



Biobased grondstoffen voor hoogbouw

Geïndustrialiseerde modulaire en lage emissie hoogbouw in de G4

Martien van den Oever, Yvette Telleman, Arjen van Kampen (WFBR), Marcel van der Voort,
Rommie van der Weide (WPR), Sven van Baren, Silke Jacobs (WEnR)

OPENBAAR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Biobased grondstoffen voor hoogbouw

Geïndustrialiseerde modulaire en lage emissie hoogbouw in de G4

Auteurs: Martien van den Oever, Yvette Telleman, Arjen van Kampen (WFBR), Marcel van der Voort, Rommie van der Weide (WPR), Sven van Baren, Silke Jacobs (WEnR)

Instituut: WFBR, WPR, WEnR

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Research, in opdracht van AMS en gesubsidieerd en gefinancierd via het programma 'Emissieloos bouwen'.

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, maart 2024

Openbaar

Rapport 2551

DOI: 10.18174/651629

WFBR Project nummer: 6220136500

Versie: Definitief

Reviewer: Harriette Bos

Goedgekeurd door: Jan Jetten

Uitgevoerd door: Wageningen Food & Biobased Research

In opdracht van: AMS

Gesubsidieerd en gefinancierd via: Programma 'Emissieloos bouwen'

Dit rapport is: Openbaar

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Food & Biobased Research is het niet toegestaan:

- a. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;
- b. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of Wageningen Food & Biobased Research, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;
- c. de naam van Wageningen Food & Biobased Research te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport is op objectieve wijze uitgevoerd door onderzoekers die onpartijdig zijn ten opzichte van de opdrachtgever(s) en sponsor(s). Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/651629> of op www.wur.nl/wfbr (onder WFBR publicaties).

© 2024 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr. Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

Samenvatting	8
1 Inleiding	11
2 Volumebehoefte aan bouwmaterialen	13
2.1 Woningbouwopgave en biobased ambities	13
2.1.1 G4	13
2.1.2 Nederland	14
2.2 Materiaalbehoefte voor biobased (hoog)bouw, per woning	14
2.2.1 Simulatie van biobased bouwsystemen voor hoogbouw door TU Delft	15
2.2.2 Synthese – Hoeveelheden biobased materialen voor verdere berekeningen	16
2.3 Totale materiaalbehoefte voor biobased woningen in G4 en Nederland	17
2.3.1 Vergelijking met bestaande marktvraag	18
2.3.2 Omrekening van volume (m ³) naar gewicht (ton)	18
3 Hout en biobased bouw	19
3.1 Cross laminated timber (CLT)	19
3.1.1 Wat is CLT?	19
3.1.2 Welk hout wordt op dit moment toegepast in CLT?	20
3.1.3 Kwaliteitseisen hout in CLT bouw	21
3.1.4 CLT bouw concepten en aanbieders	21
3.1.5 Toekomstige ontwikkelingen in CLT	22
3.2 Houtskeletbouw (HSB)	23
3.2.1 Wat is HSB?	23
3.2.2 Welke houtsoorten worden toegepast in HSB?	23
3.2.3 Kwaliteitseisen hout in HSB bouw	23
3.2.4 HSB bouw concepten en aanbieders	24
3.2.5 Toekomstige ontwikkelingen HSB in hoogbouw	25
3.3 Plaatmateriaal	25
3.3.1 Typen plaatmaterialen	25
3.3.2 Plaatmaterialen en aanbieders	26
3.3.3 Kwaliteitseisen plaatmaterialen	26
3.3.4 Welke biomassa kan worden toegepast in plaatmateriaal?	27
3.3.5 Toekomstige ontwikkelingen plaatmateriaal in hoogbouw	28
3.4 Isolatiemateriaal	28
3.4.1 Typen isolatiematerialen	28
3.4.2 Isolatiematerialen en aanbieders	29
3.4.3 Kwaliteitseisen isolatiematerialen	29
3.4.4 Welke biomassa kan worden toegepast in isolatiemateriaal?	30
3.4.5 Brandveiligheid	32
3.4.6 Toekomstige ontwikkelingen isolatiematerialen	32
4 Productie hout	33
4.1 Huidige productie en gebruik hout in Nederland	33
4.2 Van hout naar product (incl. conversiefactoren)	34
4.3 Benodigde hoeveelheid hout voor biobased bouw in G4 en Nederland	37
4.4 Mogelijkheden tot verhogen houtbeschikbaarheid in Nederland	38
4.4.1 Opschalen oogst in Nederland	38
4.4.2 Toepassen houtachtige reststromen in Nederland	41
4.5 Productie hout in Europa	42
4.6 Conclusie	43
5 Productie vezelgewassen en –reststromen	45
5.1 Gewassen voor biobased bouwmaterialen	45

5.1.1	Stro van gerst, tarwe, haver en rogge	47
5.1.2	Stro van korrelmaïs, koolzaad en triticale	48
5.1.3	Vlas, hennep en brandnetel	50
5.1.4	Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass	51
5.1.5	Bermgras, zonnekroon en sorghum	53
5.1.6	Conclusie teelt en reststromen	55
5.2	Overige reststromen voor biobased bouwmaterialen	56
5.3	Emissies en duurzaamheid bij teelt	57
5.3.1	Stro van gerst, tarwe, haver en rogge	58
5.3.2	Stro van korrelmaïs, koolzaad en triticale	58
5.3.3	Bermgras, zonnekroon en sorghum	59
5.3.4	Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass	59
5.3.5	Vlas, hennep en brandnetel	60
5.3.6	Stikstofemissies bemesting en grondbewerking	60
5.3.7	Conclusie emissies en duurzaamheid	61
5.4	Van vezelgewas tot product (conversiefactoren en schaalgrootte)	62
5.4.1	Spaanplaat op basis van lignocellulose	62
5.4.2	Inblaas-isolatie op basis van lignocellulose	63
5.4.3	Isolatiebekens op basis van hennep- en vlasvezel	64
5.5	Mogelijkheden tot verhogen teelt vezelgrondstoffen in Nederland	65
5.5.1	Opschalen teelt gewassen in Nederland t.b.v. plaatmaterialen	65
5.5.2	Opschalen teelt gewassen in Nederland t.b.v. isolatiematerialen	66
5.5.3	Opschalen verwerkingscapaciteit in Nederland	69
5.5.3.1	Plaatmaterialen	69
5.5.3.2	Inblaasisolatie	69
5.5.3.3	Isolatiebekens	69
5.6	Conclusie	69
6	Prioriteringsmatrix	71
6.1	Hout	71
6.2	Vezelgewassen en reststromen	73
6.2.1	Plaatmateriaal	73
6.2.2	Isolatiebekens	76
6.2.3	Inblaasisolatie	78
6.2.4	Prioritering waardeketens	80
7	Beleid biobased bouwen en teelt van biograndstoffen	81
7.1	Landbouwbeleid	81
7.1.1	Europees landbouwbeleid	81
7.1.2	Nationaal landbouwbeleid	83
7.2	Beleid en wetgeving biobased bouwen	84
7.2.1	Bouwbesluit en MPG	84
7.2.2	Stimuleringsbeleid circulair en biobased bouwen	85
7.2.3	Nationale Aanpak Biobased Bouwen	85
7.3	Ruimtelijk beleid	86
7.3.1	Nota Ruimte	86
7.4	Beleid reststromen	87
7.4.1	Nationaal Programma Circulaire Economie	87
7.4.2	Biomassareststromen	87
7.4.3	Textiel	89
7.5	Klimaatbeleid in relatie tot biobased bouwmaterialen	89
7.5.1	Certificeringskader voor koolstofverwijdering (EU)	89
7.6	Bosbeleid	90
7.7	Conclusies	90

8	Conclusies	92
8.1	Prioritering waardeketens	92
8.2	Beleid en interventies	94
8.2.1	Acties	95
	Literatuur	97
Annex 1	Materiaalbehoefte voor biobased (hoog)bouw	100
Annex 2	Uitgangspunten KWIN-AGV	102

Samenvatting

De vier grote steden in Nederland (G4) hebben de ambitie om de emissies in de bouw terug te brengen. Het betreft hier zowel broeikasgas emissies als fijnstof en stikstof. Binnen het project Geïndustrialiseerde Modulaire en Lage Emissie Hoogbouw onderzoekt een consortium van partners voor de G4-gemeenten hoe deze emissies gereduceerd kunnen worden, met name in de hoogbouw. De toepassing van biobased bouwmaterialen in de hoogbouw kan aanzienlijke emissievoordelen opleveren als gevolg van lager energieverbruik tijdens productie, lagere transportkosten t.g.v. een lager soortelijk gewicht in vergelijking met staal en beton en (tijdelijke doch langdurige) biogene koolstofopslag in biobased materialen. In dit onderzoek heeft Wageningen Research gekeken naar mogelijkheden voor toepassing van biobased materialen in de hoogbouw. Er is gekeken naar het gebruik van hout, spaan- en OSB (oriented strand board)-platen en biobased isolatie. Voor deze materialen is gekeken naar specifiek de grondstofbeschikbaarheid en vervolgens de opties tot grondstofvermeerdering en opschaling.

Startpunt voor deze studie is het aanpalende werk dat binnen hetzelfde project door TU Delft gedaan is aan bouwsystemen en wat heeft geresulteerd in inzicht in de meest materiaal-efficiënte bouwmethodes met biobased materialen voor de hoogbouw. Voor gebouwen tot 60 meter is een Cross-Laminated Timber (CLT)-bouwmethode als uitgangspunt genomen. Een meer materiaal-efficiënte hoogbouw (kolom- en balkmethode) is technisch haalbaar, maar binnen de huidige hout hoogbouw praktijk zullen gebouwen tot 60 meter vaak in CLT-constructies worden gerealiseerd. Voor gebouwen tot 30 meter wordt de kolom- en balk (bestaande uit glued laminated timber ofwel Glulam) methode met CLT vloeren aangehouden. Voor grondgebonden woningen wordt een houtskeletbouw (HSB)-methode aangehouden. Vanaf 60 meter is het waarschijnlijk niet meer efficiënt om alleen in hout te bouwen en worden combinaties met beton of staal waarschijnlijk beter. In de praktijk is het aantal gebouwen hoger dan 60 meter in de G4 (en zeker in de rest van Nederland) beperkt.

Op basis van een opgave van de G4-gemeenten over hun aandeel hoogbouw in hun totale bouwopgave, een breed aantal referentie cases in houtbouw en de totale jaarlijkse bouw van 60.000 woningen in Nederland, is een schatting gemaakt van de hoeveelheden hout, zowel gezaagd hout als Glulam en CLT (356.000 m³, ofwel 166.000 ton), OSB (37.000 m³, ofwel 23.000 ton), spaanplaat (35.000 m³, ofwel 23.000 ton) en isolatie (835.000 m³, ofwel 33.400 ton isolatiedekens, ofwel 83.500 ton inblaasisolatie) die per jaar nodig zijn om deze doelstelling voor Nederland te realiseren. Om aan deze vraag naar biobased materialen te kunnen voldoen, zijn voldoende biograndstoffen nodig. Deze kunnen afkomstig zijn uit de bosbouw, landbouw (vezelgewassen) of reststromen die vrijkomen uit landschappen of bestaande biobased industrieën.

Beschikbaarheid biograndstoffen en prioritering waardeketens

Op korte termijn kan de Europese houtgebaseerde industrie vrijwel alle materialen leveren die nodig zijn om de Nederlandse hoogbouw meer biobased te maken. Waar hout-, spaan- en OSB-platen al voornamelijk uit hout worden geproduceerd en voldoen aan alle normen en eisen, blijkt dat ook houtvezelisolatiedekens behoren tot de best presterende biobased isolatiematerialen. Hierdoor wordt het mogelijk om biobased hoog te bouwen met een minimaal extra beslag op het gebruiksoppervlak (50% dikkere isolatielaag) ten opzichte van het best presterende isolatiemateriaal, fossiel gebaseerd PIR. Op langere termijn is het onwenselijk om alleen biobased materialen uit de Europese houtproductie en verwerkende industrie te betrekken. Niet alleen wordt het beschikbare areaal onzekerder als gevolg van klimaatverandering (bijv. letterzetter in fijnspar), ook zal de vraag naar hout toenemen als gevolg van toenemende interesse in houtbouw op Europees niveau.

Daarom is gekeken naar vezelteelt en overige reststromen om in de biobased grondstofbehoefte te voorzien. Om met vezelteelt bij te dragen aan de doelstelling om 30% van de nieuwbouw in biobased te realiseren is opschaling van het vezelareaal nodig. Hennep en vlas hebben als rotatiegewas in principe een positief teeltsaldo dat vergelijkbaar is met graangewassen of zelfs aanzienlijk hoger (vlas). Door additionele toeslagen uit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) en het toekennen van carbon credits op langdurig toegepaste biobased materialen in de bouw kan in de (nabije) toekomst dit saldo aanzienlijk hoger worden. Tegelijkertijd wordt binnen de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) gewerkt aan het verbeteren van condities voor vezelteelt en opschaling, waardoor het saldo nog verder kan verbeteren. Hierbij kiest NABB ook voor een regionale aanpak waarin de boer geen gewone *commodity supplier* meer is, maar een gelijkwaardig deel van

de opbrengst uit de waardeketen ontvangt. Dit kan resulteren in korte en transparante waardeketens waarin prijzen voor biomassa hoger kunnen uitvallen, omdat deze eerlijker verdeeld worden in de keten. Al deze factoren bij elkaar maken ook het meerjarige, lage-input en hoge-opbrengstgewas *Miscanthus* tot een interessante teelt, waarschijnlijk met het grootste potentieel als vervanging van grasland/maisteelt in de veehouderij.

De factoren waarmee de huidige arealen van deze gewassen moet worden opgeschaald om aan de nieuwbouw doelstellingen (30% biobased) te voldoen zijn 2.5 – 7 voor spaanplaten op basis van hennepscheven en *Miscanthus*; 8 – 40 voor isolatiedekens op basis van hennep en vlas; en 2 – 45 voor inblaaisolatie op basis van maïsstro en *Miscanthus*. Daarbij dient opgemerkt dat de plaatmaterialen op basis van alternatieve biogroundstoffen nog niet voldoen aan de EN312 norm voor constructieve platen. Vooral zwelgedrag is hier nog een horde die genomen moet worden. Voor isolatiemateriaal zijn vooral isolatiedekens uit vlas, hennep en gras (en houtvezel) goede kandidaten, vanwege hoge isolerende waarde en beperkt ruimtebeslag in hoogbouw. Vlas en hennep zijn gekende teelten met bestaande industrie voor de productie van isolatiedekens.

Reststromen hebben qua beschikbaarheid geen opschaling nodig om in de biobased nieuwbouw behoeften te voorzien. Oud papier, resthout en textiel zijn zodanig omvangrijke reststromen dat slechts 1-10% hiervan ingezet zou hoeven worden om in isolatie- of plaatmateriaalbehoefte voor de nieuwbouw te voorzien. Voor inblaaisolatie en isolatiedekens zijn de industrieën om uit deze reststromen producten te maken wel aanwezig, maar zitten deze voornamelijk in het buitenland. Isolatiedekens uit oud papier en textiel behoren tot de best presterende biobased isolatiedekens qua isolatiewaarde en kunnen op dit moment geproduceerd worden (in het buitenland). Bij toenemende vraag kan mogelijk een fabriek voor isolatiedekens in Nederland worden opgezet. Biobased inblaaisolatie op basis van graanstro en *Miscanthus* wordt momenteel al op kleine schaal in Nederland geproduceerd en toegepast.

Beleid en interventies

De houtbouw is een bestaande bouwmethode en sector in Nederland met een ontwikkelde toeleverketen, voornamelijk op basis van hout uit Europa. Bevorderen van houtbouw gaat echter voornamelijk via vrijwillige beleidsinstrumenten, zoals convenanten, samenwerking, duurzaam inkoopprogramma's en vrijwillige standaarden (bijv. 'Het Nieuwe Normaal') waarin de houtbouw mogelijk beter tot zijn recht komt. Het doorontwikkelen (bijvoorbeeld binnen de Green Deal Houtbouw) van een standaard voor materiaal-efficiënte hout hoogbouw, bijvoorbeeld via de kolom- en balkmethode waarin biobased plaatmateriaal (hout/hennep/vlas) en vezelisolatiedekens een prominente rol hebben, kan helpen om materiaal-efficiënte biobased hoogbouw te bevorderen en productie van zowel hout- als vezelgebaseerde biobased materialen te stimuleren.

Om ook bij toenemende vraag uit het buitenland naar biobased bouwmaterialen te kunnen blijven voldoen aan de vraag in Nederland en om in te spelen op een in de toekomst mogelijke afnemende beschikbaarheid van hout, wordt geadviseerd een tweesporenbeleid in te zetten. Door in te zetten op zowel reststromen (resthout, stro, oud textiel, gerecycled papier) als vezelteelt kan snel een kritische massa aan grondstoffen worden gemobiliseerd waarmee de haalbaarheid van een multi-stroom (600.000 m³/jaar) of mono-stroom (30.000 m³/jaar) plaatmateriaal fabriek kan worden verhoogd. Ook de haalbaarheid van een isolatiedekenfabriek (voor hoogbouw vraagt isolatiedeken minder ruimte dan inblaaisolatie) in Nederland kan hiermee flink toenemen.

Voor vezelteelt is op dit moment in Nederland veel aandacht. Er is een speciaal programma, NABB, ingericht om vezelteelt (en vezelreststromen zoals stro) en -verwerking richting plaat- en isolatiemateriaal op te schalen. Aanvullend aan en in coördinatie met NABB zal ook een spoor opgezet kunnen worden dat zich actief richt op het beschikbaar maken van overige reststromen voor bouwmaterialen. Voor de reststromen zoals afvalhout, snoeihout, gras en textiel geldt net als voor hout dat deze feitelijk al beschikbaar zijn en vaak bewezen geschikt zijn voor isolatie- en plaatmateriaal. Zelfs wanneer slechts een fractie van deze materialen extra beschikbaar gemaakt kan worden voor toepassing in de bouw, dan nog kan dit een grote bijdrage leveren aan de Nederlandse doelstelling van 30% biobased bouw in 2030. Het creëren van *level playing field* voor materiaaltoepassingen voor deze reststromen is van groot belang, omdat deze nu vaak nog worden verbrand in bio-energie centrales of afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). De verwerkingsmarkt voor reststromen is daarmee te veel ingericht op energieproductie (=duurzame energie). Tijdelijke biogene koolstofopslag en

circulariteit zou een plek kunnen krijgen in reststromenbeleid. Bijvoorbeeld via het vormgeven van een nieuwe regeling met aandacht voor CO₂-credits.

1 Inleiding

De vier grote steden in Nederland (G4) hebben de ambitie om de emissies in de bouw terug te brengen. Het betreft hier zowel broeikasgas emissies als fijnstof en stikstof. Binnen het project *Geïndustrialiseerde modulaire en lage emissie hoogbouw in de G4* onderzoekt een consortium van partners hoe deze emissies gereduceerd kunnen worden. De toepassing van biobased bouwmaterialen kan een belangrijke bijdrage leveren aan het reduceren van deze emissies. Deze emissievoordelen van biobased bouwmaterialen komen voort uit:

- een lager energiegebruik tijdens productie
- lager (soortelijk) gewicht t.o.v. beton, met gevolg lagere uitstoot tijdens transport en handling
- opname van CO₂ uit de atmosfeer tijdens de teelt van biograndstoffen en vervolgens langdurig opslag van deze CO₂ bij toepassing van het bouw materiaal
- de relatief extensieve teelten die nodig zijn voor de productie van vezelgewassen en hout.

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de grondstofbeschikbaarheid voor biobased bouwmaterialen en de opties voor het vermeerderen van deze grondstoffen en het opschalen van de bouw materiaalproductie.

Ondanks dat hout al sinds jaar en dag een bewezen bouw materiaal is, heeft het toch een relatief bescheiden aandeel in de Nederlandse woningbouw. Het aandeel hout in Nederlandse huizenbouw bedraagt circa 2%¹. Het aandeel overige biobased bouwmaterialen is lager en bedraagt waarschijnlijk niet meer dan 0,1%. Dit is zeker niet het gevolg van een gebrek aan biobased producten op de markt, maar vanwege verschillende factoren die in het nadeel werken van biobased materialen. Zo spelen beton en staal nog steeds een centrale rol in de hedendaagse bouwpraktijk, worden architecten en bouwers nog steeds vooral opgeleid met deze materialen en zijn er vaak vooroordelen ten opzichte van biobased bouwmaterialen. Ook zijn biobased bouwmaterialen – behalve hout – nog op relatief kleine schaal beschikbaar en daardoor nog minder bekend in de markt, waardoor ze vaak *het nadeel van de twijfel* krijgen in bouwprojecten. Hierdoor profiteren biobased bouwmaterialen ook nog niet van de schaalvoordelen die gangbare bouwmaterialen hebben en staan ze bijvoorbeeld minder vaak in de Nationale Milieudatabase (NMD).

Ook voor de hoogbouw – in dit project gedefinieerd als hoger dan 30 m – zijn bouwmethoden beschikbaar op basis van hout en andere biobased bouwmaterialen, zoals Cross Laminated Timber (CLT) en Kolom en balkbouw m.b.v. gelamineerd hout (Glulam) in combinatie met houtskeletbouw (HSB) elementen. Beide bouwsystemen worden steeds vaker toegepast en vooral CLT is voor de hoogbouw een gangbare bouw methode. Biobased bouwmaterialen, zoals isolatie en plaatmaterialen, kunnen juist vaak goed in combinatie met HSB worden toegepast. Gegeven dat biobased hoogbouw op dit moment weliswaar mogelijk is, maar nog allesbehalve de standaard, richt dit rapport zich op twee onderzoeksvragen:

1. Welke gewas-product combinaties kunnen het beste opgeschaald worden? Wat is de huidige situatie en wat zijn veelbelovende ontwikkelingen die voor biobased hoogbouw relevant kunnen zijn?
2. Wat is de capaciteit voor opschaling en welke acties zijn er nodig om deze opschaling het snelst te kunnen laten plaatsvinden?

Voor de beantwoording van deze vragen zal de gehele keten worden bekeken (van grondstof tot bouw materiaal en uiteindelijk gebouw). Dit rapport kijkt in detail naar de waardeketens voor hout (voor toepassing in CLT, Glulam en HSB), vezelgewassen en reststromen (voor toepassing in plaatmateriaal en isolatiemateriaal). Hierbij zal voor iedere stap in de waardeketen (teelt, conversie, materiaalproductie, toepassing) zoveel mogelijk kwantitatief worden beoordeeld wat nu en in de (nabije) toekomst het potentieel voor productie van biobased bouwmaterialen is.

De eerste onderzoeksvraag hangt samen met de grondstof beschikbaarheid. Op basis van bouwtechnische en bouwfysische eisen voor modulaire hoogbouw zal in kaart worden gebracht welke biobased materialen hiervoor geschikt (te maken) zijn en in hoeverre de grondstoffen hiervoor beschikbaar zijn in Nederland en Europa. Er zal gekeken worden naar type grondstofstromen en hun afkomst en hun volume en kwaliteit in relatie tot de

¹ Catalogus biobased bouwmaterialen, <https://edepot.wur.nl/461687>

relevante schaal en eisenpakket voor de toepassing (lokaal, landelijk, regionaal). Hierbij wordt voortgebouwd op onderzoek dat WR de afgelopen jaren heeft uitgevoerd. Vervolgens worden grondstoffen geprioriteerd op basis van technische eigenschappen, beschikbaarheid, mogelijkheden voor vermeerdering en economische haalbaarheid.

De tweede onderzoeksvraag hangt samen met de mogelijkheden tot het vermeerderen van de geprioriteerde grondstoffen in de toekomst (2030-2050) in relatie tot de verwachte marktvraag en typische schaalgrootte van conversieprocessen. Ook onderzoeken we het huidige beleid ten aanzien van biobased bouwmaterialen om uiteindelijk in combinatie met de keteninventarisatie tot aanbevelingen te komen voor interventies die gedaan kunnen worden.

Opzet rapport

Het rapport is opgebouwd als volgt:

- Hoofdstuk 2, Volumebehoefte aan bouwmaterialen: In dit hoofdstuk wordt een prognose gemaakt van het aantal te bouwen woningen in de G4 en in Nederland, type woningen, volumebehoefte aan bouwmaterialen per type woning en uiteindelijk de totale volumes aan biobased materiaalbehoefte die dit met zich meebrengt.
- Hoofdstuk 3, Hout en biobased bouw: Hier worden de belangrijkste houtbouwconcepten CLT en HSB in meer detail geïntroduceerd, de huidige marktsituatie beschreven en de materiaaleisen die gelden voor hout geanalyseerd. Hetzelfde wordt gedaan voor biobased isolatie- en plaatmateriaal.
- Hoofdstuk 4, Productie hout: Hier worden de huidige beschikbare arealen en volumes aan bosbouw in Nederland en daarbuiten in kaart gebracht. Ook wordt gekeken naar de mogelijkheden voor opschaling van houtproductie in Nederland, o.a. op basis van houtachtige reststromen.
- Hoofdstuk 5, Productie vezelgewassen en -reststromen: De verschillende vezelgewassen en reststromen die gebruikt kunnen worden voor de productie van isolatie en plaatmaterialen worden beschreven wat betreft beschikbaarheid, teeltomstandigheden en opschalingspotentieel, economie en duurzaamheid van de gewassenteelt.
- Hoofdstuk 6, Prioriteringsmatrix: In dit hoofdstuk worden de data uit de voorgaande hoofdstukken middels een prioriteringsmatrix geanalyseerd om inzicht te krijgen in welke waardeketens het best op schaal beschikbaar zijn of het gemakkelijkst opgeschaald kunnen worden.
- Hoofdstuk 7, Beleid biobased bouwen en teelt van biograndstoffen: Dit hoofdstuk geeft een overzicht van beleid en beleidsontwikkelingen die relevant zijn voor biobased bouwmaterialen vanuit verschillende perspectieven (landbouw, bouw, milieu, ruimte).
- Hoofdstuk 8, Conclusies: Tot slot worden aanbevelingen gegeven over hoe toepassing van biobased materialen in de (hoog)bouw het best kan worden gestimuleerd en opgeschaald.

2 Volumebehoefte aan bouwmaterialen

De benodigde hoeveelheid biobased bouwmaterialen voor de 4 grote steden van Nederland (G4) en van Nederland als geheel hangt af van de nieuwbouwambities voor biobased woningen. In dit hoofdstuk wordt de volumebehoefte aan biobased materialen in kaart gebracht door achtereenvolgens inschattingen te maken van:

- Het aantal nieuw te bouwen woningen in de 4 grote steden van Nederland (G4) en Nederland als geheel, onderverdeeld naar hoogbouw hoger dan 30 m, appartementengebouwen tot 30 m en grondgebonden woningen (paragraaf 2.1).
- Het benodigde volume biobased bouwproducten voor nieuwe woningen, per type woning (par. 2.2).
- De totale behoefte aan biobased bouwproducten bij een ambitie van 30% biobased bouw (target Nationale Aanpak Biobased Bouwen, NABB)² (par. 2.3).

In volgende hoofdstukken wordt deze volumebehoefte als uitgangspunt gehanteerd om te beoordelen of deze doelstelling van 30% biobased bouw gehaald kan worden met Nederlandse biograndstoffen.

2.1 Woningbouwopgave en biobased ambities

Doelstelling van de overheid is om tot 2030 in Nederland ca. 75,000 – 100,000 woningen per jaar te bouwen. In de praktijk worden ca. 60,000 woningen per jaar in Nederland gebouwd.

2.1.1 G4

De G4 hebben inschattingen gegeven van het aantal woningen dat naar verwachting gedurende de komende jaren per jaar gebouwd gaat worden. Tevens hebben ze een inschatting gegeven van de verdeling over typen woning (Tabel 1). Voor Den Haag is geen verdeling naar woningtype gegeven; voor de berekeningen is daarom de verdeling zoals gegeven voor Rotterdam aangehouden.

Enkele gemeenten hebben ook specifieke ambities voor het realiseren van biobased (houtbouw) woningen:

- Amsterdam heeft de ambitie om per 2025 20% van de nieuw te bouwen woningen te realiseren op basis van voornamelijk biobased bouwmaterialen.
- Rotterdam kent geen vastgestelde doelstellingen anders dan de landelijke CO₂-doelstellingen. Bij grondverkoop wordt circulair uitgevraagd, waardoor men verwacht dat het aandeel houtbouw in aanbestedingen toe zal nemen.
- Utrecht volgt het coalitieakkoord (2022) dat spreekt over een afname van primair grondstoffengebruik met 50% in 2030; hierbij wordt primair grondstoffengebruik gezien als eindige grondstoffen; afname dient gerealiseerd te worden door gebruik van hernieuwbare (dus biobased) grondstoffen en hergebruik van grondstoffen.
- Den Haag hanteert nog geen vastgestelde doelstellingen anders dan de landelijke CO₂-doelstellingen.

² <https://open.overheid.nl/documenten/36800f92-e4bc-4d76-b152-073736609290/file>

Tabel 1 *Inschatting aantal te bouwen woningen per jaar naar type gedurende de komende jaren voor de G4.*

	Amsterdam	Rotterdam	Utrecht	Den Haag	Totaal G4
Nieuwbouwwoningen totaal	7,500	3,750	3,000	4,000	18,250
Appartementengebouwen > 30 m	4,875 (65%)	1,875 (50%)	450 (15%)	2,000 (50%)	9,200
Appartementengebouwen < 30 m	1,875 (25%)	1,125 (30%)	1,350 (45%)	1,200 (30%)	5,550
Grondgebonden	750 (10%)	750 (20%)	1,200 (40%)	800 (20%)	3,500

Amsterdam (email 19 april 2023). Rotterdam (email 30 mei). Utrecht (email 19 mei). Den Haag (email 8 juni; verdeling over woningtypen aangenomen als voor Rotterdam).

2.1.2 Nederland

In de praktijk worden in Nederland jaarlijks ca. 60,000 woningen gebouwd. De verdeling per woningtype is echter niet bekend. Nieuwbouw-Nederland geeft weliswaar een verdeling van een grote selectie nieuwbouwprojecten;³ echter hierbij wordt het aantal woningen in projecten met meerdere woningtypen dubbel geteld.⁴ Om in het vervolg van het project benodigde volumes bouw materiaal te kunnen berekenen – deze volumes verschillen per woningtype – nemen we aan dat de verdeling over woningtypes is zoals bij de bestaande voorraad.

De Nederlandse overheid beoogt dat de bouwsector in 2030 50% minder primaire abiotische grondstoffen (mineralen, metalen en fossiel) gebruikt.

Tabel 2 *Verdeling woningvoorraad in Nederland per type woning per 1 januari 2022;⁵ en afgeleide inschatting voor het nieuw te bouwen aantal woningen per jaar naar type gedurende de komende jaren.*

	Woningvoorraad NL, per 1 januari 2022 ⁵	Afgeleide inschatting aantal nieuwbouwwoningen per jaar
Totaal	8,045,580	60,000
Appartementengebouwen	2,915,893	21,754
Tussenwoningen	2,361,261	17,615
Hoekwoningen	1,018,885	7,601
2-Onder-1 kap	704,055	5,252
Vrijstaand	1,042,650	7,778
Onbekend	2,836	

2.2 Materiaalbehoefte voor biobased (hoog)bouw, per woning

De hoeveelheid bouwmaterialen die nodig is voor een woning hangt af van het type woning. Uit verschillende bronnen zijn gegevens verzameld, zie tabel 3, 4 en 5. In paragraaf 2.3 wordt op basis van deze gegevens de totale materiaalbehoefte voor biobased bouw in de G4 en Nederland berekend.

Uit de volgende bronnen zijn gegevens verzameld:

- Gerealiseerde en geplande biobased woongebouwen (Haut; Timber & Co; BBN)
- Globale inschatting van Experts (AMS; Probos; Pablo van der Lugt)
- Specifieke vertaling van een aantal BENG referentie-gebouwen naar biobased equivalent (TKI-project)

³ <https://www.nieuwbouw-nederland.nl/projecten>

⁴ Stel een project realiseert 10 vrijstaande woningen en 20 rijwoningen. De selectie met filter 'vrijstaande woningen' telt dan 30 woningen, evenals de selectie met filter 'rijwoningen'.

⁵ <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85035NED>

De hoeveelheden biobased bouw materiaal zijn in onderstaande tabel samengevat, samen met enkele woningkenmerken voor zover bekend. Verdere details zijn gegeven in Annex 1.

Tabel 3 Hoeveelheden biobased bouw materiaal voor houtbouw in Nederland.

Naam	Woonlagen/ Woningtype	Aantal woningen	Gebruiksopp. (m ² /woning)	Hoeveelheid bouwproduct (m ³ /woning)
HAUT ⁶	21	52	150	54 CLT
Timber & Co ^{7,8}	7	22+4	75	26 CLT
BBN ⁹	3 en 4	119	50	17 CLT + 2.4 Glulam + 2.25 Gezaagd + 2.6 Plaatmat.
AMS ¹⁰	Gemiddelde woning			30 HSB/CLT
Probos ¹¹	Eengezins	120		65 à 80 CLT
Van der Lugt ¹²				20 (Appartement), 50 (Vrijstaand)
TKI ¹³	Rijwoning HSB	1	110	10 HSB + 2.3 OSB + 1.8 PB + 44 Isolatie
TKI	Rijwoning CLT	1	110	40 CLT + 0.9 OSB + 27.5 Isolatie
TKI	2/1-kap HSB	1	133	12.5 HSB + 2.7 OSB + 2.1 PB + 61 Isolatie
TKI	2/1-kap CLT	1	133	48 CLT + 1.1 OSB + 42.5 Isolatie
TKI	6, appart. HSB	33	92	8.5 HSB + 2.3 OSB + 1.2 PB + 21 Isolatie
TKI	6, appart. CLT	33	92	38 CLT + 0.2 OSB + 18 Isolatie

2.2.1 Simulatie van biobased bouwsystemen voor hoogbouw door TU Delft

In ditzelfde project heeft TU Delft onderzoek gedaan naar bouwsystemen voor modulaire hoogbouw. Dit heeft geresulteerd in enkele gangbare / geschikte concepten met bijbehorende hoeveelheden materiaal. De bouwsystemen bestaan uit een draagconstructie en zelfdragende geïsoleerde HSB gevelelementen. Hierbij is uitgegaan van 4 woningen per bouwlaag en een laaghoogte van 3.8 m. In Tabel 4 zijn de hoeveelheden houten bouwproducten gegeven die benodigd zijn voor de constructie. De gevelelementen zijn hierbij hetzelfde voor de verschillende gebouwhoogtes; hoeveelheden materiaal voor de gevelelementen zijn gegeven in Tabel 5.

Tabel 4 Hoeveelheden bouw materiaal (m³) per woning voor verschillende bouwsystemen en bouwhoogtes zoals berekend door TU Delft.

Bouwsysteem	5 bouwlagen (19 m)	10 bouwlagen (38 m)	15 bouwlagen (57 m)
Kolom en balk (Glulam)	14.75	16	20
Massiefbouw (CLT)	18	23.5	75.5
Kern (hybride-beton)		17.75	27.5
Kern (CLT)		23.5	41.75

⁶ <https://www.bouwtotaal.nl/2021/05/haut-hoogste-hybride-houten-woontoren/>

⁷ <https://finchbuildings.com/buiksloterham/>

⁸ <https://www.avecodelbondt.nl/nl/projecten/detail/constructie-modulaire-hybride-woontoren-in-amsterdam>

⁹ Persoonlijke info BBN, 24 april 2023.

¹⁰ https://www.ams-institute.org/documents/64/AMS_Institute_Houtbouwmythes_ontkracht.pdf

¹¹ <https://www.vbne.nl/200430-meer-met-nederlands-hout.pdf>

¹² Lezing op symposium 'Bos als oplossing', Wageningen, 31 mei 2023.

¹³ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/food-biobased-research/show-fbr/milieu-prestatie-biobased-bouwmaterialen-in-de-nationale-milieudatabase.htm>

Tabel 5 Hoeveelheden bouw materiaal (m³) per woning voor HSB gevelementen zoals berekend door TU Delft.

Bouwproduct	Volume per woning (m ³)
Biobased isolatie	10.52
Houtvezelplaat	0.80
Hout (prefab HSB gevelement)	1.91

Overige conclusies uit het werk van TU Delft binnen WP2:

- Bouwstelsel heeft grote invloed op benodigde hoeveelheid bouw materiaal (hout). CLT-bouw vraagt significant meer hout dan kolomconstructie-systeem (bijv. Noordereng). Toepassen van een betonnen kern vermindert de benodigde hoeveelheid hout eveneens flink.
- Constructief kunnen gebouwen tot 60 m hoogte met kolomconstructie-systeem worden gebouwd.
- Vanaf 30 meter hoogte, de hoogte die in dit project tot hoogbouw wordt gerekend, wordt op dit moment nog met Massief CLT gebouwd, wat zekerheid geeft over sterkte en ook vaak al een grote bijdrage levert aan isolatie. Dit is betrekkelijk materiaal intensief. In de bestaande voorbeelden wordt de kern veelal in beton gerealiseerd (paragraaf 3.1.4).
- Vanaf 60 meter is het waarschijnlijk niet meer efficiënt of optimaal vanuit duurzaamheidsperspectief om alleen in hout te bouwen en zijn combinaties met staal/beton waarschijnlijk beter. Het aantal gebouwen hoger dan 60 meter per gemeente is echter beperkt.

2.2.2 Synthese – Hoeveelheden biobased materialen voor verdere berekeningen

De focus van dit project is hoogbouw. De materiaalbehoefte voor de hoogbouw concurreert echter met die voor de laagbouw. Daarom wordt een inschatting gemaakt van de materiaalbehoefte voor zowel de hoogbouw in de G4 als voor alle bouw in Nederland.

Uit bovenstaande (tabel 4) blijkt dat voor constructies met CLT duidelijk meer grondstof nodig is dan voor HSB en kolom- en balkconstructies met Glulam. Gelet op het minimaliseren van de materiaalbehoefte verdient HSB waar mogelijk de voorkeur. Houtskeletbouw blijkt toepasbaar tot 6 woonlagen (par. 3.2.1). De voorbeelden uit de praktijk laten zien dat gebouwen vanaf ca 30 m voornamelijk in CLT worden gebouwd (Tabel 9). Innovatieve bouwers en berekeningen van TU Delft geven aan dat het principe van kolom- en balkconstructies met Glulam tot een hoogte van 60 m goed mogelijk is.

Om op een consistente manier rekening te houden met deze verschillen in grondstofbehoefte voor de verschillende bouwmethoden, wordt ervoor gekozen om een eenvoudige verdeling te maken voor type woningen en type materiaalgebruik:

- Hoogbouw (>30 m) in CLT;
- Appartementengebouwen tot en met 10 lagen (< 30 m) in Glulam constructie met gezaagd hout voor gevels e.d.;
- Grondgebonden bouw in HSB met gezaagd hout.

Op basis van de bovenstaande data zijn de benodigde hoeveelheden materiaal per woning in genoemde categorie biobased bouw ingeschat (Tabel 6). Deze data zullen in paragraaf 2.3 gebruikt worden om de totale hoeveelheden benodigde biobased bouwmaterialen voor biobased bouwen in de G4 en in Nederland te berekenen.

Tabel 6 Inschatting benodigde hoeveelheid biobased bouw materiaal voor per type woning.

	Hout (m ³) @ 460 – 480 kg/m ³	OSB (m ³) @ 620 kg/m ³	Spaanplaat (m ³) @ 650 kg/m ³	Isolatie (m ³) @ 0.037 W/m.K
Appartementengebouw > 30 m	50 CLT	0.5		20
Appartementengebouw < 30 m	12.5 Glulam + 2.5 Gezaagd	2	2	25
Grondgebonden	12.5 HSB, Gezaagd	2.5	2.5	60

2.3 Totale materiaalbehoefte voor biobased woningen in G4 en Nederland

Op basis van de bouwopgave zoals beschreven in paragraaf 2.1, de hoeveelheden biobased materiaal per woning zoals bepaald in paragraaf 2.2 en de aanname dat 30% van de nieuwbouwwoningen per jaar in biobased gebouwd worden (doelstelling NABB), kunnen de totale hoeveelheden benodigd biobased bouw materiaal worden berekend: per type materiaal, per grote stad, en voor de G4 en Nederland. Die hoeveelheden bouw materiaal (m³/jaar) zijn gegeven in Tabel 7.

Tabel 7 *Inschatting behoefte biobased bouwmaterialen voor nieuw te bouwen woningen (m³/jaar) in de G4 en Nederland, waarbij 30% van de woningen in biobased wordt gerealiseerd. Type houtproduct is aangegeven in linker kolom.*

	Hout	OSB	Spaanplaat	Isolatie
Amsterdam				
Appartementengebouwen > 30 m (CLT)	73,125	731		29,250
Appartementengebouwen < 30 m (Glulam)	7,031	1,125	1,125	14,063
Appartementengebouwen < 30 m (Gezaagd)	1,406			
Grondgebonden (Gezaagd)	2,813	563	563	13,500
Amsterdam totaal	84,375	2,419	1,688	56,813
Rotterdam				
Appartementengebouwen > 30 m (CLT)	28,125	281		11,250
Appartementengebouwen < 30 m (Glulam)	4,219	675	675	8,438
Appartementengebouwen < 30 m (Gezaagd)	844			
Grondgebonden (Gezaagd)	2,813	563	563	13,500
Rotterdam totaal	36,000	1,519	1,238	33,188
Utrecht				
Appartementengebouwen > 30 m (CLT)	6,750	68		2,700
Appartementengebouwen < 30 m (Glulam)	5,063	810	810	10,125
Appartementengebouwen < 30 m (Gezaagd)	1,013			
Grondgebonden (Gezaagd)	4,500	900	900	21,600
Utrecht totaal	17,325	1,778	1,710	34,425
Den Haag				
Appartementengebouwen > 30 m (CLT)	30,000	300		12,000
Appartementengebouwen < 30 m (Glulam)	4,500	720	720	9,000
Appartementengebouwen < 30 m (Gezaagd)	900			
Grondgebonden (Gezaagd)	3,000	600	600	14,400
Den Haag totaal	38,400	1,620	1,320	35,400
G4				
Totaal CLT	138,000	7,335	5,955	159,825
Totaal Glulam	20,813			
Totaal Gezaagd	17,288			
Nederland				
Appartementengebouwen > 30 m (CLT)	163,155	1,632		65,262
Appartementengebouwen < 30 m (Glulam)	40,789	6,526	6,526	81,578
Appartementengebouwen < 30 m (Gezaagd)	8,158			
Grondgebonden (Gezaagd)	143,423	28,685	28,685	688,428
Nederland totaal	355,524	36,842	35,211	835,268
Nederland totaal (Gezaagd)	151,580			

Gezaagd hout 460 kg/m³. CLT 470 kg/m³. Glulam 480 kg/m³. OSB 620 kg/m³. Spaanplaat 650 kg/m³. Isolatie 0.037 W/m.K.

2.3.1 Vergelijking met bestaande marktvraag

Ook de traditionele woningbouw heeft veel grondstoffen. Ter referentie, in Nederland werd:

- Ca 3,600,000 m³/jaar aan vezeldecken-isolatie (voornamelijk glas- en steenwol) op de markt gebracht in 2020; waarvan ca. 2,000,000 m³/jaar voor nieuwbouw en 1,600,000 m³/jaar voor isolatie van bestaande bouw.¹⁴
- Ca 2,800,000 m³/jaar aan isolatie schuim (voornamelijk PIR/PUR en XPS) op de markt gebracht in 2020; waarvan ca. 1,700,000 m³/jaar voor nieuwbouw en 1,100,000 m³/jaar voor isolatie van bestaande bouw.
 - Opgeteld wordt derhalve ca. 3,100,000 m³/jaar voor nieuwbouw in Nederland gebruikt; dit is een factor 3.7 meer dan voor de hoeveelheid bepaald voor 30% biobased bouw in bovenstaande Tabel 7.
- Ca 1,100,000 m³/jaar aan spaanplaten en vezelplaten op de markt gebracht in 2021.¹⁵ Daarvan is ca. 37% spaanplaat en 16% OSB.¹⁶
 - De huidige markt voor plaatmaterialen is derhalve ca. een factor 15 groter dan de behoefte bepaald voor 30% biobased bouw in bovenstaande Tabel 7.
- Ca 3,000,000 m³/jaar aan gezaagd naaldhout verbruikt in 2021, en ca. 300,000 m³ loofhout.¹⁷
 - Dit is een factor 9 meer dan de hoeveelheid benodigd voor 30% biobased bouw in Nederland.

Deze totale hoeveelheden worden breder gebruikt dan voor woningen: kantoor- en fabrieksgebouwen; GWW; verpakkingen; etc.

2.3.2 Omrekening van volume (m³) naar gewicht (ton)

Om te kunnen bepalen hoeveel gewas geteeld dient te worden om de grondstofbehoefte te dekken, zijn de volumes in m³/jaar (Tabel 7) omgerekend naar ton/jaar voor de G4 en Nederland (Tabel 8). Voor omrekening van m³ plaatmaterialen naar ton is uitgegaan van dichtheden zoals onderaan Tabel 7 vermeld. Voor omrekening van isolatie is onderscheid gemaakt in isolatiedekens en inblaasisolatie, waarvoor dichtheden van respectievelijk 40 en 100 kg/m³ zijn aangenomen, en waarbij voor de eenvoud een isolatiewaarde van 0.037 W/m.K voor zowel dekens als inblaas-isolatie is aangenomen. De aangegeven hoeveelheden betreffen ofwel volledige dekking van de isolatiebehoefte door dekens, ofwel door inblaasisolatie; voor een mix van dekens en inblaas is de benodigde hoeveelheid naar rato, dus voor 50:50% toepassing van dekens en inblaas is 16,700 ton/jaar aan isolatiedekens nodig, en 41,750 ton/jaar aan inblaasisolatie.

