



# Warmte uit hout

Een handreiking voor initiatiefnemers van bio-energie installaties



# Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	5
2. Over hout.....	7
3. Warmteproductie uit hout - ontwerpaspecten.....	17
4. Financiën en financiering.....	31
5. Van idee tot realisatie - projectorganisatie.....	35
6. Definities en begrippen.....	43
7. Referenties.....	45
Bijlage 1: Specificaties van chips onder Ö-norm 7133 en EN 14961.....	49
Bijlage 2: Leveranciers van installaties.....	53

## Verantwoording

Deze handreiking is geschreven als onderdeel van het werkprogramma van de Sector Natuur, Bos, Landschap en Houtketen (NBLH) binnen het Agroconvenant. De NBLH sector, waarin zijn vertegenwoordigd het Bosschap, het Platform Hout in Nederland (PHN) en de Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR), hebben in 2008 het Agroconvenant Schoon & Zuinig getekend. Hierin heeft de sector zich gecommitteerd aan het aan de markt beschikbaar stellen van 32 PJ biomassa in 2020. Hiertoe onderneemt zij verschillende activiteiten om marktpartijen en anderen te stimuleren deze biomassa beschikbaar te stellen en te gebruiken. Deze brochure 'Warmte uit hout – een handreiking voor initiatiefnemers van bio-energie installaties', past daarin. Publicatie van deze handreiking is mede mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van Agentschap NL.

Bij het opstellen van deze handreiking is dankbaar gebruik gemaakt van bestaande literatuur. Een overzicht vindt u in de referentielijst achterin deze handreiking. De foto's in deze handreiking zijn beschikbaar gesteld door Tubro Filter, Lucht en Verbrandingstechniek, Vagroen en de BVOR.

## Colofon

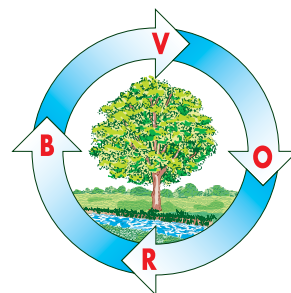
Warmte uit hout – een handreiking voor initiatiefnemers van bio-energie installaties.  
Tweede, herziene editie, januari 2014

## Auteur

Arjen Brinkmann (Brinkmann Consultancy)  
Postbus 67, 3870 CB Hoevelaken  
e-mail: arjen@brinkmann-consultancy.nl

## In opdracht van

Branche Vereniging Organische Reststoffen  
Agro Business Park 38  
6708 PW Wageningen  
Tel. (0317) 42 67 55  
Fax. (0317) 41 79 63  
e-mail: info@bvor.nl  
website: www.bvor.nl



## Disclaimer

De auteur van deze handreiking en de BVOR stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van (gegevens in) deze handreiking.



Energieopwekking uit biomassa bestaat in vele soorten en schaalgroottes: verbranding van hout, vergisting van mest en agro-residuen, bijsmaak van biomassa in kolencentrales, et cetera. Elk van deze vormen van bio-energie kent z'n typische biomassastromen, schaalgrootte, marktpartijen en economische realiteit.

Een vorm van bio-energieproductie die bijzonder in de belangstelling staat is de productie van warmte uit houtachtig materiaal afkomstig uit bos, natuur en landschap en groenvoorzieningen.

Daar zijn verschillende redenen voor:

1. Hout uit bos natuur, landschap en groen is 'overal' aanwezig, en wordt in veel gevallen nog niet benut. Zo wordt uit Nederlandse bossen nog slechts een beperkt gedeelte tak- en top hout geogst. Deze biomassa leent zich minder goed voor materiaaltoepassingen maar kan uitstekend worden ingezet voor energieproductie. Een ander voorbeeld is het hout dat deel uitmaakt van gemengd groenafval: verwerking van integraal groenafval brengt over het algemeen kosten met zich mee, terwijl energetische verwaarding van het houtdeel kan resulteren in opbrengsten in plaats van kosten.
2. Warmteproductie uit biomassa is op relatief kleine schaal kosteneffectiever dan elektriciteitsproductie of warmte-kracht-toepassingen (WKK). Wanneer lokaal sprake is van voldoende houtaanbod en een passende warmtevraag, kan warmteproductie uit biomassa bovendien economisch interessant zijn.
3. Lokale energieproductie met lokaal vrijkomende biomassa heeft een duurzame uitstraling. Voor veel lagere overheden en andere partijen is dit een reden om dergelijke 'local for local' projecten te initiëren en/of er in te participeren.

Tot op heden is het aantal in Nederland gerealiseerde warmte-installaties op hout echter bescheiden, zeker in vergelijking met een aantal andere Europese landen. Een deel van de bestaande installaties kampt bovendien met operationele, en daardoor financiële, problemen. De praktijk van realisatie en bedrijfsvoering van deze installaties blijkt telkens weerbarstiger dan de glansrijke perspectieven zoals die met enige regelmaat door haalbaarheidsstudies en potentieelstudies worden geschetst ('hout is goud'). Risico's blijken onder meer gelegen in vergunningstrajecten, de techniekeuze in relatie tot beschikbare biomassakwaliteiten, en onrealistische kosten-opbrengsten scenario's.

## Over hout

Deze handreiking geeft handvatten voor partijen die de haalbaarheid van een warmte-installatie op hout wensen te onderzoeken. Met deze handvatten kunnen deze partijen risico's die samenhangen met de realisatie van een dergelijke installatie in een vroegtijdig stadium vermijden of beheersbaar maken.

Het is niet de intentie van deze handreiking om in detail het ontwerp van een warmte-installatie op hout te beschrijven. Systeemleveranciers en gespecialiseerde consultants zijn hiervoor de aangewezen partijen (zie ook Bijlage 2).

De handreiking richt zich primair op **schone houtstromen** die worden ingezet voor warmteproductie in installaties met een vermogen **tussen enkele honderden kW<sub>th</sub> en enkele MW<sub>th</sub>**. Dit komt overeen met een houtverbruik van tientallen tot honderden kg per uur.

Hoofdstuk 2 definieert biomassa, hout en houtbrandstoffen en geeft achtergrondinformatie over kwaliteitsaspecten en duurzaamheidsaspecten van houtbrandstoffen. Hoofdstuk 3 geeft basisinformatie over aspecten die van belang zijn bij het ontwerp van een houtgestookte warmte-installatie. Hoofdstuk 4 gaat in op financiën en financiering. Hoofdstuk 5 geeft handreikingen voor het proces van projectidee tot daadwerkelijke realisatie van een warmte-installatie.



### 2.1 Definities voor biomassa en hout(soorten)

#### Wat is biomassa?

Onder biomassa in ruime zin wordt verstaan levende en dode organismen of delen ervan, zowel plantaardig als dierlijk materiaal.

Wanneer wordt gesproken over biomassa in relatie tot energieproductie gaat het over plantaardig of dierlijk materiaal dat, na eventuele bewerking, kan worden gebruikt om energie te produceren. In de Europese richtlijn Hernieuwbare Energie wordt in dat verband de volgende definitie gehanteerd:

*'De biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval.'*

#### Beschikbare conversietechnologieën voor biomassa

Biomassa kan energetisch worden benut middels thermische verwerking (verbranding, vergassing en torrefactie) of door biologische verwerking (vergisting en compostering). Met deze processen kunnen verschillende vormen van energie en energiedragers worden geproduceerd: elektriciteit, warmte, getorreficeerde brandstofpellets, biogas en transportbrandstoffen.

Niet iedere biomassastroom is geschikt voor een bepaalde conversietechnologie. Een paar basisregels:

1. hout en houtachtig materiaal zijn niet geschikt voor vergisting;
2. vochtige biomassa (gras, bladeren, groenafval, mest) zijn niet (zonder meer) geschikt voor verbranding;
3. verbranding stelt meestal minder eisen aan de samenstelling van biomassa dan vergassing.

Deze handreiking richt zich op relatief kleinschalige warmteproductie uit houtachtige stromen afkomstig uit natuur, bos, landschap en groenvoorzieningen. Verbranding is hiervoor de meest geëigende conversietechnologie: investeringen voor vergassing zijn op deze schaal te hoog. Dat komt vooral omdat wordt uitgegaan van warmteproductie, en niet van elektriciteitsproductie.



### Soorten hout

Hout kan op vele verschillende manieren worden geclassificeerd. Een classificatie is op basis van de herkomst van het hout, waarbij vers hout, rest hout en afvalhout als hoofd categorieën worden onderscheiden.

### Vers hout

Vers hout is hout dat vrijkomt bij snoei-, kap- en rooiwerkzaamheden in bijvoorbeeld bossen, in het landschap, in groenvoorzieningen en bij boomkwekers. Vers hout kan bestaan uit hele bomen, kap afval, tak- en top hout, stobben, rondhout et cetera. Onder deze categorie valt ook hout dat specifiek wordt geteeld voor biomassa- en andere toepassingen (bijvoorbeeld op een wilgenplantage).

### Resthout

Resthout is hout dat overblijft als reststroom bij zagerijen of in de houtverwerkende industrie, bijvoorbeeld zaagsel, snippers, schors of andere onbruikbare kleine houtdelen.

### Afvalhout of gebruikt hout

Afvalhout of gebruikt hout is hout dat vrijkomt na gebruik van een product of materiaal. Dit kunnen meubels zijn, maar ook materiaal afkomstig van het bouwen, renoveren en slopen van gebouwen. Houtafval kan vrijkomen als monostroom na sorteren of als bewust afgescheiden stroom.

Houtafval kent drie categorieën:

- A-hout: ongeverfd en onbehandeld hout;
- B-hout: niet onder A- en C-hout vallend hout waaronder geverfd, gelakt en verlijmd hout;
- C-hout: geïmpregneerd hout, zijnde behandeld hout waar stoffen al dan niet onder druk zijn ingebracht om de gebruiksduur te verlengen:
  - gecreosoteerd hout (met koolwaterstoffen en teren bewerkt);
  - gewolmaniseerd hout (CC- en CCA-hout);
  - hout dat met andere middelen (fungiciden, insecticiden, boorhoudende verbindingen, quaternaire ammoniumverbindingen) behandeld is teneinde de gebruiksduur te verlengen.

De eigenschappen van een specifieke partij hout hangen in de eerste plaats af van de houtsoort, en in de tweede plaats van de voorgeschiedenis van die partij hout. Zo heeft vers hout een relatief hoog gehalte vocht, terwijl dit voor houtafval over het algemeen veel lager ligt. Daar staat tegenover dat houtafval allerlei (ongewenste) toevoegingen kan bevatten, die de hergebruiksmogelijkheden als materiaal of als brandstof beperken.

## 2.2 Karakterisering en classificatie van houtbrandstoffen

### 2.2.1 Typen houtbrandstof

Door bewerking kunnen eigenschappen van hout worden veranderd, zodanig dat daardoor een geschikte brandstof ontstaat. Voorbeelden van gebruikelijke bewerkingen zijn verkleinen (chipsen, shredderen), drogen (passief of actief), het verwijderen van niet-houtdelen en aanhangend zand of grond en verdichten (pelletieren of briketteren).

