

**Update Matrix Potentie
Landelijk Verwaarden Maaisel
Werkgroep Biomassa
Energie- & Grondstoffenfabriek**



Verantwoording

Titel	Update Potentie Landelijk Verwaarden Maaisel Werkgroep Biomassa Energie- & Grondstoffenfabriek
Opdrachtgever	Annelies Balkema (Waterschap De Dommel)
Projectnummer	2559566
Documentidentificatie	2559566-RAP-0001-01
Auteur(s)	ing. J. Intven, drs. M. van de Sande, drs. ing. R. Verberne MBA
Aantal pagina's	31
Revisie	01 d.d. 24-04-2026

Autorisatie ir. T. Adriaans drs.ing R. Verberne MBA

Datum 30 april 2026

Ingenia Consultants & Engineers BV

Esp 118 | 5633 AA Eindhoven | Nederland
T + 31-(0)40-239 30 30 | E info@ingenia.nl | I www.ingenia.nl

Ingenia © 2025

Niets uit dit document mag zonder schriftelijke toestemming van Ingenia of de opdrachtgever geheel of gedeeltelijk vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, digitale technieken of anderszins. Dit document is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Ingenia kan echter niet aansprakelijk worden gesteld voor enige directe, indirecte, toekomstige 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. Ingenia® is een wettelijk beschermd handelsmerk van Ingenia (Bureau Benelux des Marques dep.nr. 100.09.58)

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Achtergrond.....	5
1.2	Aanleiding.....	5
1.3	Doel.....	5
1.4	Aanpak.....	5
2	Overzicht verwaardingsroutes.....	7
2.1	Veevoer.....	7
2.1.1	Direct.....	8
2.1.2	Sap/vezel/eiwit extractie.....	8
2.1.3	Mycoremediatie.....	9
2.2	Bouwmateriaal.....	9
2.2.1	Direct.....	9
2.2.2	Vezel extractie.....	10
2.2.3	Lignine extractie.....	11
2.3	Bodemverbeteraar.....	11
2.3.1	Direct – op de bodem.....	11
2.3.2	Direct – in de bodem.....	11
2.3.3	Fermentatie (bokashi).....	12
2.3.4	Composteren.....	13
2.3.5	Sap/Vezel/Eiwit extractie (Veenvervanger).....	13
2.4	Energie.....	13
2.4.1	Vergisting.....	14
2.4.2	Fermentatie (Bio-ethanol).....	14
2.4.3	Torrefactie, pyrolyse, verbranden en vergassen.....	15
3	Matrixanalyse verwaardingsroutes.....	17
3.1	Actualisatie matrix.....	17
3.2	Criteria en weegfactoren.....	18
3.2.1	Weegfactoren.....	19

3.3	Economisch toegevoegde waarde	22
4	Uitkomsten matrix	24
4.1	Scenario-analyse 12 criteria	24
5	Discussie	26
5.1	Weging criteria	26
5.2	Invloed van onzekerheid op complexere technieken	26
5.3	Actualisering hoeveelheid maaisel	26
5.4	CO2 berekeningen	27
5.5	Kosten en baten berekeningen.....	27

Bijlagen

BIJLAGE A Infographic Van Maaien naar Oogsten.....	28
BIJLAGE A Overzicht verwaardingsroutes.....	29
BIJLAGE B Scenario analyse op basis van 12 criteria	30
BIJLAGE C Geraadpleegde literatuur	31

Figuren

Figuur 2-1 Eiwit-extractieproces	8
Figuur 2-2 Voorbeeld van productie van Bokashi.....	12
Figuur 2-3 Vergistingsproces	14
Figuur 2-4 Fermentatieproces	14
Figuur 2-5 Thermische verwaarding.....	15
Figuur 3-1 Technology Readiness Levels (Europese Commissie).....	20
Figuur 3-2 Waarde-piramide biobased economy	21
Figuur 3-3 Technology push vs. Market pull.....	22

Tabellen

Tabel 2-1 Overzicht toepassingen, technieken en producten.....	7
Tabel 3-1 Criteria en weegfactoren	18
Tabel 4-1 Scenario analyse 12 criteria	25

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In samenwerking met vertegenwoordigers van Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, STOWA en de Waterschappen is de Werkgroep Biomassa opgericht binnen de Energie en Grondstoffen Fabriek (EFGF). De organisaties die zijn aangesloten bij deze werkgroep zijn in Nederland verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van natuur en landschappen. De Werkgroep Biomassa heeft als doel om door het realiseren van innovaties een bijdrage te leveren aan het verwaarden van biomassa dat vrijkomt bij het beheer. Eén van de biomassastromen die vrijkomt bij het terreinbeheer is maaisel. Maaisel, bestaande uit o.a. bermgras, natuurgras, dijkmaaisel en slootmaaisel, wordt momenteel overwegend gecomposteerd, gebruikt als veevoer of wordt toegepast als bodemverbeteraar.

1.2 Aanleiding

Om de werkgroep en achterliggende instanties te ondersteunen in de keuze voor duurzamere afzet van maaisel is een verwaardingsmatrix opgesteld. Deze is eerder opgesteld in 2019 op basis van literatuur en verschillende workshops met vertegenwoordigers van Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat, STOWA en de Waterschappen. Deze oorspronkelijke verwaardingsmatrix voor maaisel bood een goed overzicht van mogelijke verwerkingsroutes en hun relatieve prestaties. Sinds de totstandkoming van deze analyse is de praktijk echter aanzienlijk veranderd. Verschillende initiatieven en pilots zijn stopgezet of niet opgeschaald, marktomstandigheden zijn gewijzigd en nieuwe inzichten zijn ontstaan rondom haalbaarheid, schaal en regelgeving. Hierdoor sluit de eerdere invulling van de matrix niet in alle gevallen meer aan bij de huidige stand van techniek en praktijk.

1.3 Doel

Er is een actualisatie van de matrix is uitgevoerd met als doel om een hernieuwd afwegingskader te creëren voor waterschappen. Daarbij is niet alleen de onderliggende data geactualiseerd, maar is ook de leeswijze en toepassing van de matrix aangepast. De focus ligt minder op individuele producenten, maar op toepassingen en technieken, en op de vraag in hoeverre deze passen binnen de randvoorwaarden en ambities van een specifiek gebied.

Doel van de initiële opdracht en deze herziening vanuit de waterschappen was om inzicht te krijgen in de alternatieven mogelijkheden ten aanzien van maaisel verwaarding en de potentie te onderzoeken om dergelijke routes in te kunnen zetten. De matrix fungeert daarbij als een flexibel beslisinstrument, waarmee verschillende verwaardingsroutes systematisch kunnen worden vergeleken op basis van technische, economische en beleidsmatige criteria. Door ruimte te laten voor maatwerk in weging en selectie van factoren, sluit de matrix aan op de diverse contexten waarin waterschappen opereren.

Het doel van dit project is niet om volledig te zijn in het kader van maaiselbeheer keuzes. Voor het beslissen of er wel of niet gemaaid moet worden, en of het maaisel moet blijven liggen of afgevoerd moet worden middels een van de genoemde toepassingen, kan er gebruik gemaakt worden van andere hulpdocumenten, zoals de Infographic 'van Maaien naar Oogsten' van de Energie- en Grondstoffenfabriek (zie bijlage A).

1.4 Aanpak

In de voorliggende actualisatie is de eerder toegepaste methodiek van de matrix-analyse opnieuw doorlopen, waarbij specifiek is ingezet op het actualiseren van de matrix en de onderliggende data. Hierbij zijn de verwaardingsroutes opnieuw

beoordeeld op basis van de huidige stand van techniek, marktontwikkelingen en praktijkervaring. Initiatieven en producenten, waarvan een deel niet langer actief is, zijn daarbij naar de achtergrond geschoven. In plaats daarvan ligt de nadruk op toepassingen en technieken, en op de mate waarin deze uitvoerbaar zijn binnen de huidige context van waterschappen. Tevens is de opzet van de matrix aangescherpt om beter aan te sluiten op praktische besluitvorming, met extra aandacht voor schaal, inzetbaarheid en randvoorwaarden vanuit wet- en regelgeving.

De basis van deze actualisatie ligt in de oorspronkelijke onderzoeksopzet, waarin een stapsgewijze aanpak is gehanteerd. Allereerst is op basis van literatuur en een tweetal workshops met verschillende Waterschappen en gelieerde instanties een overzicht opgesteld van de bekende verwaardingsroutes voor maaisel (Hoofdstuk 2). Deze verwaardingsroutes zijn geanalyseerd op basis van publiek beschikbare data, ervaringen van de Waterschappen en in sommige gevallen direct contact met initiatiefnemers (Hoofdstuk 3). Aansluitend zijn de criteria uit de oorspronkelijke matrix opnieuw bekeken en met enkele wijzigingen gebruikt om de verwaardingsroutes te scoren (Hoofdstuk 4).

Tot slot zijn de criteria en de economische toegevoegde waarde verwerkt in de matrix en zijn scenarioanalyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de relatieve prestaties van de verwaardingsroutes onder verschillende aannames (Hoofdstuk 5).

Door deze methodiek opnieuw toe te passen en te actualiseren, ontstaat een hernieuwd afwegingskader dat beter aansluit bij de huidige praktijk en besluitvorming binnen waterschappen.

2 Overzicht verwaardingsroutes

In de actualisatie is ervoor gekozen om verwaardingsroutes niet langer primair te benaderen vanuit de verwerkingsstap (verwaarding), maar vanuit de toepassing van het eindproduct. Deze verschuiving zorgt voor een andere manier van kijken, waarbij eerst wordt bepaald welke toepassing gewenst is (bijvoorbeeld bouw materiaal, veevoer of bodemtoepassing), en vervolgens welke technieken daarbij passen.