Tabel 8 *Inschatting behoefte biobased bouwmaterialen voor nieuw te bouwen woningen (ton/jaar) in de G4 en Nederland, waarbij 30% van de woningen in biobased wordt gerealiseerd.*

	Hout	OSB	Spaanplaat	Isolatie
G4				
CLT	64,860			
Glulam	9,990			6,390 deken
Gezaagd	7,952	4,548	3,871	OF
Totaal	82,802			15,980 inblaas
Nederland				
CLT	76,683			
Glulam	19,579			33,400 deken
Gezaagd	69,727	22,842	22,887	OF
Totaal	165,988			83,500 inblaas

¹⁴ <https://www.rvo.nl/files/file/2021/12/marktinformatie-isolatiematerialen-2010-2020.pdf>

¹⁵ <https://www.bosenhoutcijfers.nl/de-houtmarkt/houtproducten/platen/>

¹⁶ https://nflux.nl/app/uploads/2021/03/RoadmapCirculairPlaatmateriaal_Flux-2.pdf

¹⁷ <https://www.bosenhoutcijfers.nl/de-houtmarkt/houtproducten/gezaagd-hout/>

3 Hout en biobased bouw

Hout wordt al eeuwenlang gebruikt voor het maken van gebouwen, maar staat recentelijk weer meer in de belangstelling vanwege de verschillende voordelen die hout biedt als bouw materiaal. Het gebruik van hout in gebouwen zorgt voor een mindering in gebruik van CO₂-emissie intensieve materialen als staal en beton. Daarnaast is hout gevormd door opname van CO₂ uit de atmosfeer tijdens de groei.

Gesproken wordt van houtbouw wanneer in elementen van een bouwconstructie hout gebruikt is. Houtbouw heeft de mogelijkheid om minerale bouwtechnieken (beton en steen) te vervangen. Daarbij zijn verschillende manieren van houtbouw te onderscheiden. De bekendste en al eeuwenlang gebruikte techniek is HSB. Daarnaast zijn er ook gelijmde houtproducten zoals gelamineerd hout (glued laminated timber, Glulam), gelamineerd fineerhout (laminated veneer lumber, LVL) en kruislaaghout (cross laminated timber, CLT). Met name CLT, een relatief nieuwe (20 á 30 jaar oud) massiefhoutbouw techniek, wordt steeds meer gebruikt. Met deze houtbouw technieken kunnen constructies volledig uit hout bestaan, echter worden ook vaak hybride bouwvormen toegepast waarbij connecties bijvoorbeeld worden gemaakt van staal en de kern van beton wordt gefabriceerd^{18,19}. Dit hoofdstuk gaat in op de twee belangrijkste constructieve houtbouwmethoden voor de hoogbouw: massieve houtbouw met cross laminated timber (CLT; paragraaf 3.1) en Houtskeletbouw (HSB; par.3.2).

In combinatie met de verschillende houtbouwmethoden kunnen biobased plaat- en isolatiematerialen worden toegepast. Deze kunnen gebaseerd zijn op hout, maar ook op basis van vezelgewassen of reststromen (niet-zijnde hout). Dit is echter nog geen gemeengoed in de bouw, en zeker niet in de hoogbouw. In dit hoofdstuk wordt daarom geanalyseerd hoe goed deze biobased plaatmaterialen (par. 3.3) en isolatiematerialen (par. 3.4) presteren en in hoeverre dit mogelijkheden biedt voor toepassing in de (hoog)bouw.

3.1 Cross laminated timber (CLT)

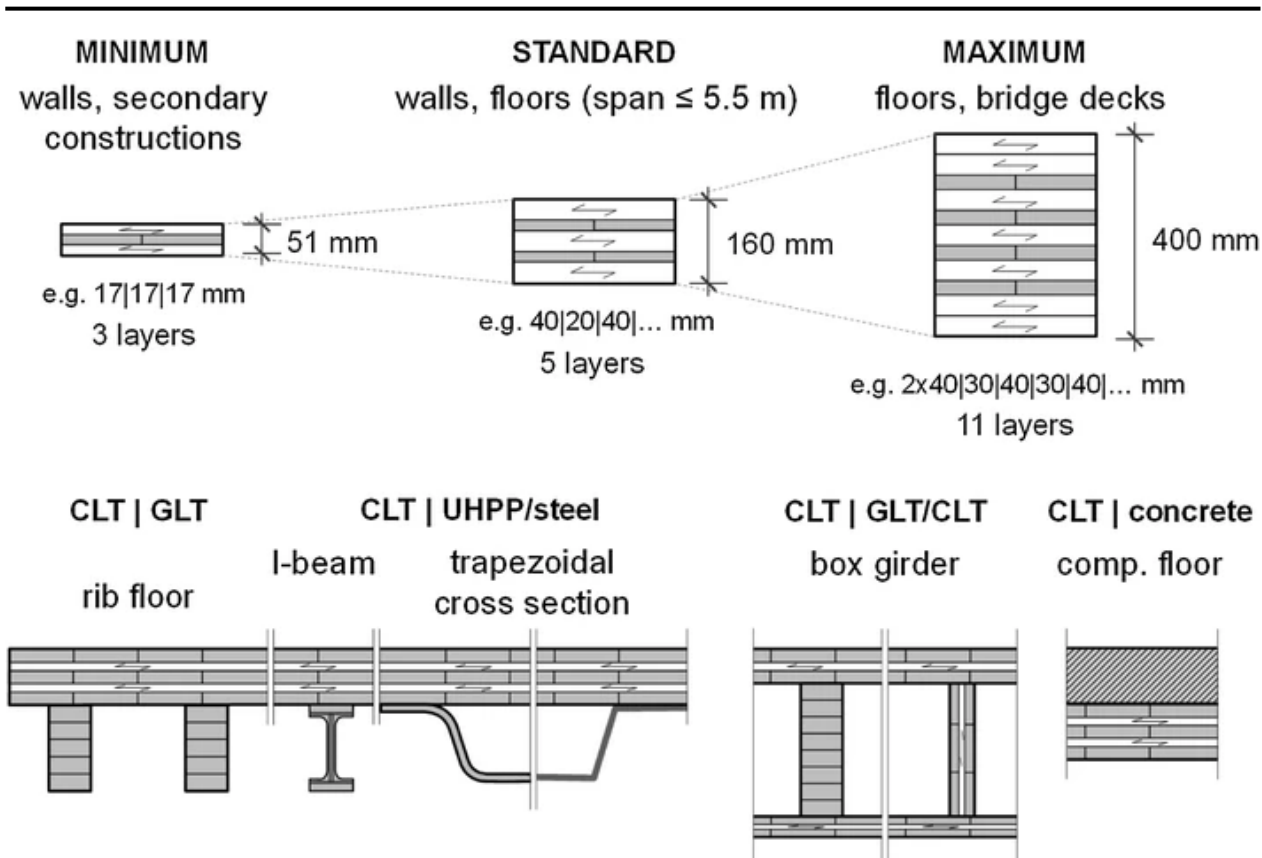
3.1.1 Wat is CLT?

Bij kruislaaghout, cross-laminated timber (CLT), worden houten lamellen kruislings met elkaar verlijmd. Hierdoor verkrijgt het hout mechanische eigenschappen die geschikt zijn voor in de (hoog)bouw, zoals een hoge sterkte. CLT wordt gebruikt in massieve houtbouw en kan in wanden, vloeren en andere dragende constructies gebruikt worden. Veelal wordt een oneven aantal lagen kruislings met elkaar verlijmd, variërend van drie voor muren naar elf lagen voor een brug, dus toegespitst op de verwachte belasting van het CLT.²⁰ Daarnaast zijn combinaties, hybride bouwmethodes, mogelijk met andere bouw materiaalsoorten zoals Glulam, staal en beton (zie Figuur 1).

¹⁸ <https://www.duravermeer.nl/nieuws/alliander-krijgt-met-volledig-houten-constructie-een-kantoor-van-de-toekomst/>

¹⁹ <https://www.pietersbouwtechniek.nl/projecten/hotel-jakarta>

²⁰ Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A. et al. Cross laminated timber (CLT): overview and development. Eur. J. Wood Prod. 74, 331–351 (2016).



Figuur 1 Boven: layout voorbeelden van cross laminated timber (CLT) voor verschillende doeleinden. Onder: voorbeelden van hybride bouwconstructies van CLT, glued laminated timber (GLT), ultra high performance plywood (UHPP), staal en beton. Bron: Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A. et al. Cross laminated timber (CLT): overview and development. *Eur. J. Wood Prod.* 74, 331–351 (2016).

CLT is een houtbouwtechniek die in geprefabriceerde (prefab) productie gebruikt kan worden. Hierbij worden grote onderdelen van de constructie (wanden, vloeren en kamers) in de fabriek gemaakt en in elkaar gezet. Utiliteiten, zoals ramen, deuren, elektra en riolering kunnen in de fabriek geïnstalleerd worden. Deze prefab onderdelen kunnen dan in zijn geheel naar de bouwplaats gebracht worden. Op de bouwplaats worden dan de wanden en vloeren uitgeklast en in het geval van een gehele module worden de verschillende compartimenten op elkaar gestapeld.

3.1.2 Welk hout wordt op dit moment toegepast in CLT?

In Europa wordt CLT voornamelijk gemaakt van fijnspar (*Picea abies*). Er wordt echter ook onderzoek gedaan naar andere houtsoorten om toe te passen in CLT, theoretisch gezien is het namelijk mogelijk om CLT te maken van iedere soort hout die voorhanden is. Iedere soort hout heeft echter zijn eigen eigenschappen welke vooraf bepaald dienen te worden voordat het als CLT gebruikt kan worden in de bouw. Bij Europees onderzoek is er gekeken naar onder andere: Grove den (*Pinus sylvestris*), Beuk (*Fagus sylvatica*), Es (*Fraxinus excelsior L.*), Ratelpopulier (*Populus tremula L.*) en Ruwe berk (*Betula pendula R.*)²¹ en is gebleken dat het mogelijk is om van andere houtsoorten dan alleen fijnspar CLT te fabriceren.

²¹ Ehrhart, T., Brandner R., Rolling shear: Test configurations and properties of some European soft- and hardwood species, *Engineering Structures*, Volume 172, 2018, Pages 554-572, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.118>.

Internationaal wordt er gekeken naar andere soorten die in een specifieke regio veel voorhanden zijn en hoe deze toegepast kunnen worden in CLT zoals bijvoorbeeld: Radiata pine²² en Eucalyptus²³. Daarnaast wordt er ook geëxperimenteerd met het gebruik van gerecycled hout voor gebruik in CLT²⁴.

3.1.3 Kwaliteitseisen hout in CLT bouw

CLT is veelal gemaakt van hout met sterkteklasse C24,^{25,26} maar ook C18 wordt gebruikt.²⁷ De sterkteklasse is een geclassificeerde verzameling eigenschappen van hout, waaronder buig-, trek-, compressie, afschuivingssterkte en -stijfheid. Deze eigenschappen relateren aan de dichtheid van hout en aan de aan/afwezigheid van knoesten en andere onregelmatigheden. De classificering wordt beschreven in EN 338.²⁸ De eisen aan enkele meest belangrijke eigenschappen voor C24 zijn:

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 24 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 11 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 350 kg/m³ (gemiddeld 420 kg/m³)

De '5-percentiel' is de waarde waarbij 5% van de data uit een meetreeks gelijk of lager is. Voor het bepalen van de sterkte dient het materiaal op een positie getest te worden waar naar verwachting een zwakke plek zit, bijv. bij knoesten of andere onregelmatigheden. De 5-percentiel karakteristieke buigsterkte geeft derhalve min of meer de minimale sterkte van het materiaal. In het ontwerp van gebouwen wordt vervolgens extra veiligheid ingebouwd door te rekenen met een veiligheidsfactor voor de materiaalsterkte; deze factor is afhankelijk van het type materiaal (massief hout, verlijmd hout, plaatmaterialen) en de belastingsduur (eigen gewicht, gewicht dat gedragen wordt zoals spullen die op een vloer staan, tijdelijke krachten zoals wind). Vervolgens worden nog veiligheidsfactoren gebruikt voor de toelaatbare vervorming van het ontwerpen; deze factoren zijn afhankelijk van relatieve vochtigheid en type gebruik van het gebouw (woning, kantoor, opslag, etc).^{29,30}

Belangrijke soorten die in Nederland geogst worden zijn grove den, Douglas, lariks, fijnspar en eik. Hout uit Nederlands Douglas is bijvoorbeeld geschikt voor sterkteklassen C18 – C24, en zelfs C30,³¹ en daarmee geschikt voor constructieve toepassingen in CLT en HSB.³² Hetzelfde geldt voor fijnspar en grove den. Probleem is dat Nederlands hout voor certificering strenger beoordeeld moet worden volgens de geldende normen dan hout uit omringende landen door gebrek aan breuksterktedata. Momenteel wordt een onderzoeksvoorstel ontwikkeld om de benodigde buig- en breuksterktedata te genereren zodat de gebruikte niet-destructieve meetmethode voor de kwalificering van Nederlands hout beter geïmplementeerd gekalibreerd kan worden waarna Nederlands hout volgens 'soepelere' normen op sterkte gesorteerd kan worden.³³

3.1.4 CLT bouw concepten en aanbieders

CLT wordt momenteel steeds meer toegepast en wordt ook door steeds meer bouwbedrijven omarmt als mogelijkheid. Echter verschilt het wel met "minerale" bouw (baksteen en beton). Om met CLT te kunnen bouwen is kennis van CLT nodig. Dit is van toepassing vroeg in het proces bij de constructeur alsook op de bouwplaats zelf. Daarnaast wordt CLT al vroeg op maat gezaagd in het bouwproces waardoor het verstandig

²² Li, X., Ashraf, M., Subhani, M., Kremer, P., Li, H., & Anwar-Us-Saadat, M. (2021, October). Rolling shear properties of cross-laminated timber (CLT) made from Australian Radiata Pine—An experimental study. In *Structures* (Vol. 33, pp. 423-432). Elsevier.

²³ Ettelaie, A., Taoum, A., Shanks, J., & Nolan, G. (2022, August). Evaluation of the bending properties of novel cross-laminated timber with different configurations made of Australian plantation Eucalyptus nitens using experimental and theoretical methods. In *Structures* (Vol. 42, pp. 80-90). Elsevier.

²⁴ Rose, C. M., Bergsagel, D., Dufresne, T., Unubreme, E., Lyu, T., Duffour, P., & Stegemann, J. A. (2018). Cross-laminated secondary timber: Experimental testing and modelling the effect of defects and reduced feedstock properties. *Sustainability*, 10(11), 4118.

²⁵ https://www.mm-holz.com/BSP-Merkblatt_Cross_laminated_timber_August_2021.pdf

²⁶ https://www.hasslacher.com/data/_dateimanager/broschuere/HNT-Brettsperrholz-EN.pdf

²⁷ <https://www.crosslamtimber.com.au/SBR%20CLT%20Technical%20detail.pdf>

²⁸ EN 338, Structural timber – Strength classes. <https://www.nen.nl/en/nen-en-338-2016-en-218592>

²⁹ EN 1995-1-1, Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen. <https://www.nen.nl/nen-en-1995-1-1-c1-a1-2011-nb-2013-nl-183519>

³⁰ EN 1990, Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp. <https://www.nen.nl/nen-en-1990-2002-en-37350>

³¹ Arjo de Vree, persoonlijke communicatie.

³² https://www.houtinfo.nl/sites/default/files/Infoblad_Houteigenschappen_Sterktegegevens_mrt2014_0.pdf

³³ Kasper Broek (Staatsbosbeheer), persoonlijke communicatie.

is al vroeg in het een CLT leverancier/specialist in de arm te nemen en mee te laten denken met de bouw. Enkele voorbeelden van CLT leveranciers zijn:

- Derix
- Sterq
- De Groot Vroomshoop
- Hasslacher
- CLT-S
- Stora Enzo
- Woodteq

In Nederland zijn inmiddels een behoorlijk aantal voorbeelden van meerlaags woon- en andere gebouwen op basis van CLT, waaronder enkele voorbeelden van hoogbouw.³⁴ Hierbij wordt de ondergrondse bouw en veelal ook de kern met beton gerealiseerd. Staal wordt aanvullend in kolommen van hoogbouw toegepast (o.a. SAWA, Rotterdam). In onderstaande tabel worden een aantal voorbeelden gegeven.

Tabel 9 Voorbeelden van houtbouw met CLT in Nederland.

Naam	Locatie	Materiaalkeuze	Hoogte (m)	Opgeleverd	Bijzonderheden
Gerealiseerd					
HAUT	Amsterdam	CLT wanden en vloeren	73	2021	52 woningen op 21 verdiepingen
Stories	Amsterdam	CLT wanden en vloeren	34	2021	27 woningen op 10 bouwlagen, bovenop 11 m hoge betonnen bouw met commerciële ruimtes
Hotel Jakarta	Amsterdam	CLT draagconstructie	30	2018	200 kamers op 9 verdiepingen
Timber & Co	Amsterdam	CLT modulebouw	28	2022	22 woningen op 6 verdiepingen, bovenop commerciële plint
Patch 22	Amsterdam	Glulam en CLT	24	2016	6 verdiepingen, bovenop 6 m hoge betonnen begane grond
In aanbouw				Bouw gestart in	
SAWA	Rotterdam	CLT draagconstructie en vloeren	50	2022	Ca 110 woningen op 16 verdiepingen
In ontwikkeling					
Vivaldi III / Well house	Amsterdam	Hout kolommen, hout en staal liggers, CLT vloeren	86		kantoren
Dutch Mountains	Eindhoven	Glulam liggers, CLT constructie	100 en 130		Woningen, kantoren, hotel

3.1.5 Toekomstige ontwikkelingen in CLT

Op dit moment wordt CLT in Europa voornamelijk van fijnspar gemaakt. Zoals hierboven geschreven is het echter mogelijk om het ook met andere houtsoorten te doen. Op dit moment is er een grote hoeveelheid fijnspar op de markt. Dit komt omdat fijnspar in het algemeen goed beschikbaar is (groot areaal), maar ook doordat er veel noodvellingen plaatsvinden door bastkever uitbraken in Europa. Na verloop van tijd neemt deze beschikbaarheid weer af waardoor andere houtsoorten ook economisch interessant kunnen worden. Naar andere houtsoorten wordt op dit moment onderzoek gedaan waardoor de verwachting is dat dit in de toekomst waarschijnlijk toegepast zal gaan worden. Daarnaast wordt er ook onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om gerecycled hout toe te passen in CLT³⁵.

³⁴ https://admin.dezwijger.nl/wp-content/uploads/2022/06/Houtbouw_Flyer_DEF-1.pdf

³⁵ Rose, C. M., Bergsagel, D., Dufresne, T., Unubreme, E., Lyu, T., Duffour, P., & Stegemann, J. A. (2018). Cross-laminated secondary timber: Experimental testing and modelling the effect of defects and reduced feedstock properties. *Sustainability*, 10(11), 4118.

3.2 Houtskeletbouw (HSB)

3.2.1 Wat is HSB?

HSB is een bouwmethode waarbij de dragende constructie (het skelet) van een gebouw van hout wordt gebouwd. Het skelet heeft een dragende functie en de muren niet. Het houten skelet bestaat uit verticale stijlen en horizontale regels. Deze worden bedekt met plaatmateriaal. Isolatiemateriaal wordt geplaatst in de lege ruimtes tussen de platen. Voor gebouwen tot zes bouwlagen is HSB een gangbare toepassing.³⁶ Houtskeletbouw is een relatief lichte constructiemethode.

3.2.2 Welke houtsoorten worden toegepast in HSB?

Voor HSB wordt veelal gebruik gemaakt van fijnspar, maar ook grove den, lariks en Douglas worden gebruikt.⁴⁰ Dit zijn allemaal naaldhoutsoorten die in Europa veel voorkomen en waar de markt op ingericht is.

Voor gebouwen hoger dan 6 bouwlagen kan het principe van skeletbouw eveneens worden toegepast. Daarbij wordt geen gezaagd hout gebruikt, maar kolommen en liggers op basis van gelijmd hout: 'glued laminated timber' (Glulam) en gelamineerd finerhout ('laminated veneer lumber', LVL). Op dit moment wordt voor glulam, net als voor CLT, voornamelijk fijnspar gebruikt, maar ook grove den, lariks, Douglas en andere sparren, en eik zijn hiervoor te gebruiken.^{37,38} Er zijn ook voorbeelden van glulam van beuk en een combinatie van beuk en fijnspar.³⁹ Dit zou de set aan soorten voor houtskeletbouw kunnen uitbreiden.

3.2.3 Kwaliteitseisen hout in HSB bouw

Voor HSB wordt hout met sterkteklasse C18 of hoger gebruikt.⁴⁰ Voor een toelichting op sterkteklassen zie paragraaf 3.1.3. De eisen aan enkele meest belangrijke eigenschappen voor C18 zijn:²⁸

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 18 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 9 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 320 kg/m³ (gemiddeld 380 kg/m³)

Indien hogere eisen aan kolommen en liggers gesteld worden, kan gelamineerd hout (Glulam of LVL) toegepast worden. Glulam wordt geproduceerd op 2 manieren:

1. Alle lamellen hebben dezelfde sterkteklasse. Dit wordt aangegeven door een 'h' (van 'homogeneous') toe te voegen achter de sterkteklasse code, bijv. GL24h.
2. De buitenste lamellen zijn van een hogere sterkteklasse dan de binnenste lamellen. Dit wordt aangegeven door een 'c' (van 'combined') toe te voegen achter de sterkteklasse code, bijv. GL24c.

Veel voorkomende kwaliteiten zijn GL24, GL28 en GL32.⁴⁰ De eisen aan enkele meest belangrijke eigenschappen voor GL24h zijn:⁴¹

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 24 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 11.5 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 385 kg/m³ (gemiddeld 420 kg/m³)

De eisen aan enkele meest belangrijke eigenschappen voor GL24c zijn:⁴¹

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 24 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 11 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 365 kg/m³ (gemiddeld 400 kg/m³)

³⁶ Centrum hout, Rapportage Woningbouw in hout. 2021 https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/06/Rapportage-Woningbouw_in_hout-210607.pdf

³⁷ https://www.glued-laminated-timber.com/glued-laminated-timber/wood-species/mn_42532#:~:text=Glulam%20is%20typically%20made%20of,also%20used%2C%20but%20more%20rarely.

³⁸ <https://www.bucklandtimber.co.uk/timber-species/>

³⁹ https://www.glued-laminated-timber.com/glued-laminated-timber-made-of-beech-and-hybrid-beams-made-of-beech/spruce/mn_44337

⁴⁰ https://www.houthandelonline.nl/assets/pdf/verwerking/Houtwijzer_naaldhout-in-de-bouw.pdf

⁴¹ https://www.houtdatabase.nl/infobladen/Infoblad_Houteigenschappen-Sterktegegevens.pdf

Ook LVL wordt geproduceerd op 2 manieren:⁴²

1. Alle fineer-lagen liggen dezelfde richting.
2. Een klein deel van de fineer-lagen, ca. 20%, liggen dwars op de hoofdrichting.

Door de relatief kleine variatie in buigsterkte en stijfheid van LVL zijn de 5-percentiel karakteristieke eigenschappen relatief hoger t.o.v. Glulam en gezaagd hout.⁴² In de sterkteklassen voor LVL die door de sector zijn vastgelegd in een bulletin komt dit wel tot uitdrukking voor de sterkte, maar niet voor de stijfheid.⁴³ De eisen aan LVL met vergelijkbare karakteristieke dichtheid als hierboven gegeven voor Glulam en gezaagd hout zijn voor LVL32P:

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 32 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 8 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 385 kg/m³ (gemiddeld 410 kg/m³)

En voor LVL25C:

- 5-percentiel karakteristieke buigsterkte parallel aan de nerf: 25 MPa
- Gemiddelde buigstijfheid parallel aan de nerf: 6 GPa
- 5-percentiel dichtheid: 385 kg/m³ (gemiddeld 410 kg/m³)

Belangrijke soorten die in Nederland geogst worden zijn grove den, Douglas, lariks, fijnspar en eik. Hout uit Nederlands Douglas is bijvoorbeeld geschikt voor sterkteklassen C18 – C24, en zelfs C30,³¹ en daarmee geschikt voor constructieve toepassingen in HSB.³² Hetzelfde geldt voor fijnspar en grove den; zie ook paragraaf 3.1.3 over certificering van Nederlands hout.³³

3.2.4 HSB bouw concepten en aanbieders

In HSB worden verschillende concepten toegepast. Naast houten balken gaat het om LVL en Glulam. LVL zijn houten balken gemaakt van dunne op elkaar gelijkde vellen hout van fijnspar en grove den. Glulam is net als CLT gelamineerd hout, maar bij Glulam worden de houten lamellen in lengterichting met elkaar verlijmd in plaats van kruislings.

Aanbieders en toepassers van HSB in Nederland (alfabetisch, geen uitputtende lijst):

- De Groot Vroomshoop, <https://degrootvroomshoop.nl/prefab-houtbouw/houtskeletbouw>
- Friesland Prefab, <https://www.frieslandprefab.nl>
- Groenhart Houtskeletbouw, <https://groenhart-houtskeletbouw.nl/houtskeletbouw>
- Plegt Vos, <https://www.plegt-vos.nl>
- Sleiderink, <https://www.sleiderink.nl/kennisbank/opbouw-houtskeletbouw-wand>
- TBI, <https://www.gewoonhout.nl>
- Woodteq, <https://www.woodteq.nl/product/houtskeletbouw>
- Webo, <https://www.webo.nl/prefab-hsb-elementen-houtskeletbouw>

Aanbieders LVL:

- Metsä (FI), <https://www.metsagroup.com/metsawood/kerto-lvl>
- Pollmeier (DE), <https://www.pollmeier.com/spruce-lvl>
- Steico (DE), <https://www.steico.com/en/solutions/product-advantages/lvl-laminated-veneer-lumber>
- Stora Enso (FI), <https://www.storaenso.com/mass-timber-construction/lvl>
- Van Horebeke (BE), <https://www.vanhoorebeke.com/en/houtproducten/construction/lvl>

Ook in Frankrijk en Litouwen worden LVL fabrieken opgezet.

Producenten van Glulam (alfabetisch):

- Binderholz (AT), <https://www.binderholz.com/en-us/products/glulam>
- Derix (DE), <https://derix.de/nl/producten/gelamineerd-hout>

⁴² <https://www.metsagroup.com/globalassets/metsa-wood/attachments/european-lvl-handbook/lvl-handbook.pdf>

⁴³ https://www.hess-timber.com/fileadmin/medien/service/downloads/technische-infos/RS-SG-2019-11-Anl.2_FSH_Merkblatt__E_.pdf

-
- Hasslacher (AT), <https://www.hasslacher.com/glue-laminated-timber>
 - Lilleheden (DK), <https://www.lilleheden.co.uk>
 - Mayr-Melnhof (AT), <https://www.mm-holz.com/en/products/glued-laminated-timber>

3.2.5 Toekomstige ontwikkelingen HSB in hoogbouw

HSB met gezaagd hout is tot zes bouwlagen toe te passen. Er zijn twee redenen om HSB niet toe te passen bij meer dan zes bouwlagen, vanwege de belasting die te groot wordt en de stabiliteit.⁴⁴ HSB gevelelementen kunnen bij hogere gebouwen ingezet worden. Hierbij is dan de constructie van bijvoorbeeld gelamineerde balken (CLT, Glulam) of van beton of staal.⁴⁵ In de toekomst zou voor hoogbouw dus gekozen kunnen worden voor hybride gebouwen waarbij een deel van het gebouw gebouwd wordt in HSB en een ander deel in CLT of met andere bouwmaterialen.

3.3 Plaatmateriaal

3.3.1 Typen plaatmaterialen

Er bestaat een breed scala aan plaatmaterialen; ieder gemaakt met een ander productieproces, en met eigen toepassingsmogelijkheden. Traditioneel zijn deze plaatmaterialen gemaakt van hout(vezel), en meestal gebonden met een synthetische hars. Meest gebruikte harsen zijn fenolformaldehyde (FF), ureumformaldehyde (UF) en melamineformaldehyde (MF). Om platen vochtwerend te maken wordt bijvoorbeeld parafine toegevoegd; om platen brandwerend te maken zouten. Uitgebreide info over plaatmaterialen is beschikbaar in de brochure 'Houtachtige plaatmaterialen' van Centrum hout, uitgave 2022/01 in de reeks Houtinfobladen.⁴⁶

Vezelgewassen zijn in principe ook geschikt voor het maken van een plaatmaterialen zoals zachtboard, hardboard, MDF, HDF en spaanplaat. Onderstaand worden kort enkele kenmerken van deze plaatmaterialen beschreven. Mogelijkheden voor alternatieve grondstoffen worden besproken in paragraaf 3.3.4.

Spaanplaten

Voor de productie van deze platen wordt (rest)hout gemalen tot deeltjes ('particle board' in het Engels) en die vervolgens verlijmd worden en onder druk en verhoogde temperatuur tot platen geperst worden. Desgewenst wordt parafine toegevoegd om de platen vochtwerend te maken. Toepassingen van spaanplaten zijn m.n.: tabelbladen, deuren, wanden, vloerplaten, vensterbanken, bekistingen, aftimmeringen als dakbeschot.

MDF / HDF

Naald- of loofhout wordt gemalen tot vezels ('fibre board' in het Engels) die vervolgens verlijmd worden en onder druk en verhoogde temperatuur tot platen geperst worden. HDF wordt bij hogere druk geperst dan MDF. Door de fijne vezels t.o.v. de grovere deeltjes in spaanplaat is MDF/HDF zeer goed te bewerken voor decoratieve doeleinden. Toepassingen van MDF zijn m.n.: meubels, interieur, laminaatvloeren, sierlijsten, plinten.

Hardboard

Naaldhout (soms loofhout zoals berken) wordt m.b.v. stoom vervezeld waarna de vezels tot een mat worden uitgespreid op een gaas. Desgewenst wordt een kleine hoeveelheid binder en/of olie toegevoegd voor een hogere sterkte, dichtheid en vochtbestendigheid. Vervolgens wordt de vezelmat heet geperst waarbij het water door het gaas wordt afgevoerd; hierdoor ontstaat het ruwe patroon op hardboard. De lignine die in het hout zit fungeert als binder. Toepassingen van hardboard, al of niet geperforeerd, zijn m.n.: wandbekleding (eventueel met ingeperst motief), deuren, meubels, bodem voor laden, achterwand van kasten, bedbodem, verpakkingen in de voedingssector (geen/weinig binder gebruikt i.v.m. grotendeels natuurlijke vezelbinding), automobiellindustrie.

⁴⁴ https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/06/Rapportage-Woningbouw_in_hout-210607.pdf

⁴⁵ <https://www.houtnatuurlijkvanu.nl/vragen-over-bouwen-met-hout-antwoorden-vind-je-hier/>

⁴⁶ <https://www.houtinfo.nl/Houtachtige%20Plaatmaterialen.pdf>

Zachtboard

Hout wordt m.b.v. stoom vervezeld waarna de vezels tot een mat worden gemaakt. De binding wordt voornamelijk verkregen door vervilting van de vezels. Eventueel wordt een kleine hoeveelheid binder gebruikt. Toepassingen van zachtboard zijn m.n.: ondervloer, thermische isolatie.

In Tabel 10 worden enkele kenmerken samengevat van traditionele plaatmaterialen op basis van hout die wellicht ook op basis van vezelgewassen gemaakt kunnen worden.

Tabel 10 Enkele basiskenmerken van traditionele plaatmaterialen die mogelijk op basis van vezelgewassen gemaakt kunnen worden.⁴⁶

	Vezelvorm	Hoeveelheid lijm (gew.%)⁴⁷	Dichtheid (kg/m³)	Dikte (mm)
Spaanplaten	Deeltjes	6 – 11	550 – 850	3 – 40
MDF/ HDF	Vezels	6 – 12	700 – 800	3 – 40
Hardboard	Vezels	1	850 – 1000	3 – 10
Zachtboard	Vezels	0 – 1	250 – 450	8 – 52

Spaanplaten op basis van vlasscheven worden reeds decennia geproduceerd in Zeeland, en voornamelijk geëxporteerd. Spaanplaten op basis van stro worden inmiddels op de markt aangeboden (paragraaf 3.3.2). Bagasse wordt in Azië, Brazilië en de VS eveneens gebruikt voor spaanplaten.⁴⁸

Kandidaten voor alternatieve grondstoffen zijn:

- Gewassen als Miscanthus, zonnekroon, lisdodde, riet
- Hennepscheven
- Stengels van Sorghum, raapzaad, paprika, tomaat
- Snelgroeiende houtsoorten als Paulownia, wilg
- Vezelreststromen (ECOR)

3.3.2 Plaatmaterialen en aanbieders

Plaatmaterialen op basis van hout zijn verkrijgbaar bij de gangbare aanbieders van bouwmaterialen en bij bouwmarkten.

Spaanplaten op basis van tarwestro (75-80%, 15-20% hout, 5% MDI), geïmporteerd uit China:

- Groene Bouwmaterialen (NL), <https://www.groenebouwmaterialen.nl/eco-en-bio-board-platen/>
- Eco-Logisch (NL), <https://www.eco-logisch.nl/ECoboards-Ecoboord-18mm>
- Eco-boards (NL), <https://ecoboardinternational.com/ecoboord-standard>

Binnenwand-panelen op basis van vlasscheven:

- Faay (NL), <https://www.faay.nl/prefab-scheidingswand/>

Binnenwand-panelen op basis van stro:

- Ekodesky (CZ), <https://www.ekopanely.com/system-solutions>

3.3.3 Kwaliteitseisen plaatmaterialen

De eisen aan plaatmaterialen relateren aan de toepassing. De classificatie van eigenschappen van spaanplaten is gegeven in EN 312.⁴⁹

⁴⁷ Hoeveelheid lijm op basis van Environmental Product Declarations (EPDs).

⁴⁸ <https://www.groenebouwmaterialen.nl/biobased-bouwen-vezelplaten>

⁴⁹ EN 312, Spaanplaat – Specificaties. <https://www.nen.nl/en/nen-en-312-2010>

Tabel 11 Eisen⁴⁹ aan en typische toepassingen⁵⁰ van spaanplaten met dikte 13-20 mm.

Plaat type	Toep.	Buigsterkte (MPa)	Buigstijfheid (MPa)	Internal bond (MPa)	Diktezwellig (%)	Toepassing
P1	Algemeen	>11.5		>0.24		Verpakkingen
P2	Interieur	>13	>1,600	>0.35		Meubels; deuren
P3	Niet constructief in vochtige condities	>14	>1,950	>0.45	<14	
P4	Constructief in droge cond.	>15	>2,300	>0.35	<15	
P5	Constructief in vochtige cond.	>16	>2,400	>0.45	<10	(Modulaire) bouw (vloeren, wanden, daken)
P6	Heavy duty in droge cond.	>18	>3,000	>0.50	<14	Vloeren; wanden; daken; kastplanken
P7	Heavy duty in vochtige cond.	>20	>3,100	>0.70	<8	

De classificatie van eigenschappen van MDF is gegeven in EN 622-5.⁵¹

Tabel 12 Eisen aan en type toepassingen van MDF met dikte 12-19 mm.

Plaat type	Type toepassing	Buigsterkte (MPa)	Buigstijfheid (MPa)	Internal bond (MPa)	Diktezwellig (%)
MDF.RWH	Underlays voor daken	>14	>1,600	>0.30	<10
L.MDF	'light' in droge condities	>18	>1,600	>0.45	<14
L.MDF.H	'light' in vochtige condities	>18	>1,600	>0.45	<13
MDF	Algemeen	>20	>2,200	>0.55	<12
MDF.H	Niet constructief in vochtige condities	>24	>2,400	>0.75	<8
MDF.LA	Constructief in droge cond.	>25	>2,500	>0.60	<12
MDF.HLS	Constructief in vochtige cond.	>30	>2,700	>0.75	<8

3.3.4 Welke biomassa kan worden toegepast in plaatmateriaal?

Naast hout (veelal fijnspar), stro en vlasscheven die al in plaatmaterialen worden gebruikt, is een breed scala aan vezelgewassen onderzocht als grondstof voor spaanplaten. In Tabel 13 is een overzicht gegeven van data die in de (wetenschappelijke) literatuur zijn gerapporteerd.

Met kleuren is aangegeven in hoeverre de eisen aan de specificaties voor spaanplaten voldoen (paragraaf 3.3.3). Groene kleur betekent dat de gerapporteerde eigenschappen voldoen aan P5 (constructieve toepassing), geel dat voldaan wordt aan P1 (algemeen) en rood dat niet aan de minimale eisen voldaan wordt.

De sterkte- en stijfheidsdata geven aan dat alle grondstoffen die in Tabel 13 genoemd zijn, behalve lisdodde en tomatenstengel, in de basis geschikt (te maken) zijn om spaanplaten van enige kwaliteitsklasse te maken:

- P5: Tarwestro, Sorghum, Paulownia, riet, rest(papier)vezel
- P3: Hennepscheven
- P2: Miscanthus, zonnekroon, vlasscheven, raapzaadstengels, wilg
- P1: Paprika stengel

De diktezwellig is in vrijwel alle gevallen (flijk) hoger dan de norm. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het niet toepassen van vochtwerende middelen in de wetenschappelijke onderzoeken. Bij industriële productie

⁵⁰ <https://www.elka-holzwerke.de/en/trademark-products/particleboard>

⁵¹ EN 622-5, Vezelplaten - Specificaties - Deel 5: Eisen voor platen vervaardigd volgens het droge procédé (MDF), <https://www.nen.nl/en/nen-en-622-5-2009>

wordt parafine o.i.d. gebruikt om spaanplaten vochtwerend te maken. Data uit de literatuur duiden erop dat toevoegen van parafine/was weinig invloed heeft op buigsterkte en stijfheid; de zogenaamde 'internal bond' neemt echter wel af met ca. 30%.⁵²

Tabel 13 Prestatie van spaanplaten op basis van verschillende vezelgrondstoffen. Bron van de data is aangegeven in de rechter kolom. Groen: voldoet aan P5; Geel: voldoet aan P1; Rood: voldoet niet aan minimale eisen.

	Dichtheid		Buigsterkte (MoR)		Stijfheid (MoE)		Diktezwellling @ 24 h		Bron	
	(kg/m ³)	range	(MPa)	range	(MPa)	range	(% TS)	range		
Hennep scheven	571	465-700	10.5	3.2-17.9	1868	654-3400	19.5	14.1-28	6	Website/Literatuur
Vlas scheven	510	350-657	10.8	5-18.2	1983	900-3290	17.6	16.9-18.4	4	Brochure/Literatuur
Tarwe stro	798	650-910	26.6	13.7-38.3	3218	2292-4100	16.0	14-18	6	EPD/TDS/Literatuur
Riet	916	864-968	21.0	12-30	4015	2660-5370			2	Literatuur
Lisdodde	399	318-480	3.9	1.01-7	240	150-330	8.5	@ 2 h	2	Literatuur
Miscanthus	625	600-650	9.7	6.5-12.8	1671	1650-1692	30.4	12.7-48	2	Literatuur
Sorghum	769	725-800	17.0	1-34.1	2802	200-5200	22.6	9-60	6	Literatuur
Zonnekroon	600	600	11.3	9.7-12.3	1943	1700-2100	30.4	@ 2 h	4	Literatuur
Raapzaad stengel	692	684-700	12.4	11.7-13	2449	1798-3100	66.0	50-82	2	Literatuur
Paprika stengel	720	700-730	11.5	10.1-12.3	2542	1856-3221	61.0	44-90	3	Literatuur
Tomaten stengel	765	660-870	10.5	6-15	675	550-800	27.0	24-30	2	Literatuur
Paulownia	583	550-650	20.0	18-23	2512	2000-3100	27.2	13.6-40	3	Literatuur
Wilg	610	585-650	11.2	9.5-13.3	1816	1400-2664	36.7	24-49	4	Literatuur
'Papier vezel' (SAM)	950	950	35.2	32.4-40.8	4493	4202-4815			4	Pers. Comm.
Spaanplaat P5	642		16.6	13.3-25	2780	2400-3300	10.3	10-12	6	DOP/TDS

3.3.5 Toekomstige ontwikkelingen plaatmateriaal in hoogbouw

Afhankelijk van de bouwconstructie, CLT of HSB, is weinig of veel plaatmateriaal nodig: Bij CLT-gebaseerde (hoog)bouw is betrekkelijk weinig plaatmateriaal nodig, bij HSB-bouw des te meer.

In de hoogbouw spelen brandeigenschappen van materialen een belangrijke rol. Om te voldoen aan brandeisen worden vaak gipsplaten toegepast. Gipsplaten zijn betrekkelijk bros (zwak). Om deze sterker te maken zijn (cellulose)versterkte gipsplaten op de markt. Vezelgrondstoffen als genoemd in Tabel 13 zijn in principe geschikt als vervanger van cellulose. Met de sterke vlas- en hennepvezels zou een hogere sterkte verwacht mogen worden; van de overige vezelgrondstoffen wordt geen hogere sterkte t.o.v. cellulose verwacht.

3.4 Isolatiemateriaal

3.4.1 Typen isolatiematerialen

Isolatiematerialen kunnen worden onderverdeeld in 3 typen: 1) dekens/matten, 2) (min of meer) drukvaste platen, 3) inblaas vezels.

Dekens

Vezelgrondstoffen worden met bindervezels (nog niet altijd biobased) tot luchtige matten (dekens) gemaakt. Door de flexibiliteit zijn ze goed te gebruiken om ruimtes tussen gordingen en ruimtes met oneffenheden te isoleren. Dekens zijn dampopen, waardoor vocht kan ontsnappen en vochtproblemen voorkomen worden. Dekens zijn te gebruiken voor isolatie van verdiepingsvloeren, muren, tussenwanden, daken. De isolatiedekens worden veelal afgewerkt met plaatmateriaal.

Drukvaste platen

Deze platen worden gemaakt door vezels te verlijmen en persen. Door de hogere dichtheid t.o.v. dekens is de isolatiewaarde iets minder (paragraaf 3.4.3).

⁵² Kasim et al., Properties of Particleboard Manufactured from Commonly Utilized Malaysian Bamboo, *Pertanika J. Trap. Agric. Sci.* Vol. 24(2), 2001, pag. 151 - 157. <https://core.ac.uk/download/pdf/42990634.pdf>

Deze platen zijn geschikt voor vloeren (beloopbaar), wanden (direct stucbaar) en daken.

Inblaasisolatie

Losse vezels worden met enige druk in een ruimte geblazen zodanig dat de vezels niet uitzakken. Inblaasvezels zijn geschikt voor bouwsystemen met 'open ruimtes': tussen gordingen, in houtskeletbouw (HSB), etc.

Traditionele isolatiematerialen zijn:

- Drukvast: EPS, XPS, PIR, PUR hardschuim
- Deken/mat: Glaswol, steenwol

3.4.2 Isolatiematerialen en aanbieders

Dekens:

- Vlas: IsoVlas (NL), <https://www.isovlas.nl>
- Hennep: HempFlax (NL), <https://www.thermo-hanf.de/nl/thermo-hanf-combi-jute-isolatiematten>
- Hennep: DunAgro (NL), <https://dunagrohempgroup.nl/producten>
- Houtvezel: Gutex (DE), <https://gutex-benelux.eu/thermoflex>
- Cellulose: iCell (SE), <https://icell-se>
- Schapenwol: Isolena (AT), <https://www.isolena.com/en/products>
- Grasvezel: Gramitherm (BE): <https://gramitherm.eu>
- Katoen (gerecyclede kleding): Metisse (FR), <http://www.isolantmetisse.com>

Drukvaste platen:

- Houtvezel: Gutex (DE), <https://gutex-benelux.eu/thermowall>
- Kurk: Pro Suber (NL): <https://www.prosuber.com/geexpandeerde-kurk-productinformatie>
- Mycelium gebonden biobased vezel: Fairm (NL), <https://www.fairm.nl/material>

Inblaas vezels/deeltjes:

- Kurk granulaat: Pro Suber (NL): <https://www.prosuber.com/geexpandeerde-kurk-productinformatie>
- Cellulose (gerecyclede papier): Warmteplan (NL), <https://www.warmteplan.nl/cellulose-isolatie>
- Houtvezel: Gutex (DE), <https://gutex-benelux.eu/thermofibre>
- Houtschaafsel: Baufriz (DE), <https://www.baufriz.com/de/baubiologie/nachhaltige-baustoffe>
- Graanstro: Iso-Stroh (CH), <https://www.iso-stroh.ch>; I straw (DE), <https://istraw.tech>
- Schapenwol: Havelock (VK), <https://havelockwool.com>
- Uiteenlopende gewassen (o.a. Miscanthus, Sorghum, Lisodde): Building Balance, <https://buildingbalance.eu/keten-inblaasisolatie>

Groothandel:

- Groene Bouwmaterialen (NL), <https://www.groenebouwmaterialen.nl/isolatie>
- Eco-Logisch (NL), <https://www.eco-logisch.nl/isolatie>

Bouwblokken/panelen met isolerende werking:

- Hout-stro prefab gevelsystemen: Strotec (NL), <https://www.strotec.nl/prefab-stropanelen>
- Hennepkalk panelen: DunAgro (NL), <https://dunagrohempgroup.nl/kalkhennepbouw>
- Hennepkalk blokken: IsoHemp (BE), <https://www.iso hemp.com/nl/hennepblokken>

3.4.3 Kwaliteitseisen isolatiematerialen

Het Bouwbesluit stelt minimale eisen aan de isolatie van daken, gevels en onderste vloer van gebouwen. Deze eisen zijn geformuleerd als weerstand tegen warmtetransport:

- Dak: $R_c = 6.3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Gevel: $R_c = 4.7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Vloer: $R_c = 3.7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Deze eis wordt gesteld aan de totale buitenschil van een gebouw, die veelal uit een stapeling van materialen bestaat. De isolatieprestatie van een dergelijke stapeling van materialen, R_c , is gelijk aan de optelsom van de isolatieprestaties van die opeenvolgende materialen, $R_{d,i}$:

$$R_c = R_{d,1} + R_{d,2} + \dots \text{ (m}^2\text{.K/W)}$$

De isolatieprestatie van een materiaal, R_d , is evenredig met de dikte, d (m), en omgekeerd evenredig met de zogenaamde thermische geleiding, λ (W/m.K):

$$R_d = d/\lambda$$

Hoe lager de thermische geleiding, des te dunner een isolatielaag moet zijn om een bepaalde isolatieprestatie te bereiken.

