



BIOBASED CO-BENEFITS BEOORDELEN OP WAARDE

FEBRUARI 2020



VOORWOORD



Het voor u liggende rapport is tot stand gekomen op verzoek van Esther Veenendaal en Diederik Heij van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) binnen de scope van circulaire biobased infra applicaties. Het blijkt dat het proces van showcase naar business case langzaam verloopt. Enerzijds heeft dit te maken met de informatie asymmetrie tussen aanbod en vraagzijde en de onduidelijkheid van het daadwerkelijk bestaan van een markt. Hierbij wordt niet altijd dezelfde ‘taal’ gesproken in de keten en daarnaast zijn er nog weinig echte showcases. Anderzijds lijkt het in de praktijk erg moeilijk om de waarde, ook wel de co-benefits van circulair biobased oplossingen goed te duiden. Op zich is dit logisch omdat nieuwe materialen en oplossingen veelal langs de meetlat van de traditionele materialen en oplossingen gelegd worden!

Circulair is tegenwoordig een voorwaarde voor nieuwe materialen, en terecht! Ook bij biobased materiaal ontwikkelingen wordt er bewust nagedacht over de wijze van recyclen na de levenscyclus en de inzet van lokale hernieuwbare grondstoffen aan de voorkant van de levenscyclus; dit heeft direct invloed op de LCA. In dit rapport wordt er daarom gesproken over circulaire biobased materialen (tenzij het materiaal afbreekbaar is in haar applicatie).

Middels een Life Cycle Costing (verder afgekort LCC) benadering worden in dit rapport enkele voorbeelden benoemd waarbij de toegevoegde waarde in de technische, functionele of economische levensduur van het product verantwoord kunnen worden. Denk hierbij aan minder onderhoud, reductie van reststromen, geluidreductie e.d. Deze benadering en de meerwaarde ervan is bij opdracht-

gevers (verschillende overheden) als bij producenten of leveranciers nog niet goed bekend. De LCC is een optelsom van de Life Cycle Analyse (LCA; uitgedrukt in euro's via de Milieu Kosten Indicator) en de Milieu Kosten Baten Analyse (MKBA). De MKBA kan in sommige gevallen kwantitatief uitgedrukt worden, echter in veel gevallen ook nog niet (zoals bijvoorbeeld geluidsreductie). De LCC van een materiaal is applicatie en project afhankelijk en kan een criterium zijn bij duurzaam inkopen.

Middels dit rapport komt er eerste basisinformatie beschikbaar ten behoeve van de bewustwording van de kansen en voordelen van LCC bij inkopen en hiermee de kennis asymmetrie te verkleinen. De strekking van dit rapport is gebruikt in de Community of Practice “Co-benefits circulaire biobased Infrawerken” (verder afgekort CoP Co-benefits). De showcases uit dit rapport zullen op basis van de ontsloten kennis, voorbeelden en voortschrijdend inzicht uit de CoP Co-benefits verder bijgewerkt en aangevuld worden met nieuwe voorbeelden. Uiteindelijk wordt hiermee de transitie naar een circulaire biobased maatschappij versneld.

In dit rapport worden leveranciers en productnamen genoemd, omdat de betreffende producten onderdeel zijn van het LCC-onderzoek. Maar het gaat nadrukkelijk om de biobased kenmerken van deze producten. Er zijn vaak vergelijkbare (prototype)producten verkrijgbaar, welke allemaal hetzelfde duurzame doel nastreven. Een inkoper van de overheid mag geen specifieke producten uitvragen. De inkoper zal altijd de kenmerken van het product moeten benoemen (functioneel aanbesteden) of de beoogde voordelen ervan,



zodat leveranciers met hun eigen product kunnen inschrijven op de aanbesteding. Op basis van functionaliteit en duurzaamheid kunnen materialen zich dus onderscheiden.

Esther Stapper
's-Hertogenbosch
Februari 2020



MANAGEMENT SAMENVATTING



Aanleiding

De transitie naar duurzame energie en naar een circulaire economie zijn belangrijke transities om de klimaatdoelstellingen te halen. Omdat de overheid met een jaarlijkse inkoop van 73 miljard euro een grote inkoopkracht heeft, richt de overheid zich op maatschappelijk verantwoord inkopen als aanjager van deze duurzame transities. Vanaf 2023 zullen alle overheidsinkopen duurzaam uitgevraagd worden. Een onderdeel hiervan is biobased inkopen. Dit rapport richt zich op het circulair inzetten van biobased producten (met uitzondering van de biologisch afbreekbare producten) en niet op circulaire producten. Het blijkt dat, op basis van de interviews, nieuwe producten biobased ontwikkeld worden, maar tevens recyclebaar zijn.

Circulaire biobased producten kunnen een alternatief zijn voor bestaande producten die vanwege hun productieproces en/of (fossiele) grondstoffen voor meer CO₂-uitstoot kunnen zorgen en voor meer schadelijke afvalstromen bij einde levensduur. Circulaire biobased producten kunnen naast vervanging van bestaande producten, ook compleet nieuwe en innovatieve oplossingen voor bestaande problemen zijn. Aangezien biobased inkopen relatief nieuw is, wordt het nog niet op grote schaal toegepast. Wel zijn er voorbeelden van kleinschalige toepassingen. Dit rapport is opgesteld om de potentie van biobased producten in beeld te brengen, door middel van het waarderen van de milieubesparing en de co-benefits van biobased producten over de totale levenscyclus.

Probleemstelling

Er zijn diverse voorbeelden van circulaire biobased producten die door overheden zijn aangeschaft en toegepast. De schaal ervan blijft tot nu toe beperkt. De mate waarin de productie opgeschaald kan worden is afhankelijk van verdere technologische ontwikkeling en van potentiële winstgevendheid (er moet een markt zijn). Dit betekent, dat de inkopen op grotere schaal moeten plaatsvinden. Er wordt verondersteld dat circulaire biobased producten duurder zijn, waardoor ze economisch gezien geen goed alternatief lijken voor traditionele fossiel gebaseerde producten. Daardoor lijken overheidsinkopers zich af te laten schrikken. Door bij de inkoop te veel focus te leggen op de aanschafprijs van circulaire biobased producten wordt een drempel gecreëerd om op grotere schaal circulaire biobased producten in te kopen. Het inkoopproces zal moeten kantelen van een laagste aanschafprijs naar een meer duurzame, functionele en LCC-benadering. Door deze benadering kan inzichtelijk worden gemaakt, dat circulaire biobased producten tegelijk duurzaam én economisch interessant kunnen zijn. Samengevat wordt er gesproken over de LCC, dit leidt tot een hogere bewustwording bij in- en verkopende partijen.