Uit vers hout kunnen door bewerking in hoofdlijn vijf typen houtbrandstof worden geproduceerd, te weten:

1. brandhout
2. houtchips
3. houtshrips
4. pellets
5. briketten

In onderstaande figuur zijn de verschillende typen houtbrandstof afgebeeld.



In de Nederlandse praktijk zijn chips de meest toegepaste brandstof voor de bio-energie installaties zoals besproken in deze handreiking. Goede kwaliteit chips voldoen aan de technische specificatie van de meest gebruikte kachels, en zijn relatief kosteneffectief te produceren uit diverse schone houtstromen. Ook briketten en pellets zijn in veel gevallen technisch geschikt, maar door de hogere voorbereidingskosten (substantieel) duurder en daardoor minder aantrekkelijk dan chips. Shrips laten in de praktijk een vrij brede range zien in de samenstelling, onder meer in het as gehalte, waardoor ze niet zonder meer geschikt zijn voor rechtstreekse inzet als brandstof en veelal een uitgebreide voorbereiding noodzakelijk is.

Om bovenstaande redenen wordt in deze handleiding primair uitgegaan van chips als brandstof voor hout gestookte warmte-installaties.

In paragraaf 2.2.2 wordt ingegaan op essentiële kwaliteitsaspecten van chips, in paragraaf 2.2.3. op monitoring en classificatie van chips kwaliteiten.

### 2.2.2 Kwaliteitsaspecten van chips

#### Vochtgehalte en verbrandingswaarde

Het vochtgehalte van chips bepaalt of en hoe lang het materiaal kan worden opgeslagen, en wat de verbrandingswaarde is.

In zijn algemeenheid geldt dat hoe lager het vochtgehalte van de chips, hoe langer deze zonder bezwaar kunnen worden opgeslagen. Chips met een vochtgehalte boven de 40-45% kunnen niet worden opgeslagen, en moeten rechtstreeks worden ingezet dan wel worden gedroogd voorafgaand aan opslag.

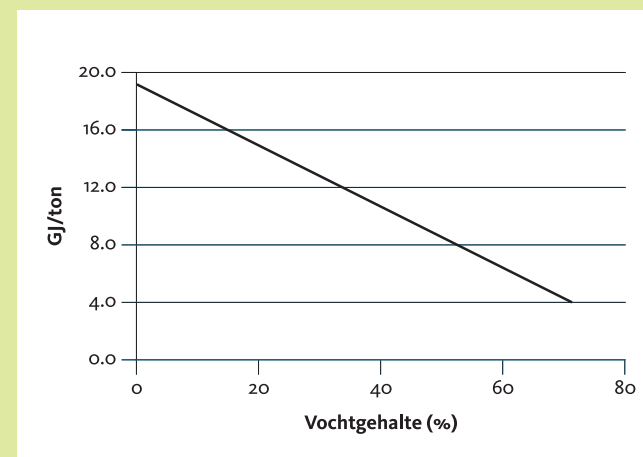
Het vochtgehalte bepaalt tevens de actuele energie inhoud van de chips en dus de verbrandingswaarde, en daarmee ook in welk type kachel de chips kunnen worden ingezet. Dit is uiteengezet in onderstaand kader.

#### Verbrandingswaarde van houtbrandstof

Essentieel bij de inzet van hout voor warmteproductie is de verbrandingswaarde van de brandstof.

De bruto verbrandingswaarde van hout, dat wil zeggen op basis van droge stof, varieert tussen 19 GJ/ton droge stof (loofhout) en 19,2 GJ/ton droge stof (naaldhout).

Onderstaande figuur geeft de relatie weer tussen het vochtgehalte en de verbrandingswaarde:



De netto verbrandingswaarde kan ook met de volgende formule worden berekend:

$$NVW = 19,2 - (0,22 \times VG)$$

Waarin:

NVW = netto verbrandingswaarde in (GJ/ton ontvangen, dus vers gewicht)

VG = vochtgehalte in %

#### Asgehalte

Het asgehalte van chips varieert afhankelijk van de herkomst en de wijze van oogsten. Chips uit oud hout, rest hout en 'mooie' chips uit vers hout hebben een asgehalte tussen de 1-1,5%. Echter, wanneer vers hout voorafgaand aan het chippen in aanraking komt met grond (minerale delen), kan het asgehalte oplopen tot wel 10%.

Het asgehalte van chips is van belang omdat dit bepaalt hoeveel bodemas en vliegas na het verbrandingsproces overblijft. Bovendien kan een te hoog asgehalte negatieve invloed hebben op het operationeel functioneren van de ketel (zie hoofdstuk 3).

### Verontreinigingen

Verontreinigingen zijn er in twee soorten: macro-verontreinigingen en micro-verontreinigingen. Macro-verontreinigingen zijn niet-hout delen die mee zijn gechipt dan wel op een andere manier tussen het materiaal terecht zijn gekomen. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om ander organisch materiaal dat met snoeihout is vrijgekomen en gechipt (naalden, bladeren, grasachtig materiaal) of om stenen. Micro-verontreinigingen zijn bijvoorbeeld chemicaliën, lijm of verfesten aanwezig in B-hout.

Macro-verontreinigingen hebben vooral een negatief effect op het *functioneren* van de installatie, micro-verontreinigingen veroorzaken *ongewenste emissies*.

### Grootte van de chips

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat kleine installaties kleine chips (< 15-20 mm) nodig hebben, zonder grove delen daartussen. Grotere installaties kunnen grotere chips hanteren (tot 40-50 mm), maar ook daarbij moeten grove delen zo veel mogelijk worden vermeden.

#### 2.2.3 Classificatie van chipskwaliteiten

Om handel in en gebruik van chips te vergemakkelijken, zijn verschillende systemen opgezet waarmee chips kunnen worden geclassificeerd. Verkopers van chips kunnen hiermee de kwaliteit van hun product eenduidig definiëren, terwijl gebruikers zekerheid hebben dat de kwaliteit van de chips past binnen de technische specificaties van hun installatie. Hierdoor worden operationele problemen en ongewenste emissies voorkomen. Voorbeelden van classificatie systemen voor chips zijn de Oostenrijkse Ö-norm M7133, de Duitse DIN-normen, en de Europese EN 14961 standaard. In Bijlage 1 zijn de kwaliteitseisen uit de Ö-norm M7133 en de EN 14961 standaard samengevat.

In de Nederlandse biomassahandel gebruiken (grote) marktpartijen op dit moment met name de Ö-norm. De relatief kleinschalige bio-energie installaties waar deze handreiking zich op richt, maken nog beperkt gebruik van deze normen.

Het is van belang het aspect van kwaliteitsborging te betrekken in het businessplan voor een houtgestookte warmte-installatie, en een strategie hiervoor te formuleren. Eén strategie kan zijn om uitsluitend gestandaardiseerde biomassakwaliteiten (bijvoorbeeld via Ö-norm) in te kopen, en daarmee zeker te stellen dat wordt voldaan aan de technische eisen van de instal-

latie. Echter, dit kan meerkosten met zich meebrengen ten opzichte van biomassa waarvan onduidelijk is of deze aan de (Ö-norm)eisen voldoet. Het hoeft bovendien niet nodig te zijn wanneer helder is waar de biomassa vandaan komt, en wanneer daarmee aannemelijk is dat deze voldoet aan de specificaties van de kachel.

In biomassa leveringscontracten dienen afspraken over de kwaliteit van de houtchips te worden vastgelegd. Bovengenoemde normen bieden daarvoor een bruikbaar en bewezen raamwerk.

## 2.3 Duurzaamheidsaspecten bij gebruik van hout voor warmteproductie

### 2.3.1 CO<sub>2</sub>-winst van warmte uit hout

Planten – biomassa dus – nemen door fotosynthese CO<sub>2</sub> op en zetten die om in zuurstof. De koolstof wordt gebonden in plantmateriaal (biomassa). Bij verbranding komt deze koolstof weer vrij als CO<sub>2</sub>. Dit wordt de korte koolstofcyclus genoemd. Netto resulteert verbranding van biomassa dus niet in een toename van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer, in tegenstelling tot de verbranding van fossiele brandstoffen: bio-energie is CO<sub>2</sub>-neutraal.

Om de CO<sub>2</sub>-winst van bio-energie te bepalen, moet worden berekend hoeveel verbruik van fossiele brandstoffen daarmee wordt voorkomen.

Wanneer biomassa wordt ingezet voor warmteproductie, wordt daarmee meestal aardgas (voor warmteproductie) vervangen. De CO<sub>2</sub>-emissie van aardgas is dan de referentie: de stookwaarde van aardgas is 31,65 MJ/Nm<sup>3</sup> en de CO<sub>2</sub>-emissie is 56,1 kg/GJ. Dit betekent een CO<sub>2</sub>-emissie van 1,776 kg CO<sub>2</sub> per verbrande Nm<sup>3</sup> aardgas.

#### Een rekenvoorbeeld:

Wanneer een ton snoeihout met een vochtgehalte van 25% en een calorische waarde van 14 MJ/kg wordt benut voor warmteproductie, met een rendement van 80%, wordt ca 11,2 GJth/ton hout aan warmte geproduceerd. Dit komt overeen met een vermeden aardgasverbruik van 350 Nm<sup>3</sup> en een vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot van circa 630 kg CO<sub>2</sub>/ton hout.

In bovenstaande is geen rekening gehouden met de (fossiele) energie die nodig is voor het transport en de voorbewerking van de biomassa. Wanneer deze in beschouwing wordt genomen, is de CO<sub>2</sub>-besparing door gebruik van biomassa dus niet meer 100% (t.o.v. aardgas) maar minder dan 100%. Op de website van AgentschapNL is een rekentool beschikbaar waarmee de exacte CO<sub>2</sub>-emissiereductie in een specifieke situatie kan worden berekend ([www.agentschapnl.nl/content/co2-tool](http://www.agentschapnl.nl/content/co2-tool)).

### **Carbon debt**

In de voorbije jaren is een wetenschappelijk en maatschappelijk debat ontstaan over carbon debt.

De term carbon debt verwijst naar een tijdelijke 'onbalans' tussen CO<sub>2</sub>-emissies uit biomassa en CO<sub>2</sub>-vastlegging van bossen: wanneer biomassa uit bos wordt geoogst en verbrand komen onmiddellijk CO<sub>2</sub>-emissies vrij, terwijl het 'compenseren' hiervan door hergroei van biomassa in het bos tijd in beslag neemt. Pas wanneer deze carbon debt is 'terugbetaald' draagt de biomassa netto bij aan CO<sub>2</sub>-reductie.

Afhankelijk van de soort biomassa en de wijze van oogsten kan het 'terug betalen' van de carbon debt enkele jaren tot vele decennia duren. Kritische partijen zoals de milieubeweging stellen dat bij dergelijke lange termijnen bio-energie feitelijk niet bijdraagt aan het terugdringen van klimaatverandering.

Rond carbon debt bestaan nog de nodige wetenschappelijke onzekerheden. Vooral nog is het daarom te vroeg om te speculeren over eventuele beleidsmatige consequenties.