Voorbeeld

Indien de isolatie van een gevel ($R_c = 4.7 \text{ m}^2\text{.K/W}$) volledig bereikt dient te worden met isolatiemateriaal, dan is voor materialen met verschillende thermische geleiding onderstaand de benodigde materiaaldikte gegeven:

- $\lambda = 0.030 \text{ W/m.K}$, $d = 14.1 \text{ cm}$
- $\lambda = 0.040 \text{ W/m.K}$, $d = 18.8 \text{ cm}$
- $\lambda = 0.050 \text{ W/m.K}$, $d = 23.5 \text{ cm}$

Biobased isolatiematerialen zijn brandbaar. Daarom wordt bij veel isolatiematerialen brandvertragers toegevoegd. Een alternatief is het afwerken met niet-brandbare platen zoals gipsplaat. Bij hoogbouw is het van belang dat isolatiemateriaal in de gevel niet continu over meerdere verdiepingen wordt aangebracht, maar juist door enige vorm van compartimentering wordt onderbroken.

3.4.4 Welke biomassa kan worden toegepast in isolatiemateriaal?

Lignocellulose en enkele andere biobased grondstoffen hebben over het algemeen een lage thermische geleiding en zijn daardoor in de basis geschikt als isolatiemateriaal. Die isolerende werking kan verbeterd worden door deze grondstoffen te verwerken tot producten die stilstaande lucht bevatten; Vezeldekens, vezel-‘schuim’ en licht samengeperste losse vezels of deeltjes.

De grondstoffen kunnen verschillende oorsprong hebben:

- Speciaal geteeld t.b.v. isolatie: Hennepvezels (dekens) en hennepscheven (kalkhennep bouwpanelen en -blokken); Miscanthus; Lisodde
- Nevenstroom bij teelt/productie van ander product: Vlas (textiel is hoofdproduct); Graanstro; Sorghumstro; Stengels van tomaten, paprika, etc.; Bermgras (infrastructuur, natuur); Houtvezel; Houtschaafsel; Schapenwol; Kurk
- Recycling vanuit ander product: Cellulose (oud papier); Katoen (oude kleding)
- Tussenvorm: Mycelium gebonden lignocellulose reststromen

In Tabel 14 is een overzicht gegeven van de thermische geleiding van isolatiematerialen. Vooral de thermische geleiding en de dichtheid zijn van groot belang zijn voor de mate van geschiktheid en zijn daarom weergegeven in de tabel. Parameters van secundair belang zijn brandgedrag (kan opgelost worden met brandvertragers en combinatie met andere materialen) en warmtecapaciteit. Daarnaast is ook het type bron vermeld, evenals de hoeveelheid bronnen waarop de waarden zijn gebaseerd.

Voor zover beschikbaar, zijn deze data gebaseerd op EPDs of European Technical Assessments (ETAs); dit betreft commercieel beschikbare isolatiematerialen. De data in dergelijke documenten zijn onafhankelijk vastgesteld en gecertificeerd en de betrouwbaarheid is hiermee hoog. Een tweede bron betreft ‘technical datasheets’ (TDS): data die producteigenaren expliciet als productprestatie naar buiten brengen. Het type data van TDS die worden gecommuniceerd, worden vaak door de producent geselecteerd. Dit kan een vertekend beeld geven en een product rooskleuriger doen overkomen. Een derde bron zijn websites van bedrijven en ‘persoonlijke communicaties’; vaak zijn productprestaties in een verhaal verwerkt, waarbij regelmatig stukjes informatie onvermeld blijven. Tenslotte is de openbare (wetenschappelijke) literatuur geraadpleegd; van de gebruikte meetmethoden en testopzet is vaak lastig te achterhalen in hoeverre deze overeenkomst met de

meetmethoden en -opzet die certificeringsinstanties gebruiken. In Tabel 14 is aangegeven uit welk type bron data verkregen zijn; met 'n =' is aangegeven hoeveel bronnen zijn geraadpleegd.

In Tabel 14 is tevens de dichtheid van de isolatiematerialen gegeven; voor zover beschikbaar. Vezeldekens en inblaas-vezels hebben duidelijk lagere dichtheden (= factor 2 à 3 minder grondstof nodig) en lagere thermische geleiding (= ca 20% betere isolatie) dan inblaas-deeltjes en drukvaste isolatieplaten. Maar ook binnen deze groepen zijn er verschillen.

Van een aantal gewassen zijn nog geen isolatieprestatie data beschikbaar: Sorghum, zonnekroon, stengels van paprika en tomaten.

Tabel 14 Thermische geleiding (λ) en dichtheid van isolatiematerialen.

	λ (W/m.K)		Dichtheid (kg/m ³)		n =	Bron
	Gem.	Range	Gem.	Range		
Dekens (flexibel)						
Schapenwol	0.036	0.033-0.039	22	18-31	7	EPD/TDS/Websites
Cellulose (recycl. papier)	0.036		32		1	Brochure
Houtvezel	0.037	0.036-0.038	55	50-60	4	EPD/TDS
Vlasvezel	0.038	0.035-0.040	36	28-47.5	5	ETA/TDS
Katoen (Gerecycled)	0.039	0.038-0.039	32	20-55	3	TDS
Hennep (incl jute)	0.040	0.040-0.041	38	35-41.5	4	EPD/ETA/TDS/Website
Bermgras	0.040	0.040-0.041	40		3	ETA/TDS
Platen (drukvast)						
Cellulose	0.038		75		1	TDS
Houtvezel	0.044	0.037-0.051	186	110-270	6	EPD/TDS
Kurk	0.045	0.039-0.052	190	110-325	6	EPD/TDS
Lisdodde	0.052	0.044-0.061	244	200-400	4	Literatuur
Stro panelen/balen	0.053	0.049-0.057	100		2	ETA/Pers. Comm.
Mycelium-Lignocellulose	0.057	0.040-0.088	113	94-135	6	TDS/Literatuur
Vlasscheven	0.071		350		1	Website
Los (inblaas)						
Cellulosevezel	0.038	0.037-0.043	44	31.5-56.5	12	EPD/ETA/TDS/Website
Schapenwol	0.038		18		1	TDS
Houtvezel	0.038	0.038-0.039	33	25-40	3	EPD/Website
Graanstro	0.044	0.037-0.052	92	68-110	3	ETA/Pers. Comm.
Kurk	0.044	0.041-0.047	90	65-115	2	TDS/Brochure
Maisstro	0.046		98		1	Literatuur
Houtschaafsel	0.047		70		1	EPD
Miscanthus	0.050	0.036-0.061	143	86-190	3	Literatuur/Pers. Comm.
Riet	0.056	0.055-0.056	164	138-190	2	Literatuur
Traditionele fossiele referenties						
Glaswol	0.038	0.036-0.039	15	11-24	4	EPD
Steenwol	0.039	0.030-0.050	90	60-120	4	EPD
EPS	0.033	0.031-0.035	19	15-22	2	EPD
PIR-PUR	0.025	0.023-0.026	33	32-33	2	EPD

3.4.5 Brandveiligheid

De brandveiligheid van lignocellulose-materialen wordt met name bepaald en behaald door het bouwsysteem. Dat geldt voor isolatie, maar ook voor HSB en plaatmaterialen. Door toevoeging van brandvertragers kan de brandklasse van lignocellulose opgewaardeerd worden van E (D voor kurk) naar B; brandklasse A lijkt (vooralsnog) niet haalbaar.

3.4.6 Toekomstige ontwikkelingen isolatiematerialen

Voor hoogbouw is een goede isolatiewaarde belangrijker dan voor grondgebonden bouw; de isolatiedikte gaat immers af van het bruikbare vloeroppervlak. De (ca. 20%) lagere isolatiewaarde van inblaas-deeltjes (stro, Miscanthus, etc.) maakt deze daardoor minder aantrekkelijk t.o.v. inblaas-vezels (cellulose, houtvezel, schapenwol). Inblaasvezels presteren vergelijkbaar met vezeldekens, terwijl de productiekosten lager zijn. In combinatie met geschikte (brandveilige) bouwsystemen zal inblaasvezel een concurrerend isolatiemateriaal voor hoogbouw kunnen zijn.

4 Productie hout

Hoewel de naam Holland afstamt van 'houtland',⁵³ is het areaal bos in Nederland relatief beperkt. Niettemin wordt er in Nederland een zekere hoeveelheid hout geogst en afgezet naar o.a. de bouwsector (paragraaf 4.1). Bij het verwerken van het geogste hout naar bouwhout zoals balken, planken en gelijmd hout komt een deel van het hout vrij als zaagsel en resten. De verwerkingsprocessen die nodig zijn voor het maken van verschillende typen houtproducten uit geogste bomen, en de bijbehorende rendementen (conversiefactoren), zijn in paragraaf 4.2 beschreven. Met deze conversiefactoren kan berekend worden hoeveel m³ hout geogst moet worden om de houtbouwproducten te kunnen maken die nodig zijn voor het realiseren van 30% van de woningbouwopgave op basis van zo veel mogelijk biobased bouwmaterialen (par. 4.3). Deze hoeveelheden zijn anno 2024 niet beschikbaar, maar er zijn bosbeheermodellen van verjonging en investering mogelijk waarmee het volume houtoogst op termijn kan toenemen (par. 4.4). Zelfs uit reststromen kunnen betrekkelijk hoogwaardige houtproducten ontwikkeld worden (par. 4.4.2). Deze 'extra productie' kan een deel van de nodige houtbouwproducten opleveren die nodig zijn om 30% van de nieuwbouwwoningen in biobased te realiseren, echter niet alles. Daarom zal voor de 30% biobased-doelstelling ook hout geïmporteerd moeten worden. En voor zover de huidige oogst reeds een bestaande afzet kent, zal ook in landen waaruit Nederland hout wil importeren extra houtoogst mogelijk moeten zijn. De ruimte voor extra houtoogst in Europa is beschreven in paragraaf 4.5.

4.1 Huidige productie en gebruik hout in Nederland

Nederland heeft een bosareaal van 363.800 hectare⁵⁴ en produceert ongeveer 8% van het bouwhout dat in Nederland gebruikt wordt zelf⁵⁵. Hout dat gebruikt wordt in de bouw in Nederland, komt veelal uit Europese bossen, met name uit Duitsland, Zweden en België.

In het Nederlandse bos staat ongeveer 82 miljoen m³ hout, ook wel de staande voorraad genoemd. Deze staande voorraad groeit jaarlijks door, de zogenaamde bijgroei, en deze bedraagt ca. 6,6 m³/ha/jr. In 2021 is er in Nederland ongeveer 785.000 m³ industrieel rondhout geogst in bos en andere terreinen in Nederland, waarvan ongeveer 70% naaldhout⁵⁶. Van deze 785.000 m³ met schors wordt 390.000 m³ met schors voor bouwhout gebruikt.⁵⁷ Belangrijke soorten die geogst worden zijn grove den, Douglas, lariks, fijnspar en eik. Hout uit Nederlands Douglas is bijvoorbeeld geschikt voor sterkteklassen C18 – C24, en zelfs C30.

Eerder werd al genoemd dat fijnspar een van de belangrijkste soorten is in de bouw. In Nederland staat ongeveer 3 miljoen m³ (met schors) fijnspar in het bos. De fijnspar heeft een bijgroei van 11,2 m³/ha/jr. Jaarlijks wordt er 8,1 m³/ha geogst. Dit is in totaal ongeveer 99.000 m³/jr met schors.⁵⁸

Van het in Nederland geogste hout wordt 36% verwerkt door zagerijen, 30% door producenten van plaatmaterialen, papier en karton, en 22% gaat naar producenten van houtvezelproducenten voor de dierhouderij en rokerijen. Deze hoeveelheden zijn echter verre van voldoende om de Nederlandse behoefte aan hout te dekken, en daarom wordt er ook veel hout geïmporteerd, waarvan een deel weer wordt geëxporteerd. In 2021 is er ongeveer 30 miljoen m³ aan houtproducten geïmporteerd, 10,2 miljoen geëxporteerd en 21,7 miljoen m³ aan hout verbruikt. Vanhet totaal verbruikte hout in Nederland werd in 2021 40% gebruikt voor energetische toepassingen, 23% voor papier en karton, 21% voor gezaagd hout en 12% voor plaatmateriaal⁵⁹.

⁵³ <https://knbv.nl/bosbeheer/alles-over-het-bos/holland-houtland/>

⁵⁴ <https://research.wur.nl/en/publications/het-nederlandse-bos-op-de-kaart>

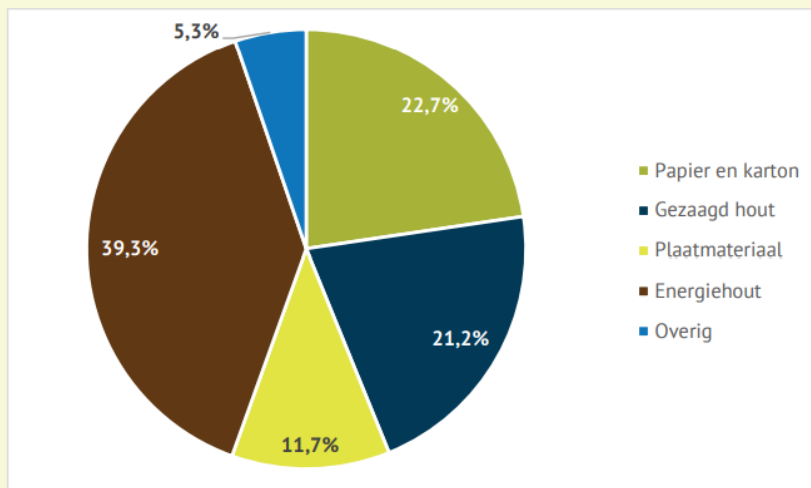
⁵⁵ <https://www.bosenhoutcijfers.nl/de-houtmarkt/houtverbruik/>

⁵⁶ https://www.probos.nl/images/pdf/overig/2022_Infografic_Houtproductie_en_houtgebruik.pdf

⁵⁷ Probos (2023) Herkomst bouwhout.

⁵⁸ Schelhaas, M.J., S. Teeuwen, J. Oldenburger, G. Beerkens, G. Velema, J. Kremers, B. Lerink, M.J. Paulo, H. Schoonderwoerd, W. Daamen, F. Dolstra, M. Lusink, K. van Tongeren, T. Scholten, I. Pruijsten, F. Voncken, A.P.P.M. Clercx (2022). Zevende Nederlandse Bosinventarisatie; Methoden en resultaten. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 142. 127 blz.; 15 fig.; 57 tab.; 17 ref; 9 bijlagen

⁵⁹ https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/230223_Rapportage_houtgebruik_in_Nederland_2021_def.pdf



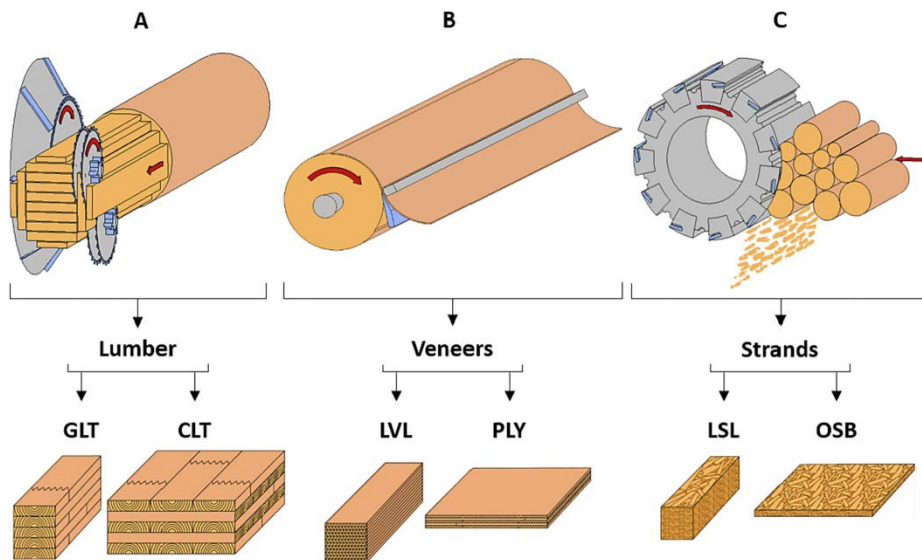
Figuur 3.1

Het Nederlandse verbruik van primaire houtproducten onderverdeeld naar type producten in 2021
(Bron: CBS statistiek internationale handel in goederen, bewerkt door Probos en Probos rondhoutenquête en -biomassaenquête)

Figuur 2 Verbruik van primaire houtproducten onderverdeeld naar type producten. Gekopieerd uit: Probos (2023).⁵⁹

4.2 Van hout naar product (incl. conversiefactoren)

Een hoeveelheid hout wordt meestal weergegeven in volume in kubieke meters (m^3). Nadat een boom in het bos wordt omgezaagd wordt deze vervoerd naar een zagerij. In het bos wordt gesproken van *staande voorraad* hout in m^3 . De hoeveelheid geoogst hout wordt veelal uitgedrukt in m^3 met schors. In de zagerij wordt als eerste de bast van de boom verwijderd waarna we spreken van *rondhout* zonder bast. In de zagerij kan er veel met het hout gedaan worden, het ligt onder andere aan de soort en kwaliteit van hout wat economisch het meest rendabel is. De soort bepaalt onder andere hoe sterk het hout is, het ene hout heeft een hogere dichtheid dan de andere. Kwaliteit van hout wordt verder bepaald door hoe recht een boom is, of er veel zijtakken (noesten) in zitten en hoe dik de boom is. Dikke bomen van hoge kwaliteit worden veelal gebruikt voor het maken van balken en planken ook wel "*zaaghout*" genaamd; zaaghout is het basisbestanddeel van veel materialen. Hout kan daarnaast ook "geschild" worden wat fineer creëert, losse dunne vellen hout. Als laatste is het ook mogelijk om het hout te verspanen naar houtspaanders (vlakke strookjes hout) welke worden gebruikt om bijvoorbeeld OSB platen te maken. Zie Figuur 3 voor een schematische weergave van de verwerking van rondhout naar industriële houtproducten. Resthout kan gebruikt worden voor de productie van spaanplaat (deeltjes hout; in het Engels 'particle board').

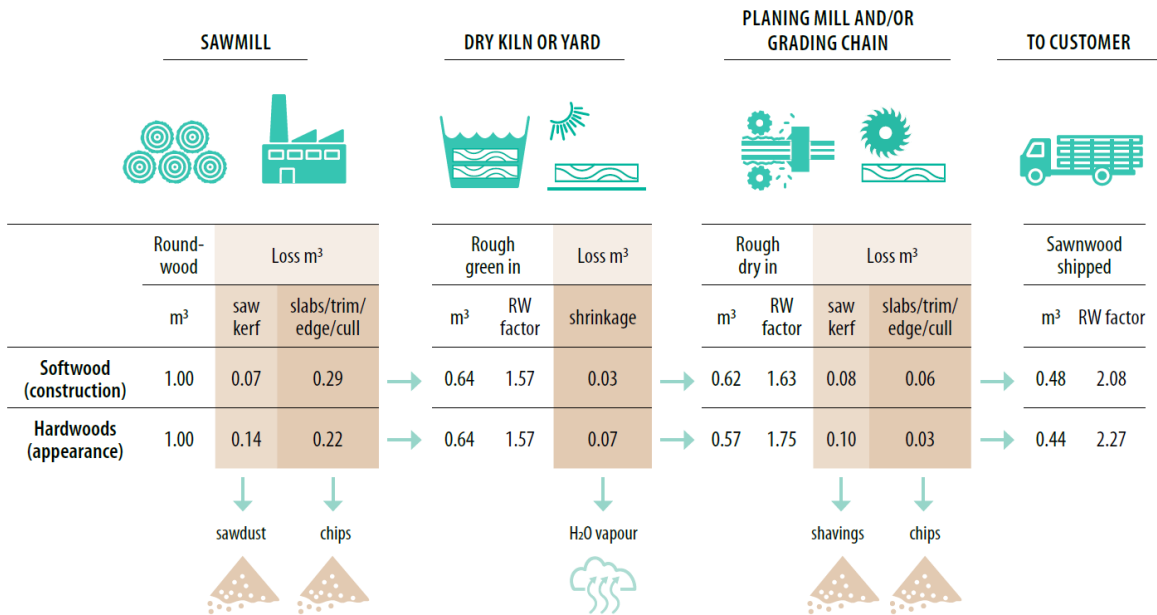


Figuur 3 Schematische weergave van de verschillende verwerkingsmanieren van hout. Lumber = zaaghout, Veneers = finer, strands = spaanders. Daarnaast worden de verschillende industriële houtproducten die er van gemaakt kunnen worden weergegeven. GLT = Glued laminated Timber (ook wel bekend als GLULAM), CLT = Cross Laminated Timber (kruislaaghout), LVL = Laminated Veneer Lumber (Gelamineerd finer hout), PLY = Plywood (multiplex), LSL = Laminated Strand Lumber (Gelamineerd spaander hout) en OSB = Oriented Strand Board (Spaander plaat). Bron: Pramreiter, M., Nenning, T., Huber, C., Müller, U., Kromoser, B., Mayencourt, P., & Konnerth, J. (2023). A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials. *Sustainable Materials and Technologies*, e00728. Gekopieerd van Pramreiter.⁶¹

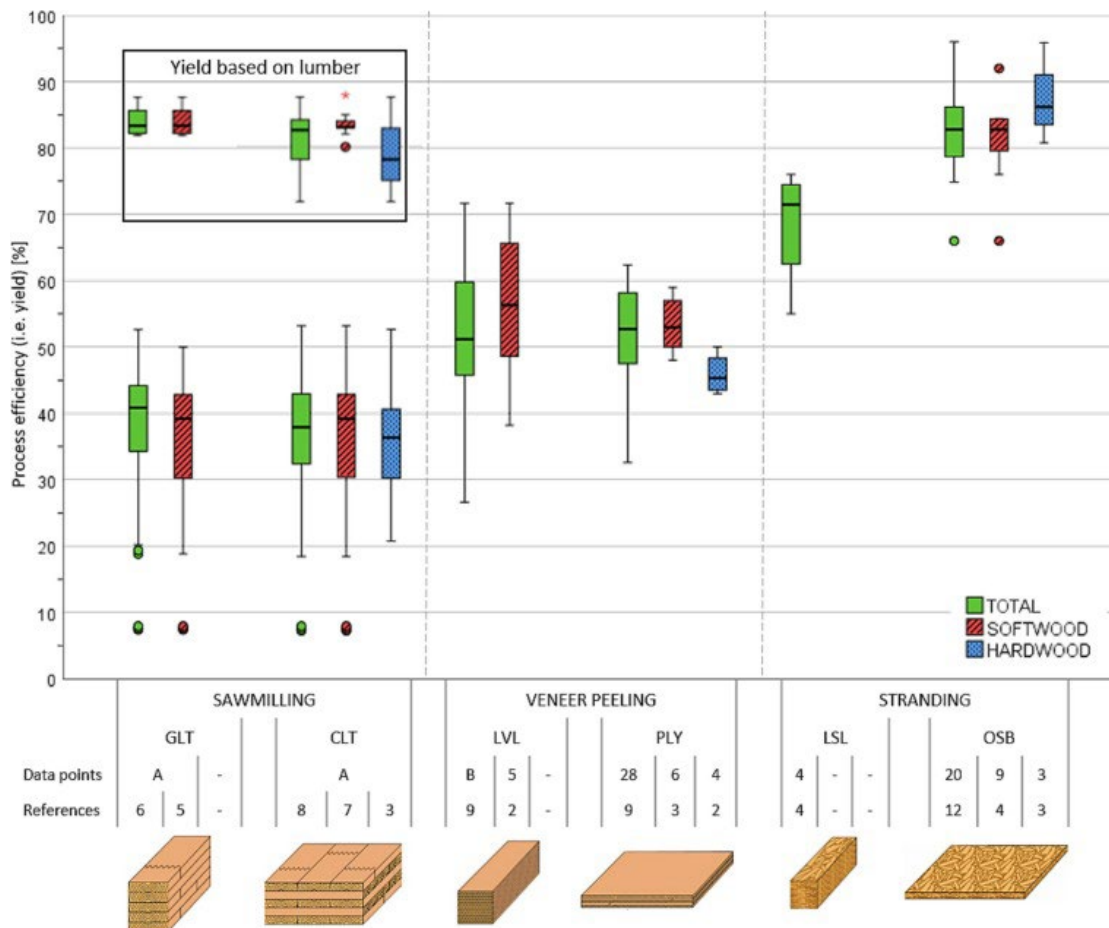
In ieder bovenstaand beschreven stap gaat er hout verloren. Met name door het op maat zagen van ronde boomstammen naar rechthoekige planken ontstaat resthout, maar ook door de zaagsnede van de zaag zelf, wat zaagsel oplevert. Ook bij het drogen van het hout neemt het volume licht af. Hoeveel zaagverlies er optreedt in iedere stap ligt aan hoe efficiënt de zagerij is in het zagen van het hout. In een grote studie van de FAO⁶⁰ is gekeken naar de efficiëntie van rondhout (zonder schors) naar zaaghout; hierin kwam naar voren dat de spreiding van deze efficiëntie erg verschilt per land. Gemiddeld komt de efficiëntie uit op 2,08 voor naaldhout en 2,27 voor loofhout. Met andere woorden 1 m³ rondhout zonder schors levert 0,48 m³ zaaghout als het om naaldhout gaat, voor loofhout is dit 0,44 m³ (zie Figuur 4). Zaaghout wordt vervolgens verwerkt naar de gewenste producten zoals bijvoorbeeld CLT. Om van zaaghout vervolgens CLT te maken is volgens Pramreiter, Et al. (2023)⁶¹ een efficiëntie van 83%. Dit komt dan uiteindelijk neer op ongeveer 2,5 m³ rondhout per 1 m³ CLT.

⁶⁰ FAO, ITTO and United Nations. 2020. Forest product conversion factors. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca7952en>

⁶¹ Pramreiter, M., Nenning, T., Huber, C., Müller, U., Kromoser, B., Mayencourt, P., & Konnerth, J. (2023). A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials. *Sustainable Materials and Technologies*, e00728. <https://doi-org.ezproxy.library.wur.nl/10.1016/j.susmat.2023.e00728>



Figuur 4 Materiaalverliezen tijdens verschillende houtbewerkingsprocessen: 'sawmill' = zagerij; 'dry kiln or yard' = houtdrogerij; 'planing mill and/or grading chain' = schaverij. Gekopieerd van FAO.⁶⁰



Figuur 5 Verwerkingsefficiency voor verschillende type houtproducten. Gekopieerd van Pramreiter.⁶¹

Door de data uit figuur 4 en 5 te combineren hebben we de conversiefactoren als aangegeven in Tabel 15 afgeleid voor het berekenen van de benodigde hoeveelheid rondhout zonder bast (Rondhoutequivalenten = RHE) voor de behoefte aan gezaagd hout, CLT, Glulam en OSB (paragraaf 4.3).

Tabel 15 *Conversiefactoren voor productie van verschillende houtproducten uit rondhout zonder schors.*

Type product	Product volume (m ³)	Rondhoutequivalent, RHE (m ³)	Efficiëntie
Gezaagd hout	1	2.08	48%
CLT	1	2.51	40%
Glulam	1	2.51	40%
OSB	1	1.20	83%

Door het verwerken van rondhout ontstaat er ook een resthout stroom. In 2021 produceerde de houtverwerkende industrie ongeveer 971.000 ton aan resthout. In Nederland wordt deze reststroom gebruikt voor de productie van papier en karton. Of als grondstof voor andere producten zoals strooisel in de veehouderij, rokerijen, energiepellets of direct als brandstof voor energie en warmte productie.⁵⁹ Naar welk type product welke hoeveelheid gaat is echter niet bekend.

4.3 Benodigde hoeveelheid hout voor biobased bouw in G4 en Nederland

In Tabel 7 is een inschatting gemaakt van de behoefte aan verschillende houtproducten bij een ambitie van 30% biobased bouw. In onderstaande Tabel 16 is omgerekend hoeveel rondhout zonder schors hiervoor nodig is. Daarnaast is berekend hoeveel volume hout hiervoor geogst dient te worden. Daarbij is gerekend met een schors percentage van 12% en een verlies van 6% van staand hout naar werkhout.

Tabel 16 *Inschatting behoefte aan rondhout zonder schors voor de productie van verschillende type houtproducten voor nieuw te bouwen woningen in de G4 en Nederland, waarbij 30% van de woningen in biobased wordt gerealiseerd.*

	Volume product (m ³ /jaar)	Conversiefactor	RHE zonder schors (m ³ /jaar)	Oogst volume (m ³ /jaar)
G4				
Gezaagd	17,288	2.08	35,959	43,852
CLT (100% hoogbouw)	138,000	2.51	346,380	422,414
Glulam	20,813	2.51	52,241	63,708
OSB	7,335	1.20	8,802	10,734
Waarvan OSB voor hoogbouw	1,380	1.20	1,656	2,019
Totaal G4	176,101		445,038	542,727
Nederland				
Gezaagd	151,580	2.08	315,286	384,495
CLT (100% hoogbouw)	163,155	2.51	409,519	499,413
Glulam	40,789	2.51	102,380	124,853
OSB	36,842	1.20	44,210	53,914
Totaal Nederland	355,524		871,396	1,062,675

Het resthout kan voor een significant deel gebruikt worden voor het maken van spaanplaten. De behoefte aan spaanplaat voor 30% biobased bouw in Nederland is ruim 35,200 m³/jaar (Tabel 7), minder dan 10% van het resthout dat 'over blijft' van de behoefte aan RHE zonder schors en het benodigde volume houtproducten. De

behoefte aan spaanplaten kan dus volledig gedekt worden uit het resthout dat vrijkomt bij de productie van gezaagde en gelijmde houtproducten.

4.4 Mogelijkheden tot verhogen houtbeschikbaarheid in Nederland

Om aan de vraag naar houtgebaseerde bouwproducten voor 30% biobased bouw in de G4 en Nederland te kunnen voldoen is dus ongeveer 871,000 m³ rondhout zonder schors nodig. Dat is ongeveer de totale gemiddelde houtoogst per jaar in Nederland, die reeds gebruikt wordt. In onderstaande sub-paragrafen wordt ingegaan op de mogelijkheden om een deel hiervan alsnog uit Nederland te halen.

4.4.1 Opschalen oogst in Nederland

Een mogelijkheid die bekeken is om het deel van het hout voor de bouw dat uit Nederland komt te verhogen, is het opschalen van de houtoogst in Nederland. De huidige productie is gemiddeld ongeveer 1,15 miljoen m³ per jaar.⁵⁸ Die oogst is ongeveer 55% van de bijgroei. Een belangrijke regel voor duurzaam bosbeheer is dat de oogst niet meer is dan de bijgroei. In theorie zou de oogst in Nederland omhoog kunnen op schaal van het totale bos in Nederland, waarbij niet wordt gekeken naar specifieke soorten. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat van één bepaalde soort al meer dan de bijgroei wordt geoogst, echter valt dit weg in de gemiddelde waarde voor Nederland.

In het project van bos tot bouw is onderzocht of de oogst opgeschaald kan worden door met het bosontwikkelingsmodel EFISCEN-Space verschillende scenario's door te rekenen⁶². Voor dit project zijn verschillende scenario's gesimuleerd tot 2060 (Tabel 17). Er is een scenario gesimuleerd waarbij het huidige beheer wordt doorgetrokken, het basislijn scenario. Daarnaast is een scenario gesimuleerd gebaseerd op de bossenstrategie, het bossenstrategie scenario. In dit scenario is de 37.000 ha extra bos die beschreven staat in de bossenstrategie niet meegenomen. In dit scenario is er ten opzichte van het basislijn scenario 10% meer natuurbos, waaruit minder wordt geoogst; dit natuurbos is omgevormd vanuit multifunctioneel. Er is dus minder multifunctioneel bos in dit scenario in vergelijking met het basislijn scenario. In het multifunctionele bos dat over is, wordt meer geoogst. In het derde scenario dat gesimuleerd is, het verjonging en investering scenario, is juist het aandeel multifunctioneel bos hoger en wordt er meer geoogst in het multifunctionele bos in vergelijking met het bossenstrategie scenario.⁶³

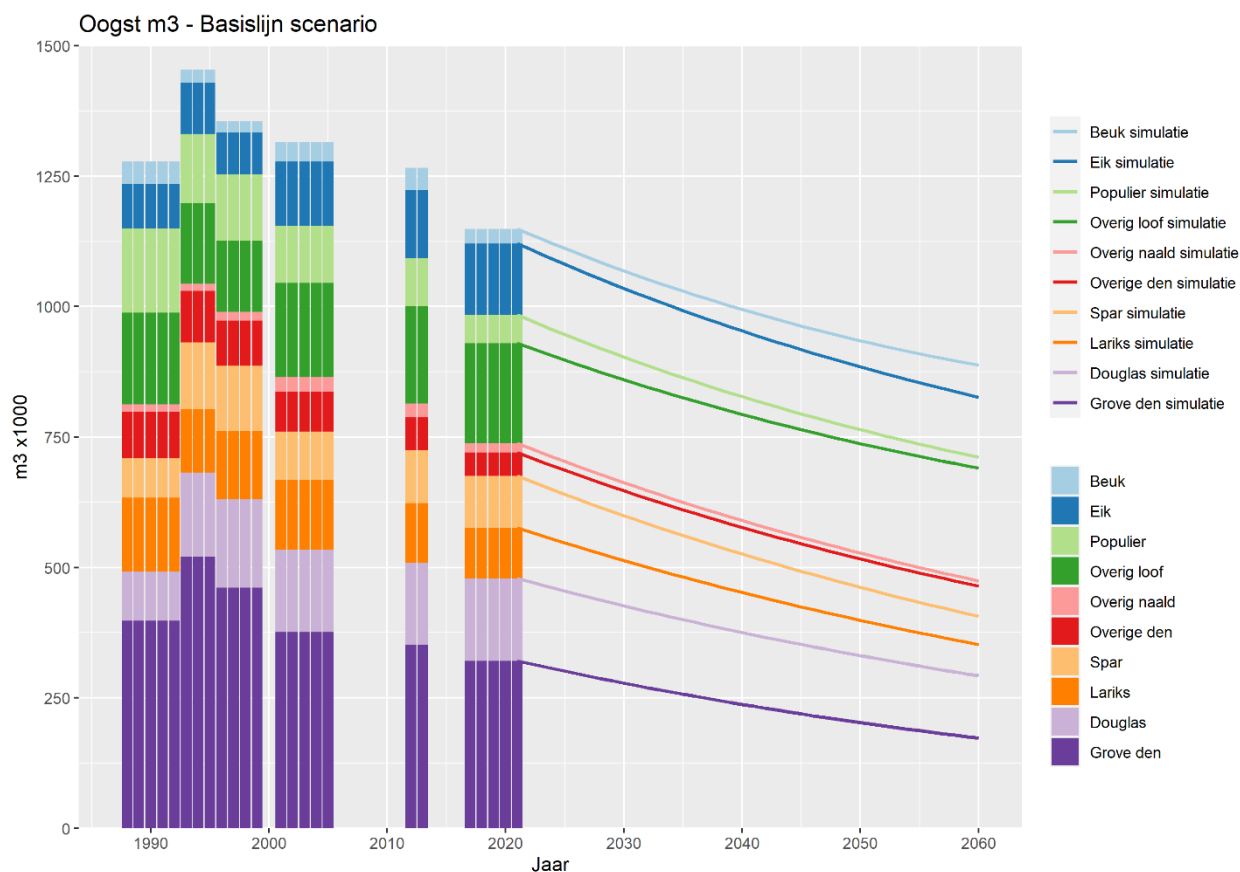
Tabel 17 Scenario's voor houtoogst in Nederlands bos.

Scenario	Aannames	
Basislijn	52% multifunctioneel bos (194.353 ha), 31% natuurbos (114.387 ha), 17% bos van privé eigenaren.	Oogstkansen gebaseerd op metingen in de nationale bosinventarisaties.
Bossenstrategie	49% multifunctioneel bos (181.240), 34% natuurbos (127.500 ha), 17% bos van privé eigenaren.	Hogere oogstkansen in multifunctioneel bos in vergelijking met basislijn scenario.
Verjonging en investering	62% multifunctioneel bos (231.701 ha), 21% natuurbos (77.039 ha)	Hogere oogstkansen in multifunctioneel bos in vergelijking met basislijn scenario en bossenstrategie scenario en een hogere verjonging.

⁶² Schelhaas, M.J., G. Hengeveld, S. Filipek, L. König, B. Lerink, I. Staritsky, A. de Jong, G.J. Nabuurs, 2022. *EFISCEN-Space 1.0 model documentation and manual*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 3220. 114 pp.

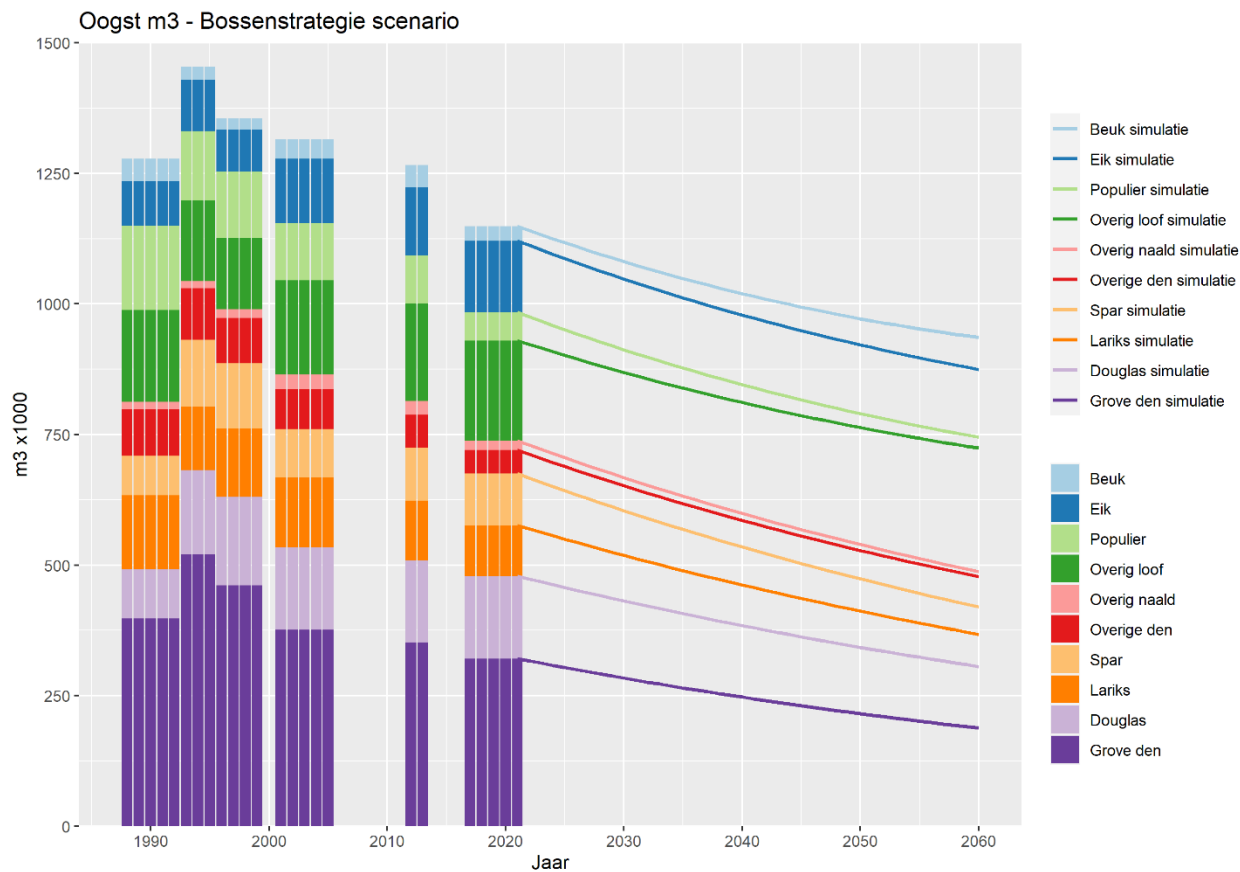
⁶³ Jacobs, S. & Nabuurs G.J. in prep

In Figuur 6 is de oogst in het basislijn scenario afgebeeld waar de dalende trend, die in de metingen van de nationale bosinventarisatie (de staven) te zien is, doorgezet wordt naar de toekomst. De oogst neemt af van ongeveer 1,1 miljoen m³ hout met schors in 2021 naar ongeveer 890.000 m³ in 2060.



Figuur 6 Oogst in m³ x1000 per houtsoort volgens huidige beheer (basislijn scenario). De staven zijn metingen uit onder andere de bosstatistiek en nationale bosinventarisaties. De lijnen zijn de simulatie van het basislijn scenario. Grafiek uit Jacobs & Nabuurs (in prep).

In Figuur 7 is de oogst in het bossenstrategie scenario afgebeeld. Deze is vergelijkbaar met het basislijn scenario. Waar dus ook de afnemende trend in oogst te zien is: Ook hier volgt de simulatie de ingezette dalende trend die al in de nationale bosseninventarisatie te zien is. De oogst neemt af van ongeveer 1,1 miljoen m³ in 2021 naar ongeveer 940.000 m³ in 2060.

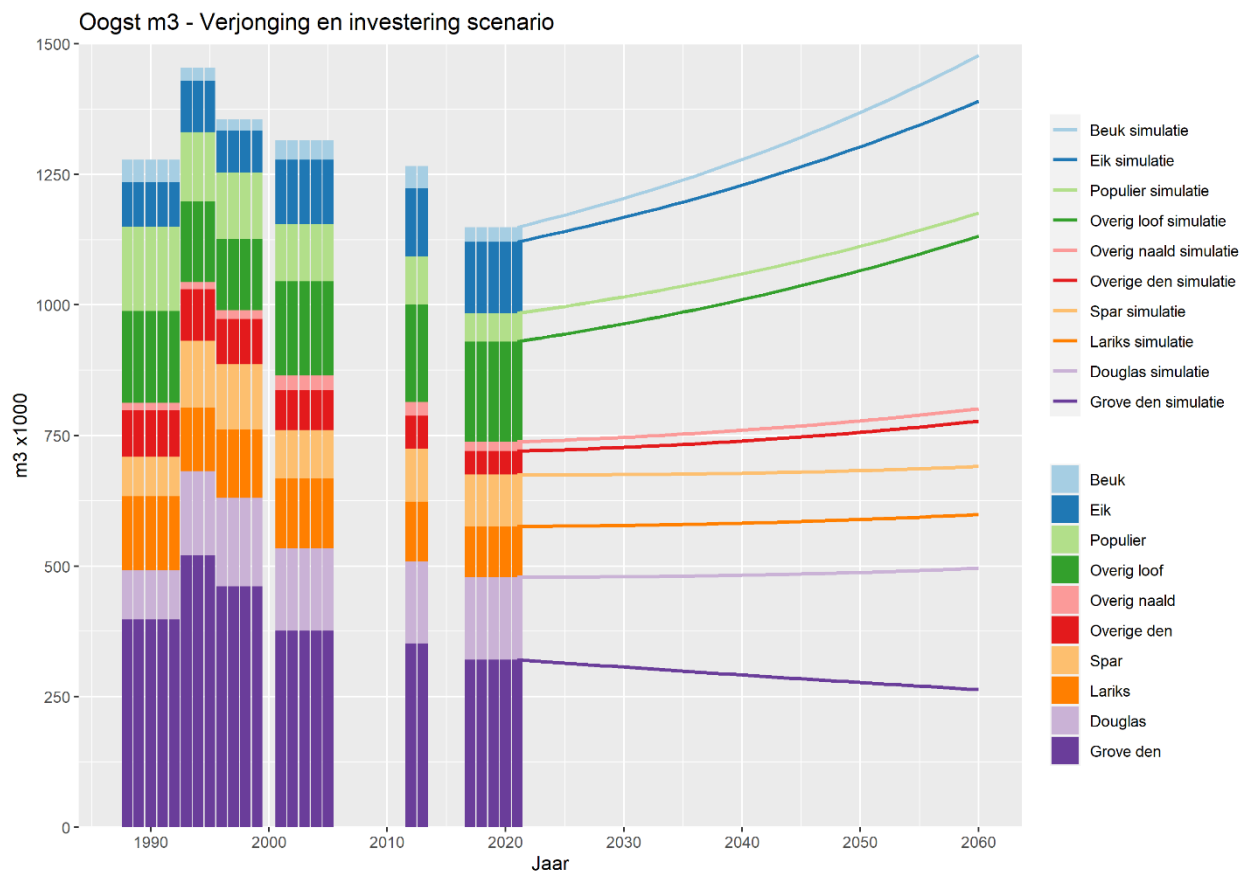


Figuur 7 Oogst in m³ x1000 per houtsoort in het bossenstrategie scenario. De staven zijn metingen uit onder andere de bosstatistiek en nationale bosinventarisaties. De lijnen zijn de simulatie van het bossenstrategie scenario. Grafiek uit Jacobs & Nabuurs (in prep).