De bewustwording over de (on)mogelijkheden zal aan in- en verkopende zijde moeten verbeteren. Herkenbare en uitgewerkte voorbeelden helpen hierbij. Het is echter nog een hele uitdaging om de toegevoegde waarde van nieuwe producten te ontdekken, omdat deze vergeleken (en ingekocht) worden via traditionele methodes en normen. Toch zeker wanneer deze meestal bij toeval ontdekt worden in praktijktoepassingen. Hierbij zal een “warme” samenwerking



tussen in- en verkoop helpen om marktrijpe producten te realiseren. Die samenwerking moet ervoor zorgen dat de informatieasymmetrie tussen vraag- en aanbod zijde grotendeels opgeheven wordt. Dit is geen makkelijke taak, omdat niet altijd dezelfde taal gesproken wordt.

Doelstelling

De doelstelling van deze studie is om tot een praktisch document te komen waar 5 concrete circulaire biobased cases in de infrasector worden toegelicht op het niveau van LCC in plaats van de aanschafprijs. Dit moet inkopers van onafhankelijke informatie en inzichten voorzien en ondernemers prikkelen om hun producten ook conform LCC-methodes te positioneren. Hierdoor zal het bewustzijn voor verdere vergroening door de hele keten meer vorm en inhoud krijgen. Dit is noodzakelijk om in een volgend niveau van de transitie te komen.

Aanpak

In dit rapport zijn een vijftal concrete voorbeelden van circulaire biobased showcases voor de buitenruimte uitgewerkt in termen van LCC. Deze is gebouwd uit enerzijds de directe kosten voor de klant TCO en anderzijds de maatschappelijke kosten, als de Milieu Kosten Indicator (MKI) en Milieu Kosten Baten Analyse (MKBA). Het gaat hier om biobased asfalt voor een wegdek, biobased beton voor geluidschermen, biobased lantaarnpalen, biobased walbeschoeiingen en biobased keepersysteem (boomankers). Aan de hand van uitgewerkte LCC-voorbeelden komen informatie en praktijk showcases beschikbaar die als voorbeeld bij opdracht gevende- en nemende partijen kan dienen.

Deze informatie wordt als input gebruikt voor de CoP Co-benefits waar meer voorbeelden uitgewerkt worden. Ervaringen van vraag- en aanbodzijde komen samen in CoP Co-benefits, nieuwe samenwer-

kingsvormen ontstaan, wijze van uitvragen op basis van LCC e.d. worden uitgewisseld. Een beter wederzijds begrip, de wil om te veranderen en de zoektocht naar toegevoegde waarde tijdens de levenscyclus zijn hierin cruciaal. Afhankelijk van de rol van de stakeholder zullen co-benefits van de showcase anders “vertaald” moeten worden. Zo zal de manager een hogere abstractie en de projectleider meer technische details willen hebben.

Tijdens het jaarlijkse event Natural Fibertastic (18 april 2019) is de CoP Co-benefits gestart. De CoP Co-benefits heeft als doel het ontsluiten en inzicht genereren voor het omzetten van functionele en milieutechnische waarde naar euro's. Volgende editie is op 16 april 2020.

Conclusie

Door de keuze van de vijf benoemde cases blijkt een variatie in opties, e.e.a. project- en omvang afhankelijk of andere oplossingsrichtingen voor hetzelfde probleem, waarmee een één-op-één LCC vergelijk niet altijd te maken is. Door de MKI in de toekomst mee te rekenen in de kostprijs van producten gaat de vervuiler betalen. De CoP Co-benefits zal een actieve rol hebben, zodat e.e.a. leidt tot een (organisch) en inspirerend document met meer praktische voorbeelden en een aanpak om LCC op te nemen als gunningscriterium bij nieuwe aanbestedingen. Daarnaast zijn deze LCC-voorbeelden een aanleiding om gericht op zoek te gaan naar de verborgen eigenschappen in circulaire biobased materialen. Middels deze rapportage wordt een belangrijk statement gemaakt; dat er meer naar integrale waarde van de gebruikscyclus gekeken moet worden dan alleen naar de aanschafprijs. Het doel is dat na het lezen van dit rapport het bewustzijn en de rol van LCC bij duurzaam inkoopprocessen vergroot zijn. Mogelijke inspiratie kan als energie in de CoP Co-benefits fungeren voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer.



Op basis van aanschafprijs zijn biobased producten niet altijd de beste optie. Wanneer er uit wordt gegaan van een TCO-vergelijk verandert dit vaak. Dit komt dan meestal doordat de biobased oplossingen kostenbesparingen opleveren in de gebruiks- of exploitatiefase. Het meenemen van maatschappelijke (milieu) kosten aan de hand van MKI- en MBKA-waardes pakt vaak voordelig uit voor biobased producten ten opzichte van fossiele alternatieven. Tot slot kunnen co-benefits een positief effect hebben op de keuze voor een biobased product. Wat deze co-benefits zijn verschilt per product en per toepassing. Bovenstaande betekent, dat overheidsinkopers in hun besluitvorming TCO, MKI en MKBA (samen LCC) als co-benefits moeten laten meewegen.

Discussie en aanbeveling

In de bepalingsmethode van de MKI berekening kan de opslag van CO₂ in de biobased grondstoffen (nog) niet verrekend worden in Life Cycle Analysis (LCA). Dit komt omdat deze CO₂ alsnog vrijkomt aan het einde van de levenscyclus wanneer het product niet hergebruikt wordt. Echter in infrawerken zitten materialen (en dus CO₂) in veel gevallen meer dan 50 jaar opgesloten en hebben daarmee praktisch gezien een lange tijd een toegevoegde waarde in de CO₂-reductie doelstellingen. Aanbevolen wordt om naast de MKI ook een (captured) CO₂ paragraaf op te nemen in de gunningscriteria van de aanbestedingsdocumenten om "groene" applicaties te blijven ontwikkelen; juist in de huidige overgangperiode. Aangezien het een complexe materie betreft is er het voornemen is wordt aanbevolen om dit rapport te delen in de CoP Co-benefits en het als basisdocument te gebruiken in de training "Circulair biobased in de infrawerken", voor professionals, van het Natuurvezel Applicatie Centrum.