Aan de hand van beschikbare rapporten en literatuuronderzoek zijn de toepassingen voor maaisel in beeld gebracht (zie bijlage B en Tabel 2-1). In dit overzicht is onderscheid gemaakt in 4 toepassingsgebieden:

Tabel 2-1 Overzicht toepassingen, technieken en producten

Toepassing	Techniek	Product
Veevoer	Direct	Hooi/gras
Veevoer	Sap/vezel/eiwit extractie	Voedereiwit, vezel, sap
Veevoer	Mycore mediatie	Voedermiddel
Bouwmateriaal	Direct	Bouwblokken
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Composiet
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Papier
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Isolatiemateriaal
Bouwmateriaal	Lignine extractie	Bitumen
Bodemverbeteraar	Direct	Vers gras
Bodemverbeteraar	Direct	Veen
Bodemverbeteraar	Drogen	Hooi
Bodemverbeteraar	Fermentatie	Bokashi
Bodemverbeteraar	Composteren (kleinschalig)	Compost
Bodemverbeteraar	Composteren (grootschalig)	Compost
Bodemverbeteraar	Sap/vezel/eiwit extractie	Veenervanger
Energie	Vergisting	Biogas, digestaat
Energie	Fermentatie	Bio-ethanol
Energie	Verbranding	Energie
Energie	Vergassing	Syngas
Energie	Pyrolyse	Syngas, bio-olie, biochar
Energie	Torrefactie	Biochar, syngas

2.1 Veevoer

Binnen de toepassing veevoer zijn er verschillende technieken die kunnen worden toegepast: direct inzetten, sap/vezel/eiwit extractie en mycore mediatie. Deze technieken worden in de volgende paragrafen uitgelegd.

2.1.1 Direct

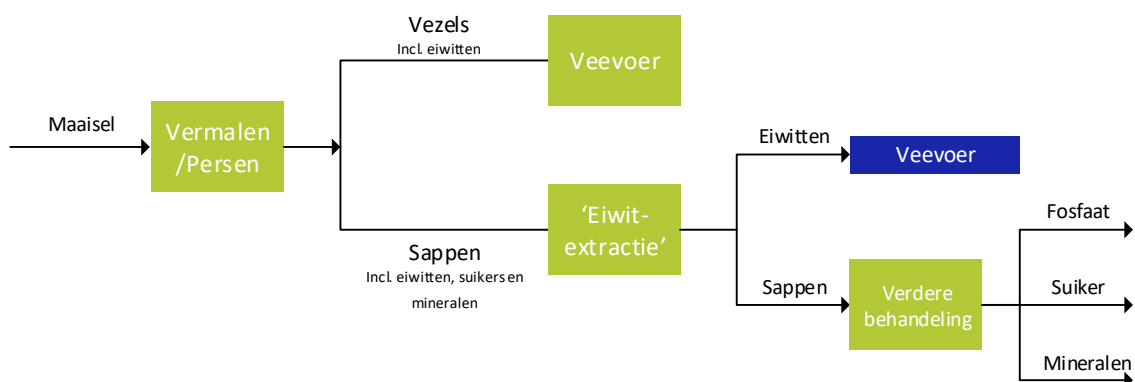
Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel direct ingezet als veevoer in de vorm van hooi. Het maaisel wordt hierbij gedroogd en eventueel bewerkt (zoals schudden en persen) om het geschikt te maken voor opslag en gebruik. Deze techniek is relatief eenvoudig en sluit aan bij bestaande landbouwpraktijken.

De toepassing is met name geschikt voor grasachtig maaisel van voldoende kwaliteit, waarbij voedingswaarde en afwezigheid van verontreinigingen cruciaal zijn. Hierdoor is de inzet afhankelijk van het type maaisel en het beheerregime.

Het voordeel van deze route ligt in de lage verwerkingskosten en de directe afzetmogelijkheid binnen bestaande voederketens. Tegelijk kunnen er beperkingen gelden vanuit wet- en regelgeving, met name rondom het gebruik van berm- of natuurmaaisel als veevoer. Hierdoor is de toepasbaarheid sterk afhankelijk van de specifieke context en kwaliteit van de biomassa.

2.1.2 Sap/vezel/eiwit extractie

Grassa!¹ heeft een technologie ontwikkeld waarmee hoogwaardig eiwit uit maaisel kan worden gewonnen via bioraffinage. In dit proces wordt het maaisel mechanisch gescheiden in een vloeibare fractie (sap) en een vaste vezelfractie. Uit het sap wordt het eiwit gewonnen door verhitting en/of het toevoegen van organische zuren, waardoor het eiwit stolt en kan worden afgescheiden. Het verkregen eiwit is geschikt als grondstof voor voornamelijk veevoer.



Figuur 2-1 Eiwit-extractieproces

Naast eiwit worden ook andere componenten uit het maaisel gewonnen, waaronder vezels, suikers, mineralen en fosfaten. Deze reststromen kunnen vervolgens worden benut in andere toepassingen, zoals bodemverbeteraars of materialen, waardoor sprake is van een integrale verwaarding van de biomassa.

Niet alle typen maaisel zijn direct geschikt voor deze techniek. Met name watervegetatie met een hoog vochtgehalte vereist aanvullende voorbereiding, zoals drogen, om het proces efficiënt te laten verlopen. Om de toepasbaarheid te vergroten, wordt daarnaast gewerkt aan mobiele raffinage-installaties, waarmee maaisel op verschillende locaties kan worden verwerkt.

¹ [Ingredients – GRASSA geraadpleegd op 22/04/2026](#)

Deze verwaardingsroute maakt het mogelijk om laagwaardige biomassa op te waarderen tot hoogwaardige producten, maar vraagt tegelijkertijd om geschikte inputstromen en bevindt zich nog in een fase van verdere opschaling.

2.1.3 Mycoremediatie

Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel via mycoremediatie geschikt gemaakt als substraat voor insectenkweek. Mycoremediatie is een proces waarbij schimmels worden ingezet om organisch materiaal af te breken en te verrijken. Door het maaisel eerst te behandelen met specifieke schimmels zorgt het ervoor dat de structuur van het maaisel sneller afbreekt waardoor de nutriënten beter beschikbaar gemaakt worden voor verdere verwerking.

Na deze voorbehandeling kan het materiaal worden ingezet als substraat voor insecten, zoals larven van de zwarte soldaatvlieg². Deze insecten zetten het organisch materiaal om in hoogwaardige eiwitten en vetten, die vervolgens kunnen worden gebruikt als veevoer.

Initiatieven zoals Comysect³ laten zien dat deze combinatie van schimmelbehandeling en insectenkweek in ontwikkeling is als innovatieve verwaardingsroute. De kracht van deze toepassing ligt in de opwaardering van laagwaardige biomassa naar hoogwaardige eiwitproducten.

Aandachtspunten zijn de kwaliteit en samenstelling van het maaisel, mogelijke verontreinigingen en de regelgeving rondom het gebruik van insecten en substraten in de veevoerketen. De techniek bevindt zich grotendeels in de ontwikkel- en pilotfase, maar heeft potentie binnen circulaire en eiwittransitie-gerelateerde toepassingen.

2.2 Bouwmateriaal

Binnen de toepassing bouwmaterialen zijn er verschillende technieken van toepassing: Direct inzetbaar, vezel extractie, en lignine extractie. Deze technieken worden hieronder toegelicht.

2.2.1 Direct

Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel direct toegepast in bouwmaterialen, zonder dat eerst een uitgebreide scheiding in fracties (zoals vezel of lignine) plaatsvindt. Het maaisel wordt hierbij na beperkte voorbereiding (zoals drogen, verkleinen en eventueel mengen) verwerkt tot bouwblokken of vergelijkbare producten.

De techniek is gebaseerd op het combineren van organisch materiaal met een bindmiddel, waarna het mengsel wordt geperst of gevormd tot stevige elementen. Initiatieven zoals Bioblocks⁴, Bio Bound⁵ en Netics⁶ laten zien dat dergelijke toepassingen in de praktijk worden ontwikkeld en toegepast.

² [Overcoming Technical and Market Barriers to Enable Sustainable Large-Scale Production and Consumption of Insect Proteins in Europe: A SUSINCHAIN Perspective. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

³ [Van maaisel naar insecten naar veevoer | STOWA. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

⁴ [Bewuste keuze | Duurzaamheid | CO2-opslag | Natuurlijk bouw materiaal. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

⁵ [Waar wij staan | onze visie, missie en kernwaarden. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

⁶ [Bouwen met bagger - NETICS. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

Het voordeel van deze route ligt in de relatief eenvoudige verwerking en het beperkte aantal processtappen, waardoor het mogelijk is om maaisel direct en lokaal te benutten. Daarnaast sluit deze toepassing goed aan bij circulaire bouwconcepten, waarin reststromen worden ingezet als grondstof.

Aandachtspunten zijn de kwaliteit en homogeniteit van het maaisel, de duurzaamheid en sterkte-eisen van het eindproduct en de afhankelijkheid van geschikte bindmiddelen. Ook speelt wet- en regelgeving een rol, met name rondom bouwtoepassingen en certificering. De technologie bevindt zich grotendeels in een ontwikkel- en opschalingsfase, maar kent duidelijke potentie binnen nichetoepassingen in de bouwsector.

2.2.2 Vezel extractie

Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel via mechanische en/of thermische bewerking omgezet in vezelrijke grondstoffen die geschikt zijn voor toepassing in bouwmaterialen. De kern van de techniek is het scheiden en opwerken van de lignocellulosevezels uit het maaisel, waarna deze afhankelijk van de toepassing verder worden verwerkt.

Voor **composieten** (o.a. toepassingen door NPSP Composites⁷, Van Hier⁸ en Nabasco⁹) worden de vezels gedroogd, gesorteerd en gecombineerd met een bindmiddel (bijvoorbeeld bioharsen) tot plaatmateriaal of vormdelen. Deze materialen worden ingezet als alternatief voor traditionele kunststoffen of producten met houtbasis.

Voor **papier en karton** (initiatieven zoals VoorBIJ Papier¹⁰ en Greenhub Zuid-Holland¹¹) worden de vezels verwerkt tot pulp, waarbij lignine en andere componenten deels worden verwijderd. Dit proces lijkt op traditionele papierproductie, maar maakt gebruik van alternatieve vezelstromen zoals gras in plaats van hout.