### **2.3.2 Andere duurzaamheidsaspecten**

Met de toenemende vraag naar biomassa voor energieproductie, neemt ook de maatschappelijke discussie toe over de duurzaamheid van die biomassa. Daar waar de discussie zich in eerste instantie richtte op biobrandstoffen voor wegverkeer, gemaakt uit eetbare gewassen als maïs en palmolie, staat nu ook vaste biomassa voor elektriciteitsproductie nadrukkelijk in de belangstelling.

Maatschappelijke groeperingen en anderen vrezen dat toenemend gebruik van biomassa leidt tot meer ontbossing, biodiversiteitsverlies en concurrentie tussen gebruik van biomassa voor energie en voor andere doeleinden. Zoals in 2.3.1 aangegeven staat ook het onderwerp 'carbon debt' volop in de belangstelling. Hoewel de discussie zich voor een belangrijk deel richt op volumineuze biomassastromen uit het buitenland (bijvoorbeeld houtpellets uit Canada), worden ook Nederlandse biomassastromen kritisch beschouwd. Dat geldt ook voor hout uit natuur, bos, landschap en groenvoorzieningen.

Duurzaamheid van biomassa kan aantoonbaar worden gemaakt door certificering. Er zijn verschillende certificeringssystemen beschikbaar. Tot op heden heeft het NTA 8080 systeem een dominante positie voor de certificering van Nederlandse houtstromen uit bos, natuur,

landschap en groenvoorzieningen. Een belangrijke reden is dat het NTA 8080 een pragmatisch onderscheid maakt tussen reststromen en niet-reststromen, waarbij voor de reststromen minder duurzaamheidseisen van toepassing zijn. Daarnaast zijn er schema's voor duurzaam bosbeheer, die uitgaan van de certificatie van stukken bos en van de biomassa die hieruit wordt geoogst. De bekendste voorbeelden van deze schema's zijn FSC en PEFC.

Meer informatie over duurzaamheid en certificering van biomassa is te vinden in het door Agentschap NL uitgegeven 'Handboek duurzaamheidscertificatie vaste biomassa'.

Duurzaamheidscertificatie van biomassa voor bio-energie zal in de nabije toekomst aan belang winnen. Het medio 2013 gesloten SER Energieakkoord stelt bindende duurzaamheidscriteria voor voor biomassa bijstook. Duurzaamheidscriteria dienen vergelijkbaar te zijn met de NTA 8080 eisen, en daarboven op criteria met betrekking tot carbon debt, indirecte landgebruiksveranderingen (ILUC) en duurzaam bosbeheer te bevatten. Deze criteria moeten eind 2014 verder zijn gedetailleerd, gevolgd door implementatie in 2014. Het Energieakkoord geeft vooralsnog niet aan of (een deel van) deze duurzaamheidscriteria ook gaat gelden voor wijzen van bio-energieproductie anders dan bijstook (dus bijvoorbeeld voor kleinere bio-energieinstallaties) zoals hier besproken.

### **2.3.3 de Europese Houtverordening**

Op 3 maart 2013 is de Europese houtverordening in werking getreden (EU Timber Regulation, EUTR). Iedere marktdeelnemer die voor het eerst hout of houtproducten op de Europese markt brengt, moet voldoen aan de eisen van de verordening. De verordening verbiedt het op de markt brengen van illegaal gekapt hout. Marktdeelnemers moeten garanties geven over de legale herkomst van hun producten door een stelsel van zorgvuldigheidseisen toe te passen.

Dit stelsel bestaat uit:

- gegevens over de legale herkomst verzamelen en 5 jaar beschikbaar houden;
- risicoanalyses uitvoeren om in te schatten en te analyseren of het hout illegaal is gekapt;
- risico minimaliseren door het nemen van maatregelen.

Ook voor Nederlands hout dat wordt gebruikt voor de productie van bio-energie zijn eisen uit de houtverordening van toepassing. De gedetailleerde eisen, en de wijze waarop marktpartijen hieraan praktisch vorm kunnen geven, zijn te vinden op de website van de Europese Commissie ([http://ec.europa.eu/environment/eutr2013/index\\_nl.htm](http://ec.europa.eu/environment/eutr2013/index_nl.htm)) en van de Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (nvwa).



# Warmteproductie uit hout - ontwerpaspecten

# 3

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op een aantal ontwerpaspecten van bio-energie installaties voor warmteproductie uit hout, en worden hoofdonderdelen van een dergelijke installatie beschreven. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling van dit hoofdstuk om een gedetailleerde ontwerp handleiding te geven, daarvoor zijn immers gespecialiseerde bedrijven beschikbaar (zie ook hoofdstuk 5). Wél beoogt dit hoofdstuk om initiatiefnemers meer houvast te geven omtrent kritische ontwerpparameters, zodanig dat zij daarmee beter toegerust hun eventuele leveranciers, projectontwikkelaars en adviseurs tegemoet kunnen treden.

## 3.1 Verschillen tussen hout en gas als bron voor warmteproductie

Warmteproductie uit hout wordt in de Nederlandse praktijk meestal toegepast als alternatief voor warmteproductie uit gas. Het principe is in beide gevallen hetzelfde: de brandstof (gas dan wel biomassa) wordt met een ruime hoeveelheid lucht volledig omgezet in hete rookgassen, die vooral bestaan uit waterdamp en CO<sub>2</sub>. De warmte van deze rookgassen wordt vervolgens via een warmtewisselaar overgedragen aan water, lucht of een ander medium. Dit wordt aansluitend gebruikt voor ruimteverwarming, procesverwarming, et cetera.

Warmte-installaties die hout als brandstof gebruiken verschillen in een aantal opzichten van gasboilers. Deze verschillen hebben consequenties voor het ontwerp van een hout gestookt warmtesysteem, zoals in de volgende tabel is samengevat:





Unieke karakteristieken van houtgestookte warmte-installatie	Consequenties voor het ontwerp
Hout brandstoffen zijn volumineus.	Voldoende grootte van opslagvoorzieningen. Toegang voor levering van brandstoffen door vrachtwagens. Weegvoorzieningen voor vrachtwagens (op locatie of elders).
Het monitoren van de kwaliteit van houtbrandstoffen is bewerkelijk. Bovendien kan kwaliteit variëren.	De verbrandingsinstallatie dient te worden ontworpen op basis van de verwachte/ beschikbare (variatie in) samenstelling van houtbrandstoffen. Zie hoofdstuk 2 voor informatie over kwaliteit van chips.
Houtgestookte boilers nemen meer ruimte in dan gasgestookte boilers.	Houtgestookte boilers passen mogelijk- wijs niet in het bestaande ketelhuis.
Houtgestookte boilers zijn over het algemeen duurder dan gassystemen.	Overdimensionering moet worden vermeden. Zie paragraaf 3.4.
Houtgestookte boilers werken over het algemeen het meest efficiënt bij vol vermogen.	Overdimensionering moet worden vermeden (de boilers schakelt dan vaker uit/aan, hetgeen de prestatie en emissies niet ten goede komt). Zie paragraaf 3.4.
Afgassen zijn verontreinigd en dienen te worden behandeld.	Voorzieningen voor behandeling van afgassen dienen in het ontwerp te worden geïntegreerd.
Productie van bodem- en vlieggas.	Voorzieningen voor opvang, opslag en afvoer van assen dienen in installatie te worden geïntegreerd.

Voor uitsluitend warmteproductie uit hout is verbranding de meest kosteneffectieve technologie. Technologieën als vergassing, pyrolyse en torrefactie hebben warmte als bijproduct, maar zijn te duur om te worden toegepast in een situatie waar warmteproductie het hoofd- doel is.

### 3.2 Het verbrandingsproces

Het proces van biomassaverbranding vindt plaats in drie verschillende, maar elkaar overlappende, fasen, waarvan de aard en duur afhankelijk zijn van het type biomassa brandstof.

1. Droogfase: in deze fase wordt vocht dat aanwezig is in het hout verdampt en warmt het hout op. Verdamping van vocht vraagt netto energie en beperkt dus de hoeveelheid (surplus) energie die uit de kachel beschikbaar komt.
2. Vergassingsfase: in deze fase vergassen de vluchtige bestanddelen uit het hout, die vervolgens verbranden. Chemische energie wordt hierbij omgezet in warmte en licht (vlammen). Een aanzienlijk deel van hout, ongeveer 80%, bestaat uit vluchtige bestanddelen.
3. Uitbrandfase: in deze fase brandt de houtskool verder uit. Omdat er in deze fase vrijwel geen vluchtige bestanddelen meer vrijkomen, gloeit het materiaal alleen nog (geen vlammen meer).

Een ketel moet zodanig worden ontworpen dat de verschillende fasen van het verbrandingsproces adequaat kunnen verlopen. Het gaat dan onder meer om het verdampen van vocht, de toevoer van verbrandingslucht en de afvoer van assen:

#### **Verdamping van vocht**

Voordat hout kan verbranden, moet het aanwezige vocht verdampen. Het verdampingsproces vraagt energie. Dat is tevens de reden dat hout met een hoger vochtgehalte een lagere calorische waarde heeft dan droger materiaal. Praktisch gesproken: een installatie gedimensioneerd op brandstoffen met een relatief hoog vochtgehalte zal groter moeten zijn dan een installatie voor relatief droge brandstoffen. Dit komt omdat de verse brandstof langer in de kachel zal moeten drogen. Daarnaast is er meer brandend materiaal nodig om deze droging te bewerkstelligen.

#### **Toevoer van verbrandingslucht**

Vergassing van vluchtige componenten vindt plaats op het verbrandingsrooster, terwijl het verbranden daarvan plaats vindt in de ruimte boven het brandstofbed. Dit betekent dat lucht nodig is zowel boven het brandstofbed (secundaire lucht) als in/op het brandstof bed (primaire lucht). Geavanceerde bio-energie installaties hebben voorzieningen om primaire en secundaire lucht separaat te reguleren, en daarmee optimale verbrandingscondities te bewerkstelligen.

Verbranding van hout vraagt circa 5 kg lucht per kg hout, daarbij uitgaand van een overmaat lucht van 40%. Als een vuistregel kan worden aangehouden dat circa één derde van de totale luchtbehoefte wordt gevormd door primaire lucht, en twee derde door de secundaire lucht.



### **Productie van as**

Minerale bestanddelen in het hout komen vrij als as. Afhankelijk van het type verbrandingsproces kan de as ook een deel onverbrande koolstof bevatten. As valt onder te verdelen in bodemas, dat achterblijft op of achter het verbrandingsrooster, en vlieg-as dat met de rookgassen meegaat en via de rookgasreiniging wordt afgevangen. Voor beide typen as dienen afvoervoorzieningen te worden geïntegreerd.

## **3.3 De verbrandingsinstallatie**

Verbrandingssystemen voor warmteproductie uit hout zijn er in tal van varianten en uitvoeringen. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op de standaard hoofdonderdelen van een verbrandingsinstallatie voor warmteproductie uit hout. Gedetailleerde informatie is te verkrijgen via de leveranciers zoals genoemd in bijlage 2 en door raadpleging van de referentielijst achter in deze handreiking.

