

Biomassapotentieel in Nederland

Verkennde studie naar vrij beschikbaar biomassapotentieel voor energieopwekking in Nederland




Paula Schulze, Johan Holstein, Harm Vlap

Document informatie

Rapporttitel	Biomassapotentieel in Nederland
Documentnummer	GCS.17.R.10032629.2
Datum	06-04-2017
Klant	dhr. A.G. de Bakker, N.V. Nederlandse Gasunie

Auteur **P. Schulze**




.....

Auteur **J. Holstein**



.....

Auteur **H. Vlap**



.....

Review **J. Knijp**



.....

Goedgekeurd **J. Knijp**



.....

Ownership

Copyright © 2017, DNV GL Netherlands B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door DNV GL verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde. DNV GL Netherlands B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

De inhoud van deze studie mag slechts als één geheel aan derden kenbaar worden gemaakt, voorzien van bovengenoemde aanduidingen met betrekking tot auteursrechten, aansprakelijkheid en rechtsgeldigheid.

Inhoudsopgave

1. Introductie	4
- Achtergrond	5
- Aannames en definities	6
2. Biomassa algemeen	7
- Hoofd- en subcategorieën biomassastromen	8
- Import vs. eigen biomassaproductie	9
3. Natte biomassastromen	11
- VGI	12
- Rioolslib	19
- Aquatische biomassa	27
- Agrarische reststromen	38
- GFT-afval en ONF	48
- Energieteelt	54
4. Droge biomassastromen	61
- Afvalhout	62
- Nederlandse productiebossen	67
- Natuur- en landschapsbeheer	75
5. Samenvatting en conclusie	84
Bijlage	88

Introductie

Achtergrond:

Vrij beschikbaar biomassapotentieel in Nederland voor energieopwekking?

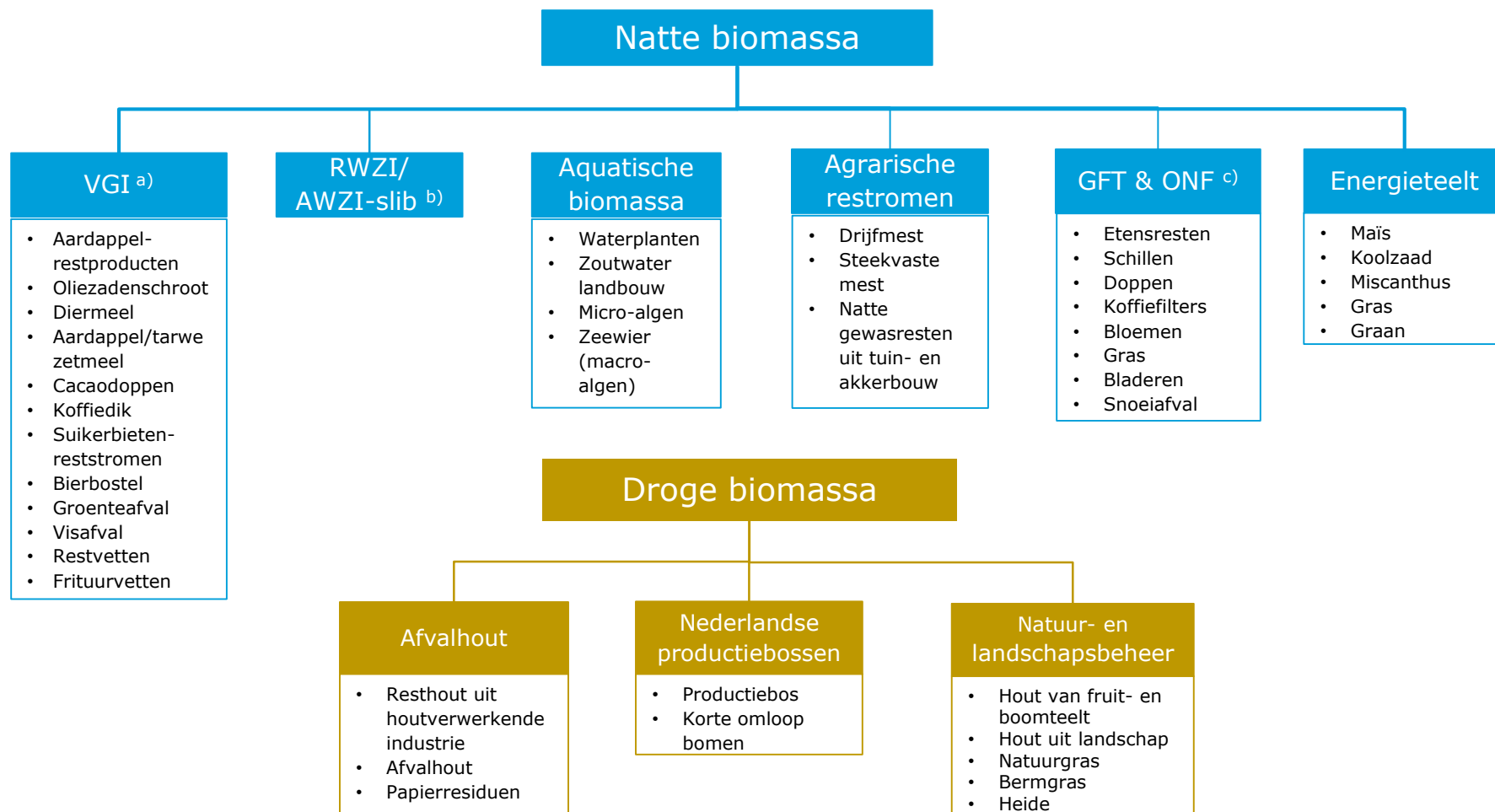
- Gasunie gelooft in een duurzame toekomst met een uitgebalanceerde energiemix en een blijvende rol voor (hernieuwbaar) gas, dat afkomstig is van verschillende (duurzame) bronnen. Een bron van hernieuwbaar gas is groengas dat geproduceerd wordt uit biomassa. Om de transitie naar een CO₂-neutrale energievoorziening te versnellen werkt Gasunie aan concrete projecten om de facilitering van groengas verder te ontwikkelen.
- In publieke discussies ontstaat echter steeds meer het beeld dat er (nu en in de toekomst) een beperkte hoeveelheid groengas beschikbaar is; daarom lijkt een toekomstige inzet voor meerdere marktsegmenten (zoals industrie, mobiliteit en de bebouwde omgeving met hybride warmtepompen) problematisch te zijn.
- In het licht daarvan heeft Gasunie behoefte aan een heldere visie over de (toekomstige) productie van groengas in Nederland en heeft DNV GL gevraagd om een verkennende studie uit te voeren, waarin het **vrij beschikbare biomassapotentieel in Nederland** in kaart gebracht wordt.
- In deze studie zijn de belangrijkste biomassastromen in Nederland geïdentificeerd en ingedeeld in de hoofdcategorieën “droge biomassa” of “natte biomassa”. Vervolgens zijn per hoofdcategorie verschillende subcategorieën gedefinieerd en kort toegelicht.
- Op basis van een inventarisatie van eerder uitgevoerde biomassa- en/of groengaspotentieelstudies is er voor elke subcategorie een inschatting gemaakt van het “totale” en “vrij beschikbare” biomassapotentieel voor de jaren 2023 en 2035 en is er een vergelijking gemaakt met de huidige inzet van deze biomassastromen.
- Deze studie richt zich op Nederlandse biomassa; geïmporteerde biomassa valt buiten de scope.

Aannames en definities

- De gehanteerde methode voor de inschatting van het **totale potentieel** van een bepaalde biomassastroom in Nederland is als volgt: eerst is een schatting gemaakt van de productie van de verschillende biomassastromen. Vervolgens is een schatting gemaakt van het **oogstbare- en/of winbare deel van de productie**. Het totale biomassapotentieel maakt **geen onderscheid tussen energie- en niet-energiegerelateerde toepassingen**.
- Van het totale potentieel is vervolgens het gedeelte afgehaald dat in concurrerende routes (niet-energie toepassingen) naar verwachting gebruikt zal gaan worden. Het deel dat overblijft wordt verondersteld **vrij beschikbaar biomassapotentieel** te zijn. Echter, het vrij beschikbare biomassapotentieel is **NIET** per definitie **overeenkomstig met het biomassapotentieel**, dat beschikbaar is **voor groengasproductie** omdat verschillende vormen van energieopwekking met elkaar kunnen concurreren (bijvoorbeeld vergisting en verbranding, evenals vergassing en verbranding).
- Het gerapporteerde potentieel aan biomassa is aangegeven in PJ primaire energie (HHV) van de biomassa (dus niet van eventueel geproduceerd biogas).
- Zo niet anders aangegeven, is voor de omrekening van m³ biogas naar PJ primaire energie van biomassa is aangenomen dat 1 m³ biogas 55% methaan bevat, dus een energie-inhoud van 21 MJ (HHV) heeft. Verder is bij het terugrekenen van gerapporteerde potentielen (PJ) biogas een omzetrement van 60% gebruikt.
- Voor het bepalen van de huidige beschikbaarheid van biomassa voor energiegerelateerde toepassingen ("nu") is er steeds gewerkt met de meest recente beschikbare bronnen. De referentie jaren variëren in de verschillende subcategorieën tussen 2012 en 2015.
- Voor het potentieel in 2023 is er vaak gebruik gemaakt van interpolatie tussen het potentieel "nu" en 2035.

Biomassa algemeen

Hoofd- en subcategorieën biomassaströmen



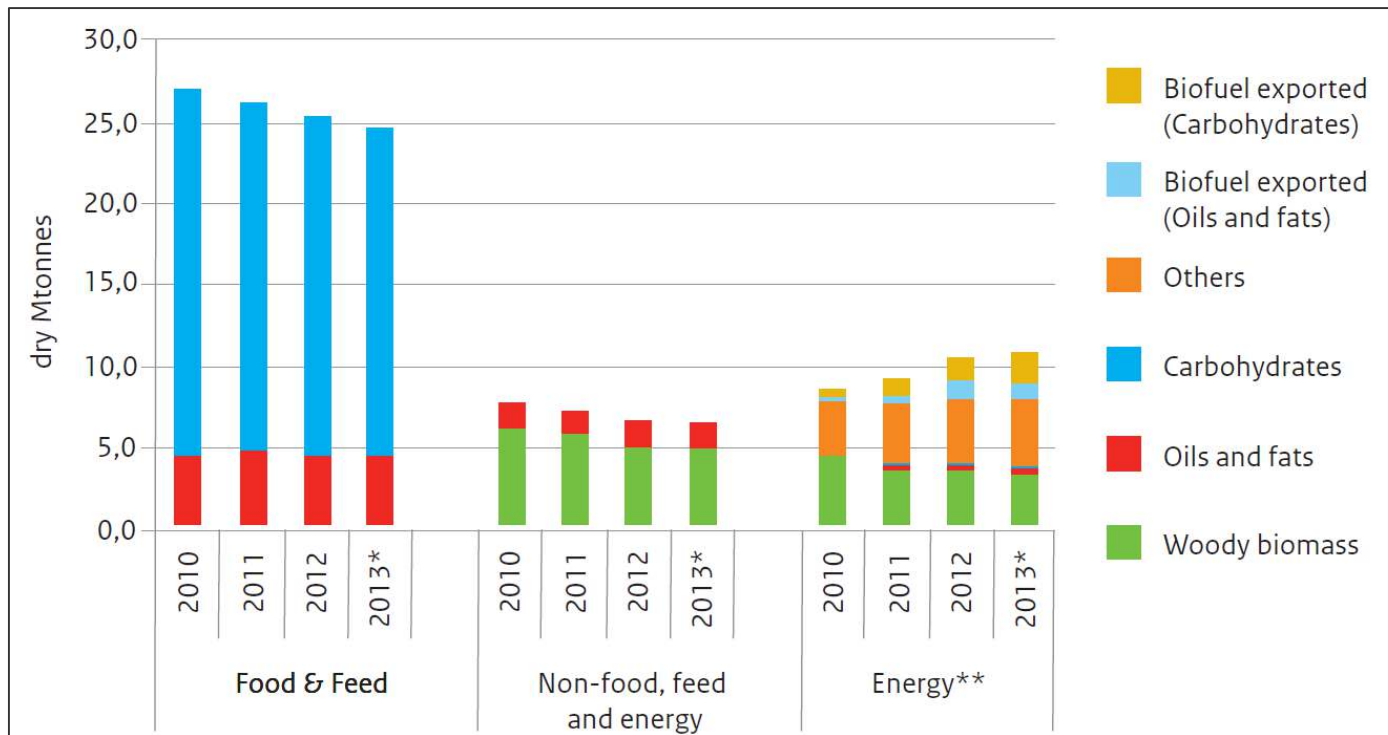
a) Voedings- en genootmiddelenindustrie

b) Rioolwaterzuiveringsinstallatie en Afvalwaterzuiveringsinstallatie

c) Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie

Biomassa inzet in de verschillende sectoren

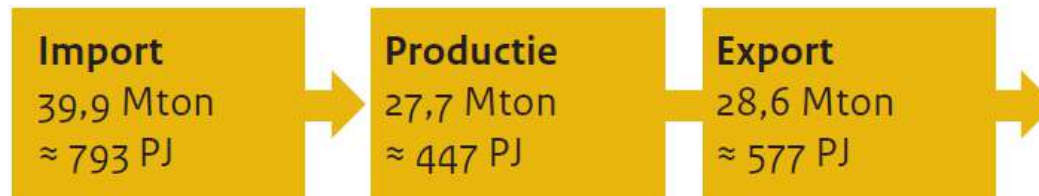
- In 2012 werd 25 Mton biomassa ingezet voor voedsel en veevoer, 6,6 Mton voor materiaalgebruik (hout, papier, oliën en vetten) en 10,2 Mton voor energetisch gebruik (waarvan 2,3 Mton weer in de vorm van biobrandstoffen werd geëxporteerd). Netto werd in 2012 dus ongeveer 14,5 Mton biomassa gebruikt voor de productie van materialen en energie.



Eindverbruik van verschillende soorten biomassa in Nederland, uitgesplitst naar toepassing
Bron: Ministerie EZ (2015)

Import vs. eigen productie

- Het Ministerie Economische Zaken rapporteerde in 2006 dat rond 60% van de in Nederland verwerkte biomassa geïmporteerd was. Het merendeel daarvan is voedsel en diervoeder, maar een gedeelte is ook bestemd voor energieopwekking in Nederland.
- Een aanzienlijke hoeveelheid geïmporteerde biomassa wordt ingezet voor bij- en meestoken in kolencentrales. Het gaat hierbij met name om houtpellets uit de VS. De import van deze pellets is tussen 2012 en 2013 echter sterk gedaald (van 20 PJ naar 13 PJ¹).
- Het import van huishoudelijk afval wordt steeds belangrijker. Reden hiervoor is de overcapaciteit van de afvalverbrandingsinstallaties die de laatste jaren zijn uitgebreid, maar het binnenlandse aanbod van afval bleef gelijk. In 2015 is 1,6 miljoen ton afval uit het buitenland geïmporteerd.



Biomassagebruik in Nederland in Mton droge stof en in PJ in 2006; In Nederland is $793+477-577=609$ PJ aan biomassa gebruikt (als voedsel, veevoer en gedeeltelijk voor energieopwekking)²

¹ CBS (2015), Hernieuwbare energie in Nederland 2014

² Ministerie EZ (2015), Biomassa 2030 - Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030

3. Natte biomassaströmen

VGI

Voedings- en genootmiddelindustrie

VGI: introductie

- VGI-stromen zijn reststromen die vrijkomen uit de voedingsmiddelen- en genotsmiddelenindustrie, zoals bierbostel, paprikapunten, uienresten, en aardappelschillen. De beschikbaarheid van deze VGI-stromen is afhankelijk van het productieproces voor de voedingsmiddelen en genotsmiddelen en worden thans rijkelijk ingezet in de diervoederindustrie.
- In Nederland zijn er ongeveer 6.000 bedrijven in de VGI-industrie en jaarlijks komt in totaal meer dan 8.000 kton aan reststromen vrij uit de VGI. Hiervan wordt 40% ingezet in de biobrandstoffensector, 25% afgezet als veevoeder, 10% als grondverbeteraar en 5% van de reststromen vindt buiten de agrofoodketen een bestemming terwijl nog eens 5% wordt verbrand of gestort.
- Veel van de VGI-reststromen wordt momenteel als veevoeder ingezet. Inzet van deze stromen voor bio-energie leidt dan direct tot minder beschikbaarheid voor veevoeder, waarbij het veevoeder op een andere wijze geproduceerd of ingekocht moet worden.



Voorbeelden van VGI-stromen, Bron: biomassamagazine.com

VGI-stroom eigenschappen

Biomassastroom (selectie)	DS-gehalte (%)	Org. DS-gehalte (kg oDS /kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg DS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t oDS)	Karakteristiek
Aardappelrest-producten (o.a. schillen, snippers snijverlies, voorgebakken)	18-21%	0,8-0,9	17,4	730	<ul style="list-style-type: none"> - Relatief geringe hoeveelheden per locatie - Bevat veel vocht → nabijheid van verwerker wenselijk
Oliezadenschroot	89%	0,95	18,2	600	<ul style="list-style-type: none"> - Hoge marktprijzen als veevoer
Frituur- en restvetten	95-99%	0,92-0,99	38,1	850-1200	<ul style="list-style-type: none"> - Ingezet voor productie van biobrandstoffen - Jaarrond beschikbaar
Bierbostel	24%	95	17,4	533	<ul style="list-style-type: none"> - Veel ingezet als veevoeder
Suikerbieten-reststromen (vinasse, pulp, bietenstaartjes)	75-90%	0,9	17,4	500-600	<ul style="list-style-type: none"> - Beschikbaarheid is seizoensafhankelijk
Broodmeel / zetmeel	90%	0,8-,0,9	20-22	450-500	<ul style="list-style-type: none"> - Vooral tarwezetmeel komt in grote hoeveelheden per locatie voor
Slachterijafval	15%	0,85	21,8	480	<ul style="list-style-type: none"> - Jaarrond beschikbaar

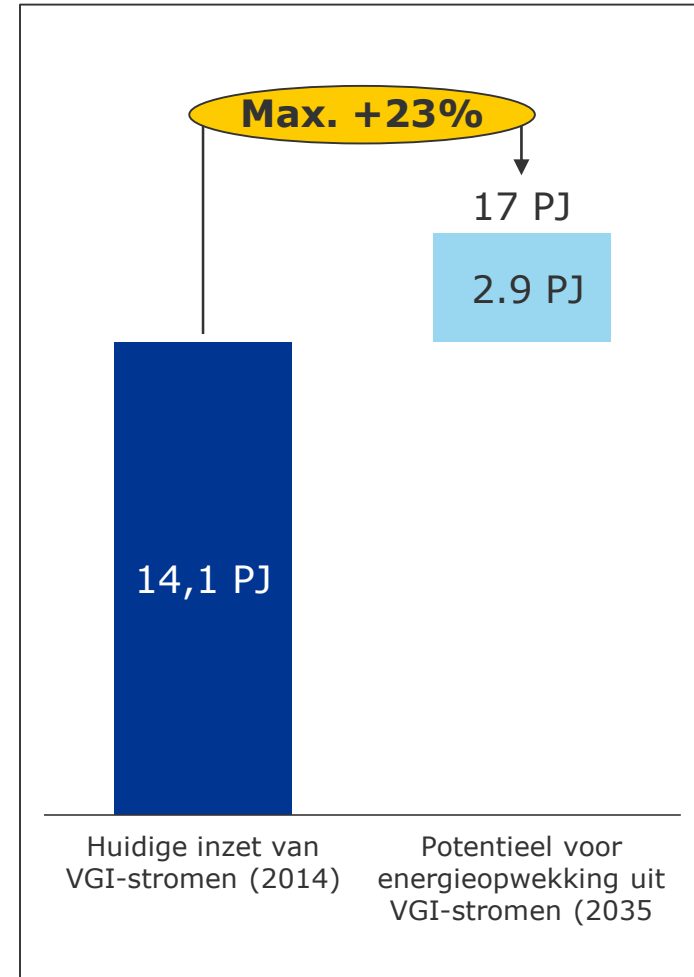
Beschikbare reststromen uit de VGI-industrie

De Nederlandse voedings- en genotsmiddelenindustrie (VGI) is erg divers door de pluriformiteit aan agrarische activiteiten en verwerkingsindustrieën. Voor de productie van groengas vormen de reststromen uit de VGI een grote potentiële bron. Hieronder volgt een uiteenzetting van de drivers voor vergisting:

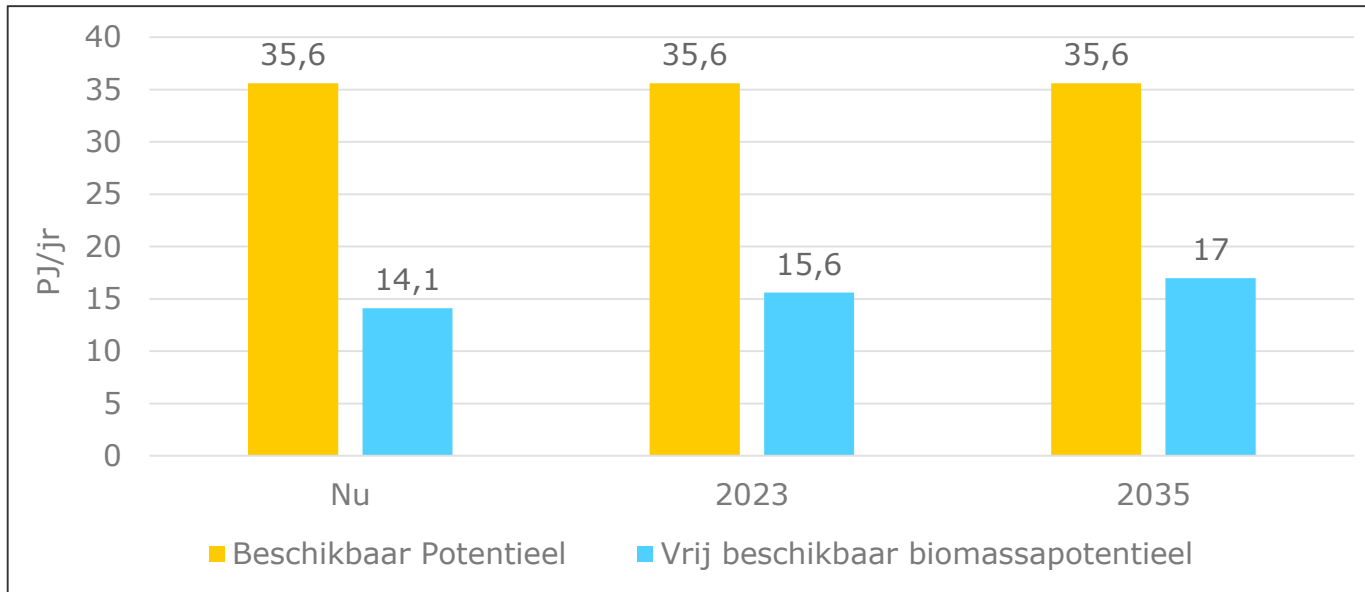
- De Nederlandse **bierbrouwers** zijn wettelijk verplicht om het afvalwater van de bierproductie te zuiveren. Veel Nederlandse bierbrouwerijen beschikken daarom over een eigen afvalwaterzuiveringsinstallatie. Dit is veelal gecombineerd met een vergistingsstap, waarbij het biogas op dit moment wordt gebruikt voor verwarming of wordt omgezet voor duurzame elektriciteitsproductie.
- In de **visverwerkingsindustrie** komen verschillende restproducten vrij, zoals koppen, graten, huid, restvlees, schelpen en slib. Daarnaast is er af en toe sprake van doorgedraaide vis op de veilingen, door te lage prijzen, veroorzaakt door weerscondities en vraaguitval. Een deel van het visafval wordt op dit moment al gebruikt voor de productie van biogas.
- In de **suikerindustrie** worden blad en loof van de biet gescheiden. Het loof en blad van suikerbieten bestaat echter voor driekwart uit suiker, dat eenvoudig converteerbaar is naar biogas. Het loof en blad van suikerbieten wordt op dit moment veelal gebruikt als grondverbeteraar, terwijl bietenpunten en -staarten worden ingezet voor vergisting.
- Daarnaast vormen **plantaardige en dierlijke vetten** een energierijke bron voor vergistingsprocessen. Er is echter vanuit de biobrandstoffensector veel behoefte aan deze stromen, omdat ze veel worden ingezet voor de productie van biodiesel. Omdat het economisch model achter de productie van biodiesel gunstiger is, worden plantaardige en dierlijke vetten zeer beperkt toegepast voor vergisting.

VGI: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- De VGI in Nederland produceert jaarlijks ~8.100 kton aan afvalstromen (~36 PJ). Er is echter weinig informatie beschikbaar over de samenstelling en de individuele hoeveelheden van de verschillende reststromen.
- Volgens Koppejan et al. worden er jaarlijks **10,5 PJ** primaire energie aan **frituurvet en restvetten** geproduceerd. Het is aannemelijk dat het volledige potentieel op dit moment ook gebruikt wordt; volgens de Nederlandse Emissieautoriteit maakte frituurvet 44% van de grondstoffen voor **biodieselproductie** in Nederland uit in 2015 (er is zelfs afgewerkt vet uit het buitenland geïmporteerd).
- Van de VGI reststromen die als veevoeder worden toegepast wordt circa 40% vergist (**ca. 3,3 PJ**). Dit zijn voornamelijk restproducten uit de suiker-, vis- en bierindustrie. **Vergisting** is hierbij een economische tussenstap, voordat de reststromen als veevoeder worden ingezet.
- Er zijn mogelijkheden om **meer biogas te winnen** door de bredere inzet van VGI-stromen voor vergisting. Reststromen van aardappelen (2,6 PJ), bierbostel (2 PJ), visresten, uien en broodresten kunnen worden ingezet voor vergisting.
- Volgens Koppejan et al. is het beschikbaar potentieel aan VGI-stromen voor energietoepassingen 14-18 PJ (2020). Lensink (2014) rapporteert 17-36 PJ finale energie (equivalent aan ca. 33-70 PJ primaire energie) in 2020. Het onderscheid ligt vooral in de beschikbaarheid van oliezaadschroot. De Routekaart hernieuwbaar gas gaat uit van ca. 10 PJ biogas uit VGI reststromen (gelijk aan ca. 17 PJ biomassa).



VGI: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- Voor het bepalen van het totale potentieel is uitgegaan van 8.100 kton restproducten per jaar met een gemiddelde DS-gehalte van 25% en een energie-inhoud van 17,4 MJ/kg DS.
- Een aantal studies hebben aangetoond dat de inzet van VGI-stromen voor energiedoeleinden de potentie heft te groeien naar 17 PJ in 2035. Het is aannemelijk om te verwachten dat een groot deel alleen zal blijven worden ingezet als diervoeder en/of als biobrandstof, waarvoor voornamelijk vetten en oliën worden toegepast. Anderzijds kunnen VGI-stromen worden ingezet voor vergisting terwijl het digestaat alsnog als diervoeder kan worden aangewend, mits digestaatverwerking plaatsvindt om aan kwaliteitscriteria te voldoen. De overige groei van het potentieel zou kunnen gerealiseerd worden door gebruik te maken van tot op heden niet benutte reststromen.

VGI: Referenties

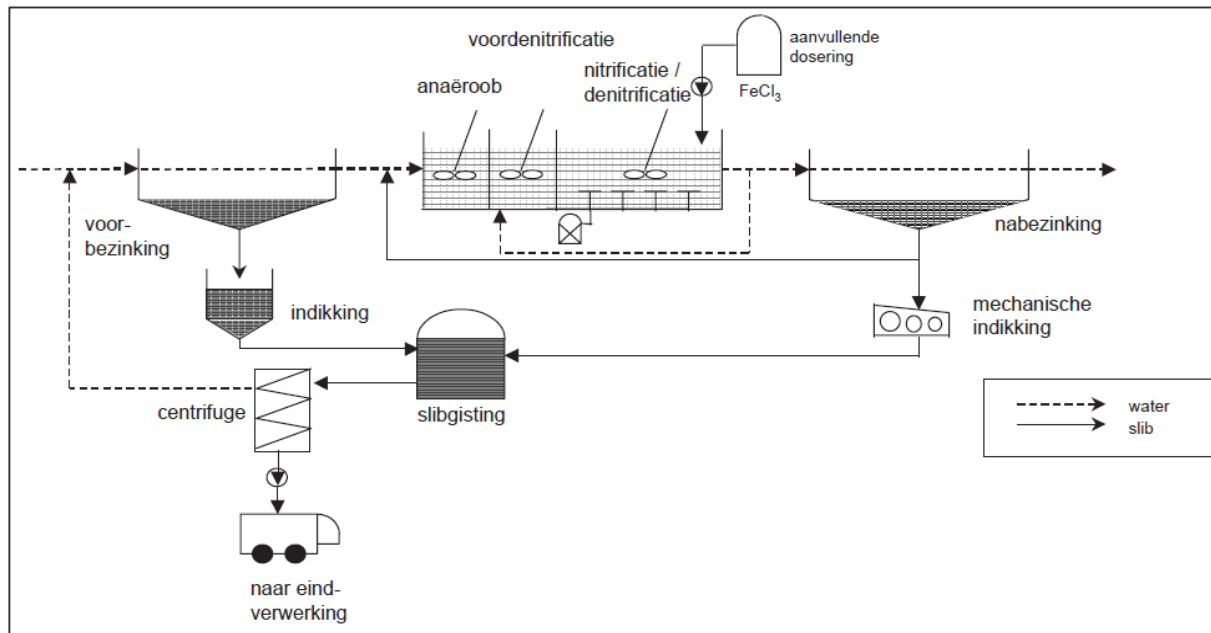
- S.R.M. Janssens en A.B. Smit (2016) Reststromen consumptieaardappelen, Wageningen UR
- Centraal bureau voor de Statistiek. (2017) Te raadplegen via: Statline.cbs.nl.
- Suikerbiet: topper voor het leveren van bio-energie!. Cosun Magazine. Juni 2010, nr 4. Rubriek onder verantwoordelijkheid van IRS
- Vis, M., (2002) Beschikbaarheid van reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie voor energieproductie. In opdracht van Novem.
- Lensink et al. (2014), Verkenning van biomassamarkten en hernieuwbare-energiebeleid
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- Van Soest et al. (2014), Routekaart hernieuwbaar Gas
- Nederlandse Emissieautoriteit (2016), Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2015

RWZI/AWZI slib

Rioolwaterzuiveringsinstallatie en Afvalwaterzuiveringsinstallatie

RWZI/AWZI-slib: introductie

- Door huishoudens en bedrijven wordt 16 PJ per jaar aan chemische energie (koolstof- en stikstofverbindingen) geloosd. Die wordt via RWZI's en AWZI's uit het water verwijderd.
- Het influent van RWZI's is niet voldoende geconcentreerd om direct toegepast te kunnen worden in de slibgisting. Door voorbezinking wordt het droge stof gehalte (drager van de chemische energie) verhoogd van <1% naar 4%. Het ingedikte slib is vervolgens geschikt voor anaerobe slibvergisting.
- Door slibgisting wordt het gehalte aan organische droge stof aanzienlijk verminderd. Na de slibgisting wordt het slib ontwaterd tot een DS-gehalte van ~25% voordat de slibeindverwerking plaats vindt (meestal verbranding).



Schematische weergave afvalwater-zuiveringsproces en inputstromen voor slibgisting, Bron: STOWA 2011)

RWZI/AWZI-slib: introductie

RWZI's:

- In 2014 waren er in Nederland 337 RWZI's in bedrijf, die in totaal 320 kton aan droge (equivalent aan ca. 3,6 PJ) stof zuiveringsslib produceerden
- Het merendeel van de RWZI's zijn kleine installaties (ca. 70% heeft een capaciteit van ≤ 50.000 inwoner equivalenten, wat ongeveer overeenkomt met een biogasproductie van $< 100 \text{ m}^3/\text{hr}$)
- In 30% van de RWZI's wordt biogas gewonnen. Samen hebben deze een totale verwerkingscapaciteit van stedelijk afvalwater van $> 50\%$. Slibgisting wordt in grotere RWZI's toegepast. Het typisch productievolume per installatie ligt op ca. $50\text{-}700 \text{ m}^3$ biogas/uur, afhankelijk van de verwerkingscapaciteit.
- Het ingedikte zuiveringsslib van de RWZI's wordt 100% verbrand (in cementovens of in afvalverbrandingsinstallaties)

AWZI:

- In 2014 waren 427 installaties in bedrijf, die in totaal 123 kton aan droge stof (equivalent aan ca. 1,3 PJ) produceerden (excl. zuiveringsslib afkomstig van de voedingsmiddelen- en drankenindustrie, dat gedeelte is behandeld in de categorie VGI). 50% daarvan was afkomstig uit de industrie en 50% van bedrijven en instellingen. De hoofdproducenten waren:
 - Chemie en raffinaderijen (22%)
 - Papier, karton en grafische industrie (17%)
- 30% van het AWZI-slib werd in 2014 ingezet voor energiedoeleinden (ca. 0,4 PJ). Van 35% is de eindbestemming niet bekend.

RWZI/AWZI slib: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	Org. DS-gehalte (kg oDS /kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg DS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t oDS)	Karakteristiek
Zuiveringsslib (na voorbezinking)	4%	0,6-0,8	11	200-500	<ul style="list-style-type: none"> - Laag DS-gehalte - Geur intensief door verschillende zwavel- en stikstofverbindingen - Slibgistingstijd ongeveer 6-12 dagen



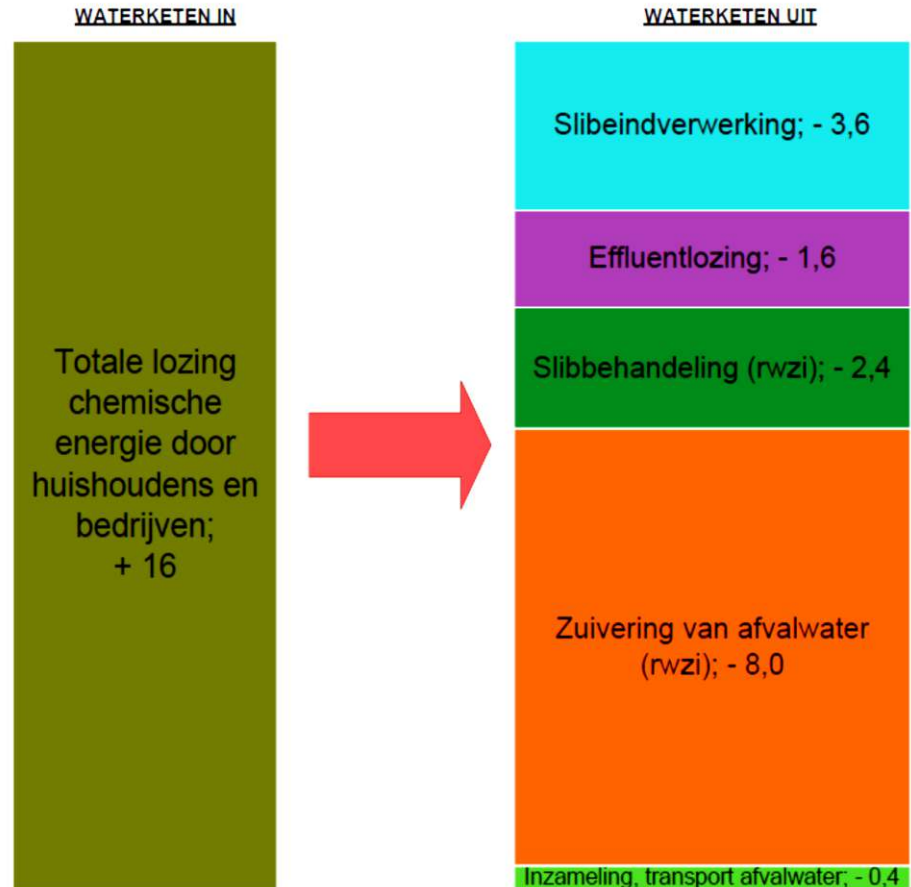
Voorbeeld voor een AWZI,
Bron: <https://www.awrusa.com>



Slibgistingstanks met gashouder (RWZI Hengelo),
Bron: <https://www.vechtstromen.nl>

RWZI/AWZI-slib: Huidige energieproductie

- In totaal bevat stedelijk afvalwater (dat behandeld wordt in **RWZI's**) 16 PJ aan chemische energie. In 2015 is **2,4 PJ vergist**. Het merendeel (84%) is in de RWZI's ingezet voor eigen energiegebruik.
- **3,6 PJ** van de chemische energie worden omgezet bij de slibeindverwerking (**verbranding**).
- Slibgisting vindt op dit moment in minder dan 30% van de ca. 340 communale RWZI's in NL plaats. Biogas wordt vooral geproduceerd in grote RWZI's en omgezet in warmte en elektriciteit (WKK's).
- Voor het jaar 2014 is gerapporteerd dat 4,2 kton droge stof zuiveringsslib is ingezet voor de productie van biogas in **AWZI's** en 32 kton droge stof zuiveringsslib is verbrand; bij elkaar zijn **0,4 PJ** ingezet voor **energieopwekking**.
- In totaal wordt er dus 6,4 PJ teruggewonnen uit zuiveringsslib in RWZI's en AWZI's en nuttig ingezet voor energieopwekking.

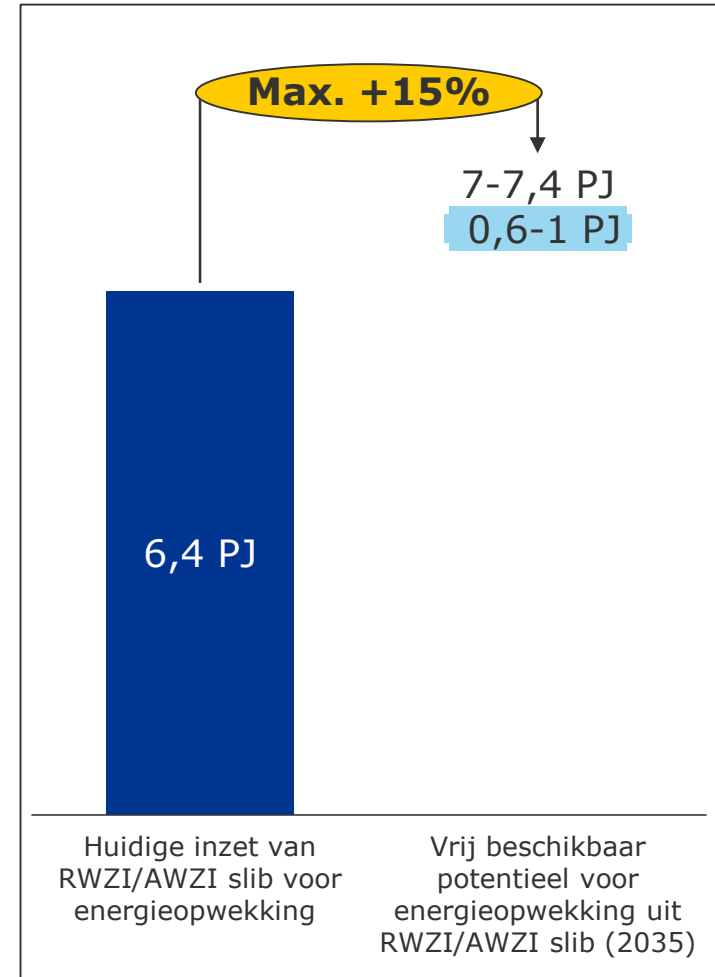


Chemische energie in de waterketen (2007 getallen in PJ),
Bron: STOWA, 2010

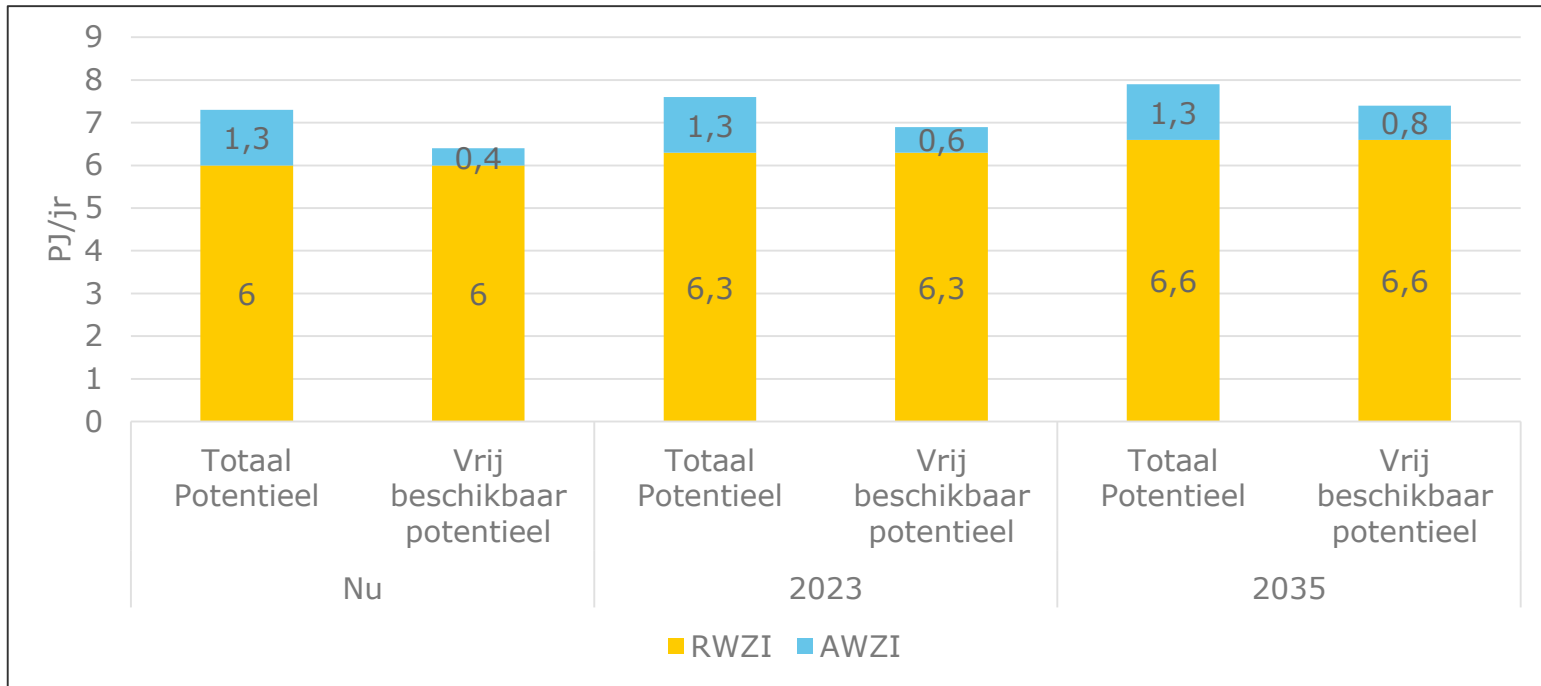
RWZI/AWZI-slib: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- De hoeveelheden geloosd afvalwater en chemische energie zullen niet significant wijzigen in 2023 en 2035 ten opzichte van nu. Dit betekent dat ook in de toekomst ca. 16 PJ aan chemische energie in het afvalwater zit dat de RWZI's bereikt.
- Nu wordt door slibgisting en -verbranding 6,4 PJ ingezet voor energieopwekking (AWZI's en RWZI's). Er zijn mogelijkheden om **meer biogas** te **winnen** door procesoptimalisaties in RWZI's, bijv. door voorbewerking van slib en het beter benutten en uitbreiden van de vergistingscapaciteit. Deze maatregelen zijn maar in beperkte mate mogelijk. Het extra potentieel voor biogasproductie wordt door STOWA geschat op 0,6 PJ.
- AWZI slib kan max. 1,3 PJ bijdragen aan de opwek van energie
- Verschillende bronnen biomassapotentieel van zuiverings-slib:
 - Koppejan (2009): 1,4-8,4 PJ (voor ontwaterd slib dat naar eindverwerking gaat; dus exclusief slibgisting)
 - STOWA (2005): technisch biogasproductiepotentieel geschat op 148 miljoen m³/jr (equivalent aan 3 PJ)
 - Routekaart Hernieuwbaar Gas (2014): 12 PJ biogas (equivalent aan ca. 18-20 PJ biomassa)*

*Het is niet bekend waarop de getallen gebaseerd zijn. In vergelijking met wat STOWA rapporteert over de energie-inhoud van afvalwater, lijken deze schattingen er hoog.



