

Bronnenonderzoek voor de ontwikkeling van de biomeiler

werkdocument



Bronnenonderzoek voor de ontwikkeling van de biomeiler

werkdocument

Doorwerth
versie 1 maart 2021

in opdracht van
IKL

Zilverberg advies, Irma Corten
met bronnen van
Stichting Biomeiler

4

1 Introductie

“Het klimaat verandert, grondstoffen worden schaarser en de biodiversiteit loopt terug. Dit heeft mondiaal verstrekkende gevolgen, ook voor een vruchtbaar en hoogontwikkeld laagland als Nederland. Het stelt de samenleving voor twee grote opgaven: we moeten verdere klimaatverandering tegengaan, en we moeten ons land aanpassen aan het zich nu al wijzigende klimaat. Om verdere klimaatverandering tegen te gaan, moet de mondiale temperatuurstijging, volgens het verdrag van Parijs worden beperkt tot ruim minder dan twee graden. Om de uitstoot van broeikasgassen te minimaliseren, is een transitie naar hernieuwbare energiebronnen nodig. Nederland heeft zich internationaal aan deze doelstelling verbonden. We moeten daarnaast onze leefomgeving aanpassen aan een veranderend klimaat.”

Voor een rijker, hechter en schoner Nederland (2017) moeten de thema's *-Energietransitie-Klimaatadaptatie- Circulaire economie* in hun samenhang worden gezien, met andere thema's zoals landschap, verstedelijking en mobiliteit, aldus het College van Rijksadviseurs (CRa, 2017)

Dat is zo mooi aan de biomeiler! Het brengt veel van deze thema's samen: op een praktisch en wat kleiner niveau. Lokaal!: in de kleine kringloop.

De biomeiler, ofwel een composthoop, waarvan warmte wordt afgetapt voor nuttig gebruik 'scoort' op: 1) energie, 2) verminderen broeikasgassen, 3) milieu (vermindering fijnstofemissie), 4) biodiversiteit, 5) klimaat-adaptatie, 6) de kleine kringloop en het 7) past in de kringlooplandbouw.

Daarnaast is het leuk en boeiend om – samen - te maken. Door samenwerking in de keten, in de regio, met professionals, met machines of/en met vrijwilligers, hightech of lowtech. Je hebt te maken met micro-organismen, werkt met de natuur kortom het is educatief en leuk.

Mooi van het concept biomeiler, is dat je op lokale schaal de samenhang van de thema's ziet.

Feiten, cijfers en vragen. Aan de slag!

Om aan de slag te gaan met biomeiler initiatieven met biomassa uit het landschap heeft Zilverberg advies een bronnenonderzoek gedaan naar veel voorkomende vragen, over de winst voor het klimaat, en de kansen in de markt. Daarbij is dankbaar gebruik gemaakt van verzamelde bronnen door de stichting Biomeiler en het internationale netwerk!

Vragen:

1. Wat zijn de verschillende typen biomeilers?
2. Wat zijn de reststromen van de biomeiler?
3. Wat zijn de kosten en de baten van de biomeiler? Hoeveel energie kan er gemiddeld geoogst worden? Wat is de energieopbrengst van een biomeiler?
4. Hoe kan de energie van biomeilers worden toegepast?
5. Wat is de rendabiliteit van een biomeiler en de Total Cost of Ownership? Wat is de economische haalbaarheid?
6. Wat is de emissie van een biomeiler? (CO₂, methaan, fijnstof, stikstof, en andere gassen).
7. Wat is de winst voor het klimaat bij een biomeiler? Welke rol speelt systeemafbakening bij het antwoord?
8. Wat zijn de andere milieu voor- en nadelen van biomeilers?
9. Wat is de biomassa beschikbaarheid voor biomeilers?
10. Waarom is het fenomeen van de biomeiler Europees en bij ons landelijk nog niet doorgebroken?
11. Wat zijn de kansen van een markt voor biomeilers? Wat zijn de kansen van een biomassa-hub en 50 biomeilers? Wat is het innovatieve karakter van de biomeiler?

Inhoud

4	1	Introductie
8	2	De biomeiler bestaat niet
	a.	Typen biomeilers
	b.	Typen grondstoffen
	c.	Modelleren van de biomeiler
	d.	Kosten en baten in Euro's
14	3	Energie en compostopbrengst
18	4	Broeikasgasbalans
	a.	Systeemgrenzen en toerekenen
	b.	Veenvervanging
	c.	Kunstmestvervanging
	d.	Groeiplaatsverbetering
21	5	Wat zijn de andere milieu voor- en nadelen van biomeilers?
22	6.	Uitdagingen
	a.	Regelgeving
	b.	Biomassabeschikbaarheid
	c.	Gestructureerd inzamelen
24	7	Tot slot
28		Bronnenlijst



8

2 De biomeiler bestaat niet

Er zijn verschillende typen biomeilers, er zijn dus meer manieren om het concept uit te voeren. Veel is al bekend!, en er kan nog ook nog veel worden onderzocht, uitgevonden en geoptimaliseerd. Praktijkttoepassing is ook maatwerk.

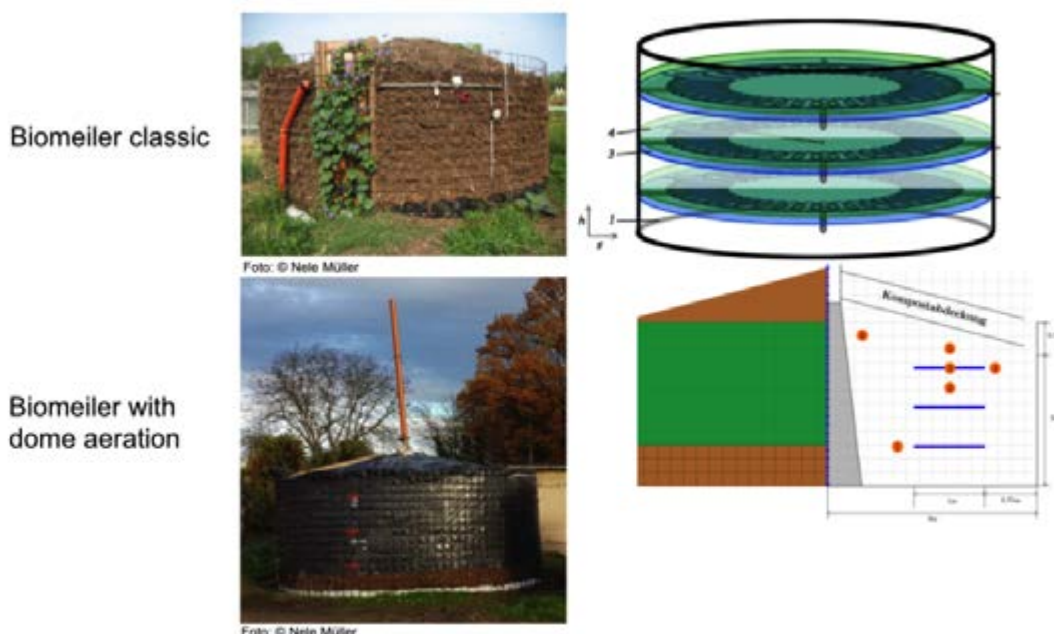
a. Typen Biomeilers

1. Wat zijn de verschillende typen biomeilers?

Veel varianten in biomeilers zijn mogelijk, in gebruikte techniek, grootte, en gebruikte grondstoffen.

Klassieke biomeiler

Vanuit de stichting Biomeiler en het internationale netwerk is gewerkt aan een 'standaard type', met lage investeringskosten, en die met relatief weinig en makkelijk te verkrijgen middelen te bouwen is. Criteria van deze *klassieke biomeiler* zijn betaalbaar, door iedereen te maken, volgens een beproefd recept, zodat de kans groot is dat deze zal slagen, en gegevens vergelijkbaar zijn. De biomeiler die 12 januari 2019 in Voerendaal is gebouwd is een voorbeeld van de klassieke biomeiler.