Voor **isolatiematerialen** (bijvoorbeeld Gramitherm¹²) worden de vezels mechanisch bewerkt, gedroogd en geperst tot isolatieplaten. Hierbij blijven de natuurlijke eigenschappen van de vezels grotendeels behouden, zoals thermische isolatie en vochtregulatie.

De overeenkomst tussen deze toepassingen is dat zij gebruikmaken van de structurele eigenschappen van vezels en daarmee aansluiten bij hoogwaardige materiaaltoepassingen. Tegelijk verschillen de technieken in mate van bewerking en kwaliteitseisen. Zo vereist papierproductie een relatief schone en homogene vezelstroom, terwijl composieten en isolatiematerialen iets robuuster zijn ten aanzien van variatie in inputmateriaal.

Belangrijke aandachtspunten binnen deze route zijn de geschiktheid voor specifieke typen biomassa, noodzaak tot voorbereiding (zoals drogen en ontzanden), de kwaliteit en consistentie van het maaisel en de schaalgrootte die nodig is om economisch rendabel te opereren. De toepassingen bevinden zich deels in de markt (bijvoorbeeld isolatiematerialen), maar zijn voor maaiselstromen vaak nog in ontwikkeling of pilotfase.

⁷ [NPSP - Biocomposieten. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

⁸ [VanHier.Bio. Gezond Bouwen, Gezond Leven!. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

⁹ [Nabasco Products - Biobased Facades – nabasco. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

¹⁰ [VoorBIJ papier. Papier met bermgras uit bijvriendelijke bermen. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

¹¹ [Home - Greenhub Zuid-Holland. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

¹² [Ecologische grasvezelisolatie voor duurzaam bouwen | Gramitherm. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

2.2.3 Lignine extractie

Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel benut als bron van lignine, een natuurlijk polymeer die kan worden ingezet als gedeeltelijke vervanger van bitumen in asfalttoepassingen. Bitumen is traditioneel een fossiele grondstof en fungeert als bindmiddel in asfalt. Door lignine uit biomassa toe te passen, kan (een deel van) deze fossiele component worden vervangen.

De techniek bestaat uit het opwerken van maaisel tot een geschikte organische fractie waarin lignine aanwezig is, die vervolgens wordt verwerkt in asfaltmengsels. In de praktijk wordt dit toegepast in innovatieve asfaltvarianten, zoals 'grasfalt'¹³, waarbij biomassa wordt ingezet als alternatieve grondstof. Initiatieven zoals NTP laten zien dat deze toepassing technisch haalbaar is en in de praktijk wordt getest.

De kracht van deze toepassing ligt in de directe vervanging van een fossiele grondstof binnen een bestaande infrastructuurketen, wat zorgt voor een relatief duidelijke afzetmarkt. Daarnaast sluit deze route goed aan bij grootschalige toepassingen, zoals wegbeheer door overheden.

Aandachtspunten zijn de mate waarin lignine daadwerkelijk efficiënt uit maaisel kan worden gewonnen, de kwaliteit en consistentie van de biomassa en de schaal waarop deze technologie economisch rendabel kan worden toegepast. De toepassing bevindt zich momenteel in een ontwikkel- en opschalingsfase, waarbij verdere optimalisatie nodig is voor brede implementatie.

2.3 Bodemverbeteraar

Binnen de toepassing bodemverbeteraar zijn er verschillende technieken van toepassing: Direct inzetbaar, drogen, Fermentatie, composteren, en sap/vezel/eiwit extractie. Deze technieken worden hieronder toegelicht.

2.3.1 Direct – op de bodem

Maaisel kan direct worden ingezet als bodemverbeteraar door het terug te brengen op de bodem, al dan niet na beperkte bewerking zoals versnipperen, inkuilen of drogen tot hooi. Hierbij wordt organische stof en nutriënten direct teruggevoerd in het systeem, wat bijdraagt aan bodemstructuur, waterretentie en het bodemleven. Deze toepassing sluit goed aan bij het principe van een lokale kringloop, waarbij biomassa uit een gebied ook weer in datzelfde gebied wordt benut.

2.3.2 Direct – in de bodem

Binnen deze verwaardingsroute wordt maaisel niet bovengronds verwerkt tot een product, maar juist ondergronds opgeslagen in veenbodems. Het uitgangspunt is dat organisch materiaal, zoals maaisel, bij inbreng in zuurstofarme veenlagen slechts zeer langzaam afbreekt. Hierdoor blijft de in het maaisel vastgelegde koolstof voor langere tijd opgeslagen, wat bijdraagt aan klimaatmitigatie.

De techniek bestaat uit het mechanisch verkleinen en conditioneren van maaisel, waarna het via speciale injectietechnieken in de onderliggende veenlaag wordt gebracht. Dit gebeurt doorgaans op locaties waar veenoxidatie optreedt, zoals in laaggelegen veenweidegebieden. Door het maaisel onder de grond te brengen, wordt niet alleen koolstof

¹³ [Grasfalt | Dé innovatieve oplossing voor duurzame wegenbouw. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

vastgelegd, maar kan mogelijk ook bodemdaling worden afgeremd doordat extra organisch materiaal aan de veenlaag wordt toegevoegd.

De kracht van deze toepassing ligt in het feit dat het inspeelt op twee actuele opgaven: het verminderen van CO₂-emissies uit veenbodems en het vinden van een duurzame bestemming voor maaiselstromen. In tegenstelling tot klassieke verwaarderingsroutes is er geen sprake van materiaalgebruik in een productketen, maar van een vorm van ecosystemedienst (koolstofopslag), die in de nabije toekomst economisch kan worden gewaardeerd via CO₂-credits of gebiedsgerichte beloningssystemen.

Aandachtspunten betreffen met name de praktische uitvoerbaarheid en de ecologische effecten op de lange termijn. Zo is nog onzeker in hoeverre het ingebrachte maaisel stabiel blijft opgeslagen onder variërende hydrologische omstandigheden, en welke effecten optreden op bodemchemie en microbiologie. Daarnaast vraagt de techniek om specifieke apparatuur en logistiek, wat invloed heeft op de kosten en schaalbaarheid. De toepassing bevindt zich momenteel in een experimentele fase, waarbij pilots nodig zijn om de effectiviteit, veiligheid en economische haalbaarheid verder te onderbouwen.

2.3.3 Fermentatie (bokashi)

Bokashi is zowel de naam voor een techniek als een eindproduct en is een bodemverbeteraar vergelijkbaar aan compost. De techniek betreft het geconditioneerd fermenteren van materialen met gebruik van bepaalde additieven en kan van nagenoeg elk type vers organisch materiaal gemaakt worden. Verschillen met composteren zijn dat dit proces zuurstofloos plaatsvindt, met een lagere temperatuur en specifieke toevoegingen.

Bij te droog ingangsmateriaal kunnen de bacteriën zich niet goed verdelen. Houtachtig materiaal moet daarom eerst worden gehakseld. De organische resten worden goed verdeeld in laagjes waaraan kleimineralen, zeeschelpenkalk en micro-organismen worden toegevoegd. De hoop wordt luchtdicht afgedekt (zoals bij inkullen) en in 8 tot 10 weken zuurstofarm gefermenteerd. In tegenstelling tot een composthoop zijn er geen bewerkingen nodig van deze kuil.



Figuur 2-2 Voorbeeld van productie van Bokashi¹⁴

¹⁴ [Wat is Bokashi - Bokashi BV. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

Bij verschillende waterschappen zijn pilots met Bokashi uitgevoerd, onder andere Waterschap Limburg. Ervaring hieruit leert dat er mooie resultaten te behalen zijn en veel vraag is naar het product, maar ook praktische uitdagingen in wet- en regelgeving, versterkt door onbekendheid bij bevoegd gezagen, en de aanwezigheid van exoten en zware metalen. Daarnaast is de toegevoegde waarden van het Bokashi-systeem niet wetenschappelijk bewezen¹⁵.

2.3.4 Composteren

Op het gebied van biomassaverwerking wordt maaisel momenteel voornamelijk ingezet als grondstof voor compostering. Compostering levert een stabiele organische stof op die ingezet kan worden als bodemverbeteraar. Het product dat hierbij ontstaat kan vervolgens worden geïmplementeerd bij landbouwkundige toepassingen. In tegenstelling tot stro, riet en takken is maaisel minder geschikt voor compostering door de aanwezigheid van grote hoeveelheden lignine en cellulose. Ten aanzien van het omzetten van deze bestanddelen naar kwalitatief goede organische stof is nodige bijsturing van belang. Door het regelmatig toevoegen van water moet onder andere de temperatuur en het vochtgehalte in het maaisel bijgestuurd worden om het composteringsproces maximaal te laten verlopen.

2.3.5 Sap/Vezel/Eiwit extractie (Veen vervanger)

Binnen de sap/vezel/eiwit extractie wordt maaisel mechanisch gescheiden in een vloeibare fractie (sap) en een vaste vezelfractie. Voor de toepassing als veenvervanger ligt de nadruk op deze vezelfractie, die kan worden ingezet als bodemverbeteraar of als component in groeimmedia.

De vezels hebben een structurerende werking in de bodem en kunnen bijdragen aan waterretentie, beluchting en organische stofopbouw. Hiermee kunnen zij veen vervangen in toepassingen waar veen traditioneel wordt gebruikt vanwege zijn fysische eigenschappen. Dit is relevant in het licht van de afnemende beschikbaarheid en de milieu-impact van veenwinning. De toepassing als bodemverbeteraar is met name interessant in regionale kringlopen, waarbij maaisel lokaal wordt verwerkt en weer lokaal wordt toegepast. Hierdoor blijven nutriënten en organische stof in het systeem behouden en worden transportbewegingen beperkt.