RWZI/AWZI-slib: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- Lichte stijging van het totaal potentieel door procesoptimalisaties, die als gevolg hebben dat meer energie kan worden gewonnen uit het slib.
- Alle aanpassingen die in RWZI's worden doorgevoerd die leiden tot meer biogas- en/of slibproductie komen ook terecht in het vrij beschikbaar potentieel. Omdat er weinig gerapporteerd is over de aard en eindbestemming van AWZI-slib, wordt er aangenomen dat er ongeveer 60% beschikbaar komen voor energieproductie (verdubbeling ten opzichte van nu).

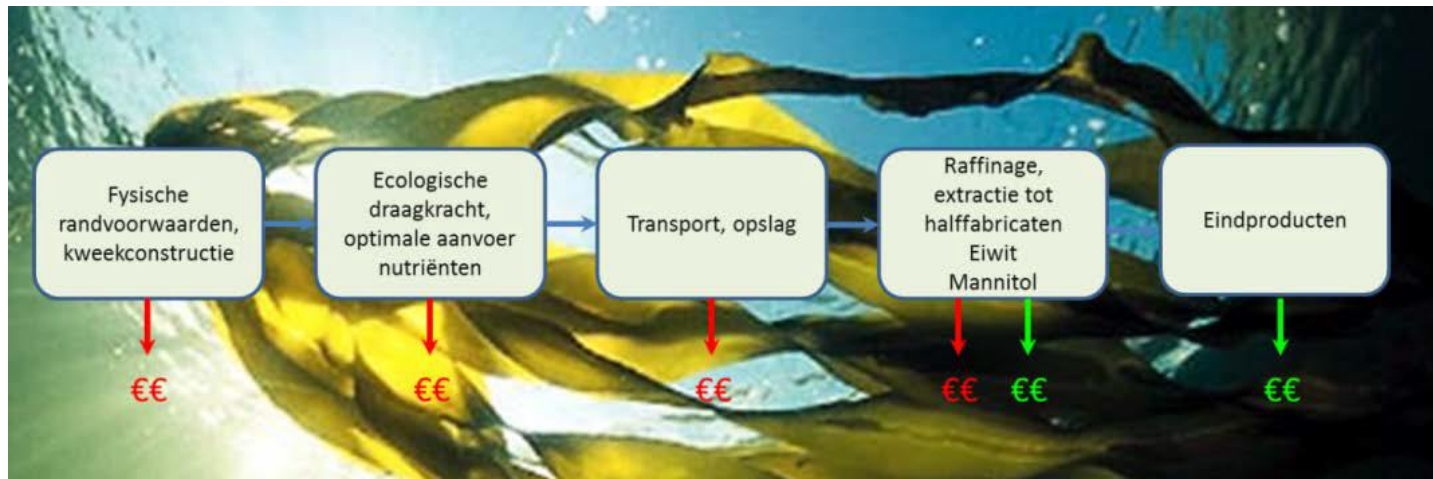
RWZI/AWZI-slib: Referenties

- STOWA (2010), Energie in de waterketen
- STOWA (2005), Potentieel biogas uit water
- STOWA (2005), Slibketenstudie
- STOWA (2010), Op weg naar de RWZI 2030
- STOWA (2011), Handboek slibgisting
- CBS (2015), Afzet van zuiveringsslib uit zuiveringsinstallaties bij bedrijven en instellingen (AWZI's) naar bestemming
- CBS (2015), Zuivering van stedelijk afvalwater; per provincie en stroomgebieddistrict
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- Van Soest et al. (2014), Routekaart hernieuwbaar Gas

Aquatische biomassa

Aquatische biomassa: introductie

- De laatste jaren is er een groeiende interesse voor aquatische biomassa. De reden hiervoor is dat de productie van dit soort biomassa niet afhankelijk is van vruchtbare grond of zoet water, maar dat deze ook kan worden geteeld in oceanen. Hierdoor is productie **complementair** aan de huidige ingezette biomassastromen.
- In vergelijking met landbouwgewassen is de **productiviteit hoog**. Door het hoge gehalte aan proteïnen, nuttige polysacchariden en lipiden en het lage gehalte aan lignine en cellulose is de samenstelling bovendien erg interessant voor vele toepassingen, in met name de humane- en diervoedingsindustrie, maar ook als (bio)brandstof zoals bio-diesel en bio-ethanol. De biomassa kan ook anaeroob worden vergist tot biogas of via hoge temperatuurprocessen worden omgezet in vloeibare- of gasvormige brandstoffen.
- Er wordt onderscheid gemaakt in een viertal soorten aquatische biomassa: waterplanten, zoutwater landbouw, micro-algen en zeewier (macro-algen) (zie volgende pagina's).



Illustratief overzicht van de zeewierketen, Bron: ECN 2016

Aquatische biomassa: Waterplanten

- Voor de instandhouding van de functies van zoete wateren (waterafvoer, waterberging, etc.) is onderhoud noodzakelijk, waarbij grote hoeveelheden waterplanten (bijvoorbeeld waterhyacint en riet) vrij komen. In dit kader wordt onder waterplanten verstaan alle planten die in, op of langs het water groeien.
- Momenteel wordt een deel van dit materiaal gecomposteerd, een ander deel wordt ondergeploegd op naastgelegen percelen landbouwgrond en een deel blijft ter plekke liggen. Ca. 50% van het geoogste riet wordt gebruikt als dekriet, een kleine hoeveelheid wordt ingezet in biomassa- of bijstookcentrales en de rest heeft geen bestemming.
- Gemiddeld bevat riet ca. 85% lignocellulose en ca. 15% eiwitten. Lignocellulose kan uitstekend voor energieproductie worden ingezet en is momenteel al beschikbaar. Waterhyacint heeft een veel lager lignocellulose gehalte en is daarom geschikt voor vergisting. Echter, het is snel rottend materiaal en zou daarom snel verwerkt moeten worden.



Waterhyacint (links) en riet (rechts), Bron: Platform Groene Grondstoffen (2006)

Aquatische biomassa: Zoutwater landbouw

- Zoutwater landbouw is de benutting van zilte omstandigheden. Productie vindt plaats vanuit gemengd zilt bedrijven, waarin gecombineerde productie van vis, schelp- en schaaldieren, algen en wieren en zilte planten leidt tot gesloten stofstromen en derhalve duurzame productie met hoge toegevoerde waarde.
- In een grootschalige zoutwater landbouw kan worden gekomen tot bio-energie teelt op basis van bestaande gewassen met een gebleken mate van zouttolerantie (bijv. gerst, spelt of biet) of nieuw te introduceren gewassen (bijv. Slijkgras, miscanthus of kweldergras). Hierbij kunnen functies worden gecombineerd, bijv. voor spelt: het stro voor energieproductie en de korrel als graan voor voedings- of voedertoepassingen.
- De genoemde grassoorten bestaan voor het grootste deel (ca. 80%) uit lignocellulose, dat kan worden ingezet voor energieproductie, en bevatten verder ca. 20% eiwitten.



Slijkgras (links) en Kweldergras (rechts), Bron: Platform Groene Grondstoffen (2006)

Aquatische biomassa: Micro-algen

- Micro-algen zijn fotosynthetische micro-organismen die voor de groei gebruik maken van zonlicht en anorganische voedingsstoffen, met name kooldioxide, stikstofverbindingen en fosfaat.
- De teelt vindt plaats in fotobioreactoren, uiteenlopend van open vijversystemen (High Rate Algal Ponds), tot semi-gesloten bioreactoren en gecombineerde systemen. Hiervoor kunnen op land laagwaardige locaties worden gebruikt, die ongeschikt zijn voor landbouw (vervuilde bodem).
- De productiviteit van algenproductiesystemen is 5-10 maal hoger dan van landgebonden teelten. De algen kunnen worden ingezet als bron van bio-olieën, eiwitten, bio-chemicalieën, in de farmacie, cosmetica en voedingsmiddelindustrie, en voor energiewinning via productie van biodiesel, bioethanol en biogas.



High Rate Algal Ponds in de VS (links en cascade systeem op pilot schaal van ECN, UvA en IVAM (rechts), Bron: Platform Groene Grondstoffen (2006)

Aquatische biomassa: Zeewier

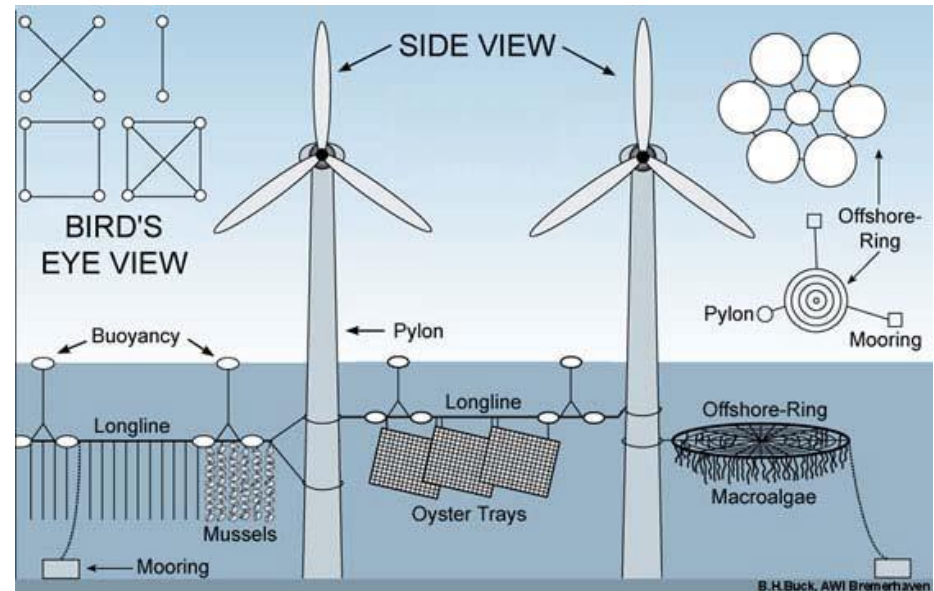
- Zeewieren (of macro-algen) vormen een zeer diverse groep plantaardige-, bladachtige organismen, met soorten die een lengte van enkele centimeters tot tientallen meters kunnen bereiken.
- Zeewieren kunnen een hoge productiviteit bereiken door de hoge groeisnelheid en de snelle opname van nutriënten en kooldioxide uit het waterig milieu. Zonder nutriëntentoevoer zal de productiviteit in de Noordzee naar verwachting ca. 20 ton DS/ha/jr bedragen. Door toepassing van gedoseerde nutriënttoevoer en/of teelt in gelaagde systemen kan dit naar verwachting worden verhoogd tot ca. 50 ton DS/ha/jr.
- Voor de Noordzee biedt teelt van groene en bruine of rode zeewiersoorten in een gelaagd teeltsysteem een aantrekkelijk perspectief.
- Tegenwoordig wordt zeewier ingezet om producten te winnen als phycocolloïden (alginaten, agar, carrageen), voedingssupplementen, diervoeders, meststoffen en ingrediënten voor personal care producten. Zeewieren zijn daarnaast een potentiële bron van eiwitten, mannitol, vetzuren, kleurstoffen en polysacchariden voor de productie van bio-brandstoffen (bioethanol, biogas).



Voorbeelden van zeewieren, Bron: Platform Groene Grondstoffen (2006)

Aquatische biomassa: Huidige inzet en biomassapotentieel (1/2)

- Momenteel worden aquatische biomassastromen in Nederland ingezet in de humane- en diervoederindustrie en (in verwaarloosbare hoeveelheden) als bijstook in kolencentrales (riet). De huidige inzet voor energieproductie in Nederland is slecht in kaart te brengen, omdat dit in de rapportages meestal is opgenomen onder de restpost "overige biomassastromen".
- Voor waterplanten en zoutwaterlandbouw geldt dat het potentieel nu grotendeels al aanwezig is maar slechts zeer beperkt wordt benut, omdat het niet wordt verzameld en/of wordt ingezet voor energiedoeleinden. De waterplanten met een hoog lignocellulose gehalte zoals riet kunnen maar beperkt worden ingezet voor niet-energiedoeleinden (dus het potentieel is bijna volledig beschikbaar voor energietoepassingen).
- De technologie voor productie van algen en zeevieren is nog in ontwikkeling. Het potentieel van met name zeewier is afhankelijk van het oppervlak dat voor de teelt gebruikt gaat worden. ECOFYS heeft in 2014 het totale potentieel voor zeewier wereldwijd geschat op 515 EJ. ECN is in een studie van 2005 uitgegaan van zeewierplantages die in combinatie met windmolenparken geïmplementeerd gaan worden. Het potentieel is dan afhankelijk van het aantal windmolenparken dat zal worden gerealiseerd en de maatschappelijke weerstand (verstoring van het ecologisch evenwicht).



Schematisch overzicht gecombineerde productie van zeevieren met windparken, Bron: ECN (2016)

Aquatische biomassa: Huidige inzet en biomassapotentieel (2/2)

Het aquatisch biomassapotentieel hangt af van het gerealiseerde teeltareaal. In deze studie wordt er primair van uitgegaan dat de teelt plaats vindt in combinatie met offshore windparken. Dit levert geen concurrentie op met andere soorten gebruik van het Noordzee (recreatie, natuurgebieden, zeevaart, visserij, etc.) en heeft bovendien het voordeel dat er geen extra constructies geplaatst hoeven te worden om de zeewieren te beschermen en op de plek te houden.

Door ECN wordt het toekomstige oppervlak voor zeewierteelt geschat op 5000 km². Uitgaande van de huidig beschikbare informatie wordt het maximale oppervlakte van windmolenparken geschat op ca. 4200 km² (zie tabel in bijlage). Dit is onder te verdelen in een aantal groepen:

- Nu	→ Korte termijn (fully commissioned):	65 km ²
- 2023	→ Middenlange termijn (consent authorised):	236 km ²
- 2035 en verder	→ Lange termijn (concept/development):	3885 km ²

Bij de potentieel inschatting is uitgegaan van bovengenoemde oppervlakten en een productiviteit van 20 ton DS/ha/jr (geen extra toevoeging van nutriënten).

De Routekaart hernieuwbaar gas rapporteert 30 PJ aan zeewiergebruik voor biogasproductie in 2030.

Aquatische biomassa: Biomassapotentieel 2035 volgens Platform Groene Grondstoffen

	Areaal (ha)	Biomassa (kton DS)	Energie-inhoud (GJ/ton)	Totaal beschikbaar potentieel (PJ)	Vrij beschikbaar potentieel na 2035 (PJ) ^{d)}	Karakteristieken
Waterplanten	150000 ^{a)}	1500 ^{c)}	16	24	18 (80%)	<ul style="list-style-type: none"> - (ondergedoken) waterplanten bevatten veel lucht en water waardoor ze snel rotten → stank en kwaliteitsverlies - Via inkuilen of drogen kunnen waterplanten geconserveerd en geschikt worden gemaakt voor transport
Zoutwaterlandbouw	125000 ^{a)}	1250 ^{c)}	16	20	16 (80%)	<ul style="list-style-type: none"> - Hoofdzakelijk lignocellulosen planten
Micro-algen	20000 ^{a)}	1000 ^{c)}	20	2,5	1,4 (55%)	<ul style="list-style-type: none"> - Lage concentratie algen bij oogst (0.5 tot enkele g/l) → dienen opgeconcentreerd te worden
Zeewieren	420000 ^{b)}	8400 ^{c)}	15	30	18 (60%)	<ul style="list-style-type: none"> - Vochtgehalte van 85-90% → ontwatering (bij voorkeur op teeltlocatie) noodzakelijk
Totaal				190	123	

a) Platform Groene grondstoffen

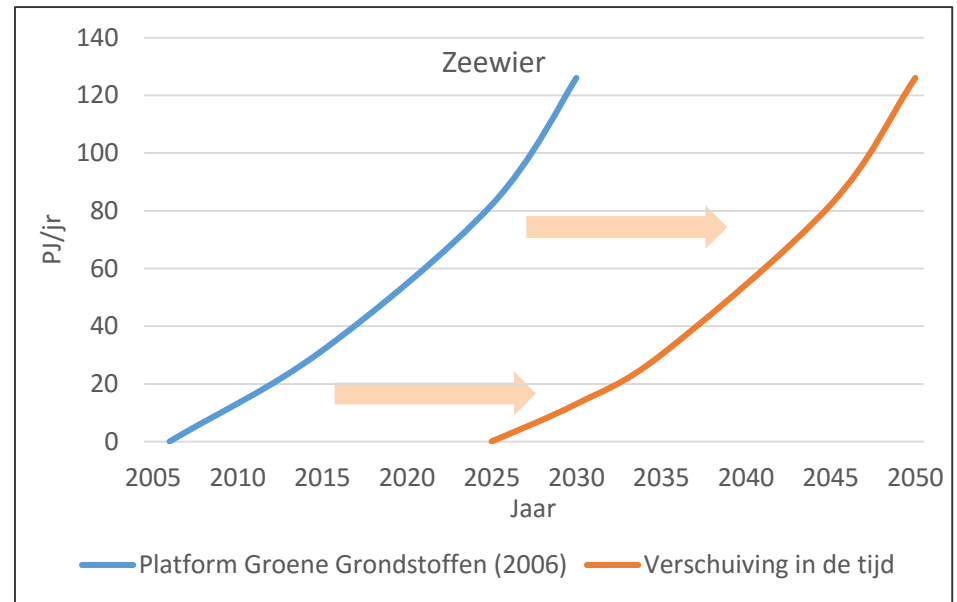
b) Prognoses windmolenparken in Nederlandse deel van de Noordzee

c) Bij een droge stof productie van 10 ton DS/ha voor waterplanten en zoutwaterlandbouw, 50 ton DS/ha voor micro-algen en 20 ton DS/ha voor zeewieren

d) Verdeelsleutel energie- vs. niet-energietoepassingen ontleent aan Platform Groene Grondstoffen

Aquatische biomassa: (beschikbaar) biomassapotentieel voor zeewier

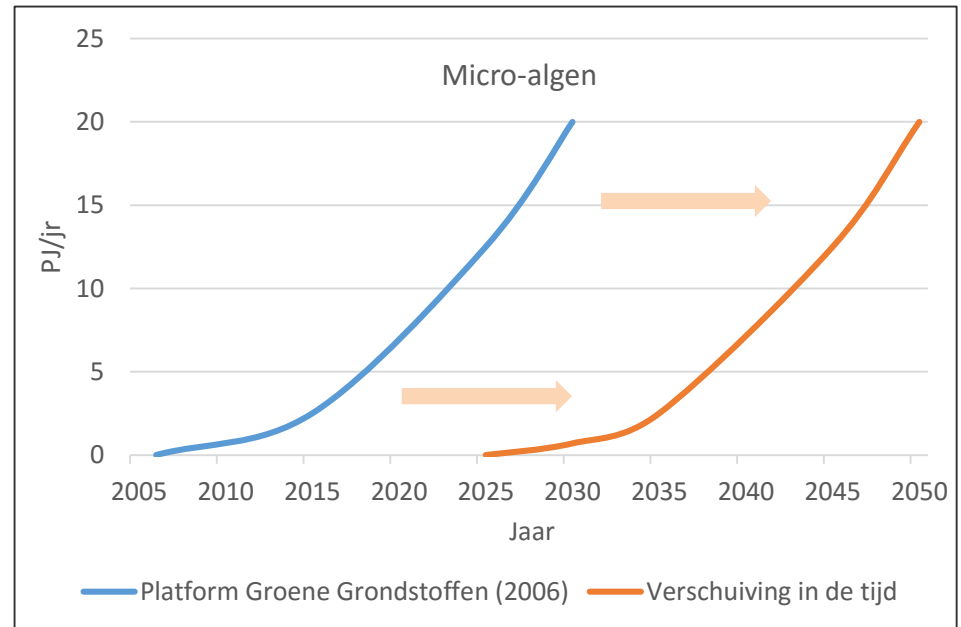
- Uitgaande van de geschetste ontwikkeling van het Nederlandse zeewierpotentieel volgens Platform Groene Grondstoffen had tot op heden ongeveer 30 PJ aan jaarlijkse zeewierproductie gerealiseerd moeten zijn. Echter, is de hedendaagse productie verwaarloosbaar.
- Aangezien de technologie nog vol in ontwikkeling is, is een inschatting van het potentieel voor 2035 erg moeilijk. Om toch een indicatie te kunnen geven over het (maximaal) te verwachten zeewierpotentieel tot 2035, heeft DNV GL de groeicurve van het Platform Groene Grondstoffen ca. 20 jaar in de tijd verschoven; de grootschalige ontwikkeling van zeewierteelt begint dan pas in 2025 ipv. 2006.
- Indien de Nederlandse zeewierteelt dan dezelfde groeicurve doorgaat als door het Platform Groene Grondstoffen voorgesteld, dan zou in 2035 een totaal biomassapotentieel van maximaal 30 PJ beschikbaar komen. Bij toepassing van dezelfde verdeelsleutel als vermeld op sheet 35 zou dan ongeveer 18 PJ voor energiegerelateerde toepassingen ingezet worden.
- Er wordt echter benadrukt dat deze waarden als maximale waarden te beschouwen zijn. Door de grote onzekerheid die verbonden is met het beschikbaar komen van geschikte teelt-, oogst- en verwerkingstechnologie is de bandbreedte van het te verwachten potentieel 0-18 PJ.