In Figuur 8 is de oogst van het scenario met een totale verhoogde oogst te zien, maar niet voor alle soorten gaat de oogst omhoog. De oogst neemt toe van ongeveer 1,1 miljoen m³ in 2021 naar ongeveer 1,47 miljoen m³ in 2060. Voor de oogst in grove den en spar is een dalende trend te zien. Voor grove den is dit van ongeveer 320.000 m³ in 2021 naar ongeveer 260.000 m³ in 2060. Voor spar is dit van ongeveer 99.000 m³ in 2021 naar ongeveer 92.000 m³ in 2060. De oogst in onder andere Douglas en 'overig loof' neemt toe. Voor Douglas is dit van ongeveer 150.000 m³ in 2021 naar ongeveer 230.000 m³ in 2060. Voor overig loof is dit van ongeveer 190.000 m³ in 2021 naar ongeveer 330.000 m³ in 2060. In dit scenario kan de oogst groeien omdat meer in de hogere diameterklassen geogst wordt en er extra verjonging ingebracht wordt.

De verhoogde oogst zal in theorie mogelijk zijn, maar in de huidige praktijk zien we dat de oogst afneemt door keuzes die beheerders maken en de focus van beleid. Voor een verhoogde oogst moet er in het bos geïnvesteerd worden en meer draagvlak voor oogst komen. In alle drie scenario's daalt de oogst in fijnspar en grove den, de belangrijkste soorten voor houtbouw. Niettemin zijn ook soorten als Douglas, lariks en eik veel gevraagd in de bouw. Wellicht dat ook een deel van de overige Nederlandse oogst hoogwaardiger ingezet kan worden dan nu (veelal energie, o.a. i.v.m. hoge gasprijzen) om bij te dragen aan de houtvraag voor houtbouw in Nederland. Daarvoor is aanpassing van beleid en beheerpraktijk nodig.

Indien extra hout geogst kan worden volgens het scenario zoals gepresenteerd in Figuur 8, dan is de hoeveelheid eventueel extra te oogsten hout in 2030 ca 50,000 m³/jaar. Daarmee kan ca. 5% van de behoefte voor 30% biobased bouw gedekt worden.



Figuur 8 Oogst in m³ x1000 per houtsoort in het verjonging en investering scenario. De staven zijn metingen uit onder andere de bosstatistiek en nationale bosinventarisaties. De lijnen zijn de simulatie van het verjonging en investering scenario. Grafiek uit Jacobs & Nabuurs (in prep).

4.4.2 Toepassen houtachtige reststromen in Nederland

Hoogwaardige reststromen (pallets richting CLT)

TNO en Boerboom ontwikkelen een technologie om CLT op basis van oude pallets te maken.⁶⁴ Door de buitenste lagen van 'virgin' hout te maken, kan de sterkte van het CLT op peil gebracht/gehouden worden, aangezien de middelste lagen een kleinere rol spelen bij de sterkte en stijfheid; dat is met name bij wanden het geval.

In Nederland komt jaarlijks ca 400,000 ton pallethout gescheiden ingenomen.⁶⁵ Bij een dichtheid van 460 kg/m³ (vurenhout) komt dit overeen met 870,000 m³. Dit wordt deels toegepast in spaanplaten en deels ingezet voor energieproductie. Uiteraard zal slechts een deel van het pallethout geschikt zijn voor productie van CLT, maar het is een zeer hoogwaardig product, en de restanten kunnen alsnog gebruikt worden voor spaanplaat en energie. Echter, gegeven dat het nog steeds een reststroom is waarvan de kwaliteit niet gegarandeerd is, kunnen hier nog geen hoge recyclingspercentages worden aangenomen. Voor nu gaan we uit van een recyclingspercentage van 10% van de totale stroom. Indien 10% van het pallethout verwerkt kan worden in CLT, dan levert dat ca. 87,000 m³ CLT, ofwel respectievelijk 63% en 53% van de behoefte aan CLT voor de G4 en Nederland bij 30% biobased bouw. Dit is exclusief eventueel *virgin* hout voor de buitenste lagen. 100,000 m³ is tevens de jaarlijkse productiecapaciteit van een typische CLT-fabriek.

In België verwerkt Van Horebeke afvalhout via een gelicentieerd proces tot een soort LVL.⁶⁶

⁶⁴ <https://www.houtwereld.nl/duurzaamheid/kruislaaghout-gemaakt-van-oude-pallets/>

⁶⁵ <https://www.afvalfondsverpakkingen.nl/sites/default/files/2022-03/Monitoren%202020.pdf>

⁶⁶ <https://www.houtwereld.nl/houtnieuws/van-horebeke-gaat-resthout-tot-hout-verwerken-volgens-3rt-methode/>

Laagwaardige reststromen richting plaatmateriaal, bijv. via 'Binderless technologie'

In Nederland komt jaarlijks ca. 2,000,000 ton houtachtige biomassa beschikbaar (1,600,000 exclusief pallethout): snoeihout uit bos, bebouwde omgeving, fruit- en bometeelt; resthout uit de industrie; oud en bewerkt hout.⁶⁷ Met behulp van zogenaamde 'binderless technologie', een proces dat momenteel ontwikkeld wordt door WFBR en waarbij lignine in de vezelgrondstof benut wordt als binder, kan dergelijke houtachtige biomassa verwerkt worden tot hoge-dichtheid platen. Indien 10% van de houtige biomassa afvalstroom gebruikt kan worden in *binderless boards*, dan kan 160,000 ton ofwel 123,000 m³ hoge-dichtheid plaatmateriaal geproduceerd worden.

4.5 Productie hout in Europa

In 2021 heeft Nederland 4,6 miljoen m³ bouwhout als verwerkte producten geïmporteerd;⁶⁸ 81% hiervan komt uit andere Europese landen. Een deel van de import is in de vorm van een bouwproduct. De import van CLT, LVL en Glulam ligt momenteel op ongeveer 50.000 m³ product. Nederland heeft de mogelijkheid om deze hoeveelheden te importeren doordat onder andere landen in centraal Europa en Noord-Europa bossen en een bosindustrie hebben die meer ingericht is op productie en waar op grotere schaal onder andere fijnspar wordt geproduceerd. Andere belangrijke economische boomsoorten in Europa, naast fijnspar, zijn grove den, eik en beuk. In de bouw wordt voornamelijk naaldhout gebruikt, dus voornamelijk grove den (grenen) en fijnspar (vuren) van betere kwaliteit. Naaldhout van mindere kwaliteit gaat veelal naar de vezelindustrie. De industrie is ingericht op grote hoeveelheden van deze soorten en bepaalde diameterklassen. In 2021 importeerde Nederland gezaagd naaldhout voornamelijk uit Zweden en Duitsland (Tabel 18).⁵⁹

Tabel 18 *Uit het rapport 'Houtproductie en -gebruik in Nederland in 2021' van Probos: de belangrijkste landen van herkomst van het in 2021 door Nederland geïmporteerde gezaagd naaldhout (volume in m³) uit Probos (2021).*

Landen	2021				Verandering t.o.v. 2020		
	Gezaagd	Geschaafd	Totaal	%	Gezaagd	Geschaafd	Totaal
1 Zweden	301.988	527.452	829.440	27%	35%	-18%	-4%
2 Duitsland	419.245	238.642	657.887	22%	9%	18%	12%
3 Rusland	219.078	119.977	339.055	11%	24%	-2%	13%
4 Finland	197.956	82.374	280.330	9%	46%	92%	57%
5 Wit-Rusland	70.035	85.525	155.560	5%	-11%	8%	-2%
6 Letland	134.853	8.935	143.788	5%	-15%	30%	-13%
7 België	113.498	29.567	143.065	5%	38%	-38%	10%
8 Estland	68.538	24.548	93.086	3%	56%	-5%	33%
9 Polen	35.536	46.002	81.538	3%	12%	3%	7%
10 Luxemburg	20.129	43.995	64.124	2%	126%	15%	35%
Overige (*)	184.008	59.627	243.635	8%	2%	-1%	1%
Totaal	1.764.864	1.266.645	3.031.509		17%	-3%	7,6%

* Overige: Dit betreft 38 herkomstlanden met een importvolume kleiner dan 46.000 m³

Momenteel wordt in Europa ongeveer 520 miljoen m³ hout (met schors) per jaar geogst.⁶⁹ Dit is gemiddeld ongeveer 72% van de bijgroei. In Noord-Europa en Centraal-Europa wordt een groter aandeel van de bijgroei geogst in vergelijking met Zuid-Europa. Het Europese bos bestaat voor meer dan 50% uit dennen en sparren, maar het aandeel loofbomen wordt steeds groter. Dit zal in de toekomst ook effect hebben op de soortensamenstelling van de oogst.

⁶⁷ <https://edepot.wur.nl/588699>

⁶⁸ <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2023/05/Herkomst-bouwhout-Europa-PROBOS-mei-2023.pdf>

⁶⁹ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/for_vol_efa__custom_9598950/default/table?lang=en

Theoretisch gezien zou de oogst in Europa omhoog kunnen naar een hoger percentage van de bijgroei, dit zou een verhoging zijn van ongeveer 250 miljoen m³ per jaar. Maar er zijn allerlei redenen waarom deze hoeveelheid in praktijk niet geoogst kan worden. Recent onderzoek heeft aangetoond dat een toename in houtoogst van ongeveer 40 miljoen m³ per jaar te realiseren is.⁷⁰ Locaties waar realistisch gezien de oogst omhoog kan betreft bossen die goed toegankelijk zijn, waar een goede infrastructuur aanwezig is en waar voor de industrie interessante soorten groeien. Bij opschaling van de houtoogst in Europa zal het aandeel loofhout groter worden in de oogst.

In het project Simwood is een samenvatting gemaakt van deze beperkende factoren in en voor het Europese bos waardoor het realistisch zou kunnen zijn om de houtoogst met 40 miljoen m³ te kunnen opschalen maar niet met 250 miljoen m³ per jaar. Deze beperkende factoren kunnen worden opgedeeld in vijf groepen. De eerste groep is beperkingen van bos *resources*. Hieronder vallen onder andere moeilijk begaanbare bossen, het niet overeenkomen van kwaliteit, soorten en sortimenten in het bos met de vraag van de industrie en waar de industrie op ingericht is, de inefficiëntie van de oogst en de zorgen van beheerders voor de aftakeling van het bos. Ook bos dat kwetsbaar is voor de gevolgen van klimaatverandering valt hieronder.

De tweede groep bevat beperkingen door wettelijke en juridische kaders. Dit kan zowel nationale als regionale regelgeving zijn en hieronder vallen regelgeving die productie in bosbeheer beperken en het gebrek aan faciliterende wetgeving om samenwerkingen aan te moedigen. De derde groep betreft benodigde financiële en materiële input. Een van de belangrijkste beperkingen die hieronder valt is ontoereikende infrastructuur waardoor bossen slecht bereikbaar zijn. Daarnaast vallen hier ook slechte werkomstandigheden en een tekort aan vakmensen onder en dat het moeilijk is om te investeren in onder andere goed werk materiaal. De vierde groep gaat over organisatie en samenwerking, er wordt te weinig samengewerkt tussen kleine bouseigenaren. Daarnaast is er in voorkomende gevallen een disconnectie tussen de eigenaren en hun bos. Naast dat er weinig samenwerking is tussen bouseigenaren, valt ook bij de samenwerking in de hele keten nog wat te winnen. De laatste groep gaat over de beperkingen in kennis en attitudes. Kennis van de opschaling van houtoogst mist. En regelmatig staan, naast beheerders, ook de publieke opinie en beleidsmakers niet altijd positief tegenover het vergroten van de houtoogst.⁷¹

Verder is het van belang dat bepaalde bossen beschermd worden voor onder andere de biodiversiteit. In deze bossen zal niet geoogst kunnen worden.

Uitgaande van een realistische additionele oogst uit Europees bos van 40 miljoen m³/jaar, en aangenomen dat gemiddeld 25 m³ houtproducten per woning gebruikt worden, en rekenend met een conversiefactor van gemiddeld 2.3 vanuit rondhout zonder schors, kunnen ca 700.000 woningen/jaar in hout gebouwd worden. Dat is ca. 22.5% van de ingeschatte hoeveelheid te bouwen huizen in Europa van ca 3.1 miljoen/jaar.⁷² Dat percentage ligt onder de 30%-ambitie die in dit rapport als uitgangspunt genomen is. Hierbij dient bedacht dat in verschillende Europese landen houtbouw meer gangbare praktijk is dan in Nederland, en dat een ambitie van 30% biobased bouw bovenop die bestaande praktijk wellicht niet verwacht moet worden.

4.6 Conclusie

Voor de ambitie van 30% biobased bouw is voor de G4 en Nederland per jaar ongeveer 1 miljoen m³ oogstvolume uit bos nodig. Dit is ongeveer de oogst die nu gemiddeld jaarlijks uit het Nederlandse bos komt, en die reeds benut wordt voor andere toepassingen. Het valt dus niet te verwachten dat hout voor de biobased doelstellingen van Nederland voor een groot deel uit Nederland zelf komt. Toch zijn er een aantal opties mogelijk om meer hout uit Nederland beschikbaar te maken voor de bouw:

⁷⁰ Bas J W Lerink, Mart-Jan Schelhaas, Roland Schreiber, Peter Aurenhammer, Uwe Kies, Morgan Vuillermoz, Philippe Ruch, Cyrille Pupin, Andrew Kitching, Gary Kerr, Louise Sing, Amanda Calvert, Áine Ní Dhubháin, Maarten Nieuwenhuis, Jordi Vayreda, Patrick Reumerman, Göran Gustavsson, Rikard Jakobsson, Daragh Little, Alain Thivolle-Cazat, Christophe Orazio, Gert-Jan Nabuurs, How much wood can we expect from European forests in the near future?, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 96, Issue 4, October 2023, Pages 434–447, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad009>

⁷¹ http://simwood.efi.int/uploads/Publications/SIMWOOD_handbook_2017.pdf

⁷² <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/632981>

-
- Met andere keuzes bij beheerders en investeringen in het Nederlandse bos zou een deel van het volume hout dat nodig is voor biobased bouwen uit Nederland kunnen komen. Door middel van een regeneratieve oogststrategie waarbij meer bomen met een grote diameter geoogst worden (en vervangen door nieuw bos) zou in 2030 ca. 50.000 m³/jaar uit Nederlands bos geoogst kunnen worden, voldoende voor ca 15% van het gezaagde hout benodigd voor de ambitie van 30% biobased bouw. Op de lange termijn (2060) ca. 370.000 m³/jaar geoogst kunnen worden.
 - Met pallethout kan CLT gemaakt worden. In Nederland komt circa 870.000 m³ pallethout per jaar vrij, wat qua ordegrrootte overeenkomt met de houtbehoefte voor biobased doelstellingen G4 en Nederland. Vooralsnog is echter onzeker wat de kwaliteit is van deze stroom en welk deel bruikbaar is voor CLT.
 - Verder is er nog een aanzienlijke omvang van houtachtige reststromen die op dit moment verbrand worden in energiecentrales (ca. 1.600.000 ton/jaar). Indien 10% van de houtige biomassa afvalstroom gebruikt kan worden in bijvoorbeeld binderless boards, dan kan 160.000 ton ofwel 123.000 m³ hogedichtheid plaatmateriaal geproduceerd worden. Indien een deel van de houtige biomassa afvalstroom geschikt is voor het maken van spaanplaten, dan kan met 10% van deze stroom ca. 250.000 m³/jaar spaanplaat gemaakt worden.

Zeker is dat Nederland afhankelijk blijft voor hout in de bouw van andere Europese landen. Daarnaast wordt voor zowel gezaagd hout als voor CLT momenteel voornamelijk fijnspar gebruikt, dat in grote hoeveelheden in Europa beschikbaar is en waar de industrie op ingericht is; de benodigde hoeveelheden hout zijn de komende decennia niet beschikbaar in Nederland.

Op Europees niveau is er voorlopig nog voldoende hout beschikbaar en is er nog ruimte voor opschaling van de houtoogst (40 miljoen m³), maar op de lange termijn dient rekening gehouden te worden met andere soorten en sortimenten. Naast dat in Nederlandse bossen de verloofing inzet, is dit ook in andere Europese landen terug te zien. Voor andere soorten zullen de beschikbare volumes per soort kleiner zijn en de verwerkingsindustrie zal zich moeten aanpassen op deze kleinere volumes en andere verwerkingskenmerken voor deze soorten, alsook met aangepaste toepassingsmogelijkheden.

5 Productie vezelgewassen en vezelreststromen

Vezelgewassen en vezelreststromen bieden perspectief voor het maken van plaatmaterialen en isolatiematerialen (§3.3.4 en §3.4.4). De verschillende vezelgewassen laten zich evenwel kenmerken door uiteenlopende teeltkarakteristieken, die van invloed zijn op het economisch perspectief, duurzaamheid en op schalingsmogelijkheden. In paragraaf 5.1 worden huidige areaal en volume, teelt- en economische aspecten van een brede selectie mogelijk interessante vezelgewassen besproken; en in paragraaf 5.3 de emissies en duurzaamheid van deze teelten. De kerngegevens van enkele vezelreststromen zijn beschreven in paragraaf 5.2.

Bij de productie van bouwproducten uit grondstoffen speelt de schaalgrootte van de conversie een grote rol: productieprocessen kennen een typische schaalgrootte. In paragraaf 5.4 worden de conversieroutes voor de productie van een drietal bouwproducten uit vezelgrondstoffen nader beschreven: Spaanplaten; inblaasisolatie; isolatiedekens. Per conversieroute wordt aangegeven: conversie-efficiëntie, typische schaalgrootte en indicatieve kostprijs af fabriek.

Het produceren van plaatmaterialen en isolatiematerialen voor de ambitie van 30% biobased bouwen vraagt productie van extra grondstoffen t.o.v. de huidige grondstofproductie. De mogelijkheden voor het voldoen aan de daarvoor benodigde hoeveelheid grondstoffen relateren aan de opbrengst per hectare, conversie-efficiëntie en de hoeveelheid materiaal die nodig is om de gevraagde productprestatie te leveren. In paragraaf 5.5 is berekend welke opschaling per relevant gewastype t.o.v. het huidige teeltareaal nodig is aan de behoefte voor de 30% biobased bouwambitie te kunnen voldoen, c.q. welk percentage van bestaande vezelreststromen daarvoor nodig zou zijn.

5.1 Gewassen voor biobased bouwmaterialen

Om een beeld te schetsen van de invulling van de vraag naar biobased bouwmaterialen vanuit de landbouw zijn verschillende potentiële gewassen beoordeeld. De gekozen gewassen zijn aangedragen door de stakeholders en experts betrokken bij het project. Een aantal van de opgenomen gewassen wordt reeds geteeld in Nederland. Van deze gewassen is beschikbare informatie opgenomen uit bekende bronnen zoals het CBS en de KWIN-AGV. Voor de gewassen die niet of nauwelijks in Nederland worden geteeld is de informatie uit literatuurbronnen overgenomen.

Voor alle gewassen is naast informatie over areaal en geproduceerde volume aanvullende informatie verzameld, onder andere teelt-, economische en duurzaamheidsaspecten.

De biobased gewassen zijn gegroepeerd naar overeenkomstige aard van het product. Vlas, hennep en brandnetels worden voornamelijk geteeld voor de vezels. Deze vezels hebben alle een potentiële toepassing in textiel. In verband met deze overeenkomsten worden deze gewassen gegroepeerd behandeld. Ditzelfde geldt voor miscanthus, riet, lisdodde, switchgrass en wilg, welke als vezel-productie gewassen worden behandeld. Een volgende groep is zonnekroon en sorghum, die voornamelijk onderzocht zijn als veevoer of als energiegewas voor co-vergisting. Deze beide gewassen zijn aangevuld met een niet-landbouw gewas, namelijk bermgras. Een laatste groep zijn stro-gewassen, zoals granen, die stro leveren als bijproduct wat als biobased grondstof kan dienen.

Het areaal per gewas is op basis van CBS gegevens. De drogestof opbrengst is op basis van literatuurbronnen. Gecombineerd geeft dit een beeld van de actuele volumes aan grondstoffen die beschikbaar komen. De prijs is gebaseerd op de KWIN-AGV en literatuur. Voor een aantal vezelgewassen is het moeilijk om nu een prijs vast te stellen, omdat er nog geen volwassen markt voor deze vezel is. Tegelijkertijd wordt er in Nederland flink ingezet op de teelt van vezelgewassen en op het valideren en opschalen van toepassingen voor deze

vezels. De toepassing die mogelijk als eerste beschikbaar zal zijn is inblaasisolatie. Hierbij wordt slechts beperkte mechanische bewerking en droging toegepast om inblaasisolatie te krijgen. Om recht te doen aan het feit dat dit een toekomstige toepassing is, maar tegelijkertijd aan het feit dat nog geen hoogwaardige vezels (zoals voor hennep en vlas de lange vezels, met hogere prijs in de markt) worden gewonnen uit deze gewassen, is met een prijs voor biomassa van €100,- per ton droge stof voor biomassa vanaf het land, in balen, gereed voor transport. Dit is vergelijkbaar met de prijs van graanstro en onder de henneprijis van circa €150/ton. De prijs van €100,- is de prijs die waarschijnlijk minimaal geboden kan worden wanneer inblaasisolatie volledig gevalideerd is als toepassing. Deze validaties lopen nog tijdens het opstellen van dit rapport. Prijzen zijn exclusief de eventuele opbrengsten van carbon credits, waarop later zal worden ingegaan (in 5.1.5).

De gewassen die in de KWIN-AGV zijn opgenomen betreffen: vlas, hennep, korrelmaïs, gerst, tarwe, haver, rogge en triticale. De prijs is indicatief en fluctueert voor veel gewassen in de praktijk. De teeltaspecten zijn volledig gebaseerd op literatuurbronnen. Onder de teeltaspecten zijn verschillende praktische aspecten opgenomen over de betreffende gewassen. Het soort teelt (eenjarig/meerjarig) bepaalt mede met grondsoort en nat- of droogte-tolerantie hoe goed het gewas past binnen een bepaald gebied of bedrijfsvoering. Het teeltdoel geeft aan of gewas alleen voor vezels wordt geteeld of een hoofd-/bijproduct met een andere toepassing kent. Het oogsttijdstip en -frequentie geeft aan wanneer de biomassa beschikbaar komt. Dit is mogelijk relevant voor de logistiek en de productieplanning in de keten van biobased bouwmaterialen.

De economische aspecten zijn overgenomen uit de KWIN-AGV. Hiervoor is het saldo van het betreffende gewas genomen, voor vlas, hennep, korrelmaïs, gerst, tarwe, haver, rogge en triticale. Een saldoberekening bevat de direct aan de teelt gerelateerde opbrengsten en kosten, zonder de bedrijfsspecifieke kosten. Een saldoberekening geeft hierdoor de mogelijkheid van een economische vergelijking tussen gewassen. Voor gewassen die niet of nauwelijks worden geteeld in Nederland zijn de KWIN-AGV methodiek en -cijfers gebruikt om op basis van literatuur een saldo te bepalen. Voor die gewassen zijn de hoeveelheid bemesting, uitgangsmateriaal en teeltwijze is afkomstig van literatuurbronnen. De prijzen van bijvoorbeeld bemesting, gewasbescherming en diesel zijn overgenomen uit de KWIN-AGV. In Annex 2 is een toelichting van de KWIN-AGV uitgangspunten opgenomen. Het saldo voor meerjarige gewassen is berekend als gemiddelde over een periode van 10 jaar. Aanvullend op een saldoberekening is opgenomen of het gewas onder de Eco-regeling van RVO valt en onder welk onderdeel van de regeling. De eco-regeling biedt agrariërs een vergoeding voor de maatregelen en het aantal maatregelen dat zij doorvoeren op hun bedrijf. Per gewas is opgenomen of deze voor een bepaalde regeling wel of niet in aanmerking komt.

De gewassen zullen als volgt besproken worden:

- Gangbare akkerbouwgewassen met meervoudige verwaarding van zowel graan/zaad als vezel. Dit zijn gerst, tarwe, haver, rogge, korrelmaïs, koolzaad en triticale.
- Vezelgewassen met vezel geschikt voor textiel en bouwtoepassingen. Dit zijn vlas, hennep en brandnetel.
- Meerjarige vezelgewassen als grondstof voor vezels voor bouwtoepassingen, zoals isolatie en plaatmateriaal. Dit zijn Miscanthus, riet, lisdodde, wilg, switchgrass, bermgras en zonnekroon. Ook sorghum voor vezelproductie (eenjarig, enkelvoudige verwaarding) is hierin meegenomen

Toelichting op onderstaande tabellen

- De gegevens voor opbrengsten en prijzen zijn op basis van 5-jarige gemiddelden (volgens de KWIN-AGV methode).
- Prijzen kunnen op enig moment dus veel hoger en lager zijn; bijvoorbeeld nadat de oorlog in Oekraïne begon. En zoals altijd: prijzen uit het verleden zeggen niet alles over de toekomst.
- Prijzen voor biomassa zijn vanaf het land, in balen, gereed voor transport.
- Toegerekende kosten betreffen: uitgangsmateriaal (zaden), mest, gewasbescherming, energie, loonwerk. Bewerkingen zoals ploegen, zaaien en bemesten vallen daar buiten.
 - o Bijzonderheid voor hennep: De prijs voor oogsten zit in de prijs voor de biomassa inbegrepen.
- Arbeidsbehoefte (excl. loonwerk) zit niet in de kosten; deze dient gedekt te worden uit het saldo per ha.
- Opbrengsten uit de Eco-regeling worden bepaald door het gehele bouwplan en zijn niet toe te wijzen aan 1 gewas. Daarom zijn opbrengsten uit de Eco-regeling niet meegenomen in de tabellen. Indien het teeltplan voldoet aan de Eco-regeling kan de boer dus extra inkomsten tegemoet zien.
- De prijzen voor biomassa zijn exclusief eventuele 'carbon credits'. Momenteel wordt gewerkt aan een systematiek om een waardering te geven aan toepassing van biobased materialen in de bouw waarbij CO₂ langdurig wordt opgeslagen en dus voor die tijd niet bijdraagt aan het broeikasgas-effect.

5.1.1 Stro van gerst, tarwe, haver en rogge

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste teeltparameters weergegeven van gerst, tarwe, haver en rogge. Het stro van deze graan gewassen kan als grondstof dienen voor biobased materialen. In relatie tot de bodemgezondheid en de beperkte financiële opbrengst van stro is er een toenemende trend om graanstro direct bij de graanoogst te hakselen en onder te werken in de bodem.

De teelt van gerst en tarwe kent substantiële arealen in Nederland. Graan is in veel akkerbouwrotaties opgenomen als rustgewas en kent over het algemeen een positief saldo van €500-1.000 per ha. Hierdoor is het volume binnen Nederland aanzienlijk. Rogge heeft weliswaar een negatief saldo, maar soms wordt er door akkerbouwers toch voor gekozen om rogge te verbouwen. Dit in verband met de bodemgezondheid en de hoge droogtetolerantie. Rogge komt meer voor op lichte en droogtegevoelige gronden of als biologische teelt onder deel van agrarisch natuurbeheer met gebruik van traditionele gewassen.

Het beschikbare stro kent veelal wel een bestemming in bijvoorbeeld de veehouderij of bloembollenteelt. Het hogere saldo van tarwe en gerst maken beide graangewassen interessanter als haver en rogge. Voor telers is er naast gewas ook een keuze tussen winter- en zomerteelt mogelijk. Opgenomen zijn de milieu-aspecten voor gangbare teelt. Alle granen zijn ook biologisch te telen. Net als bij andere stro-gewassen zal een keuze daarom eerder afhangen van de hoofdproducten, dan van de stro-productie.

Als gevolg van de Oekraïne-oorlog zijn prijzen voor tarwe- en gerstgraan gestegen tot 220 en 200 €/ton; dit verhoogt het saldo met ca 200 €/ha.

Toeslagen uit de eco-regeling zijn nog niet meegenomen in de saldo berekening, maar zijn wel deels van toepassing (m.n. onder de categorie rustgewas van de eco-regeling).

Tabel 19 Teelt en economische aspecten van gerst, tarwe, haver en rogge.

Aspecten	Eenheid	Gerst	Tarwe	Haver	Rogge
Areaal en volume					
Huidig areaal	ha (gem. 2016-2020)	33.562	115.377	847	1.086
DS opbrengst	kg ds/ha	3.080	4.050	2.700	2.250
Totale biomassa	ton ds/jaar	103.371	467.277	2.287	2.444
Prijs biomassa	EUR/ton ds	100	100	100	110
Opbrengst graan	kg/ha	7.500	8.500	5.600	3.600
Prijs graan	EUR/ton	173	177	161	120
Teelt aspecten					
Rotatie aspect	Type gewas	Eenjarig	Eenjarig	Eenjarig	Eenjarig
Teeltdoel	Eén/meer	Meer	Meer	Meer	Meer
Bodem type		Klei, zand, leem	Klei, zand	Klei, zand	Zand, leem
Bodem pH	pH				
Droogtetolerantie		Goed	Goed	Goed	Beperkt
Natte teeltomstandigheden		Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt
Zaai-plantperiode	maand	Sep/Okt	Okt	Mar/Apr	Mar/Apr
Oogstperiode	maand	Jul/Aug	Jun/Jul	Jul/Aug	Jul/Aug
Oogst frequentie	Aantal	1	1	1	1
Economische aspecten					
Bruto-geldopbrengst	EUR/ha	1.602	1.907	1.173	679
Uitgangsmateriaal	EUR/ha	98	110	83	104
Bemesting	EUR/ha	99	182	195	154
Gewasbescherming	EUR/ha	135	154	133	345
Energie	EUR/ha	158	160	155	157
Ov. grond-/hulpstoffen	EUR/ha	0	0	0	0
Afzetkosten	EUR/ha	0	0	0	0
Ov. Productgeb. Kosten	EUR/ha	126	118	68	54
Toegerekende kosten	EUR/ha	615	738	672	814
Loonwerk	EUR/ha	0	0	0	0
Saldo per ha	EUR/ha	986	1.170	501	-134
Arbeidsbehoefte	uur/ha	9,4	9,7	9	9,7
Eco-regeling					
Meerjarige teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee
Natte teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee
Vezelgewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee
Rustgewas	Aan te vragen	Ja	Ja	Ja	Ja
Bodembedekker	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Ja
Vanggewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Ja

5.1.2 Stro van korrelmaïs, koolzaad en triticale

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste teeltparameters weergegeven van korrelmaïs, koolzaad en triticale. Stro van verschillende gewassen is een potentiële grondstof voor biobased materialen. Behalve maïsstro is de oogst van stro gebruikelijk voor de opgenomen teelten.

Tabel 20 Teelt en economische aspecten van maïs, koolzaad en triticale stro.

Aspecten	Eenheid	korrelmaïs	koolzaad	Triticale
Areaal en volume				
Huidig areaal	ha (gem. 2016-2020)	10.490	1.812	767
DS opbrengst	kg ds/ha	6.500	2.700	2.610
Totale biomassa	ton ds/jaar	68.185	4.892	2.002
Prijs vezel	EUR/ton ds	100	120	100
Opbrengst graan/maïs	kg/ha	10.600	3.750	5.400
Prijs graan/maïs	EUR/ton	124	329	162
Teelt aspecten				
Rotatie aspect	Type gewas	Eenjarig	Eenjarig	Eenjarig
Teeltdoel	Enkel/meervoudig	Meer	Meer	Meer
Bodem type		Alle	Alle, klei	Klei/zand
Bodem pH	pH	7	n.b.	n.b.
Droogtetolerantie		Beperkt	Slecht	Slecht
Natte teeltomstandigheden		Slecht	Beperkt	Slecht
Zaai-plantperiode	maand	April	Aug/Sep	Okt/Nov
Oogstperiode	maand	Sep/Okt	Jun/Jul	Jun/Jul
Oogst frequentie	Aantal	1	1	1
Economische aspecten				
Bruto-geldopbrengst	EUR/ha	1.967	1.562	1.137
Uitgangsmateriaal	EUR/ha	198	96	104
Bemesting	EUR/ha	264	148	161
Gewasbescherming	EUR/ha	164	379	218
Energie	EUR/ha	136	105	154
Ov. grond-/hulpstoffen	EUR/ha	0	0	0
Afzetkosten	EUR/ha	0	0	0
Ov. Productgeb. Kosten	EUR/ha	32	46	38
Toegerekende kosten	EUR/ha	793	774	675
Loonwerk	EUR/ha	735	340	0
Saldo per ha	EUR/ha	439	448	462
Arbeidsbehoefte	uur/ha	11,4	7,1	9,3
Eco-regeling				
Meerjarige teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Natte teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Vezelgewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Rustgewas	Aan te vragen	Nee	Ja	Ja
Bodembedekker	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Vanggewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee

Alle drie de gewassen passen binnen een akkerbouwrotatie en hebben een positief saldo. De saldi van alle drie de gewassen liggen dicht bij elkaar. De saldi zijn wel lager als tarwe en gerst. De informatie over maïsstro is afkomstig van een onderzoeksproject naar het gebruik van korrelmaïsstro als energiebron. Het korrelmaïsstro wordt normaliter niet geoogst. De gewassen liggen op veel vlakken dichtbij elkaar in de buurt qua prestaties. De keuze zal mogelijk daarom mede afhangen van de hoofdproducten, dan van de stro productie.

5.1.3 Vlas, hennep en brandnetel

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste teeltparameters weergegeven van vlas, hennep en brandnetel. Zoals genoemd hebben vlas, hennep en brandnetels overeenkomsten in de vezels die worden voortgebracht. Alle vezels hebben de optie voor toepassing voor textiel. Uiteraard is het aantal toepassingsgebieden breder als genoemd.

Tabel 21 Teelt en economische aspecten van vlas, hennep en brandnetel.

Aspecten	Eenheid	Vlas	Hennep	Brandnetel
Areaal en volume				
Huidig areaal	ha (gem. 2016-2020)	2.357	2.046	1
DS opbrengst	kg ds/ha	6.500	8.000	4.000
Totale biomassa	ton ds/jaar	18.856	16.368	4
Prijs biomassa	EUR/ton ds	676	150*	290
Teelt aspecten				
Rotatie aspect	Type gewas	eenjarig	eenjarig	meerjarig
Teeltdoel	Enkel/meervoudig	meer	meer	meer
Bodem type		Alle, klei	Alle, leem	Alle, klei
Bodem pH	pH	>4,5	6-7	5,5-7,5
Droogtetolerantie		Redelijk	Redelijk	Redelijk
Natte teeltomstandigheden		Matig	Matig	Beperkt
Zaai-plantperiode	maand	Mar/Apr	Apr/Mei	Jul
Oogstperiode	maand	Jun/Jul	Aug/Sep	Jul/Aug
Oogst frequentie	Aantal	1	1	1
Economische aspecten				
Bruto-geldopbrengst	EUR/ha	4.397	1.200	1.160
Uitgangsmateriaal	EUR/ha	247	154	425
Bemesting	EUR/ha	117	149	133
Gewasbescherming	EUR/ha	195	0	0
Energie	EUR/ha	78	57	19
Ov. grond-/hulpstoffen	EUR/ha	0	0	0
Afzetkosten	EUR/ha	0	0	0
Ov. Productgeb. Kosten	EUR/ha	26	24	22
Toegerekende kosten	EUR/ha	664	385	599
Loonwerk	EUR/ha	1.621	0**	450
Saldo per ha	EUR/ha	2.111	815	111
Arbeidsbehoefte	uur/ha	5,9	5,9	2,1
Eco-regeling				
Meerjarige teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Natte teelt	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Vezelgewas	Aan te vragen	Ja	Ja	Nee
Rustgewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee
Bodembedekker	Aan te vragen	Ja	Nee	Nee
Vanggewas	Aan te vragen	Ja	Nee	Nee

* Prijs waarbij de boer alleen nog verantwoordelijk is voor het zaaien en de kosten van het zaad. Verwerker voert verder het werk zoals oogst en transport uit.

** Voor hennep wordt de oogst in loonwerk uitgevoerd, maar niet gefactureerd. Dit wordt verrekend met de productprijs. Hierdoor is het niet opgenomen in het saldo.

Vlas en hennep zijn beide eenjarige gewassen en passen hierdoor in een akkerbouw teeltrotatie. Brandnetelteelt is een meerjarige teelt. De inzet van een van deze vezelgewassen hangt onder andere samen met de geschiktheid van de vezels voor de beoogde toepassing. Bij (nagenoeg) gelijke geschiktheid zullen mogelijk één of meerdere van de onderstaande aspecten tot een keuze leiden.

Op basis van de huidige teeltgegevens is brandnetelteelt het minst interessant als vezelteelt voor een agrarisch ondernemer. Het saldo per hectare is nagenoeg nihil. Een ander aspect is dat brandnetels nauwelijks geteeld worden. Hierdoor is het gewas niet opgenomen in de eco-regeling (onderdeel van Gemeenschappelijk Landbouw Beleid). Jaarlijks is er een aanvraagronde waardoor het mogelijk is om een gewas op te laten nemen in de Eco-regeling.

Vlas heeft een duidelijk positief saldo dat ook hoger is als andere rustgewassen met een vezel restproduct (zoals bijv. Gerst en tarwe met saldo van €1.000 per ha). Dit hoge saldo hangt samen met de afzet van lange vezels (ca. 95% als grondstof voor linnen) richting textiel, waardoor een hoge vezelprijs kan worden verkregen. Voor hennep kan slechts een deel van de vezels in textiel worden afgezet, maar gaat het grootste gedeelte richting bouwtoepassingen (isolatie, kalkhennep, plaatmateriaal) of veeteelt (stalstrooisel). Het saldo voor hennep ligt op het niveau van een graangewas, zoals gerst en tarwe. Wel is er voor hennep een bestaande industrie waarin echt al een soort optimalisatie heeft plaatsgevonden van de afzet van verschillende onderdelen van de plant in verschillende markten. Hierdoor is het richtinggevend voor nieuwe vezelgewassen. Het betreft hier gemiddelde saldi voor heel Nederland, dus dat betekent dat het saldo kan variëren als gevolg van verschil in inspanning die nodig is voor de teelt en om te oogsten en te balen, maar ook de transportafstand tot de verwerkende fabrieken. Indien een boer zelf de regie neemt in teelt, oogst en transport, geldt een prijs van hennepstro van ca 270 €/ton (begin 2024) geleverd aan de fabriekspoort. Op de saldoberekening zal deze prijs in principe weinig effect hebben, tenzij een boer in staat is om dit veel efficiënter te doen dan de verwerkende industrie zelf.

Toeslagen uit de Eco-regeling zijn in bovenstaande saldi nog niet meegenomen, maar zijn wel van toepassing (zeker voor vlas als vezelgewas, bodembedekker en vanggewas). Brandnetel is niet opgenomen in de Eco-regeling. Jaarlijks is er een optie om gewassen aan te melden voor de Eco-regeling.

5.1.4 Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass

De overeenkomst tussen Miscanthus, riet, lisdodde, wilg, switchgrass is dat ze lignocellulose gewassen zijn. Een andere overeenkomst is dat een aantal van de gewassen goed of zeer goed tegen natte teeltomstandigheden bestand zijn. Omdat het meerjarige teelten zijn, is voor de saldoberekeningen de gemiddelde jaaropbrengst over 10 jaar genomen. Dit is dus inclusief een aantal minder productieve eerste jaren voordat de teelt goed aanslaat.

Het areaal van riet is gebaseerd op gegevens over de rietoogst uit natuurgebieden. Dit betreft geen landbouw areaal. Alle gewassen zijn meerjarig en passen dus mogelijk minder goed bij een akkerbouw rotatie. Een aantal van de gewassen is reeds onderzocht als optie op veengronden in relatie tot een waterpeil verhoging. Met name riet en lisdodde zijn geschikt als natte teelt. Wilgen kunnen tevens goed tegen langdurige perioden met natte omstandigheden. Hierdoor zijn deze drie gewassen interessant in gebieden met waterkwaliteit en – bergingsvraagstukken.

De economische uitwerking is gedaan op basis van de literatuur. Voor riet en lisdodde geldt dat oogst onder natte omstandigheden met specialistische mechanisatie plaatsvindt. Hierdoor is de kostenpost loonwerk hoog. Daarnaast geldt voor riet en lisdodde dat het plantmateriaal duur is en handmatig geplant moet worden. Deze beide aspecten voor riet en lisdodde hangen deels samen met het feit dat beide gewassen momenteel geen landbouwmatige teelten zijn.

Tabel 22 Teelt en economische aspecten van Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass.

Aspecten	Eenheid	Miscanthus	Riet	Lisdodde	Wilg	Switchgrass
Areaal en volume						
Huidig areaal	ha (gem. 2016-2020)	258	6.000 * ¹	N.b.	50	N.b.
DS opbrengst	kg ds/ha	20.000	15.000	9.500	10.300*	14.000
Totale biomassa	ton ds/jaar	4.257	90.000	-	515	-
Prijs biomassa	EUR/ton ds	100	100	100	100	100
Teelt aspecten						
Rotatie aspect	Type gewas	Meerjarig	Meerjarig	Meerjarig	Meerjarig	Meerjarig
Teeltdoel	Enkel/meervoudig	Eén	Eén	Eén	Eén	Eén
Bodem type		Alle, Leem	Alle	Zand/klei	Alle	Zand/klei
Bodem pH	pH	5,5-7,5	N.b.	N.b.	7-8	4,5-9
Droogtetolerantie		Goed	Goed	Goed	Goed	Redelijk
Natte teeltomstandigh.		Slecht	Goed	Goed	Goed	Redelijk
Zaai-plantperiode	maand	Mar/Apr	Sep/Nov	Mar/Apr	Feb/Mar	Jan/Mar
Oogstperiode	maand	Feb/Mar	Feb/Mar	Feb	Feb/Mar	Feb/Mar
Oogst frequentie	Aantal	1	1	1	1	1
Economische aspecten						
Bruto-geldopbrengst * ²	EUR/ha	1.650	1.350	855	1.030	1.260
Uitgangsmateriaal	EUR/ha	180	250	250	270	261
Bemesting	EUR/ha	140	123	123	66	62
Gewasbescherming	EUR/ha	3	0	0	0	14
Energie	EUR/ha	19	8	5	22	21
Ov. grond-/hulpstoffen	EUR/ha	0	0	0	0	0
Afzetkosten	EUR/ha	0	0	0	0	0
Ov. Productgeb. Kosten	EUR/ha	16	17	18	17	17
Toegerekende kosten	EUR/ha	358	398	395	373	374
Loonwerk	EUR/ha	240	945	598	340	261
Saldo per ha	EUR/ha	1.052	6	-138	317	625
Arbeidsbehoefte	uur/ha	1.7	50,3	50,3	2	2.1
Eco-regeling						
Meerjarige teelt	Aan te vragen	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Natte teelt	Aan te vragen	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee
Vezelgewas	Aan te vragen	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Rustgewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Bodembedekker	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Vanggewas	Aan te vragen	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

*1 Het areaal van riet is gebaseerd op de gegevens over de rietoogst uit natuur gebieden.

*2 De opbrengsten zijn gebaseerd op een volproductief gewas, veelal na één, twee of drie jaar. Voor Miscanthus, riet, lisdodde en switchgrass zijn de bruto-geldopbrengsten daarom lager dan het product van (maximale) DS opbrengst en prijs van deze biomassa. Voor wilgen is dit een gemiddelde per hectare per jaar. De oogst wordt veelal eens per twee of drie jaar uitgevoerd.

Met name Miscanthus is economisch interessant vanuit teeltperspectief. De prijs van Miscanthus biomassa kan in de praktijk hoger liggen dan €100/ton wanneer bijvoorbeeld het in papier toepassingen wordt afgezet. Voor inblaasisolatie concurreert het echter met andere commodity biomassa (bijv. stro van ca. €100/ton) waardoor het bij gelijkblijvende prestatie onzeker is of er in inblaasisolatie een hogere prijs dan €100/ton kan worden verkregen. Het saldo ligt op het niveau van een graangewas, zoals gerst en tarwe. Hierbij moet wel opgemerkt

worden dat Miscanthus een meerjarig gewas is en daardoor (zoals met gerst en tarwe wel mogelijk is) niet in een rotatie gecombineerd kan worden met hoogrenderende intensieve teelten, zoals suikerbiet of aardappel, waarvan het saldo tussen €3.000 en €4.000 per hectare kan bedragen. Het teeltpotentieel van Miscanthus ligt daarom waarschijnlijk eerder in de veehouderij. Eventuele toeslagen uit de Eco-regeling voor Miscanthus (vezelgewas en meerjarige teelt) en eventuele opbrengsten uit carbon credits zijn in het saldo van vezelgewassen als Miscanthus nog niet meegenomen.

De oogst voor Miscanthus is tevens uit te voeren met bestaande oogstmachines en hierdoor is voor de oogst veel mechanisatie beschikbaar.

Ook wilg en switchgrass hebben een lager positief saldo. Zij hebben een vergelijkbare kostenstructuur (duurder uitgangsmateriaal, minder bemesting) als Miscanthus, maar een lagere biomassa droge stof opbrengst per hectare.