### **3.3.1 Hout aanvoer, opslag en voeding**

Aanvoer van hout vindt over het algemeen in batches plaats, terwijl het gebruik continu is. Opslag van houtbrandstoffen in een bunker of in een gelijkvloers compartiment is daarom essentieel. De benodigde opslagcapaciteit hangt van vele factoren af, onder meer het houtchips verbruik per tijdseenheid, de frequentie van aanvoer en de dichtheid van de chips. In zijn algemeenheid wordt aanbevolen om de opslag ruim te bemeten, om daarmee maximale flexibiliteit met betrekking tot aanvoer van biomassa te creëren.

Houtopslag kan plaatsvinden in een bestaand gebouw of in een aparte ruimte (dicht) naast het gebouw. Belangrijk is dat de aanvoer en het lossen gemakkelijk kunnen plaatsvinden, zonder dat veel extra handelingen nodig zijn door de beheerder van de installatie. Ook moet de geloste brandstof gemakkelijk visueel kunnen worden geïnspecteerd. Verder dient uiteraard te worden voorkomen dat er water kan komen in de opslag, en zijn adequate voorzieningen met betrekking tot brandveiligheid noodzakelijk.

Eventueel kan ook gebruik worden gemaakt van opslag in verplaatsbare containers, die door de houtleverancier worden geplaatst (vol) en weggehaald (leeg).

Vanuit de opslag wordt de brandstof aan de ketel toegevoerd. Hiervoor zijn diverse volautomatische systemen beschikbaar. Voor chips is het gebruik van een transportschroef het meest gebruikelijk, al dan niet in combinatie met een mengarm of een 'walking floor-systeem'.



### **3.3.2 Ketel**

In de ketel vindt de verbranding van de houtchips plaats. Een gebruikelijke categorisatie van ketels is op basis van de wijze van verbranding:

#### *Ketels met een vast roosterbed*

Bij deze ketels wordt de brandstof rechtstreeks in de verbrandingskamer gebracht, waar deze op een vast rooster verbrandt. Het vast roostersysteem is technisch eenvoudig en daardoor relatief goedkoop. Tegelijkertijd stelt het hoge eisen aan de brandstof: het is eigenlijk alleen geschikt voor houtpellets of voor kleine, droge houtchips van goede kwaliteit. Vaste roosterbed systemen zijn er tot vermogens van circa 100 kW<sub>th</sub>.

#### *Ketels met een bewegend roosterbed*

In deze ketels wordt de brandstof door de beweging van het rooster door de verbrandingskamer getransporteerd, waarbij geleidelijk de verbranding plaats vindt. Aan het eind van het rooster valt de as in een opvangsysteem. Dit type ketels is behoorlijk flexibel ten aanzien van de kwaliteit van de gebruikte chips (tot 50% vocht), en toepasbaar in een brede range van vermogens (tot 50 MW<sub>th</sub>).

#### *Stokersysteem*

Bij het zogeheten stokersysteem vindt vergassing van het hout en aansluitende verbranding van de gassen plaats in twee verschillende compartimenten. In de 'stoker' wordt het hout verhit, waardoor vocht verdampt en vluchtige bestanddelen vergassen. Vervolgens wordt

het brandbare gas naar de eigenlijke verbrandingsruimte geleid (een deel als primaire verbrandingslucht en een deel als secundaire verbrandingslucht), waar dit verbrandt. De (intensieve) wijze van verbranding maakt het systeem gevoelig voor fluctuaties in de brandstof: chips moeten daarom van consistente, goede kwaliteit zijn (klein, droog). Stoker systemen worden meest toegepast in vermogens tot ca 500 kW<sub>th</sub>.

#### *Wervelbedoven*

Wervelbedovens zijn interessant vanaf een vermogen van 10 MW<sub>th</sub>. De biomassa wordt in een reactor geblazen waarin zich een brandstofbed bevindt. Dit brandstofbed – bijvoorbeeld zand – zorgt voor de warmteoverdracht. Door de hoge luchtsnelheid ontstaat een wervelend bed. Er bestaan twee types: bij een vast wervelbed verlaat enkele het resulterende gas de reactor, bij een circulerend wervelbed wordt ook het bedmateriaal met de gasen afgevoerd. Bij de laatste variant wordt het bedmateriaal met een cycloon afgevangen en teruggevoerd naar de reactor.



#### **3.3.3 Benutten van de warmte**

De warmte die bij het verbrandingsproces vrijkomt is beschikbaar in de hete rookgassen. Deze warmte wordt in een warmtewisselaar overgedragen aan lucht, water of een ander medium. De keuze voor de warmtewisselaar wordt onder meer bepaald door de warmtevraag (druk, temperatuur) en het gewenste medium (water, lucht, olie). In paragraaf 3.4 wordt nader ingegaan op de relatie tussen de warmtevraag en de dimensionering van de installatie.

#### **3.3.4 Rookgasreiniging en afvoer van assen**

Wanneer uitsluitend schoon hout wordt verbrand, wordt de belangrijkste gasvormige emissie gevormd door stofdeeltjes. Stof kan op verschillende wijzen worden afgevangen, bijvoorbeeld via een cycloon of een doekenfilter. Systeemleveranciers hebben veelal een standaardpakket aan rookgasreiniging beschikbaar. Bij de contractvorming dient zeker te worden gesteld dat de leverancier garandeert dat hiermee wordt voldaan aan de wettelijk vereiste maximale emissieniveaus (zie hoofdstuk 4).

Bij de verbranding van hout ontstaan twee soorten as: bodemas en vlieg-as, die bij het rooster respectievelijk in de rookgasreiniging worden afgevangen. De as bevat een belangrijk deel van de voedingsstoffen die door de boom zijn opgenomen uit de grond, en daarnaast ook (geringe hoeveelheden) zware metalen. As is ongeschikt als meststof, maar kan nuttig worden toegepast als vulmiddel voor civieltechnische werken. Het alternatief is afvoer naar een stortplaats.

#### **3.3.5 Bouwkundige voorzieningen**

Het ketelhuis inclusief voorzieningen voor toevoer van biomassa, afvoer van assen en rookgasreiniging zijn over het algemeen in één gebouw gehuisvest. De opslag van houtchips kan hierin geïntegreerd zijn, of zich in een separaat gebouw bevinden.

Bij het bouwkundige ontwerp van het ketelhuis is het draagvermogen van de vloer een specifiek aandachtspunt, in het bijzonder daar waar de ketel wordt geplaatst en onder de biomassa bunker.

Daarnaast moet het ketelhuis zodanig ruim zijn ontworpen dat voor onderhoud gemakkelijk toegang kan worden verkregen tot alle onderdelen.

Verder moet voldoende ventilatielucht kunnen toetreden: een hout gestookte ketel heeft een grotere luchtbehoefte dan een aardgasketel met vergelijkbare capaciteit.



### 3.4 Schaalgrootte en dimensionering

Een bio-energie installatie functioneert het best wanneer deze constant belast wordt. Bio-energie installaties kunnen slecht tegen sterk wisselende belasting, én tegen lange perioden van lage belasting. Het adequaat dimensioneren van de bio-energie installatie, op basis van de warmtevraag die door de installatie dient te worden ingevuld, is een cruciaal onderdeel van het ontwerp.

Om een bio-energie installatie goed te kunnen dimensioneren, is het belangrijk een zo goed mogelijk beeld te hebben van (fluctuaties in) de warmtevraag per dag en per seizoen. Hiermee kan een goede graad van benutting worden bereikt, en tevens een goede integratie met bestaande of nieuwe gasgestookte warmtesystemen.

Voor het inschatten van de warmtebehoefte zijn verschillende methoden beschikbaar. Zo kunnen (in geval van een bestaande situatie) de energierekeningen van de afgelopen jaren worden geraadpleegd. Ook kan men gebruik maken van standaard kentallen voor het warmtegebruik van voorzieningen.

Er zijn verschillende benaderingen mogelijk voor het dimensioneren van een bio-energie installatie, die grofweg als volgt kunnen worden gekarakteriseerd:

- uitgaande van de basisvraag warmte (paragraaf 3.4.1);
- uitgaande van de piekvraag warmte (paragraaf 3.4.2);
- 'optimale' dimensionering (paragraaf 3.4.3).

#### 3.4.1 Dimensionering uitgaande van de basisvraag warmte

Hierbij wordt de bio-energie installatie zodanig gedimensioneerd dat deze voorziet in het basisniveau van de warmtevraag.

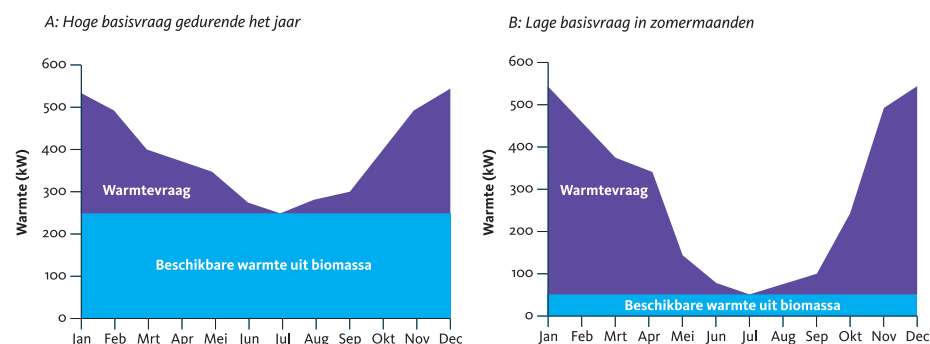
Figuur 3.1 laat twee voorbeelden zien van een warmtevraag gedurende het jaar. In beide gevallen is er sprake van een minimale warmtevraag in juli. Door de bio-energie installatie te dimensioneren op deze warmtevraag kan deze gedurende het jaar vrijwel continu op volle belasting warmte leveren. Dit is het blauwe gedeelte.

Deze wijze van dimensionering is aantrekkelijk wanneer er sprake is van een substantiële basisvraag warmte, zoals geïllustreerd in Figuur 3.1-A. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een zwembad.

In voorbeeld B is de basisvraag warmte erg laag vergeleken met de pieken in de warmtevraag. In dit geval zou de bio-energie installatie slechts een zeer beperkt deel van de totale warm-

tevraag kunnen invullen, met andere woorden dimensionering uitgaand van de basisvraag warmte is in dit geval sub-optimaal.

**Figuur 3.1 Voorbeelden van dimensionering uitgaande van basisvraag warmte**



#### Voor- en nadelen van dimensionering uitgaande van basisvraag warmte

Voordelen	Nadelen
Bio-energie installatie continu in bedrijf en continu belast.	Minder geschikt wanneer basislast warmtevraag periodiek heel erg laag is (bijvoorbeeld bij gebouw verwarming), omdat dit leidt tot zeer kleine installatie.
Hoge benuttingsgraad leidt tot relatief lage specifieke kosten voor CO <sub>2</sub> -reductie (Euro/ton), in vergelijking met andere dimensioneringsopties.	Lagere totale CO <sub>2</sub> - reductie dan bij andere dimensioneringsopties.
Lagere investeringskosten, omdat voor dimensionering wordt uitgegaan van de basislast.	Vereist een back-up van een conventionele gasgestookte verwarming.