Afbeelding 1: Voorbeeld en schematische weergave van een klassieke biomeiler, en één met 'dome-belüftung' (schoorsteen effect) (Nele Müller, 2019)

Bij een *composteerbedrijf* in Dalfsen is de warmte afgetapt via de warmteleidingen in de betonnen plaat onder de composthoop (ca. 20 bij 100 m). Deze is gebruikt voor het –bij-verwarmen van 6 huizen, het bedrijfspand en het drogen van biomassa. (mond. med. Roeland Farjon)



Afbeelding 2: voorbeeld van *biomeiler in container*, met warmtewisselaar aan de zijkant.

Bij Biologisch *tuinder Bioverbeek* zijn plannen voor een *actief beluchte biomeiler van 70 bij 90 meter*, met doel om daarmee de kassen te verwarmen. In de Biomeiler wordt van onderen lucht in de tunnels geblazen. Voor de biomassa die in de Biomeiler wordt verwerkt, wordt gedacht aan champost (de voedingsbodem waarop champignons groeien), natuurmaaisel en de dikke fractie van de varkens- en rundveemest. De biomassa is afkomstig van lokale bedrijven ([website bioverbeek](#)).

In de Vereniging Staten zijn meer voorbeelden van *middelgrootte en industriële biomeilers*.

In Tjechië (Bajko, 2019) wordt wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar een biomeiler die de *condensatiwarmte* benut. Uit warmteanalyses bleek namelijk zeer veel warmte ‘verloren’ te gaan met de waterdamp. Een eerste pilot is gedaan, en die is veelbelovend! De condensatiwarmte bovenin wordt benut via een warmtewisselaar bovenin. Op dit moment is opschaling en verdere ontwikkeling, met praktijkexperimenten, in gang gezet.

Voordelen: vocht blijft in de biomeiler, geen leidingen in de biomeiler maar erboven, goede potentie warmteopbrengst verwacht, eenvoudiger te bouwen. (Bajko, 2019).



Afbeelding 3 en 4: benutten van condensatiwarmte in biomeiler, waterdamp en warmtewisselaar voor aftap condensatiwarmte (Bajko, 2019)

b. Typen grondstoffen

2. Wat zijn de reststromen van de biomeiler?

In *principe* kan de biomeiler uit *alle soorten organisch materiaal* opgebouwd worden. In Duitsland zijn nu bijvoorbeeld heel goede ervaringen met een biomeiler met paardenmest (Cuhls, 2020).

Wij zijn vooral geïnteresseerd in *-houtige- reststromen uit het landschapsbeheer* voor warmte en houtcompost. Het is belang dat voor een goede compostering, in combinatie met warmte-aftap, de juiste omstandigheden worden gecreëerd. Daarvoor eerst stukje theorie (Müller, 2017):

Compostering is de biologische afbraak van organisch materiaal onder gecontroleerde aerobe omstandigheden tot een humusachtig stabiel product.

De beschikbaarheid van zuurstof en de vochtigheid (M) hebben naast de voorbereiding van grondstof, de samenstelling van de nutriënten en de regeling van de temperatuur de grootste invloed op het proces in de biomeiler. De poriëgrootte en de deeltjesgrootte zijn beslissend voor de luchtdoorstroming in de biomassa. De beschikbaarheid van de zuurstof is hier een functie van. Ideaal is een vrij poriënvolume van ca. 30 %, en een luchtvolume van ca. 50%.

De belangrijkste nutriënten zijn koolstof en stikstof. Eén deel van de koolstof wordt in het celmateriaal van het micro-organisme ingebouwd. En het andere deel dient voor de celademhaling. De stikstof wordt door de micro-organismen voor de opbouw van eiwitten benut. Als de C:N verhouding bekend is, kunnen er uitspraken gedaan worden over het verloop en het milieu van het composteringsproces.

Een samenhangende set data van fysische en biochemische eigenschappen van compostierend materiaal is essentieel voor een betrouwbare voorspelling van het verloop van het composteringsproces. (Van Ginkel, 1996) Dus het uitgangsmateriaal is belangrijk.

Voor houtige reststromen uit het landschapsbeheer gelden o.a. de volgende kwaliteitsaanbevelingen (Cuhls & Stang, 2020):

- vers (en dus vochtig) shreddermateriaal van snoeihout, met zo mogelijk schors en blad
- stukgrootte ca.20-200 mm
- hoog aandeel schors, geen stamhout,
- weinig Naaldhout, Eik, Taxus en Coniferen max. 15%.
- gras tot max. 15 % mits goed gemengd.

Eventueel bijmengen met varkens, paarden of -kippenmest, om desgewenst het aandeel stikstof omhoog te brengen.

c. Modeleren van de biomeiler

Het Europees netwerk van stichting Biomeiler kent enkele wetenschappers die biomeilers bestuderen (Müller, Bajko, Zampieri). De stichting Biomeiler speelt een actieve rol in de kennisuitwisseling.

Advies is om de -internationale- wetenschappelijke en praktijkervaringen te benutten, van elkaar te leren en deel uit te maken van het netwerk.

Müller (2017) heeft een mooi basiswerk gemaakt, en factoren onderzocht en beschreven die van invloed zijn op de processen in en het functioneren van de biomeiler, op basis van kennis gekoppeld aan praktijkervaringen.

Müller (2017) constateert ook dat er veel aanzetten zijn om het composteerproces te modelleren. Er zijn er echter maar weinig complex genoeg om meerdere substraten/grondstoffen, technieken en typen composteeraanpakken gedifferentieerd te analyseren. En daarbij missen ook complexere modellen belangrijke aspecten of validatie door de praktijk. Er zijn geen modellen met focus op warmte-aftap. Kortom de biomeiler is een complex geheel en is, met al zijn variaties en onvoorspelbare componenten, niet zo makkelijk in modellen te gieten.

De verschillen in typen biomeilers, maar ook de verschillen in afmeting, type grondstof, etc. maken ook dat beschikbare gegevens moeilijk vergelijkbaar zijn.

d. Kosten en baten in Euro's

3. Wat zijn de kosten en de baten van de biomeiler?

Er zijn veel verschillende mogelijkheden met biomeilers. Het gaat om maatwerk en optimaliseren.

De 'klassieke-' of 'biomeiler' is ontworpen op lage investeringskosten, betaalbaar, door iedereen te maken en volgens een beproefd recept. De kosten zijn hier redelijk goed aan te geven. (zie [website stichting Biomeiler](#), of Cuhls & Stang, 2020). Dit klassiek recept is echter ook arbeidsintensief voor bouw en afbreken en niet alle arbeid is in de berekening meegenomen.

De biomeiler wordt vaak gemaakt omdat men het leuk vindt. Het maken en het installeren van de meters en het bijhouden van de gegevens vraagt weer extra kennis, kosten en inspanning. Er zijn daarom maar weinig voorbeelden, waar de opbrengst goed gemeten is en/of de data gedeeld zijn.

De biomeiler in Voerendaal functioneerde niet zoals verwacht mocht worden. Knelpunt was dat het niet mogelijk bleek om - gedurende langere tijd - voldoende warm water af te tappen. Dat terwijl de kerntemperatuur wel warm werd. Opbrengsten waren er dus nauwelijks. In het project klimaatslim landschapsbeheer (in Probos, et al, 2020), is in de pilot Limburg [een uitvoerige analyse](#) (Corten, 2020) gemaakt, en achteraf was de verklaring helder op basis van de observaties en de theorie. Van deze pilot is veel geleerd.

Hieronder de kosten en de -vooraf- ingeschatte baten van de Biomeiler in Voerendaal (200 m3).