INHOUDSOPGAVE



Voorwoord	2	4. Community of Practice “Co-benefits circulaire biobased infrawerken”	30
Management samenvatting	4	5. Conclusie	32
1. Inleiding	8	6. Discussie en aanbeveling	34
1.1. Aanleiding	8	7. Verklarende woordenlijst	36
1.2. Probleemstelling	12	8. Referenties (literatuur en interviews)	38
1.3. Doelstelling	13	BIJLAGE 1. Interviews en deskresearch uitwerkingen	39
1.4. Aanpak	13		
1.5. Leeswijzer	14		
2. Scouten van showcases	15		
2.1. Waarde en waardering	16		
2.2. Milieu Kosten Baten Analyse	18		
3. 5 LCC-cases	19		
3.1. Biobased asfalt	19		
3.2. Biobased beton	22		
3.3. Biobased lantaarnpaal voor fiets- en wandelpad	25		
3.4. Biobased beschoeiing	26		
3.5. Biobased keepersysteem	28		



1. INLEIDING



1.1. Aanleiding

De transitie naar duurzame energie en naar een circulaire economie zijn belangrijke transities om de klimaatdoelstellingen te halen. Omdat de overheid enerzijds met een jaarlijkse inkoop van 73 miljard euro een grote inkoopkracht heeft en ze anderzijds vanaf 2023 alle inkoop uitvragen duurzaam op de markt moet zetten, richt de overheid zich op maatschappelijk verantwoord inkopen als aanjager van deze duurzame transitie. Hierbij richt ze zich ook op biobased inkopen. Dit legt de focus op het circulair inzetten van biobased producten en niet op technisch circulaire producten (die niet noodzakelijk biobased zijn). Het blijkt dat, op basis van de interviews, nieuwe producten biobased ontwikkeld worden en tevens recyclebaar zijn. Circulaire biobased producten kunnen een alternatief zijn voor bestaande producten die vanwege hun productieproces en (fossiele) grondstoffen voor meer CO₂-uitstoot kunnen zorgen tijdens het productieproces en voor meer schadelijke afvalstromen bij einde levensduur.

Binnen deze transitie is er de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar circulaire en biobased materialen. Het is aannemelijk dat circulaire biobased materialen een belangrijke rol zullen spelen in de uitvoer van het klimaat- en CO₂-akkoord; immers in biobased materialen zit CO₂ opgeslagen.

Er zijn op basis van deze nieuwe materialen diverse applicaties ontwikkeld, bijvoorbeeld voor in de buitenruimte (bouw- en infra-werken). Meestal gebeurt dit vanuit de laboratorium schaal naar pilot en (semi)works schaal. Door op semi-industriële schaal te produceren

kan er een beter zicht verkregen worden van de processingscondities en kan er een applicatie c.q. showcase in een relatief vroeg stadium gerealiseerd worden. Hiermee komen snel kentallen van de productie beschikbaar en wordt er applicatiekennis ontsloten vanuit de markt (verwerker en opdrachtgever). Verder wordt vastgesteld hoe de markt (de gebruiker) erop reageert en komt inzicht beschikbaar in de verwerking en assemblage van de materialen tot een product. Meestal wordt na de realisatie een monitorings- en onderhoudsprogramma uitgevoerd om vast te stellen of en hoe de applicatie/toepassing *fit for purpose* is in de tijd. Showcases fungeren hier als middel om de innovatie een stap verder te krijgen op de Technology Readiness Level ladder. (verder afgekort TRL; zie toelichting in paragraaf 1.1.2.) In parallel worden ook andere marktsectoren ontwikkeld, zoals verpakkingen, automotive, transport, onderhoud e.d.

Circulaire biobased producten kunnen naast vervanging van bestaande producten, ook compleet nieuwe en innovatieve oplossingen voor bestaande problemen zijn. Aangezien biobased inkopen relatief nieuw is, wordt het nog niet op grote schaal toegepast. Wel zijn er voorbeelden van kleinschalige toepassingen. Dit rapport is opgesteld om de potentie van circulaire biobased producten in beeld te brengen, door middel van het waarderen van de kosten- en milieubesparing als co-benefits van biobased producten over de totale levenscyclus.

1.1.1. Milieu Kosten Indicator (MKI)

De MKI zegt iets over de milieulast in euro's van een product in de keten tijdens de levenscyclus. Naast broeikaseffect (koolstofdioxide)



geeft een MKI-inzicht in meerdere milieu-impact factoren als verzuuring, impact op het aquatisch milieu, ed. Milieuprestatie berekeningen moeten voldoen aan de 'Bepalingsmethode milieuprestatie gebouw en GWW-werken'. Stakeholders uit de bouwketen worden hiermee in staat gesteld om duurzame keuzes te maken op basis van een nationale rekenmethode en database. Hiermee komt er meer duidelijkheid over welke producten wel of niet duurzaam zijn. In de praktijk staan er nog weinig biobased producten in de Nationale Milieu Database, dit beperkt de zichtbaarheid. Vaak zitten deze producten nog in TRL-niveau 4-7, waarmee er nog over prototypes wordt gesproken en geen volwaardige producten. Bijproducten uit andere ketens betreffen allocatieprocessen en worden conform de bepalingmethode bepaald naar de economische waarde van de diverse productstromen.