Verwachte ontwikkeling potentieel van zeewierteelt in Nederland volgens Platform Groene Grondstoffen (blauw) en schuiving van de curve om ~20 jaar in tijd (oranje)

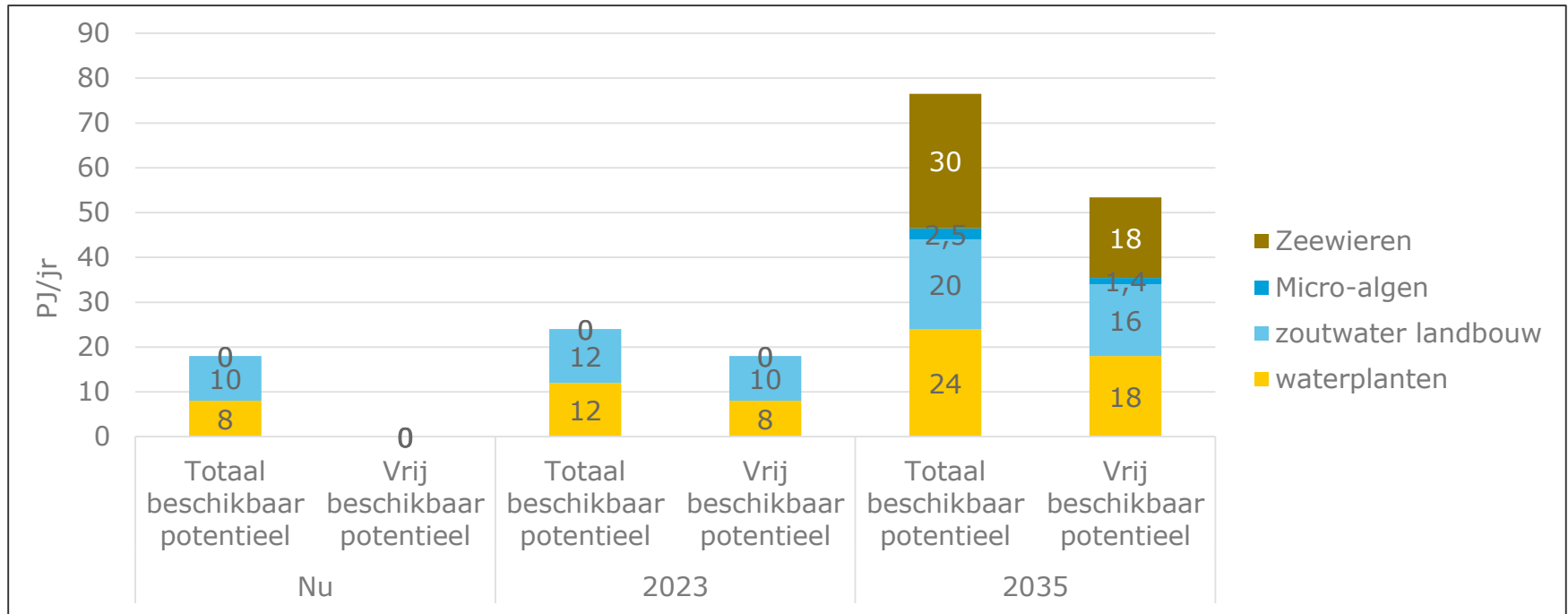
Aquatische biomassa: (beschikbaar) biomassapotentieel voor micro-algen

- Volgens Platform Groene Grondstoffen had in 2015 een potentieel van ca. 2,5 PJ aan micro-algen gerealiseerd moeten zijn; tot 2030 zou dit potentieel oplopen tot ca. 20 PJ
- Heden op de dag (2017) is er nog geen noemenswaardige micro-algen productie in Nederland. Evenals bij de kweek van zeeieren ontbreekt ook voor micro-algen nog de logistieke keten voor grootschalige productie, verwerking en afzet. Daarnaast vormen de relatieve onbekendheid met de mogelijkheden van micro-algen en de relatief hoge productiekosten bij de huidige ontwikkelingsstatus een barrière voor verdere ontwikkeling.
- Indien dezelfde benadering als bij zeewier wordt toegepast (groeicurve van micro-algen potentieel volgens Platform Groene Grondstoffen verschuiven om 20 jaar) komt in 2035 een totaal biomassapotentieel van maximaal 2,5 PJ beschikbaar. Bij toepassing van dezelfde verdeelsleutel als vermeld op sheet 35, zou dan ongeveer 1,4 PJ voor energiegerelateerde toepassingen ingezet worden.
- Er wordt echter benadrukt dat deze waarden als maximale waarden te beschouwen zijn. Door de grote onzekerheid die verbonden is met het beschikbaar komen van geschikte teelt-, oogst- en verwerkingstechnologie is de bandbreedte van het te verwachten potentieel 0-1,4 PJ.



Verwachte ontwikkeling potentieel van zeewierteelt in Nederland volgens Platform Groene Grondstoffen (blauw) en schuiving van de curve om ~20 jaar in tijd (oranje)

Aquatische biomassa: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- Het grootste (totale) potentieel zit in zeewier en algen. Beide technieken zijn momenteel nog vol in ontwikkeling, waardoor het moeilijk is een prognose af te geven. Het potentieel aan waterplanten en zoutwaterlandbouw is nu reeds aanwezig, maar wordt slechts beperkt ingezet, o.a. omdat de oogst- en verwerkingstechnieken ontbreken. Ook de karakteristieken van (vooral ondergedoken) waterplanten (snelle rotting) staan de inzet nog in de weg.
- Het potentieel van 2023 is geëxtrapoleerd tussen nu en 2035.
- Het hier genoemde biomassapotentieel is dus te beschouwen als maximum waarde. Er wordt verwacht dat er maar een fractie van het vrij beschikbaar potentieel daadwerkelijk voor energieopwekking toegepast gaat worden.

Aquatische biomassa: Referenties

- Platform Groene Grondstoffen (2006), Aquatische biomassa
- ECN (2016), North-Sea-Weed-Chain Sustainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain OTC - Waterplanten als grootschalige energiebron
- ECN (2005), Bio-offshore; grootschalige teelt van zeewieren in combinatie met offshore windparken in de Noordzee
- <http://www.4coffshore.com/offshorewind/>
- Van Soest et al. (2014), Routekaart hernieuwbaar Gas

Agrarische reststromen

Agrarische reststromen: introductie

- Nederland heeft een sterke agrarische sector: 56% van het totale oppervlak wordt gebruikt voor landbouw en er is veel veehouderij aanwezig. De agrarische sector produceert ook veel reststromen die toegepast kunnen worden voor energieopwekking.
- De subcategorie agrarische reststromen bevat dierlijke mest en primaire bijproducten. De primaire agrarische bijproducten komen vrij als restproduct bij de teelt van gewassen. Zij zijn onder te verdelen in droge gewasbijproducten, als (gras)stro, en natte gewasresten, voortkomend uit akker- en tuinbouw.
- Stro is een voorbeeld voor een restproduct, dat nu al wordt geoogst. De overige reststromen zijn voornamelijk blad en loof resten die vooralsnog achterblijven op het land. Dit is echter ook 'benutting' want de voedingsstoffen in de gewasresten worden weer opgenomen in de bodem waardoor minder mest toegediend hoeft te worden.



Koeienmest, Bron: <http://www.duurzaamdeurne.net>



Voorbeeld agrarische reststroom,
Bron: <http://www.greenportgelderland.nl>

Agrarische reststromen: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	organisch DS-gehalte (kg oDS/kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg DS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t oDS)	Karakteristiek
Stro	85-90%	0.94	17.9	385	- Door hoog droge stof gehalte minder geschikt voor vergisting
Natte gewasresten akker- en tuinbouw	15%	0.04	18.1	630	- Bevat veel vocht → nabijheid van verwerker wenselijk
Steekvaste (pluimvee)mest	15-25%	0.75	16	500	- Kan ook worden geproduceerd uit drijfmest door toepassing van mestscheiding
Drijfmest (Runder-, vakens- en kalvenmest)	7,5%	0.85	16.7	400	- Niet te transporteren zonder voorbereiding - Dient snel verwerkt te worden (zie ook Bijlage 2)

Agrarische reststromen: Mest

- Mest komt vrij bij het houden van vee. In Nederland zijn dat voornamelijk varkens, melkvee en pluimvee. De hoeveelheid mest die vrijkomt hangt direct samen met de omvang van de veestapel.
- Het grootste gedeelte komt vrij als drijfmest (mengsel van vaste en dunne mest). Dierlijke mest kan direct worden ingezet als kunstmestvervanger of eerst een bewerking ondergaan. Mest kan ook worden ingezet bij verbranding (vaste mest van bijv. rundvee of pluimvee) of anaerobe vergisting (dunne mest). De voedingsstoffen blijven bij vergisting behouden zodat de mest na de vergisting nog steeds gebruikt kan worden voor bemesting.
- Het gebruik van dierlijke mest op akkers en weilanden is wettelijk beperkt. Doordat er onvoldoende grond is om de mest uit te rijden, is er een mestoverschot. Veehouders met een mestoverschot moeten dit overschot voor een bepaald deel laten verwerken.
- De totaal geproduceerde hoeveelheid mest door rundvee en varkens in 2015 was 72,2 miljoen ton, waarvan ongeveer 90% in stallen vrij kwam (bijna volledig drijfmest met laag droge stof gehalte).
- In 2015 zijn 1,73 Mton dunne mest (equivalent aan **2,5 PJ**) ingezet in **vergisters**. In 2013 is ca. **8,8 PJ** vaste mest van ingezet voor **verbranding** (pluimveemest en vaste mest van vleesvee).

	Productie (Mton)	Totaal potentieel (PJ)*
Drijfmest	73,4	89,3
Rundvee (weide)	7,1	8,9
Rundvee (stal)	54	67,6
Varkens	10,5	10,5
Pluimvee	0,0	0,0
Overige	1,8	2,3
Vaste mest	3	10,8
Rundvee (vleeskalveren)	0,6	2
Pluimvee	1,4	5,6
Overige	1	3,2
TOTAAL	76,4	101,1

CBS (2016), Dierlijke mest en mineralen 2015

* Er wordt hierbij geen rekening gehouden met voorvergisting tijdens tussentijdse opslag van mest. In de praktijk kan de energie-opbrengst dus lager uitvallen (zie ook bijlage 2)

Agrarische reststromen: Stro

- Stro is een restproduct van de graanteelt. Na de oogst van het graan wordt het overgebleven gewas op het land gedroogd en in balen geperst. In sommige gevallen wordt het stro tijdens het persen gesneden.
- Stro wordt in de veehouderij ingezet als strooisel, als bodemverbeteraar en sporadisch in de bouwsector en als verpakkingsmateriaal.
- In 2015 was er een areaal van ca. 185.000 ha aan stroproducerende gewassen (tarwe, gerste, rooge, triticale, etc.). Rekening houdend met een droge stof gehalte van gemiddeld 85% werden er 945 kton stro geproduceerd (ca. 16,9 PJ).
- Bosma en Vermeer (2004) schatten in dat 75% van het stro geoogst, verhandeld en voor niet-energietoepassingen gebruikt wordt; de rest van het stro vervult een rol als groenbemesting om nutriënten en bodem koolstof aan te vullen.



Stro in verschillende vormen, Bron: <https://www.landwirtschaftskammer.de> (links), <http://agroindex.eu> (rechts)

Agrarische reststromen: Gewasresten uit akker- en tuinbouw

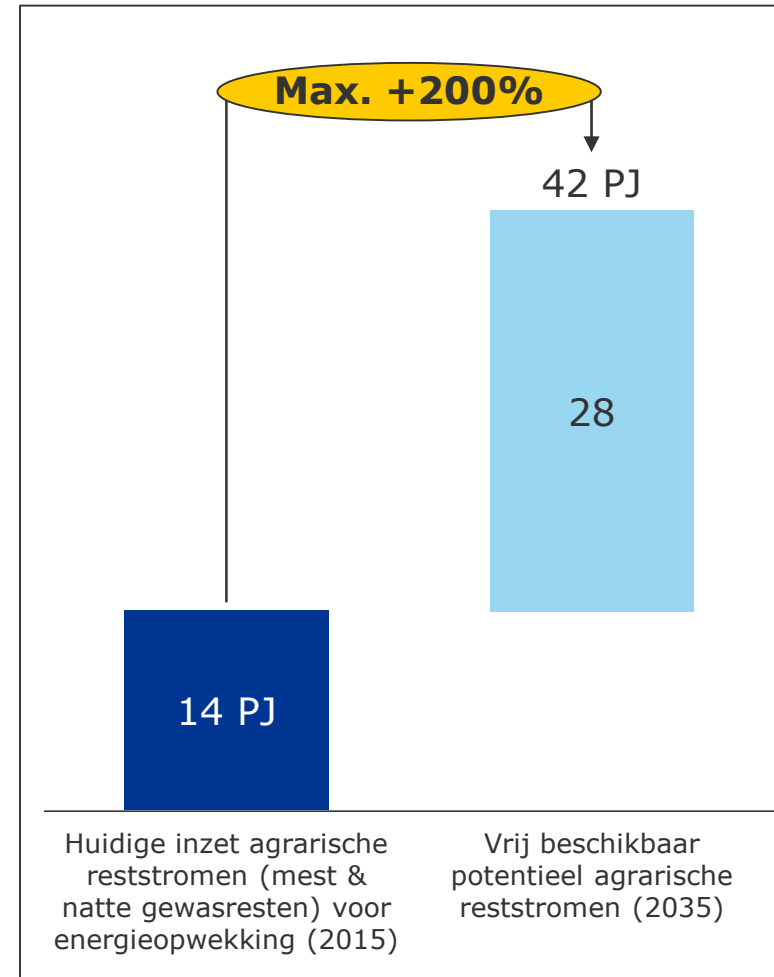
- Gewasresten vormen een aanzienlijke deel van de totale land- en tuinbouwproductie in Nederland. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende reststromen uit de akkerbouw (suikerbieten, ui en aardappelen), de tuinbouw (bloem- en sierplanten) en de glastuinbouw (grotendeels groenten als verschillende koolsoorten, peen en prei).
- Op dit moment worden de natte gewasresten van akker- en tuinbouw weinig gebruikt. Ook ontbreekt vaak de infrastructuur (als oogstmachines); daarom worden de gewasresten bijna altijd ondergewerkt. Een afvoer van maximaal 70% lijkt uit ecologische oogpunt mogelijk. Voor de rest wordt aangenomen dat de gewasresten een rol vervullen als groenbemesting om nutriënten en bodemkoolstof aan te vullen.
- De gewasresten van de glastuinbouw worden voor een deel toegevoegd aan de bodem en voor een deel gecomposteerd. Toepassing voor energie-opwekking lijkt voor het hedendaagse gecomposteerde gedeelte (ca. 50%) mogelijk.

Biomassastroom	Oppervlak (ha)	Gemiddelde productie gewasresten (ton DS /ha/jr)	Jaarlijkse productie (kton DS/jr)	Beschikbaarheid	Totaal potentieel (PJ/jr)	Huidige inzet voor energietoepassing (PJ)
Natte gewasresten tuinbouw	84.130	3	252	70%	3,2	3 a)
Natte gewasresten akkerbouw	420.000	2,5	1.050	70%	13,3	
Tuinbouw onder glas	9.200	14	129	50%	1,2	
TOTAAL			1.431		17,7	3

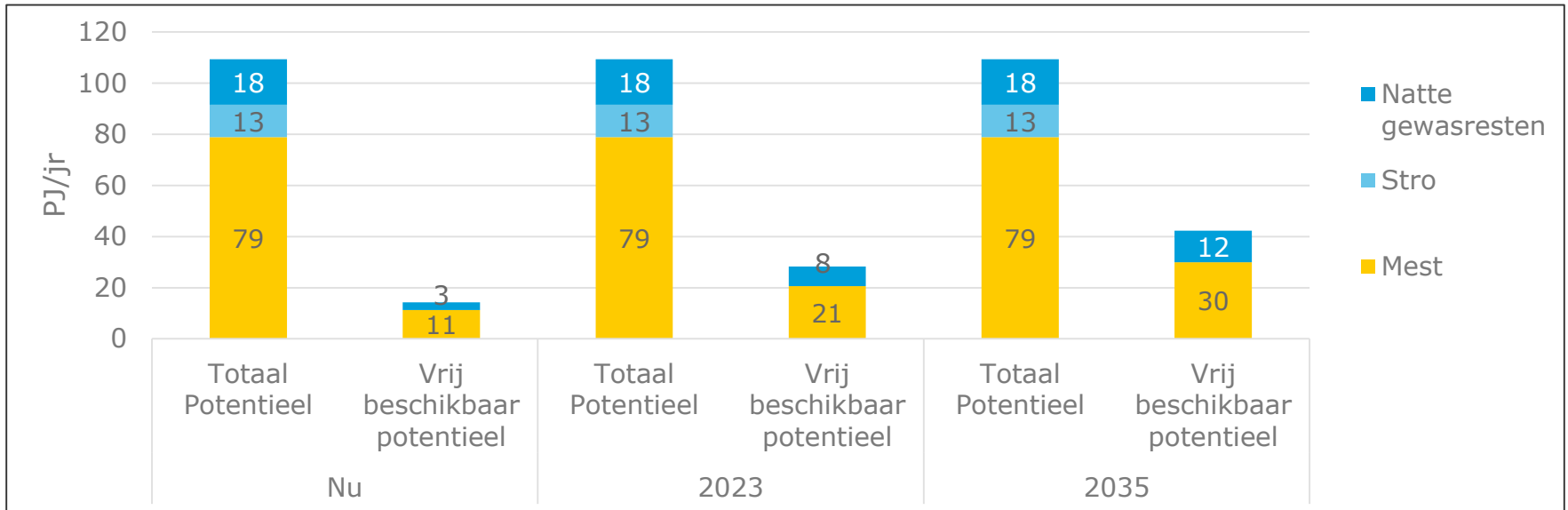
a) CBS, Hernieuwbare Energie in Nederland 2015; gerapporteerd onder Agro-industrie

Agrarische reststromen: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- Verschillende bronnen over biomassapotentieel van agrarische reststromen:
 - Koppejan et al. (2009):
 - Mest: er wordt ervan uitgegaan dat 40-60 % van de dunne mest beschikbaar is voor vergisting en 80 % van de vaste mest voor verbranding. De scenario's geven een spreiding van 4,3-55,4 PJ drijfmest/dunne mest die ingezet wordt voor vergisting en 24,7-28,3 PJ vaste mest voor verbranding) in **2020** ^{a)}
 - Stro: 1-5 PJ (verbranding)
 - Natte gewasresten: 0-12,3 PJ (vergisting)
 - Volgens Koppejan et al. is het vrij beschikbaar potentieel aan agrarische reststromen tussen 30 PJ en 101 PJ
 - Platform Groene Grondstoffen (2006):
 - Potentieel van natte gewasresten in **2030**: 3 Mton equivalent aan 50 PJ biomassa
 - Routekaart Hernieuwbaar Gas:
 - Ca. 35 PJ biogas geproduceerd van mest in **2030** (equivalent aan ca. 58 PJ biomassa)
- in hoofdlijnen komen de geciteerde studies uit op een potentieel tussen 30 en 60 PJ
- a) Op basis van CBS getallen wordt er jaarlijks 10,8 PJ aan vaste mest geproduceerd; via mestscheiding kan drijfmest echter in een dikke en in een dunne fractie gescheiden en separaat toegepast worden



Agrarische reststromen: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- Het totale biomassapotentieel vanuit agrarische reststromen is 109 PJ en is bepaald als volgt:
 - Hoeveelheid mest blijft constant*
 - 90% van de in de stal vrijkomende drijfmest (rundvee en varkens) komt beschikbaar, evenals 80% van het vaste mest (kippen en rundvee).
 - Het nu geogoste stro komt beschikbaar (75% van totale productie).
 - 50-70% van alle geproduceerde natte gewasresten komt beschikbaar.
- De in deze studie geciteerde bronnen laten een grote spreiding zien wat betreft de **beschikbaarheid** van verschillende **agrarische reststromen** voor energieopwekking; in hoofdlijnen komen ze echter uit op een potentieel **tussen 30 en 60 PJ**. In deze studie is 30 PJ gebruikt voor mest in 2035 en 12 PJ voor natte gewasresten. Stro wordt als niet beschikbaar geacht voor energieopwekking. Het potentieel van 2023 is geëxtrapoleerd tussen nu en 2035.

