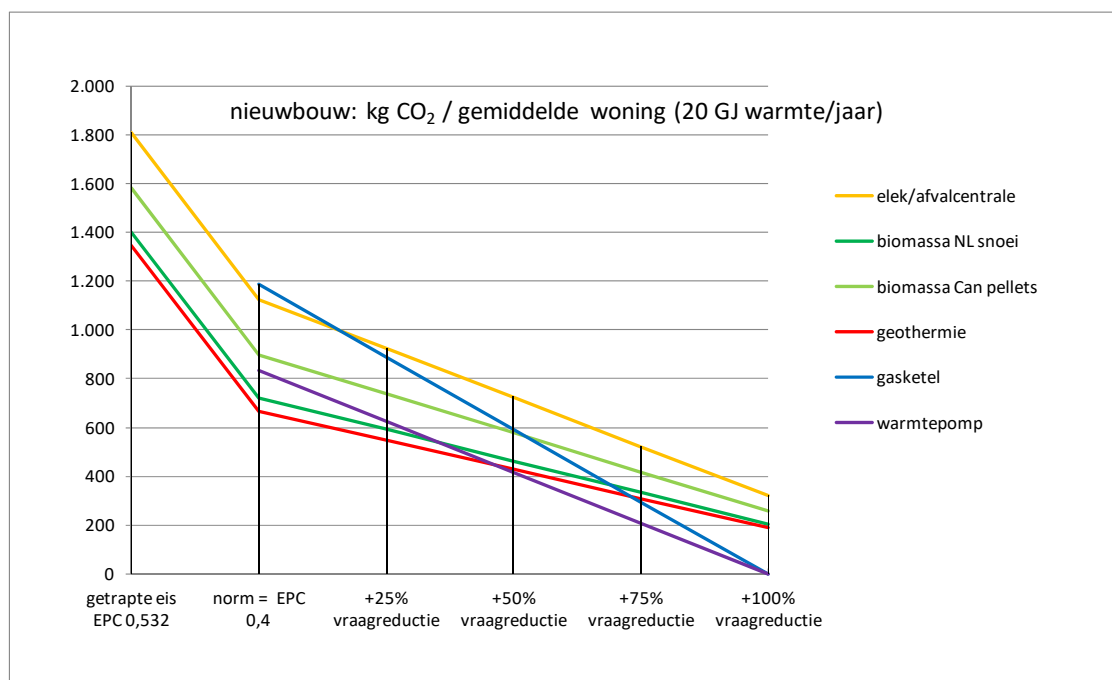
De CO₂ reductie van biomassa-stadsverwarming met Nederlands snoeihout is 52 procent (t.o.v. aardgas). Canadese houtpellets scoren 41 procent. De CO₂-reductie met geothermie als bron is 56 procent.

We kunnen ook een vergelijking maken een hybride warmtepomp. Deze energievoorziening maakt een snelle opmars door en bestaat uit een combinatie van elektrische warmtepomp, gasketel en warmtebuffer. De warmtepomp levert de basisverwarming en in koude perioden springt de gasketel bij. Er is dus nog wel een gasnet nodig. De CO₂-reductie van een hybride warmtepomp blijkt iets hoger: 30 procent. Maar we moeten ook naar energiebesparing kijken.

Opvallend is dat stadsverwarming met elektriciteits- of afvalverbrandingscentrales dezelfde CO₂ reductie geeft als een gasketel met 30 procent energiebesparing (ongeveer 2 energielabelstappen). Ten opzichte van een hybride warmtepomp scoren alleen geothermie en biomassa beter onder bepaalde omstandigheden.

Nieuwbouw

Wanneer we alleen naar nieuwbouw kijken, verandert met name de warmtevraag. Sinds 2015 is de warmtevraag van nieuwbouw woningen ongeveer 20 GJ²⁷. De warmteverliezen worden niet lager en zijn gemiddeld 8 GJ²⁸ per woning. Dit betekent dus dat er 40 procent verlies optreedt. De CO₂-emissie per nieuwbouwwoning is hieronder weergegeven.



Figuur 5 Directe en indirecte CO₂-emissie nieuwbouw (komt overeen met figuur 2)

Wanneer we een vergelijking maken van stadverwarming met elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales met individuele gasketels is de toekomstige CO₂-reductie slechts 5 procent.