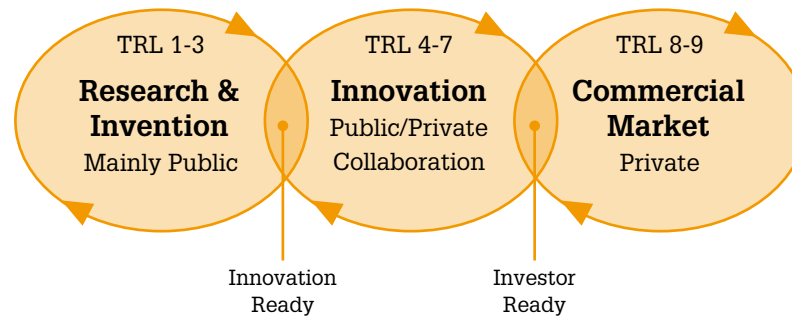
Voorbeeld: Lignine komt vrij bij de productie van papierpulp. Het hoofdproduct in de pulpfabriek is cellulose vezels, het bijproduct is lignine. De lignine vindt zijn weg als brandstof in diezelfde pulp- en papierfabrieken voor de energievoorziening van het productieproces. Parallel wordt er gekeken of lignine hoogwaardiger ingezet kan worden als bitumen vervanger in asfalt. De inzet van lignine als brandstof vermijdt de inzet van fossiele brandstof én een extra transport beweging naar de asfaltproducenten. De papierbranche lijkt er (nog) geen belang bij te hebben om de lignine enerzijds aan de asfaltindustrie te verkopen, want in plaats van lignine moet de papierfabriek fossiele brandstoffen inkopen. Anderzijds bepaalt de economische waarde van de cellulose vezels en de lignine de MKI-waardes.

De data zoals opgenomen in de betreffende LCC-tabellen zijn gebaseerd op data van de leveranciers (via interviews) en/of publiek beschikbare gegevens. Deze hebben dus een indicatieve of exemplarische functie en zijn niet of beperkt door ons gevalideerd.

1.1.2. Valley of Death

De 'Valley of Death' begint vanaf TRL-niveau 4 en loopt door tot en met TRL 7. Dit vraagt om een samenspel tussen publieke en private partijen om producten vanuit een 'innovatie' door te ontwikkelen naar een 'investeringscasus'. Het Britse bureau CPI geeft dit weer in afbeelding 1.1.

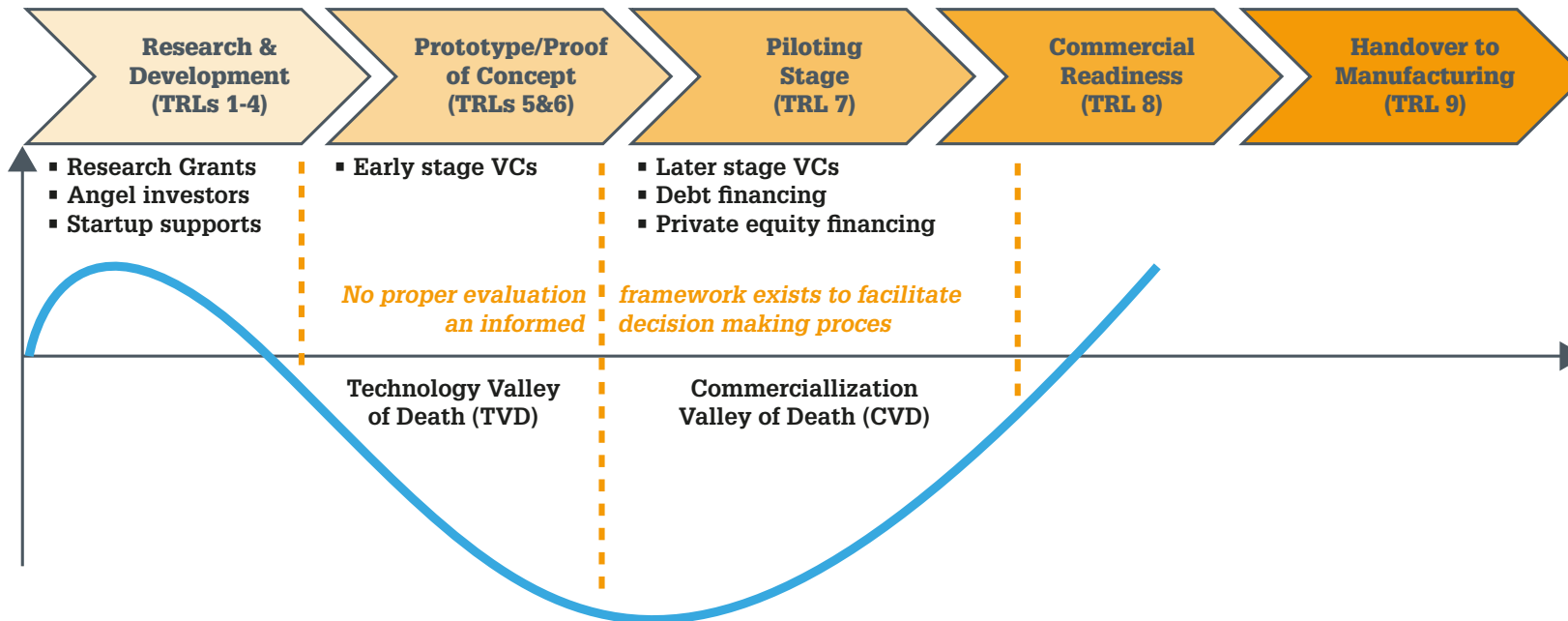
Afbeelding 1.1. De 'Valley of Death', ook bekend als de innovatiekloof tussen TRL 4 en 7



Vaak wordt aangegeven dat de vallei 'technologisch' van aard is. Met andere woorden: het product is kennelijk nog niet ver genoeg ontwikkeld. In een artikel van Bürer en Wüstenhagen wordt de vallei in relatie gebracht tot 'technology push' en 'market pull'. Ergens tussen niveau 4 en 7 zit volgens de auteurs de omslag van de 'technology push' naar 'market pull'. Anders gesteld, de vallei is niet alleen technologisch van aard, maar (juist) ook commercieel, zie afbeelding 1.2. Gadhamshetty Venkataramana maken in hun artikel dezelfde tweedeling in de vallei. Zij geven aan dat het technologische deel van de vallei in de TRL's 5 en 6 zit, terwijl het commercialisatie deel TRL 7 betreft.