Voor Miscanthus en switchgrass is gewasbescherming opgenomen. Met name met de start van het gewas is onkruidbestrijding nodig. Uit literatuur blijkt dat mechanische onkruidbestrijding een optie zou kunnen zijn. De biologisch teelt is dus mogelijk voor Miscanthus en switchgrass.

5.1.5 Bermgras, zonnekroon en sorghum

Zonnekroon (*silphium perfoliatum* L.) en soedangras (*sorghum* spp.) zijn gecombineerd, omdat beide in verschillende literatuurbronnen worden beoordeeld als gewassen voor co-vergisting of veevoer. Daarnaast is bermgras bij deze groep opgenomen als niet agrarisch gewas. Bermgras wordt tevens vaak gecomposteerd of ingezet als co-product voor vergisting. Beide gewassen zijn opgenomen op basis van literatuur en deel ook buitenlandse gegevens. De beide gewassen worden momenteel niet of nauwelijks geteeld in Nederland.

Het areaal van beide gewassen is de afgelopen jaren nagenoeg nihil geweest, variërend tussen de 1 en 2 hectare voor zonnekroon en 0 tot 4 hectare voor sorghum. Sorghum is een eenjarig gewas, hierdoor past het beter bij een akkerbouw rotatie. Sorghum heeft een beperkt positief saldo. Zonnekroon is een meerjarig gewas, waardoor is het voor de akkerbouw een minder voordehand liggende keuze. Het saldo voor zonnekroon is lager als tarwe of gerst (en ook een vergelijkbare meerjarig gewas als Miscanthus), maar is wel zodanig dat het perspectief biedt. Uit met name Duitse teelt en saldogegevens blijkt dat zonnekroon naar verhouding duurder uitgangsmateriaal kent. Tevens bevat zonnekroon relatief veel eiwit,⁷³ waardoor het minder geschikt is in de bouw omdat het mogelijk ongedierte kan aantrekken.

Bermgras kent geen concurrentie met landbouwgewassen. Dit betekent mogelijk dat bermgras potentie biedt voor biobased bouwmaterialen. Wanneer een vezelopbrengst van €100 gerealiseerd kan worden (zie inleiding H5) is de netto-opbrengst tot €150 per ton, omdat er op dit moment betaald wordt voor de verwerking van gras (wordt gezien als afvalstroom). Wel kent de persstap die nodig is om voor gras tot een goede vezel te komen nog bottlenecks in afvalwaterbehandeling en de kosten die hiermee gemoeid zijn, waardoor het nog afwachten is wanneer de fabriek opgeschaald gaat worden.

⁷³ <http://www.cup-plant.com/usage.html>

Tabel 23 Teelt- en economie- aspecten van bermgras, zonnekroon en sorghum.

Aspecten	Eenheid	Bermgras	Zonnekroon	Sorghum* ¹
Areaal en volume				
Huidig areaal	ha (gem. 2016-2020)	42.373* ²	1	0
DS opbrengst	kg ds/ha	3.500	15.000* ³	7.000
Totale biomassa	ton ds/jaar	148.304	15	-
Prijs biomassa	EUR/ton ds	-30/-50	100	100
Teelt aspecten				
Rotatie aspect	Type gewas	Meerjarig	Meerjarig	Eenjarig
Teeltdoel	Enkel/meervoudig	Eén	Eén	Eén
Bodem type		Alle	Alle	Alle
Bodem pH	pH	6 – 7	5,6-5,7	6-8,5
Droogtetolerantie		Redelijk	Beperkt	Goed
Natte teeltomstandigheden		Goed	n.b.	Slecht
Zaai-plantperiode	maand	Mar-Sep	Apr/Jul	Mei
Oogstperiode	maand	Mei – Sep	Feb/Mar	Aug
Oogst frequentie	Aantal	2	1	1
Economische aspecten				
Bruto-geldopbrengst	EUR/ha	N.v.t.	1.500	700
Uitgangsmateriaal	EUR/ha	N.v.t.	155	14
Bemesting	EUR/ha	N.v.t.	328	74
Gewasbescherming	EUR/ha	N.v.t.	4	0
Energie	EUR/ha	N.v.t.	103	107
Ov. grond-/hulpstoffen	EUR/ha	N.v.t.	0	0
Afzetkosten	EUR/ha	N.v.t.	0	0
Ov. Productgeb. Kosten	EUR/ha	N.v.t.	20	11
Toegerekende kosten	EUR/ha	N.v.t.	611	206
Loonwerk	EUR/ha	N.v.t.	281	405
Saldo per ha	EUR/ha	N.v.t.	608	89
Arbeidsbehoefte	uur/ha	N.v.t.	5,3	8,4
Eco-regeling				
Meerjarige teelt	Aan te vragen	N.v.t.	Ja	Nee
Natte teelt	Aan te vragen	N.v.t.	Nee	Nee
Vezelgewas	Aan te vragen	N.v.t.	Nee	Nee
Rustgewas	Aan te vragen	N.v.t.	Nee	Nee
Bodembedekker	Aan te vragen	N.v.t.	Nee	Ja
Vanggewas	Aan te vragen	N.v.t.	Nee	Ja

*1 Voor sorghum is uitgegaan van biomassateelt, waarbij de pluim met graan niet of van ondergeschikt belang is. Derhalve is het als enkel doel gewas aangemerkt.

*2 Areaal gebaseerd op totale hoeveelheid wegen en geschatte gemiddelde bermbreedte.

*3 Opbrengst Zonnekroon op basis van volledige plantsilage.

Overkoepelende opmerkingen biomassateelten

Er zijn gedurende het onderzoek potentiële knelpunten en kansenesignaleerd. Een eerste knelpunt is reeds benoemd bij granen, de geproduceerde biomassa (stro) heeft hier al een bestemming. Een extra vraag zal mogelijk een prijsopdrijvend effect hebben en deels ten koste gaan van een huidige bestemming. Wel is de verwachting dat de veeteelt de komende jaren zal afnemen, waardoor er mogelijk ruimte kan ontstaan voor nieuwe toepassingen voor stro. Deze naar verwachting afnemende veeteelt is ook de trend waar de meerjarige vezelgewassen op kunnen inspelen. De meerjarige gewassen kunnen een alternatief bieden voor mais en

grasland in de veeteelt, zeker in gebieden waar moet worden geëxtensiverd of waar regionale opgaves spelen voor bodemdaling en waterkwaliteit en -berging. Het merendeel van de landbouwgrond betreft grasland en veevoedergewassen en het gaat hier dus al snel om aanzienlijke arealen waarop vezelteelt voor bouwmaterialen zou kunnen plaatsvinden.

In akkerbouwrotaties speelt de concurrentie tussen gewassen, niet alleen biobased gewassen. De concurrentie tussen gewassen is op basis van saldo (prijs/opbrengst en teeltkosten). In een akkerbouwrotatie zijn altijd rustgewassen opgenomen. Een groot deel van de opgenomen biobased gewassen is een rustgewas. De keuze voor een rustgewas hangt niet alleen af van het saldo, maar wordt mede bepaald door de andere gewassen in het bouwplan, bodemgezondheid (o.a. nematoden en bodemziektes), doorworteling, bemesting, grondsoort en oogstzekerheid. Bij meerjarige gewassen in een akkerbouwrotatie speelt dat een deel van het areaal lagere tijd is bestemd voor één gewas. Bij de biobased gewassen is gerekend met 10 jaar. De keuze voor biobased gewassen in een akkerbouwrotatie heeft in dat geval impact op de financiële opbrengst. Het biobased gewas concurreert dan met hoogsalderende gewassen als aardappelen en suikerbieten. Voor een iets langere rustperiode zijn gewassen als luzerne en graszaad voor een akkerbouwer een logische keuze ten opzichte van biobased gewassen.

De saldoberekeningen zijn bedoeld om gewassen onderling te kunnen vergelijken zonder bedrijfsspecifieke aspecten. De berekeningen laten zien dat vanuit economisch perspectief vlas, hennep, tarwe en gerst de meest interessante eenjarige gewassen zijn voor een agrariër. Wanneer een meerjarig gewas past op een landbouwbedrijf is Miscanthus een interessant gewas. De gewassen vallen allen ook onder de eco-regeling. De extra financiële vergoeding hiervoor is niet opgenomen in het saldo, omdat deze afhankelijk is van de situatie op een bedrijf. Indien het teeltplan voldoet aan de Eco-regeling kan de boer dus wel extra inkomsten tegemoet zien.

Momenteel wordt gewerkt aan een systematiek om een waardering te geven aan toepassing van biobased materialen in de bouw waarbij CO₂ langdurig wordt opgeslagen en dus voor die tijd niet bijdraagt aan het broeikasgas-effect. Deze zogenaamde 'carbon credits' kunnen ook ten goede komen aan de boer. De prijs voor carbon credits voor tijdelijke CO₂-opslag zal een afgeleide zijn van de Europese CO₂-prijs voor permanente vermijding van CO₂-emissies. Als rekenvoorbeeld: Stel een prijs van 50 €/ton langjarig opgeslagen CO₂, een opbrengst van 10 ton biomassa per ha met een koolstofgehalte van 50 gew.% waarbij 1 ton koolstof correspondeert met 3.67 ton CO₂, dan zouden de carbon credits 918 €/ha zijn (10 ton biomassa/ha x 0.5 ton koolstof/ton biomassa x 3.67 ton CO₂/ton koolstof x 50 €/ton CO₂).

5.1.6 Conclusie teelt en reststromen

Vezels voor bouwtoepassingen kunnen verkregen worden uit zowel meervoudige (voedsel en vezel) gewassen als enkelvoudige vezelgewassen (zowel eenjarig als meerjarig). Er is aangenomen dat een vezelprijs van minimaal €100/ton mogelijk moet zijn wanneer toepassingen als inblaasisolatie – waarvoor beperkt mechanische bewerking nodig is – beschikbaar komen (zie ook introductie 5.1).

Een goede referentie voor een haalbare vezelteelt zijn gerst en tarwe met een saldo van circa €1.000 per hectare binnen een rotatieteelt waar ook intensieve gewassen zoals suikerbiet en aardappel (saldo's van €3.000 tot €4.000 per hectare) onderdeel van uitmaken. Door carbon credits op langdurig toegepaste biobased materialen in de bouw kan in de (nabije) toekomst dit saldo hoger worden. Bij een voorbeeldprijs van 50 €/ton langdurig opgeslagen CO₂ komt dat overeen met 92 €/ton biomateriaal toegepast in bijvoorbeeld de bouw.

Van de eenjarige teelten (ook geschikt voor rotatieteelt) zijn vlas en hennep ook rustgewassen met een hoogkwalitatieve vezel en daardoor een positief saldo, vergelijkbaar met gerst/tarwe (hennep) of zelfs aanzienlijk hoger (vlas). Het hoge saldo hangt samen met de afzet van lange vlasvezels richting textiel, waardoor een hoge vezelprijs kan worden verkregen. Voor hennep gaat het grootste gedeelte richting bouwtoepassingen (isolatie, kalkhennep) of dierhouderij (stalstrooisel). Wel is er voor hennep een bestaande industrie waarin echt al een soort optimalisatie heeft plaatsgevonden van de afzet van verschillende onderdelen van de plant in verschillende markten. Hierdoor wordt deze prijs van €150/ton vooralsnog beschouwd als een bovengrens voor de prijs van nieuwe vezelgewassen.

Van de meerjarige vezelgewassen hebben Miscanthus, switchgrass en zonnekroon een duidelijk positief saldo, vergelijkbaar met gerst/tarwe. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze gewassen niet in een gewasrotatie passen en daardoor gemiddeld lagere opbrengsten hebben dan de rotaties waarvan gerst/tarwe deel vanuit kunnen maken.

Bij bovengenoemde saldo's moet nogmaals benadrukt worden dat er nog geen GLB-toeslagen voor vezelgewassen in zijn opgenomen. Daarnaast kan door carbon credits op langdurig toegepaste biobased materialen in de bouw in de (nabije) toekomst dit saldo hoger worden. Bij een voorbeeldprijs van 50 €/ton langdurig opgeslagen CO₂ komt dat overeen met 92 €/ton biomateriaal toegepast in bijvoorbeeld de bouw. Dit zou al snel een verdubbeling van het saldo kunnen betekenen voor hennep, stro en Miscanthus.

Bermgras is een omvangrijke reststroom waarvoor nu betaald moet worden om deze af te zetten (afvalstroom). Dit maakt het potentieel een interessante reststroom, maar wel zal eerst het vezelextractieproces opgeschaald moeten worden om hier op schaal vezels beschikbaar te maken. Technisch lijkt dit mogelijk en een nieuw fabriek staat gepland, maar waarschijnlijk zal het toch nog even duren voordat het proces efficiënt genoeg is en deze fabriek daadwerkelijk gebouwd wordt.

Tot slot moet nog benadrukt worden dat de hierboven berekende saldi betrekking hebben op vezelteelten waarvoor mogelijk nog ruimte is voor opschaling (schaalvoordelen) en proces optimalisatie:

- Uitbreiding van de verwerkingscapaciteit zal leiden tot efficiëntere fabrieken door procesverbetering en schaalvoordelen en hierdoor kunnen hogere prijzen geboden worden voor de biomassa (voor hennep is de verwachting meer dan voor een geplande grotere nieuwe fabriek).
- Er wordt binnen de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) gewerkt aan het verbeteren van condities voor vezelteelt (zie ook H7), zoals onder andere GLB-ondersteuning voor vezelteelt, subsidies voor biobased isolatie, carbon credits en validatie van biobased bouwmaterialen. Hierdoor kunnen de saldi van de vezelgewassen verder toenemen.
- Tegelijkertijd kiest NABB voor een regionale aanpak in een aantal ketenprojecten van land tot pand. Doel hierin is om de boer geen gewone *commodity supplier* meer te laten zijn, maar een speler die een gelijkwaardig deel van de opbrengst uit de waardeketen ontvangt. Wanneer deze ketenprojecten erin slagen om regionale, efficiënte en transparante waardeketens op te zetten, kunnen prijzen voor biomassa ook hoger uitvallen, omdat opbrengsten eerlijker verdeeld worden in de keten. Zeker inblaasisolatie uit Miscanthus en stro biedt mogelijkheden voor een dergelijke korte regionale keten.

5.2 Overige reststromen voor biobased bouwmaterialen

Schapenwol is opgenomen als mogelijke grondstof voor isolatiemateriaal vanwege de goede isolatie-eigenschappen en de onderbenutting van schapenwol. In tegenstelling tot de gewassen is enkel een indicatie van het volume opgenomen. Economisch gezien is schapenwol weinig interessant voor schapenhouders. De wolprijs dekt niet of nauwelijks de kosten van het scheren.

Tabel 24 Gegevens schapenwol in Nederland.

	Eenheid	Aantal
Schapen	-	854,220
Wol	Kg/schaap	4
Totale hoeveelheid wol	ton/jaar	3,417

Voor schapen geldt dat waarschijnlijk, door het blauwtong virus, het aantal dieren in Nederland zal dalen. Hierdoor daalt ook het aanbod aan schapenwol. Schapenwol is bijproduct van de schapenhouderij. Dit vergelijkbaar met stro-gewassen zal de beschikbaarheid eerder afhangen van het hoofddoel van de schapenhouderij.

In Nederland wordt jaarlijks 305,000 ton oud huishoudelijk textiel en 8,000 ton bedrijfskleding afgedankt.⁷⁴ Het overgrote deel van dit oud textiel wordt momenteel verbrand (met energieteerugwinning). Met name katoenvezels, maar in principe ook overige textielvezels, zijn zeer geschikt om isolatiedekens te produceren. Dit gebeurt inmiddels ook op industriële schaal (in het buitenland).

In Nederland komt jaarlijks ca 2,000,000 ton oud papier vrij. Dit wordt reeds grotendeels gebruikt om nieuw papier van te maken. De stroom is evenwel zo groot dat een kleine fractie volstaat om aan de behoefte aan isolatiematerialen te voldoen. Isolatiedekens en inblaasisolatie op basis van oud papier wordt inmiddels op industriële schaal geproduceerd (in het buitenland).

5.3 Emissies en duurzaamheid bij teelt

Onderdeel van de overweging om bepaalde vezelgewassen al dan niet op te schalen, zijn ook de duurzaamheidsaspecten van de teelt. Hieronder zijn per gewas de belangrijkste duurzaamheidsindicatoren weergegeven.

De gegevens betreffen de volledige teelt van het gewas en er is geen uitsplitsing gemaakt naar hoofd- en bijproduct, bijvoorbeeld naar graan en stro bij de granen. De gegevens zijn tevens gebaseerd op de gemiddelde teeltwijze. In de praktijk zijn er tussen agrariërs verschillen in de teeltwijze en hiermee in bijvoorbeeld mestgift of gewasmiddelen gebruik. Bijvoorbeeld: bij een keuze voor een biologische teelt vervalt het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen volledig. De opgenomen duurzaamheidsaspecten geven een beeld van de onderlinge prestaties; de variatie binnen een teelt in de praktijk is wel groot.

De duurzaamheidsaspecten omvatten de stikstof-efficiëntie op basis van aan- en afvoer per gewas. Op basis van de inputs voor de saldoberekening is een energie input (MJ/ha) en broeikasgasemissie berekend (kg CO₂-eq./ha). De gewasinputs uit het saldo zijn op basis van Gaillard (1997), Mortimer et al. (2004) en BioGrace waarden berekend. De BioGrace tool is een goedgekeurde berekeningswijze volgens de EU Hernieuwbare Energie Richtlijn. De milieubelastingspunten zijn bepaald middels de saldoberekening en de CLM-milieumeetlat. De belastingpunten voor water- en bodemleven en grondwater zijn bepaald en opgenomen.

Stikstofefficiency

Per gewas zijn op basis van de KWIN-AGV of literatuur bepaald wat de aanvoer en afvoer is. De aanvoer is op basis van het bemestingsadvies. De afvoer is wat er aan nutriënten met het geoogst product wordt afgevoerd. De verhouding hiertussen geeft de stikstofefficiency.

Energie en broeikasgasemissie

De energie input wordt uitgedrukt in MegaJoule (MJ) per hectare. De broeikasgasemissie is uitgedrukt in CO₂-equivalenten. De energie input en broeikasgasemissie zijn beide bepaald op basis van de in het saldo opgenomen hoeveelheden uitgangsmateriaal, meststoffen, gewasbescherming en energie. De gehanteerde kengetallen per input zijn afkomstig van BioGrace II v3 - E3-database (june 2014), JRC (2014), Gaillard et al. (1997) Mombarg et al. (2007) en Mortimer et al. (2004).

Tussen bedrijven bestaan er grote verschillen. Als gemiddeld zou een energie-input van 27.759 MJ/ha en 3.022 kg CO₂-eq./ha (Meyer-Aurich et al., 2012) gehanteerd kunnen worden. Dit betreft een gemiddelde over het gehele bouwplan van de betreffende studie.

CLM Milieumeetlat

De CLM Milieumeetlat is een puntensysteem waarmee wordt aangegeven hoe schadelijk een middel is voor het milieu. Opgenomen in dit onderzoek zijn risico voor waterleven (oppervlaktewater), risico voor bodemleven en risico op uitspoeling naar het grondwater. Op basis van de methodiek van CLM is de hoeveelheid middel gecombineerd met de milieubelasting in punten (MBP) per 1 kilogram of liter van het middel. Dit geeft een score voor het betreffende middel in een gewasteelt. CLM hanteert een score tussen de 0 en 100 als acceptabel (groen). Een score tussen 100 en 1.000 als matig (geel) en een score hoger dan 1.000 als slecht (rood)

⁷⁴ <https://recyclingnederland.nl/artikelen/textielrecycling-in-nederland/>

(<https://www.milieumeetlat.nl/nl/bereken-open-teelt.html>). De scores zijn, zoals benoemd, op basis van een gemiddelde teelt. Dit betreft veelal een gangbare teelt met gewasbeschermingsmiddelen. Alle opgenomen gewassen zijn ook biologisch te telen. Een aantal van de gemiddeld gebruikte gewasbeschermingsmiddelen zijn rood. Dit komt veelal door een aantal middelen die tezamen tot deze score komen. Een landbouwer kan kiezen voor een alternatief gewasbeschermingsmiddel. Op basis van Agrimatie gegevens is het gemiddelde Milieubelasting (MBP) per hectare 1.679 MBP. Dit is de som van de score voor bodemleven, waterleven en grondwater (Agrimatie.nl).

Toelichting bij onderstaande tabellen

- Duurzaamheidsaspecten zijn gegeven voor:
 - o Het gehele gewas; dus bijv. incl. graan in voorkomende gevallen;
 - o Gemiddelde teeltwijze.
- De milieubelasting is bepaald volgens de methodiek van de CLM Milieumeetlat. Met kleuren is aangegeven in hoeverre gewassen relatief goed (groen), matig (geel) of slecht (rood) scoren.
- Verdere toelichting is in de tekst boven dit kader gegeven.

5.3.1 Stro van gerst, tarwe, haver en rogge

Voor de graan gewassen is een belangrijke kanttekening dat de gegevens de volledige teelt betreffen. Er is geen onderverdeling gemaakt naar hoofdproduct (graan) en bijproduct (stro). Als referentie voor energie en broeikasgasemissies is een gemiddelde per hectare opgenomen in de bovenstaande toelichting. De granen liggen onder dit gemiddelde per hectare.

Tabel 25 Duurzaamheidsaspecten van gerst, tarwe, haver en rogge.

Duurzaamheids-aspecten	Eenheid	Gerst	Tarwe	Haver	Rogge
Stikstof efficiency	%	88%	113%	92%	68%
Stikstof (afvoer)	Kg N/ha	105	181	110	89
Stikstof (aanvoer)	Kg N/ha	120	160	120	130
Energie input	MJ/ha	15.600	18.819	17.087	17.971
BKG-emissie	Kg CO ₂ -eq./ha	1.372	1.644	1.440	1.479
Gewasbescherming	Toepassing	Ja	Ja	Ja	Ja
MBP-waterleven	Score per ha	493	320	257	11.929
MBP-bodemleven	Score per ha	130	160	134	195
MBP-grondwater	Score per ha	151	138	1.133	1.918
Bodem org. stof	Kg OS/ha	1.570	1.640	1.570	1.500

5.3.2 Stro van korrelmaïs, koolzaad en tritcale

Voor de korrelmaïs, koolzaad en tritcale is een belangrijke kanttekening dat de gegevens de volledige teelt betreffen. Er is geen onderverdeling gemaakt naar hoofdproduct (korrel/zaad) en bijproduct (stro). De milieuaspecten van maïs, koolzaad en tritcale zijn vergelijkbaar met de granen. In een onderlinge vergelijking zijn er geen grote verschillen.

Tabel 26 Duurzaamheidsaspecten van maïs, koolzaad en triticale stro.

Duurzaamheids-aspecten	Eenheid	korrelmaïs	koolzaad	Triticale
Stikstof efficiency	%	81%	78%	76%
Stikstof (afvoer)	Kg N/ha	150	140	107
Stikstof (aanvoer)	Kg N/ha	185	180	140
Energie input	MJ/ha	22.647	16.286	18.070
BKG-emissie	Kg CO ₂ -eq./ha	1.659	1.343	1.506
Gewasbescherming	Toepassing	Ja	Ja	Ja
MBP-waterleven	Score per ha	291	867	301
MBP-bodemleven	Score per ha	236	567	191
MBP-grondwater	Score per ha	79	1.442	1.918
Bodem org. stof	Kg OS/ha	900	975	1.570

5.3.3 Bermgras, zonnekroon en sorghum

Bermgras is niet doorgerekend als een landbouwgewas. Hierdoor zijn er geen waarden opgenomen. Dit betekent niet dat de oogst geen energie-input of broeikasgasemissies kent. Er zijn hiervoor geen gegevens bekend. Zonnekroon en sorghum zijn als biomassa gewas meegenomen. Er is geen sprake van bijvoorbeeld een graanproduct. Voor deze beide gewassen geldt dat de gehanteerde literatuur voornamelijk buitenlandse literatuur betreft. De teelt in Nederland zou derhalve kunnen afwijken in een praktijksituatie. Zonnekroon en sorghum liggen qua energie en broeikasgasemissies gelijk of licht lager als granen. Zonnekroon ligt wel hoger ten opzichte van andere meerjarige gewassen.

Tabel 27 Duurzaamheidsaspecten van bermgras, zonnekroon en sorghum.

Duurzaamheids-aspecten	Eenheid	Bermgras	Zonnekroon	Sorghum
Stikstof efficiency	%	N.v.t.	101%	289%
Stikstof (afvoer)	Kg N/ha	N.v.t.	122	260
Stikstof (aanvoer)	Kg N/ha	N.v.t.	120	90
Energie input	MJ/ha	n.b.	16.912	10.598
BKG-emissie	Kg CO ₂ -eq./ha	n.b.	1.350	939
Gewasbescherming	Toepassing	Nee	Ja (slakken)	Nee
MBP-waterleven	Score per ha	N.v.t.	0	N.v.t.
MBP-bodemleven	Score per ha	N.v.t.	0	N.v.t.
MBP-grondwater	Score per ha	N.v.t.	0	N.v.t.
Bodem org. stof	Kg OS/ha	n.b.	n.b.	n.b.

5.3.4 Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass

De meerjarige gewassen die hieronder zijn opgenomen in de tabel is gerekend met een gemiddelde over 10 jaar. Hierdoor vallen de effecten van bijvoorbeeld plantmateriaal ten opzichte van eenjarige gewassen lager uit. Dit werkt door in de gehele teelt. Dit is vooral zichtbaar in de energie-inhoud en broeikasgasemissie per hectare. De grondbewerking, het planten of zaaien zijn bijvoorbeeld teelthandelingen die slechts eenmaal per 10 jaar worden uitgevoerd. Dit alles verklaart de lagere uitkomsten op dit vlak voor de meerjarige teelten. Voor Miscanthus en switchgrass is voor het eerste jaar chemische onkruidbestrijding opgenomen. Het is mogelijk dit te vervangen door mechanische onkruidbestrijding. Daarmee vervalt de gewasbescherming.

Tabel 28 Duurzaamheidsaspecten van Miscanthus, riet, lisdodde, wilg en switchgrass.

Duurzaamheids-aspecten	Eenheid	Miscanthus	Riet	Lisdodde	Wilg	Switchgrass
Stikstof efficiency	%	200%	87%	60%	n.b.	80%
Stikstof (afvoer)	Kg N/ha	50	130	90	n.b.	60
Stikstof (aanvoer)	Kg N/ha	25	150	150	80	75
Energie input	MJ/ha	4.846	8.767	8.767	5.774	5.950
BKG-emissie	Kg CO ₂ -eq./ha	356	726	726	472	446
Gewasbescherming	Toepassing	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja
MBP-waterleven	Score per ha	1	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	14
MBP-bodemleven	Score per ha	11	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	36
MBP-grondwater	Score per ha	20	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	14
Bodem org. stof	Kg OS/ha	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

5.3.5 Vlas, hennep en brandnetel

Vlas wordt voornamelijk gangbaar geteeld en de inzet van gewasbeschermingsmiddelen is dat gebruikelijk. De mindere score voor waterleven wordt veroorzaakt door gebruik van insecticiden. Voor bodemleven betreft dit insecticiden en fungiciden. Een alternatief is de keuze voor biologische vlasteelt. De biologische teelt van vlas kan de opbrengst omlaag brengen. Hennep en brandnetels zijn minder gevoelig voor ziekten en plagen, hierdoor is voor de teelt geen gewasbescherming nodig. Vlas en hennep kennen tevens een verwerkende industrie in Nederland, waardoor dit naast teelt en saldo, de meest kansrijke gewassen zijn.

De lage energie en broeikasgasemissie van vlas en hennep komt grotendeels doordat de oogst in loonwerk wordt uitgevoerd. Dit is gebruikelijk in de teelt van vlas en hennep. Bij de granen is de oogst onderdeel van de teelthandelingen door een agrariër. Dit vertekent het beeld van de vergelijking enigszins. De brandnetelteelt is een meerjarige teelt. Hierdoor scoort brandnetel lager als eenjarige gewassen.

Tabel 29 Duurzaamheidsaspecten van vlas, hennep en brandnetel.

Duurzaamheidsaspecten	Eenheid	Vlas	Hennep	Brandnetel
Stikstof efficiency	%	420%	90%	187%
Stikstof (afvoer)	Kg N/ha	63	72	140
Stikstof (aanvoer)	Kg N/ha	15	80	75
Energie input	MJ/ha	8.283	10.116	6.951
BKG-emissie	Kg CO ₂ -eq./ha	535	801	550
Gewasbescherming	Toepassing	Ja	Nee	Nee
MBP-waterleven	Score per ha	1102	N.v.t.	N.v.t.
MBP-bodemleven	Score per ha	93,2	N.v.t.	N.v.t.
MBP-grondwater	Score per ha	479	N.v.t.	N.v.t.
Bodem org. stof	Kg OS/ha	100	n.b.	n.b.

5.3.6 Stikstofemissies bemesting en grondbewerking

Stikstofemissies vanuit dierlijke mest in Nederland worden bepaald met het National Emission Model for Agriculture (NEMA). Ingeschatte emissies uit mesttoediening in de landbouw in 2020 volgens het WOT-technical report 224 (2022)⁷⁵ zijn in Tabel 30 gegeven.

⁷⁵ Van Bruggen et al, 2022. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020 (tabellen 9.1 – 9.3). WOT-technical report 224. <https://edepot.wur.nl/570194>

De hoeveelheid landbouwgrond (akkerbouw + grasland) is ca. 1.8 miljoen ha.⁷⁶ De gemiddelde uitstoot per type stikstof-emissie per ha die hiermee berekend kan worden is eveneens in Tabel 30 weergegeven. Hierbij zij opgemerkt dat de onzekerheden in de emissies relatief groot zijn (CDM, 2020); echter deze onzekerheden zijn hetzelfde en werken dezelfde kant op voor de verschillende teelten.

De hoeveelheid dierlijke mest die aan landbouwgrond in Nederland werd toegediend in 2020 is 334.7 miljoen kg N.⁷⁷ Rekening houdend met het gewichtsaandeel N in NH₃, N₂O en NO kan uit bovenstaande data berekend worden welk aandeel N in de toegediende mest emitteert (Tabel 30). Cumulatief emitteert 9.5 gew.% van de op het land gebrachte N als NH₃, N₂O en NO. Deze emissies slaan o.a. neer op natuurgebieden en dragen bij aan de stikstofcrisis. Aangenomen wordt dat de emissies evenredig zijn met de toediening;⁷⁸ dus een gewas dat minder mest hoeft zal geproduceerd kunnen worden met minder stikstof-emissies.

Ter vergelijking zijn ook emissies van landbewerking ingeschat. De NO_x emissie voor zware grondbewerkingen (ploegen) is hoger dan voor lichtere grondbewerkingen. Data worden gerapporteerd door Janulevicius et al. (2017). Zware grondbewerkingen kosten tegelijkertijd meer tijd: ca 1 ha per uur voor ploegen versus 2.5 ha voor lichtere grondbewerkingen.⁸⁰ Omrekening naar emissie per ha grondbewerking is eveneens in Tabel 30 gegeven. Hieruit blijkt dat de N₂O- en NO-emissies voor zware grondbewerking ca 1.1% en 15% zijn van de emissies als gevolg van bemesting met dierlijke mest; en 0.27% en 4.0% voor lichte grondbewerking.

Tabel 30 Stikstof emissies uit aan het (wei)land toegediende dierlijke mest in Nederland volgens NEMA, en omrekening naar emissies per ha voor mest en grondbewerking.

	Emissie *75 (miljoen kg)	Emissie *76 (kg/ha)	Aandeel emissie t.o.v. toegediend (gew.%)	Emissie grondbewerking *79 (kg/h)		Emissie grondbewerking *80 (kg/ha)	
				Zwaar	Licht	Zwaar	Licht
NH ₃	32.0	17.8	7.6%				
N ₂ O	3.9	2.2	0.7%	0.024	0.015	0.024	0.006
NO	8.1	4.5	1.1%	0.67	0.45	0.67	0.18

Ter referentie: De emissie van NH₃ vanuit stallen en opslag is ca 82% hoger dan uit mest die op het (wei)land wordt toegediend; voor N₂O en NO zijn die percentages respectievelijk 64% en 77% lager. Emissies van methaan (CH₄) vinden voornamelijk plaats vanuit stallen (de dieren zelf) en mestopslag/bewerking.^{75,81}

5.3.7 Conclusie emissies en duurzaamheid

De broeikasgasemissies bij de teelt van vezelgewassen is lager dan voor voedsel- en veevoergewassen, 350 – 800 versus 1,300 – 1,660 kg CO₂ eq./ha. Ook die zijn nog weer lager dan voor de akkerbouw gemiddeld, 3,000 kg CO₂ eq./ha. Binnen de teelt van vezelgewassen ligt de broeikasgasemissies voor meerjarige gewassen lager dan de eenjarige gewassen.

De stikstofemissie is globaal evenredig met de toediening van dierlijke mest op het land, en afhankelijk van de toedieningsmethode. De stikstofemissie is daarmee evenredig met de gemiddeld benodigde behoefte (aanvoer) van dierlijke mest. Deze is lager voor traditionele vezelgewassen (15 – 80 kg N/ha) dan voor nieuwe vezelgewassen (25 – 150) en voedsel/veevoergewassen (120 – 185 kg N/ha).

Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is afhankelijk van weeromstandigheden en plagen die zich voordoen. Daarnaast speelt de keuze voor gewasbeschermingsmiddelen door de ondernemer een rol. Alle

⁷⁶ CBS, 2023. Landbouw; gewassen, dieren, grondgebruik en arbeid.

<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81302ned/table?fromstatweb>

⁷⁷ CBS, 2023. Dierlijke mest en mineralen; productie, transport en gebruik.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84071NED/table>

⁷⁸ Velthof & Rietra, 2018. Nitrous oxide emissions from agricultural soils. <https://edepot.wur.nl/466362>

⁷⁹ Janulevicius, 2017.

⁸⁰ Akkerwijzer, 2010. <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/85856-eigen-proefveld-niet-kerende-grondbewerking-aanleggen/>

⁸¹ <https://edepot.wur.nl/161899>

opgenomen vezelgewassen lenen zich voor biologische teelt. Bij de biologische teelt is er, mede afhankelijk van ziekte- en plaagdruk, een kans op lagere opbrengsten.

De impact op bodem- en (grond)waterleven hangt direct samen met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Deze zijn (vrijwel) niet nodig voor de nieuwe vezelgewassen en hennep, en deze gewassen scoren daarom erg goed op dit duurzaamheidsaspect. De impact voor vlas en de voedsel/veevoergewassen geeft een wisselend beeld. Op basis van de gemiddelde waarden scoren de gewassen haver, rogge, koolzaad en triticale slechter dan de gemiddelde MBP-score. Vlas scoort rond het gemiddelde en de overige gewassen beter dan het gemiddelde.

5.4 Van vezelgewas tot product - Conversiefactoren en schaalgrootte

In dit project worden een drietal conversieroutes op basis van vezelgewassen en reststromen bekeken:

- Productie van spaanplaten uit lignocellulose
- Productie van inblaasisolatie uit vezelgrondstoffen
- Productie van isolatiedekens uit vezelgrondstoffen

In deze paragraaf worden voor deze conversieroutes inschattingen gegeven voor:

- Conversie-efficiëntie per processtap in gew. %: Expertinschatting
- Cumulatieve hoeveelheden in kg: Doorrekening op basis van conversie-efficiëntie, uitgaande van 100 kg startgewicht
- Prijzen van grondstoffen (€/ton): Uit paragraaf 5.1.
- Prijzen van producten (€/ton): Prijzen van online aanbod, gedeeld door factor 2, als indicatie van kostprijs af fabriek.
- Schaalgrootte van conversieprocessen (ton/jaar): Op basis van online beschikbare info en expertkennis.

5.4.1 Spaanplaat op basis van lignocellulose

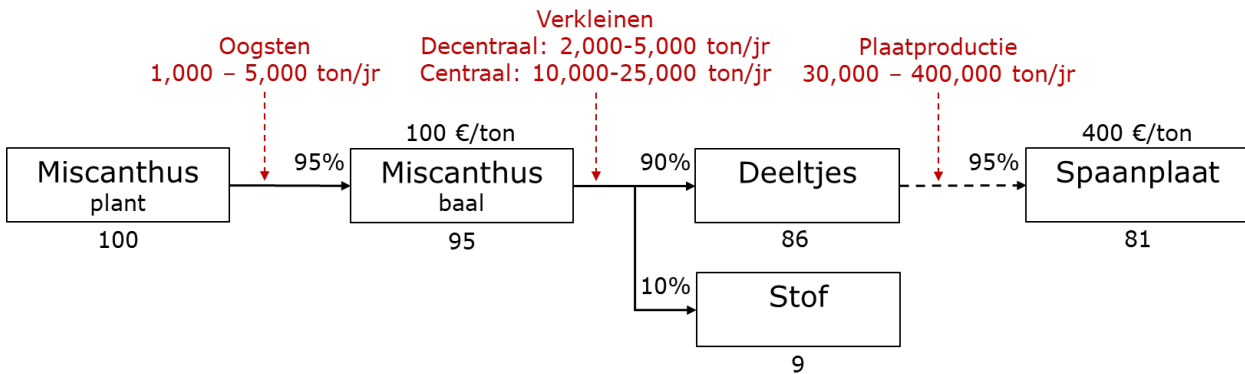
In Figuur 9 zijn de achtereenvolgende processtappen voor het maken van spaanplaten uit lignocellulosegrondstoffen in een schema gevisualiseerd:

- Oogsten, drogen: Dit kan uitgevoerd worden door loonwerkers met bestaande machines. Deze machines zijn te gebruiken voor het oogsten van meerdere gewassen, al of niet met aanpassingen; daarom is een brede range voor schaalgrootte gegeven.
 - Indien de grondstof tijdens oogst droog genoeg is voor opslag, kan de vezelgrondstof reeds tijdens het oogsten verkleind worden met een hakselaar.
 - Indien de vezelgrondstof op het moment van oogst verder gedroogd dient te worden vóór opslag, ligt het voor de hand om de grondstof zo veel mogelijk op het land te laten drogen, en vervolgens ongehakseld te persen en op te slaan.
- Opslaan: Dit kan bijvoorbeeld bij de boer plaatsvinden.
- Verkleinen tot deeltjes: Strikt genomen kan de verkleining decentraal gedaan worden. Vanwege het belang van de juiste deeltjesgrootte op spaanplaatkwaliteit zal de spaanplaatfabrikant de (laatste) verkleinstap in eigen beheer willen uitvoeren.
- Heet persen tot spaanplaten: Deeltjes van gewenste grootte worden besproeid met lijm, tot een 'mat' gevormd en heet geperst tot platen. De platen worden enige tijd geconditioneerd alvorens ze de fabriek verlaten.

De schaalgrootte van oogsten en verkleinen is betrekkelijk klein t.o.v. het maken van spaanplaten; waarbij opgemerkt dat traditionele spaanplaatfabrieken een capaciteit hebben van orde grootte 400,000 ton/jaar 600,000 m³/jaar), en de 30,000 ton/jaar betrekking heeft op een ooit geplande fabriek voor 'niche'-

spaanplaten op basis van stro/riet. Ter referentie: Linex produceert ordegrootte 25,000 ton/jaar vlasspaanplaten.⁸²

Onderstaand schema kan gebruikt worden voor uiteenlopende grondstoffen: Miscanthus, riet, Sorghum, zonnekroon, graanstro, stengels van raapzaad, paprika, tomaten; en scheven van hennep en vlas.



Figuur 9 Schematische weergave van de processtappen voor het produceren van spaanplaat uit vezelgrondstof. Hierbij valt te denken aan: Miscanthus, riet, Sorghum, zonnekroon, graanstro, stengels van raapzaad, paprika, tomaten; en scheven van hennep en vlas.

Ter vergelijking:

Indien 30% van de jaarlijkse woningbouw in Nederland met biobased wordt gerealiseerd dan is ca 23,000 ton spaanplaat nodig (par. 2.3), en ca 23,000 ton OSB (eventueel te vervangen door spaanplaat van geschikte kwaliteit). Deze ca. 46,000 ton/jaar zou geproduceerd kunnen worden met een kleine spaanplaten fabriek.

De behoefte voor de G4 (par. 2.3) is een factor 5 à 6 kleiner.

De nu reeds jaarlijks op de markt gebrachte hoeveelheid spaan- en vezelplaten is ruimschoots groter, ca. 1,100,000 m³. Indien de helft hiervan spaanplaten betreft, en uitgaande van een dichtheid van 650 kg/m³, dan is ca 357,500 ton/jaar aan spaanplaten nodig. Dat is de orde grootte van een traditionele spaanplatenfabriek.

5.4.2 Inblaas-isolatie op basis van lignocellulose

In Figuur 10 zijn de achtereenvolgende processtappen voor het maken van inblaas-isolatie uit lignocellulosegrondstoffen in een schema gevisualiseerd:

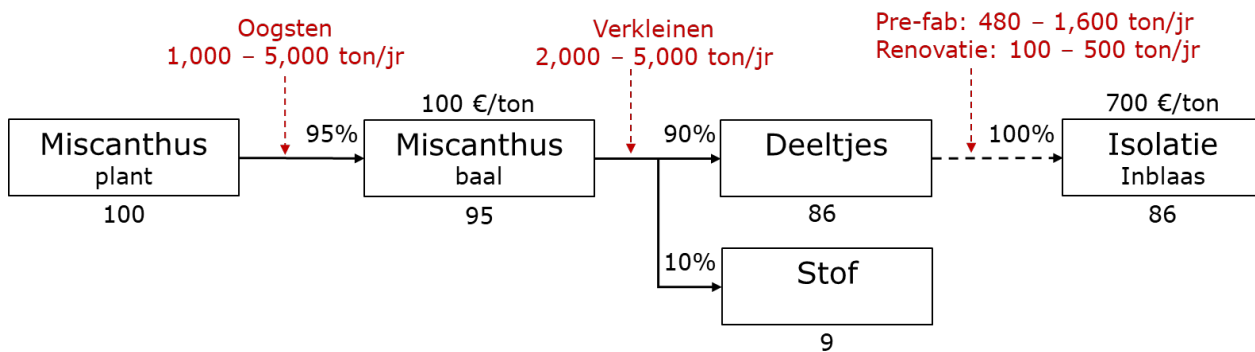
- Oogsten, drogen, opslaan: Als bij spaanplaten.
- Verkleinen tot deeltjes: Dit zal bij voorkeur decentraal gedaan worden om transportkosten te minimaliseren.
- Inblazen: Bij renovatie gebeurt dit per gebouw m.b.v. een mobiele inblaasmodule. Bij prefabricage van gebouwelementen gebeurt dit bij de fabriek; de capaciteit van inblaasapparaten is echter zodanig dat er betrekkelijk veel nodig zijn om aan de totale inblaasbehoefte te kunnen voldoen, waardoor ook prefabricage decentraal genoemd kan worden.

De schaal grootte van alle processtappen is betrekkelijk klein, waardoor lokale/decentrale teelt, verwerking en toepassing mogelijk is. Indien 30% van de jaarlijkse woningbouw in Nederland met biobased wordt gerealiseerd, en indien de helft met inblaas-isolatie wordt voldaan (en de andere helft met isolatiedekens), dan is ca 41,750 ton aan isolatie nodig (par. 2.3), ofwel ca 25 - 90 prefab-inblaasapparaten. Voor de G4 zou ca 8,000 ton/jaar aan biobased isolatie nodig zijn, ofwel 5 tot 15 inblaasapparaten.

De huidige renovatiemarkt omvat ca 1,600,000 en 1,100,000 m³/jaar aan vezeldekens en schuim. Indien 30% hiervan met biobased inblaasisolatie gerealiseerd kan worden met een gemiddelde dichtheid van 75 kg/m³, dan is ca 61,000 ton/jaar nodig, ofwel 120 - 600 renovatie-inblaasapparaten.

⁸² Persoonlijke communicatie.

Onderstaand schema kan gebruikt worden voor uiteenlopende grondstoffen: Miscanthus, Sorghum, Lisdodde, graanstro.



Figuur 10 Schematische weergave van de processtappen voor het produceren van inblaaisolatie uit lignocellulose. Hierbij valt te denken aan: Miscanthus, Sorghum, Lisdodde, graanstro.