Footnote

* Voor het bepalen van het totale potentieel is aangenomen dat de beschikbaarheid van mest constant blijft. Er zijn echter bestrevingen om de veestapel (en hiermee de productie van mest) te verkleinen omdat Nederland momenteel meer fosfaat produceert dan wettelijk is toegestaan (mestoverschot). Ook de methaanemissies van de veestapel zullen op termijn terug gebracht moeten worden wat beperkende factor wordt voor de grootte van de veestapel. Voor het vrij beschikbare potentieel is dit echter niet van invloed; het totaal potentieel is door DNVGL berekend op basis van de huidige mestproductie, maar het vrij beschikbaar potentieel is overgenomen uit bestaande studie die in hun scenario's van een kleinere veestapel zijn uitgegaan. Er bestaat dus voor agrarische reststromen in deze studie geen direct verband tussen totaal potentieel en vrij beschikbaar potentieel.

Referenties

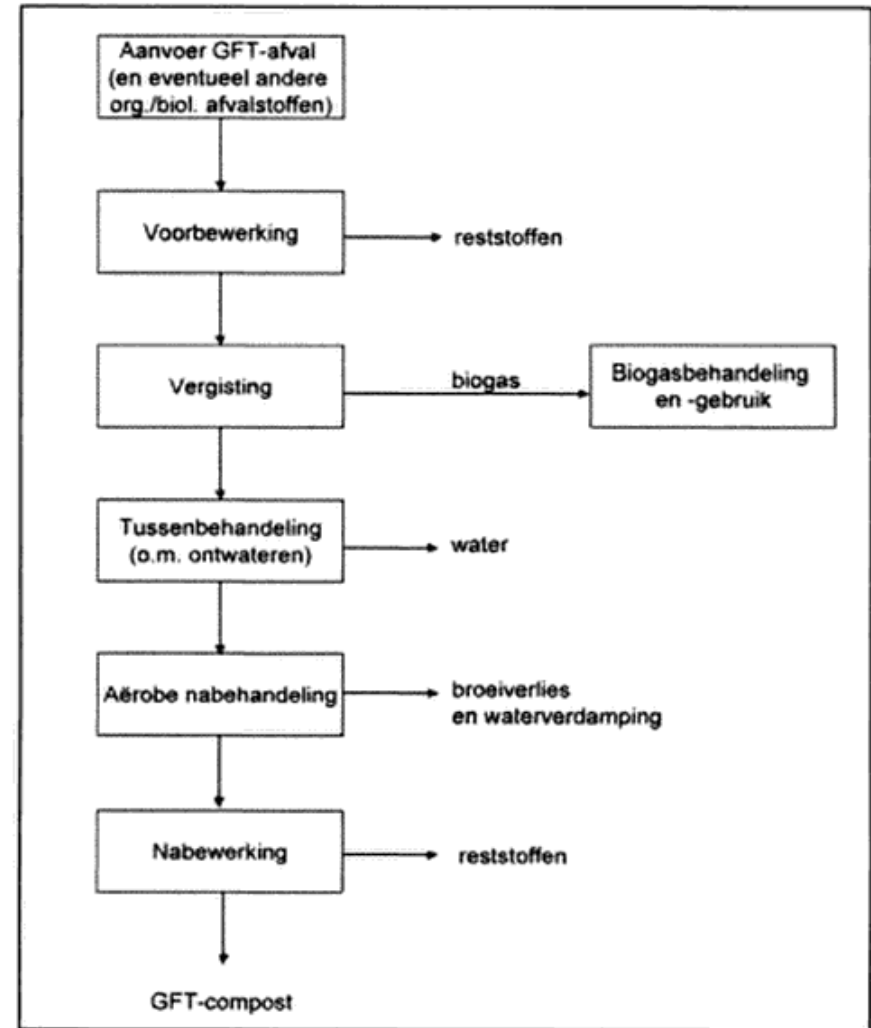
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- CBS Statline, Akkerbouwgewassen; productie naar regio
- CBS Statline, Groenteteelt; oogst en teeltoppervlakte per groentesoort
- Zwart (2004)
- Website http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=14%2Cb&anker0=substratanker#substratanker
- CBS (2016), Hernieuwbare energie in Nederland 2015
- Platform Groene Grondstoffen (2006), Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030
- Bosma en Vermeer (2004), Voldoende stro voorhanden, Praktijkkompas Varkens
- ECN (2014), Verkenning van biomassamarkten en hernieuwbare-energiebeleid
- Groen Gas Nederland (2014), De bijdrage van monomestvergisting aan grootschalige mestverwerking
- Van Soest et al. (2014), Routekaart hernieuwbaar Gas

GFT-afval en ONF

Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie

GFT-afval en ONF: introductie

- Op jaarbasis produceert Nederland ongeveer 60 miljoen ton afval. Circa 80 procent hiervan wordt gerecycled en op verschillende manieren verwerkt, zoals het composteren en vergisten van **groente-, fruit- en tuinafval (gft-afval)**.
- Het afgelopen decennium is sprake geweest van een stabiel aanbod van gft-afval. In 2015 verwerkten 21 installaties 1.356 kiloton gft-afval.
- De verwerking geschiedt middels compostering en in sommige gevallen middels voorgeschakelde vergisting.
- De hoeveelheid gft-afval is sterk afhankelijk van de hoeveelheid huishoudens waarbij het wordt ingezameld, en de kwaliteit ervan hangt af van de verzamelrequentie en het seizoen.
- Aanvullend hierop kan de **Organische Natte Fractie (ONF)** worden vergist, die vrijkomt na scheiding van huishoudelijk afval, bedrijfsafval, digestaat en overige organische stromen



GFT-afval en ONF: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	organisch DS-gehalte (kg oDS/kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg DS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t oDS)	Karakteristiek
Gft-afval en ONF	15-20%	0,25 - 0,4	9-19	350-525	- Voorbehandeling en -scheiding benodigd om potentieel te benutten en organische fractie te separeren



Groene bak voor inzameling GFT-afval, Bron: <https://www.hetbildt.nl>



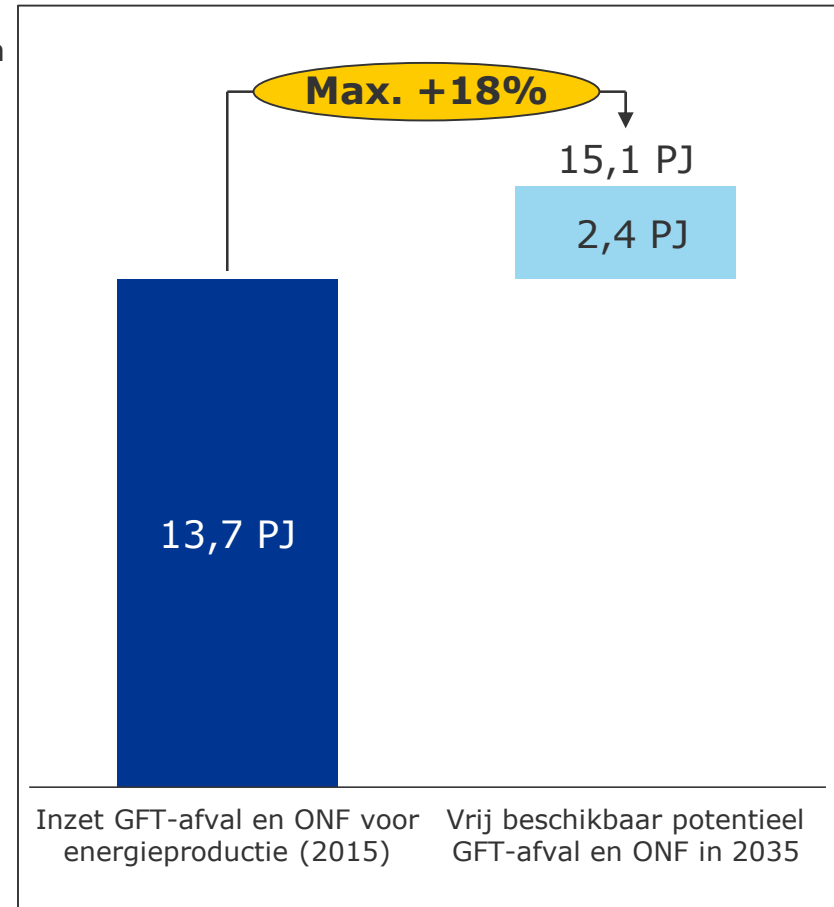
GFT-afval, Bron: www.vanderelstrecycling.nl



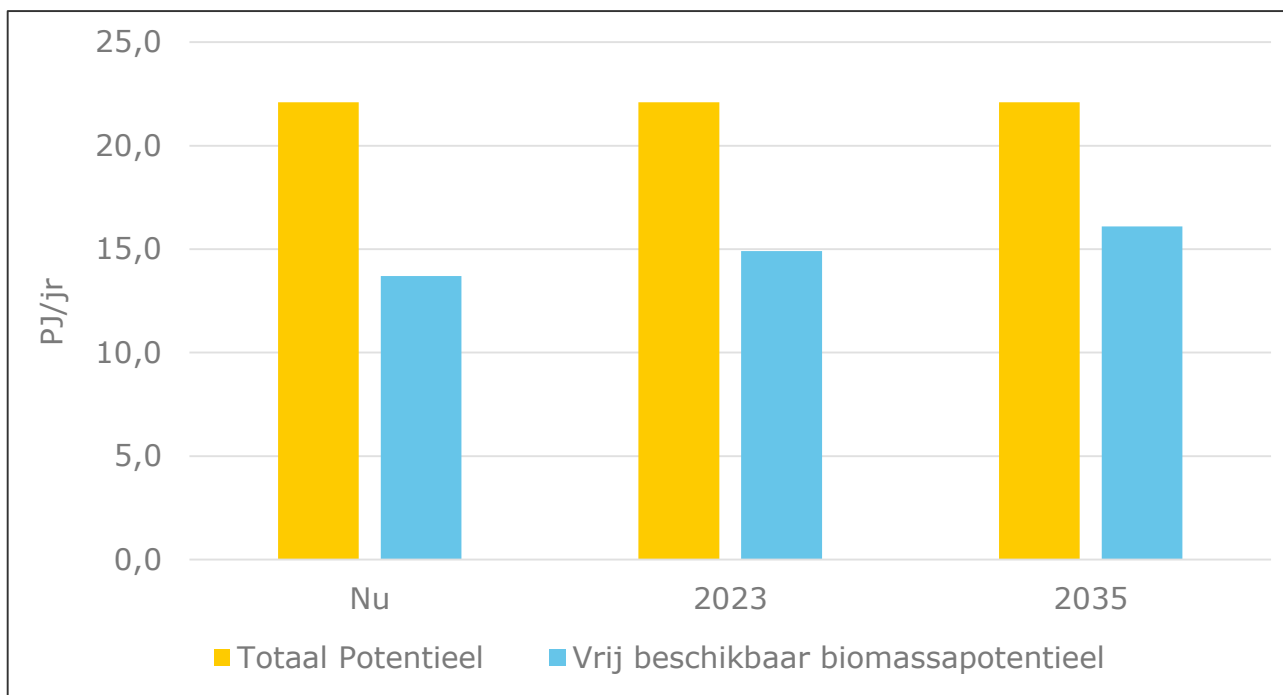
GFT- en ONF vergister in Wijster, Bron: <http://www.twence.nl>

GFT-afval en ONF: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- Volgens de Vereniging Afvalbedrijven is in 2015 in totaal 1,652 kton GFT en ONF verwerkt, waarvan 475 kton aan GFT-afval en 85 kton ONF zijn vergist. In totaal zijn er dus 560 kton (equivalent aan **4,2 PJ**) aan GFT-afval en ONF **vergist**. Hieruit zijn 0,6 PJ groen gas, 1,1 PJ elektriciteit en 0,1 PJ warmte geproduceerd.
- Dit betekent dat 34% van het verwerkte GFT-afval en ONF wordt eerst vergist en daarna gecomposteerd. Het overige gedeelte is alleen gecomposteerd zonder winning van biogas. Hierdoor is nog circa 1.100 kton (8,4 PJ) GFT-afval en ONF beschikbaar voor vergisting.
- Volgens het CBS was er in 2015 nog 1.270 kton GFT-afval in het huishoudelijk afval (excl. de afgescheiden ONF). Dit komt overeen met ca. **9,5 PJ**. Deze fractie wordt op dit moment in afvalverbrandingsinstallaties **verbrand**.
- Verschillende bronnen over het biomassapotentieel uit GFT en ONF:
 - Koppejan (2009): beschikbaar potentieel GFT afval in 2020 is 8,6 PJ
 - Routekaart hernieuwbaar gas (2015): 100 miljoen m³ biogas in 2020 (3,8 PJ GFT) en 200 miljoen m³ biogas in 2030 (6,6 PJ GFT)



GFT-afval en ONF: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- De totale hoeveelheid GFT-afval en ONF zal niet significant wijzigen in de toekomst → totaal potentieel blijft constant
- Het vrij beschikbaar potentieel bestaat uit een gedeelte dat voor vergisting wordt ingezet en een gedeelte dat (samen met het huishoudelijke afval) wordt verbrand. Het gedeelte dat in 2035 naar vergisting gaat is gebaseerd op de schatting van de Routekaart hernieuwbaar gas (6,6 PJ). Ten opzichte van nu zal er dan 2,4 PJ bijkomen. Het potentieel van 2023 is geëxtrapoleert tussen nu en 2035.

GFT-afval en ONF: Referenties

- S.R.M. Janssens en A.B. Smit (2016) Reststromen consumptieaardappelen, Wageningen UR
- CBS (2017) Te raadplegen via: Statline.cbs.nl.
- Suikerbiet: topper voor het leveren van bio-energie!. Cosun Magazine. Juni 2010, nr 4. Rubriek onder verantwoordelijkheid van IRS
- Vis, M., (2002) Beschikbaarheid van reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie voor energieproductie. In opdracht van Novem.
- Lensink et al. (2014), Verkenning van biomassamarkten en hernieuwbare-energiebeleid
- Koppejan et al. (2009), Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- Rabobank Cijfers & Trends: Een visie op branches in het Nederlandse bedrijfsleven. Voedingsmiddelenindustrie, 40e jaargang editie 2016/2017.
- MVO (2009), Market Analysis Oils and Fats for Fuel 2009.
- CBS (2014), Vrijgekomen industrieel afval naar bedrijfstak

Energieteelt

Energieteelt: introductie

- Energiegewassen zijn landbouwgewassen die verbouwd worden voor de productie van energie of biobrandstoffen. Grassen (voorbeelden zijn miscanthus (olifantengras), maar ook mais en granen) combineren vaak lage teeltkosten met hoge hectare-opbrengsten. Ook snelgroeiende bomen zoals wilgen en populieren voor de productie van houtpellets horen bij energiegewassen; deze zijn meegenomen in de subcategorie "Nederlandse productiebossen".
- De teelt van energiewassen betreft nu vooral koolzaad voor biodiesel, graan (en gedeeltelijk gewone maïs) voor de ethanolproductie. Bij lage prijzen is het ook mogelijk om graan in te zetten voor thermische conversie. Energiemaïs wordt ingezet voor vergisting.
- Het telen van gewassen primair voor energiedoelinden staat onder maatschappelijke druk omdat er (vruchtbare) landbouwgrond voor nodig is waar voedsel verbouwd had kunnen worden (zie bijlage 3). Door het in te zetten voor energieteelt ontstaat er concurrentie met voedsel, wat tot een stijging van de voedselprijzen kan leiden.



Mais, Bron: <https://schleswig-holstein.nabu.de>



Koolzaad, Bron: <http://www.versvancees.nl>



Miscanthus, Bron: <http://heritagemiscanthus.com>

Energieteelt: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	organisch DS-gehalte (kg oDS /kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ /kg oDS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t oDS)	Karakteristiek
Maïs	0,2-0,35	0,95	18,1	540-670	<ul style="list-style-type: none"> - Hoge opbrengst (tot 20 ton/ha) - Hele plant versnipperd en ingekuild inzetbaar in vergister
Koolzaad	0,16	0,8	20,1	650	<ul style="list-style-type: none"> - Hele plant versnipperd en ingekuild inzetbaar in vergister - Hoog oliegehalte van zaden → inzet voor biodieselproductie
Gras	0,25	0,85	18,1	550-600	<ul style="list-style-type: none"> - Vers of ingekuild inzetbaar in vergister - Hoog eiwitgehalte → inzet voor grasraffinage mogelijk
Miscanthus	0,35	0,85	17	300	<ul style="list-style-type: none"> - Hoog cellulosegehalte → geschikt voor therm. conversie (warmte- en electriciteitesproductie) - Moeilijk afbreekbaar in vergister → minder geschikt voor vergisting
Graan	0.4	0.94	17	170-210	<ul style="list-style-type: none"> - Hele plant versnipperd en ingekuild inzetbaar in vergister - Hoog zetmeelgehalte van granen → inzet voor bioethanolproductie

Energieteelt: Huidige inzet

- In Nederland worden op dit moment alleen maar de energiegewassen maïs, koolzaad en miscanthus verbouwd.
- Het grootste deel van de totaal geproduceerde hoeveelheid snijmaïs (240.000 ha in 2014) wordt ingezet als veevoer; slechts enkele procenten wordt gebruikt voor energieopwekking via (co-)vergisting.
- De prijs van energiemais is over 2011 en 2012 met ca 25% toegenomen → de inzet van energie-mais in vergisters is daarom sterk afgenomen.
- De tabel geeft het totale areaal voor koolzaad weer. Niet bekend is welk deel is ingezet voor energiegewassen.