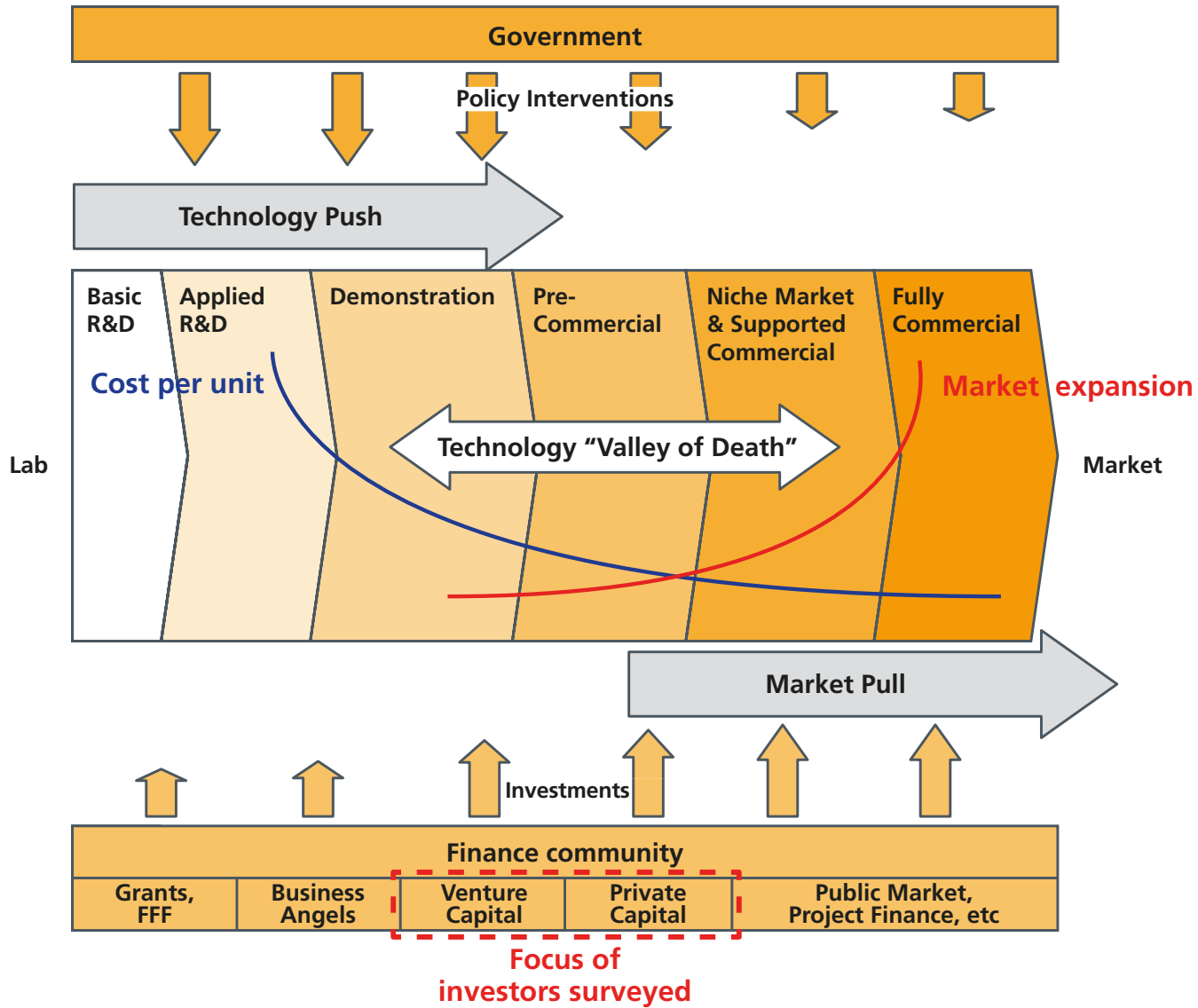
Afbeelding 1.2. Technologische en commercialisatie deel op de TRL-ladder



Gadhamshetty Venkataramana én Bürer en Wüstenhagen maken daarnaast ook een koppeling naar de financiering. Om uit de vallei te komen is financiering voor de verder productontwikkeling en commercialisatie nodig. Waar in de eerste 3 TRL's het vaak de publieke partijen zijn die financieren, zijn het de grotere private

partijen die de financiering op zich nemen vanaf TRL 8. Echter, voor de TRL's 4 tot en met 7 is, zowel vanuit de publieke als private financiers, beperkte financieringsbereidheid. Bürer en Wüstenhagen geven dat weer in afbeelding 1.3.

Afbeelding 1.3. Financieringsbronnen voor innovaties



Marktfalen

Gadhamshetty Venkataramana geven aan dat er geen evaluatie raamwerk is om tot weloverwogen besluitvorming te komen. In het artikel 'The Valley of Death for new energy technologies' geven de auteurs vijf redenen waarom commercialisatie van innovatie vanuit de 'Valley of Death' lastig is:

1. Informatie asymmetrie: de ondernemer weet meer van het product (en wat het product kan) dan de mogelijke investeerder (of afnemers);
2. Een technology push genereert paradoxaal genoeg onzekerheid over het daadwerkelijk bestaan van een markt, voordelen voor de klant en winstgevendheid;
3. Onzekerheid of het nieuwe product de juiste eigenschappen heeft om succesvol mee te kunnen concurreren en hoe de concurrenten hierop gaan reageren en met welke ontwikkeling zij bezig zijn;
4. Volatiliteit van zowel de financiële markten als de markt waar het product geïntroduceerd wordt, wat leidt tot een hoge eisen aan de 'rates of return';
5. Veel van de 'assets' in het bedrijf (zoals patenten, kennis & kunde, marktkennis) zijn moeilijk in financiële waarde om te zetten en kunnen daarom niet als onderpand worden ingezet.

1.2. Probleemstelling

Steeds meer overheidsinkopers hebben de ambitie Maatschappelijk Verantwoord In te kopen (MVI), echter wordt verondersteld dat circulaire biobased producten duurder zijn, waardoor ze economische gezien geen goed alternatief lijken voor traditionele fossiel gebaseerde producten. Hierdoor laten overheidsinkopers zich afschrikken door (veronderstelde) hogere aanschafprijzen. Door bij de inkoop te veel focus te leggen op de aanschafprijs wordt een drempel gecreëerd om op grotere schaal circulaire biobased producten in te kopen. Het inkoopproces zal moeten kantelen van een laagste aanschafprijs naar een meer op duurzaamheid gerichte, functionele

en LCC-benadering. Door deze benadering kan inzichtelijk worden gemaakt, dat circulaire biobased producten tegelijk duurzaam én economisch interessant kunnen zijn. Samengevat wordt er gesproken over de LCC, dit leidt tot een hogere bewustwording bij in- en verkopende partijen.