### 3.4.2 Dimensionering uitgaande van de piekvraag warmte

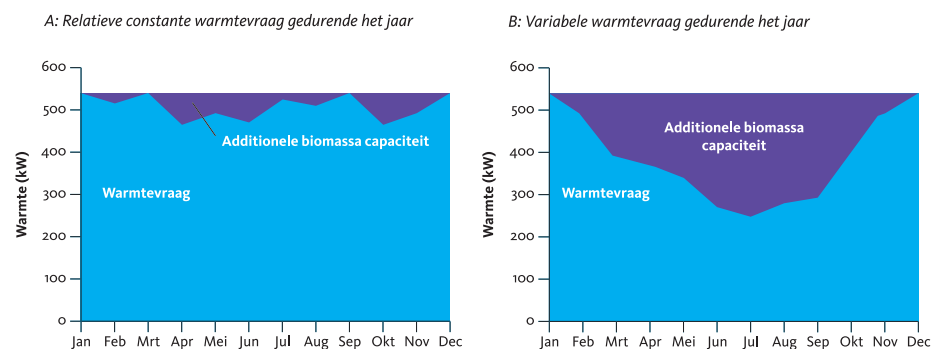
Hierbij wordt de bio-energie installatie zodanig ontworpen dat deze voorziet in het pieknieveau van de warmtevraag, en daarmee ook in de gehele warmtevraag. Een cruciaal aandachtspunt bij deze benadering is de overcapaciteit die hierdoor in bepaalde perioden kan ontstaan.

Bij het warmtevraag profiel zoals weergegeven in Figuur 3.2A, is dimensionering op basis van de piekvraag warmte aantrekkelijker: de belasting van de ketel blijft relatief hoog en constant gedurende het jaar, en er zijn geen perioden waarin de warmtelevering door de ketel substantieel moet worden teruggeschakeld.

Dit is anders bij het voorbeeld in Figuur 3.2B: hier is sprake van relatief lange perioden waarin de warmtevraag substantieel lager is dan de capaciteit van de bio-energie installatie, hetgeen leidt tot een grotere mate van onderbenutting (het paarse oppervlak). In dit geval is dimensionering op basis van piekbelasting niet optimaal.

Dimensionering op basis van piekbelasting is aantrekkelijke voor locaties waar de warmtevraag weinig fluctueert gedurende het jaar, bijvoorbeeld warmte toepassingen in industriële processen.

**Figuur 3.2 Voorbeelden van dimensionering uitgaande van piekvraag warmte**



### Voor- en nadelen van dimensionering uitgaande van piekvraag warmte

Voordelen	Nadelen
De gehele warmtebehoefte wordt door de bio-energie installatie gedekt.	Hogere totale investeringskosten.
Maximalisatie van CO <sub>2</sub> -emissie-reductie.	Hogere specifieke kosten voor CO <sub>2</sub> -reductie (Euro/ton) in vergelijking met andere dimensioneringsopties.
Lagere specifieke kosten (Euro/kW) vanwege schaalvoordeel.	Mogelijkerwijs hogere onderhoudskosten wanneer de installatie langere tijd bij lage belasting wordt bedreven.

### 3.4.3 'Optimale' dimensionering

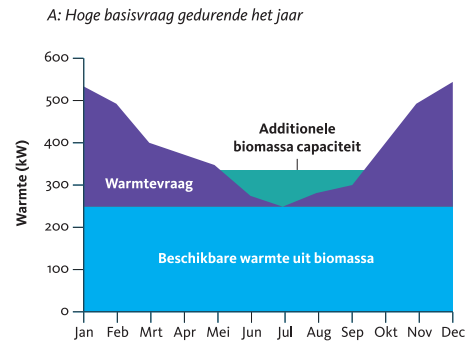
Bij 'optimale' dimensionering wordt gezocht naar een balans tussen enerzijds de hoogte van de investeringen en anderzijds de operationele kosten. Hiermee wordt beoogd de voordelen van beide eerder beschreven wijzen van dimensionering te combineren, namelijk:

- basisbelasting: minimale investeringen en kosteneffectieve specifieke CO<sub>2</sub>-reductie;
- piekbelasting: maximale vervanging van gas en daarmee maximalisatie van de totale CO<sub>2</sub>-emissiereductie.

Figuur 3.3 laat hetzelfde warmteprofiel zien als weergegeven in Figuur 3.1 A en Figuur 3.1 B. Vergeleken met de dimensionering uitgaande van de basisvraag warmte (Figuur 3.1A) is de warmteproductie van de installatie toegenomen (het blauwe deel). Tegelijkertijd is de onbenutte capaciteit van de installatie ten opzichte van het piekvraag ontwerp (figuur 3.1B) afgenomen (het groene gedeelte). Hierdoor kan de biomassa installatie relatief goed worden benut en daarmee een aanzienlijk deel van de warmtevraag (extra) vervangen. In deze situatie dient de additionele warmtevraag die de bio-energieinstallatie niet kan leveren door een gasgestookte back up geleverd.



**Figuur 3.3** Voorbeeld van 'optimale' dimensionering



**Voor- en nadelen van 'optimale' dimensionering**

Voordelen	Nadelen
Relatief hoge benuttingsgraad/ belasting.	Sluit het gebruik van gas (en daarmee samenhangende CO <sub>2</sub> -emissies) niet geheel uit.
Vermijden van meer onderhoud t.g.v. lagere belasting.	Hogere investeringskosten dan wanneer wordt uitgegaan van dimensionering uitgaande van basisbelasting.
Relatief gunstige specifieke kosten van CO <sub>2</sub> -emissiereductie (Euro/ton CO <sub>2</sub> ).	Vereist back up van een conventionele gasgestookte verwarming.
Investeringskosten liggen tussen dimensionering op basis van basisbelasting en die van piekbelasting in.	
Staat een grotere installatie toe in situaties waarbij de basisbelastingbenadering zou leiden tot erg kleine installatie.	

### 3.4.4 Integratie van bio-energie installatie met bestaande systemen

Van specifiek belang bij het ontwerp van een bio-energie installatie is de integratie met een bestaand of nieuw systeem van warmtelevering. In het ontwerp en de engineering van de bio-energiecentrale dient dit te worden meegenomen, waarbij helder moet zijn waar verantwoordelijkheden en leveringsgrenzen liggen.

Onderstaand worden twee onderdelen aangestipt die bij het ontwerp en de integratie van bio-energie installaties dienen te worden beschouwd.

#### Buffertank

Wanneer een bio-energie installatie de verwarming in zijn totaliteit verzorgt, kan het installeren van een buffertank (warmtebuffer) een effectieve manier zijn om verschillen in productie en vraag van warmte te overbruggen, namelijk in de volgende situaties:

- in perioden wanneer de warmtevraag lager is dan de ondergrens van de capaciteit die de installatie kan leveren (typisch 20-30% van maximale leveringscapaciteit), bijvoorbeeld in de zomer. In deze situatie kan het gebeuren dat de besturing de installatie frequent aan- en uitschakelt, waardoor de prestatie achteruitgaat en de onderhoudskosten op den duur toenemen. Door een warmtebuffer kunnen de perioden waarin de installatie produceert respectievelijk uit staat worden verlengd, waardoor deze gelijkmatiger en beter blijft functioneren.
- uitvlakken van fluctuaties in warmtevraag gedurende dag. Door een buffer kan de installatie op continue capaciteit draaien: in perioden van lage warmtevraag wordt de buffer gevuld, terwijl bij piekvraag warmte uit de buffer wordt onttrokken.



Uiteraard dient de warmtebuffer zodanig te worden gedimensioneerd, dat voldoende capaciteit aanwezig is om het beoogde bufferdoel te kunnen realiseren. Hierbij moet worden gezocht naar een evenwicht tussen (investeringen in) de grootte van de buffer, en extra bio-energielevering die daarmee kan worden bereikt (d.w.z. verminderd aardgasgebruik).

### **Back-up door een gasgestookte ketel**

Een gasgestookte ketel kan noodzakelijk zijn in situaties waar één of meer back-up systemen cruciaal zijn, bijvoorbeeld bij een ziekenhuis. Daarnaast kan een gasgestookte ketel worden gebruikt om pieken in de warmtevraag op te vangen, of in situaties waarbij de warmtevraag zodanig laag is dat de bio-energie installatie zichzelf uitschakelt (d.w.z. beneden de kritische leveringscapaciteit). Tot slot kan een gasgestookte ketel uiteraard ook handig zijn voor situaties van gepland of ongepland onderhoud van de bio-energie installatie, dan wel bij storingen.

Wanneer bij een beoogd bio-energie project een gasgestookte ketel aanwezig is die nog goed functioneert, is het vrijwel altijd zinvol en kosteneffectief deze onderdeel te (blijven) laten zijn van het totale systeem van warmtelevering.

De financiële haalbaarheid van een bio-energie project wordt aan de ene kant bepaald door de benodigde (extra) investeringen in het project en de exploitatielasten van het project, en aan de andere kant door de besparingen of opbrengsten die men ermee bereikt.

Voor het bepalen van de financiële haalbaarheid is het in de eerste plaats belangrijk om een goede referentiesituatie te bepalen: wanneer de bio-energie installatie alleen warmte opwekt, dan vormt een standaard aardgasketel de gebruikelijke referentie, in combinatie met de verwachte ontwikkeling van de gasprijs.

### **4.1 Investeringskosten**

Investeringskosten kunnen op verschillende manieren worden gecategoriseerd. Gebruikelijk is een onderscheid te maken tussen enerzijds mechanische en elektrische voorzieningen, en anderzijds het civiele/bouwkundige deel.

De investeringskosten voor een bio-energie installatie zijn substantieel hoger dan van een conventionele gasgestookte ketel, door de grotere technische complexiteit, bijkomende voorzieningen en het grotere ruimtebeslag. Omdat bio-energie installaties daarnaast minder flexibel zijn ten aanzien van het kunnen bij- of afschakelen bij fluctuaties in warmtevraag, is zorgvuldige dimensionering noodzakelijk om te hoge investeringen te voorkomen (zie paragraaf 3.4).

Een bijzondere rol bij de investeringen is weggelegd voor de aardgasketel. Bij nogal wat bio-energie initiatieven is sprake van vervanging van warmteproductie uit aardgas, door warmteproductie uit biomassa. Meestal is de aardgasketel op dat moment nog niet afgeschreven, hetgeen betekent dat ook na realisatie van de biomassaketel nog afschrijving plaatsvindt, en er dus sprake kan zijn van dubbele afschrijvingskosten (namelijk voor beide ketels). Overigens dient de aardgasketel in de praktijk vaak als back-up voor de biomassaketel (zie hoofdstuk 3.4).

Wanneer er (nog) geen aardgasketel aanwezig is, kan inhuur van een ketel op olie worden overwogen als back-up alternatief voor aanschaf van een (dure) aardgasketel.

## 4.2 Exploitatielasten en -opbrengsten

### Lasten

Onder exploitatielasten vallen in het bijzonder de volgende zaken:

- biomassa inkoop;
- afvoerkosten voor residuen (as, chemicaliën);
- personeelskosten (operations, overig);
- onderhoudskosten, inclusief materialen en hulpstoffen;
- energie (inkoop van elektriciteit);
- verzekeringen e.d.