Biomeiler		inkomsten	uitgaven
NR.	OMSCHRIJVING	inkomsten	uitgaven
0	beginsaldo	€ 0,00	€ 0,00
1	inzamelen snoeihout	€ 0,00	€ 1.800,00
2	chippen snoeihout	€ 0,00	€ 360,00
3	materialen en huur spullen bouw biomeiler	€ 0,00	€ 2.500,00
4	machines bouw	€ 0,00	€ 360,00
5	materialen en arbeid aansluiten biomeiler	€ 0,00	€ 5.000,00
5	opbrengst warmte (11000 m3 vermeden aardgas, * € 0,70)	€ 7.700,00	€ 0,00
6	opbrengst compost (80 m3 = ongeveer 75 ton * 40 euro/ton)	€ 3.000,00	€ 0,00
	totalen	€ 10.700,00	€ 10.020,00
	kas saldo eind januari	€ 680,00	

Tabel 1: de kosten en de -vooraf- ingeschatte baten van de Biomeiler in Voerendaal (Corten, 2019, gereedchapskist klimaatslim bos- en natuurbeheer VBNE, 2020)

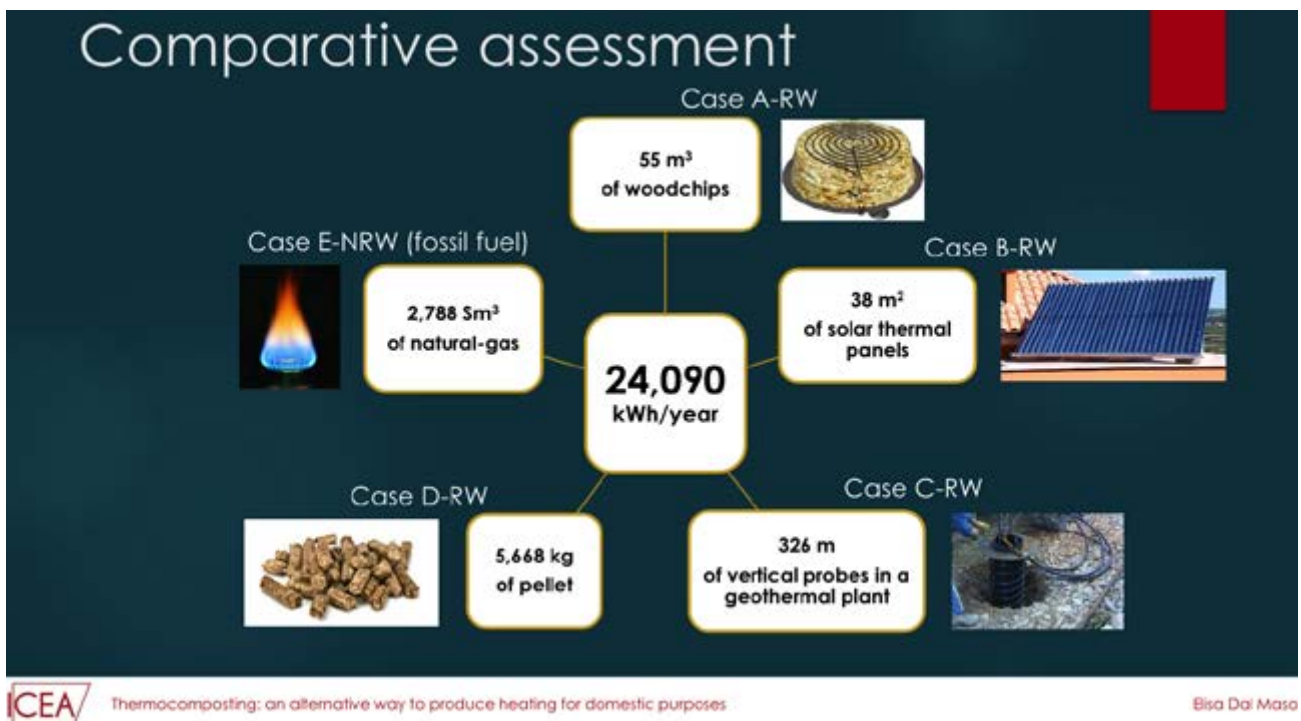
Op basis van de lessen is een plan gemaakt voor een nieuwe biomeiler, *minder bewerkelijk en gebruikmakend van de machines die het bedrijf van Roosevelt. Meer maatwerk dus*. Roosevelt had al geïnvesteerd in een robuuste installatie met het oog op cyclisch opnieuw bouwen van de biomeiler (meerjarige toepassing). (Corten, 2020)

5. Wat is de rendabiliteit van een biomeiler en de Total Cost of Ownership? Wat is de economische haalbaarheid?

Er veel mogelijkheden, en er is nog veel te ontdekken over hoe het concept biomeiler productief, efficiënt en kosten-effectief uitgevoerd kan worden. Het vraagt ook maatwerk voor een specifieke doelgroep of situatie.

Aanbeveling is om al doende de kennis over de meeste kosten-effectieve biomeilers verder op te bouwen. Door bij nieuw te bouwen biomeilers met professionals na te gaan welke mogelijkheden er zijn om in deze specifieke situatie om het concept te optimaliseren. Waarbij gebruik wordt gemaakt van de beschikbare kennis over de werkingsprincipes en nieuwe concepten. En waarbij vervolgens de data van deze praktijkcasussen worden gemonitord en geëvalueerd.

Aanbeveling is om daarbij ook berekening te maken voor cyclisch opnieuw bouwen, langduriger gebruik van de biomeiler. En daarbij total cost of ownership (TCO), voor meerdere jaren te berekenen. Bijvoorbeeld met TCO-tool AZEB (2020), of [E-land warmte](#) (Corten, 2018), of [Del Maso](#) (2019).



Afbeelding 5: Del Maso, 2019 vergeleek verschillende warmtebronnen, o.a. in Euro en in CO₂ en volgens het principe van Total Cost of Ownership (TCO).

14

3 Energie en compostopbrengst

3. **Wat is de opbrengstkant van de biomeiler en hoeveel energie kan er gemiddeld geoogst worden? Wat is de energieopbrengst van een biomeiler?**
4. **Hoe kan de energie van biomeilers worden toegepast?**

De activiteit van de micro-organismen gedurende het afbraak- of composteringsproces zorgt voor de vrijkomende warmte. Bij verschillende fasen in dit proces spelen weer andere micro-organismen de hoofdrol. De warmteproductie verloopt volgens de *temperatuurcurve (plaatje)*. De warmteaftap periode en de warmte opbrengst loopt hiermee synchroon. De lengte van de curve en dus de aftapperiode is mede afhankelijk van de grootte van de biomeiler.

De micro-organismen volgen grotendeels hun eigen natuurlijke ritme, dus voor een maxi- of optimale warmteopbrengst van de biomeiler is het van belang om de biomeiler op het juiste moment te bouwen, en deze te koppelen aan een passende warmtevraag.

Het gaat om *lage temperatuur warmte*. Meestal wordt het gebruikt als *bijverwarming*.