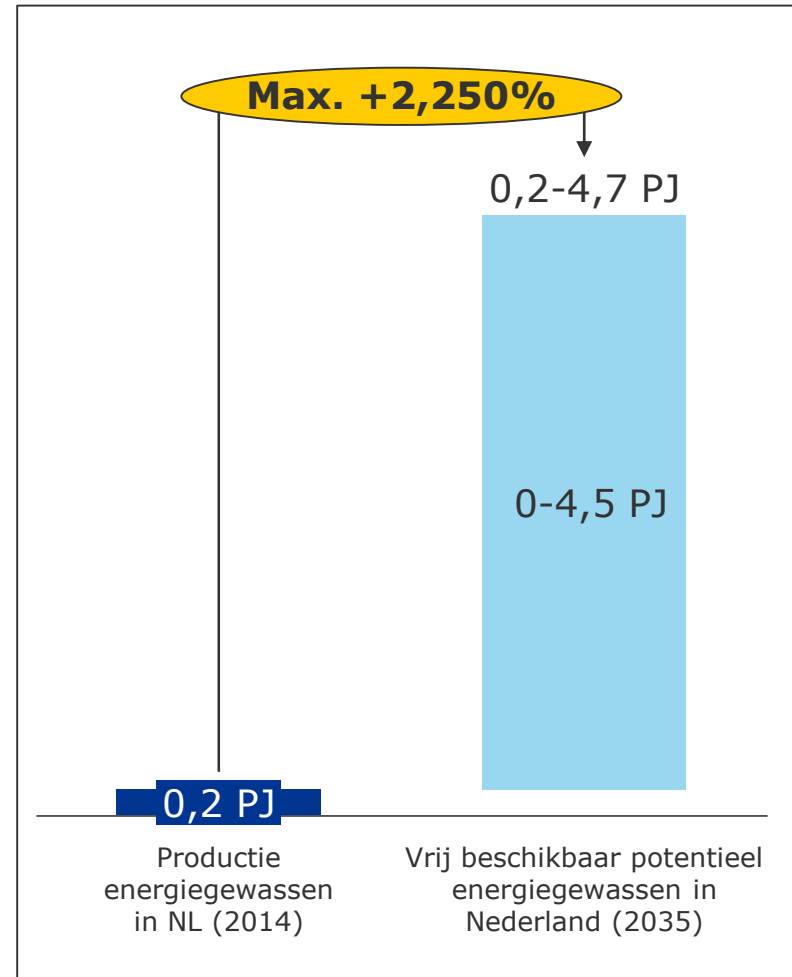
Gebruik landbouwgrond voor energiegewassteelt in NL (ha)	2011	2012	2013	2014
Energiemaïs	4000	4000	800	800
Koolzaad	<2000	<2100	<3500	<3100
Miscanthus	91	124	191	190



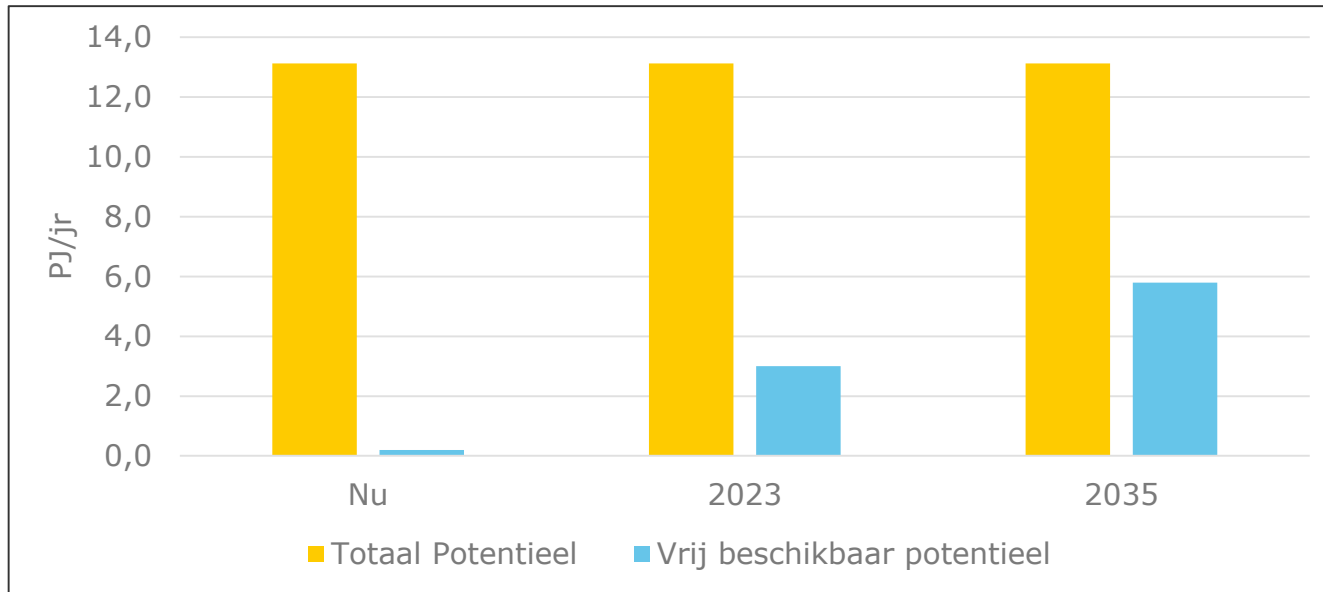
Geïndexeerde maïsprijzen 2000-2013 gebaseerd op prijzen van het LEI (100 = 2^e kwartaal 2010); Bron: ECN & DNV GL (2014)

Energieteelt: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- Volgens Ministerie EZ is in 2014 38 kton energiegewassen geproduceerd wat gelijk is aan 0,2 PJ
- Verschillende bronnen over het potentieel van energiegewassen in Nederland:
 - Koppejan et al. 2009: 0-1,2 PJ voor energiegewassen binnen de landbouw en 0-3,5 PJ voor gras voor bioraffinage in 2020
 - Rabou et al. (2006) 0-150 PJ in 2030
 - Londo (2002) en Janssens (2005): 10% van Nederlandse landbouw → 54,4 PJ
- De schattingen van het potentieel van de verschillende bronnen liggen ver uit elkaar
- Met het oog op het huidige gebruik van landbouwgrond voor de teelt van energiegewassen, de hoge grondkosten en het maatschappelijke druk, lijken de inschattingen van Koppejan et al. 2009 realistisch



Energieteelt: (Beschikbaar) Biomassapotentieel



- Het totale potentieel is afhankelijk van het ingezette oppervlak voor de teelt van energiegewassen. In deze studie is, gebaseerd op Koppejan et al. 2009, aangenomen dat 50.000 ha beschikbaar zal komen waarop energiegewassen met een gemiddelde opbrengst van 15 ton DS/ha en een energie-inhoud van 17,5 GJ/ton DS) geteeld worden.
- Het vrij beschikbaar potentieel is gebaseerd op de schattingen van Koppejan et al. 2009: maximaal 4,7 PJ (1,2 PJ energiegewassen + 3,5 PJ gras). Echter, er wordt ervan uitgegaan dat dit potentieel pas in 2035 volledig beschikbaar komt. Het potentieel van 2023 is geëxtrapoleerd tussen nu en 2035.
- Bovenstaande schatting voor vrij beschikbaar biomassapotentieel zou betekenen dat er 35% van de geteelde energiegewassen daadwerkelijk wordt ingezet voor energieopwekking - 65% heeft een andere (niet energie-gerelateerde) bestemming

Energieteelt: Referenties

- J. Kazimierowicz, Lech Dzienis, GIANT MISCANTHUS AS A SUBSTRATE FOR BIOGAS PRODUCTION
- Website http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=14%2Cb&anker0=substratanker#substratanker
- ECN & DNV KEMA (2013), Basisbedragen in SDE+ 2014 eindadvies
- Ministerie Economische Zaken (2014), Voortgangsrapportage Energie uit hernieuwbare bronnen in Nederland 2011-2012
- Ministerie Economische Zaken (2016), Voortgangsrapportage Energie uit hernieuwbare bronnen in Nederland 2013-2014
- Rabou et al. (2006), Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030
- H.M. Londo (2002), Energy farming in multiple land use. An opportunity for energy crop introduction in the Netherlands
- Janssens et al. (2005), Beschikbaarheid koolzaad voor biodiesel
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020

4. Droge biomassaströmen

Afvalhout en papierresiduen

Afvalhout: introductie

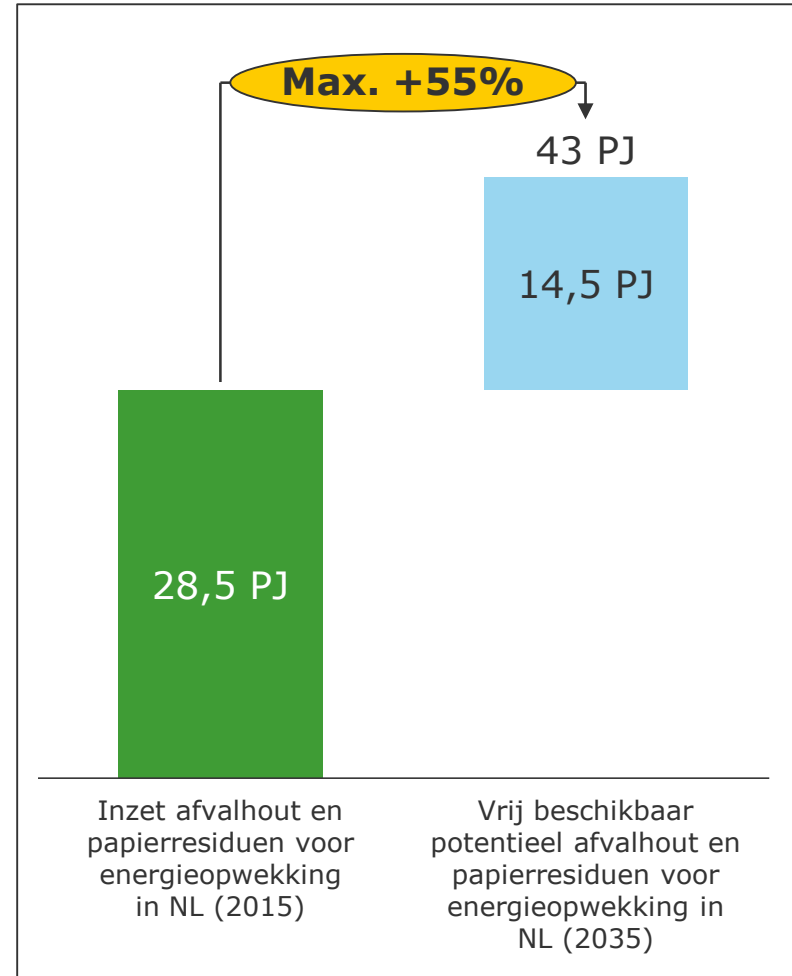
- Jaarlijks wordt er in Nederland ongeveer 400 kton ds aan vers en droog resthout (zaagsel, krullen, afkorthout etc.) geproduceerd door de Nederlandse houtverwerkende industrie.
- Ongeveer de helft van dit resthout wordt toegepast als strooisel voor de dierhouderij in Nederland en het buitenland. Daarnaast wordt 30% van het resthout toegepast als grondstof voor de productie van energiepellets. De overige 20% kent drie toepassingen: interne warmte productie bij de houtverwerkende bedrijven, afzet naar de platenindustrie en/of de producenten van papier en karton en energieopwekking door bedrijven buiten de houtsector.
- Naast het resthout komt in Nederland jaarlijks ca. 1.300 kton ds gebruikt hout (afvalhout) vrij. Het gebruikt hout bestaat uit bouw- en sloopafval, houten verpakkingen die het eind van hun gebruiksduur hebben bereikt en afgedankte houten meubels.
- Het gebruikte hout wordt voor 60% in Nederland gebruikt, de rest wordt geëxporteerd. De toepassing in Nederland bestaat voor 80% uit brandstof en de rest wordt met name gebruikt voor de productie van geperste palletklossen en pallets. Het geëxporteerde gebruikt hout wordt voor 60% ingezet als brandstof en de rest vormt de grondstof voor de productie van spaanplaat. In totaliteit wordt 70% als brandstof toegepast en slechts 30% als materiaal.
- 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 (koolwaterstoffen, teren, fungiciden, boorhoudende verbindingen, etc.) al dan niet onder druk zijn ingebracht om de gebruiksduur te verlengen.

Papierresiduen: introductie

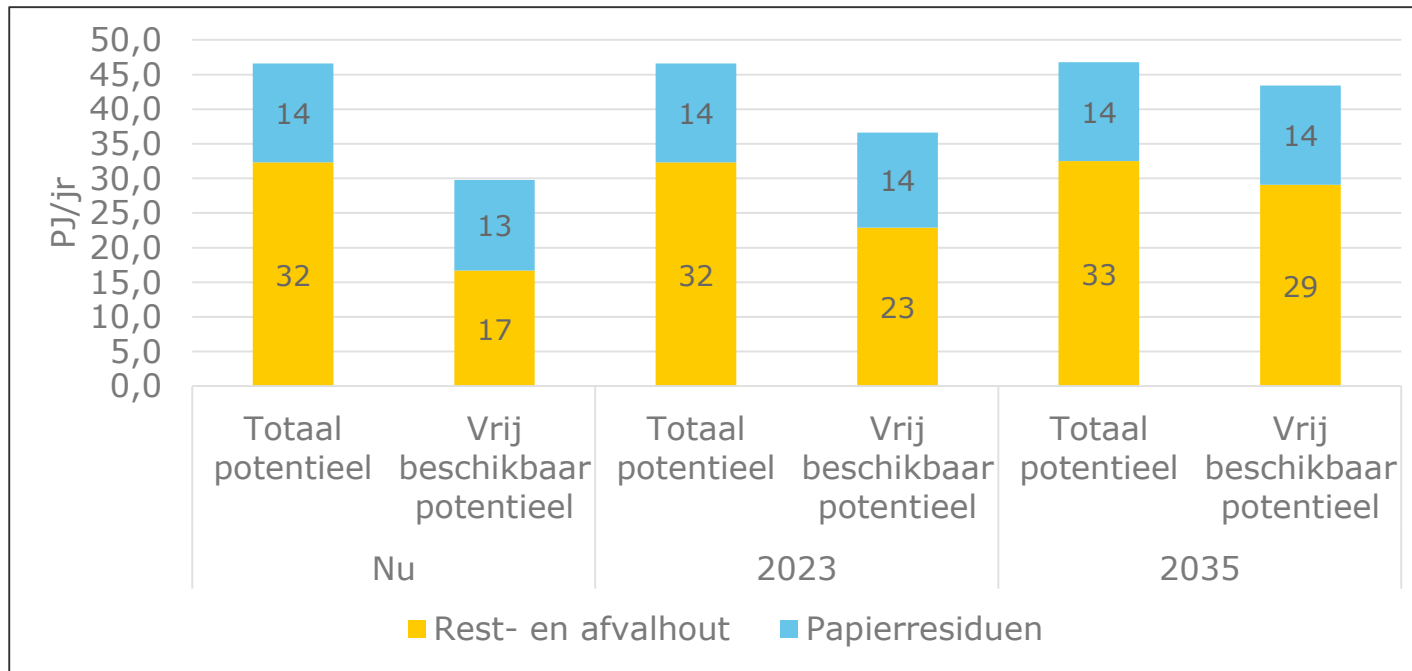
- Oud papier en karton zijn stromen van houtvezels die in Nederland vrijkomen en die dus ook als Nederlands hout kunnen worden opgevat.
- Gemiddeld wordt er in Nederland jaarlijks 2.200 kton oud papier en karton ingezameld wat gelijk is aan 80-85% van alle oud papier en karton. Het resterende gedeelte is onderdeel van het huishoudelijke afval (in 2015 was dat 908 kton, equivalent aan ca. **12 PJ**), wat **verbrand** wordt in AVI's.
- Het ingezameld papier en karton wordt voornamelijk toegepast als grondstof voor de productie van papier en karton in Nederland. Vanuit de papierproducerende en -verwerkende industrie komen verschillende reststromen beschikbaar:
 - **"Rejects"** die vrij komen bij het verwerken van oud papier (waarvan rond de helft papier is, de rest is plastics en andere stoffen) → ca 75 kton ds per jaar beschikbaar (ca. 1,8 PJ)
 - **Papierslib** (korte vezels van oud papier dat ontstaat bij de recycling); vaak ingezet voor verbranding in kolencentrales en cementovens → ca. 20 kton per jaar (ca. 0,1 PJ)
 - **Ontinkingsslib** (geschikt voor verbranding) → ca. 90 kton ds per jaar (ca. 0,4 PJ)
 - **Zuiveringsslib** voortkomend uit AWZI's van de papierindustrie (meegenomen in gedeelte RWZI's en AWZI's)
- Volgens het Meerjarenplan van de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Papier- en kartonfabrieken (VNP) zijn **1,1 PJ** biomassa (papierresiduen) gebruikt voor **duurzame energieopwek**.

Afvalhout en papierresiduen: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- In totaal komen er jaarlijks in Nederland 1.700 kton rest- en afvalhout vrij (ca. 32,3 PJ). Volgens Probos zijn in 2015 ca. 880 kton ds **rest- en afvalhout** (equivalent aan ca. **16,5 PJ**) ingezet voor **energieproductie in Nederland** en ca. 480 kton ds is geëxporteerd voor energieopwekking in het buitenland.
- Er moet worden opgemerkt het overgrote deel van het rest- en afvalhout zijn oorsprong heeft in geïmporteerd materiaal.
- Ook zijn er **12 PJ** aan **papierresiduen** ingezet voor **energieopwekking**.
- Verschillende bronnen over biomassapotentieel van rest- en afvalhout voor energietoepassingen:
 - Probos (2016): 1.737 ds **in 2030** (32,5 PJ) aan rest- en afvalhout geproduceerd in NL, waarvan 1.133 kton ds ingezet voor energieopwekking in NL (21,5 PJ) en 403 kton ds voor energieopwekking in het buitenland (7,6 PJ) → de totale beschikbaarheid voor energieopwekking is dus **29,1 PJ**
 - Koppejan et al. (2009): 18,7-31,3 PJ **in 2020**
- beide bronnen liggen dicht bij elkaar
- Bronnen over biomassapotentieel van residuen uit de papierverwerkende industrie voor energietoepassingen:
 - Koppejan et al. (2009): 2,1-2,7 PJ in 2020



Afvalhout en papierresiduen: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- In het totale biomassapotentieel is alles rest- en afvalhout, de reststromen van de papierverwerkende industrie en de fractie papier & karton in het huishoudelijk afval inbegrepen; alles bij elkaar zijn het (46,5 PJ)
- Als vrij beschikbaar potentieel is voor 2035 de inschatting van Probos (2016) voor de toepassing van rest- en afvalhout voor energieopwekking in NL en het buitenland; de groei in het vrij beschikbaar potentieel wordt vooral veroorzaakt door de veronderstelde toenemende toepassing van afvalhout in Nederland i.p.v. export naar het buitenland.
- Voor papierresiduen is aangenomen dat de hoeveelheid papier en karton in huishoudelijk afval constant blijft tot 2035 en de reststromen uit de papierverwerkende industrie volledig worden benut voor energieopwekking.

Afvalhout en papierresiduen: Referenties

- Probos (2016), Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie - Scenario's tot 2030 in een internationaal bio-economie perspectief
- Probos (2012), De markt van resthout en gebruikt hout in 2012
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- Koninklijke Vereniging van Nederlandse Papier- en kartonfabrieken (VNP) (2015), Sectormeerjarenplan papier- en kartonindustrie 2013-2015
- ECOFYS (2006), Omzetting van rejets uit de papier- en kartonindustrie naar energie op eigen terrain.

Nederlandse productiebossen

Nederlandse productiebossen: introductie

- Het totale Nederlandse bosoppervlak wordt geschat op 360.000 ha. Echter, niet in al dit bos is oogst gewenst. Daarom wordt in deze studie allen productief bos meegenomen waar oogst mogelijk is (276.400 ha); natuurbos, waar geen oogst gewenst is, is buiten beschouwing gelaten. Wél zijn in deze categorie bomen met korte omloop (wilgen en populieren) meegenomen. Het totale oppervlak aan snelgroeiende bomen was in 2014 35,7 ha.
- De bijgroei in het Nederlandse bos varieert van 3,2 tot 9,6 m³/ha/jr afhankelijk van de locatie, het bostype en het gevoerde beheer. Gemiddeld is er een bijgroei van 7,3 m³/ha/jr. Voor korte omloop bomen is de bijgroei rond de 9,5 m³/ha/jr.
- In 2014 werden er in totaal ca. 1,1 miljoen m³ rondhout (580 kton ds) geoogst. Daarvan zijn 75% ingezet voor de primaire houtverwerking (54% in NL, 46% in het buitenland); 25% is ingezet voor energieproductie (86% in Nederland, 14% in het buitenland); dit is equivalent aan **2,4 PJ** houtinzet in NL.
- Door bewerking (verkleinen, drogen, verwijderen van niet-houtdelen en zand of grond, en verdichten) kunnen eigenschappen van hout worden veranderd, zodanig dat daardoor een geschikte brandstof ontstaat. Uit vers hout kunnen door bewerking in hoofdlijn vijf typen houtbrandstof worden geproduceerd, te weten: brandhout, houtchips, houtshrips, pellets, en briketten.



Brandhout ¹



Houtchips ²



Houtshrips ³



Pellets ⁴



Briketten ⁵

¹ <http://gravudel.be> , ² <https://www.zandcompleet.nl> , ³ <http://bvor.nl> , ⁴ <http://delhezbois.be>) , ⁵ <http://www.aliu-brennholz.at>

Nederlandse productiebossen: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	Dichtheid (kg/m ³)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg)	Karakteristiek
Brandhout	83-88%	450	15,5	Geklooft hout
Houtsnippers	82-90%	150-200	15,5	versnipperde houtachtige biomassa in de vorm van rechthoekige stukjes met een lengte typisch 5 tot 50 mm en een geringe dikte in vergelijking met andere dimensies
Houtshreds	88%	100-150	15	houtsnippers met een vezelige structuur. Deze vorm van biomassa wordt veelal geproduceerd uit gemengd snoeihout.
Houtpellets	90%	650	16,5	staafvormige korrels met een diameter kleiner dan 25 mm; gemaakt uit hout of zaagmolenbijproducten. Het materiaal wordt onder hoge druk door een stalen matrijs met gaten (6 tot 10 mm) geperst. Door de druk vindt een verwarming plaats, waardoor de lignine in het hout vloeibaar wordt en functioneert als een bindmiddel.
Briketten	>95%	1050	17,6-19,5	Houtbriketten zijn gemaakt van droog hout residuen van de houtverwerkende industrie, die samen door middel van druk worden geperst.

Nederlandse productiebossen: Huidige beschikbaarheid en potentieel

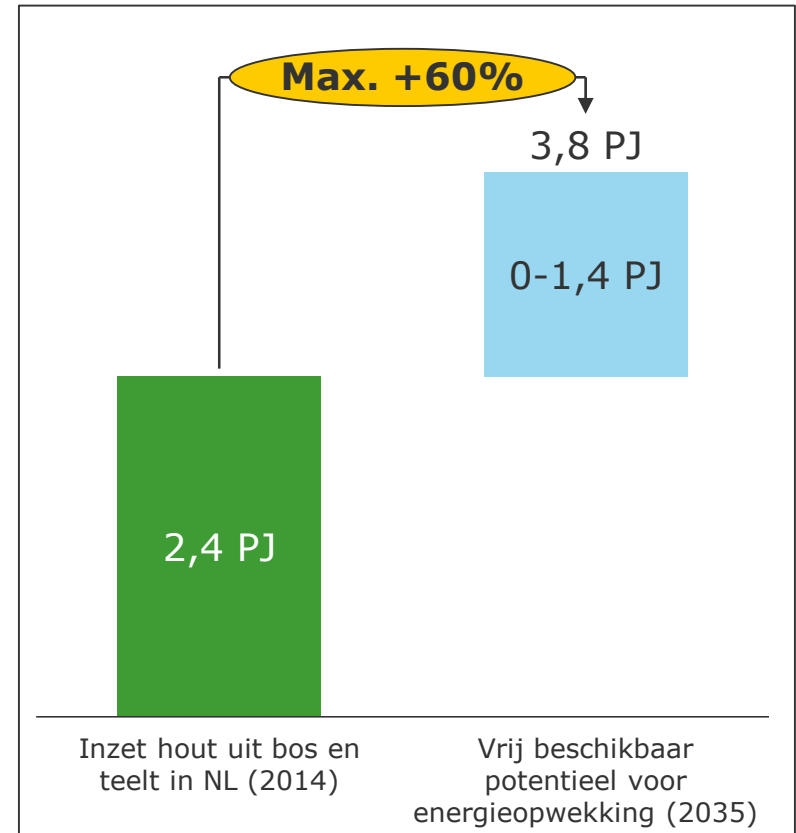
Biomassastroom	Oppervlak (ha)	Gemiddelde productie gewasresten (ton DS /ha/jr)	Totaal Potentieel (kton DS/jr)	Totaal potentieel (PJ/jr)	Huidige beschikbaarheid / oogd (kton/jr)	Huidige beschikbaarheid voor energie-toepassing (PJ)
Productiebos	276.400	3,7	1.009	13,4	580	2,4 ^{a)}
Korte omloop bomen	35,7	4,75	0,3	<0,01	0,04	<0,01
TOTAAL				13,4		2,4

- De precieze opbrengst van het bos is niet bekend. De schatting is gemaakt op basis van een aantal aannamen:
 - De jaarlijkse bijgroei (spilhout en takken) is gemiddeld 7,3 m³/hectare/jaar voor productiebos en 9,5 m³/ha/jr voor snelgroeïende bomen
 - Een m³ geogst vers hout komt overeen met 0,5 ton droge stof hout
 - Uit de stakeholderconsultatie blijkt dat 70% op dit moment als het maximaal haalbaar geachte oogstpercentage wordt gezien voor productiebossen → toegepast op totaal potentieel
 - Specifiek energie-inhoud van 19 MJ/kg
- In 2014 bedroeg de oppervlakte energieplantages met wilg en een klein deel populier in totaal 35,7 ha, waarvan 75% werd geogst voor de griendhouthandel en 25% voor energieopwekking.