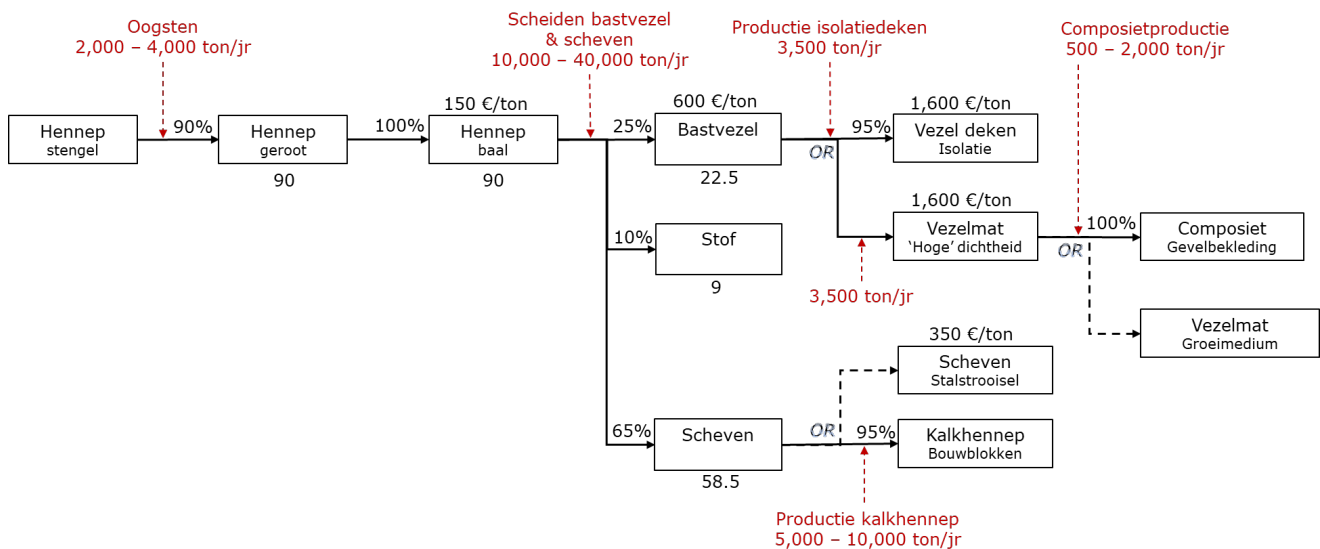
5.4.3 Isolatiedekens op basis van hennep- en vlasvezel

In Figuur 11 zijn de achtereenvolgende processtappen voor het maken van isolatiedekens uit vezelhennep in een schema gevisualiseerd. Gezien de veelzijdige toepassingen vezelhennep is de productie van isolatiedekens verbonden met de toepassing van de hennepscheven en met andere toepassingen van de hennepvezel. De processtappen zijn als volgt:

- Oogsten, roten, drogen: Het oogsten gebeurt met speciale machines (KoM Hennep). Bij het oogsten worden de hennepstengels enigszins gekneusd en op een zwad gelegd om te 'rotten'. Roten is het biologische proces waarbij micro-organismen onder invloed van temperatuur en vocht (dauw, regen) de binding tussen de bastvezels en de kernvezels losweken, waardoor in een volgende processtap deze mechanisch gescheiden kunnen worden. Voordat de stengels opgeslagen worden, dienen de stengels droog te zijn.
- Persen en opslaan: Zodra de stengels voldoende geroot en gedroogd zijn, kan de hennep tot balen geperst worden. Opslag vindt meestal plaats bij de verwerker.
- Scheiden van bastvezels en kernvezels: Met speciale apparatuur worden de stengels gescheiden in bastvezels (meestal 'hennepvezels' genoemd) en kernvezels (meestal 'scheven' genoemd).
- Maken van uiteenlopende producten:
 - Isolatiedekens: Dichtheid ca 40 kg/m³
 - Vernaalde vezelmatten: Dichtheid ca. 50-100 kg/m³ voor toepassing in composiet, groeisubstraat, tuinmulch
 - Scheven kunnen direct gebruikt worden als stalstrooisel
 - Scheven kunnen verwerkt worden met kalk-binder tot bouwpanelen en -blokken.⁸³

De hoofdproducten van hennep – de vezels en de scheven – dienen in de voorkomende verhouding vermarkt te worden. Opschaling van een vezeltoepassing vraagt ook opschaling van de afzet van de scheven. Scheven zouden toegepast kunnen worden in kalkhennep isolerende bouwpanelen en -blokken. Bij toenemende vraag naar biobased bouwen kan ook de vraag naar deze bouwmaterialen toenemen. Momenteel worden de isolatiedekens die in Nederland op de markt gebracht worden geproduceerd in Zuid-Duitsland en Tsjechië. Hennep-isolatiedekens worden getransporteerd met ongeveer de dichtheid waarmee ze worden geïnstalleerd, ca. 40 kg/m³; productie in Nederland zou een aanzienlijke hoeveelheid transportkosten en milieu-impact vermijden.

⁸³ <https://dunagroheempgroep.nl/kalkhennepbouw/>



Figuur 11 Schematische weergave van de processtappen voor het produceren van o.a. isolatiedekens uit vezelhennep.

Voor vlas geldt een vergelijkbaar aantal processtappen, met dit verschil dat vlas primair geteeld wordt voor toepassing van de lange bastvezels in textiel. De laagste kwaliteiten bastvezels wordt toegepast in o.a. isolatiedekens. Opschaling van vlas voor toepassing in isolatiedekens is daarmee complexer dan opschaling van hennep voor isolatiedekens. Uitgaande van een bastvezelrendement voor vlas van 25 à 30% waarvan het overgrote deel richting textieltoepassingen gaat, wordt ingeschat dat ca. 5% van het gewas gebruikt zou kunnen worden voor de productie van isolatiedekens. De ca. 70% scheven kunnen toegepast worden voor plaatmaterialen (of stalstrooisel).

5.5 Mogelijkheden tot verhogen teelt vezelgrondstoffen in Nederland

5.5.1 Opschalen teelt gewassen in Nederland t.b.v. plaatmaterialen

De ingeschatte benodigde hoeveelheid plaatmaterialen voor 30% biobased (hoog)bouw in Nederland is ca. 36,800 m³ OSB, waarvan 1,380 m³ voor hoogbouw in de G4, en ca. 35,200 m³ spaanplaat (Tabel 7). Deze hoeveelheden zijn afgeleid van een analyse waarbij gekeken is welk soort plaatmaterialen in vloeren, wanden, daken e.d. worden gebruikt.¹³ Op basis van gewassen kunnen spaanplaten gemaakt worden; OSB platen zijn niet mogelijk omdat daarvoor vlakke spaanders nodig zijn. De gewassen Miscanthus, riet, stro en hennepscheven hebben qua mechanische eigenschappen de meeste potentie voor spaanplaten (Tabel 13).

Het areaal dat nodig is om de genoemde hoeveelheid spaanplaten te maken kan berekend worden aan de hand van de volgende gegevens:

- Conversie van volume (m³) naar gewicht (ton); zie Tabel 8.
- Conversie efficiency van gewas naar spaanplaat (in gew.%; zie Figuur 9 en Figuur 11).
- Opbrengst van gewas (in ton/ha; zie Tabel 19 t/m Tabel 23).

De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in onderstaande Tabel 31. Tevens is aangegeven wat het benodigde areaal is t.o.v. het huidige areaal.

Tabel 31 Conversie efficiency, opbrengst per hectare, benodigde areaal en percentage daarvan t.o.v. het huidige areaal voor uiteenlopende gewassen voor de productie van 22,900 ton spaanplaten.

Gewas	Opbrengst (ton/ha)	Conversie efficiëntie (gew.%)	Benodigd areaal (ha)	T.o.v. huidige areaal (%)
Miscanthus	16.5	80	1,735	672%
Stro	4	80	7,156	5%
Riet	15	80	1,908	32%
Hennepscheven	8	60	4,771	233%

Uit de data in Tabel 31 kan opgemaakt worden dat slechts een deel van het stro of riet nodig is om de benodigde hoeveelheid spaanplaten voor 30% biobased bouw in Nederland te realiseren. Hierbij dient opgemerkt te worden dat Nederland momenteel stro importeert om aan de vraag voor o.a. stalstrooisel en bloembolbedden te voldoen. Anderzijds komt riet deels vrij uit natuurgebieden als de Weerribben.⁸⁴

Tevens dient hierbij opgemerkt te worden dat de prestaties voor genoemde gewassen als gegeven in Tabel 13 gebaseerd zijn op onderzoeksresultaten, en niet op industrieel geproduceerde platen. Dit betekent dat de prestatie van Miscanthus, riet en hennepscheven nog niet is aangetoond op industriële schaal; wel voor stro.

Voor zover OSB in de toepassing vervangen kan worden door spaanplaten, kan de extra benodigde hoeveelheid teeltareaal naar rato berekend worden op basis van de data in Tabel 31. Dit betekent dat ca. 2 keer zoveel teeltareaal benodigd zou zijn.

Indien uitgegaan wordt van de hoeveelheid spaanplaat en OSB die momenteel in Nederland op de markt gebracht wordt, 590,000 m³/jaar, dan is ca 20 keer de arealen als gegeven in Tabel 31 nodig.

Alternatieven voor gewassen

Huidige spaanplaten worden veelal gemaakt van resthout uit de houtsector. Toename van het gebruik van gezaagd hout, CLT, Glulam en LVL voor biobased bouw zal ook de hoeveelheid resthout doen toenemen. Op basis van de gegevens in paragraaf 4.3 kan aangenomen worden dat bij de productie van 163,155 m³ CLT, 40,789 m³ Glulam en 151,580 m³ gezaagd hout (Tabel 16) circa 480,000 m³ resthout vrijkomt. Uitgaande van een conversie efficiëntie van 90% komt dat overeen met 432,000 m³ spaanplaten, ruim een factor 10 meer dan ingeschat benodigd voor 30% biobased bouw (Tabel 7).

De benodigde spaanplaatfabriek staat idealiter in de buurt van waar het resthout vrijkomt. Indien de productie van gezaagd en gelijmd hout in Nederland wordt opgeschaald, dan zal vrijkomend resthout eventueel concurreren met gewassen voor toepassing in plaatmaterialen.

Toekomstige alternatieven

Indien het interessant wordt om gewassen specifiek voor spaanplaten en OSB te telen, dan zijn snelgroeiende bomen als Paulownia en wilg kandidaat. Voor deze soorten worden opbrengsten gerapporteerd vergelijkbaar aan Miscanthus.⁸⁵

5.5.2 Opschalen teelt gewassen in Nederland t.b.v. isolatiematerialen

De ingeschatte benodigde hoeveelheid isolatiematerialen voor 30% biobased (hoog)bouw in Nederland en de G4 hangt af van het type isolatiemateriaal. Voor isolatiedekens is 33,400 resp. 6,390 ton/jaar nodig, gerekend met een gemiddelde dichtheid van 40 kg/m³; voor inblaasisolatie is 83,500 resp. 15,980 ton/jaar nodig, gerekend met een gemiddelde dichtheid van 100 kg/m³ (Tabel 8). Aan de ingeschatte hoeveelheden isolatie is een isolatiewaarde van 0.037 W/m.K gekoppeld (Tabel 6).

Het areaal dat nodig is om de genoemde hoeveelheid isolatiemateriaal met genoemde isolatieprestatie te maken kan berekend worden aan de hand van de volgende gegevens:

⁸⁴ <https://edepot.wur.nl/630159>

⁸⁵ https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2021_Paulowniateelt_in_Nederland.pdf

-
- Hoeveelheid materiaal per grondstof die nodig is om de isolatiewaarde te leveren vergelijkbaar met bovengenoemde isolatiehoeveelheid, isolatiewaarde (lambda) en dichtheid (Tabel 14).
 - Conversie efficiëntie van gewas naar isolatieproduct (in gew.%; zie voorbeelden in Figuur 10 en Figuur 11).
 - Hierbij is aangenomen dat de inblaas-deeltjes/vezels vanuit de grondstof op het land 85% efficiëntie heeft (Figuur 10); en de industriële productie van vezeldekens vanuit schone vezels 95%.
 - De efficiëntie voor vlas- en hennepvezels wordt verder bepaald door het aandeel vezels in de plant, waarbij het overgrote deel van de vlasvezel naar textieltoepassingen gaat.
 - Houtvezel en -schaafsel zal verkregen worden uit zijstromen van de houtverwerkende industrie. De grootte van deze stromen is onbekend. Voor de vergelijking wordt in deze berekening uitgegaan van het aandeel in Nederlandse productie, waarbij aangenomen wordt dat de efficiëntie voor ontbasten e.d. 83% is en het maken van vezels 95%; opgeteld 79%.
 - Bij bermgras is aangenomen dat na de benodigde zuiveringsstap ca de helft van de grondstof over blijft.
 - Opbrengst van gewas (in ton/ha; zie Tabel 19 t/m Tabel 23).

Voor reststromen (gerecycled katoen, oud papier, schapenwol) wordt vergeleken met de volumes van de reststromen in Nederland per jaar:

- 313,000 ton textielafval⁸⁶
- 2,000,000 ton oud papier⁸⁷
- 3417 ton schapenwol (Tabel 24)

De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in onderstaande Tabel 32, waarbij onderscheid is gemaakt tussen flexibele vezeldekens en inblaas vezels/deeltjes. Tevens zijn een aantal isolatiematerialen op basis van reststromen meegenomen die in het buitenland reeds op industriële schaal worden gemaakt: gerecycled papier, gerecycled katoen, bermgras, schapenwol. Verder is aangegeven wat het benodigde areaal is t.o.v. het huidige areaal, c.q. de benodigde hoeveelheid reststroom t.o.v. het reststroomvolume in Nederland.

⁸⁶ <https://recyclingnederland.nl/artikelen/textielrecycling-in-nederland/>

⁸⁷ <https://prn.nl/wp-content/uploads/2019/10/Resultaten-monitoring-inzameling-en-recycling-niet-verpakkingstoepassingen-van-papier-en-karton-2018.pdf>

Tabel 32 Berekening van benodigde areaal voor de productie van de ingeschatte hoeveelheid isolatiemateriaal equivalent aan 835,268 m³ met isolatiewaarde 0.037 W/m.K (Tabel 7) op basis van opbrengst (Tabellen 19 t/m 24) en conversie efficiëntie. Tevens het percentage benodigde areaal t.o.v. van huidige areaal voor Nederland en de G4; voor de reststromen is hier het benodigde aandeel van het reststroomvolume gegeven.

Gewas	Benodigde hoeveelheid (ton)	Conversie efficiëntie (gew.%)	Opbrengst (ton/ha)	Benodigd areaal (ha)	T.o.v. huidige areaal c.q. reststroomvolume (%) of (-)	T.o.v. huidige areaal c.q. reststroomvolume (%) of (-)
Flexibele dekens	NL			NL	NL	G4
Hennepvezel	34,303	24	8	17,866	x9	x2
Vlasvezel	30,872	5	6.5	94,992	x40	x7
Bermgras	36,108	50	3.5	20,633	49%	9.3%
Houtvezel	45,925	79	4	14,533	4.0%	0.8%
Katoen, gerecycled	28,164	95			9.0%	1.7%
Cellulose (gerecycled papier)	25,998	95			1.3%	0.2%
Schapenwol	17,874	95			x5	100%
Inblaas vezels/deeltjes						
Miscanthus	161,358	85	16.5	11,505	x45	x9
Stro	91,354	85	4	26,869	17%	3.3%
Maisstro	101,735	85	6.5	18,414	x2	34%
Riet	207,261	85	15	16,256	x3	52%
Houtschaafsel	74,247	79	4	23,496	6.5%	1.2%
Houtvezel	28,300	79	4	8,956	2.5%	0.5%
Cellulose (gerecycled papier)	37,733	85			1.9%	0.4%
Schapenwol	15,436	85			x5	86%

5.5.3 Opschalen verwerkingscapaciteit in Nederland

5.5.3.1 Plaatmaterialen

Vezelgewassen zijn geschikt voor het maken van spaanplaten. De schaalgrootte van een spaanplatenfabriek is vanaf ca. 30,000 ton/jaar voor een 'niche'-spaanplaten tot ca. 400,000 ton/jaar (600,000 m³/jaar) voor een conventionele spaanplatenfabriek. De behoefte aan spaanplaten voor 30% biobased bouw is ingeschat op 23,000 ton/jaar. Indien benodigde OSB-platen vervangen kunnen worden door spaanplaten, zou nog eens 23,000 ton/jaar nodig zijn. De benodigde hoeveelheid spaanplaten voor 30% biobased bouw kan derhalve geproduceerd worden door 1 kleine 'niche'-spaanplatenfabriek.

Indien uitgegaan wordt van de hoeveelheid spaan- en OSB-platen die momenteel jaarlijks op de Nederlandse markt afgezet worden, ca 590,000 m³/jaar (kleine 400,000 ton/jaar), dan is er ruimte voor een fabriek ter grootte van een conventionele spaanplatenfabriek. Hierbij dient opgemerkt te worden dat verschillende kwaliteiten spaanplaten afgezet worden. Differentiatie kan gebaseerd zijn op gebruik van verschillende grondstoffen en hoeveelheid binder. Een fabriek die spaanplaten kan maken op basis van verschillende grondstoffen zal tevens flexibeler zijn bij veranderende marktomstandigheden.

5.5.3.2 Inblaasisolatie

De schaalgrootte van verwerking voor inblaasisolatie is klein t.o.v. de benodigde hoeveelheden: ca. 500 – 1,600 ton/jaar voor de capaciteit van inblaasapparatuur versus 15,980 en 83,500 ton/jaar benodigd voor 30% biobased bouw in de G4 en Nederland. Het benodigde verkleinen en ontstoffen gebeurt eveneens op relatief kleine schaal: ca. 2,000 – 5,000 ton/jaar. Hiermee kan inblaasisolatie stapsgewijs opgeschaald worden.

5.5.3.3 Isolatiebanken

De productiecapaciteit van een isolatiebankfabriek is ca 3,500 ton/jaar (85,000 m³/jaar). Indien de 30% biobased bouwambitie gerealiseerd wordt met isolatiebanken, is voor de G4 ruim 1 fabriek nodig, en voor Nederland ca. 10 fabrieken. Hiermee kan toepassing van biobased isolatiebanken stapsgewijs opgeschaald worden.

5.6 Conclusie

Voor de geprojecteerde 30% biobased bouw is 22,900 ton/jaar spaanplaat nodig, en 83,500 ton/jaar inblaasisolatie of 33,400 ton/jaar isolatiebanken. Om de grondstoffen daarvoor uit gewassen te betrekken, dienen de huidige arealen behoorlijk opgeschaald te worden. Essentieel hiervoor is een positief teeltsaldo dat in de buurt komt van bestaande teelten. Voor hennep en vlas is dit het geval, maar ook 'nieuwe' meerjarige vezelgewassen zoals Miscanthus, Switchgrass en Zonnekroon kunnen een saldo hebben dat in de buurt komt van gerst en tarwe, ook al zijn deze gewassen niet in te zetten als rotatiegewas en hebben als referentie eerder meerjarig grasland in bijvoorbeeld de veehouderij, waar bij afschaling meer land vrij zou kunnen komen voor meerjarige vezelgewassen. Ook stro van graangewassen zoals gerst en tarwe komt dus uit een teelt met een positief teeltsaldo, maar hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit stro veelal al een bestemming in bijvoorbeeld de veehouderij of bloembollenteelt heeft en dus niet direct beschikbaar is voor andere toepassingen.

Reststromen als gras, oud papier en textiel zijn al in voldoende mate beschikbaar voor realisatie van de doelstelling 30% biobased en hebben aangetoonde toepassing in isolatiemateriaal en hiervoor is geen opschaling nodig.

Voor de productie van de benodigde hoeveelheid spaanplaten op basis van hennepscheven of Miscanthus dient het areaal opgeschaald te worden met een factor 2.5 – 7. Voor isolatiebanken op basis van hennep of vlas is de opschalingsfactor 8 – 40; en voor inblaasisolatie op basis van maisstro en Miscanthus 2 – 45.

Voor de G4 is de grondstofbehoefte voor de 3 toepassingen ca. een factor 5 kleiner dan voor Nederland.

Voor wat betreft verwerkingscapaciteit verschillen de uitdagingen per materiaal:

- De benodigde hoeveelheid spaanplaten voor 30% biobased bouw kan geproduceerd worden door 1 kleine 'niche'-spaانplatenfabriek.
- Voor inblaaisolatie is de schaalgrootte van verwerking klein t.o.v. de benodigde hoeveelheden: ca. 500 – 1,600 ton/jaar voor de capaciteit van inblaasapparatuur versus 15,980 en 83,500 ton/jaar benodigd voor 30% biobased bouw in de G4 en Nederland. Dit zijn echter kleinschalige mechanische processen met bestaande apparatuur, waardoor de opschaling (bij gevalideerde effectiviteit van vezels in inblaastoepassingen) relatief eenvoudig is.
- Isolatiedekens hebben vanwege betere prestaties de voorkeur voor toepassing in de hoogbouw boven inblaaisolatie. Indien de 30% biobased bouwambitie gerealiseerd wordt met isolatiedekens, is voor de G4 ruim 1 fabriek nodig, en voor Nederland ca. 10 fabrieken. Dit is een aanzienlijke opschalingsopgave.

6 Prioriteringsmatrix

In dit hoofdstuk zullen de data uit de voorgaande hoofdstukken worden samengebracht in een prioriteringsmatrix. Hierin worden systematisch de verschillende stappen in de waardeketen geanalyseerd. Van rechts naar links zijn in cellen de grondstoffen weergegeven, de primaire en secundaire verwerkende industrie en de eindgebruikers en hun standaarden. Aan iedere cel is een kleur toegekend die de status van dit waardeketenonderdeel weergeeft:

- **Rood:** Aan ketenvoorwaarde niet voldaan; dit onderdeel van de keten is nog niet of onvoldoende ontwikkeld aanwezig
- **Oranje:** Aan ketenvoorwaarde niet voldaan; dit onderdeel van de keten is nog niet aanwezig, maar mogelijk kan dit in de nabije toekomst veranderen
- **Groen:** Aan ketenvoorwaarde is voldaan; dit onderdeel van de keten is in voldoende mate aanwezig
- **Grijs:** Niet van toepassing voor waardeketen

6.1 Hout

De prioriteringsmatrix hieronder laat zien dat op Europees niveau:

- De grondstoffen beschikbaar zijn om aan de vraag in Nederland en de G4 te voldoen.
- De primaire en secundaire verwerkende industrie beschikbaar is.
- Er zowel zaaghout, gelamineerde of verlijmd product (CLT, Glulam, LVL) als plaat- of isolatiematerialen kunnen worden geproduceerd die voldoen aan alle standaarden. Houtvezel isolatiedekens behoren tot de best presterende biobased isolatiedekens.

Wellicht zijn deze conclusies niet heel verrassend, maar het is wel belangrijk om dit vooraf expliciet vast te stellen en deze waardeketens als referentie te nemen bij het beoordelen van eventueel nieuw op te zetten ketens; omdat de verschillende houtproducten bestaan en gecertificeerde goede prestaties leveren.

Ingezoomd op Nederlands niveau:

- De houtproductie in Nederland is weliswaar groter dan de vraag voor de 30% biobased bouwambitie in de G4 en NL, echter dit hout heeft niet automatisch de gevraagde kwaliteit en kent reeds een toepassing. De houtachtige reststromen zijn qua volume wel voldoende of in ieder significant om aan een bijdrage te leveren aan realisatie van de biobased doelstellingen (de kwaliteit zou onderzocht moeten worden).
- Er zijn in Nederland zagerijen om zaaghout (primaire conversie) voor HSB en CLT, LVL, Glulam te produceren, maar geen fabrieken voor de productie van CLT, Glulam en LVL (secundaire conversie).
- Er is in Nederland kennis en ervaring beschikbaar om met hout en houtgebaseerde producten te werken en toe te passen in de bouw, maar deze producten zullen voorlopig voornamelijk afkomstig zijn uit Europese bossen.
- Voor uitbreiding van toepassing van Nederlands hout zal onderzocht moeten worden wat nodig is om andere houtsoorten dan de veel gebruikte naaldbhoutsoorten toe te passen in de bouw. Met name loofhoutsoorten kunnen geschikt zijn voor de hoogbouw vanwege hun hogere afschuifsterkte.

Tabel 33 Prioriteringsmatrix hout in Nederland en EU.

Bouwmateriaal uit NL/EU	Product		Conversie			Grondstofbeschikbaarheid	
	Prestatie tov standaarden	Praktijk ervaring toepassing aanwezig	Schaalgrootte	Secundaire conversie industrie aanwezig	Primaire conversie industrie aanwezig	Bosbouw	Houtachtige reststromen
		Aantal bedrijven dat methode/materiaal toepast	Verhouding volume benodigd/conversieschaal	Hout: Lijmen planken/spaanders/zaagsel + persen Vezels/deeltjes: Vezeldekens productie	Zagerijen Vezels klein maken/scheiden	Volume opbrengst/Volume benodigd NL	Ton reststroom/ton benodigd NL
Hout NL							
Gezaagd	C18, C24, C30	HSB: Groot Vroomshoop, Plegt Vos, TBI, Sleiderink, Friesland Prefab, Woodteq, Webo	143,000 / 10,000 m3/jaar	N.v.t.	De Vree, De Witte, Hengeveld, Midden-Nederland, Van Rooijen, Verhoeven	650,000 m3 / 315,000 m3 RHE	N.v.t.
CLT		Sterq, CLT-S, Derix, De Groot Vroomshoop, Woodteq	163,000 / 100,000 m3/jaar	Boerboom		650,000 m3 / 410,000 m3 RHE	870 000 m3 palleshout
Glulam		Derix, De Groot Vroomshoop, Woodteq	41,000 / 150,000 m3/jaar	Geen initiatief bekend		650,000 m3 / 100,000 m3 RHE	N.v.t.
LVL						Eisen voor LVL weinig kansrijk in NL	N.v.t.
Plaatmateriaal		Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen	590,000 / 600,000 m3/jaar			650,000 m3 / 44,000 m3 RHE	
Isolatiedekens		Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen	835,000 / 1,000,000 m3/jaar				3,000,000 m3 houtachtige biomassa, incl schors
Inblaas		Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen, Warmgreen, Inblaasnoord	835,000 / 100,000 m3/jaar	N.v.t.		650,000 m3 / 110,000 m3 RHE	
Hout EU							
Gezaagd	C18, C24, C30		/ 100,000 m3/jaar	N.v.t.		40,000,000 m3 / 315,000 m3 RHE	N.v.t.
CLT	CL24h, CL28h, CL26E11.8, CL36E14.7		/ 100,000 m3/jaar	Derix, Hasslacher, Stora Enso, KLH Massivholz		40,000,000 m3 / 410,000 m3 RHE	N.v.t.
Glulam	GL24, GL28, GL32,		/ 150,000 m3/jaar	Binderholz, Derix, Hasslacher, Lilleheden, Mayr-Melnhof	Zagerijen / Toeleveranciers van hout voor bedrijven in kolom E onbekend. Zal deels in eigen beheer zijn.	40,000,000 m3 / 100,000 m3 RHE	N.v.t.
LVL	LVL25C, LVL32P, LVL36C, LVL48P		/ 100,000 m3/jaar	Metsä, Pollmeier, Steico, Stora Enso, Van Hoorbeke			N.v.t.
Plaatmateriaal	P1 - P7, OSB 1 - 4		/ 600,000 m3/jaar	Spano, Medite, Norbord, Egger, LJ Solutions		40,000,000 m3 / 44,000 m3 RHE	Houtsector is geïntegreerd; reststromen van gezaagd hout e.d. worden gebruikt voor plaatmaterialen en isolatie
Isolatiedekens	$\lambda = 0.036 - 0.038$		/ 1,000,000 m3/jaar	Gutex, Hunton, Steico		40,000,000 m3 / 110,000 m3 RHE	
Inblaas	$\lambda = 0.038 - 0.039$		/ 100,000 m3/jaar	N.v.t.	Gutex, Hunton, Steico	40,000,000 m3 / 110,000 m3 RHE	

6.2 Vezelgewassen en reststromen

6.2.1 Plaatmateriaal

Hieronder is een prioriteringsmatrix weergegeven voor vezelgewassen en vezelrijke reststromen richting plaatmateriaal. Van rechts naar links (van grondstof tot product) kan hier de volgende analyse gemaakt worden.

Grondstoffen

Om aan 22.900 ton/jaar spaanplaatmateriaal te komen die nodig is voor 30% biobased nieuwbouw is er aanzienlijke opschaling nodig van de teelt van vezelgewassen. Het gaat om een opschaling variërend van 2,5 keer het huidige areaal voor vlas of voor hennep tot 7 keer voor Miscanthus. Andere vezelgewassen die eigenlijk nog nauwelijks geteeld worden in Nederland zoals Zonnekroon, Sorghum en Paulownia moeten nog volledig worden opgeschaald. Vlas en hennep zijn al gekende teelten met een positief saldo waarvoor opschaling sowieso mogelijk moet zijn. Ook Miscanthus en zonnekroon hebben een positief saldo en zouden kandidaten kunnen zijn voor teelt opschaling. Van graanstro zou 5% van de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid nodig zijn, echter de vraag naar stro is zodanig dat Nederland nu reeds stro importeert. Tegelijkertijd wordt momenteel soms relatief veel stro op het land achter gelaten i.v.m. vermeend nodig voor een duurzaam goede bodemkwaliteit.

Voor vezelrijke reststromen (bijvoorbeeld: resthout en snoeiafval, riet, paprikastengel) is slechts een fractie (ca. 1 – 30 %) nodig om aan de plaatmateriaal behoefte te voldoen.

Om aan 409.000 m³/jaar plaatmateriaal te komen die momenteel als spaanplaat op de Nederlandse markt wordt gebracht⁸⁸ is er aanzienlijke opschaling nodig van de teelt van vezelgewassen: 27x het huidige areaal hennep, tot 78x voor Miscanthus.

Conversie

De primaire conversie voor vlas en voor hennep is aanwezig en hiervan zijn stof en scheven (vlasscheven worden al verwerkt tot plaatmateriaal, hennepscheven vooralsnog niet) uit het scheidingsproces geschikt voor verwerking in plaatmateriaal (partijen genoemd in de matrix). Voor Miscanthus en riet zijn er partijen bezig met oogsten en voorbereiden van de biomassa. Oogst en voorbereiding is vergelijkbaar en daarmee bekend voor andere gewassen; ook voor wilg. Daarom is primaire conversie geen groot obstakel voor opschaling, aangezien hier vooral gebruik gemaakt zal worden van bestaande mechanische bewerkingsstappen, zoals hakselen of shredderen.

Secundaire conversie (d.w.z. het lijmen en persen van de voorbereide biomassa) vindt alleen voor vlas (Linex) en vezelrijke reststromen (SAM Panels o.b.v. oud papier, tomatenstengels, maar ook hennepstof en Miscanthus) plaats. Linex in Zeeland importeert op dit moment een significant deel van de vlasscheven; en ook de afzet is grotendeels buitenlands. Opschaling van gebruik van scheven betekent ofwel meer import, ofwel meer vlasteelt; dit laatste vereist dat in eerste instantie afzet geregeld wordt van de hoogwaardige (textiel)vezels; de scheven zijn een bijproduct wat betreft economische waarde. Plaatmaterialen op basis van stro worden in landen als China geproduceerd en geïmporteerd door bijv. Eco-boards. Om de overige vezelgewassen te kunnen verwerken zal extra capaciteit nodig zijn. De benodigde behoefte aan spaanplaatmaterialen voor 30% biobased bouw (22.900 ton/jaar) komt ongeveer overeen met de capaciteit van een niche plaatmateriaal installatie (30.000 ton/jaar). Voor de productie van de huidige marktgrootte (409.000 m³/jaar) komt een kleine state-of-the-art installatie (600.000 m³/jaar) in beeld, die mogelijk is in te richten voor verschillende grondstoffen.

⁸⁸ Aangezien plaatmaterialen reeds veelvuldig in de traditionele bouw wordt toegepast, is ervoor gekozen om niet de behoefte voor 30% biobased als uitgangspunt te nemen, maar de hoeveelheid spaanplaten + OSB-platen die momenteel op de Nederlandse markt gebracht worden.

Materiaalprestatie

Plaatmaterialen op basis van vezelgewassen of vezelrijke reststromen voldoen meestal nog niet volledig aan de EN312 norm. Vooral zwelgedrag is over de hele linie nog weinig ontwikkeld. Tegelijkertijd zou het technisch niet onoverkomelijk moeten zijn om uiteindelijk wel aan de norm voor P5 te voldoen (bijv. optimalisatie biomassa specificaties, lijm en proces). Gewassen als stro, riet en sorghum, maar ook snelgroeiende bomen als Paulownia lijken daarvoor geschikt. Zonder verbeterd zwelgedrag leveren deze grondstoffen lagere kwaliteitsklassen (P1, P2), en hierdoor zijn de toepassingsmogelijkheden relatief beperkt.

Tabel 34 Prioriteringsmatrix plaatmateriaal op basis van vezelgewassen en reststromen in Nederland.

Product		Conversie			Grondstofbeschikbaarheid	
Materiaalprestatie tov standaarden	Bouwsysteem met type grondstof beschikbaar	Schaalgrootte	Secundaire conversie industrie aanwezig	Primaire conversie industrie aanwezig	Opschaling benodigd	Type gewas/reststroom
Plaatmateriaal	Aantal bedrijven dat methode/materiaal toepast/op de markt brengt	Verhouding volume benodigd/conversieschaal	Lijmen + persen	Vezels klein maken/scheiden Scheiden	Ton benodigd/Ton huidig areaal Ton benodigd/Ton huidige reststroom	
-	Faay (tussenwanden)	Productie 60,000 m3/jaar > 90% geëxporteerd	Linex	Van de Bilt, Bruijns	Opschaling vergt in 1e instantie afzet (textiel)vezels	Vezelvlas
EN312 P3, behalve zwelgedrag	Deze platen laten zich verwerken zoals spaanplaten. Bouwsector heeft volop ervaring daarmee.	Benodigd voor 30% biobased: 35,200 m3/jaar = 22,900 ton/jaar Huidige marktvrage: 409,000 m3/jaar = 266,000 ton/jaar Conversieschaal Niche: 30,000 m3/jaar = 20,000 ton/jaar Conversieschaal state-of-art: 600,000 m3/jaar = 400,000 ton/jaar	Nog geen industriële productie, behalve voor stro in buitenland. Prestatie op basis van lab/pilot-testen. Productie is technisch/technologisch goed haalbaar.	Hempflax, DunAgro	30% biobased: x2.5 Huidige marktvrage: 27x	Hennep
EN312 P2				Cradle Crops, Miscanthus groep	30% biobased: x7 Huidige marktvrage: 78x	Miscanthus
EN312 P5, behalve zwelgedrag				Hakselaar	30% biobased: 5% Huidige marktvrage: 50%	Tarwe stro
Voldoet niet				Hakselaar	volledige opschaling	Zonnekroon
EN312 P5, behalve zwelgedrag				Hakselaar	volledige opschaling	Sorghum
EN312 P5, zwelgedrag onbekend				Hakselaar	30% biobased: 30% Huidige marktvrage: x4	Riet
Voldoet niet				Hakselaar	volledige opschaling	Lisdodde
EN312 P1				Shredder	huidige volume onbekend	Paprika stengel
EN312 P5, behalve zwelgedrag				Hakselaar	volledige opschaling	Paulownia
EN312 P2				Hakselaar	volledige opschaling	Wilg
EN312 P5, behalve zwelgedrag	Eerste producten in de markt gezet	Marktvrage en conversieschaal onbekend	SAM Panels	SAM Panels	1%	Vezelrijke reststromen, o.a. hennepstof

6.2.2 Isolatie dekens

Hieronder is een prioriteringsmatrix weergegeven voor vezelgewassen en vezelrijke reststromen richting isolatiedekens. Van rechts naar links (van grondstof tot product) kan hier de volgende analyse gemaakt worden.

Grondstoffen

Om isolatiedekens te maken zijn vezels nodig. Geschikte grondstoffen hiervoor zijn vlas en hennep. Ervan uitgaande dat de benodigde hoeveelheid isolatie voor 30% biobased bouw geheel door dekens gedekt wordt, dan is een opschaling van 9 keer het huidige areaal aan hennep nodig; voor vlas is dat zelfs 40x. Dit komt doordat slechts ca 25 à 30% van beide gewassen uit benodigde vezels bestaat; waarbij voor vlas additioneel geldt dat de teelt met name gericht is op hoogwaardig textiel, en dat slechts een klein deel minder hoogwaardige vezel in aanmerking komt voor isolatiedekens. Vlas en hennep hebben een positief saldo. Echter, opschaling van vlas volgens het model dat het grootste deel van de vezels naar hoogwaardig textieltoepassingen gaat, vraagt in de eerste plaats toename van de afzet van hoogwaardig textiel.

Ook enkele recycle/reststromen zoals gebruikt textiel (katoen) en oud papier (cellulose) zijn geschikt voor het maken van isolatiedekens. Hiervan is slechts een fractie (1% – 9%) van het huidige reststroomvolume in Nederland nodig om de benodigde hoeveelheid isolatiedekens te maken. Daarbij komt dat gebruikt textiel nog zeer weinig gerecycled wordt en nu nog voornamelijk wordt verbrand; isolatiedekens kunnen een goede recycling van de oud-textielvezels betekenen zolang circulaire textielketens nog in ontwikkeling zijn.

Schapenwol blijkt een heel goede prestatie te leveren als isolatiedeken. In Nederland zou evenwel de hoeveelheid schapen met een factor 5 opgeschaald moeten worden om de benodigde hoeveelheid isolatiemateriaal te maken. Daarvoor zou ook de afzet van het hoofdproduct, schapenvlees, met een factor 5 moeten groeien. Tegelijkertijd kan gezegd worden dat met de beschikbare hoeveelheid schapenwol ca 20% van de behoefte gedekt kan worden. Bermgras is ook een reststroom waarmee isolatiedekens gemaakt kunnen worden; hiervan is een kleine 50% nodig om de behoefte aan isolatiemateriaal te dekken.

Conversie

De primaire conversie voor vlas en hennep is in Nederland op industriële schaal aanwezig; opschaling is een kwestie van investering. De primaire conversie van schapenwol is in beginsel aanwezig. Voor bermgras is de technologie op pilotschaal ontwikkeld; plannen voor industriële schaal zijn al enige tijd geleden wereldkundig gemaakt, maar nog niet gerealiseerd.

Secundaire conversie is in Nederland alleen voor vlas isolatiedekens aanwezig (Isovlas). Hempflax maakt isolatiedekens op basis van hennepvezel in Duitsland, en deze fabriek is onlangs overgenomen door Kingspan. Isolatie dekens van schapenwol worden op industriële schaal geproduceerd in Oostenrijk; en grasvezel isolatiedekens worden in België gemaakt. Gelet op de typische schaalgrootte van een isolatiedekenfabriek i.r.t. benodigd isolatiemateriaalvolume is er in Nederland zeker ruimte voor één of meer extra fabrieken.

Materiaalprestatie

Alle genoemde producten worden reeds op industriële schaal gemaakt en op de Nederlandse markt aangeboden. Deze producten hebben gecertificeerde goede isolatieprestaties die vergelijkbaar zijn met traditioneel steenwol. Uitblijven van een doorbraak in de markt heeft wellicht te maken met hogere prijs van biobased (o.a. als gevolg van kleinere productieschaal), de push van de traditionele isolatiemateriaalproducenten en onbekendheid met biobased alternatieven.

Tabel 35 Prioriteringsmatrix isolatiedekens op basis van vezelgewassen en reststromen in Nederland.

Product		Conversie			Grondstofbeschikbaarheid	
Materiaalprestatie tov standaarden	Bouwsysteem met type grondstof beschikbaar	Schaalgrootte	Secundaire conversie industrie aanwezig	Primaire conversie industrie aanwezig	Opschaling benodigd	Type gewas/reststroom
Isolatiedekens	Aantal bedrijven dat methode/materiaal toepast/op de markt brengt	Verhouding volume benodigd/conversieschaal	'Lijmen'	Vezels klein maken/scheiden	Ton benodigd/Ton huidig areaal Ton benodigd/Ton huidige reststroom	
$\lambda = 0.035 - 0.040$ (vgl. Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen	Benodigd voor 30% biobased: 835,000 m3/jaar 33,400 ton/jaar Conversieschaal: 100,000 m3/jaar	Isovlas	Van de Bilt, Bruijns	x40 Klein deel vezels 'geschikt'	Vezelvlas
$\lambda = 0.040 - 0.041$ (benadert Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		Dunagro, Hempflax, Cavac, Ekolution, Kobe	Dunagro, Hempflax	x9	Hennep
$\lambda = 0.033 - 0.039$ (vgl. Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		Isolena, Havelock, Eden	Wolfederatie	x5	Schapenwol
$\lambda = 0.038 - 0.039$ (vgl. Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		Métisse, Merford, Pavatex	Textiel inzamelaars	9%	Oud textiel
$\lambda = 0.036$ (vgl. Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		Termex, Thermofloc, iCell	Afvalverwerkers: Renewi, etc	1%	Oud papier
$\lambda = 0.040 - 0.041$ (benadert Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		Gramitherm	Newfoss	50%	Gras

6.2.3 Inblaasisolatie

Hieronder is een prioriteringsmatrix weergegeven voor vezelgewassen en vezelrijke reststromen richting inblaasisolatie. Van rechts naar links (van grondstof tot product) kan hier de volgende analyse gemaakt worden.

Grondstoffen

Er is een aanzienlijke opschaling nodig in de teelt van vezelgewassen om aan de doelstelling van 30% biobased inblaasisolatie (835.000m³/jaar) in Nederland te komen, variërend van 3 keer het huidige areaal voor riet tot 45 keer het huidige areaal voor Miscanthus. Miscanthus heeft een positief saldo en zou kandidaat kunnen zijn voor teelt opschaling.

Voor reststromen geldt dat alleen schapenwol nog een opschaling nodig heeft van 5 keer de huidige beschikbaarheid. Dit is niet realistisch, omdat dan het aantal schapen zou moeten toenemen. Mais stro, graan stro en oud papier zijn ruim voldoende beschikbaar om de 30% biobased te halen, waarbij gezegd moet worden dat stro en oud papier reeds een volledige afzet kennen.

Conversie

Voor wat betreft primaire conversie, zijn er voor de meeste stromen bedrijven die nu al inblaasisolatie maken of zouden kunnen maken. Een aantal daarvan zit in Nederland. Over het algemeen wordt aangenomen dat met beperkte mechanische bewerkingstechnieken (hakselen en zeven) inblaasisolatie geproduceerd kan worden. Dan is opschaling geen probleem en is er technisch gezien geen beperking in opschalingscapaciteit. Tegelijkertijd is het nog wachten op de resultaten van lopende validatiestudies van de isolatiewaarde om te zien in hoeverre een dergelijke bewerking echt voldoende is. Tevens dient de prestatie na langdurige toepassing nog bevestigd te worden.

Secundaire conversie. Toepassing van het inblaas materiaal zou goed mogelijk moeten zijn bij bestaande pre-fab-bouwers of partijen die na-isolatie doen in woningen. Op dit moment is er al inblaasisolatie beschikbaar op basis van houtvezel of gerecycled papier. Deze technologie zou (mogelijk na enige aanpassing) gebruikt kunnen worden voor inblaasisolatie uit alternatieve biograndstoffen als stro, Miscanthus lisdodde, etc.

Materiaalprestatie

Vezelvormige inblaasisolatie als schapenwol en gerecycled papier lijken op dit moment de beste gecertificeerde isolatiewaarden λ van rond de 0,04 te hebben. Inblaasmaterialen van andere biograndstoffen met een deeltjesvormige structuur komen hierbij in de buurt, maar zitten hier nog duidelijk boven.

Tabel 36 Prioriteringsmatrix inblaasisolatie op basis van vezelgewassen en reststromen in Nederland.

Product		Conversie			Grondstofbeschikbaarheid	
Materiaalprestatie tov standaarden	Bouwsysteem met type grondstof beschikbaar	Schaalgrootte	Secundaire conversie industrie aanwezig	Primaire conversie industrie aanwezig	Opschaling benodigd	Type gewas/reststroom
Inblaas	Aantal bedrijven dat methode/materiaal toepast/op de markt brengt	Verhouding volume benodigd/conversieschaal		Vezels klein maken/scheiden	Ton benodigd/Ton huidige areaal Ton benodigd/Ton huidige reststroom	
$\lambda = 0.036 - 0.061$ (benadert Referentie)	Dijkstra-Draisma	Benodigd voor 30% biobased: 835,000 m3/jaar 83,500 ton/jaar Conversieschaal prefab in fabriek: 16,000 m3/jaar Conversieschaal direct in woning: 1,000 m3/jaar	N.v.t.	Hakselaar	x46	Miscanthus
$\lambda = 0.037 - 0.052$ (benadert Referentie)	Prefab Strobouw, Strobouwer		N.v.t.	ISO Stroh	17%	Graan Stro
$\lambda = 0.046$ (benadert Referentie)	Geen voorbeeld		N.v.t.	Hakselaar	x2	Mais stro
Isolatiewaarde onbekend	Dijkstra-Draisma		N.v.t.	Hakselaar	volledige opschaling	Lisdodde
$\lambda = 0.038$ (vgl. Referentie)	Groene Bouwmaterialen, Eco-Logisch, Eco-Bouwmaterialen		N.v.t.	Isolena, Havelock	x5	Schapenwol
$\lambda = 0.037 - 0.043$ (vgl. Referentie)	Warmteplan, Easycell, Inblaasnoord, Verdouw, ...		N.v.t.	Steico, Ecocell, CWA, ECIA	2%	Oud papier

6.2.4 Prioritering waardeketens

In de voorgaande paragrafen is voor hout, vezelgewassen en reststromen beoordeeld in hoeverre de waardeketens beschikbaar zijn om op schaal biobased materialen (hout, isolatie en plaatmateriaal) beschikbaar te maken voor de ambitie van 30% biobased (hoog)bouw in Nederland, en wat nodig is om de benodigde opschaling te realiseren. Samenvattend kan het volgende worden geconcludeerd.

Op korte termijn is de Europese houtgebaseerde industrie het best in staat om de benodigde materialen te leveren. Dit betreft zaaghout, maar ook CLT, Glulam en LVL. Deze laatste twee zijn belangrijke bouwmaterialen voor materiaal-efficiënte (kolom en balk-methode) hoogbouw. Van de reststromen die vrijkomen bij de productie van deze houtgebaseerde materialen, kunnen spaanplaten, OSB-platen en isolatiematerialen (zowel dekens als inblaas) geproduceerd worden die voldoen aan de huidige standaarden. Nederland kan op korte termijn haar houtproductie -die toch al zeer beperkt is- niet verhogen; op de langere termijn is een beperkte verhoging van de houtoogst onder voorwaarden mogelijk. Wel liggen er kansen voor de productie van Nederlands CLT uit pallethout. Ook heeft Nederland omvangrijke houtachtige reststromen (ca. 3.000.000 m³) die nu nog voornamelijk wordt ingezet voor verbranding en compostering, maar waarvan wellicht een groter deel van richting recycling (plaat- of isolatiemateriaal) zou kunnen gaan.