Aandachtspunten bij deze toepassing zijn de kwaliteit van het maaisel (bijvoorbeeld aanwezigheid van verontreinigingen), de mate van voorbewerking (zoals ontzanding en droging) en de consistentie van het eindproduct. Hoewel de onderliggende techniek (sap/vezel/eiwit extractie) commercieel wordt toegepast, is de inzet van grasvezels uit maaisel als veenvervanger nog beperkt ontwikkeld. LIFE GR4SS¹⁶ is een pilotproject waar naast groengas een veenvervanger wordt geproduceerd door vergisting toe te passen. Bestaande marktpartijen in de potgrondsector maken wel gebruik van alternatieve vezelstromen, toepassing van maaiselvezels wordt momenteel commercieel opgeschaald.

2.4 Energie

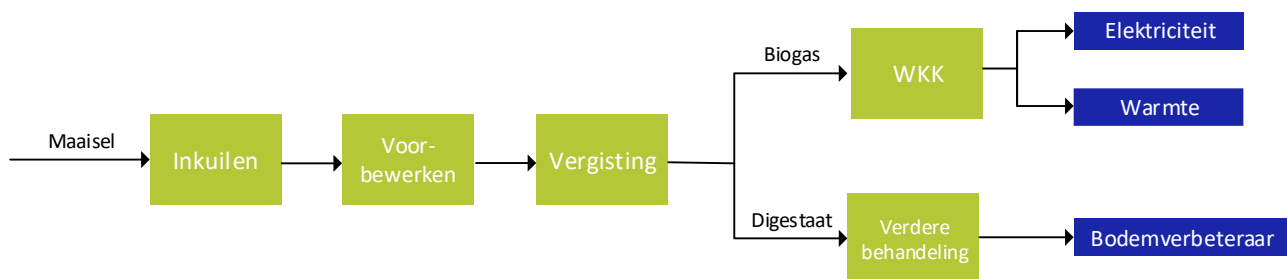
Binnen de toepassing 'energie' zijn er verschillende technieken om energie uit maaisel te verkrijgen: vergisting, fermentatie, torrefactie, pyrolyse, verbranding en vergassing. Deze technieken worden hieronder toegelicht.

¹⁵ [Romkens, P. F. A. M., Rietra, R. P. J. J., & Spijker, J. H. \(2020\). Aanzet Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer: Landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost. \(Wageningen Environmental Research rapport; No. 3006\). Wageningen Environmental Research.](#)

¹⁶ [LIFE 3.0 - LIFE21-CCM-NL-GR4SS/101074660. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

2.4.1 Vergisting

In Nederland vindt vergisting van biomassastromen grootschalig plaats. Daarentegen zijn de meeste vergisters ontworpen op biomassastromen anders dan grassen en andere soorten maaisel. RVO heeft in 2014¹ onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van grasvergisting. Hieruit kwam naar voren dat gft-vergistingsinstallaties en co-vergistingsinstallaties technisch en financieel in staat zijn om grassen deels mee te verwerken. Destijds bleek dat hierbij slechts 10 % van de totale input uit gras kan bestaan. Daarnaast zijn co-vergistingssystemen ontworpen op biomassastromen met een droog stofgehalte van maximaal 10% tot 15%. Vergistingsinstallaties die gras vergisten geven aan dat extra mechanische voorzieningen (o.a. verkleinen en ontsluiten) om deze reden toegepast moeten worden. Niettemin wordt er op dit moment al een mono-maaisel vergistingsinstallatie gerealiseerd onder de naam GR4SS die op pilot schaal grote hoeveelheden gras kan verwerken en de reststromen bewerkt tot meststoffen en een veenvervanger.

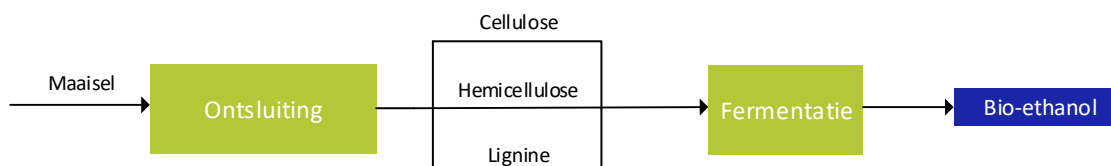


Figuur 2-3 Vergistingsproces

2.4.2 Fermentatie (Bio-ethanol)

Door middel van fermentatie van maaisel kan bio-ethanol worden geproduceerd, waarbij suikers worden omgezet in ethanol. Deze techniek wordt momenteel voornamelijk toegepast op suiker- en zetmeelrijke gewassen zoals suikerriet, suikerbieten, maïs en tarwe. Maaisel bevat echter voornamelijk lignocellulose, wat het omzetproces complexer maakt. Om deze reden is een voorbehandeling noodzakelijk, waarbij de cellulose wordt ontsloten tot fermenteerbare suikers.

Binnen deze verwaardingsroute zijn verschillende technologieën ontwikkeld om deze ontsluiting mogelijk te maken. Zo heeft ECN een technologie ontwikkeld waarbij lignocellulose wordt gescheiden in afzonderlijke componenten via enzymatische hydrolyse¹⁷. Daarnaast werd in eerdere initiatieven, zoals Indugras, gebruikgemaakt van een 'super heated steam'-proces om de structuur van het materiaal open te breken en de suikers beter beschikbaar te maken voor fermentatie (zie Figuur 2-4). Hoewel dergelijke initiatieven niet altijd zijn doorgezet, geven zij wel inzicht in de technische mogelijkheden van deze route.



Figuur 2-4 Fermentatieproces

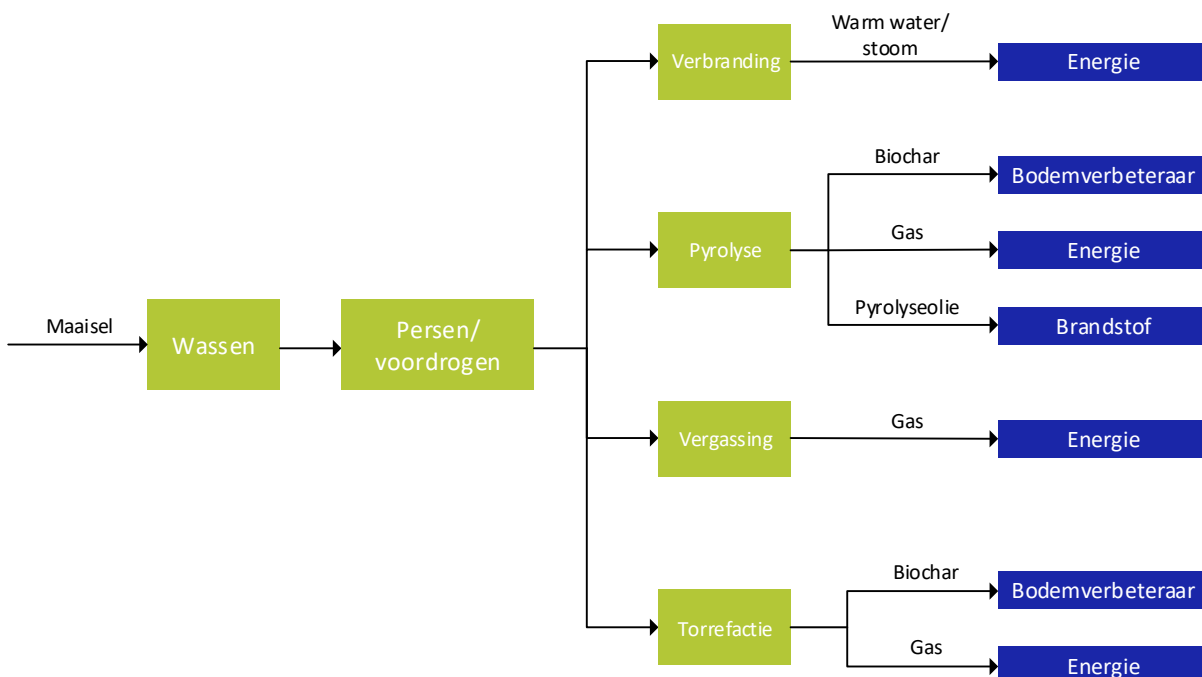
¹⁷ [ECN Publicaties. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

Na de voorbehandeling kunnen de vrijgemaakte suikers worden vergist tot ethanol, dat kan worden ingezet als biobrandstof. De toepassing van maaisel als grondstof vraagt echter om intensieve bewerking en voldoende schaalgrootte om economisch haalbaar te zijn. Hierdoor bevindt deze route zich grotendeels in de ontwikkel- en opschalingsfase en wordt deze momenteel gezien als een potentiële, maar minder direct toepasbare verwaardingsoptie voor maaisel.

2.4.3 Torrefactie, pyrolyse, verbranden en vergassen

Torrefactie, pyrolyse, verbranden en vergassen zijn thermische behandelingen waarbij biomassa wordt omgezet in energie, brandstoffen en/of andere producten. Het belangrijkste verschil tussen deze technieken is de procestemperatuur, die de eindproducten bepaalt:

- **Torrefactie (200-300°C):** Dit is een milde, trage vorm van pyrolyse ("roosteren"). Biomassa wordt omgezet in een droge, energiedichte vaste stof (torrefied wood).
- **Pyrolyse (400-600°C):** Thermische afbraak zonder zuurstof. Het levert voornamelijk pyrolyse-olie, syngas en biochar (houtschool) op.
- **Vergassing (>800°C):** Thermochemische omzetting met een beperkte hoeveelheid zuurstof (ondermaat). Het zet biomassa of afval volledig om in een brandbaar gasmengsel, bekend als syngas.



Figuur 2-5 Thermische verwaarding

Conventionele installaties opereren hoofdzakelijk op houtachtige biomassa. Voor dergelijke toepassingen is maaisel ongeschikt als gevolg van het hoge vochtpercentage en de aanwezigheid van verontreinigingen, zoals zand en stenen. Om deze reden moet het allereerst gewassen en geperst worden om het zand en vocht te verwijderen.

Een aantal bedrijven zijn op dit moment actief in het thermisch verwaarden van maaisel. Op het gebied van pyrolyse heeft BTG-BTL een installatie ontwikkeld die, naast hout, SRF en argo-reststromen, ook maaisel invoert in het proces¹⁸. BioTorCoal is momenteel op laboratoriumschaal bezig met het verwaarden van maaisel middels torrefactie. Energy Greenery Alkmaar onderzoekt bermgras als additionele input voor hun vergassingsinstallatie op reststromen met als doel de productie van methanol uit syngas¹⁹.