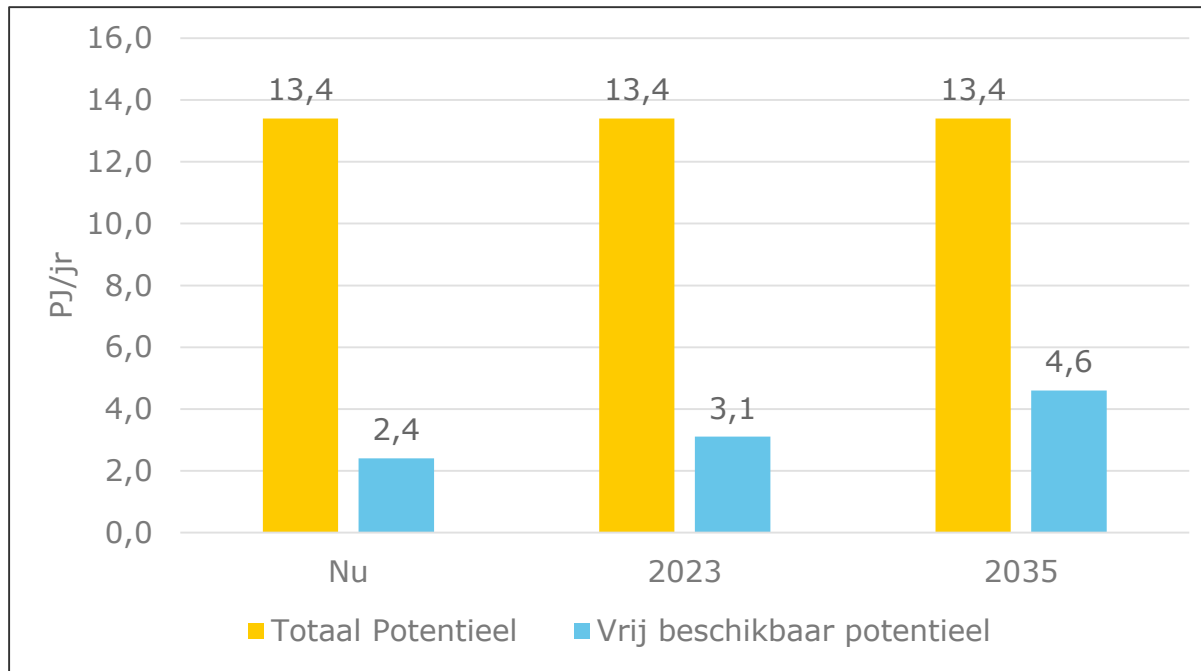
a) Waarvan 0,4 PJ geëxporteerd wordt als energiehout naar het buitenland Probos (2014)

Nederlandse productiebossen: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- Verschillende bronnen over het beschikbaar potentieel van hout voor energietoepassingen uit Nederlandse productiebossen:
 - Koppejan et al. (2009): 0,7-15,9 PJ in 2020 van hout uit bossen met en zonder oogst
 - Probos (2014):
 - 2,2 - 2,7 PJ in 2020 en 3,8 PJ in 2050 voor hout uit productiebossen
 - 0,2 - 0,4 PJ in 2020 en 0,8 PJ in 2050 voor korte omloop bomen
- Het gezamenlijke potentieel is dus minimaal 2,4 en maximaal 3,1 PJ in 2020 en 4,6 PJ voor 2050 (geëxtrapolerd naar 2035 is het rond 3,8 PJ)
- Met oog op de recente data over toepassing van hout uit bos en teelt voor energiedoeleinden en de concurrentie met andere routes lijken de getallen van Probos realistisch.



Nederlandse productiebossen: (Beschikbaar) biomassapotentieel



- Het totale en vrij beschikbare potentieel is gebaseerd op de schattingen van Probos (2014)
- Aannames totaal potentieel:
 - 2023: 5% meer oogst ten opzichte van nu, meer tak- en top hout beschikbaar.
 - 2035: interpolatie van getallen 2020 en 2050; 10% meer oogst ten opzichte van nu, oogst van tak- en top hout van 15% van de bijgroei

Nederlandse productiebossen: Referenties

- Ecofys (2008), Binnenlands biomassapotentieel uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen
- Probos (2016), Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie - Scenario's tot 2030 in een internationaal bio-economie perspectief
- Probos (2014) – Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050

Natuur- en landschapsbeheer

Biomassa uit natuur- en landschapsbeheer: introductie

- Het totale areaal aan landschapelementen in Nederland wordt geschat op 70.000 ha, bestaande uit solitairen, bomenrijen, heggen, hoogstamboomgaarden en erfbeplantingen.
- Additioneel worden ~18.450 ha voor meerjarige fruitteelt en ~13.750 ha voor boomteelt gebruikt.
- Het areaal van open natuurlijke gebieden wordt landelijk op rond 280.000 ha geschat. Niet-houtachtige biomassa uit deze natuurgebieden bestaat voornamelijk uit riet ^{a)}, natuurgras en heideplagsel.
- De biomassastromen die in deze studie meegenomen zijn in de categorie natuur- en landschapsbeheer zijn de volgende:
 - Snoeihout uit de fruit- en boomteeltsector
 - Hout uit landschap
 - Natuur- en bermgras
 - Heidemaaisel

a) Riet is in deze biomassa subcategorie buiten beschouwing gelaten. Hij is meegenomen in de categorie "aquatische biomassa"

Hout uit de fruit- en boomteeltsector & uit landschap

- Landschapselementen als knotbomen en hakhout vereisen elke paar jaar kap. De knelpunten voor het inzamelen en toepassing voor energiedoeleinden zijn op dit moment dat de kosten van het beheer hoger zijn dan de biomassabaten, het hout lastig oogstbaar is en er vaak een logistieke organisatie ontbreekt.
- Bovendien komt hout uit het landschap bij verschillende eigenaren, op verschillende tijdstippen en met verschillende kwaliteiten vrij.
- Ook in de fruit- en boomteeltsector komt door snoei en herplant houtige biomassa vrij. Er zijn al wel proeven zijn geweest bij fruittelers met inzameling van snoeihout en inzet voor verbranding voor energieopwekking. Een groot probleem daarbij is dat in het snoeihout te vies is (bladeren, zand, stenen) waardoor het niet geschikt blijkt voor verbranding (in kleinere verbrandingsinstallaties). Het wordt dan geklepeld en in de grond gewerkt, de grotere stukken worden als haardhout aan particulieren verkocht.



**Snoeihout van landschapsbeheer,
Bron: Mark bakker, www.rtvooost.nl**



**Snoeihout transport,
Bron: Mark bakker, www.rtvooost.nl**

Heidemaaisel & Natuur- en bermgras

- Het maaien en afvoeren van de vegetatie is gebruikelijk in vele natuurgebieden. Verschraling van de bodem door de afvoer van nutriënten is in bijna alle gevallen het doel van deze beheersmaatregel, vooral in gebieden die aan de landbouw zijn onttrokken. Het afgevoerde maaisel wordt in de meeste gevallen afgevoerd naar composteerbedrijven, die het omzetten tot groencompost.
- Onder natuurgras verstaan wij maaisel afkomstig van een niet-opgaande vegetatie in natuur- en beheersgebieden buiten de productielandbouw. Maaisel bestaat uit gras, kruidige vegetatie en soms ook jong struikgewas en zeer jonge bomen. In aanmerking komende gebieden zijn natuurgebieden, terreinen met beheerlandbouw en uit productie genomen landbouwpercelen.
- Onder bermgras verstaan we maaisel afkomstig van stroken langs de weginfrastructuur.
- Heidemaaisel komt vrij bij het onderhoud van heidelandschap



Natuur en bermmaaisel,
Bron: Alterra-Wageningen (2013)



Bermgras maaien,
Bron: <http://www.agro-chemie.nl>



Natuurgras,
Bron: www.bosschap.nl

Natuur- en landschapsbeheer: Biomassa eigenschappen

Biomassastroom	DS-gehalte (%)	Org. DS-gehalte (kg oDS /kg DS)	Specifiek energie-inhoud (MJ/kg DS)	Specifiek biogas productie-potentieel (m ³ /t DS)	Karakteristiek
Hout van fruit- en boomteelt	50%	0.9	19,8	n.v.t.	<ul style="list-style-type: none"> - Meestal sterk verontreinigd met bladeren en zand - Productie van houtsnippers mogelijk
Hout uit landschap	50%	0.9	19,8	n.v.t.	
Natuurgras	30%	0,8-0,9	17	370	Grotendeels compostering
Bermgras	30%	0,8-0,9	17	370	Sinds 2002 als afvalstof beschouwd → verwerking alleen in installaties met vergunning mogelijk Vaak verontreinigd met aarde (van molshopen)
Heide	80%	0,8-0,9	17	n.v.t.	Hoog asgehalte (>10%), nog ontbreken geschikte technieken voor inzet in energieopwekking

Natuur- en landschapsbeheer: Huidige inzet en biomassapotentieel

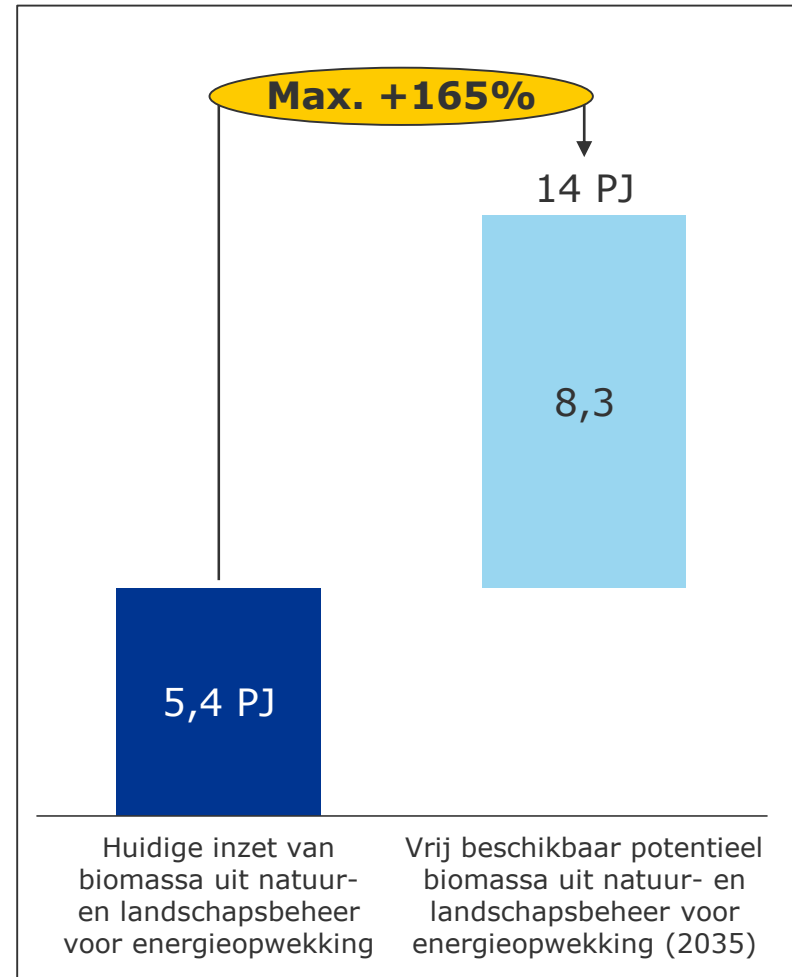
Biomassastroom	Oppervlak (ha)	Gemiddelde productie/bijgroei DS (ton/ha/jr)	Beschikbaarheid (kton DS/jr)	Totaal Potentieel (PJ/jr)	Huidige beschikbaarheid voor energiedoelinden (PJ/jr)	Huidige inzet
Hout van fruit- en boomteelt	32.200	11	80	1,6	0.02	Grote stukken rooihout verkocht als hardhout aan particulieren, ~ 10% ingezet bij grote verbrandingsinstallaties
Hout uit landschap (inkl. bebouwde omgeving)	70.000	11	480	9,5	5	Gedeeltelijk compostering, gedeeltelijk inzet in biomassacentrales en -ketels
Natuur- en bermgras	272.600	4-6	1.320-1480	23,5	0.4	Gedeeltelijk veevoer en compostering; Inzet in enkele co-vergistinginstallaties (bijv. WABICO)
Heide	6.200	2,2	5,5	0,1	0	Niet bekend
TOTAAL			1.962	34,7	5.4	

De getallen uit deze tabel zijn grotendeels gebaseerd op Stichting Probos (2014)

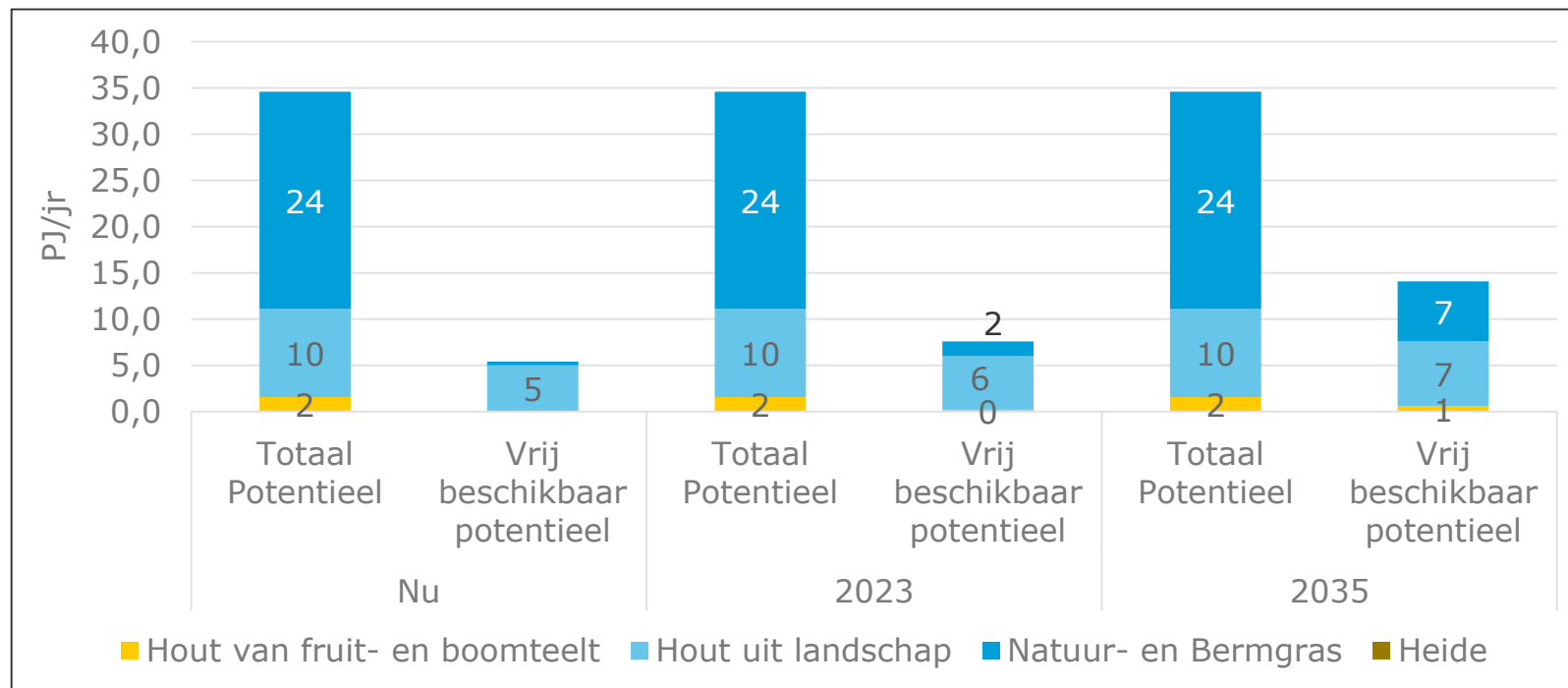
- Jaarlijks komen ongeveer 1.962 kton droge stof vrij uit natuur- en landschapsbeheer inclusief fruit- en boomteelt; dit komt overeen met rond 35 PJ/jr.
- Er wordt geschat dat op dit moment 15% gebruikt worden voor energiedoelinden, maar niet voor de productie van biogas of groen gas. De resterende hoeveelheid worden gedeeltelijk ingezet in composteringinstallaties, en als veevoer. Een groot gedeelte blijft echter onbenut.

Natuur- en landschapsbeheer: Huidige inzet en (vrij beschikbaar) biomassapotentieel

- Verschillende bronnen over het biomassapotentieel van natuur- en landschapsbeheer:
 - Routekaart hernieuwbaar gas (2014):
 - 70-80 miljoen m³ biogas in 2020, 150 miljoen m³ in 2030 uit **gras** (ca. 2,5 en 5 PJ primaire energie respectievelijk)
 - Stichting Probos (2014):
 - 5,3-6,9 PJ in 2020, ca. 7,6 PJ in 2035 (lineair geëxtrapoleerd tussen 2020 en 2050 getallen) voor alle biomassa uit natuur- en landschapsbeheer
 - 1,1-2.2 PJ in 2020 en 6,5 PJ in 2035 (lineair geëxtrapoleerd tussen 2020 en 2050 getallen) voor natuur- en bermgras
- In totaal is er dus 14 PJ beschikbaar tot 2035
- Beide bronnen liggen ongeveer in dezelfde orde van grootte voor gras.



Natuur- en landschapsbeheer: (Beschikbaar) biomassapotentieel



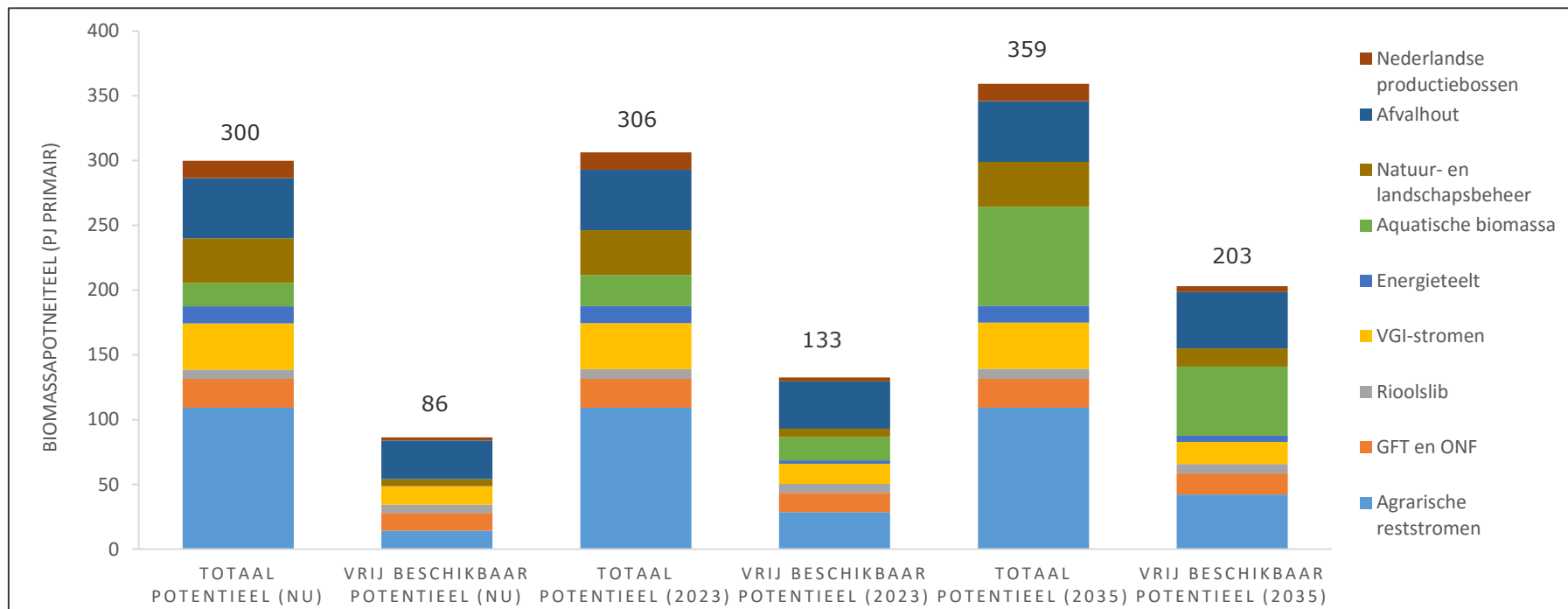
- Het totale potentieel aan biomassa vanuit natuur- en landschapsbeheer is bepaald op basis van het oppervlak en de jaarlijkse bijgroei per biomassastroom en is circa 35 PJ. De grootste bijdrage leveren natuur- en bermgras en hout uit landschapsbeheer.
- Het vrij beschikbaar potentieel is gebaseerd op de schattingen van Stichting Probos (2014) en komt uit op ongeveer 14 PJ in 2035.