Voor vezelgewassen ligt er over de hele linie de uitdaging dat er opgeschaald moet worden om voldoende biograndstoffen te krijgen voor plaat- en isolatiemateriaal (variërend van 3 tot 45 keer het huidige areaal). Hennep en vlas zijn gekende gewassen met een bestaande verwerkende industrie en behoren dus tot de meest logische kandidaten om op te schalen. Voor vlas zal dan tevens de afzet van het grootste deel van de vezels richting hoogwaardig textiel moeten toenemen. Miscanthus en zonnekroon hebben op papier een positief saldo bij afzet richting inblaasisolatie of plaatmateriaal. Vanwege hogere eiwitgehalte in zonnekroon en tot nu toe matige resultaten van zonnekroon in spaanplaat is waarschijnlijk vooral Miscanthus een goede kandidaat om verder op te schalen.

Vezelachtige reststromen (oud papier, textiel en gras) zijn in grote volumes beschikbaar waarvan slechts een deel benodigd is om de doelstelling 30% biobased te kunnen halen. Deze materialen hebben vooral voordelen in toepassing als isolatiedeken of inblaasisolatie. Verwerkers zijn beschikbaar om deze isolatiematerialen van te maken, maar zijn grotendeels in het buitenland gevestigd. Oud papier en gerecycled textiel zijn hier de prioritaire waardeketens vanwege grote beschikbaarheid en technische haalbaarheid. De markt voor plaatmaterialen op basis van vezelachtige reststromen dient zich nog verder te ontwikkelen.

7 Beleid biobased bouwen en teelt van biograndstoffen

Om nieuwe waardeketens richting biobased bouwmaterialen te creëren en op te schalen, is het van belang dat de sectoren landbouw en bosbouw, maar ook sectoren die relevante reststromen produceren zoals de houtverwerkende industrie, reststroomverwerkende industrie en textielindustrie goed samenwerken met de sector bouw en vice versa. Het creëren van de juiste omstandigheden zal het tot stand komen van deze waardeketens versnellen. De erkenning van de (duurzaamheids)voordelen van biobased bouwmaterialen op verschillende gebieden is hierbij essentieel. Ook het op de juiste manier laten landen van deze voordelen bij de juiste stakeholders in de waardeketen is belangrijk, zodat de nieuwe waardeketens kunnen concurreren met conventionele bouwmaterialen. Beleid speelt een sleutelrol in het creëren van deze omstandigheden in de transitie naar een duurzame en biobased bouw.

Beleid wordt ontwikkeld en grijpt in op verschillende niveaus: Europees, nationaal, regionaal. In relatie tot de hierboven genoemde sectoren zijn een aantal beleidsgebieden relevant. In dit hoofdstuk wordt een beeld gegeven van relevant beleid ten aanzien van:

- Landbouw (§7.1). Om in een grotere behoefte aan biobased bouwmaterialen te kunnen voorzien, kan de landbouw met het telen van meer biograndstoffen en het beschikbaar maken van reststromen een flinke bijdrage leveren. De extensievere vezelgewassen kunnen een rol spelen in de reductie van emissies uit de landbouw en anderzijds kan de verwaarding van reststromen bijdragen aan het verbeteren van het verdienmodel van de boer.
- Bouw (§7.2). De erkenning en zichtbaarheid van de voordelen van biobased bouwmaterialen is kan bijdragen aan de adoptie van biobased bouwmaterialen in de markt.
- Ruimtelijke ordening (§7.3). Het ruimtelijke beleid kan bijdragen aan vezelgewassen en biobased bouwmaterialen door (letterlijk) ruimte te bieden om de teelt van vezelgewassen voor de bouw te stimuleren.
- Reststromen (§7.4). Het beleid ten aanzien van reststromen kan het mogelijk maken om deze reststromen om te buigen van relatief laagwaardige toepassingen (bijv. energie) naar hoogwaardige langdurige toepassingen zoals bouwmaterialen.
- Klimaatbeleid in relatie tot de bouw (§7.5) kan de lange termijn opslag van koolstof in biobased bouwmaterialen erkennen, belonen en bevorderen.
- Bosbouw (§7.6). Meer inzet op productiebos in Nederland kan op de langere termijn meer houtproductie voor Nederland mogelijk maken.

Hieronder zal het huidige en in de nabije toekomst te verwachten beleid ten aanzien van bovenstaande beleidsgebieden besproken worden op zowel Europees, nationaal als regionaal niveau.

7.1 Landbouwbeleid

7.1.1 Europees landbouwbeleid

Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB)

De Europese Unie heeft een Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) dat bestaat uit twee pijlers:

- Boeren ontvangen directe inkomenssteun: een vast bedrag per hectare als aanvulling op hun agrarische inkomen (Pijler 1).
- Pijler 2 is het plattelandsontwikkelingsprogramma (POP), waarin iedere lidstaat ruimte krijgt om eigen invulling te geven aan het plattelandsbeleid. Bijvoorbeeld met doelsubsidies voor milieu, innovatie en jonge boeren.

Sinds 2014 is vergroening verplicht voor alle boeren die de basisbetaling willen ontvangen. De basisbetaling en de vergroeningstoeslag zijn met elkaar verbonden: boeren die inkomenssteun van Europa ontvangen zijn verplicht om maatregelen toe te passen om hun bedrijf te vergroenen. Daarnaast kunnen ze bovenop hun basispremie een vergroeningspremie van 30% van het totaalbedrag ontvangen. Er zijn drie voorwaarden aan vergroening gesteld: een minimum aan verschillende gewassen op het bedrijf, het in stand houden van blijvend grasland, waar bijvoorbeeld niet geploegd mag worden, en een minimumruimte van het land instellen als 'ecologisch aandachtsgebied'. De teelt van vezelgewassen wordt financieel gestimuleerd vanuit de Eco-regeling binnen pijler 1 van het GLB.

Lidstaten kunnen op nationaal niveau invulling geven aan de vergroening, om zo maatregelen beter te laten aansluiten op de condities en kernmerken in het betreffende land. De manier waarop lidstaten hier invulling aan geven kan grote invloed hebben op de effectiviteit van de vergroeningsmaatregelen⁸⁹. Vanaf 2024 is in Nederland de eco-regeling binnen het GLB aangepast. Het bedrag voor de teelt van vezelgewassen in regio 1 wordt verhoogd van 129 euro naar 720 euro per hectare. Voor regio 2 geldt een verhoging van 298 euro naar 390 euro per hectare. De eco-regeling binnen het GLB bestaat uit twee regio's met acht gebieden. Onder regio 1 vallen de Veenkoloniën, Oostelijke beekdalen en ontginningen en de Zuidelijke beekdalen en ontginningen. Regio 2 bestaat uit Bouwhoek, Hogeland en Oldambt, Noordelijk weidegebied, Flevopolders, Westelijk Holland en Zuidwestelijke delta en rivieren.

Europees Milieukader

Milieu behoort tot de bevoegdheden die de Europese Unie met de lidstaten deelt. Sinds 1972 stelt de EU meerjarige Milieuactieprogramma's vast. Deze geven richting aan de ontwikkeling van het milieubeleid van de EU. Het huidige (achtste) milieuactieprogramma van de EU vormt het kader voor milieu- en klimaatmaatregelen van de EU tot en met 31 december 2030. In het achtste milieuactieprogramma zijn zes doelstellingen opgenomen. Het gaat onder meer om het terugdringen van de broeikasgasuitstoot, de aanpassing aan de klimaatverandering, het terugdringen van de vervuiling tot nul en de bescherming en het herstel van de biodiversiteit. Het beleid van de EU op milieugebied bestaat hoofdzakelijk uit (minimum) harmonisatie van wet- en regelgeving. De EU stelt milieubeleid op door bijvoorbeeld het vaststellen van richtlijnen. Deze worden geïmplementeerd in nationale wetgeving en vervolgens ingebed in nationale, lokale en regionale besluitvorming. Een aantal richtlijnen zijn voor biobased bouwmaterialen specifiek van belang.

De **Kaderrichtlijn Water** (KRW) schrijft voor dat de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in orde moet zijn.

Het doel van de **Nitraatrichtlijn** is grond- en oppervlaktewater te beschermen tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen. Nitraat is een van de vormen waarin stikstof voorkomt in de bodem en in het water. Nederland moet voor 2027 aan deze richtlijn voldoen. De Nitraatrichtlijn draagt bij aan het verminderen van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater en is daarmee een belangrijk instrument van de Kaderrichtlijn Water. Op grond van de Nitraatrichtlijn moeten de lidstaten de wateren identificeren die door nitraatverontreiniging (dreigen te) worden getroffen en deze aanwijzen als 'nitraatgevoelige gebieden'. Ze dienen voor deze gebieden nationale actieprogramma's te ontwikkelen en uit te voeren met maatregelen om nitraatverontreiniging te verminderen of te voorkomen. De richtlijn schrijft voor dat een liter water niet meer dan 50 milligram nitraat mag bevatten. Ook stelt het een maximum aan de hoeveelheid stikstof die landbouwers op hun grond mogen verspreiden. Aan Nederland is tijdelijke ontheffing verleend waardoor landbouwers meer mest op het land mogen brengen dan het Europese norm toelaat. In 2026 wordt de derogatie in Nederland afgeschaft, wat betekent dat er vanaf dat moment niet meer dan 170 kg N/ha dierlijke mest mag worden uitgereden.

Om ecosystemen te beschermen tegen nadelige effecten van gewasbeschermingsmiddelen zijn in de Kaderrichtlijn Water normen vastgelegd. In de Toekomstvisie gewasbescherming 2030 (LNV 2020) is tot doel gesteld dat in 2027 de doelen van de KRW moeten zijn gehaald. Daarnaast mogen er in 2030 nagenoeg geen emissies van gewasbeschermingsmiddelen meer plaatsvinden. De Kaderrichtlijn Water kent twee normen: een norm voor chronische blootstelling van waterorganismen waarbij wordt getoetst aan de jaargemiddelde

⁸⁹ Elbersen et al. [Feiten en cijfers vergroening GLB 2017](#), Wageningen 2017

concentratie van een gewasbeschermingsmiddel in het oppervlaktewater (de JG-MKN) en een norm voor acute blootstelling waarbij wordt getoetst aan de maximum gemeten concentratie in een jaar.

Er is in Europa geen specifieke regelgeving voor de bodem. Wel dragen verschillende richtlijnen en verordeningen bij aan de bescherming van de bodem. De regels richten zich met name op de sectoren die de bodem het meest belasten: industrie en landbouw. De **Richtlijn industriële emissies** (RIE) moet bijvoorbeeld bodemverontreiniging voorkomen en verminderen door middel van best beschikbare technieken. Verschillende landbouwpraktijken en -methoden kunnen de bodemkwaliteit bevorderen, zoals blijvend grasland en gewasdiversificatie. Deze worden via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid aangemoedigd. Het doel van de Europese Commissie is dat 75% van de bodem tegen 2030 gezond is; en dat in 2050 bodemverontreiniging tot nul is teruggebracht. Daartoe heeft de Commissie in 2021 een nieuwe bodemstrategie gepubliceerd. In deze nieuwe strategie wil de Commissie de groeiende bedreiging van landdegradatie aanpakken en de inspanningen voor het saneren van verontreinigde grond verhogen.

Gegeven de over het algemeen lage stikstofbehoefte van vezelgewassen (zie hoofdstuk 5.3.7) ten opzichte van voedsel/veevoergewassen, sluiten vezelgewassen aan bij de doelstellingen van de KRW. Gewasbeschermingsmiddelen zijn (vrijwel) niet nodig voor de nieuwe vezelgewassen en hennep, terwijl vlas hierop gemiddeld scoort. Ook vanuit dit perspectief dragen vezelgewassen dus bij aan de KRW.

7.1.2 Nationaal landbouwbeleid

Nationaal Strategisch Plan

Het Nationaal Strategisch Plan (NSP) is de Nederlandse invulling van het nieuwe GLB. Nederland heeft met de Europese Commissie overeenstemming bereikt over het Nationaal Strategisch Plan (NSP). Dit NSP beschrijft hoe Nederland vanaf volgend jaar invulling geeft aan het nieuwe Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB). De komende jaren krijgen boeren gericht steun voor activiteiten die bijdragen aan een toekomstbestendige en innovatieve landbouw die in balans is met natuur, milieu en klimaat. Tussen 2023 en 2027 is hiervoor zo'n € 4,7 miljard beschikbaar voor Nederlandse boeren. Het NSP is gericht op toekomstbestendig boeren, wat gestimuleerd en gesteund wordt door verscheidene regelingen en instrumenten uit het totale GLB-budget. De GLB-subsidies bestaan uit:

- Grondgebonden regelingen. Met de eco-regeling worden boeren vergoed voor maatschappelijke diensten.
- Gebiedsgerichte samenwerking. Boeren, terreinbeheerders en anderen worden uitgedaagd samen te werken aan klimaatadaptatie, schoon water, en meer biodiversiteit.
- Steun voor de stikstof- en klimaatopgave veenweide en N2000. Voer boeren waarvan gevraagd wordt te extensiveren of te vernatten, is steun om te komen tot een toekomstbestendige bedrijfsvoering.
- Duurzame investeringen. Bijvoorbeeld op het gebied van precisielandbouw, energie, innovatieve stalsystemen of landschap en water.
- Inzet op kennis en innovatie. Steun voor kennisontwikkeling, actieve netwerken, nieuwe technologie en marktconcepten. En onafhankelijk advies door erkende adviseurs voor boeren.
- Steun voor jonge boeren en tuinders. Zij ontvangen meer hectarepremie, meer subsidie voor duurzame investeringen, vestigingssteun en hulp bij generatiewisseling.

Landbouwakkoord

In het Landbouwakkoord worden afspraken gemaakt over de toekomst van de landbouw in Nederland waarbij die landbouw in balans is met de natuur en omgeving om zo ecologische, economische en maatschappelijke doelen te realiseren. In juni 2023 is het proces om tot dit akkoord te komen beëindigd, waardoor er nog geen Landbouwakkoord is.

Het Landbouwakkoord moet een richting en instrumenten gaan voorstellen waardoor de landbouw kan bijdragen aan de opgave om de maatschappelijke doelen op het gebied van natuur (waaronder stikstof), klimaat en water zoals gedefinieerd in het NPLG te realiseren. De keuzes worden uiteindelijk vertaald naar een ontwerp voor gebieden, waar rekening gehouden wordt met regionale verschillen in opgave, bodem- en watersysteem en agrarische structuur.

Provincies richten hiervoor processen in die in afstemming met partners in een gebied leiden tot gebiedsprogramma's (PPLG's). Deze gebiedsprogramma's brengen in beeld welke maatregelen, instrumenten en middelen nodig zijn om de doelen in het gebied te behalen. Het NPLG stelt rechtstreeks kaders voor het gebiedsproces. Daarom moeten instrumenten in het Landbouwakkoord ook onderdeel worden van de gebiedsprogramma's.

Het Landbouwakkoord moet de manier waarop de landbouwsector zijn bijdrage levert aan natuurherstel, water en klimaat vastleggen. NPLG, Landbouwakkoord en gebiedsprogramma's leiden daarmee in samenhang tot het bereiken van de ecologische, economische en maatschappelijke doelen. Ook andere programma's dragen bij aan de realisatie van de ecologische doelen. Voor de realisatie van natuurdoelstellingen is ook het Programma Natuur en het Natuurpact nodig. Voor de waterkwaliteit geldt dit bijvoorbeeld voor het 7e Nitraat Actieprogramma en de Stroomgebied Beheerplannen.

7.2 Beleid en wetgeving biobased bouwen

7.2.1 Bouwbesluit en MPG

Het Bouwbesluit 2012 vormt de wettelijke basis waarin voorschriften voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu voor gebouwen zijn vastgelegd. Een bouwwerk moet altijd voldoen aan die voorschriften. Het bouwbesluit stelt vooral prestatie en functionele eisen aan gebouwen, maar schrijft bijvoorbeeld niet de middelen (zoals het type materialen) voor. Wel stelt het bouwbesluit eisen aan de milieuprestatie van gebouwen, de zogenaamde Milieuprestatie Gebouwen (MPG).

De MPG is een belangrijke maatstaf voor de duurzaamheid van een gebouw. Hoe lager de MPG, hoe duurzamer het materiaalgebruik. De MPG is een hulpmiddel in het ontwerpproces en het kan gebruikt worden in een Programma van Eisen om het resultaat van een ontwerpproces vast te leggen. Om de milieubelasting van een enkel materiaal te bepalen, wordt een LevensCyclusAnalyse (LCA) uitgevoerd. De milieuprestatieberekening wordt uitgevoerd volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. De Bepalingsmethode is geldend voor de berekening van de milieuprestatie van zowel een gebouw als een GWW-werk. De LCA resulteert in 11 of 19 indicatoren voor de milieubelasting van een product. Deze indicatoren worden met behulp van weegfactoren samengevoegd tot één waarde: de schaduwkosten per eenheid van het product. Op dit moment wordt nog gerekend met de 11 indicatoren (set A1); per 1 januari 2025 wordt overgestapt naar de 19 indicatoren (set A2). In het huidige voorstel voor aanpassing van de MPG worden onder andere wegingsfactoren zodanig aangepast dat het belangrijkste biobased bouw materiaal hout er slechter uitkomt in relatie tot niet-biobased bouwmaterialen (factor 2,8 omhoog in vergelijking tot een factor 1,5 tot 2,4 voor meeste andere niet-biobased bouwmaterialen)⁹⁰.

De MPG eis is sinds 1 juli 2021 verscherpt van 1,0 naar 0,8. De Milieu Prestatie Gebouwen (MPG) is bij elke aanvraag voor een omgevingsvergunning verplicht. De MPG geeft aan wat de milieubelasting is van het totaal van de materialen die in een nieuw gebouw worden toegepast. Een berekening van de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) is bij elke aanvraag van een omgevingsvergunning voor woonfuncties of kantoorfuncties (>100 m²) verplicht. In de praktijk blijkt dat een MPG van 0,8 over het algemeen goed te halen is, vandaar ook de ambitie om deze verder aan te scherpen. Vanaf 2025 zullen de milieuprestatie-eisen voor woningen en kantoren worden aangescherpt. De milieuprestatie-eis (MPG) van woningen zou van 0,8 naar 0,5 gaan en de MPG van kantoren van 1,0 naar 0,85, gerekend met het oude rekenstelsel. Vanwege de uitbreiding van het aantal indicatoren, en het hoger worden van sommige weegfactoren waaronder die voor 'global warming potential', wordt momenteel gekeken wat een geschikte waarde is voor verdere aanscherping.⁹¹

⁹⁰ <https://www.dgbc.nl/nieuws/de-milieuprestatie-eisen-van-gebouwen-gaan-op-de-schop-dit-verandert-er-6744>

⁹¹ <https://www.volkshuisvestingnederland.nl/actueel/nieuws/2024/01/29/start-internetconsultatie-aanscherping-en-uitbreiding-milieuprestatie-eisen-voor-gebouwen#:~:text=Vanaf%201%20januari%202025%20wordt,geen%20belemmering%20voor%20de%20woningbouwopgave.>

Momenteel wordt het thema 'circulariteit' verder ingevuld om zo de MPG verder aan te scherpen. Een onderdeel hiervan is een uniforme berekening van circulaire maatregelen in de milieuprestatie voor gebouwen (denk aan herbruikbaarheid op basis van losmaakbaarheid, waardering van langdurige biogene koolstofopslag (CO₂) bij houtbouw en andere biobased materialen). Zeker de verrekening van biogene CO₂-opslag voor biobased materialen zou een stimulans kunnen betekenen voor biobased materialen en hout. Vooralsnog heeft Nederland, in analogie met de Europese normen, ervoor gekozen om biogene koolstofopslag nog niet mee te rekenen in de MPG.

7.2.2 Stimuleringsbeleid circulair en biobased bouwen

Naast wetgeving zijn er veel initiatieven, al dan niet vanuit de overheid geïnitieerd, die circulair en biobased bouwen in Nederland de nieuwe standaard laten worden.

Naast de ketenprojecten van Building Balance, wordt biobased bouwen in verschillende samenwerkingsvormen ondersteund door bijvoorbeeld kennis beschikbaar te maken, ervaringen te delen en obstakels weg te nemen. Dit zijn vaak initiatieven opgezet en/of gesteund door nationale en regionale overheden om biobased bouwen te stimuleren, zoals:

- City Deal Circulair en Conceptueel Bouwen. In de City Deal Circulair en Conceptueel Bouwen werken gemeenten, provincies, Rijk, bedrijfsleven en kennisinstellingen samen om uiterlijk in 2023 alle projecten zo circulair mogelijk uit te vragen om zo circulair bouwen in 2030 als de standaard te hebben. De City Deal richt zich op drie werklijnen: biobased bouwen, geïndustrialiseerd conceptueel bouwen en financierings- en waarderingsmodellen.
- Convenant Green Deal Houtbouw (Metropoolregio Amsterdam). Dit convenant heeft tot doel om vanaf 2025 door samenwerking ten minste 20% van de nieuwbouw van woningen in de MRA in houtbouw uit te voeren. De samenwerking omvat het beschikbaar maken van locaties, kennisdeling, wegnemen van obstakels in wet en regelgeving en het inzichtelijk maken van de daadwerkelijke kosten.
- Convenant Toekomstbestendige Woningbouw (provincies). Dit convenant is een samenwerking tussen overheden in de provincies Utrecht, Noord- en Zuid-Holland en Flevoland. Dit convenant biedt een kader voor opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen om de duurzaamheidsambities in de woningbouwopgave te integreren.
- Het Programma Samen Versnellen. Het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en Cirkelstad hebben het initiatief genomen voor het programma 'Samen versnellen'. Hierin werken Rijksvastgoedbedrijf, Rijkswaterstaat, de G4 gemeenten en een aantal bouwbedrijven toe naar een eenduidige taal en nieuwe standaard op het gebied van circulair bouwen en circulaire gebiedsontwikkeling. Het Nieuwe Normaal stelt duurzaamheid van materiaalgebruik centraal en belangrijkste thema's zijn milieu-impact en materiaalgebruik, gebouwflexibiliteit, omgang met restmateriaal en gezonde materialen. Op deze manier wordt vanuit een breder materiaalperspectief een beter zicht verkregen op de duurzaamheidsprestaties van het gebouw.

Transitieagenda Circulaire Bouweconomie. Deze agenda is onderdeel van het Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050. Drijvende kracht achter de agenda is het Transitieteam Circulaire Bouweconomie, waarin vertegenwoordigers van overheden, marktpartijen en kenniswereld bijeenkomen. Speerpunten voor het transitieteam zijn marktontwikkeling, Meten, Beleid, wet- en regelgeving, Kennis & bewustwording.

Het transitieteam wordt ondersteund door Platform CB'23 (Circulair Bouwen 2023), waarbinnen industrievertegenwoordigers van de circulaire bouwketen vertegenwoordigd zijn.

Verder wordt actief de uitvraag naar biobased bouwen ondersteund door de vorming van *buyer groups* voor de inkoop van biobased materialen. Binnen deze *buyer groups* worden inkoop ervaringen met biobased materialen gedeeld worden en *best practices* worden opgesteld. Deze biobased materialen komen voor ondernemers ook in aanmerking voor belastingkorting via de MIA/VAMIL regeling.

7.2.3 Nationale Aanpak Biobased Bouwen

De Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) is op dit moment het belangrijkste initiatief in Nederland voor biobased bouwen en wordt ondersteund door verschillende ministeries. NABB, waarvan Building Balance de

uitvoeringsorganisatie is, bouwt actief biobased ketens door middel van een regionale aanpak. Op dit moment zijn er 14 keten en gewas-product projecten waarmee Building Balance actief aan de slag is om biobased bouwen op schaal in de praktijk te brengen.

Waar veel van de hierboven genoemde initiatieven zich primair richten op de bouwsector, heeft de NABB als focus om de teelt, verwerking en toepassing van biograndstoffen snel en substantieel op te schalen. De aanpak wordt uitgevoerd door vier verschillende ministeries (BZK, I&W, LNV, EZK). NABB wil inzetten op een aantal ontbrekende of tot nu toe te beperkte stimuleringsmaatregelen voor de productie van biograndstoffen en biobased materialen in Nederland:

- Creëren van de juiste marktcondities voor de opschaling van vezelteelt en bouwmaterialproductie (o.a. via subsidies)
- Markt coördinatie. Dit betreft vooral coördinatie tussen vraag en aanbod van biograndstoffen.
- Het faciliteren van opschaling van biobased materiaalproductie zodat een concurrerende sector ontstaat.
- Doelen stellen en monitoren. Het uiteindelijke doel is 50.000 ha vezelteelt in 2030.

NABB heeft in totaal €200 miljoen toegekend gekregen om de doelstellingen te realiseren. Hiermee zullen interventies worden uitgevoerd in 6 actielijnen:

1. Het opzetten en opschalen van biobased ketens
2. Vraagstimulering bij bouwers en opdrachtgevers
3. Activatie van agrariërs en verwerkers
4. Testen en certificeren
5. Kennisdeling en onderwijs
6. Onderzoek & Innovatie

7.3 Ruimtelijk beleid

7.3.1 Nota Ruimte

Tot begin 2000 nam de Rijksoverheid de ruimtelijke regie met de Nota's Ruimtelijke Ordening. Deze leidden tot dwingende planologische kernbeslissingen, waarmee provincies en gemeenten hun streekplannen en bestemmingsplannen in overeenstemming moesten brengen. Daarna werd deze regie meer bij de provincies en gemeenten neergelegd.

Met de nieuwe – nog uit te brengen – Nota Ruimte neemt de Rijksoverheid wederom de regie voor de Ruimtelijke Ordening. Tegelijkertijd wordt de inhoud van de Nota Ruimte ook bepaald door de ruimtelijke voorstellen die de provincies doen over inpassing van nationale opgaven op hun eigen grondgebied. Deze interactie vindt plaats binnen het NOVEX programma.

De Nota Ruimte zal een lange termijnvisie geven op de ruimtelijke inrichting van Nederland. In deze Nota Ruimte worden grote ruimtelijke keuzes gemaakt die nodig zijn voor de ontwikkeling van heel Nederland in 2030, 2050 en 2100. In de Nota Ruimte worden de ruimtelijke aspecten van grote nationale programma's samengebracht. Het gaat hierbij om de volgende programma's:

- Het Nationaal Programma Landelijke Gebied (NPLG). Het NPLG biedt kaders die de provincies gebruiken om de gebiedsprogramma's op te stellen. In de gebiedsprogramma's leggen provincies vast hoe ze de doelen voor natuur, stikstof, water en klimaat gaan halen. Provincies kennen de gebieden en kunnen hierdoor gericht praktijkkennis en de regionale expertise inzetten voor een aanpak op maat.
- Het programma Energiehoofdstructuur (PEH). Het PEH laat zien welke nieuwe nationale energie-infrastructuur nodig is richting 2050 en waar deze slim geplaatst kunnen worden.
- Het programma Ruimte voor Economie. Dit programma richt zich op de ruimte die bestemd is voor economische activiteit op voornamelijk de bedrijventerreinen.

Binnen het programma Mooi Nederland worden verkenningen gedaan en toekomstbeelden opgesteld als inspiratie en richting voor de Nota Ruimte, in nauwe samenwerking met provincies, gemeenten en waterschappen.

In de Contourennotitie worden de hoofdlijnen van de Nota Ruimte beschreven. Hierin staan de volgende keuzes centraal:

1. Een toekomstbestendig evenwicht tussen landbouw en natuur in heel Nederland, op basis van herstel van het water- en bodemsysteem, landschappelijke kwaliteit, en een nieuw perspectief voor de landbouw; hierin is ook aandacht voor de rol die vezelgewassen kunnen spelen.
2. Een klimaatneutrale en circulaire samenleving; inzetten op toekomstbestendige transitie ten aanzien van energie, grondstoffen en duurzaam vervoer, in combinatie met een hoogwaardige en circulaire economie.
3. Sterke regio's, steden en dorpen in heel Nederland, waar een goede balans tussen wonen, werken en voorzieningen samengaat met duurzame mobiliteit en een gezonde, natuurinclusieve en aantrekkelijke leefomgeving.

De aanpak sluit aan bij de opgaven zoals beschreven in het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG), de Agenda Natuurinclusief, het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE), de Strategie Klimaatneutrale en Circulaire Rijksinfrastructuurprojecten (KCI), het Nationaal Isolatieprogramma (NIP), de Kaderrichtlijn Water (KRW) en ruimtelijke programma's als Mooi Nederland en het programma NOVEX. Vezelgewassen staan hier op de agenda en gegeven de regionale ketenprojecten van NABB binnen de verschillende provincies is hier te verwachten dat de vezelgewassen goed in de ruimtelijke processen meegenomen zullen worden.

7.4 Beleid reststromen

7.4.1 Nationaal Programma Circulaire Economie

Het Nationaal Programma (NPCE) creëert algemene randvoorwaarden voor de circulaire economie en specifieke randvoorwaarden voor een aantal prioritaire productketens. De algemene randvoorwaarden hebben betrekking op vermindering van grondstoffengebruik, substitutie van grondstoffen (o.a. door biograndstoffen), levensduurverlenging en hoogwaardige verwerking. In 2050 moet het verbranden van recyclebare materialen uitgefaseerd zijn.

De prioritaire productketens zijn consumptiegoederen, kunststoffen, maakindustrie en de bouw. Ook biomassa en voedsel zijn een prioritair thema.

Voor de bouw (woningen) is een belangrijke doelstelling om de eis aan de 'milieuprestatie gebouwen' (MPG) te verlagen (lagere MPG = lagere milieu-impact). Ook is het streven naar meer transformatie van bestaande kantoren naar woningen, alsmede de bouw van flexwoningen. Instrumenten die hier ingezet kunnen worden zijn vooral kennisdeling en stimulering via bijvoorbeeld *buyer groups*.

Het NPCE voert tegelijkertijd beleid om de cascadering (recycling) van grondstoffen zoveel mogelijk te bevorderen. De belangentegenstelling tussen recycling van afvalhout en het opwekken van duurzame energie op basis van biomassa is hierbij een belangrijke barrière die opgelost moet worden⁹²

7.4.2 Biomassareststromen

Sinds 2009 is er in Nederland sterk ingezet op het gebruik van biomassa voor de opwekking van duurzame bio-energie. Met de Stimulering Duurzame Energie (SDE) regeling werd een lange termijn ondersteuningskader gecreëerd voor de exploitatie van biomassa energie centrales.

De Nederlandse wet- en regelgeving maakt onderscheid in A-hout (schoon afvalhout), B-hout (geverfd of gelakt afvalhout) en C-hout (gewolmaniseerd of gecreosoteerd hout), afval van houten verpakkingen (belangrijke deelstroom binnen A-hout) en groenafval (waaronder snoeihout). In de praktijk worden in de

⁹² Knelpuntenanalyse houtrecycling, Inzicht in de afvalhoutmarkt in Nederland, Tauw i.o.v. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 6 december 2017

markt veel meer typen of kwaliteiten afvalhout onderscheiden. Een recycler vraagt doorgaans om afvalhout met een bepaalde specificatie. Dit betekent dat de inzamelaar en/of de verwerker zorgt voor een juiste mengvorm en opwerking (breken, zeven en ontstoffen) zodat aan de vraag van de recycler wordt voldaan. Voor hoogwaardig, massief B-hout dat geschikt is voor recycling zijn recyclers bereid meer te betalen dan de verbrandingsinstallaties. Zolang de bewerkingskosten niet te hoog zijn, is er dus redelijke motivatie in de markt om dit materiaal hoogwaardig te verwerken. Dit ligt anders voor de verwerking van A-hout. Hiervoor zijn biomassa energie installaties bereid een hoge prijs neer te leggen, die de recyclingindustrie niet altijd bereid is te volgen. Hiervoor zijn een aantal redenen:

- Het spaanplaatprocedé is flexibel in de te accepteren specificatie van het hout: A-hout, of een mengsel van A-hout en massief B-hout. Dit in tegenstelling tot veel van de kleinere biomassa energie installaties, die vanwege milieueisen geen B-hout mogen stoken.
- Recycling is voornamelijk in het buitenland gevestigd (spaanplaatindustrie), waardoor deze niet afhankelijk zijn van afvalhout afkomstig uit Nederland.
- In de ons omringende landen is er geen subsidie of slechts beperkte subsidie voor het toepassen van A-hout als brandstof, hierdoor kiest de recyclingindustrie eerder voor A-hout uit het eigen land. Voor B-hout is het tarief op dit moment negatief, om van B-hout af te komen moet een ontdoener betalen. Na bewerking door een inzamelaar/bewerker zijn alle houtstromen meer waard geworden, maar alleen B-hout van goede kwaliteit krijgt hierdoor een positieve waarde die voldoende is voor recycling tot een nieuwe toepassing.

Op basis van de verzamelde gegevens zijn twee generieke knelpunten vastgesteld die recycling van afvalhout tegenwerken, dit zijn:

1. Capaciteit voor recycling is beperkt. Er is minder recyclingcapaciteit beschikbaar in Noordwest-Europa dan dat er in dat gebied aan potentieel recyclebaar hout vrijkomt. De markt ervaart dit minder. Dit komt doordat in veel gevallen het afvalhout dat voor recycling geschikt is niet wordt gesorteerd uit mengstromen met niet-recyclebaar afvalhout omdat het niet rendabel is. De verwachting is dat het stimuleren van innovatie op het gebied van recycling van afvalhout zal leiden tot meer recycling van afvalhout.
2. Concurrentie tussen verbranden en recyclen voor A-hout. In de huidige markt is recycling van recyclebare afvalhoutstromen niet altijd rendabeler dan verbranding. Dit geldt vooral voor A-hout en snoeihout. Mogelijk dat de SDE+ subsidie hier een factor in is; betrokkenen in de markt vermoeden evenwel dat dit een wezenlijke rol speelt. Stimulering van cascadering kan worden gedaan door financiële prikkels en/of door het aanpassen van wet- en regelgeving die stuurt op recycling. Aanpakken van de volgende onderwerpen in wet- en regelgeving kan het geschetste probleem helpen oplossen:
 - a. Definities van de verschillende houtstromen in regelgeving aan laten sluiten bij de praktijk.
 - b. Gescheiden houden van bepaalde afvalhoutstromen verplichten.
 - c. Vervolgens kan in de toekomst de minimum standaard van de verschillende houtstromen worden aangepast.

Er is de afgelopen jaren veel discussie geweest over het gebruik van biomassa voor energie-opwekking. Dit heeft ook formeel zijn beslag gekregen in het advies van de SER 'Biomassa in Balans' ⁹³. Cascadering biedt een strategie om biograndstoffen zo hoogwaardig, optimaal en efficiënt mogelijk in te zetten. Voedsel en toepassingen van biograndstoffen in de chemie en materialen (bijvoorbeeld hout in de bouw) worden hierbij gezien als hoogwaardige toepassingen. De uitwerking van cascaderen kan op verschillende manieren, zoals:

- in de tijd (timmerhout wordt spaanplaat wordt bio-energie);
- naar componenten (scheiden van biograndstoffen in functionele componenten met ieder een eigen, optimale toepassing).

De SER sluit zich aan bij de Commissie-Corbey (2016) met de constatering dat het bij cascaderen niet noodzakelijk gaat om het ordenen van toepassingen van hoog- naar laagwaardig, maar eerder om de juiste kwaliteit van grondstoffen in de benodigde volumes te gebruiken voor benodigde toepassingen.

⁹³ Biomassa in Balans, Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen, Sociaal Economische Raad, Juli 2020

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de contouren zijn geschetst om tot een hoogwaardigere toepassing van biomassa reststromen te komen, maar dat beleid op korte termijn verder concreet gemaakt kan worden door wijzigingen in wetgeving en belangrijke stimuleringsregelingen zoals de SDE+.

7.4.3 Textiel

In totaal werd in Nederland in 2018 een hoeveelheid van 305 kiloton textiel afgedankt⁹⁴. Hiervan werd 44,6 procent gescheiden ingezameld in kringloopwinkels of kledingcontainers, het overige textiel kwam bij het restafval terecht. In 2012 werd in Nederland nog 255 kiloton textiel afgedankt. Hiervan werd 43 procent gescheiden ingezameld. Van het totaal ingezamelde en geïmporteerde textiel werd in 2018 53 procent direct hergebruikt, 33 procent gerecycled en 14 procent verbrand met energierecuperatie. In 2012 was dit 56 procent direct hergebruik, 37 procent gerecycled en 7 procent verbrand met energierecuperatie.

Het op dit moment lopende beleidsprogramma Circulair Textiel heeft tot doel om in 2050 tot een volledig circulaire textiel keten te komen. Het beleidsprogramma is opgebouwd langs drie lijnen, die over de verschillende fases in de keten gaan:

- Lijn I gaat over de ontwerp- en productiefase. Hier is het uitgangspunt dat het in 2025 mogelijk zou moeten zijn om het percentage gerecyclede en duurzame materialen in nieuwe textielproducten op gemiddeld 25 procent te stellen (i.e. recycleert van gebruikt (post-consumer) textiel). Om circulair ontwerp en productie te stimuleren wordt uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) voor textiel ingevoerd.
- Lijn II over de gebruiksfase, waarin aandacht is voor bewuste consumptie en gebruik textiel (o.a. fast fashion, microplastics uit textiel).
- Lijn III over de afdankfase. Voor 2025 is de ambitie om 30 procent van de totale grondstoffen, materialen en producten die op de Nederlandse markt worden gebracht na inzameling – als direct hergebruik niet meer mogelijk is - te recyclen waarna de vezels opnieuw als recycleert wordt toegepast in nieuwe (textiel)producten. In 2030 zou dit 50 procent moeten zijn. Op basis van het onderzoek naar de UPV voor textiel kan de recycleerdoelstelling worden bijgesteld en/of nader uitgewerkt (bijvoorbeeld in percentages hoogwaardige en laagwaardige recycling).

Ondanks dat toepassing van textielvezels in isolatiemateriaal al een gangbare recyclingroute is binnen de gescheiden ingezamelde textiel verwerking, liggen de ambities vooral in de recycling richting textiel toepassingen. Echter, hier zou beter de verbinding gelegd kunnen worden met andere beleidsprogramma's (zoals NABB) om afgedankt textiel meer in te zetten als grondstof voor isolatie. Weliswaar is dit geen recycling richting textiel zelf, maar het betreft wel een toepassing met lange levensduur die daardoor ook als een relatief hoogwaardige vorm van recycling gezien kan worden.

7.5 Klimaatbeleid in relatie tot biobased bouwmaterialen

7.5.1 Certificeringskader voor koolstofverwijdering (EU)

Op 30 november 2022 publiceerde de Europese Commissie haar voorstel voor een Regulation on an EU Certification for Carbon Removals. De Commissie constateert dat grootschalige vormen van koolstofvastlegging een noodzakelijk onderdeel van het klimaatbeleid zijn om de Parijs-doelen te realiseren en acht het huidige koolstofvastleggingsbeleid daarvoor ontoereikend. Om die reden bereidt de Commissie een raamwerk voor het vaststellen van koolstofvastlegging op basis van vrijwillige activiteiten. Op hoofdlijnen bevat het raamwerk de volgende elementen:

1. Beschrijving van de activiteit en de gehanteerde monitoringperiode.
2. Voorschriften voor het bepalen van de koolstofreservoirs en broeikasgasbronnen
3. Rekenregels voor het berekenen van koolstofvastlegging

⁹⁴ Massabalans textiel 2018, Onderzoek naar de massabalans van het in Nederland ingezamelde afgedankte textiel en de route en resultaten van de verwerking, Ffact i.o.v. Rijkswaterstaat, 2020

4. Voorschriften voor bepalen onzekerheden, vaststellen van 'additionaliteit', monitoring, aansprakelijkheid en duurzaamheidsvereisten.

In Nederland ligt op dit moment een methode-document voor om koolstofcertificaten te verkrijgen voor langdurige koolstofvastlegging in bouwmaterialen uit vezelgewassen. Dit methodedocument is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselkwaliteit tot stand gekomen. Het brengt de stappen in beeld die moeten worden doorlopen om via de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) betrouwbare en geverifieerde certificaten te krijgen voor langdurige koolstofvastlegging in (biobased) bouwmaterialen in Nederland door toepassing van vezelgewassen. De opbrengst van SNK-certificaten maakt het voor telers aantrekkelijker om vezelgewassen te telen.

7.6 Bosbeleid

De Bossenstrategie (november 2020) heeft als hoofddambities om het Nederlandse bosareaal met 37.000 hectare uit te breiden, bestaande bossen te revitaliseren (herstellen), 10 procent 'groenblauwe dooradering' in het landelijk gebied in 2050 te realiseren, het areaal natuurbos laten toenemen en 25.000 hectare *agroforestry* te stimuleren. Ook stimuleert de strategie hoogwaardig gebruik van hout, zoals in de bouw. Voor de te realiseren 15.000 hectare bosuitbreiding binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) onderzoeken provincies op nader detailniveau welke gebieden geschikt zijn en wordt een provinciale verdeling vastgesteld. De ambitie van 19.000 hectare bosuitbreiding buiten het NNN moet nog financieel geïnstrumenteerd worden, maar terreinbeherende organisaties zijn al bezig met de aanplant van bomen en LNV heeft een fonds beschikbaar gesteld voor bosaanleg op Rijksgronden. Bovendien kunnen bomen op landbouwgrond via *agroforestry* of landschapselementen bijdragen aan een bredere en sterkere bedrijfsvoering van boeren, onder andere door het stimuleren van ecosysteemdiensten als bestuiving, plaagreductie en bodemverbetering. Met gebiedsuitwerkingen, voortkomend uit het Nationaal Programma Landelijke Gebied, wordt verkend wat waar haalbaar is. In de bossenstrategie wordt nauwelijks gesproken over extra oogst, behalve dat dit mogelijk zou kunnen zijn na revitalisering van het bos. Ook wordt benadrukt dat er in Europa genoeg hout beschikbaar is. Hieruit lijkt naar voren te komen dat de oogst in Nederland niet substantieel omhoog zal gaan en dat de afhankelijkheid van Europees hout niet minder zal worden.

7.7 Conclusies

Vanuit het perspectief van beschikbaarheid van biograndstoffen en de opbouw van waardeketens om deze grondstoffen om te zetten in bouwmaterialen, is het beeld dat ontstaat op basis van bovenstaande beschrijving als volgt:

Om de biobased (hoogbouw)doelstellingen in de G4 en Nederland te halen is geen extra beleid nodig om hout uit Europa beschikbaar te krijgen en te kunnen verwerken in Nederland. In Nederland wordt beperkt ingezet op extra bosareaal (37.000 ha) en wordt nauwelijks gesproken over extra oogst; dit extra bosareaal zou op langere termijn ca. 300,000 m³/jaar RHE hout kunnen leverend, ca 35% van wat nodig is voor 30% biobased bouw in Nederland. Hier zijn vanuit de bosbouw ook weinig mogelijkheden om dit verder te verhogen, afgezien nog van het feit dat oogsten dan pas op lange termijn mogelijk is.

De **houtbouw** (zie H3 en H6) is een bestaande bouwmethode en -sector in Nederland met een ontwikkelde toeleverketen erachter, voornamelijk op basis van hout uit Europa. Dit gaat echter voornamelijk via vrijwillige beleidsinstrumenten, zoals convenanten, samenwerking, duurzaam inkoop programma's en vrijwillige standaarden (bijv. het nieuwe normaal) waarin de houtbouw mogelijk beter tot zijn recht komt. De verdere MPG-verlaging tot 0,5 voor woningen volgens de methode die tot 2024 gehanteerd wordt kan helpen om houtbouw meer mainstream te maken, maar kan voor grondgebonden bouw ook goed met conventionele bouwmaterialen gehaald worden. Ook lijkt het huidige voorstel voor aanpassing van de MPG naar 19 indicatoren met aanpassing van de weegfactoren het belangrijkste biobased bouw materiaal hout juist te benadelen. Dit terwijl, juist voor de hoogbouw die nu nog sterk vertrouwt op CO₂-intensieve materialen zoals beton en staal, materiaal-efficiënte kolom- en balkhoutbouw (met biobased isolatie en plaatmaterialen) een

flink lagere MPG-waarde kan opleveren. Uit de reststromen (zaagsel, spaanders) van diezelfde houtbouwketen worden plaatmaterialen en isolatiedekens geproduceerd waarvoor ook al een industrie beschikbaar is. Ook hier is dus geen additioneel beleid voor nodig om de materialen beschikbaar te maken (vanuit het buitenland), maar wel om de vraag naar deze materialen te vergroten. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door deze materialen algemeen bekend te maken via bijvoorbeeld de NMD, inclusief hun milieuvordelen. Het in de NMD meenemen van koolstofopslag in biobased bouwmaterialen is hiervoor een belangrijke stimulans.