De (vaak) niet in euro's uit te drukken co-benefits (MKBA) worden vaak niet opgenomen als inkoopcriterium omdat kwalitatief beoordelen moeilijk is wanneer men niet zeker weet dat appels met appels vergeleken worden. Er zijn diverse voorbeelden van circulaire biobased producten die door overheden zijn aangeschaft en toegepast. De schaal ervan blijft tot nu toe beperkt. De mate waarin de productie opgeschaald kan worden is afhankelijk van verdere technologische ontwikkeling en van potentiële winstgevendheid (er moet een markt zijn). Dit betekent dat de inkoop op grotere schaal moeten plaatsvinden.

Door het meer bewust maken van in- en verkopende diensten van andere inkoopcriteria, zoals TCO, MKI en MKBA, kan in nieuwe aanbestedingen minder naar aanschafkosten gekeken worden en meer naar waarde gedurende de levenscyclus van het product. Binnen een eerste praktijkkader zijn in dit rapport een 5-tal circulaire biobased showcases voor de buitenruimte uitgewerkt in termen van LCC. De LCC-aanpak zorgt er enerzijds voor dat traditionele producten niet één-op-één vervangen worden door een circulair biobased materiaal. Materialen worden daar ingezet waar ze een toegevoegde waarde leveren aan het product. (in veel gevallen zijn de co-benefits nog niet bekend). Nieuwe en unieke eigenschappen en het duurzame karakter van het materiaal zullen daarin bepalend zijn.

Technologisch

De bewustwording van de (on)mogelijkheden zal aan beide kanten (dus bij in- en verkopende partijen) moeten verbeteren. Herkenbare





en uitgewerkte voorbeelden helpen hierbij. De volgende uitdaging in het transitieproces is de opschaling van een showcase naar een business case. Dit betekent dat de vraag gestaag meer gemobiliseerd moet worden, zodat aan de aanbodkant langere productie runs gemaakt kunnen worden en men meer competitief kan worden met traditionele producten. Veel circulaire biobased producten zijn nu nog duurder dan de gangbare alternatieven en de mogelijke co-benefits zijn nog niet benoemd. Ondanks de goede communicatie en PR-activiteiten moeten er ook andere routes ingezet worden om de showcases meer main stream te laten worden.

Commercieel/Sociaal

Één van de meest genoemde redenen waarom het moeilijk is om innovaties op de markt te brengen is de zogenaamde 'Valley of Death'. Een fase op de TRL-ladder waar financiering voor verdere ontwikkeling schaars is en waar de maturiteit van het product nog onvoldoende is om voldoende marktpotentie aan te tonen. In de volgende paragrafen wordt hier wat dieper op ingegaan om meer bewustzijn te creëren. Enerzijds voor de verkopende diensten in relatie tot de huidige inkoopcriteria en anderzijds voor de inkopende diensten waar uitdagingen zitten bij de meeste nieuwe circulaire biobased prototypes en producten.

In de praktijk blijkt dat nieuwe (onbekende) oplossingen op weerstand stuiten. Gedragsverandering is hierin key. De leverancier van de boomkeepers (zie paragraaf 3.5) heeft daarom de methode Magneet ontwikkeld, een methode die zich richt op gedragsverandering. Voor meer informatie zie Methode Magneet (ref. Green Deal Biobased Producten voor Openbare Ruimte).

1.3. Doelstelling

De doelstelling van deze studie is om tot een praktijkdocument te komen waar vijf concrete circulaire biobased cases in de infrasector

worden toegelicht op het niveau van LCC in plaats van de aanschafprijs. Dit moet leiden om inkopers van onafhankelijke informatie en inzichten te voorzien en ondernemers te prikkelen om hun producten ook conform LCC-methodes te positioneren. Hierdoor zal het bewustzijn voor verdere vergroening door de hele keten meer vorm en inhoud krijgen. Dit is noodzakelijk om in een volgend niveau van de transitie te komen.

1.4. Aanpak

In het kader van de vraag van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland om circulaire biobased producten in beeld te krijgen bij inkopende afdelingen van de overheid, is de LCC-aanpak toegepast in een vijftal praktijkvoorbeelden. Aan de hand van deze uitgewerkte showcases wordt een eerste poging gedaan om naast kosten ook de toegevoegde waarde van de circulaire biobased producten te waarderen. Hierdoor komen informatie en praktijk showcases beschikbaar die als LCC-voorbeeld bij opdracht gevende- en nemende partijen kan dienen. De LCC kan als criterium voor duurzaam inkopen meer en meer opgenomen worden. Een LCC kan inzichten en handvatten bieden om het duurzame inkoopproces voor circulaire biobased producten te vergemakkelijken en te onderbouwen. Aan de andere kant is er ook aandacht voor design, onderhoud en dat de showcase vervat is in een productlijn. Regelmatig is waar te nemen dat er bijvoorbeeld wel een biobased bank voor de buitenruimte ontwikkeld wordt, maar zonder tafel of prullenbak, waardoor de opdrachtgever geen totaaloplossing kan kopen.

Er is gekozen voor een pragmatische aanpak met de focus op waarde in de tijd (en dus niet op aanschafkosten). Hiertoe worden met name Nederlandse circulaire biobased showcases en (prototype) producten gescout. Middels interviews wordt een aanzet gemaakt om de LCC in beeld te krijgen. Deze informatie wordt vervat in dit rapport en als basis gebruikt voor de CoP Co-benefits om een bredere disse-

minatie te krijgen. Een concreet voorbeeld is hier de deelname aan Natural Fibertastic 2019. De uitgewerkte voorbeelden dragen bij aan de bewustwording aan in- en verkoopzijde door deze te delen en te behandelen in de CoP Co-benefits, waar vraag en aanbod elkaar treffen. Een beter wederzijds begrip, de wil om te veranderen en de zoektocht naar toegevoegde waarde tijdens de levens-/gebruikscyclus zijn hier cruciaal in. Afhankelijk van de rol van de stakeholder zal de LCC van de showcase anders “vertaald” moeten worden. Zo zal de manager een hogere abstractie en de projectleider meer technische details willen hebben.

De community heeft als doel het ontsluiten van meer LCC-voorbeelden in de toekomst en inzicht genereren voor het omzetten van functionele en milieutechnische waarde naar euro's. Tijdens het jaarlijkse event Natural Fibertastic 2019 is de CoP Co-benefits gestart; 18 april 2019 (175 deelnemers). Volgende editie is op 16 april 2020.