Referenties

- Probos (2014) – Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050
- Alterra-Wageningen (2013) - Toepassingsmogelijkheden voor natuur- en bermmaaisel
- Koppejan (2009) – Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020
- Leible et. Al (2015) - Biogas aus Landschaftspflegegras
- Ecofys (2008) – Binnenlands biomassapotentieel – biomassa uit natuur, bos, landschap stedelijk groen en houtketen

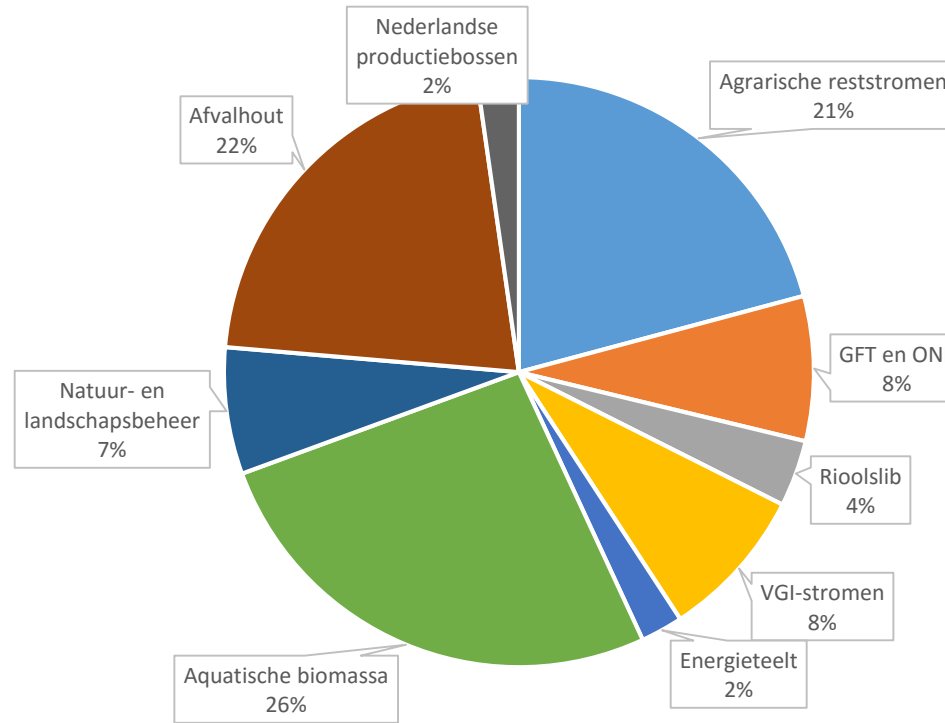
5. Samenvatting en conclusie

Totaaloverzicht Biomassapotentieel



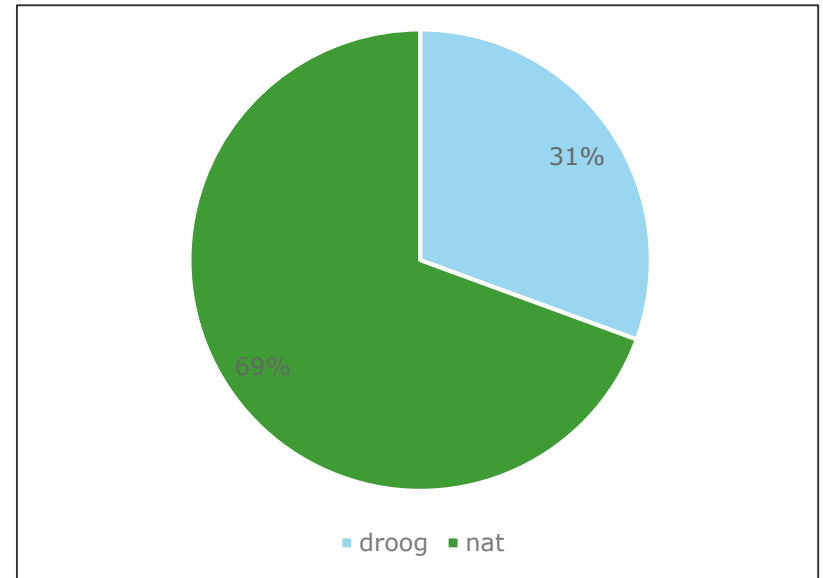
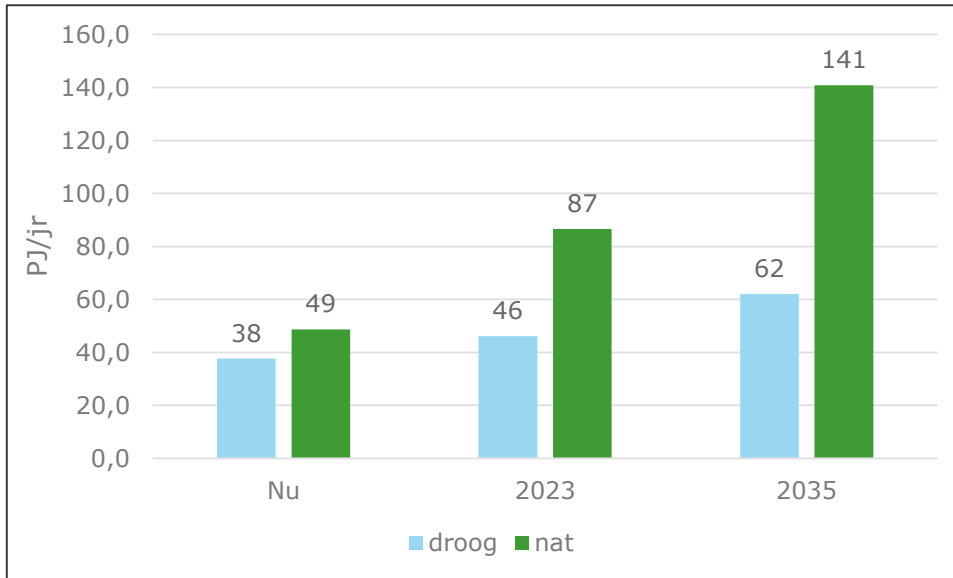
- Uit het de studie blijkt dat het totaal potentieel aan biomassa op de korte termijn niet significant gaat toenemen, maar dat wel zal doen op de middellange (2035) termijn. Dit wordt voornamelijk gedreven door de toenemende potentie van aquatische biomassa. Het totaal potentieel van de andere biomassastromen zal relatief gezien niet significant toenemen.
- Op middellange termijn is het te verwachten dat het vrij beschikbare potentieel een groter aandeel zal zijn van het totale potentieel, in vergelijking met de huidige situatie. De bijna lineaire groei is te verklaren met de interpolatie (van de gegevens nu en in 2035) die op een veeltal biomassastromen is toegepast om het potentieel in 2023 te bepalen.

Vrij beschikbaar potentieel in 2035



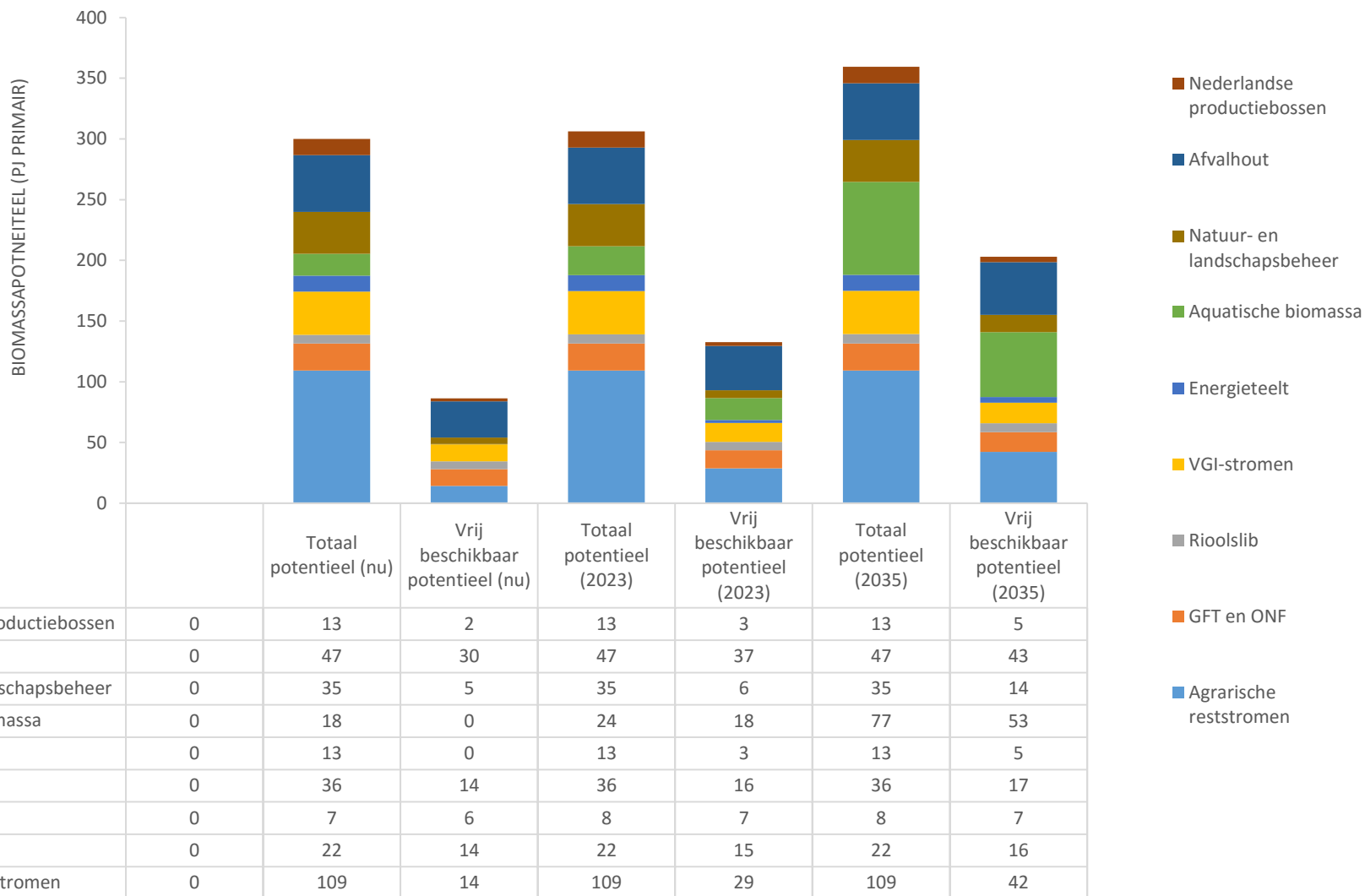
- Het vrij beschikbare potentieel in 2035 is voornamelijk gebaseerd op de beschikbaarheid van agrarische reststromen, afvalhout en aquatische biomassa. Restproducten uit het natuur- en landschapsbeheer, de VGI en organisch afval (GFT en ONF) dragen in meerdere mate bij aan het beschikbare potentieel voor biomassa in 2035.
- De andere biomassastromen zijn niet significant ten opzichte van de anderen; desalniettemin zijn ze belangrijk voor de bijdrage aan de benutting van het biomassapotentieel in Nederland.

Vrij beschikbaar biomassapotentieel in 2035



- Het vrij beschikbare potentieel van Nederlandse biomassa zal groeien in de tijd, maar dan voornamelijk voor natte biomassa (69%).
- Deze natte biomassa is geschikt om verwerkt te worden middels een vergistingsroute en minder geschikt voor verbrandings- of vergassingsprocessen.
- Het vrij beschikbare potentieel van droge biomassa neemt slechts in beperkte mate toe van 38 PJ nu naar 62 PJ in 2035.

Bijlage



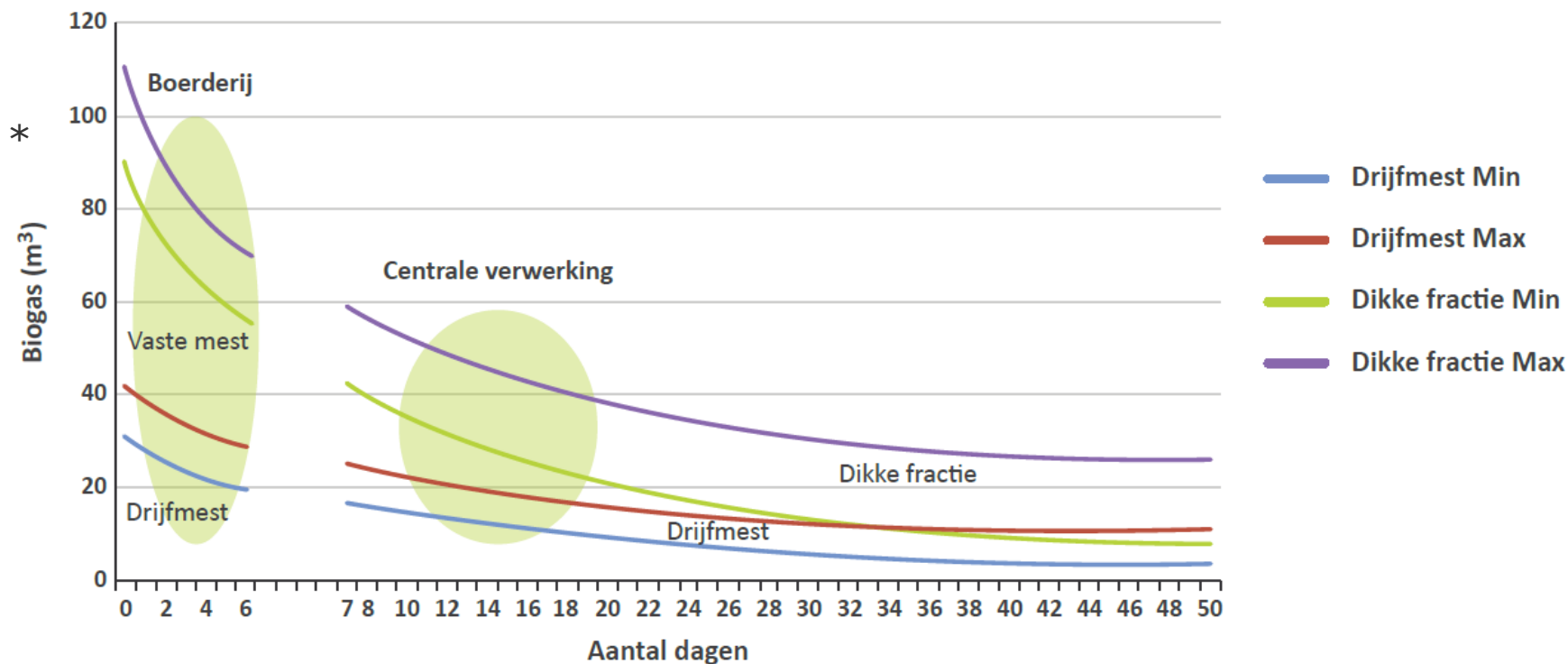
Bijlage 1 - Status windmolenparken

	Status	Capacity (MW)	Area (km2)
Prinses Amalia	Fully commissioned	120	17
Westermeerwind	Fully commissioned	144	8
Egmond aan Zee	Fully commissioned	108	24
Eneco Luchterduin	Fully commissioned	129	16
Borssele 1&2	Consent authorised	760	113
Borssele 3&4	Consent authorised	740	122
Borssele Site V	Consent authorised	20	1
Gemini	Under construction	600	70
Holl. Kust Noord Holland I	Concept	350	266
Holl. Kust Noord Holland II	Concept	350	266
Holl. Kust Zuid Holland I	Concept	350	56
Holl. Kust Zuid Holland II	Concept	350	47
Holl. Kust Zuid Holland III	Concept	350	45
Holl. Kust Zuid Holland IV	Concept	350	63
Ijmuiden Wind Farm Zone	Development		1172
Voor de hollandse kust (zoekgebieden)	Development		1185
Holland (Noordzeekanaal)	Development		443
Zeeuwse Offshore Windpark	Early Planning		272

Bijlage 2 – Biogasopbrengst van mest in relatie tot versheid

- Mest dient snel verwerkt te worden om gebruik te maken van de hoge biogasopbrengst van vers mest
- De biogasopbrengst is weergegeven in biogasproductiepotentieel in m³/dag

Biogas opbrengst per m³ in relatie tot versheid van varkensdrijfmest en dikke fractie



Bron: Groen Gas Nederland (2014)

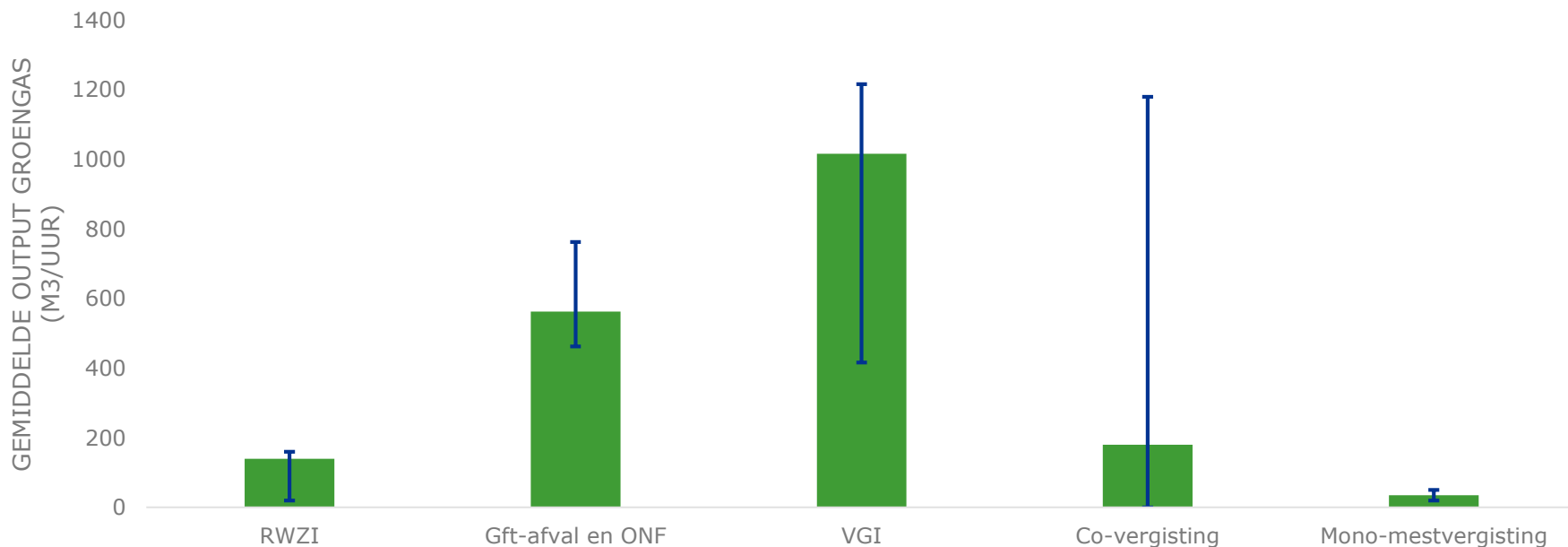
Bijlage 3 – energieopbrengst in relatie tot areaalgrootte

- De teelt van suikerriet en suikerbieten zijn het meest efficiënt in relatie tot het benodigde landbouwareaal

Gewas	Opbrengst (GJ/ha)
Suikerriet	104
Suikerbiet	90
Palmolie	81
Maïs	54
Tarwe	45
Gerst	20
Koolzaad	20
Zonnebloemen	16
Sojabonen	9

Bron: Wouters, J., Leroy, J., Waté, J. & De Ceuster, P. 2007. Dossier energiegewassen. Europa wil energiegewassen. Onze Vlaamse boeren ook ?

Bijlage 4 - Grootte van de (biogas)installaties



- De gemiddelde installatie grootte en de daaraan gekoppelde output van groengas, is afhankelijk van de biomassa die wordt vergist. Op basis van de huidige installaties in Nederland (n=26) is een overzicht gegeven van de gemiddelde output per biomassasoort. Hierbij is de indeling gemaakt op basis van het meest toegepaste biomassasoort in de installatie, omdat het dikwijls voorkomt dat een mix van biomassasoorten worden toegepast. Tevens is een spreading aangegeven de toegepast (n=26) en voorziene installaties om groengas te produceren.

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

www.dnvgl.com

SAFER, SMARTER, GREENER