Voor **vezelteelt** is op dit moment veel aandacht en een speciaal programma, NABB, om vezelteelt (en vezelreststromen zoals stro) en -verwerking richting plaat- en isolatiemateriaal van de grond te krijgen. Waar vlas, hennep en zeker Miscanthus nu nog relatief nichegewassen zijn (ca. 2000 ha elk voor hennep en vlas, Miscanthus enkele honderden hectares), moet in 2030 een areaal vezelgewassen van 50.000 ha bereikt zijn. NABB heeft circa €200 miljoen overheidssubsidie beschikbaar om dit te realiseren, met interventies in de gehele waardeketen: van het versterken van de financiële voorwaarden voor teelt (o.a. via GLB), tot subsidies voor opschaling van fabrieken voor vezelverwerking en bouw materiaalproductie en ondersteuning van certificering en marktcreatie. Gezamenlijk zou dit moeten resulteren in 30% biobased nieuwbouw (inclusief hoogbouw) in 2030. Er is dus op het gebied van vezelteelt al een aanzienlijke beleidsinspanning gaande die tot resultaten kan leiden in de nabije toekomst.

Voor de **reststromen** (afvalhout, snoeihout, gras, textiel) geldt net als voor hout dat deze feitelijk al beschikbaar zijn en toegepast zouden kunnen worden in isolatie- en plaatmateriaal. Zelfs wanneer slechts een fractie van deze materialen extra beschikbaar gemaakt kan worden voor toepassing in de bouw, dan nog kan dit een grote bijdrage leveren aan de Nederlandse doelstelling van 30% biobased bouw in 2030. Voor afvalhout en snoeihout zijn er indicaties dat er meer hout gerecycled kan worden en dat het op energieproductie gerichte beleid en opgezette infrastructuur van de afgelopen jaren ervoor zorgen dat deze reststromen eerder verbrand worden. Feit is dat productie van bio-energie (met uitstoot CO₂) wordt gezien als een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen, terwijl langdurige opslag van diezelfde CO₂ en uitstel van deze CO₂-uitstoot met 50 tot 100 jaar (in een plaat- of isolatiemateriaal met daarna pas verbranding) niet beloond wordt. Erkenning van deze vastlegging via bijvoorbeeld de Bepalingsmethode en de NMD database of via carbon credits kan helpen om hier een *level playing field* te creëren tussen energietoepassingen en bouw materiaaltoepassingen. Ook gegeven de toenemende focus op circulariteit is het aan te bevelen het huidige op duurzame energiegerichte steunkader opnieuw onder de loep te nemen en te kijken hoe reststromen beter omgebogen kunnen worden richting materiaalgebruik, bijvoorbeeld door aanpassing van de SDE.

Meer focus op technologie-ontwikkeling om grote reststromen beschikbaar te maken voor biobased materialen, zoals extractie van vezels voor isolatie, en voorbewerking van afval- of snoeihout t.b.v. plaatmaterialen kan grote stromen beschikbaar maken.

Voor alle hierboven genoemde biobased materialen geldt dat het toerekenen van de (tijdelijke, maar over lange periode) biogene koolstofopslag in de milieuprestaties van belang is om bouwers hierbij beter te kunnen laten kiezen voor duurzame materialen en op de lange termijn om de concurrentiepositie van deze materialen te verbeteren (bijvoorbeeld via CO₂-credits). Voor vezelgewassen is al een traject gestart met vrijwillige carbon credits op vezelgebaseerde bouwmaterialen. Hier is echter additionaliteit door middel van verandering in landgebruik (zoals voor vezelteelt het geval is) het uitgangsprincipe voor toekenning van de carbon credits. Het is wenselijk dat er een mechanisme beschikbaar komt om ook voor biobased materialen uit reststromen uit recente houtoogst en bestaande bosbouw carbon credits te kunnen verkrijgen of dit op een andere manier financieel te stimuleren (bijv. via SDE regeling).

8 Conclusies

De vier grote steden in Nederland (G4) hebben de ambitie om de emissies in de bouw terug te brengen. Het betreft hier zowel broeikasgas emissies als fijnstof en stikstof. Binnen het project Geïndustrialiseerde Modulaire en Lage Emissie Hoogbouw onderzoekt een consortium van partners voor de G4-gemeenten hoe deze emissies gereduceerd kunnen worden in de hoogbouw. De toepassing van biobased bouwmaterialen in de hoogbouw kan aanzienlijke emissievoordelen opleveren als gevolg van lager energieverbruik tijdens productie, lagere transportkosten t.g.v. een lager soortelijk gewicht in vergelijking met staal en beton en (tijdelijke) biogene koolstofopslag in biobased materialen. In dit onderzoek heeft Wageningen Research gekeken naar mogelijkheden voor toepassing van biobased materialen in de hoogbouw. Er is gekeken naar het gebruik van hout, spaan- en OSB (*oriented strand board*)-platen en biobased isolatie. Voor deze materialen is gekeken naar specifiek de grondstofbeschikbaarheid en vervolgens de opties tot grondstofvermeerdering en opschaling.

Allereerst is een inschatting gemaakt van de behoefte aan biograndstoffen wanneer 30% van de nieuwbouw woningen in de G4 en in Nederland met biobased bouwmaterialen wordt gerealiseerd (doelstelling NABB). Hierbij zijn in afstemming met de onderzoeksresultaten van de TU Delft over bouwsystemen in ditzelfde project de volgende uitgangspunten voor de grondgebonden bouw en hoogbouw genomen:

- Voor gebouwen tot 60 meter wordt een CLT-bouwmethode als uitgangspunt genomen. Een meer materiaal-efficiënte hoogbouw (kolom- en balkmethode) is technisch haalbaar, maar binnen de huidige hout-hoogbouw praktijk zullen gebouwen tot 60 meter vaak in CLT-constructies worden gerealiseerd.
- Voor gebouwen tot 30 meter wordt wel de materiaal-efficiëntere kolom- en balk (glulam) methode met CLT vloeren aangehouden.
- Voor grondgebonden woningen wordt een HSB-methode aangehouden.
- Vanaf 60 meter is het waarschijnlijk niet meer efficiënt om alleen in hout te bouwen en worden combinaties met beton of staal waarschijnlijk beter. In de praktijk is het aantal gebouwen hoger dan 60 meter in de G4 (en zeker in de rest van Nederland) beperkt.

Op basis van een opgave van de G4 over hun aandeel hoogbouw in hun totale bouwopgave en bovengenoemde uitgangspunten voor biobased bouw, is een schatting gemaakt van de benodigde hoeveelheid biobased bouwproducten per jaar die nodig zijn voor de G4: hout (176.000 m³/83.000 ton), OSB (7.300 m³/4.500 ton), spaanplaat (6.000 m³/4.000 ton) en isolatie (160.000 m³, ofwel 6.400 ton isolatiedekens ofwel 16.000 ton inblaasisolatie).

Op basis van de totale jaarlijkse woningbouw van 60.000 in Nederland, een verdeling van type woningen zoals in de huidige woningvoorraad en bovengenoemde uitgangspunten voor biobased bouw, is een schatting gemaakt van de benodigde hoeveelheid biobased bouwproducten die per jaar nodig zijn voor geheel Nederland: hout (356.000 m³/166.000 ton), OSB (37.000 m³/23.000 ton), spaanplaat (35.000 m³/23.000 ton) en isolatie (835.000 m³/33.400 ton isolatiedekens of 83.500 ton inblaasisolatie).

De biograndstoffen die hiervoor nodig zijn, kunnen afkomstig zijn uit de bosbouw, landbouw (vezelgewassen) of reststromen die vrijkomen uit landschappen of bestaande biobased industrieën. Naast beschikbaarheid dient ook de hele waardeketen die deze grondstoffen omzet naar (tussen- en) eindproducten aanwezig te zijn. Tot slot moeten de biograndstoffen voldoende kwaliteit hebben om als bouwmaterialen in de (hoog)bouw te worden toegepast. Deze criteria zijn in detail geanalyseerd en daarna is d.m.v. een prioriteringsmatrix systematisch een beoordeling gemaakt welke grondstof-product combinaties de meeste kansen bieden voor opschaling.

8.1 Prioritering waardeketens

Op korte termijn kan de Europese **hout**gebaseerde industrie vrijwel alle materialen leveren die nodig zijn om de Nederlandse hoogbouw biobased te maken. Er kan in Europa nog zeker 40 miljoen m³ (circa 15 miljoen ton) per jaar *extra* hout geoogst worden. Dit is ruim voldoende voor de Nederlandse doelstelling van 30% van alle nieuwbouwwoningen biobased in 2030. Waar hout-, spaan- en OSB-platen al voornamelijk uit hout worden geproduceerd en voldoen aan alle normen en eisen, blijkt uit ons onderzoek dat ook houtvezelisolatiedekens

behoren tot de best presterende biobased isolatiematerialen. Hierdoor wordt het mogelijk om biobased hoog te bouwen met een minimaal extra beslag op het gebruiksoppervlak (50% dikkere isolatielaag) ten opzichte van PIR.

Op langere termijn is het onwenselijk om alleen op de Europese houtproductie en verwerkende industrie in te zetten. Niet alleen wordt het beschikbare areaal onzekerder als gevolg van klimaatverandering (bijv. letterzetter in fijnspar), ook zal de vraag naar hout toenemen als gevolg van toenemende interesse in houtbouw op Europees niveau. In Europa is de bouwopgave circa 3.000.000 woningen per jaar, waarvoor bij een vergelijkbare doelstelling van 30% (extra) biobased bouw de houtbehoefte vergelijkbaar is aan het extra oogstpotentieel (namelijk 40 miljoen m³; 15 miljoen ton). De Nederlandse houtproductie is ontoereikend voor het halen van de biobased doelstellingen. Opschaling van houtoogst in Nederland zou in 2030 eventueel ca. 5% van de behoefte voor 30% biobased bouw kunnen leveren. Wel heeft Nederland omvangrijke houtachtige/bevattende reststromen die mogelijk geschikt zijn voor zowel houtbouw als biobased materialen:

- Met pallethout (ca. 400.000 kton per jaar in NL) en in NL beschikbare soorten hout kan de komende 5 jaar mogelijk een *specialty* CLT-fabriek opgezet worden.
- Houtachtige reststromen (ca. 1.600.000 ton per jaar in NL, exclusief pallets) worden nu vaak verbrand, maar gegeven het veranderende NL-beleid om deze in materialen toe te passen moet goed gekeken worden naar het potentieel van deze reststromen voor plaat- en isolatiemateriaal.

Deze waardeketens (selectie kwaliteitshout, verlijmen tot CLT of vervezelen of malen tot deeltjes en vezels voor isolatie of plaatmateriaal) zijn nog niet aanwezig, maar zouden de komende 5 jaar opgezet kunnen worden. Volumes zijn voldoende om 1 of meerdere (CLT/plaat/isolatie) fabrieken op efficiënte schaalgrootte in Nederland van grondstoffen te kunnen voorzien. De technologie voor grondstofvoorbewerking en de kwaliteit van de verschillende producten dient nader ontwikkeld c.q. geoptimaliseerd te worden.

Verder is gekeken naar vezelteelt en overige reststromen om in biobased grondstofbehoefte te voorzien.

Om met **vezelteelt** aan de nieuwbouwdoelstellingen te voldoen is opschaling van het vezelareaal nodig. Hennep, vlas (beide eenjarige gewassen), hebben een positief teeltsaldo berekend op basis van de KWIN-methode dat vergelijkbaar is met graangewassen (800-1.200 €/ha) of zelfs aanzienlijk hoger (vlas) en zijn daardoor als rustgewas een goede optie binnen een gewasrotatie met ook hoogrenderende gewassen. Dit bij de aanname dat vezels voor minimaal een prijs van 100 €/ton (mogelijk wat hoger) kan worden afgezet wanneer inblaasisolatie als toepassing definitief gevalideerd is. Miscanthus en zonnekroon (meerjarig) hebben ook een saldo vergelijkbaar met graangewassen, ook al zijn deze gewassen niet in te zetten als rotatiegewas en hebben als referentie eerder meerjarig grasland in bijvoorbeeld de veehouderij, waar bij afschaling meer land vrij zou kunnen komen voor meerjarige vezelgewassen. Dit saldo kan door GLB-toeslagen uit de eco-regeling nog aanzienlijk hoger uitvallen tot max 720 €/hectare toeslag. Een extra impuls aan het saldo kan gegeven worden door carbon credits op langdurig toegepaste biobased materialen in de bouw. Bij een voorbeeldprijs van 50 €/ton langdurig opgeslagen CO₂ komt dat overeen met 92 €/ton biomateriaal toegepast in bijvoorbeeld de bouw. Dit zou al snel een verdubbeling van het saldo kunnen betekenen voor hennep, stro en Miscanthus.

Hierbij moet nog benadrukt worden dat de hierboven berekende saldi betrekking hebben op vezelteelten die tot nu toe op relatief kleine schaal (vlas, hennep en zeker Miscanthus) hebben plaatsgevonden. Hierdoor is er zeker nog potentieel voor optimalisatie:

- Uitbreiding en geografische spreiding van de verwerkingscapaciteit zal leiden tot efficiëntere fabrieken door procesverbetering en schaalvoordelen en hierdoor kunnen hogere prijzen geboden worden voor de biomassa.
- Er wordt binnen de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) gewerkt aan het verbeteren van condities voor vezelteelt (zie ook H7), zoals onder andere GLB-ondersteuning vezelteelt, subsidies voor biobased isolatie, carbon credits en validatie van biobased bouwmaterialen. Hierdoor kunnen de saldi van de vezelgewassen verder toenemen.
- Tegelijkertijd kiest NABB voor een regionale aanpak in een aantal ketenprojecten van land tot pand. Doel hierin is om de boer geen commodity supplier meer te laten zijn, maar een gelijkwaardige speler in de waardeketen. Wanneer deze ketenprojecten erin slagen om regionale, efficiënte en transparante waardeketens op te zetten, kunnen prijzen voor biomassa ook hoger uitvallen, omdat deze eerlijker

verdeeld worden in de keten. Zeker inblaasisolatie uit Miscanthus en stro biedt mogelijkheden voor een dergelijke korte regionale keten.

De opschalingsfactoren ten opzicht van de huidige arealen om aan de 30% biobased nieuwbouw doelstellingen te voldoen zijn 2.5 – 7 voor spaanplaten op basis van hennepscheven en Miscanthus; 8 – 40 voor isolatiedekens op basis van hennep en vlas; en 2 – 45 voor inblaasisolatie op basis van maisstro en Miscanthus. Het duurzaamheidsprofiel (extensief, weinig tot geen gewasbescherming, zie H5.2) draagt bij aan het opschalingspotentieel van deze gewassen.

Vlasteel is op dit moment grotendeels gericht op textiel (slechts een kleine fractie gaat naar isolatie), waardoor bij opschaling voor de bouw tevens de waardeketen van linnen-textiel in Nederland opgeschaald moet worden.

Voor plaatmateriaal zijn nog geen alternatieve biograndstoffen waarmee aan de EN312 norm kan worden voldaan. Hennepscheven (P3) en tarwestro, sorghum en riet (P5) komen wat betreft sterkte in de buurt, maar het zwelgedrag van deze materialen dient nog verbeterd te worden om de respectievelijke normen (P3 en P5) te halen. Hetzelfde geldt voor snelgroeiend hout (Paulownia) dat ook P5 sterkte scoort. Miscanthus scoort relatief minder op sterkte en beter op zwelgedrag. Verbetering van het zwelgedrag kan wellicht ontwikkeld worden.

Voor isolatiemateriaal zijn vooral isolatiedekens uit vlas, hennep en gras (en houtvezel) goede kandidaten, vanwege de hoge isolerende waarde en daardoor beperkt ruimtebeslag in hoogbouw. Vlas en hennep zijn gekende teelten met een bestaande industrie voor de productie van isolatiedekens. Inblaasisolatie zou dan een basisafzetmarkt in prefab laagbouw en bestaande woningen kunnen worden voor biograndstoffen zoals stro en Miscanthus waar geen isolatiedekens van kunnen worden gemaakt.

Reststromen hebben qua beschikbaarheid geen opschaling nodig om in de behoeften voor biobased nieuwbouw te voorzien. Oud papier, resthout en textiel zijn zodanig omvangrijke reststromen dat slechts 1-10% hiervan ingezet zou hoeven worden om in de isolatie- of plaatmateriaalbehoefte voor de nieuwbouw te voorzien. Voor inblaasisolatie en isolatiedekens zijn de industrieën om uit deze reststromen producten te maken wel aanwezig, maar zitten deze voornamelijk in het buitenland. Isolatiedekens uit oud papier en textiel behoren tot de best presterende isolatiedekens qua isolatiewaarde en kunnen op dit moment geproduceerd worden (in het buitenland). Mogelijk dat bij toenemende vraag hiervoor ook een fabriek in Nederland kan worden opgezet. Voor plaatmateriaal kan SAM Panels op basis van verschillende vezelrijke reststromen (maar ook: Miscanthus/hennepstof) platen maken. Gegeven het 'papierproces' dat bij SAM Panels gebruikt wordt dient hier nader onderzocht te worden in hoeverre met verdere optimalisatie het zwelgedrag volgens de EN312 norm kan worden bereikt.

8.2 Beleid en interventies

De **houtbouw** (zie H3 en H6) is een bestaande bouwmethode en sector in Nederland met een ontwikkelde toeleverketen erachter, voornamelijk op basis van hout uit Europa. Bevorderen houtbouw gaat echter voornamelijk via vrijwillige beleidsinstrumenten, zoals convenanten, samenwerking, duurzaam inkoop programma's en vrijwillige standaarden (bijv. het nieuwe normaal) waarin de houtbouw mogelijk beter tot zijn recht komt. De MPG-verlaging naar 0,5 kan helpen om houtbouw meer mainstream te maken, maar kan ook goed met conventionele bouwmaterialen gehaald worden. Ook lijkt het huidige voorstel voor aanpassing van de MPG naar 19 indicatoren met aanpassing van de weegfactoren het belangrijkste biobased bouw materiaal hout juist te benadelen. Dit terwijl, juist voor de hoogbouw die nu nog sterk vertrouwt op CO₂-intensieve materialen zoals beton en staal, materiaal-efficiënte kolom- en balkhoutbouw (met biobased isolatie en plaatmaterialen) een flink lagere MPG-waarde kan opleveren. Uit de reststromen (zaagsel, spaanders) van diezelfde houtbouwketen worden plaatmaterialen en isolatiedekens geproduceerd waarvoor ook al een industrie beschikbaar is. Ook hier is dus geen additioneel beleid voor nodig om de materialen beschikbaar te maken, maar wel om de vraag naar deze materialen te vergroten. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door deze materialen algemeen bekend te maken via bijvoorbeeld de NMD, inclusief hun milieuvordelen.

Om ook bij toenemende vraag uit het buitenland naar biobased bouwmaterialen te kunnen blijven voldoen aan de vraag in Nederland en om in te spelen op een in de toekomst mogelijke afnemende beschikbaarheid van hout, wordt geadviseerd een tweesporenbeleid in te zetten. Door in te zetten op zowel reststromen (resthout, stro, textiel, gerecycled papier) als vezelteelt kan snel een kritische massa aan grondstoffen worden gemobiliseerd waarmee de kans op realisatie van een multi- (600.000 m³/jaar) of mono-stroom plaatmateriaal fabriek (30.000 m³/jaar) of een isolatiedekenfabriek kan worden verhoogd.

Voor **vezelteelt** is op dit moment veel aandacht en een speciaal programma, NABB, om vezelteelt (en vezelreststromen zoals stro) en -verwerking richting plaat- en isolatiemateriaal van de grond te krijgen. Waar vlas, hennep en zeker Miscanthus nu nog relatief nichegewassen zijn (ca. 2000 ha elk voor hennep en vlas, Miscanthus enkele honderden hectares), moet in 2030 een areaal vezelgewassen van 50.000 ha bereikt zijn. NABB heeft circa €200 miljoen overheidssubsidie beschikbaar om dit te realiseren, met interventies in de gehele waardeketen: van het versterken van de financiële voorwaarden voor teelt (o.a. via GLB), tot subsidies voor opschaling van fabrieken voor vezelverwerking en bouwmaterialaalsoortproductie en ondersteuning van certificering en marktcreatie. Gezamenlijk zou dit moeten resulteren in 30% biobased nieuwbouw (inclusief hoogbouw) in 2030. Er is dus op het gebied van vezelteelt al een aanzienlijke beleidsinspanning gaande die tot resultaten kan leiden in de nabije toekomst.

Reststromen (afvalhout, snoeihout, gras, textiel) zijn net als hout feitelijk al beschikbaar en zouden kunnen worden toegepast in isolatie- en plaatmateriaal. Zelfs wanneer slechts een fractie van deze materialen extra beschikbaar gemaakt kan worden voor toepassing in de bouw, dan nog kan dit een grote bijdrage leveren aan de Nederlandse doelstelling van 30% biobased bouw in 2030. Voor afvalhout en snoeihout zijn er indicaties dat er meer hout gerecycled kan worden en dat het op energieproductie gerichte beleid en opgezette infrastructuur van de afgelopen jaren ervoor zorgen dat deze reststromen eerder verbrand worden. Feit is dat productie van bio-energie (met uitstoot CO₂) wordt gezien als een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen, terwijl langdurige opslag van diezelfde CO₂ en uitstel van deze CO₂-uitstoot met 50 tot 100 jaar (in een plaat- of isolatiemateriaal met daarna pas verbranding) niet beloond wordt. Erkenning van deze vastlegging via bijvoorbeeld de Bepalingsmethode en de NMD database of via carbon credits kan helpen om hier een *level playing field* te creëren tussen energietoepassingen en bouwmaterialaalsoorttoepassingen. Ook gegeven de toenemende focus op circulariteit is het aan te bevelen het huidige op duurzame energiegerichte steunkader opnieuw onder de loep te nemen en te kijken hoe reststromen beter omgebogen kunnen worden richting materiaalgebruik, bijvoorbeeld door aanpassing van de SDE. Het verdient aanbeveling om aanvullend aan en in coördinatie met NABB een spoor op te zetten dat zich actief richt op het beschikbaar maken van reststromen voor bouwmaterialen.

8.2.1 Acties

Vanuit bovenstaande conclusies worden de hieronder genoemde acties voor de verschillende overheden voorgesteld.

Nationale Overheid

- Inzetten op tweesporenbeleid voor wat betreft de productie van isolatie en plaatmateriaal:
 - Vezelgewassen en reststromen van vezelgewassen binnen Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB). Nu: vooral hennep, vlas, Miscanthus en stro. Vanuit teeltoogpunt is dit een logische keuze (uitgaande van vezelprijs in nabije toekomst van 100 €/ton of meer).
 - Overige reststromen (textiel, gerecycled papier, houtachtige reststromen) binnen Nederlands afvalbeleid of ook onder NABB. Deze reststromen verdienen een vergelijkbare inspanning als vezelgewassen.
- Voor reststromen: Creëren van level playing field met energie toepassingen voor deze reststromen. Verwerkingsmarkt voor reststromen is nu veel ingericht op energieproductie (=duurzame energie).
- Tijdelijke biogene koolstofopslag zou een plek moeten krijgen in beleid. Bijvoorbeeld via vormgeven nieuwe SDE-regeling met aandacht voor opslag of via CO₂-credits.
- Beschikbaar maken kennis en faciliteiten om snel geschikte platen te produceren uit vezelgewassen. Uitvoeren testen met plaatmateriaalproducenten met gemengde (naaldhout/gewasvezel) platen om eigenschappen te optimaliseren.

- Studie uitvoeren naar geschiktheid houtachtige reststromen uit agro-, food- en houtindustrie, reststromen uit bos-, natuur- en landschapsbeheer en afvalhout voor toepassing als bouw materiaal.
- Aanpassing van het Landelijke Afvalbeheerplan om reststromen richting de bouw een prominentere plek te geven.

Provincies en gemeenten

- Het doorontwikkelen (bijvoorbeeld binnen de Green Deal Houtbouw) van een standaard voor materiaal-efficiënte hout hoogbouw, bijvoorbeeld via de kolom- en balkmethode waarin biobased plaatmateriaal (hout/hennep/vlas) en vezelisolatiedekens een prominente rol hebben.
- In tenders actief uitvragen op houtbouw en biobased isolatie; de materialen zijn al beschikbaar vanuit de internationale houtgebaseerde- en textielverwerkende industrie, maar ook vanuit de Nederlandse vlas en hennep teelt en zullen als gevolg van door NABB ingezette acties verder opgeschaald worden.
- Houtachtige reststromen uit eigen beheer zo goed mogelijk scheiden/beschikbaar maken voor toepassing als bouw materiaal.
- Vezelgewassen een prominente plek geven in PPLG's als extensievere/duurzamere gewassen met lagere emissies.

Literatuur

- Anonymous, Overzicht van de verschillende graansoorten en oude rassen (<https://edepot.wur.nl/338149>)
- Anonymous, 2003, Teelthandleiding winterrogge, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
- Atis, Ibrahim, Konuskan, Omer, Duru, Metin, Gozubenli, Huseyin, Yilmaz, Saban, 2012, Effect of Harvesting Time on Yield, Composition and Forage Quality of Some Forage Sorghum Cultivars, International Journal of Agriculture & Biology, ISSN 1560-8530, p879-886
- Bernelot Moens, H.L., Wolfert, J.E., 2003, Teelt van Koolzaad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
- Monique Bestman, Nick van Eekeren, Youri Egas, Jeroen Geurts, Karel van Houwelingen, Anna Koorneef, Frank Lenssinck, Jeroen Pijlman en Renske Vroom, 2019a, Eindrapportage Veen Voer en Verder
- Monique Bestman, Jeroen Geurts, Youri Egas, Karel van Houwelingen, Frank Lenssinck, Anna Koorneef, Jeroen Pijlman, Renske Vroom, Nick van Eekeren, 2019b, Natte teelten voor het veenweidegebied, Verkenning van de mogelijkheden van lisdodde, riet, miscanthus en wilg
- Bierma, Johan, Blijdorp, Bas, Luimes, Rudi, 2008, Teelthandleiding Brandnetels, CAH Dronten
- Biertümpfel, Andrea, Köhler, Johannes, Reinhold, Dr. Gerd, Götz, Reinhard, Zorn, Dr. Wilfried, 2018, Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
- BioGrace II v3 - E3-database (june 2014)
- BMEL (Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft), 2016, Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft
- Boosten, Martijn, Jansen, Patrick, 2010, Flevo-energiehout, Resultaten van groeien opbrengstmetingen en biodiversiteitsmetingen 2006-2008, Stichting Probos, Wageningen
- Bosberichten, 2014, nummer 7, Probos, Wilgenplantages in Nederland: stand van zaken
- BVOR, 2020, Op weg naar een betrouwbare inventarisatie van niet-houtige biomassa, Ontwikkeling van een systematiek voor het inventariseren van volumes bermgras, natuurgras en slootmaaisel
- Clumplido-Marin, Laura, Graves, Anil R., Brugess, Paul J., Morhart, Christopher, Paris, Pierluigi, Jablonowski, Nicolai D., Facciotto, Gianni, Bury, Marek, Martens, Reent, Nahm, Michael, 2020, Two Novel Energy Crops *Sida hermaphrodita* L. Rusby and *Silphium perfoliatum* L., State of knowledge, MDPI Agronomy, 10, 928
- Daatselaar, C. H. G. et al., 2009, De economie van het veenrietweidebedrijf. Een quickscan voor West-Nederland, LEI, Den Haag, Innovatienetwerk, ISBN: 978-90-5059-398-4, Rapportnr. 09.2.218, Utrecht, september 2009
- Darwinkel, 1994, Teelt van Haver, Teelthandleiding nr. 61, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond
- Darwinkel, A., Borm, G.E.L., Zeeland, M.G. van, Floot, H.W.G., 2001, Teelt Biomassa niet rendabel, PPO-Bulletin Akkerbouw 2001, nr.3
- Darwinkel, A., 2003, Teelt van triticale, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2003
- Elbersen, H.W., et al., 2003, Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe, Initiation of a productivity network, Final report FAIR 5 5-CT97-3701
- FWE, 2021, Gevolgen van de droogte van 2018 voor de vegetatie van natuurgebieden op de Hogere Zandgronden van Nederland, afgeleid van het Landelijk Meetnet Flora, april 2021
- Fleury, Delphine, Jeffries, Stephen, Kuchel, Haydn, Langridge, Peter, 2010, Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat, Journal of Experimental Botany, Vol.61, No.12, pp.3211-3222, 2010
- Gaillard, Gerard, Crettaz, Pierre, Hausheer, Judith, 1997. Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau : Daten fuer die Erstellung von Energie- und Oekobilanzen in der Landwirtschaft, Institut d'Aménagements des Terres et des Eaux (TATE), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), CH-1015 Lausanne
- Handboek snijmais, 2020, Wageningen University & Research
- Haslam, S. M., 1971, Community regulation in *Phragmites communis* Trin. I. Monodominant stands, Journal of Ecology, 59: 65-73
- Hoffman, M.H.A., Hop, M.E.C.M., 2012, Planten voor natte locaties, Dendroflora, nr. 49, 2012
- InAgro, 2019, Sophie Waeghebaert, Veronique de Mey, Teelthandleiding Miscanthus, ten behoeve van biocomposietmaterialen voor bouwapplicaties, Growing a GreenFuture

- Jong, Marle de, Hal, Ollie van, Pijlman, Jeroen, Eekeren, Nick van, Junginger, Martin, 2021, Paludiculture as paludifuture on Dutch peatlands: An environmental and economic analysis of Typha cultivation and insulation production
- JRC, 2014, Giuntoli, Jacopo, Agostini, Alessandro, Edwards, Robert, Marelli, Luisa, Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions, Report EUR 26696 EN, JRC Science and policy reports
- Kasper, G.J., 2017, Teelt van sorghum als voerdergewas lijkt perspectiefvol in Nederland, Wageningen Livestock Research, november 2017
- Kuiper, 2003, Samenvatting van de resultaten van zes jaar onderzoek naar energieteelt, Centrum voor biomassa innovatie, december 2003
- KWIN-AGV 2022, Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt, versie 2022, ISSN 1571-3059
- Melelli, Alessia, durand, Sylvie, Alvasrado, Camille, Kervoëlen, Antoine, Foucat, Loïc, Grégoire, Marie, Arnould, Olivier, Falourd, Xavier, Callebert, Franck, Ouagne, Pierre, Geairon, Audrey, Daniel, Sylviane, Jamme, Frédéric, Mauve, Caroline, Kakiere, Bertrand, Bourmaud, Alain, Beaugrand, Johnny, 2022, Anticipating global warming effects; A comprehensive study of drought impact of both flax plants and fibres, Industrial crops & products, 2022, 184
- Meyer-Aurich, Andreas, Jubaer, Hasan, Scholz, Lukas, Ziegler, Thomas, Dalgaard, Tommy, Yli-Kojola, Hannu, Esala, Jussi, Mikkola, Hannu, Rajaniemi, Mari, Jokiniemi, Tapani, Ahokas, Jukka, Gołaszewski, Janusz, Stolarski, Mariusz, Brodziński, Zbigniew, Myhan, Ryszard, Olba-Zięty, Ewelina, Visser, Chris de, Voort, Marcel van der, Staghellini, Cecilia, Ellen, Hilko, Klop, Arie, WEmmenhove, Harm, Baptista, Fátima, Murcho, Dina, Leopoldo Silva, Luis, Rafael Silva, José, Oliviera Peça, José, Luiro, Mário, Marques, Carlos, Mistriotis, Antonis, Balafoutis, Athanasios, Panagakis, Panagiotis, Briassoulis, Demetres, 2012, Economic and environmental analysis of energy efficiency measures in agriculture, Case studies and trade offs, agrEE project, Project deliverable 3.1,
- Mombarg, Herbert, Kool, Anton, 2007, Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, Eindrapport, Telen met Toekomst, OVO407, april 2007
- Mortimer, N.D., Elsayed, M.A., Horne, R.E., 2004, Energy and Greenhouse gas emissions for bioethanol production from wheat grain and sugar beet, Sheffield Hallam University, Report no. 23/1, January 2004
- Piotrowski, Stephan, Carus, Michael, 2015, Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products, NOVA institute
- Rosnitschek-Schimmel, 1982, Effect of Ammonium and Nitrate supply on dry matter Production and Nitrogen Distribution in *Urtica dioica*, Lehrstuhl Pflanzenphysiologie, Universität Bayreuth, Z. Pflanzenphysiol. Bd. 108. S. 329-341, 1982
- Rutgers, 2022, Komar Stephan, Bamka, William, Hemp production for fiber, Fact sheet FS1343, June 2022
- RVO, 2013, Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)
- RVO, 2022, Mestbeleid 2019-72 021 Tabellen, Tabel 2, Stikstof landbouwgrond
- Sadik, 2019, Production of nettle (*Urtica dioica*), environmental and economic valuation in conventional farming
- Simancas, Barbara, Juvany, Marta, Cotado, Alba, Munne-Bosch, Sergi, 2016, Sex-related differences in photoinhibition, photo-oxidative stress and photoprotection in stinging nettle (*Urtica dioica*L.) exposed to drought and nutrient deficiency, Journal of Photochemistry & Photobiology, no. 156, 2016, p22-28
- Teelthandleiding vezelvlas - bemesting, Kennisakker (15-04-2005) (<https://kennisakker.nl/archief-publicaties/teelthandleiding-vezelvlas-bemesting650>)
- Timmer, R., Korthals, G.W., Molendijk, L., 2004, Teelthandleiding groenbemesters: Soedangras
- Verstand, Daan, Voort, Marcel van der, Vijn, Marcel, 2020, Uitwerking boerderijvarianten op economie en broeikasgasemissies, Klimaatbestendige akkerbouw op veengronden, Wageningen University & Research, Rapport WPR-854, Wageningen, December 2020
- VIC, 2016a, Factsheet Lisdodde (Typha), Veenweiden Innovatiecentrum, Zegveld
- VIC, 2016b, Factsheet Olifantsgras (*Miscanthus*), Veenweiden Innovatiecentrum, Zegveld
- Voort, Marcel van der, 2012, Korrelmaïsstro als biomassa, voor energie of grondstof, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO nr. 3250034802, februari 2012
- Wander, 1999, Teelt van vezelvlas, teelthandleiding nr. 85, januari 1999, PAV
- Werf, H.G.M. van der, 1991, Agronom and crop physiology of fibre hemp, A literature review, CABO Report 142, Maart 1991

Willemsen, W., 1977, Herinzaai van grasland in de uiterwaarden, rapport nr. 46, Proefstation voor de rundveehouderij, feb 1977

Witzel, Carl-Philipp, Finger, Robert, 2016, Economic evaluation of Miscanthus production – A review, ETH Zurich

Annex 1 Materiaalbehoefte voor biobased (hoog)bouw

Details van voorbeelden en referentiewoningen.

Haut

Dit woongebouw van 73 m hoogte en 21 woonlagen bevat 52 appartementen met ca. 150 m² woonoppervlak. Voor dit gebouw is ca 2,800 m³ hout gebruikt.⁹⁵

- ofwel 54 m³ hout per woning.
- Deze hoeveelheid zit verwerkt in 30 cm dikke CLT wanden, 16 cm dikke CLT vloeren en houtskeletbouw gevelelementen. Het CLT bestaat voor 95% uit vuren.
- De kern bestaat uit beton.

Timber & Co

Dit gebouw van 23 m hoogte en 7 bouwlagen bevat 22 appartementen op 6 verdiepingen met een commerciële plint op de begane grond. Voor dit gebouw met een bruto vloeroppervlak van 2000 m² is ca 665 m³ hout gebruikt.^{96,97}

- Uitgaande van 4 kantoren op de begane grond, vergelijkbaar met de grootte van het grootste deel van de woningen, is gemiddeld 26 m³ hout per woning/kantoor gebruikt.
- De module-bouw bestaat grotendeels uit CLT met een betonnen kern.

BBN

Voor een project met 119 appartementen met ca. 50 m² woonoppervlak in 4 blokken met 3 en 4 lagen wordt voorzien dat per woning nodig is:⁹⁸

- 17.3 m³ Vuren CLT
- 1.2 m³ Vuren kolommen
- 1.2 m³ Lariks kolommen en liggers
- 2.25 m³ Azobé vlonders
- 2.6 m³ Vlasscheven in Faay wanden

AMS

In het document 'Houtbouwmythes ontkracht'⁹⁹ (pag. 33) wordt aangegeven dat ca. 30 m³ hout per woning nodig is, gerekend voor een mix van HSB en CLT voor verschillende woningtypes (vrijstaand/rij/appartement).

Probos

Op basis van 120 gerealiseerde eengezinswoningen in 2017 met een draagconstructie in CLT wordt gesteld dat ca. 65 – 85 m³ CLT per woning gebruikt is.¹⁰⁰

Pablo van der Lugt

Globaal is voor een vrijstaande woning ca. 50 m³ hout nodig, en ca. 20 m³ voor een appartement.¹⁰¹

TKI project 'Biobased bouwmaterialen in de Nationale MilieuDatabase'

In dit nog lopende project worden inschattingen gemaakt van de hoeveelheid biobased bouwmaterialen die nodig zijn voor enkele typen referentiewoningen op basis van gedetailleerde invulling van wanden, vloeren, daken, trappen, etc.¹⁰² Inschattingen zijn als volgt:

- Rijwoning HSB (110 m² gebruiksoppervlak)
 - o 10 m³ HSB-hout
 - o 2.3 m³ OSB
 - o 1.8 m³ Spaanplaat
 - o 44 m³ Isolatie
- Rijwoning CLT (110 m² gebruiksoppervlak)
 - o 40 m³ CLT
 - o 0.9 m³ OSB
 - o 27.5 m³ Isolatie
- 2-Onder-1 kap HSB (133 m² gebruiksoppervlak)

⁹⁵ <https://www.bouwtotaal.nl/2021/05/haut-hoogste-hybride-houten-woontoren/>

⁹⁶ <https://finchbuildings.com/buiksloterham/>

⁹⁷ <https://www.avecodebondt.nl/nl/projecten/detail/constructie-modulaire-hybride-woontoren-in-amsterdam>

⁹⁸ Persoonlijke info BBN, 24 april 2023.

⁹⁹ https://www.ams-institute.org/documents/64/AMS_Institute_Houtbouwmythes_ontkracht.pdf

¹⁰⁰ <https://www.vbne.nl/200430-meer-met-nederlands-hout.pdf>

¹⁰¹ Lezing op symposium 'Bos als oplossing', Wageningen, 31 mei 2023.

¹⁰² <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/food-biobased-research/show-fbr/milieu-prestatie-biobased-bouwmaterialen-in-de-nationale-milieudatabase.htm>

- 12.5 m³ HSB-hout
 - 2.7 m³ OSB
 - 2.1 m³ Spaanplaat
 - 61 m³ Isolatie
- 2-Onder-1 kap CLT (133 m² gebruiksoppervlak)
 - 48 m³ CLT
 - 1.1 m³ OSB
 - 42.5 m³ Isolatie
- Appartement HSB (6 laags) (92 m² gebruiksoppervlak)
 - 8.5 m³ HSB-hout
 - 2.3 m³ OSB
 - 1.2 m³ Spaanplaat
 - 21 m³ Isolatie
- Appartement CLT (6 laags) (92 m² gebruiksoppervlak)
 - 38 m³ CLT
 - 0.2 m³ OSB
 - 18 m³ Isolatie

Annex 2 Uitgangspunten KWIN-AGV

Algemeen

In deze KWIN-AGV zijn de meest relevante akkerbouw- en vollegrondsgroenteteelten opgenomen, waarbij voor akkerbouwgewassen een minimumgrens van 1.000 ha betaalde oppervlakte is aangehouden en voor de groente gewassen 500 ha. Alle weergegeven prijzen zijn exclusief BTW.

Bruto geldopbrengst

In de KWIN-AGV zijn de fysieke opbrengsten van de gewassen veelal gebaseerd op een drie- of vijfjarig gemiddelde over de periode 2016-2021. De gegevens voor gewassen die niet in de KWIN-AGV zijn opgenomen zijn overgenomen uit literatuurbronnen. Dit betreft veelal meerdere bronnen. Uit de range van opbrengsten is een gemiddelde waarde genomen.

De opbrengstprijzen zijn exclusief BTW en in de KWIN-AGV veelal gebaseerd op een vijfjarig gemiddelde over 2016-2021. Voor verschillende gewassen zijn de prijzen gebaseerd op marktgegevens of informatie uit literatuurbronnen. In de opgenomen bruto-geldopbrengst is het hoofdproduct en het bijproduct opgenomen. Voor bijvoorbeeld de graangewassen bestaat dit uit graanopbrengst en stro-opbrengst.

Uitgangsmateriaal

De hoeveelheden en prijzen van uitgangsmateriaal (plantgoed, pootgoed, zaaizaad) zijn gebaseerd op KWIN-AGV of literatuurbronnen. Voor meerjarige gewassen zijn de kosten voor uitgangsmateriaal over de levensduur gedeeld. Voor alle meerjarige gewassen is nu 10 jaar gehanteerd.

Bemesting

In tegenstelling met de KWIN-AGV is in dit onderzoek de bemesting op het bemestingsadvies gebaseerd. Dit sluit aan bij de gegevens voor de stikstofefficiency. Bij de gewassen wordt de mestgift in kunstmest doorgerekend. De benodigde hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali worden toegediend in de vorm van respectievelijk kalkammonsalpeter (KAS), tripelsuperfosfaat en kali 60. De prijzen zijn ook op deze meststoffen gebaseerd. De prijzen van deze meststoffen zijn de WEcR-Agrimatie prijzen van 2021. In de praktijk worden tevens andere kunstmeststoffen en diverse organische meststoffen ingezet. Hierdoor kunnen de bemestingskosten voor individuele voorbeelden aanzienlijk afwijken. Echter voor standaardisatie van de saldi is gekozen om de bemesting in de eerder genoemde meststoffen weer te geven.

Gewasbeschermingsmiddelen

De hoeveelheden en keuzes van de gewasbeschermingsmiddelen bij de gangbare gewassen zijn gebaseerd op inschattingen van teeltdeskundigen en/of literatuur. Er is uitgegaan van gemiddelde omstandigheden met middelen die teeltseizoen 2021 waren toegelaten. De prijzen van de middelen zijn voornamelijk afkomstig uit de KWIN-AGV 2022.

Energie

De hoeveelheid benodigde brandstof is berekend op basis van alle bewerkingen die in de desbetreffende teelt uitgevoerd worden. De bewerkingen zijn afgeleid uit de KWIN-AGV 2022 of literatuur. Er is gerekend met een tarief van € 1.18 per liter gasolie. Voor de meerjarige gewassen zijn de bewerkingen voor bijvoorbeeld het planten gecorrigeerd voor de levensduur van het gewas.

Overige grond- en hulpstoffen

Hieronder vallen eventueel overige benodigde materialen. De kosten zijn bij de leveranciers verzameld. Indien de materialen meerdere teelten of jaren meegaan, is er ingeschat hoe vaak het hulpmiddel kan worden ingezet en zijn de kosten door deze factor gedeeld.

Afzetkosten

Onder deze post vallen onder andere transport- en opschepkosten, kosten voor keuringen en certificeringen. De kosten hiervan zijn nagegaan bij betreffende bedrijven, keuringsinstanties of veilingen.

Overige productgebonden kosten

Onder deze post vallen onder andere de kosten voor grondonderzoek, sorteren, drogen en schonen et cetera. De kosten zijn nagevraagd bij onderzoeksdiensten en bedrijfsleven.

Berekende rente

De berekende rente is de rente op het omlopend vermogen. In de saldi wordt er een rentepercentage van 3.4% aangehouden over de kosten van uitgangsmateriaal, bemesting en gewasbeschermingsmiddelen. Er wordt voor producten die direct na de oogst worden afgezet gerekend met een looptijd van 2-5 maanden en bij bewaarproducten met 8 maanden.

Dit rentepercentage is gebaseerd op informatie vanuit De Nederlandse Bank. Het rentepercentage is de gemiddelde rente van de afgelopen 5 jaar op zakelijke kredieten en nieuwe woninghypotheken. Daarbij is gerekend met een opslag van 1% voor roerende goederen.

Loonwerk

Bij de post loonwerk zijn diensten en werkzaamheden opgenomen, die bij de betreffende gewassen zelden of nooit in eigen beheer worden verricht. De loonwerkkosten zijn gebaseerd op de KWIN-AGV of literatuurbronnen.

Arbeidsbehoefte

De weergegeven arbeidsbehoefte is voor de werkzaamheden, die meestal in eigen beheer worden verricht. Deze zijn gebaseerd op de in de praktijk en de meest voorkomende mechanisatie. Daarbij is geen rekening gehouden met mogelijke verschillen als gevolg van schaalgrootte en specialisatie tussen bedrijven. Voor de meerjarige gewassen zijn activiteiten zoals het planten gecorrigeerd voor de levensduur van het gewas.

Eco-regeling

De eco-regeling is onderdeel van het GLB-beleid (Gemeenschappelijk LandbouwBeleid). In de eco-regeling zijn een aantal maatregelen opgenomen verdeeld over vijf doelen; klimaat, bodem en lucht, water, landschap en biodiversiteit. Afhankelijk van het doel van de maatregel wordt er een aantal punten per hectare gerekend. De uiteindelijke uitkomst is afhankelijk van de bedrijfsgrootte en of de instapeis wordt behaald. Hierna volgt de waarde van de gecombineerde maatregelen op bedrijfsniveau. Dit kan afhankelijk van de score brons, zilver of goud zijn. De score brons is EUR 60,- per hectare, zilver EUR 100,- en goud is EUR 200,-.

In de tabellen is per gewas aangegeven of en onder welke noemer het gewas is opgenomen in de eco-regeling. Wanneer een gewas, bijvoorbeeld brandnetels, niet is opgenomen als vezelgewas, kan jaarlijks een aanvraag worden ingediend bij RVO. Een gewas, zoals brandnetels, zou bij akkoord van RVO kunnen worden opgenomen. In de tabel staat dus alleen de huidige situatie.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food & Biobased Research
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
E info.wfbr@wur.nl
wur.nl/wfbr

Rapport 2551
ISSN 0000-0000

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