ECN heeft een technologie ontwikkeld (TORWASH) waarmee ook natte biomassa geschikt kan worden gemaakt voor thermische verwaarding²⁰. Met behulp van deze technologie wordt een vaste brandstof geproduceerd die gelijk is aan schone getorreficeerde houtpellets. Het proces bestaat onder meer uit hakselen, persen en opwarmen onder hoge druk. Momenteel is deze technologie uitsluitend op laboratorium schaal uitgevoerd.

¹⁸ [BTG Bioliquids | We replace fossil fuels. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

¹⁹ [Energy Greenery Alkmaar \(EGA\). Geraadpleegd op 30/04/2026](#)

²⁰ [TORWASH B.V. - TORWASH. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

3 Matrixanalyse verwaardingsroutes

3.1 Actualisatie matrix

Dit document betreft een bijlage van een Excel matrix. Deze matrix is een actualisatie van de matrix opgeleverd in 2019 om Waterschappen, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer te informeren over de mogelijke verwaardingsroutes voor maaisel. Het grootste verschil tussen de oude en de nieuwe matrix is dat de focus enigszins is verschoven van producenten en concrete initiatieven, naar mogelijke toepassingen. In de actualisatie is gekozen om specifieke initiatieven minder expliciet te maken, omdat er na lancering van de vorige matrix veel initiatieven gestopt zijn of failliet zijn gegaan en hierdoor de matrix niet meer representatief is voor de huidige markt. Hiermee zou de matrix langer actueel en bruikbaar kunnen blijven. Mogelijke producenten zijn nog wel vermeld, maar uitsluitend als indicatieve marktspeeler. In plaats hiervan is gekozen om de toepassing centraal te zetten, met daarbinnen de techniek en daaronder het product. Deze herschikking zorgt ervoor dat de waterschappen kunnen kiezen op welke toepassingen voor het maaisel wenselijk en haalbaar is om zo op zoek te gaan naar een partij die past bij het waterschap voor verdere uitwerking.

De **inzetbaarheid** van het maaisel is in de matrix ook herwogen. In de oude matrix was dit gebaseerd op of de producent het type maaisel voor de techniek innam. Nu is zoveel mogelijk onderzocht welke typen maaisel voor de gekozen toepassing geschikt zijn. Hierdoor wordt meer gekeken naar of de toepassing technisch geschikt is en niet of de markt het momenteel inneemt.

Ook veranderd is de **schaalgrootte**. In de oude systematiek liep de score op naarmate een grotere schaal economisch exploitabel werd geacht. Dit werd gezien als gunstiger. In de actualisatie is dat principe bewust omgedraaid. Een kleinere minimale schaal krijgt nu een betere waardering, omdat dit zorgt voor een lagere toetredingsdrempel en het zorgt voor een lagere drempel tot actualisatie omdat kleinere hoeveelheden kunnen worden ingenomen en kan worden opgeschaald.

Voor **TRL** is gekozen om de bestaande systematiek te behouden. Hiervoor is gekozen omdat het criterium is gekoppeld aan de Europese TRL-definities, wat een stabiele en breed herkenbare manier is om technische rijpheid te beoordelen.

Voor **duurzaamheid en met name CO₂ reductie** is bewust gekozen voor het niet meer hanteren van de eerdere rekenmethode. De opzet in de vorige matrix betrof een berekening van de CO₂ uitstoot op basis van gemiddelde transportkilometers en het energieverbruik van de techniek, vergeleken met de CO₂ uitstoot van het product dat werd vervangen met het (voornaamste) eindproduct van de techniek. Hierbij werd gebruik gemaakt van verschillende kengetallen en gemiddelden, niet van werkelijk berekende waarden. Daarnaast werden overige CO₂ emissies, zoals methaan uitstoot of emissie van hulpstoffen benodigd voor het proces, niet meegenomen. Die benadering had als voordeel dat het tussen toepassingen een mogelijkheid creëerde om deze indicatief te rangschikken. Echter, dit betrof dus in het beste geval een benadering van een deel van de CO₂ uitstoot, maar leverde wel een hard getal op. Aangezien in de workshops duidelijk werd uitgesproken dat uitsluitend betrouwbare en herleidbare gegevens gewenst waren, maar de omvang van de huidige opdracht geen intensief CO₂-onderzoek of -berekeningen omvatte, is ervoor gekozen om slechts een kwalitatieve indicatie te geven van de vermeden CO₂ emissies per techniek, naast de positie in de waarde piramide.

Als laatste zijn de **baten en kosten** geactualiseerd. De baten zijn herzien op de basis van de huidige markt en prijsindicaties vanuit de actuele expertise van Ingenia. Dit is verder vertaald naar de bruto toegevoegde waarde per techniek. De kostenstructuur is overgenomen uit de oude matrix. Hiervoor is gekozen gezien de omvang van de huidige opdracht, maar ook omdat op deze manier de achterliggende data makkelijk te wijzigen is vanuit de waterschappen met

actuele kosten. Hierbij moet wel vermeld worden dat dit nog een vrij indicatief beeld geeft over de huidige markt waarbij initiatieven die zijn opgezet vaak een rooskleuriger beeld geven van de bruto toegevoegde waarde van de producten die zij uit maaisel halen. Dit was dan ook terug te zien uit de oude matrix waar hoog scorende toepassingen die op de markt waren gebracht deels failliet zijn gegaan.

3.2 Criteria en weegfactoren

De criteria en weegfactoren zijn in 2019 samen met de Werkgroep Biomassa opgesteld. Dit is een iteratief proces geweest waarbij in verschillende voortgangsoverleggen de tussenresultaten met diverse leden zijn besproken en daarop zijn bijgesteld en verfijnd.

De oorspronkelijke weegfactoren en criteria zijn aangevuld en vastgelegd tijdens een bijeenkomst op 16 november 2018 te Amersfoort, waarbij vertegenwoordigers van de Waterschappen, Staatsbosbeheer en Rijkswaterstaat van de Werkgroep Biomassa aanwezig waren. In 2026 zijn deze criteria opnieuw overwogen en geactualiseerd in opdracht van de Energie- en Grondstoffenfabriek, met behulp van de workshops op 2 maart, 11 maart en 7 april. Deze criteria en weegfactoren zijn weergegeven in Tabel 3-1 en worden toegelicht in paragrafen 3.2.1 tot en met 3.1.13.

Tabel 3-1 Criteria en weegfactoren.

Weegfactor	1	3	6	9
Wat is de inzetbaarheid van deze technologie qua diversiteit aan soorten maaisel (bijv. gras, riet, waterplanten, ...)?	Uitsluitend 1 type	Meer dan 1 type	Meer dan 3 types	Alles
Wat is de minimale benodigde schaalgrootte in ton nat per jaar?	50.000 - 200.000	20.000 - 50.000	5.000 - 20.000	100 - 5.000
Is de technologie flexibel of modulair uit te rollen?	Nee	Met aanzienlijke randvoorwaarden	Met enige randvoorwaarden	Ja
Draagt een project met deze technologie bij aan het thema "Samenwerken in directe regio" of "Kleine kringloop"?	Nee	Met aanzienlijke randvoorwaarden	Met enige randvoorwaarden	Ja
Wat is het Technology Readiness Level (TRL) volgens de EU criteria?	0-3	4-5	6-7	8-9
Was is de verwachte verdringing van broeikasgassen in ton CO2 equivalenten per ton nat	Negatief	Laag	Middel	Hoog
Welke (natuurlijke) bronnen vervangt of spaart dit product of deze technologie?	geen	Landbouwareaal	Bosareaal	Fossiel
Op welk niveau in de waarde piramide bevindt zich dit product of de technologie?	Energie	chemie & materialen	Food & Feed	Pharma & fine chemicals
Zijn er voor dit product wettelijke of regelgevende beperkingen te verwachten? Bijvoorbeeld afvalstoffenwetgeving, bouwbesluit, GMP+, ...	Aanzienlijk of groot aantal beperkingen	Aanzienlijk, maar overkomelijk	Enigszins, maar overkomelijk	Geen tot nihil
Is er op dit moment of korte termijn concrete vraag uit de markt voor dit product?	Nee, wellicht op langere termijn	Mogelijk op middellange termijn	Ja, met enige randvoorwaarden	Ja, direct
Kunnen Overheden een rol nemen als Launching Customer om marktintroductie te versnellen?	Nee, wellicht op langere termijn	Mogelijk op middellange termijn	Ja, met enige randvoorwaarden	Ja, direct
Wat is de verwachte ongerealiseerde waarde van eindproducten bij deze technologie (€/ton)?	< 40	40-80	80-120	>120

3.2.1 Weegfactoren

In de matrix is ervoor gekozen om alle criteria evenredig mee te wegen. Dit betekent dat geen onderscheid wordt gemaakt in het relatieve belang van de verschillende factoren en dat elk criterium een gelijke bijdrage levert aan de eindscore. Deze keuze is gemaakt om een objectieve en transparante vergelijking tussen technieken mogelijk te maken. Eventuele prioritering vindt plaats in de interpretatiefase, waarbij waterschappen zelf accenten kunnen leggen door specifieke criteria zwaarder te laten meewegen of uit te sluiten, afhankelijk van de context en beleidsdoelen.

Criterium 1: Wat is de inzetbaarheid van deze technologie qua diversiteit aan soorten maaisel (bijv. gras, riet, waterplanten)?

Dit criterium beoordeelt in hoeverre een technologie geschikt is voor verschillende typen maaisel. Technologieën die met meerdere of alle soorten maaisel kunnen omgaan, worden hoger gewaardeerd, omdat zij flexibeler inzetbaar zijn en minder afhankelijk zijn van specifieke inputstromen. Toepassingen die slechts geschikt zijn voor één type maaisel scoren lager, vanwege de beperkte toepasbaarheid en hogere afhankelijkheid van een specifieke aanvoer.