De CO₂ reductie van biomassa-stadsverwarming met Nederlands snoeihout is 39 procent. Canadese houtpellets scoren 24 procent. De CO₂-reductie met geothermie als bron is 44 procent.

Voor nieuwbouw is het mogelijk te kiezen voor een *all electric* oplossing. In de warmtevraag (en tapwaterverwarming) kan dan geheel worden voorzien door een elektrische warmtepomp. Er is dan geen gasnet meer nodig.

De CO₂-reductie van een *all electric* warmtepomp is 30 procent: aanzienlijk hoger dan stadverwarming met elektriciteits- en afvalverbrandingscentrales. Opvallend is dat reeds bij 40 procent vraagreductie (onder de EPC-norm) geen enkele vorm van stadsverwarming beter scoort dan de *all-electric* warmtepomp.

Dat roept de vraag op waarom nieuwbouwwoningen op stadsverwarming moeten worden aangesloten.

²⁷ Update Referentiewoningen nieuwbouw 2015 - EPC = 0,4 Tussenwoning; RoyalHaskoningDHV; 13 oktober 2015; i.o.v. RVO

²⁸ Zie *Uniforme maatlat* (gemiddelde van hoogbouw en laagbouw).

7 Andere aspecten

Minder vrijheid en extra kosten voor de warmteklant

Een groot nadeel van stadsverwarming is dat de gebruiker *de facto* geen keus heeft. Meestal geldt dat hij verplicht op het warmtenet moet aansluiten en dan geen recht heeft op een gasaansluiting. Het zelf invullen van de eigen warmtebehoefte is veelal (nog) geen haalbare optie. Als gebouweigenaren een (duurzamer) alternatief hebben is het ingewikkeld en duur om van een bestaande stadsverwarmingaansluiting af te komen²⁹.

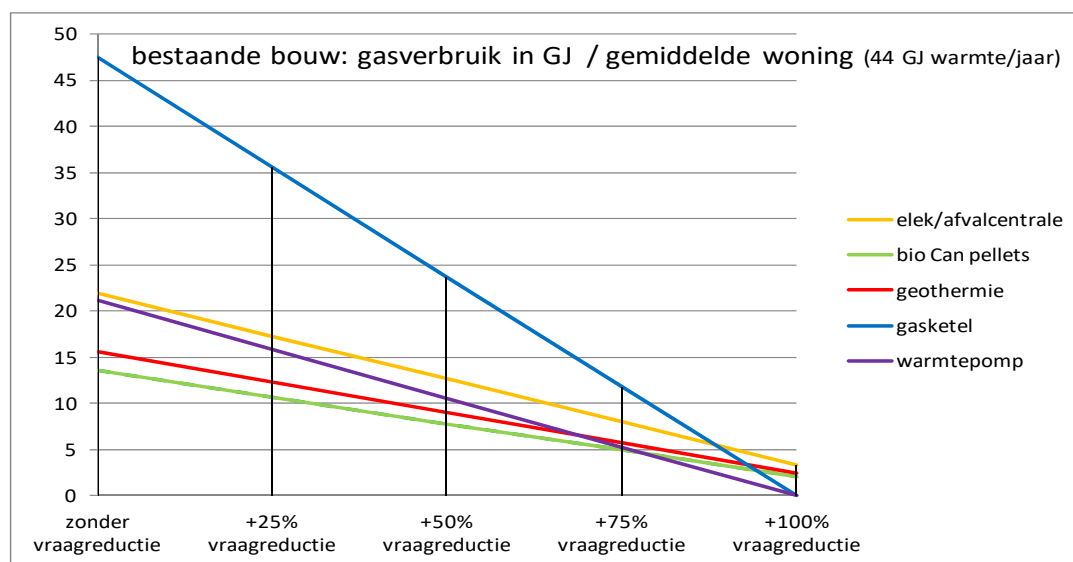
Onderzoek toont aan dat de warmteconsument onvoldoende wordt beschermd door de Warmtewet, die in 2014 is ingevoerd. De consumentenorganisaties^{30 31} hebben hier herhaaldelijk over geïnformeerd. Verder betalen warmteconsumenten meer dan wanneer ze een woning met een gasaansluiting en CV-ketel zouden hebben. Volgens een analyse van Stedin³² betaalt een warmteklant in 2016 zelfs € 500 meer.