De aanschafprijs en de MKI-waarde van de traditionele niet-biobased referent wordt in de LCC-cases met 100% aangeduid. Er is voor deze verhoudingstabellen gekozen omdat de exacte cijfers concurrentiegevoelige informatie bevatten.

1.5. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een algemeen overzicht (zonder volledig te zijn) van reeds bekende circulaire biobased showcases in de buitenruimte. Hoofdstuk 3 geeft een verdieping indicatieve LCC-uitwerking (samengesteld uit de TCO en MKI/MKBA-analyses) van enkele benoemde showcases. De waardering van de verschillende aspecten binnen de cases kunnen in de tijd op basis van praktijkervaring veranderen. In de bijlage vindt u een verdere verdieping per showcase op basis van de interviews.

Hoofdstuk 4 beschrijft het doel en werkzaamheden van de community of practice. Hierin staat samenwerking en de mens centraal. Deze rapportage wordt afgesloten met een conclusie, discussie over de showcases en enkele aanbevelingen. In bijlage 1 zijn de interviews met de vijf case eigenaren verder uitgewerkt.



2. SCOUTEN VAN SHOWCASES



Via een deskresearch, het raadplegen van experts binnen het netwerk en het houden van interviews met m.n. ontwikkelaars/producenten zijn de volgende Nederlandse circulaire biobased materialen, (proto-

type) producten en productnamen/leveranciers naar voren gekomen, zie Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Circulaire biobased materialen en (prototype)producten.

CIRCULAIRE BIOBASED MATERIAAL	PRODUCTEN (PROTOTYPE)	PRODUCTNAAM/PRODUCT LEVERANCIER
Biobased asfalt	Fietspad, wegvak(ken) (N-weg)	Latexfalt, Lynpave, Ecopave, KonweBio, Bioasfalt
Biobased beton	Geluidsscherm, rammelstrook, banken, fietspad, tegels	Strukton Beton, Durisol, Heijmans, Volkerwessel, Concrete Valley, BioBound
Biobased thermoplastische composiet	Walbeschoeiing, betuining, trap, banken, hekwerk, schikhek, poort, plantenpot, geleiderail (i.o.), informatie- en bouwboard	BATO Plastics, Dragon Plastics, Millvision, Rodenburg Biopolymers, Bureau Waardenburg
Biobased thermoset composiet	Brug, verkeersbord, buiten meubilair, façade viaduct	Nabasco, Exel Composites, Project DRIVE
Biobased thermoplastische kunststoffen	Markering/belijning, geotextiel/ worteldoek, gietrand/wortelwering, doorgroeiplaten, harpoenpaal, mantel buizen, keepersysteem, BESE-elements (mosselkratten) en verkeersborden (bio-pe)	Veluvine, Natural Plastics, Rodenburg, Greenmax, Joosten Kunststoffen, T&F (Bonar), Ten Cate
Biobased mineraal composiet	Gevelpanelen, verkeersbord	Kerloc
Verduurzaamd hout	Brug, trap, beschoeiing, geleiderail, lantaarnpaal	Wijma Kampen, Eurorail, Dutch Tulip, Van Vliet (TimberLED), Accoya, Plato Wood
Overige	Grondverbetering, organische geluidsscherm, verkeersborden (bamboe e.d.).	Ecostyle, Bio-kultura, BioBlocks, Greenwall, Kokosystems, HR-groep



De genoemde circulaire biobased materialen worden hieronder kort toegelicht;

1. Biobased asfalt; in biobased asfalt is een deel van het fossiele bindmiddel (bitumen) vervangen door een hernieuwbaar bindmiddel, zoals bijvoorbeeld lignine, kool- en lijnzaadolie.
2. Biobased beton; in biobased beton is een deel van de vulstoffen (zand/grind) vervangen door een organische vezel. Huidige ontwikkelingen concentreren zich ook op het vervangen van het bindmiddel (cement).
3. Biobased thermoplastische composiet; is een vezel versterkt samengesteld materiaal dat bestaat uit een organische vezel en een biobased materiaal (polymeer) dat verzacht onder verhitting, zoals zetmeel, PLA, PHA e.d. De productie van de genoemde producten vindt plaats via o.a. extrusie, spuitgieten en rotatiegieten.
4. Biobased thermoset composiet; een biobased thermoset composiet is een vezel versterkt samengesteld materiaal dat bestaat uit een organische vezel en een meer componenten bindmiddel op basis van een (biobased) hars en harder(s). De composiet hardt uit op basis van een chemisch proces. De productie van genoemde producten vindt plaats aan de hand van een pulltrusie proces, vacuümvorming e.d.
5. Biobased thermoplastische kunststoffen; is een thermisch te vervormen polymeer(blend).
6. Biobased mineraal composiet: is een combinatie van een mineraal (binder) en een organische vezel.
7. Verduurzaamd hout is (lokaal) naald- of loofhout dat thermisch of chemisch verduurzaamd wordt en daarmee eigenschappen van hardhout kan behalen.
8. Categorie overige zoals organische blokken (Bioblock) t.b.v. geluidschermen of bekleding van kunstwerken.

2.1. Waarde en waardering

In de praktijk is te zien dat circulaire biobased materialen qua prijs direct vergeleken worden met de gangbare alternatieven. Aangezien in de meeste gevallen de circulaire biobased producten duurder zijn besluit de inkoopafdeling vaak voor de gangbare materialen op basis van *value for money* te kiezen. Het prijsverschil verantwoordt niet de mate van het groene karakter. Doordat de gangbare alternatieven op grote schaal en onder optimale condities geproduceerd worden, zal de kostprijs voorlopig lager blijven. Wil hier een kentering in komen dan moet er gekeken worden naar de waarde en de waardering van de biobased componenten in de applicatie in breder perspectief, zoals aspecten als life cycle, onderhoud, recyclebaarheid, arbeid, afval e.d.

Enkele jaren geleden heeft Millvision BV in samenwerking met Rodenburg Biopolymers en BATO Plastics een in de koudegrond afbreekbare plantenpot ontwikkeld die op basis van de toegevoegde waarde van het materiaal. Zie afbeelding 2.1.