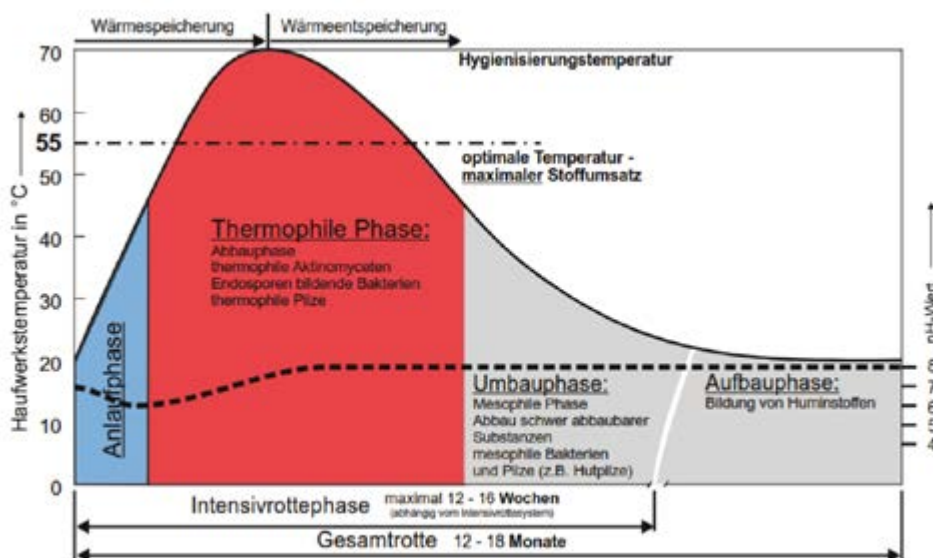


Abbildung 3.2: Idealisierter Temperaturverlauf des aeroben Abbaus (Batch-Prozess) [26]

Afbeelding 6: de temperatuur-ontwikkeling in de biomeiler geschematiseerd, uit Müller (2017).

Voorspellen met theoretische modellen hoeveel warmte er precies gewonnen kan worden uit een biomeiler is op dit moment niet mogelijk, vanwege de complexiteit van het -composterings-proces en de 'state of the art' van theoretische modellen. Deze kennis zal moeten worden opgedaan uit ervaringscijfers, aldus Müller, 2017.

Gegevens over de warmteproductie van compost zijn schaars, en de resultaten zijn zo divers als de samenstelling van de gecomposteerde biomassa (Zhao R F, et al., juli 2017), en dan vaak ook nog voor andere materialen dan hout en biomassa uit landschapsbeheer.

Nu wordt er niet zoveel gemeten, dus advies is om meer te meten!

De biomeiler wordt vaak gemaakt omdat men het leuk vindt. Het maken en het installeren van de meters en het bijhouden van de gegevens vraagt weer extra kennis, kosten en inspanning. Er zijn daarom maar weinig voorbeelden, waar de opbrengst goed gemeten is.

Op basis van de -spaarzame- ervaringen met de 'klassieke biomeiler', heeft stichting Biomeiler een inschatting gemaakt van de mogelijke warmteopbrengst, zie tabel 2. De *verwachte warmte-opbrengst per eenheid biomassa in de Biomeiler varieert met de afmeting* van de klassieke biomeiler. De opbrengst in de tabel weergegeven in verschillende eenheden met hulp van [E-land houtdata](#) (Corten & Kupers, 2018). Dit maakt het makkelijk om *verder te rekenen aan de potentie* voor energieopwek, met het beschikbare potentieel aan biomassa.

Indicatie warmteopbrengst van een klassieke Biomeiler in verschillende eenheden (bron: website stichting Biomeiler)

Diameter biomeiler	m	3	4	5	6	7	8
Houtsnippers toegevoegd	m3 G30/P16	23	41	77	110	175	229
Indicatie warmteopbrengst	KWh	3.100	9.300	24.000	49.300	94.600	123.200
	GJ	11	33	86	177	341	444
	m3 Gas-equivalent	353	1.058	2.730	5.608	10.760	14.013
Warmteopbrengst biomassa	KWh/m3 snippers	135	227	312	448	541	538
	KWh/ton ds	684	1151	1582	2275	2744	2731
Warmteopbrengst biomeiler							
/verbrandingswaarde hout	KWh/KWh hout	0,15	0,26	0,35	0,51	0,61	0,61
	in %	15%	26%	35%	51%	61%	61%

Tabel 2: Indicatie van de warmte-opbrengst van de 'klassieke biomeiler' in relatie tot de afmeting van de biomeiler ([website stichting Biomeiler](#)), weergegeven in verschillende eenheden met hulp van [E-land houtdata](#).

Het volgende valt op in tabel 2:

- Bij een *grotere biomeiler kan relatief veel meer warmte per hoeveelheid biomassa worden gewonnen*.
- Er lijkt een *optimum* te zitten bij een doorsnede van 7 à 8 meter: 61 % warmteopbrengst in relatie voor energieinhoud/verbrandingswaarde van het hout.

Over de *compost-opbrengst* is in de literatuur en ervaringen weinig informatie gevonden. Het zijn voorbeelden, waarbij de data niet in dezelfde eenheden zijn weergegeven (volume, gewicht), waardoor de data lastig vergelijkbaar zijn. Bij Scholtens (2017) was de compostopbrengst grofweg bijvoorbeeld ongeveer de helft aan volume.

De houtcompost uit de biemeiler heeft specifieke kwaliteitseigenschappen. Door het langzame en vooral ook het onbeluchte composteerproces van de biemeiler blijft de *compost relatief rijk aan micro-organismen en schimmels*. Dit maakt het zeer geschikt voor houtige gewassen zoals fruitteelt of (voedsel)bosbouw (Van Ziel, 2017)



4 Broeikasgasbalans

- 6. Wat is de emissie van een biomeiler? (CO₂, methaan, fijnstof, stikstof, en andere gassen).**
7. Wat is de winst voor het klimaat bij een biomeiler? Welke rol speelt systeemafbakening bij het antwoord?

a. Systeemafbakening

Bovenstaande vragen beantwoorden is niet eenvoudig. Er zijn verschillende manieren voor het berekenen van de CO₂eq balans of -impact voor 'energie', 'landgebruik' en 'materialen'. En wat reken je wel? en wat reken je niet?

Aanbeveling: ga in gesprek over de systeemafbakening wat telt, wel en wat telt niet voor de biomeiler en de rekenmethodiek. Uitgangspunt zou moeten zijn, hoe zet je de beschikbare -schaarse- biomassa (Via Paris, 2019) zo hoogwaardig mogelijk in.

Ook in de huidige discussie over biomassa speelt dat een rol. Volgens de officiële internationaal erkende rekenmethodiek, telt de CO₂-emissie bij de verbranding van biomassa niet mee. Deze telt voor 'nul' omdat het deel uitmaakt van de korte koolstofcyclus. In de praktijk gaat er wel degelijk CO₂ direct de atmosfeer in, welke wellicht langer vastgehouden had kunnen worden in bos, landschap, bodem of materialen.

In onderstaande tabel is de broeikasgasemissie in CO₂ en deels CO₂eq voor drie scenario's met heggen- en fruitboomsnoei weergegeven:

Scenario 1. Inzamelen voor de *biomeiler*, warmte aftappen en vervolgens op het land brengen,

Scenario 2. Inzamelen, en vervolgens warmte opwekken in een *moderne houtvergasser*,

Scenario 3. *Verbranden in het open veld*, zoals nu soms nog steeds de praktijk is.

Tabel 3 is een aanzet voor het gesprek over de systeemafbakening. Duidelijk lijkt al wel dat het scenario biomeiler goed scoort, vergeleken met de alternatieven. Opmerking is dat de factor tijd nog in de berekening verwerkt zou kunnen worden. Kanttekening is dat de aannames voor de warmte-opbrengsten gebaseerd zijn op een beperkte data.

De CO₂eq in de tabel zijn weergegeven per *kg CO₂eq/ton droge stof aan biomassa* (net als de www.CO2emissiefactoren.nl). Zo is eenvoudig de *potentie* te berekenen en als bekend is hoeveel biomassa in de regio beschikbaar is.

Composteerproces

Hoeveel van de koolstofvoorraad tijdens het composteerproces als CO₂ naar de atmosfeer verdwijnt verschilt (Spijker, et, al. 2020). Dit hangt onder meer af van het uitgangsmateriaal. Voor houtcompost en voor de biomeiler is dit aan de lage kant, met ervaringen van zo'n 30 %. (Scholtens, 2017; Van Ziel, 2017)

De emissie van *methaan* hangt af van het uitgangsmateriaal. Bij industriële compostering wordt de verhouding C:N van ca. 25:1 tot 30:1 als ideaal gezien. Kleinere verhoudingen kunnen tot het vrijkomen van Ammoniak leiden, terwijl hogere verhoudingen het composteerproces significant vertragen. (Müller, 2017) Müller onderzoekt in Leipzig voor een 'klassieke biomeiler' en een actief beluchte biomeiler. Dit heeft tot heldere resultaten geleid voor emissie van methaan. *Voorlopig lijkt het logisch om 'niet meer dan anders' aan te nemen voor houtige reststromen uit het landschapsbeheer, vanwege de hoge C:N verhouding.*

Aanbeveling is om de onderzoeken te volgen.