Momenteel wordt de Warmtewet herzien. Daarbij wil de minister ook andere belangen dan bescherming van de gebonden warmteconsument behartigen. Want ook de markt voor collectieve warmtelevering moet versterkt worden én het moet ook nog bijdragen aan de energietransitie³³. Dit legt nog meer druk op de warmteconsument als sluitpost voor 'de business case' warmtenetten. De recente belangstelling voor "open" warmtenetten zal hier niet veel aan veranderen. De minister staat open voor onderhandelde toegang voor warmteproducenten, maar er wordt niet voorzien in derden toegang voor warmteleveranciers.

De waardering en de rechtspositie van de consument moeten ook in de duurzaamheidsafweging worden betrokken.

Aardgasvrije wijken en -steden

Vaak wordt gesuggereerd dat door toepassing van warmtenetten de gasdistributienetten opgeruimd kunnen worden. Door te renoveren gasnetten te amoveren, kan geïnvesteerd worden in stadsverwarmingsnetten. Inmiddels hebben zo'n 70 gemeenten aangegeven aardgasvrij te willen worden. Dat klinkt prachtig, maar is beperkt haalbaar met warmtenetten. Een warmtenet transporteert weliswaar geen aardgas, maar dat wordt wel in de hulpwarmteketels en bij de elektriciteitscentrales (die de gedeerde elektriciteit moeten compenseren) gebruikt. Hieronder is grafisch weergegeven wat de reductie op aardgasverbruik is, met als aanname dat in centrales 50 procent aardgas³⁴ wordt verbruikt.



Figuur 6 Gasverbruik bestaande woning (wanneer de helft van de elektriciteitscentrales gasgestookt is)

²⁹ Middels *warmteplannen* leggen gemeenten die aansluitplicht op het warmtenet vast, in plaats van een CO₂-reductiedoelstelling voor het gebied.

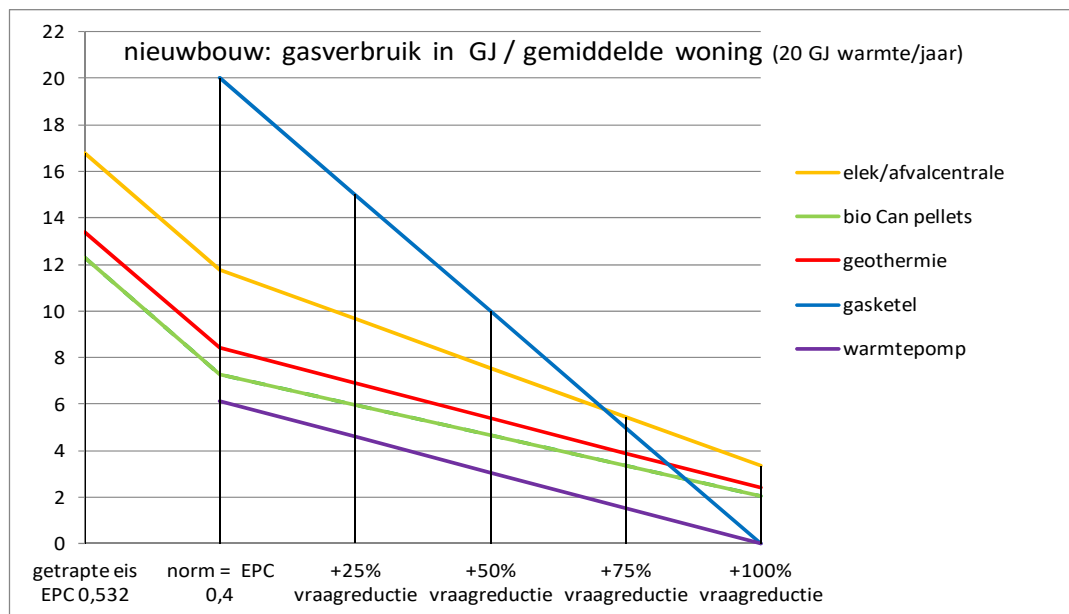
³⁰ Brief van Consumentenbond, Vereniging Eigen Huis en Woonbond; 12 november 2014.

³¹ Stadsverwarming is vooral duur; Warmtewet moet anders, Consumentengids, november 2016 blz. 46-47.