### Opbrengsten

De opbrengsten van de bio-energie installatie kunnen direct zijn, namelijk wanneer de warmte aan een andere eenheid wordt geleverd voor een te verrekenen prijs per kWh<sub>th</sub>, of indirect, wanneer warmtegebruik in eigen beheer leidt tot verminderd aardgasgebruik.

Door subsidie op opgewekte warmte kunnen opbrengsten toenemen. Met ingang van 2012

#### Subsidie Duurzame Energieproductie SDE+

De subsidieregeling duurzame energieproductie (SDE+) stimuleert de productie van duurzame energie, dat wil zeggen elektriciteit, gas of warmte. Producenten van duurzame energie ontvangen subsidie voor de meerkosten om duurzame energie te produceren (meerkosten t.o.v. 'grijze energie').

Binnen de SDE+ geeft de overheid voorrang aan de goedkoopste duurzame energie projecten. De SDE+ regeling wordt daarom in fasen opengesteld, waarbij de subsidie per fase toeneemt. Iemand die in een eerdere fase subsidie aanvraagt krijgt een lagere vergoeding, maar heeft wel meer kans dat er genoeg budget beschikbaar is.

De subsidiëring binnen de SDE+ wordt berekend per geproduceerde hoeveelheden kilowattuur elektriciteit, kubieke meter gas, of gigajoule warmte. Bovendien varieert de hoogte van de subsidie ieder jaar met de hoogte van de energieprijzen: stijgt de energieprijzen dan daalt het subsidiebedrag. Daalt de energieprijzen, dan stijgt het subsidiebedrag.

Actuele informatie is te vinden op: <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/stimulering-duurzame-energieproductie-sde>.

is warmteproductie voor het eerst als separate categorie in de SDE+ regeling opgenomen. Omdat de mogelijkheden en randvoorwaarden van de SDE+ tenminste jaarlijks wijzigen, is hier geen uitgebreide beschrijving opgenomen. In onderstaand kader zijn kort de kenmerken van de SDE+ samengevat en is aangegeven waar meer informatie is te vinden.

### Andere financiële stimuleringsregelingen

Naast de SDE+ en de EIA zijn voor concrete projecten mogelijk nog andere financiële stimuleringsregelingen voorhanden, bijvoorbeeld via subsidies van provincies, gemeenten of samenwerkingsverbanden. Deze regelingen kunnen ook betrekking hebben op de voorbereiding van het project, bijvoorbeeld de uitvoering van een haalbaarheidsstudie. Het verdient daarom aanbeveling om vroegtijdig in de projectvoorbereiding de mogelijkheden hiertoe na te gaan.

## 4.3 Kosteneffectiviteit

Drie aspecten bepalen in belangrijke mate de kosteneffectiviteit en rentabiliteit van een houtgestookte ketel die warmte levert: de investeringskosten, de kosten van de brandstof en de geproduceerde warmte (m.a.w. de uitgespaarde fossiele brandstof). De relatie tussen deze aspecten is daarbij cruciaal:

### *De relatie tussen de investeringskosten en de benuttingsgraad*

Naarmate de bio-energie installatie groter wordt gedimensioneerd, zal een groter deel van het aardgas kunnen worden vervangen. Echter, van groter belang is dat de benuttingsgraad van de bio-energie installatie voldoende hoog blijft, hetgeen direct samenhangt met het warmtevraag profiel (zie hoofdstuk 3.4). In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat: hoe hoger de totale graad van benutting van de bio-energie installatie, hoe lager de invloed van de investeringen op de kosten van warmtelevering (namelijk meer warmtelevering per Euro investering).

### *De relatie tussen de brandstofkosten en de warmteproductie*

Allereerst is van belang dat de brandstofkwaliteit past binnen de specificaties van de bio-energie installatie. Wanneer dat niet het geval is (bijvoorbeeld te hoog as- of vochtgehalte), zal dat leiden tot slechter functioneren van de installatie, tot storingen en tot meer onderhoud, waardoor uiteindelijk minder warmte wordt geleverd. Eventuele kostenbesparingen door de inkoop van goedkope brandstof (met kwaliteit buiten de specificaties van de kachel), worden in deze situatie al snel ongedaan gemaakt door minder warmteproductie.

Daarnaast kan het zo zijn dat de specificaties van een kachel een behoorlijke range van biomassakwaliteit toestaat. In dat geval is van belang in welke mate een betere biomassakwaliteit, bijvoorbeeld met een lager vochtgehalte, méér warmteproductie oplevert, en of dat een eventuele hogere inkoopprijs voor de biomassa rechtvaardigt.



Elk biomassaproject kent zijn eigen specifieke situatie en verloop. Wel zijn processtappen te benoemen die bij elk biomassaproject aan de orde zijn (hoewel vaak met een andere naam aangeduid). In deze handreiking worden de volgende stappen onderscheiden en in de volgende paragrafen uitgewerkt:

1. ontstaan van het initiatief;
2. haalbaarheidsonderzoek;
3. detaillering;
4. contractvorming/aanbesteding;
5. realisatie biomassacentrale.

## 5.1 Ontstaan van het initiatief

Het idee voor een biomassacentrale kan vanuit verschillende achtergronden en partijen ontstaan. Bij houtgestookte warmtecentrales, waar deze handreiking zich primair op richt, is in de praktijk veelal sprake van de volgende soorten initiatiefnemers:

- een industrie die een deel van haar warmteproductie met aardgas wil vervangen door bio-energie. Vaak zijn dit industrieën die zelf de biomassa beschikbaar hebben, bijvoorbeeld een houtverwerkende industrie;
- een gemeente die de warmtevoorziening van een specifiek object (bijvoorbeeld zwembad) met bio-energie wil gaan verzorgen. Vrijwel altijd wordt dan beoogd lokale ('gemeente-eigen') biomassa hiervoor in te zetten. Het project maakt dan deel uit van de gemeentelijke ambitie tot 'verduurzaming';
- een particulier (of organisatie) met een behoorlijke warmtevraag, en de beschikbaarheid over eigen biomassa. Een typisch voorbeeld is de verwarming van een landhuis in een bos.

Ook bij tuinbouwbedrijven vindt de nodige warmteproductie uit biomassa plaats, meestal in combinatie met de productie van elektriciteit (WKK).

Afhankelijk van de ontstaanswijze van het initiatief kunnen in dit stadium ook al andere partijen worden betrokken, bijvoorbeeld mogelijke technologie leveranciers, projectontwikkelaars, biomassaleveranciers, adviseurs et cetera.

## 5.2 Haalbaarheidsstudie

Om de kansen en risico's van het beoogde biomassaproject in te kunnen schatten, is het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie noodzakelijk. In de haalbaarheidsstudie dienen al die aspecten van het biomassaproject te worden bestudeerd die mede bepalen of het project ook daadwerkelijk kansrijk is, in ieder geval:

1. beschikbare biomassa (hoeveelheden, kwaliteiten, herkomst), en mogelijkheden om die biomassa ook daadwerkelijk (langjarig) te contracteren; Duurzaamheid en certificering van biomassa;
2. warmtevraag (type warmte, fluctuaties over het jaar, eventuele ontwikkeling op de langere termijn);
3. mogelijke conversietechnologieën/installaties, inclusief noodzakelijke voorzieningen voor opslag, voorbewerking, energieconversie en -levering, rookgasreiniging, etc. (op te splitsen in mechanische, elektrische en civiel/bouwkundige voorzieningen);
4. mogelijke locaties en beperkingen (grootte, bouwkundige aspecten, nabijheid warmte afnemer, etc.);
5. vergunningtechnische zaken;
6. financiële aspecten
  - investeringen (mechanisch/elektrisch en bouwkundig/civiel);
  - operationele kosten en opbrengsten/besparingen;
  - mogelijke subsidies (bijvoorbeeld SDE+) en investeringsregelingen;
  - financieringskosten.Tevens dient een gevoeligheidsanalyse te worden uitgevoerd met de hierboven genoemde financiële parameters;
7. wijze van projectorganisatie;
8. bestaande onzekerheden, onbekende zaken en andere risico's.

Het is belangrijk in de haalbaarheidsstudie een zo reëel mogelijk beeld te schetsen. De studie dient dan ook te worden uitgevoerd door voldoende kritisch, ter zake kundige personen, eventueel met externe ondersteuning (consultant/adviesbureau). In de praktijk wordt in haalbaarheidsstudies nogal eens een te positief beeld geschetst, waarna in een latere fase (detailering of zelfs bedrijfsvoering) blijkt dat het project veel minder rendabel is dan aanvankelijk gesuggereerd. Daar komt bij dat ieder biomassaproject uniek is, en er voor moet worden gewaakt dat niet resultaten uit een ander project (of een andere studie) klakkeloos worden gekopieerd.

## 5.3 Vergunningtechnische en planologische randvoorwaarden

De aanvraag voor een vergunning start over het algemeen na een (positieve) haalbaarheidsstudie, en moet zijn voltooid voordat financiering en contracten definitief kunnen worden gemaakt. In de praktijk loopt een vergunningaanvraag vaak parallel aan (detail) ontwerp activiteiten voor de installatie, en andere voorbereidende activiteiten (zie paragraaf 4.4).

Per 1 januari 2013 hebben belangrijke wijzigingen plaatsgevonden in de emissieregimes (en dus de vergunningeisen) voor stookinstallaties. Deze wijzigingen hebben onder meer te maken met de inbouw van het BEMS en de implementatie van de Richtlijn Industriële Emissies in het Activiteitenbesluit. Daarnaast hebben wijzigingen plaatsgevonden in de eerder gebruikte brandstofbegrippen en definities van stookinstallaties.

Om deze redenen zijn ook de zogeheten 'witte lijst' en 'gele lijst' niet meer actueel. De definitie van biomassa is nu terug te vinden in het Activiteitenbesluit. Conform deze definitie mag A-hout, schoon hout uit de houtbewerking en snoeihout als biomassa worden geclassificeerd. B-hout valt niet onder de definitie.

Stookinstallaties beneden de 15 MW<sub>th</sub> zijn vrijgesteld van de vergunningplicht wanneer sprake is van biomassa die niet als afvalstof wordt aangemerkt. Wanneer de biomassa wel als afvalstof wordt aangemerkt maar de warmte van de stookinstallatie nuttig wordt toegepast, is eveneens geen sprake van een vergunningplicht. In beide gevallen zijn de emissie eisen uit Hoofdstuk 3 van het Activiteitenbesluit van toepassing.

Voor stookinstallaties beneden de 15 MW<sub>th</sub>, waarin biomassa wordt gebruikt die tevens afvalstof is, en waarvan de warmte niet nuttig wordt toegepast, is de vergunningplicht wel van toepassing.

Uitleg over de van toepassing zijnde eisen is te vinden op de website van Infomil: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/stookinstallaties/biomassa-o/>

Het is aan te raden in een vroeg stadium van de projectontwikkeling contact te zoeken met het bevoegd gezag, om in een oriënterend gesprek vast te stellen welke vergunningvoorwaarden van toepassing zijn en welke milieu-aspecten het bevoegd gezag daarin als kritisch beschouwt. Daarnaast dient te worden nagegaan of de bio-energie installatie planologisch is toegestaan op de beoogde locatie, of dat daarvoor een aanvullende procedure moet worden doorlopen (bijvoorbeeld wijziging van het bestemmingsplan).