Opslag koolstof in de bodem

De *humificatiecoëfficiënt (HC)* is het percentage van de organische stof in een product dat één jaar na toediening aan de bodem nog niet is afgebroken. De humificatiecoëfficiënt (HC) is de maat voor de afbreeksnelheid van de compost in de bodem. Voor *groencompost* gaat de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet in een advies uit van 0,9 (CDM, 2017). Houtcompost en compost uit het langzame proces van de biomeiler is stabiel, en breekt langzamer af dan 'gewone' groencompost (Van Ziel, 2017). De HC is voor houtcompost uit de biomeiler relatief hoog, en daarmee extra gunstig voor de opbouw van de koolstofvoorraad in de bodem.

Vraag: wat zijn 1. officiële- en 2. mogelijke rekenmethodes om koolstofvastlegging in de bodem mee te laten tellen, voor bijvoorbeeld de casus Biomeiler.

	CO ₂ eq				fijnstof
	vastgelegd	vermeden	emissie	netto	emissie
	kg/kg ds	kg/kg ds	kg/kg ds	kg/kg ds	kg PM10/ ton ds
BIOMEILER					
Fotosynthese	1,83			1,83	
Logistieke keten			-0,08	-0,08	
Composteerproces			-0,55	-0,55	
Vermeden aardgas door benutte warmte		0,49		0,49	
Compost in bodem	(1,16)			0,00	
Humificatiecoëfficiënt (HC) groencompost 90 % (jaarlijks 10 % koolstof terug in de atmosfeer)			-0,12	-0,12	
Veenvervanging		?			
Vermeden kunstmestgebruik		?			
totaal	1,83	0,49	-0,75	1,57	0,0
VERBRANDEN MET HOUTVERGASSER					
Fotosynthese	1,83			1,83	
Logistieke keten			-0,08	-0,08	
Verbranding			-1,83	-1,83	
Vermeden aardgas door benutte warmte		0,93		0,93	
totaal	1,83	0,93	-1,91	0,85	1,4
VERBRANDEN IN OPEN LUCHT					
Fotosynthese	1,83			1,83	
Verbranding			-1,83	-1,83	
totaal	1,83		-1,83	0,00	15,5

Tabel 3: Vastleggen vermijden en emissie van CO₂eq en emissie fijnstof voor drie scenario's met hekken- en fruitboomsnoei met één cyclus van de biomeiler of verbranden van de biomassa van groei van de plant t/m het benutten van de warmte en compost. Wees bij het rekenen met de data bewust van het aspect 'tijd'. Bronnen: 'inzamelen, etc.' en 'verbrandingsproces' (Corten, 2019; [E-land Co2](#); [www.co2emissiefactoren.nl](#)), 'composteerproces' en 'vastleggen in de bodem' (Scholtens, 2017; CDM, 2017), fijnstof (Website Vlaamse Milieumaatschappij in Corten & Blezer, 2017).

Het verwerken van biomassa met de Biomeiler draagt op verschillende manieren bij aan het verminderen van broeikasgassen. Hierboven zijn genoemd 'vermeden gebruik van fossiele brandstof (hier: aardgas)' en 'CO₂ vastlegging in de bodem'.

Ook de volgende manieren, waarmee de biomeiler bijdraagt aan broeikasvermindering, zouden meegeteld kunnen worden broeikasvermindering:

b. Veenvervanging

Nederland importeert jaarlijks zo'n 4 miljoen veen onder meer uit Ierland, de Baltische staten, Rusland en andere landen. Veen is een grondstof dat als substraat dient voor vooral tuinbouw en potgrond (Green deal Veenvervanging, in greendeals, 2018). Afgraven van veen zorgt ervoor dat de hierin opgeslagen koolstof -versneld- naar de atmosfeer verdwijnt.

Door het langzame composteerproces van de biomeiler heeft het eindproduct een zeer goed watervasthoudend vermogen, tot drie keer zijn gewicht, waardoor het goed als veenvervanger kan dienen (Van Ziel, 2017).

c. Kunstmestvervanging

De compost dient -deels- als vervanging van kunstmest. Bij de productie van kunstmest komen veel broeikasgassen vrij. De kunstmestindustrie behoort tot de grootste broeikasgas uitstotende bedrijven.

d. Groeiplaatsverbetering

Het toedienen van de -biomeiler-compost dient als bodemverbetering (voeding, watervasthoudend vermogen), en draagt dus bij aan behoud en verbetering van de groei, en daarmee behoud en verbetering van de CO₂-vastlegging, van planten en bomen (Van Ziel, 2017).

Door het langzame en vooral ook het onbeluchte composteerproces van de biomeiler blijft de compost relatief rijk aan micro-organismen en schimmels. Dit maakt het zeer geschikt voor houtige gewassen zoals fruitteelt of (voedsel)bosbouw (Van Ziel, 2017)

21

5 Wat zijn de andere milieu voor- en nadelen van biomeilers?

8. Wat zijn de andere milieu voor- en nadelen van biomeilers?

Milieunadelen van de biomeiler kunnen we zo snel niet verzinnen. Zeker als er alleen ‘onverdachte plantenresten’ uit het landschapsbeheer in de biomeiler worden gebruikt. Wordt er met andere materialen gewerkt, dan is meer voorzichtigheid geboden.

Voordelen zijn reeds genoemd:

- a. de biomeiler draagt bij aan het *verbeteren van de broeikasgasbalans*.
- b. het concept en de houtcompost past prima als *bodemverbeteraar* in de *kringloop- en natuurinclusieve landbouw*,
- c. de houtcompost draagt aan het *watervasthoudend vermogen van de bodem (klimaat-adapatatie)*, en
- d. de *biodiversiteit van de bodem*,
- e. de landschapselementen kunnen fungeren als *klimaatbuffers* en zorgen voor biodiversiteit.
- f. daarnaast kent het concept biomeiler *niet of nauwelijks fijnstof-emissie*, in tegenstelling tot alternatieve scenario's met het snoeihout (zie tabel 3), zoals:
 - scenario 2) verbranden in een moderne houtvergassers *1,4 kg PM10/ton* droge stof of,
 - scenario 3) verbranden op de stapel in de open lucht *15,5 kg PM10/ton* droge stof aan snoeisel.

22

6 Uitdagingen

a. Regelgeving

Het gestructureerd inzamelen met de vele eigenaren en landschapselementen is op zich al een grote uitdaging. De *wet- en regelgeving* rondom het benutten van *'plantenresten' voor de kringlooplandbouw* maakt het nog lastiger!

Schoon snoeisel wordt namelijk aangeduid 'groenafval' in de milieuwetgeving. Snoeisel ingezameld bij derden, wordt gezien als afval van derden en daarvoor is het normaal gesproken nodig om een vergunning aan te vragen (duur procedure maximaal 26 weken). Deze regelgeving is in ontwikkeling, met o.a. de 'Vrijstellingsregeling Plantenresten'.

De Vrijstellingsregeling Plantenresten (2005) maakt het mogelijk om materiaal dat in 'in de kleine kringloop is' kan worden benut voor een goed landbouwkundig gebruik. Op 1 januari 2019 zijn onderdelen van deze regeling herzien. Een belangrijke wijziging is dat de maximale afstand tussen de plek waar het maaisel wordt geoogst en de plek waar het wordt toegepast is vergroot van één naar vijf kilometer.