³² Maximum tarieven stadsverwarming structureel te hoog; geen businesscase voor warmtenetten; Sanne de Boer; 2016

³³ Wetsvoorstel herziening Warmtewet 2016; Memorie van Toelichting

³⁴ Vanuit de behoefte aan forse CO₂-reductie is het zinvol (ook de nieuwe) kolencentrales te sluiten. Dit zal betekenen dat in Nederland vooralsnog extra gas zal moeten worden ingezet voor elektriciteitsproductie. Dit zal een dempend effect hebben op de reductie t.o.v. gas maar t.o.v. de warmtepomp zal de reductie hoger worden.



Figuur 7 Gasverbruik nieuwbouw woning (wanneer de helft van de elektriciteitscentrales gasgestookt is)

Om van aardgas af te komen is energiebesparing belangrijker dan de keuze voor een bepaalde infrastructuur. De combinatie van energiebesparing en warmtepompen is een beter alternatief voor stadsverwarming, zeker bij nieuwbouw. Daarnaast is het risico van gasloosheid als doelstelling, dat de beoogde CO₂-doelstelling voor 2050 niet duurzaam wordt ingevuld.

Aanpak per wijk

In deze notitie is een vergelijking gemaakt van de belangrijkste collectieve- en individuele mogelijkheden. Maar er zijn meer mogelijkheden, bijvoorbeeld kleinschalige warmtenetten (temperatuur < 70°C). Daarnaast zijn er goede ontwikkelingen in processen (Energiesprong, wijkaanpak) en technieken (bijvoorbeeld zon thermisch, WKO en warmtepompen).

Voor keuzes die nu gemaakt (moeten) worden voor de warmtevoorziening van wijken is het nodig onafhankelijke energieverkenningen te doen naar de verduurzamingsmogelijkheden. Belangrijk daarbij is een goede onderbouwing van de CO₂-reductie van projectalternatieven. De vraag is of, wanneer lagere overheden al gekozen hebben voor warmtelevering, zo'n onderzoek nog onafhankelijk kan zijn.

Het is nodig een mate van onafhankelijk toezicht te houden op de energetische kwaliteit van energieverkenningen en (regionale) warmteplannen. En er moet een onafhankelijk afwegingskader komen om te kunnen vaststellen welke maatregelen – collectief, individueel of hybride - in een bepaalde situatie het best voldoen.

Het is belangrijk dat de consument (de gebruiker van de woning en de afnemer van energie) hierin een belangrijke rol krijgt. Dat voorkomt dat maatregelen worden getroffen die niet robuust zijn (onvoldoende CO₂-reductie, welvaartsverlies, imago en reputatieschade) en het bevordert de sociale kant van verduurzaming (verantwoordelijkheid, kostenbeïnvloeding, doelmatig gebruik en acceptatie).

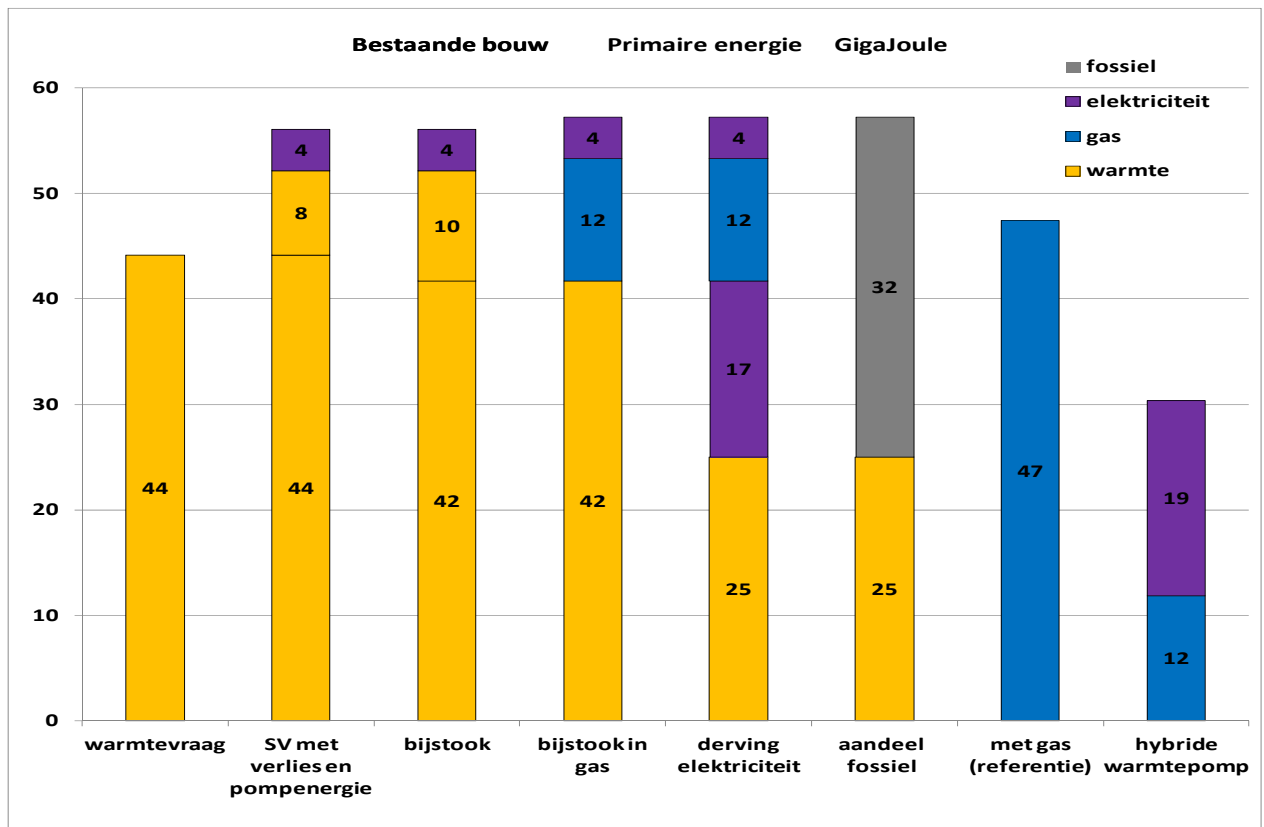
Deze meer consument gerichte aanpak is noodzakelijk gezien het belang van verduurzaming van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving.