### **Relatie met het bevoegd gezag en met omwonenden**

Het loont zich om te investeren in de relatie met het bevoegd gezag, in het bijzonder de perso(n)en die primair verantwoordelijk zijn voor de behandeling van de vergunningaanvraag.

Omdat vergunningen voor bio-energiecentrales niet overal met een zekere regelmaat worden aangevraagd, is het goed mogelijk dat het 'concept' nieuw is voor de betreffende vergunningverlener(s). In dat geval is aan te raden om tijd te besteden aan een stuk 'voorlichting' over doel, technologie en milieu-aspecten. Een bezoek aan een vergelijkbare installatie kan daarbij zeer verhelderend werken. Ook in dit geval geldt: 'zien is geloven'.

Naast het bevoegd gezag is het goed om omwonenden en lokale milieugroepen actief te informeren over het voornemen. De praktijk is dat wanneer het gaat over bio-energie, er snel allerlei 'spookverhalen' de ronde kunnen doen over afvalverbranding, hoge emissies, etc. Door actieve informatieverstrekking kunnen verkeerde percepties worden voorkomen of bijgesteld, en de positieve aspecten van het project worden benadrukt (bijvoorbeeld duurzame energie, CO<sub>2</sub>-reductie). Door in een vroegtijdig stadium draagvlak te creëren wordt de kans op bezwaarprocedures verkleind, en daardoor de kans op mogelijke vertraging in de projectrealisatie.

### **5.4 Detaillering**

Wanneer een haalbaarheidsonderzoek resulteert in een positieve conclusie met betrekking tot de haalbaarheid van het beoogde project, kunnen partijen besluiten tot verdere concretisering in een 'nader onderzoek'. Feitelijk gaat het daarbij om de detaillering van kritische factoren die in het haalbaarheidsonderzoek aan de orde zijn gekomen. Over het algemeen geldt, hoe gedetailleerder het haalbaarheidsonderzoek was, hoe minder in het nader onderzoek aan de orde hoeft te komen.

Belangrijk is dat na deze fase de detaillering zo ver is uitgewerkt, dat besluiten kunnen worden genomen die de basis vormen voor de verdere contractvorming. Het gaat dan onder meer om:

- installatiekeuze, inclusief schaalgrootte en warmte afnemer;
- vaststelling locatie;
- organisatievorm, inclusief uitwerking van onderlinge verhouding en verantwoordelijkheden (wanneer meer dan één organisatie in het biomassaproject participeert)
- concretisering van de financiële consequenties.

### **5.5 Contractvorming/aanbesteding**

Voor de realisatie en inbedrijfsstelling van de biomassacentrale zijn meerdere contracten nodig. In ieder geval gaat het dan om een biomassa leveringscontract, en een contract voor de realisatie van de installatie. Daarnaast kan sprake zijn van een warmte leveringscontract.

Afhankelijk van de specifieke situatie kan ervoor worden gekozen contracten in stukken op te knippen en over meerdere partijen te verdelen. In zijn algemeenheid nemen hierdoor de hoeveelheid werk en de risico's voor de initiatiefnemer toe (bewaken leveringsgrenzen).

#### **Biomassacontract**

Specificatie van de te gebruiken kwaliteit van houtchips is een cruciale factor in elk bio-energieproject. Niet alleen is er een directe relatie met de toe te passen technologie, ook het uiteindelijke bedrijfseconomische succes is sterk afhankelijk van de juiste biomassa keuze. Immers, gebruik van hoge kwaliteit (maar erg dure) biomassa kan het projectresultaat sterk negatief beïnvloeden, terwijl de keuze voor veel goedkopere, echter minder goed gedefinieerde, biomassa tot operationele problemen kan leiden, waardoor óók het financiële resultaat negatief wordt beïnvloed.

Essentieel is een biomassacontract met een of meer leveranciers, eventueel voorafgegaan door een intentieverklaring. Een biomassacontract voor langere termijn dient in elk geval de volgende zaken te regelen:

1. de hoeveelheid te leveren houtchips (tonnage), inclusief spreiding van de aanvoer;
2. de leveringsprijs (€/ton), wat bij deze prijs is inbegrepen (bijvoorbeeld transport), en de periode waarvoor deze prijs geldig is. Eventuele afspraken omtrent prijsindexatie;
3. een garantie omtrent de samenstelling van de houtchips (vochtgehalte, asgehalte, chemische parameters). Zie ook hoofdstuk 2;
4. de vereiste homogeniteit van de houtchips;
5. procedures wanneer de afname groter of kleiner is dan de contractuele hoeveelheid (prijsstelling etc.);
6. een intentieverklaring met betrekking tot het leveren na afloop van de contractperiode.

#### **Programma van Eisen levering installatie**

In het Programma van Eisen staat beschreven aan welke eisen de installatie moet gaan voldoen. Afhankelijk van de wijze waarop de installatie in de markt wordt gezet en/of wordt aanbesteed, kan sprake zijn van een of meer Programma's van Eisen. Zo kan ervoor worden gekozen de gehele installatie (inclusief alle bouwkundige zaken en algemene voorzieningen)



bij één partij of consortium van partijen onder te brengen (dus één Programma van Eisen). Het alternatief is dat verschillende onderdelen van het project apart worden aanbesteed: in dit geval zijn meerdere Programma's van Eisen noodzakelijk, waarvan uiteraard essentieel is dat ze op elkaar aansluiten.

Onderstaand wordt een aantal elementen genoemd dat in een Programma van Eisen en een contract voor een bio-energiecentrale aan de orde dient te komen. De genoemde elementen zijn indicatief en zullen in een specifieke situatie verder moeten worden gedetailleerd.

Het Programma van Eisen (PvE) bevat in ieder geval informatie over de volgende onderwerpen (niet limitatief):

1. leveringsomvang (gevraagde techniek, systeemgrenzen, uitsluitingen);
2. ontwerpgegevens (o.m. samenstelling van de brandstof en variaties daarin);
3. kwaliteitseisen en garantiebepalingen, bijvoorbeeld:
  - a. technische garanties m.b.t. betrouwbaarheid, energetische prestaties, etc. (zie onderstaand);
  - b. van toepassing zijnde Europese en Nederlandse wetgeving;
  - c. randvoorwaarden vanuit de Omgevingsvergunning (geluid, stof, emissies);
  - d. gewenste vorm van commissioning (test runs).
4. scope van het onderhoudscontract, onder meer:
  - a. onderhoudsplanning;
  - b. wie wat uitvoert (eigenaar/beheerder versus leverancier), inclusief afspraken over verrekening (werkelijk uitgevoerde werkzaamheden);
  - c. machinebreukverzekering;
  - d. beschikbaarheidsgaranties.
5. bij de offerte aan te leveren documentatie:
  - a. opstellingstekening met afmetingen en gewichten;
  - b. prijsinformatie;
  - c. leveringsomvang;
  - d. technische informatie;
  - e. informatie over training van operationeel personeel
  - f. et cetera.

#### **Technische garanties**

In de offerte en het uiteindelijke contract moet de (beoogde) leverancier aangeven welke garanties hij afgeeft voor de prestaties van de installatie. Het gaat dan onder meer om de

- betrouwbaarheid/beschikbaarheid (%);
- brandstofverbruik;



- elektrisch en/of thermisch vermogen;
- regelsnelheid;
- emissies.

Voor iedere garantiestelling moet duidelijk worden aangegeven onder welke condities, zoals temperatuur en samenstelling van brandstof, de garantie wordt afgegeven (daar waar mogelijk gespecificeerd in maximum en/of minimum). Ook de methode waarop de garanties worden gemeten/berekend moet eenduidig zijn vastgelegd (periode van garantie metingen; afname protocol).

Ten slotte moet worden vastgelegd op welke wijze (financiële) compensatie plaatsvindt wanneer de installatie de garantieprestaties niet haalt.

#### **Warmtecontract**

Wanneer de geleverde warmte wordt geleverd aan een andere entiteit dan de biomassacentrale, is naast bemetering ook een warmte afzetcontract noodzakelijk. Hierin wordt geregeld hoeveel warmte wanneer wordt geleverd, welke fluctuaties zijn toegestaan, de minimale beschikbaarheid van de biomassacentrale et cetera. Ook wordt vastgesteld welke financiële consequenties er zijn wanneer de centrale niet aan zijn warmteleveringsverplichting kan voldoen.

#### **5.6 Realisatie biomassacentrale**

De realisatie van de biomassacentrale kan starten wanneer tenminste contracten voor biomassa-, energie- en installatieleveranciers getekend zijn, benodigde vergunningen definitief zijn en de financiering compleet is (inclusief eventuele subsidiebeschikkingen bijvoorbeeld uit SDE+).

# Definities en begrippen

# 6

Voor de bouw van de installatie is een gedetailleerd bouwplan noodzakelijk. Voorbeelden van bouwplannen zijn te vinden op internet en vaak vrijelijk beschikbaar.

Wanneer de bouw is afgerond, wordt de installatie opgestart (koude en warme commissie-nie), waarna garantietesten kunnen plaatsvinden. In de garantietesten wordt door de toekomstige eigenaar en de leverancier vastgesteld of de installatie daadwerkelijk de prestaties levert zoals in het leveringscontract gespecificeerd.

Na succesvolle garantietesten vindt de formele overdracht plaats van de installatie van leverancier naar eigenaar/beheerder.

## Het belang van de bedrijfsvoerder

De persoon die uiteindelijk verantwoordelijk is voor de dagelijkse bedrijfsvoering van de installatie, de bedrijfsvoerder of operator, draagt belangrijk bij aan het succes van het project.

Wanneer de operator het systeem te ingewikkeld of 'gedoe' vindt, is het onwaarschijnlijk dat het systeem optimaal functioneert. Hoewel veel systemen semi-automatisch functioneren, is regulier onderhoud en het snel verhelpen van eventuele storingen essentieel voor een goede prestatie van de installatie.

Het is aan te raden om de (beoogde) operator zo vroeg mogelijk bij de projectvoorbereidingen te betrekken. Hij moet in ieder geval te worden gehoord wanneer keuzes worden gemaakt die betrekking hebben op de dagelijkse bedrijfsvoering, het gemak en de besturing van de biomassa installatie.

**Vast volume** ( $m^3_{\text{vast}}$ ) Volume van rondhout inclusief de schors

**Bulk volume** ( $m^3$ ) Volume van hout(brandstof) inclusief de lucht ertussen

**Groen of vers gewicht** ( $kg_{\text{groen}}$ ) Het gewicht van het hout inclusief het vocht in het hout

**Ovendroog gewicht** ( $kg_{\text{od}}$ ) Het gewicht van alleen het hout, exclusief al het water in het hout

**Groene volumedichtheid** ( $kg/m^3_{\text{vast groen}}$ ) of volumedichtheid bij ontvangst ( $kg/m^3_{\text{vast ar}}$ ) Het groen of vers gewicht van hout per eenheid van vast volume

**Soortelijk gewicht** ( $kg/m^3_{\text{vast od}}$ ) Het ovendroge gewicht van hout per eenheid van vast volume

**Volumegewicht** ( $kg/m^3_{\text{los}}$ ) Het groene of vers gewicht van hout in een eenheid van bulkvolume

**Vochtgehalte** (%) De hoeveelheid water als een percentage van het totale gewicht van het monster

**Vochtgehalte op basis van droog gewicht** (%) De hoeveelheid water als een percentage van het ovendroge gewicht van het monster

De **energetische bovenwaarde, bruto stookwaarde** of **verbrandingswaarde (Hb)** is de warmte die vrijkomt bij verbranding.