Echter met de *toelichting* op de nieuwe regeling is een nieuw knelpunt ontstaan. *Maaisel dat is gefermenteerd of gecomposteerd* valt namelijk *niet* onder de herziene Vrijstellingsregeling Plantenresten (2019). Dat betekent dat het materiaal niet in de kleine kringloop kan worden toegepast door agrariërs.

De toelichting (1/1/2019) op de Vrijstellingsregeling Plantenresten maakt het samenwerken van eigenaren voor verwaarding van de reststromen uit het landschapsbeheer, door fermenteren en composteren zo goed als onmogelijk.

En daarmee dus ook het verwaarden voor de kringlooplandbouw van al die kleine hoeveelheden van vele eigenaren, en elementen, de biomassa uit het landschap die nu nog niet wordt benut (Probos, 2018), 'het hoger hangend fruit'. Met name voor het hoger hangend fruit, wordt een extra barrière opgeworpen.

De netwerkorganisaties Biomassa Alliantie en Circulair Terreinbeheer lobby'en voor verandering. Immers gefermenteerd materiaal (zoals Bokashi) en compost zijn uitstekende bodemverbeters.

Aanbeveling is om aan te sluiten bij -de lobby van- de Biomassa Allianties en Circulair Terreinbeheer.

De Biomassa-alliantie werkt aan een *'checklist' voor goede kwaliteitsborging 'van plant tot bodem'* als basis. Onderdelen zijn:

1. De toepassing gebeurt volgens goed landbouw- en bosbouwkundig gebruik;
2. Afstemmen op de behoefte van de bodem;
3. Agrariërs of terreineigenaren composteren of fermenteren het maaisel zelf, en passen het toe op eigen land;

4. Het maaisel is vrij van zwerfvuil, ongewenste stoffen en invasieve soorten;
5. Het maaisel is gebiedseigen (kleine afstand tussen oogstplek en toepassingsplek);
6. Het maaisel wordt geregistreerd, en is traceerbaar van 'plant tot bodem';
7. Het oogsten respecteert natuur- en landschapswaarden.

Aanbeveling is om voor het -gestructureerd- inzamelen te anticiperen op goede kwaliteitsborging 'van plant tot bodem' en de bijbehorende onderdelen in de checklist.

b. Biomassabeschikbaarheid

9. Wat is de biomassa beschikbaarheid voor biomeilers?

De *biomassabeschikbaarheid is beperkt*. Het is daarom nodig *systeemkeuzes* te maken, aldus het college van Rijksadviseurs in Via Parijs, 2019. Het is belangrijk dat de beschikbare biomassa hoogwaardig gebruikt wordt. Dit kan zowel als organische stof om de vruchtbaarheid van de bodem op peil te houden in de circulaire landbouw, alsook in de biobased industrie. Organisch 'restmateriaal' is namelijk essentieel bij een transitie naar een circulaire landbouw, waarbij kunstmest wordt vervangen door natuurlijke, organische meststoffen. (ViaParijs, 2019) *Volgens de Rijksadviseurs komt de beschikbaarheid voor de kringlooplandbouw komt dus op 1!*

Met het nuttig en zo hoogwaardig mogelijk inzetten kan worden bijgedragen aan de doelen van het klimaatakkoord. Juist *in het landschap zit vaak de biomassa die nog niet wordt benut* (Probos, 2018) Deze onbenutte biomassa is veelal *'hoger hangend fruit'*. De *organisatie is een uitdaging*, immers: er zijn veel eigenaren, veel elementen en veel typen reststromen.

Probos, 2019 geeft aan dat verantwoord *oogstbaar potentieel* aan chips en shreds uit Nederlands bos, landschap en bebouwde omgeving *jaarlijks zo'n 784 kton droge stof* (excl. haardhout) bedraagt. Dat is jaarlijks zo'n 12,5 PJ. (E-land houtdata app). Nemen we het haardhout erbij, dan komen we op zo'n 23 PJ in 2016 (CBS, 2016, Corten & Blezer, 2017)

Vraag: *Hoeveel biomassa is potentieel beschikbaar in de Nederlandse Limburgse landschapselementen?*

Met de BOOMapp is er voor de ingevoerde elementen snel een inschatting voor te maken voor de hoeveelheid. Als de beschikbare hoeveelheid biomassa bekend is kan een inschatting worden gemaakt in hoeverre biomeilers kunnen bijdragen aan de klimaat-, de energieopgave en eventuele andere opgaven in Limburg.

c. Gestructureerd inzamelen

Het gestructureerd inzamelen met de vele eigenaren en landschapselementen is op zich al een grote uitdaging. Om aan de slag te kunnen voor de initiatieven voor het *benutten van het 'hoger hangend fruit'* met biomassa uit landschapsbeheer is *het aanpassen van de regelgeving een 1e belangrijke voorwaarde*. Daarna kunnen initiatieven pas echt goed op gang komen.

In het project klimaatlim landschapsbeheer pilot Limburg (2018, 2019, 2020) is gewerkt met het *'fysiek biomassaplein'* Roosevelt Biomassa waar eigenaren hun snoeisels kunnen brengen, en is geoefend met het *'virtueel biomassaplein'*, waarbij de beheerapplicatie BOOMapp ondersteunt bij het bijeenbrengen van vraag en aanbod.

Een goed begin is er met gestructureerd inzamelen. Aanbeveling is om hierop voort te bouwen en de praktijk hiervan verder uit te werken.

24

7 Tot slot

De biomeiler als concept heeft veel te bieden. De biomeiler 'scoort' op:

1) energie, 2) verminderen broeikasgassen, 3) milieu (vermindering fijnstofemissie), 4) biodiversiteit, 5) klimaat-adaptatie, 6) de kleine kringloop en het 7) past in de kringlooplandbouw. Het zijn actuele en zeer urgente thema's! En de beperkte biomassabeschikbaarheid in ogenschouw nemende (Via Parijs, 2019; Probos, 2018) scoort de toepassing van de biomeiler relatief hoog op de thema's, in elk geval op 2 en 3 (zie tabel 3), in vergelijking met andere opties voor het benutten van de biomassa.

De vraag dient zich dan ook snel aan:

10. Waarom is het fenomeen van de biomeiler Europees en bij ons landelijk nog niet doorgebroken?

11. En, wat zijn de kansen van een markt voor biomeilers?

De antwoorden zijn in 2 categorieën samen te vatten:

1. Er zijn verschillende typen biomeilers, er zijn dus meer manieren om het concept uit te voeren. Het concept werkt, veel is al bekend! (Müller, 2017, stichting Biomeiler), en er kan ook nog veel worden onderzocht, uitgevonden, doorontwikkeld en geoptimaliseerd. Het is -nog- geen 'plug and play', overall aan te leggen kant en klare oplossing. Praktijktoeepassing is ook maatwerk.
2. Beleid en regelgeving zoals de formele rekenregels voor broeikasgasbalansen met houtige biomassa of het stempel 'groenafval' voor 'onverdachte plantenresten' vormen een grote belemmering of werken niet altijd mee. Beleid- en regelgeving veranderen maar langzaam mee met de grote opgaven zoals o.a. benoemd in [Via Parijs](#) (2019). Systeemverandering in beleid en regelgeving is nodig.

Het antwoord is: 'Aan de slag!'

Wat is nog niet bekend is. En wat moet en kan nog uitgezocht of ontwikkeld worden?