Toon Buiting

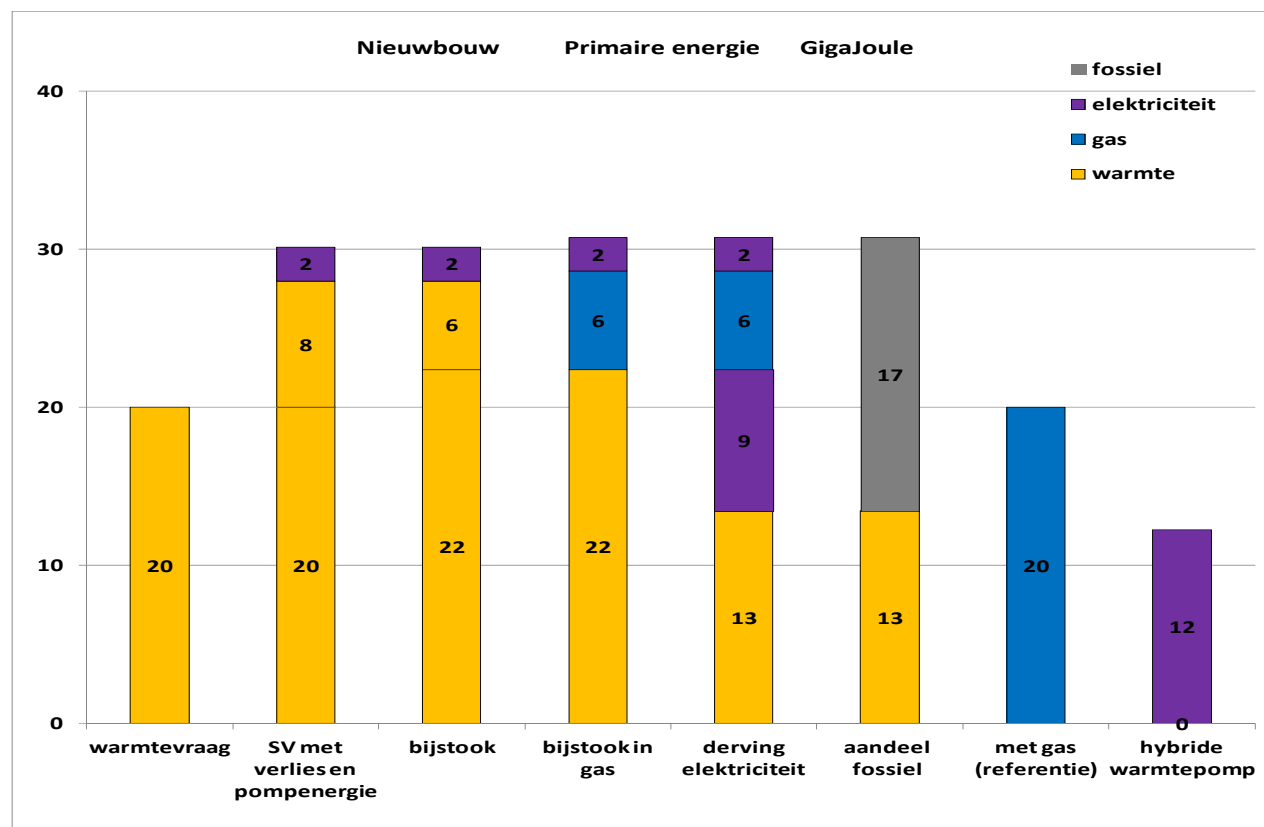
20-11-16

Met dank aan Els (2x), Ivo, Tom, Diederik, Swinda, Saskia en Jacques voor kritisch commentaar.

Bijlage Invoergegevens



Figuur 8 Primairenergiegebruik SV elektriciteit/afvalcentrale bestaande bouw



Figuur 9 Primairenergiegebruik SV elektriciteit/afvalcentrale nieuwbouw

Algemeen

			Uniforme Maatlat		
distributieverlies	8	GJ/woning			
lengte primaire net	18	km	0,076	MJ _{prim} /MJ _{th}	bron: NEN 7125 _{ontw}
bijstook	20%				
rend bijstook	90%	ow			
rend elektriciteitspark	45%	ow		toekomst	
CO ₂ emissie gas	1,788	kg/m ³	0,0565	kg/MJ _{ow}	indirect: 2,85 kg/GJ
CO ₂ emissie elektra	0,50	kg/kWh	0,0625	kg/MJ _{prim}	indirect: 0,045 kg/kWh
derving elektriciteit	0,05	kWh/MJ _{th}	0,40	MJ _{prim} /MJ _{th}	
CO ₂ emissie biomassa	9,2	kg/GJ		NL snoeihout	bron: rapport CE Delft
CO ₂ emissie biomassa	17,2	kg/GJ		Canadese pellets	"
COP geothermie	10		0,1	MJ _{prim} /MJ _{th}	
COP ruimteverwarming	4,50	secundair		{ gemiddelde warmtepomp (lucht/bodem)	
COP tapwaterverwarming	2,75	secundair		{ Bron: Milieucentraal en rapport ECN/Ecofys	

Bestaande stad

warmtevraag	44	GJ			
rendement ketels referentie	93%	ow			
aandeel warmtepomp	0,75				