Criterium 2: Wat is de minimale verwachte schaalgrootte in ton nat per jaar om de technologie economisch exploitabel te maken?

In de geactualiseerde matrix is bewust gekozen om kleinere minimale schaalgroottes positiever te waarderen dan grootschalige toepassingen. Een kleinere benodigde schaal (bijvoorbeeld 100–5.000 ton nat per jaar) verlaagt de instapdrempel, doordat minder maaisel hoeft te worden gebundeld en initiatieven sneller en met minder organisatorische complexiteit kunnen worden opgestart. Dit maakt het mogelijk om verwaardingsroutes ook op lokaal of regionaal niveau te implementeren, zonder afhankelijk te zijn van grootschalige logistieke structuren.

Criterium 3: Is de technologie flexibel of modulair uit te rollen?

Technologieën die flexibel en modulair zijn opgebouwd, worden in de matrix hoger gewaardeerd, omdat zij beter kunnen inspelen op variaties in maaiselstromen en gefaseerd kunnen worden opgeschaald. Dit verlaagt de investeringsdrempel en maakt implementatie realistischer binnen een waterschap context. Systemen die alleen onder vaste randvoorwaarden of op één schaalniveau functioneren, worden daarom lager beoordeeld.

Criterium 4: Draagt een project met deze technologie bij aan de thema's "Samenwerken in directe regio", of "Kleine kringloop"?

De bijdrage aan een lokale kringloop is als belangrijk criterium opgenomen, omdat uit de praktijk blijkt dat waterschappen sterk sturen op regionale verwerking en afzet. Technologieën waarbij het geproduceerde product lokaal kan worden benut, worden hoger gewaardeerd, omdat dit transport beperkt, samenwerking in de regio stimuleert en de uitvoerbaarheid vergroot. Initiatieven die afhankelijk zijn van externe afzetmarkten scoren daarom lager.

Criterium 5: Wat is het Technology Readiness Level (TRL) volgens de EU-criteria?

Diverse verwaardingsroutes bevinden zich in diverse stadia van ontwikkeling: van concept of idee fase tot lab of prototype fase tot standaard (bewezen) technologie. Ten einde de stand der techniek inzichtelijk en onderling vergelijkbaar te maken en een beeld te geven over de nog eventueel noodzakelijke ontwikkeling(stermijn), is met behulp van de Technology

Readiness Levels (TRL)²¹ de huidige status van de desbetreffende techniek aangegeven. Hiervoor zijn de TRL definities van de Europese Commissie gebruikt (zie Figuur 3-1). Hierbij zou er voor een techniek met een lagere TRL kunnen worden gekozen als waterschappen kiezen voor het opzetten van een pilot.



Figuur 3-1 Technology Readiness Levels (Europese Commissie)

Criterion 6: Wat is de verwachte verdringing van broeikasgassen in kg CO₂ equivalenten per ton nat?

Voor de meeste verwaardingsroutes is de totale CO₂ footprint (nog) niet bekend of openbaar. Voor enkele technieken zijn getallen op websites gegeven, maar de onderliggende rapporten niet beschikbaar. Uiteraard is duurzaamheid en CO₂ besparing van de verschillende verwaardingsroutes wel een belangrijk aspect. Derhalve is in het kader van deze opdracht een inschatting gedaan van de ordergrootte van de verdringing van broeikasgassen van de techniek en de eindproducten, waarbij de volgende zaken op hoofdlijnen zijn ingeschat:

1. Transport(afstanden) op basis van schaalgrootte;
2. Energiekosten voor de voornaamste bewerkingsstappen (bijv. drogen, verkleinen, ...)
3. Energetische waarde van grondstoffen of producten

Hierbij is gebruik gemaakt van literatuur die vanuit de waterschappen beschikbaar is gesteld^{22,23}. De uitkomsten zijn vertaald in een kwalitatieve indeling.

Noot:

Binnen de doelstellingen van deze en de historische opdracht is niet beoogd volledig en compleet te zijn ten aanzien van de (nauwkeurige) bepaling van de CO₂ besparing, maar is gestreefd naar schatting. Voor het doel van dit onderzoek was het daarmee mogelijk de verschillende verwaardingsroutes ten op zichte van elkaar (dus relatief) te rangschikken.

²¹ [Technology Readiness Levels \(TRL\) | RVO.nl. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

²² Provincie Fryslân. Verdieping emissies verwerkingsroutes bermmaaisel. 3 december 2020 (status concept).

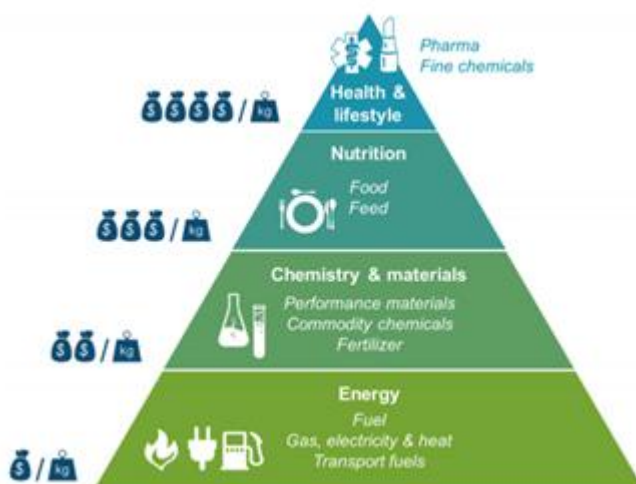
²³ Pfau, S.F. et al. Chapter 6. Life cycle greenhouse gas benefits and burdens of residual biomass from landscape management. 2019, Journal of Cleaner Production, 220, 698-706

Criterion 7: Welke (natuurlijke) bronnen vervangt of spaart dit product of deze technologie?

Dit criterium beoordeelt in hoeverre een techniek bijdraagt aan het vervangen van primaire grondstoffen. Technologieën die fossiele grondstoffen vervangen, worden hierbij het hoogst gewaardeerd, omdat deze in de praktijk doorgaans de grootste milieu-impact vertegenwoordigen. Vervanging van natuurlijke bronnen zoals bos- of landbouwareaal wordt lager gewaardeerd, terwijl toepassingen zonder vervangend effect het laagst scoren. Hiermee wordt gestuurd op maximale reductie van impact binnen het totale systeem.

Criterion 8: Op welk niveau in de waardepiramide bevindt zich dit product of de technologie?

Dit criterium beoordeelt de positie van een toepassing binnen de waardepiramide²⁴ van biomassa, waarbij hogere niveaus een grotere economische en functionele waarde vertegenwoordigen. Toepassingen in de categorie Health & lifestyle worden het hoogst gewaardeerd, gevolgd door Nutrition en Chemie & materialen. Energietoepassingen bevinden zich onderaan de piramide en worden daarom het laagst beoordeeld. Deze indeling weerspiegelt het principe dat hoogwaardige toepassingen leiden tot een efficiënter en waardevoller gebruik van biomassa. De verwaardingsroute is ingepast op een van de 4 niveaus in de waarde-piramide van de biobased economy (zie Figuur 3-2).



Figuur 3-2 Waarde-piramide biobased economy

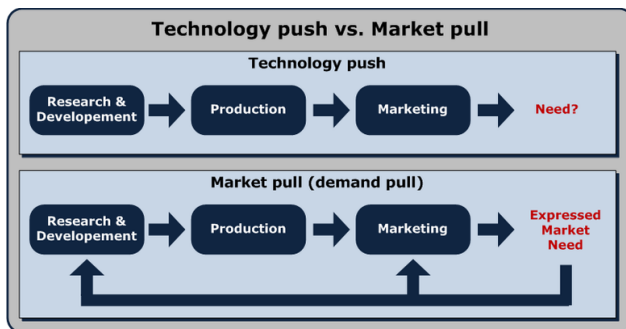
Criterion 9: Zijn er voor dit product wettelijke of regelgevende beperkingen te verwachten?

Dit criterium beoordeelt in hoeverre wet- en regelgeving een belemmering vormt voor de implementatie van een techniek. Technologieën met weinig tot geen beperkingen worden hoger gewaardeerd, omdat deze eenvoudiger en sneller realiseerbaar zijn. Naarmate er meer of zwaardere wettelijke eisen gelden, zoals vanuit afvalstoffenwetgeving, bouwbesluit of sectorspecifieke regelgeving, neemt de score af.

Criterion 10: Is er op dit moment of korte termijn concrete vraag uit de markt voor dit product?

²⁴ [Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland - De waardepiramide en cascadering in de biobased economy. Geraadpleegd op 22/04/2026](#)

Voor bestaande producten is er over het algemeen, binnen bandbreedtes, een balans tussen vraag en aanbod. Voor nieuwe product-marktcombinaties is deze balans er in de meeste gevallen niet. In de gevallen dat er binnen een verwaardingsroute met een nieuw product of nieuwe technologie meer of eerder een aanbod is dan een marktvrage (*technology push*) wordt dit als minder aantrekkelijk beschouwd dan voor situaties waarbij er wel een concrete vrage (*market pull*) vanuit de markt is (zie Figuur 3-3).



Figuur 3-3 *Technology push vs. Market pull*²⁵

Criterion 11: Kunnen Overheden een rol nemen als Launching Customer om marktintroductie te versnellen?

Dit criterium beoordeelt in hoeverre overheden een rol kunnen spelen als launching customer om de marktintroductie van een product te versnellen. Toepassingen waarbij overheden direct kunnen optreden als afnemer worden hoger gewaardeerd, omdat dit de afzetzekerheid vergroot en de opschaling versnelt. Naarmate deze rol minder direct of pas op langere termijn mogelijk is, neemt de score af. Hiermee wordt gestuurd op toepassingen die actief kunnen worden ondersteund vanuit publieke partijen.

Criterion 12: Wat is de verwachte ongerealiseerde waarde van eindproducten bij deze technologie (€/ton)?