Aanbevelingen:

- Het concept biomeiler werkt, daarnaast is nog veel te ontdekken over hoe het concept biomeiler productief, efficiënt en kosten-effectief uitgevoerd kan worden. Het vraagt leren van de ervaringen, evalueren, 'learning by doing', doorontwikkelen en maatwerk passend bij de praktijksituatie.
Er is het standaard model, de 'klassieke biomeiler'. Daarbinnen en daarnaast zijn allerlei variaties mogelijk voor wat betreft grondstof, grootte, 'type', technische uitwerking, etc.
- Een biomeiler is best complex. Het gaat om een samenspel van o.a. natuurkundige en biologische processen, waarbij de werkingsprincipes bekend zijn. Het blijft echter ook werken met de -onvoorspelbare- natuur. Verschillende disciplines en soorten kennis zijn nodig. Voorspellen met theoretische modellen, bijvoorbeeld van de hoeveelheid warmte die er precies gewonnen kan worden, is op dit moment niet mogelijk, vanwege de complexiteit van het -composterings-proces en de 'state of the art' van theoretische modellen. Deze kennis zal moeten worden opgedaan uit ervaringscijfers, aldus Müller, 2017. Goede praktijkgegevens zijn een voorwaarde voor het door-ontwikkelen van het concept biomeiler.
- Nu wordt er niet zoveel gemeten, dus advies is om meer te meten! En meten te stimuleren. De biomeiler wordt vaak gemaakt omdat men het leuk vindt. Het maken en het installeren van de meters en het bijhouden van de gegevens vraagt weer extra kennis, kosten en inspanning.
- Advies is om gebruik te maken van de wetenschappelijke- en praktijkervaringen, en actief deel uit te maken van het Nederlandse en internationale netwerk en samen te werken aan ontwikkeling en monitoring. Doe mee met en stimuleer open 'kenniskringen'.
- Op een systematische manier, waarbij de gegevens in een open database gedeeld kunnen

worden.

Een handige manier om op een toegankelijke manier van de data te leren is met een 'Relationele database', waaruit het netwerk kan putten. Bijvoorbeeld één op basis van GIS-elementen met daaraan gekoppelde eigenschappen (bijvoorbeeld: techniek, grondstof (hoeveelheid en samenstelling), opbrengst aan warmte etc., foto, etc)

- Aanbeveling: is om ook berekeningen te maken voor cyclisch opnieuw bouwen en langduriger gebruik van de biomeiler. En daarbij total cost of ownership (TCO) te berekenen. Voor kosten-baten en voor andere prestaties zoals de broeikasgasbalans. Bijvoorbeeld met TCO-tool AZEB (2020), of [E-land warmte](#) (Corten, 2018), of Del Maso (2019).

Wat zijn de kansen van een biomassa-hub en 50 biomeilers? Wat is het innovatie karakter van de biomeiler?

Zie intro. De uitdaging is om de verbinding over al die thema's daadwerkelijk in de praktijk te organiseren en te optimaliseren. Dat is best lastig, echter de tijd is er nu wel rijp voor, want alle thema's waar de biomeiler op scoort staan bovenaan de agenda.

- De biomassabeschikbaarheid is beperkt. Juist in het landschap zit vaak de biomassa die nog niet wordt benut (Probos, 2018) Deze onbenutte biomassa is veelal 'hoger hangend fruit'. De organisatie is een uitdaging. In het project klimaatslim landschapsbeheer pilot Limburg (2018, 2019, 2020) is gewerkt met het 'fysiek biomassaplein' Roosevelt Biomassa waar eigenaren hun snoeisels kunnen brengen, en is geoefend met het 'virtueel biomassaplein', waarbij de beheerapplicatie BOOMapp ondersteunt bij het bijeenbrengen van vraag en aanbod. Een goed begin is er met gestructureerd verzamelen. Aanbeveling is om hierop voort te bouwen en de praktijk hiervan verder uit te werken.
- Aanbeveling is om voor het -gestructureerd- verzamelen te anticiperen op de checklist voor goede kwaliteitsborging 'van plant tot bodem' bij het benutten van plantenresten voor bodemverbetering, en hiertoe aan te sluiten bij het netwerk van de Biomassa-alliantie en Circulair Terreinbeheer.

Daarnaast is Lobby-werk nodig! Voor zowel regelgeving. En ook het rekenen voor de broeikasgasbalans.

- Aanbeveling is om voor de regelgeving aan te sluiten bij het netwerk -en de lobby- van de Biomassa Allianties en Circulair Terreinbeheer. Voor het geval de regelgeving niet tijdig genoeg wijzigt, is het aan te bevelen om voor het project of initiatief een pilotstatus te organiseren.
- Gezien de beperkte biomassabeschikbaarheid zou het uitgangspunt moeten zijn: Hoe zet je de beschikbare -schaarse- biomassa zo hoogwaardig mogelijk in? In Via Parijs (2019) stelt het college van Rijksadviseurs dat het nodig is om systeemkeuzes te maken, waarbij de beschikbaarheid voor de kringlooplandbouw op de eerste plaats komt.
- Met de officiële internationaal erkende rekenmethodieken voor het berekenen van de broeikasgasbalans, is het echter lastig de opties met de schaarse biomassa te vergelijken. Er zijn verschillende manieren voor het berekenen van de CO₂eq balans of -impact voor 'energie', 'landgebruik' en 'materialen'. En wat reken je wel? en wat reken je niet? De huidige manier van rekenen met biomassa - voor energie - is daarbij onderwerp van discussie. Volgens de officiële internationaal erkende rekenmethode, telt de CO₂-emissie bij de verbranding van biomassa niet mee, omdat het deel uitmaakt van de korte koolstofcyclus. In de praktijk gaat er wel degelijk CO₂ direct de atmosfeer in, welke wellicht langer vastgehouden had kunnen worden in bos, landschap, bodem of materialen.
- Aanbeveling: ga in gesprek over de systeemafbakening wat telt, wel en wat telt niet voor de biomeiler en de rekenmethode. Uitgangspunt zou moeten zijn, hoe zet je de beschikbare -schaarse- biomassa zo hoogwaardig mogelijk in voor de broeikasgasbalans (en andere thema's). Tabel 3 en hoofdstuk 4 zijn een aanzet voor discussie hierover! Vraag: wat zijn 1. officiële- en 2. mogelijke rekenmethodes om koolstofvastlegging in de bodem mee te laten tellen, voor bijvoorbeeld de casus Biomeiler.

Het mooie is dat je met de biomeiler 'van 2 walletjes eet'. De warmte van het composteerproces wordt benut, zonder in te boeten aan kwaliteit en hoeveelheid van de compost. Logisch is dat de hoogste meerwaarde voor klimaat en waarde voor andere thema's de toekomst zijn voor biomassa.

- Aanbeveling is om met hulp van tabel 2 en tabel 3 een inschatting te maken in hoeverre het concept biomeiler kan bijdragen aan de klimaat-, de energieopgave (in tonnen CO₂eq of TJ's) en eventuele andere opgaven. Voor Limburg, een deelregio, of een specifieke stakeholder. Dat kan als er inzicht is in de hoeveelheid vrijkomende biomassa. Met beschikbare data zoals de landschapselementen in beheerprogramma BOOM is al snel een ruwe inschatting te maken (Corten & Blezer, 2017).