De **energetische onderwaarde**, ook wel de **(netto) stookwaarde (Ho)** genoemd is de warmte die vrijkomt bij verbranding zonder de condensatiewarmte van de verbrandingsgasen mee te rekenen, met andere woorden: onderwaarde = bovenwaarde minus condensatiewarmte.

**Thermisch vermogen van warmte-installatie (MWth):** houtverbruik (aantal kg hout/uur) \* verbrandingswaarde hout (MJ/kg) / 3600 (omrekening s/uur)



# Referenties

# 7

## Literatuur

Agentschap NL (2013). Handbook sustainability certification of solid biomass for bio-energy. Agentschap NL (Utrecht), november 2013.

Agentschap NL (2011). Uniforme maatlat voor de energievoorziening in de woning- en de utiliteitsbouw – versie 3.0. Agentschap NL (Utrecht), 10 juni 2011.

AVIH (2007). Cursusmateriaal van cursus 'Basiskennis hout voor energie'. Houten, 2007.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2010). Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen. Gülzow (Duitsland), mei 2010.

Carbon Trust (2011). Biomass heating: a practical guide for potential users. London (VK), 2011.

Cogen Projects (2008) Handleiding biomassa WKK. Driebergen, mei 2008

Department of Energy and Climate Change and Forestry Commission Scotland (2011). Biomass heating: a guide to feasibility studies. Biomass Energy Centre, Farnham, Surrey (VK), 2011.

European Commission (2010). Report from the Commission on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. SEC (2010) 65

NEN (2011). NEN-EN 15234-1 Solid biofuels – Fuel quality assurance –Part 1: General requirements. Delft, maart 2011.

NEN (2011). NEN-EN 14961-4 Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 4: Wood chips for non-industrial use. Delft, juni 2011.

NVRD (2009) Spoorboekje biomassa – voor realisatie van biomassaprojecten door gemeenten en publieke afvalbedrijven. Arnhem, januari 2009.



ODE (2006) Bio-energie – Omzetten van vaste biomassa in hernieuwbare warmte en elektriciteit. Organisatie voor Duurzame Energie, Kessel (België), 2006

Sustainable Energy Ireland (2005). Procurement guidelines for wood biomass heating. Dublin (Ierland), juli 2005.

### Websites

Agentschap NL: [www.agentschapnl.nl](http://www.agentschapnl.nl)

AgentschapNL is onderdeel van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Het agentschap is de uitvoeringsorganisatie van de Nederlandse Rijksoverheid als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal ondernemen.

Biomassaforum: [www.biomassaforum.nl](http://www.biomassaforum.nl)

Samenwerking van Bosschap, BVOR en Platform Hout in Nederland binnen het Agroconvenant.

ECN Phyllis database: [www.ecn.nl/phyllis](http://www.ecn.nl/phyllis)

Database met o.m. karakteristieken van verschillende soorten biomassa.

Energiek 2020. Over kassen als energiebron. [www.energiek2020.nu](http://www.energiek2020.nu)

Europese Commissie – informatie over de Houtverordening: [http://ec.europa.eu/environment/eutr2013/index\\_nl.htm](http://ec.europa.eu/environment/eutr2013/index_nl.htm)

InfoMil: Uitleg over de van toepassing zijnde eisen voor stookinstallaties: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/stookinstallaties/biomassa-o/>

Nederlandse Vereniging van Biomassa Ketel Leveranciers: [www.nbkl.nl](http://www.nbkl.nl)

Branchevereniging van leveranciers van ketels voor vaste biomassa.

Overzicht van bio-energieinstallaties in Nederland: [www.avih.nl/biomassakaart](http://www.avih.nl/biomassakaart).

Overzicht van biomassawerven in Nederland: [www.biomassawerven.nl](http://www.biomassawerven.nl).

Stichting Platform Bioenergie: [www.platformbioenergie.nl](http://www.platformbioenergie.nl)

Een overkoepelende organisatie voor bedrijven die betrokken zijn bij de productie van energie uit biomassa.

Subsidieregeling Duurzame Energie (SDE+): [www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/subsidieregeling-duurzame-energie-in-2012](http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/subsidieregeling-duurzame-energie-in-2012)

Organisatie voor Duurzame Energie (ODE): [www.duurzameenergie.org](http://www.duurzameenergie.org)

### Verantwoording fotomateriaal

Foto blz 15: Bio-energie installatie Toblach (2003). Brandstof houtchips: 8,7 MWth, 1,5 MWe

Foto blz 19, 20: Bio-energie installatie Erlangen (2003). Brandstof houtchips: 4 MWth

Foto blz 27: Bio-energie installatie Grafenstein (2008). Brandstof houtchips: 750 kWth

Foto blz 42: Elektrostatisch filter (Ionitec).

# Specificaties van chips

onder Ö-norm 7133 en EN 14961

## Kwaliteitseisen uit de Ö-norm M7133

### Classificatie van grootte

Chip aanduiding	< 4% van deeltjes	< 20% van deeltjes	60-100% van deeltjes	< 20% van deeltjes	Max. oppervlak (cm <sup>2</sup> )	Max. lengte (cm)
G30	< 1 mm	1-3 mm	3-16 mm	>16mm	3	8,5
G50	< 1 mm	1-6 mm	6-32 mm	>32mm	5	12
G100	< 1 mm	1-11 mm	11-63 mm	>63mm	10	25
G120	< 1 mm	1-63 mm	63-100 mm	>100mm	12	30
G150	< 1 mm	1-100 mm	100- 130 mm	>130mm	15	40

### Classificatie van vochtgehalte

Chip aanduiding	Vochtgehalte (natte basis)	Omschrijving van vochtgehalte
W20	< 20%	Lucht droog
W30	20% -30%	Geschikt voor opslag
W35	30% -35%	Geschikt voor opslag, echter met beperking
W40	35% - 40%	Nat
W50	40% - 50%	Groen (vers geogst)

### Classificatie van dichtheid

Chip aanduiding	Dichtheid in kg/m <sup>3</sup>	Omschrijving van dichtheid
S160	<160	Laag
S200	160-250	Medium
S250	>250	HoogW50 40% - 50%

## Classificatie van asgehalte

Chip aanduiding	Asgehalte als % van brandstof gewicht	Omschrijving van asgehalte
A1	< 1%	Laag
A2	>1%	Hoog

## Kwaiteitseisen uit EN 14961

Hoofdtabel			
<b>Herkomst:</b>		Houtige biomassa	
Volgens 6.1 en Tabel 1			
<b>Handelsvorm</b>		Hout chips	
<b>Afmetingen (mm)</b>			
	<i>Hoofdfractie &gt;80% van gewicht</i>	<i>Fijne fractie &lt; 5%</i>	<i>Grove fractie Maximale deeltjeslengte</i>
P16	3,15 mm<P<16mm	< 1 mm	max 1% > 45mm, alles <85mm
P45	3,15 mm<P<45mm	< 1 mm	max 1% > 63mm
P63	3,15mm<P<63mm	< 1 mm	max 1% > 100mm
P100	3,15mm<P<100mm	< 1 mm	max 1% > 200m
<b>Vochtgehalte (gewichts% als ontvangen)</b>			
M20	<20%	Droog	
M30	<30%	Geschikt voor opslag	
M40	<40%	Beperkt op te slaan	
M55	<55%		
M65	<65%		
<b>Asgehalte (gewichts% van drooggewicht)</b>			
A0.7	<0,7%		
A1.5	<1,5%		
A3.0	<3,0%		
A6.0	<6,0%		
A10.0	<10,0%		
<b>Stikstof (gewichts% van drooggewicht)</b>			
No.5	< 0,5%	Stikstof is alleen een normatieve eis voor biomassa die chemisch is behandeld	
N1.0	< 1,0%		
N3.0	< 3,0%		
N3.0+	>3,0% (actuele waarde vermelden)		
<b>Informatief</b>			
Calorische waarde (MJ/kg ontvangen) of energiedichtheid (Ear)		Aanbevolen om voor retail te specificeren	
Bulkgewicht als ontvangen (kg/m <sup>3</sup> )			
Chloor (% op basis van drooggewicht)			





## Leveranciers van installaties

Aitec bv	<a href="http://www.aitec.nl">www.aitec.nl</a>
Aker Kvaerner	<a href="http://www.akerkvaerner.com">www.akerkvaerner.com</a>
Atechpro	<a href="http://www.atechpro.nl">www.atechpro.nl</a>
Babcock & Wilcox Volund	<a href="http://www.volund.dk">www.volund.dk</a>
Bioener ApS	<a href="http://www.bioener.dk">www.bioener.dk</a>
Bio Energie Nederland bv	<a href="http://www.bioenergiened.nl">www.bioenergiened.nl</a>
BIO verwarming	<a href="http://www.bio-verwarming.nl">www.bio-verwarming.nl</a>
Classen Apparatenbau Wiesloch	<a href="http://www.apparatebua-wiesloch.de">www.apparatebua-wiesloch.de</a>
W.K. Crone BV	<a href="http://www.crone.nl">www.crone.nl</a>
Degin bv	<a href="http://www.degin.nl">www.degin.nl</a>
Energie- en Milieutechniek	<a href="http://www.emgroup.nl">www.emgroup.nl</a>
Gerretsen	<a href="http://www.gerretsen.nl">www.gerretsen.nl</a>
Heat plus BV	<a href="http://www.heatplus.nl">www.heatplus.nl</a>
Hotab Gruppen	<a href="http://www.hotab.se">www.hotab.se</a>
Hout-CV	<a href="http://www.hout-cv.nl">www.hout-cv.nl</a>
Kablitz	<a href="http://www.kablitz.de">www.kablitz.de</a>
Kara Energy Systems bv	<a href="http://www.kara.nl">www.kara.nl</a>
Mawera	<a href="http://www.mawera.com">www.mawera.com</a>
Polow Energy Systems	<a href="http://www.polow.nl">www.polow.nl</a>
Polytechnik	<a href="http://www.polytechnik.com">www.polytechnik.com</a>
Siemens	<a href="http://www.siemens.com">www.siemens.com</a>
Standardkessel	<a href="http://www.standardkessel.de">www.standardkessel.de</a>
Talbotts Heating Ltd	<a href="http://www.talbotts.co.uk">www.talbotts.co.uk</a>
TPS Termiska Processer AB	<a href="http://www.tps.se">www.tps.se</a>
Tubro Filter en Luchttechniek	<a href="http://www.tubro.nl">www.tubro.nl</a>
Vyncke	<a href="http://www.vyncke.be">www.vyncke.be</a>