Dit criterium beoordeelt de verwachte economische waarde van het eindproduct, uitgedrukt in euro per ton input. Toepassingen met een hogere waarde worden hoger gewaardeerd, omdat deze meer potentie hebben voor een rendabele businesscase. Lagere waarden duiden op beperkte opbrengsten en daarmee een grotere afhankelijkheid van subsidies of aanvullende inkomstenstromen. Hiermee wordt gestuurd op financieel haalbare verwaardingsroutes.

3.3 Economisch toegevoegde waarde

Van de diverse verwerkingsroutes is (nog) beperkt informatie beschikbaar over de economische haalbaarheid. Voor veel verwaardingsroutes ontbreken (openbare) bronnen of zijn deze sterk verouderd, waardoor het lastig is om een betrouwbaar en eenduidig oordeel te vormen over de economische prestaties.

Om de verwaardingsroutes toch onderling te kunnen vergelijken, is gekozen om de economisch toegevoegde waarde per route te bepalen. In de oorspronkelijke aanpak is dit gedaan op basis van:

²⁵ [De push en pull strategie uitgelegd: Wat is het verschil en wanneer gebruik je het? geraadpleegd op 22/04/2026](#)

1. Een inschatting van de opbrengst van de producten binnen een verwaardingsroute (bijvoorbeeld de hoeveelheid vezel, eiwit en sap uit gras);
2. Een inschatting van de marktwaarde van deze half- of eindproducten;
3. Een inschatting van de verwerkingskosten per ton input (zoals maaien, verkleinen, drogen en persen).

Door de opbrengsten (1) te vermenigvuldigen met de marktwaarde (2) en daar de verwerkingskosten (3) van af te trekken, ontstaat een indicatie van de economisch toegevoegde waarde per ton maaisel.

In de voorliggende actualisatie is deze methodiek behouden, maar zijn de onderliggende aannames geactualiseerd op basis van huidige marktinzichten, contact met initiatiefnemers en expertise binnen Ingenia. Hierbij is specifiek gekeken naar nieuwe prijsindicaties en actuele kostenstructuren van de verschillende technieken. Hiermee is gepoogd een beeld te creëren van de relatieve haalbaarheid en het verdienpotentieel van de verschillende verwaardingsroutes.

Noot:

Binnen de doelstellingen van deze en de historische opdracht is niet beoogd volledig en compleet te zijn ten aanzien van de (nauwkeurige) bepaling van de economische toegevoegde waarde. Daartoe is te weinig (openbare) informatie bekend. Er is gestreefd naar schatting. Voor het doel van dit onderzoek was het daarmee mogelijk is de verschillende verwaardingsroutes ten opzichte van elkaar (dus relatief) te rangschikken.

4 Uitkomsten matrix

4.1 Scenario-analyse 12 criteria

Bij deze scenario-analyse werden alle 12 de criteria meegenomen in de analyse (zie BIJLAGE C en Tabel 4-1). De keuze van de criteria weerspiegelt de afwegingskaders die waterschappen in de praktijk hanteren. Hierdoor is het logisch dat toepassingen die goed aansluiten bij deze denkwijze, met name bodemverbeteraars, relatief hoog scoren in de matrix. Deze routes maken het mogelijk om maaisel lokaal te verwerken en opnieuw in te zetten, wat aansluit bij zowel de praktische uitvoerbaarheid als de ecologische doelstellingen uit de gedragscode. De matrix laat daarmee niet alleen een technische of economische optimalisatie zien, maar ook een uitkomst die sterk wordt beïnvloed door de beleidsmatige context waarin waterschappen opereren.

De relatief lagere scores van energietoepassingen kunnen worden verklaard doordat deze minder goed aansluiten bij de criteria die voor waterschappen van belang zijn. Energie opties vereisen vaak een grotere schaal, zijn minder flexibel en dragen in mindere mate bij aan lokale kringlopen, doordat het maaisel uit het systeem wordt onttrokken en landelijk wordt ingezet voor energie, in plaats van lokaal te worden teruggebracht. Hierdoor sluiten deze routes minder goed aan bij de gebiedsgerichte en ecologische benadering die in de gedragscode en de praktijk van waterschappen centraal staat.

De relatief lagere scores van toepassingen binnen de categorie bouwmaterialen kunnen worden verklaard door de combinatie van technische, economische en praktische beperkingen. Hoewel deze toepassingen ontwikkeld zijn en de overheid zelf als klant kan fungeren, stellen deze technieken doorgaans hoge eisen aan de kwaliteit en homogeniteit van het maaisel, wat de inzetbaarheid beperkt. Daarnaast zijn vaak intensieve voorbereidingsstappen nodig, zoals gericht maaien, drogen, en persen, wat leidt tot hogere kosten en complexiteit.

De toepassing van maaisel als veevoer scoort relatief hoog in de matrix, vooral door de bestaande afzetmarkt en de relatief hoge economische waarde van producten zoals voedereiwitten. Met name sap/vezel/eiwit extractie en directe toepassing als hooi sluiten hier goed op aan.

Tegelijk zijn er duidelijke beperkingen. Niet alle typen maaisel zijn geschikt voor veevoer en de toepassing is sterk gebonden aan strenge regelgeving en kwaliteitseisen. Hierdoor is veevoer een kansrijke, maar selectieve verwaardingsroute.

Tabel 4-1 Scenario analyse 12 criteria

Toepassing	Techniek	Product	Totaal score
Veevoer	Direct	Hooi/gras	68
Veevoer	Sap/vezel/eiwit extractie	Voedereiwit, vezel, sap	73
Veevoer	Mycore mediatie	Voedermiddel	58
Bouwmateriaal	Direct	Bouwblokken	55
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Composiet	60
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Papier	47
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Isolatiemateriaal	60
Bouwmateriaal	Lignine extractie	Bitumen	57
Bodemverbeteraar	Direct - op de bodem	Hooi/gras	63
Bodemverbeteraar	Direct - in de bodem	Veen	69
Bodemverbeteraar	Fermentatie	Bokashi	75
Bodemverbeteraar	Composteren (kleinschalig)	Compost	73
Bodemverbeteraar	Composteren (grootschalig)	Compost	73
Bodemverbeteraar	Sap/vezel/eiwit extractie	Veenervanger	58
Energie	Vergisting	Biogas, digestaat	73
Energie	Fermentatie	Bio-ethanol	59
Energie	Verbranding	Energie	52
Energie	Vergassing	Syngas	65
Energie	Pyrolyse	Syngas, bio-olie, biochar	65
Energie	Torrefactie	Biochar, syngas	56

5 Discussie

Uit de scenario analyse kan geconcludeerd worden dat de uitkomsten sterk worden bepaald door de gekozen criteria, hierbij zien we dat lokaal toepasbare, flexibele en schaalbare oplossingen winnen, en niet de technisch meest geavanceerde of hoogste verwaardiging van maaisel. Hierbij zien we dat minder complexe toepassingen zoals bodemverbetersaars het sterkst naar boven komen.

5.1 Weging criteria

Het is belangrijk om te benadrukken dat de gehanteerde criteria geen vaste of harde beoordelingskaders vormen, maar richtinggevend zijn voor de analyse. De uiteindelijke weging en interpretatie van deze criteria kunnen per waterschap verschillen, afhankelijk van beleidsdoelen en ambities. Zo kan een lagere score op bijvoorbeeld het Technology Readiness Level (TRL) in deze analyse duiden op een minder ver ontwikkelde techniek, maar voor sommige waterschappen juist aanleiding zijn om in te zetten op innovatie en het starten van pilots. In die context kan een lagere TRL juist als kans worden gezien in plaats van een beperking. Daarnaast kan voor een waterschap de respectievelijke weging van de scores belangrijk zijn. In de huidige vorm worden de criteria 'samenwerken in de regio' en 'wettelijke of regelgevende beperkingen' even zwaar meegenomen, terwijl voor een waterschap wellicht de één voorwaardelijk is, en de ander slechts invloed hebben op de praktische invulling.

De matrix dient daarmee niet als een definitieve rangschikking, maar als een flexibel afwegingsinstrument dat ruimte laat voor maatwerk en strategische keuzes. Praktisch kan dit zich bijvoorbeeld vertalen naar het selecteren van uitsluitend de technieken met de hoogste scores op een bepaald criterium dat voor dat respectievelijke waterschap als voorwaardelijk of het meest belangrijk geldt.

5.2 Invloed van onzekerheid op complexere technieken

De lagere scores van meer complexe verwaardingsroutes kunnen deels worden verklaard door de grotere mate van onzekerheid die met deze technieken gepaard gaat. Dit betreft onder andere onzekerheden rondom technologische prestaties, schaalbaarheid, kostenstructuur, marktvraag en regelgeving. Doordat deze factoren in de matrix expliciet worden meegewogen, komen technieken met een hogere complexiteit en een lagere mate van ontwikkeling sneller in een lagere classificering terecht.

Dit betekent niet dat deze technieken geen potentie hebben, maar dat zij binnen de huidige systematiek minder gunstig scoren vanwege de grotere risico's en onzekerheden die samenhangen met implementatie. De matrix belooft daarmee in de praktijk vooral robuuste en bewezen oplossingen, terwijl meer innovatieve of experimentele technieken pas bij verdere ontwikkeling en opschaling hoger zullen scoren.

5.3 Actualisering hoeveelheid maaisel

In het kader van deze actualisatie is geprobeerd deze cijfers te actualiseren op basis van recente data en input vanuit de waterschappen. Hierbij is echter gebleken dat er geen eenduidige en actuele landelijke dataset beschikbaar is die de bestaande cijfers betrouwbaar kan vervangen of aanscherpen. Wel is de nieuwe gedragscode voor waterschappen meegenomen in de beoordeling. Op basis van een inventarisatie geven waterschappen aan dat deze gedragscode niet direct leidt tot een significante toename van de hoeveelheid vrijkomend maaisel.

Daarmee wordt geconcludeerd dat, ondanks veranderingen in beheer en regelgeving, de ordergrootte van de beschikbare hoeveelheden maaisel naar verwachting vergelijkbaar lijkt met eerdere inschattingen. De bestaande STOWA-cijfers blijven daarmee een bruikbare referentie voor de verdere analyse, met de kanttekening dat sprake is van een indicatieve en mogelijk conservatieve benadering.