28

Bronnenlijst

Literatuurlijst Bronnenonderzoek Biomeiler

Bajko, J. (2019). Condenser-type heat exchanger for CHRS's [powerpoint]. Geraadpleegd van <http://w18.fme.vutbr.cz/studium/predmety/predmet.html?pid=201800&lang=1>

Bajko, J., Fišer, J., & Jícha, M. (2018). Temperature measurement and performance assessment of the experimental composting bioreactor. EPJ Web of Conferences, 180, 02003. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201818002003>

Bajko, J., Fišer, J., & Jícha, M. (2019). Condenser-Type Heat Exchanger for Compost Heat Recovery Systems. *energies*, 2019(12), 1–16. Geraadpleegd van <https://www.mdpi.com/journal/energies>

Caizán Juanarena, L., Ter Heijne, A., Buisman, C. J. N., & van der Wal, A. (2016). Wood Degradation by Thermotolerant and Thermophilic Fungi for Sustainable Heat Production. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(12), 6355–6361. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00914>

Certificeringscommissie Keurcompost. (2014). BEOORDELINGSRICHTLIJN KEURCOMPOST (Versie 3.0-geldend vanaf 1 februari 2014). Geraadpleegd van <https://info@keurcompost.nl>

CO2-emissiefactoren is een samenwerking van diverse stakeholders. (2020, 1 mei). CO2 emissiefactoren. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.co2emissiefactoren.nl/partners/>

Commissie Deskundige Meststoffen. (2017). Criteria voor organischestofrijke meststoffen. Geraadpleegd van https://www.wur.nl/upload_mm/1/1/f/565b8a2f-b4f3-42d9-b9bb-c14c2d089269_1733291_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf

Corten, I, & Kupers, G. (2020, 1 mei). E-land Warmte. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://e-land.info/vertalen-in-getallen/rekenhulp-warmte-houtige-biomassa/>

Corten, Irma, & Blezer, F. (2017). Rapportage samenwerken met BOOM voor het landschap en de bio-economie, pilot in Noorbeek en Eckelrade. Geraadpleegd van https://e-land.info/vertalen-in-getallen/geo-met-boomapp/rapportage_samenwerken_met_boom/

Corten, Irma, & Kupers, G. (2018a, 1 mei). E-Land CO2. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://e-land.info/co2/>

Corten, Irma, & Kupers, G. (2018b, 1 mei). E-land Houtdata. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://e-land.info/houtdata/>

Corten, Irma. (2020). De demontage en analyse van de biomeiler Voerendaal, pilot Limburg. Geraadpleegd van <https://zilverbergadvies.nl/cases/afbouw-en-analyse-biomeiler-voerendaal/>

CRa College van Rijksadviseurs. (2017). Agenda 2017 – 2020 Ontwerpen aan een rijker, hechter en schoner Nederland. Geraadpleegd van <https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/adviezen-publicaties/publicatie/2017/05/17/cra-werkagenda>

CRa College van Rijksadviseurs. (2019). Via Parijs Een ontwerpverkenning naar een klimaatneutraal Nederland. Geraadpleegd van <https://www.collegevanrijksadviseurs.nl/adviezen-publicaties/publicatie/2019/10/17/via-parijs>

Cuhls, H. (2020). Mist-Volumen-Reduzierung &Pferdemist-Kompost&Pferdemist-Kompost-Heizung (Version 4). Geraadpleegd van <https://info@native-power.de>

Cuhls, H., & Stang, M. (2020). Der Biomeiler, der Biomeiler in der Permakultur, Biogas, und der Merlin Kocher Fragen & Antworten (V7). Geraadpleegd van <https://www.native-power.de>

Curtarello, C. (2018). COMPOST HEAT RECOVERY SYSTEM (CHRS): PROCESS MONITORING AND OPTIMIZATION. [powerpoint]. Geraadpleegd van <https://www.facebook.com/caterina.curtarello>

Dal Maso, E. (2019). Thermocomposting: an alternative way to produce heating for domestic purposes [powerpoint]. Geraadpleegd van <https://www.unipd.it/en/icea>

Eurofins-agro. (2016). Stabiele of labiele organische stof? Let op koolstof. Geraadpleegd van <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/stabiele-of-labiele-organische-stof-let-op-koolstof>

Freijaman bv. (2020, 1 mei). BOOMapp. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.boomapp.nl/>

Gemeinschaft Schloss Tempelhof, & Haupt, A. (2013). Der Biomeiler, „Kompost zum Humusaufbau- und Energie aus Restholz“ (1.1). Geraadpleegd van <https://www.linaria-ev.de>

Haßold-Piezunka, N. (2003). Eignung des Chroma-Boden-Tests zur Bestimmung von Kompostqualität und Rottegrad. Oldenburg, Duitsland: Fakultät V Mathematik und Naturwissenschaften der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg.

Hoyer, C. (2015). Re-activating a “sleeping Biomeiler” Using the simple method of washing-in the nitrates ((01/2015)). Geraadpleegd van <https://native-power.de>

Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. (2018). Green Deals, Veenvervanging tussen Van Iersel, Attero, Branche Vereniging Organische Reststoffen, Bruins & Kwast, Den Ouden Groep en Rijksoverheid. Geraadpleegd van <https://www.greendeals.nl/sites/default/files/downloads/GD068-Dealtekst-Veenvervanging.pdf>

Müller, N. (2017). Untersuchungen zum Betriebsverhalten von Biomeilern. Geraadpleegd van <https://tu-dresden.de/>

Müller, N. (2019). Gas emissions from compost reactors and flexible aeration solutions Results of the Leipzig-Project 2018/19 and further tasks [powerpoint]. Geraadpleegd van <https://www.termocompost.eu/projects/interviews/nele-m%C3%BCller-deutsches-biomasseforschungszentrum-dbfz>

Native Power. (2014). Erfolgreich ein Biomeiler bauen. Der Aufbau des Biomeilers “Classic” nach Jean Pain mit Grünschnitt und Wasser (2014de editie, Vol. 1). <https://doi.org/www.native-power.de>

Probos, Stichting Landschapsbeheer Gelderland, Borgman Beheer Advies, Zilverberg Advies, ZLTO. (2020). Klimaatlim landschapsbeheer met pilots Gelderland, Noord-Brabant en Limburg. Geraadpleegd van <https://www.probos.nl/projecten/biomassa/1577-klimaatlim-landschapsbeheer-noord-brabant-en-limburg?highlight=WyJicmlbCJd>

Probos. (2018). Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050. Geraadpleegd van <https://www.probos.nl/projecten/biomassa/1436-beschikbaarheid-houtige-biomassa-in-nederland-2030-en-2050>

QFE Effizienzmanagement, & Rainer Pliskat, Dipl. I. (FH). (2005). Biomeiler – im Prinzip ist es ein Komposthaufen... (1). Geraadpleegd van <https://Rainer.Pliskat@qfe.de>

Romkes, P., Rietra, R., & Spijker, J. (2020). Aanzet kennisprogramma circulair terreinbeheer (Rapport XXXX/ ISSN 1566-7197). Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/>

Rongfei, Z., Wei, G., & Huiqing, G. (2017). Comprehensive review of models and methods used for heat recovery from composting process. *Int J Agric & Biol Eng*, 2017(Vol. 10 No.4), 1–12. Geraadpleegd van Open Access at <https://www.ijabe.org>

Sampson, G. R., & McBeath, J. H. (1987). Temperature Changes in an Initially Frozen Wood Chip Pile. United States Department of Agriculture, 1987(Research Note PNW-RN-454), 1–12. Geraadpleegd van <https://www.usda.gov/>

Scholten, F., & Ziel, A. (2017). Carbon sequestration by biomeiler wood compost. Geraadpleegd van <https://biomeiler.nl/carbon-sequestration-by-biomeiler-wood-compost/>

van Ginkel, J. T. (1996). Physical and biochemical processes in composting material . Wageningen, Nederland: Thesis Landbouwniversiteit Wageningen. - With réf. - With summary in Dutch ISBN 90-5485-562-2 .

van Ziel, A. (2020a, 10 februari). Stichting Biomeiler/ Metingen. Geraadpleegd van <https://biomeiler.nl/metingen/>

van Ziel, A. (2020b, 23 april). Stichting Biomeiler/ Prijzen, kosten en opbrengst. Geraadpleegd van <https://biomeiler.nl/prijzen-kosten-en-opbrengst/>

VBNE. (2020, 1 mei). Gereedschapskist klimaatslim bos en natuurbeheer. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/>

VMM. (2020, 1 mei). Vlaamse Milieumaatschappij. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://www.vmm.be/over-vmm>

Wettenbank Overheid. (2019, 1 januari). Vrijstellingsregeling plantenresten. Geraadpleegd op 1 mei 2020, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0019048/2019-01-01>

*voor een
fraai en functioneel
landschap*

Zilverberg advies