SPF warmtepomp hybride	1,79				gewogen (70% ruimteverwarming /30% tapwater) en primair

Nieuwbouw

warmtevraag	20	GJ			
rendement ketels referentie	100%	ow			
SPF warmtepomp (all el)	1,63				gewogen (50% ruimteverwarming /50% tapwater) en primair

Berekening wijze

- warmtevraag: 44 GJ eenheden primaire energie (nieuwbouw 20 GJ)
- leidingverlies: aanname 8 GJ (zie Uniforme Maatlat); dus nodig 52 GJ warmte (bij nieuwbouw: 28 GJ)
- pomp energie: NEN 7125_{ontw}: (afstand+1) x 0,0018 MJ_e/MJ_{th}; aanname afstand bron tot verst gelegen punt primaire net 18 km > bij rendement elektriciteitspark 45% : 0,076 MJ_{prim}/MJ_{th} > 4 GJ elektrische pompenergie
- bijstook: aanname 20%; 0,2 x 52 = 10 GJ warmte
- bij rendement bijstook 90% (onderwaarde) vraagt dat 12 GJ gas
- derving: 0,05 kWh/MJ_{th} = 0,4 MJ_{prim}/MJ_{th} en dat over 80% van benodigde warmte = 0,4 x 0,8 x 52 = 17 GJ elektriciteit
- aandeel fossiel: 4 + 12 + 17 = 32 GJ (afgeronde getallen)
- referentie HR-ketel; rendement voor ruimteverwarming en tapwater: 93% (onderwaarde) > nodig 47 GJ gas
- vergelijking met hybride warmtepomp: bij aandeel warmtepomp 75% en Seasonal Performance Factor 1,79 (zie boven) nodig: 12 GJ gas en 19 GJ elektriciteit