5.4 CO₂ berekeningen

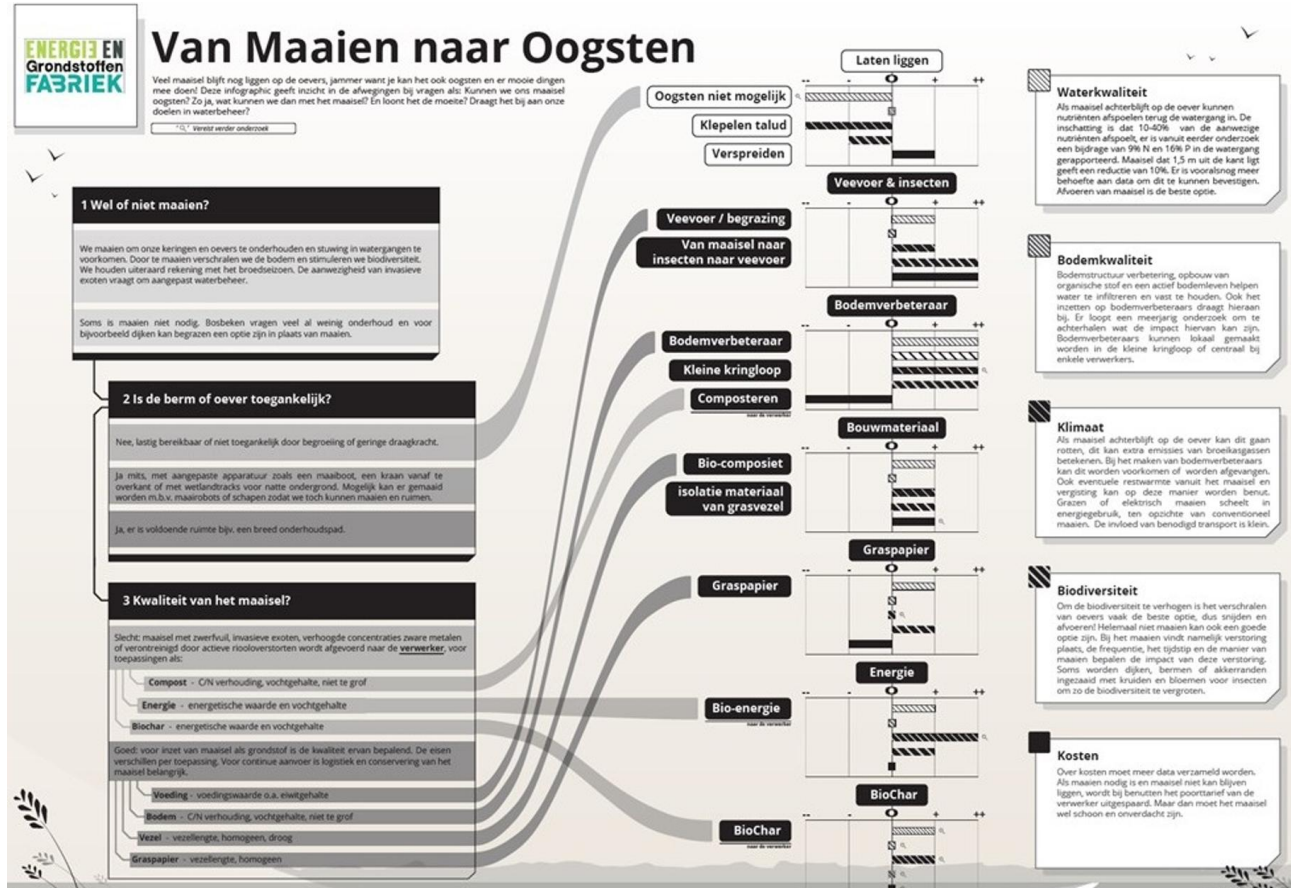
De opzet in de vorige matrix betrof een berekening van de CO₂ uitstoot op basis van gemiddelde transportkilometers en het energieverbruik van de techniek, vergeleken met de CO₂ uitstoot van het product dat werd vervangen met het (voornaamste) eindproduct van de techniek. Aangezien in de workshops duidelijk werd uitgesproken dat uitsluitend betrouwbare en herleidbare gegevens gewenst waren, maar de omvang van de huidige opdracht geen intensief CO₂-onderzoek of -berekeningen omvatte, is ervoor gekozen om slechts een kwalitatieve indicatie te geven van de vermeden CO₂ emissies per techniek.

Hoewel dit voldoende inzicht biedt voor een relatieve vergelijking, betekent dit ook dat de klimaatimpact van de verschillende verwaardingsroutes niet duidelijk wordt uit deze matrix en de uitkomsten ook als zodanig moeten worden geïnterpreteerd. Verdere verdieping, bijvoorbeeld in de vorm van een gedetailleerde life cycle analysis (LCA), is nodig om de CO₂-effecten nauwkeuriger vast te stellen.

5.5 Kosten en baten berekeningen

Ook de baten en kosten zijn geactualiseerd en berekend ten behoeve van de matrix. De getallen zijn herzien op de basis van de huidige markt en openbaar beschikbare prijsindicaties, aangevuld met de actuele expertise van Ingenia. Het betreft dus over het algemeen geen specifieke marktprijs van een specifiek product of producent. Dit is verder vertaald naar de bruto toegevoegde waarde per techniek. De kostenstructuur is overgenomen uit de oude matrix. Gezien de geringe omvang van de opdracht en het in kaart brengen van de kosten niet het doel van deze matrix betreft, moeten deze getallen ook uitsluitend indicatief en relatief worden beoordeeld. Daarnaast geven nieuwe initiatieven die zijn opgezet vaak een rooskleuriger beeld van de bruto toegevoegde waarde van de producten die zij uit maaisel halen. Dit was dan ook terug te zien uit de oude matrix waar hoog scorende toepassingen die op de markt waren gebracht deels failliet zijn gegaan. De gebruikte kosten, baten en berekeningen zijn inzichtelijk gemaakt, zodat waterschappen bij het in kaart brengen van mogelijke pilots de informatie kunnen aanvullen indien gedetailleerdere informatie beschikbaar is.

BIJLAGE A Infographic Van Maaien naar Oogsten



BIJLAGE B Overzicht verwaardingsroutes

Toepassing	Techniek	Product
Veevoer	Direct	Hooi/gras
Veevoer	Sap/vezel/eiwit extractie	Voedereiwit, vezel, sap
Veevoer	Mycore mediatie	Voedermiddel
Bouwmateriaal	Direct	Bouwblokken
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Composiet
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Papier
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Isolatiemateriaal
Bouwmateriaal	Lignine extractie	Bitumen
Bodemverbeteraar	Direct	Vers gras
Bodemverbeteraar	Direct	Veen
Bodemverbeteraar	Drogen	Hooi
Bodemverbeteraar	Fermentatie	Bokashi
Bodemverbeteraar	Composteren (kleinschalig)	Compost
Bodemverbeteraar	Composteren (grootschalig)	Compost
Bodemverbeteraar	Sap/vezel/eiwit extractie	Veenervanger
Energie	Vergisting	Biogas, digestaat
Energie	Fermentatie	Bio-ethanol
Energie	Verbranding	Energie
Energie	Vergassing	Syngas
Energie	Pyrolyse	Syngas, bio-olie, biochar
Energie	Torrefactie	Biochar, syngas

BIJLAGE C Scenario analyse op basis van 12 criteria

Toepassing	Techniek	Product	Totaal score
Veevoer	Direct	Hooi/gras	68
Veevoer	Sap/vezel/eiwit extractie	Voedereiwit, vezel, sap	73
Veevoer	Mycore mediatie	Voedermiddel	58
Bouwmateriaal	Direct	Bouwblokken	55
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Composiet	60
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Papier	47
Bouwmateriaal	Vezel extractie	Isolatiemateriaal	60
Bouwmateriaal	Lignine extractie	Bitumen	57
Bodemverbeteraar	Direct - op de bodem	Hooi/gras	63
Bodemverbeteraar	Direct - in de bodem	Veen	69
Bodemverbeteraar	Fermentatie	Bokashi	73
Bodemverbeteraar	Composteren (kleinschalig)	Compost	73
Bodemverbeteraar	Composteren (grootschalig)	Compost	73
Bodemverbeteraar	Sap/vezel/eiwit extractie	Veenervanger	58
Energie	Vergisting	Biogas, digestaat	73
Energie	Fermentatie	Bio-ethanol	59
Energie	Verbranding	Energie	52
Energie	Vergassing	Syngas	65
Energie	Pyrolyse	Syngas, bio-olie, biochar	65
Energie	Torrefactie	Biochar, syngas	56

BIJLAGE D Geraadpleegde literatuur

¹ *Een studie naar kansen voor grasvergisting*, RVO (2014)

Copini, T. (2016). *Portfolio Biomassa, status quo van de valorisatie van biomassa reststromen bij natuurbeherende organisaties in Nederland*.

ECN, DNV GL. (2016). *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2017*.

Innovatie Agro & Natuur, WUR. (2016). *Geraffineerd voeren*.

KNN. (2016). *Bermgras, Analyse van kansrijke verwaardingsroutes voor bermgras van de Gemeente Groningen*.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2015). *Gras benutten als substraat voor vergisting*.

SKAO, Stimular, Connekt, Milieu Centraal en het ministerie IenW. (2018). *Lijst emissiefactoren*. Opgehaald van CO2 Emissiefactoren: <https://www.co2emissiefactoren.nl/>

Staatsbosbeheer. (2017). *Jaarverslag 2017*.

STOWA. (2017). *Literatuurstudie waarde halen uit groenresten in het waterbeheer*.

STOWA. (2018). *Praktijkonderzoek bioraffinage*.

WUR. (2010). *Levenscyclusanalyse groencompost*.

WUR. (2014). *Biomassapotentie Rijkswaterstaat, Analyse van hoeveelheden en huidige toepassing*.