Afbeelding 2.1. Middelste biobased plantenpot is deels gedegradeerd



Ondanks dat de aanschafprijs van de biopot 4x zo hoog is, heeft het toch een 3x gunstigere LCC dan de traditionele PP-pot. De biopot

wordt met plant en al in de grond gezet. Dit betekent dat elke plant sneller wordt geplaatst (minder manuren) dan wanneer de traditionele pot van elke plant gehaald moet worden (nog niet over de uitval van de planten gesproken bij het verwijderen van de plant uit de pot). Na 6 tot 8 weken is de pot voldoende biologisch afgebroken en kunnen de wortels via de zwakke plekken van de pot naar

buiten groeien. De pot blijkt een voedingswaarde te hebben voor de planten. Dit betekent dat de plant een beperkte hoeveelheid voeding nodig heeft, omdat het een deel uit de pot kan halen. Deze voeding zit tevens op de juiste plek, namelijk bij de wortels. Ook bleken de planten in de biopot minder uitval te hebben bij het plaatsen en in het werk. In Tabel 2.2 is de LCC biobased plantenpot weergegeven.

Tabel 2.2. LCC biobased plantenpot

	STANDAARD PP POT (€/POT)	BIOBASED POT (€/POT)	BIOBASED POT (€/POT) NA 2 JAAR
Aanschafkosten	0,06	0,24	0,20
Handling en afval	0,03	0,00	0,00
Plaatsing voordeel/uur		-0,16	-0,16
Reductie op (aanbrengen van) grondverbeteraar	0,25	0,05	0,05
MKI (schaduwprijs)	0,05	0,01	0,00
LCC/pot	0,39	0,14	0,09

Dit biobased voorbeeld wordt ondertussen veelvuldig gebruikt om de waarde t.o.v. een traditioneel product te waarderen. Deze methodiek kan waar mogelijk ook toegepast worden op de andere showcases. Het geldelijk waarderen van deels nog verborgen eigenschappen zal nog een hele uitdaging zijn.

Een ander voorbeeld

Veluvine heeft een thermoplastische markering/belijning op de markt onder de naam Thermolit Fabiola. Om wegmarteringen en belijning een verhoogde stroefheid te geven en een geringe geluidsbelasting is Veluvine uit gekomen op natuurlijke harsen als component in haar belijningsrecepten. Doordat de thermoplast op basis van natuurlijke bindmiddelen gemaakt is, wordt CO₂-reductie in balans gebracht ten opzichte van traditionele producten op basis van synthetische koolwaterstofharsen (fossiele grondstoffen). In dit voorbeeld werd

er gezocht naar een functionele toegevoegde waarde zonder actief te zoeken naar een natuurlijke grondstof en dus een biobased product op de markt te zetten. Hier lijkt aan de bio-variant dus een voordeel te zitten en kwalitatief uitgedrukt te worden aan de hand van een MKBA.

Op basis van de gescoute producten en zijn er 5 producten geselecteerd voor een verdiepingsslag op basis van waarde. Veel materialen kunnen ingezet worden in dezelfde applicaties. In de praktijk zullen producenten uit moeten gaan van de sterkte-eigenschappen en dienen materialen inzetten te worden in applicaties waar het een meerwaarde biedt. Door de LCC-aanpak in te zetten bij producten drijven vanzelf de meest geschikte materialen boven.



2.2. Milieu Kosten Baten Analyse

De Milieu Kosten Baten Analyse is de analyse van de maatschappelijke kosten en baten die medebepalend zijn voor materiaalkeuze zoals circulariteitsprincipes en dus mogelijke afvalproductie, klimaatverandering, gezondheid, biodiversiteit en de kwaliteit van het werk-/leefklimaat (geluid, stank). Deze factoren worden kwalitatief gewaardeerd in MKBA's, tenzij in studies kwantitatief gewaardeerd. De (on)voorzien effecten die met de biobased materialen bereikt worden zijn de (wel/niet in geld uit te drukken) baten. Deze kunnen negatief (maatschappelijke kosten) of positief (maatschappelijke baten) zijn. De kosten en baten kunnen gedurende de levensduur van het product bepaald worden. De LCA (MKI) zeggen iets over de LCC van het product tijdens de levenscyclus, terwijl de MKBA verder kan gaan dan de levenscyclus. Dit is tijd-, project- en locatieafhankelijk.



3. 5 LCC-CASES



3.1. Biobased asfalt

Biobased asfalt op basis van lignine zit in de prototype fase (TRL 4-5) en is (nog) niet klaar voor opschaling. Dit heeft met name te maken met de beperkte beschikbaarheid (en de hoge prijs) van de grondstof lignine. Doordat het opschalen van dit asfaltmengsel (nog) niet realistisch is, is er nog veel onbekend over lignine asfalt. Lynpave® is klaar voor opschaling en zit op TRL 7-8. In Lynpave® wordt biobased olie gebruikt als verjongingsmiddel bij gerecycled asfalt. De hoeveelheid biobased olie betreft ca. 5% van het bitumen aandeel in een asfaltmengsel. Biobased olie kan tevens ingezet worden als vervanger voor bitumen (Gravilyn®). Lynpave® is reed toegepast op veel plekken in Nederland. Beide biobased asfaltmengsels worden meegenomen in een indicatieve benchmark LCC-vergelijking. Een LCC kan een aanleiding zijn om meer showcases te ontwikkelen, te leren over de grondstof (prijs/kwaliteit, logistiek en processing) en de toegevoegde waarde van groener asfalt.

LCC

In onderstaande tabellen is een LCC opzet gemaakt van regulier asfalt, Lynpave® en asfalt op basis van deels lignine. Zie tabel 3.1. en 3.2 voor de toplaag en 3.3., 3.4. en 3.5 voor de tussen en onderlaag. Enkele aspecten zijn voorzichtig verwaard en de overige zullen de komende periode zo mogelijk verwaard worden op basis van input van de community of practice.

Grondstoffen (zoals bitumen) kunnen enerzijds economisch gealloceerd worden, anderzijds kan er gekeken worden naar de massa balans van de stroom. Als gevolg hiervan wordt er op basis van economische allocatie (bijna) geen milieubelasting aan de stroom toegekend, omdat het een laagwaardiger restproduct is uit de aardolie productie. Anderzijds heeft bitumen een hoog koolstofgehalte wanneer er naar de massabalans wordt gekeken. Conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken dient er economisch gealloceerd te worden.

In deze asfalt case is er uit gegaan van een LCC in de levensduur van 70 jaar van een type auto(snel)weg/provinciale weg van ca. 25 cm dik. Deze weg is opgebouwd uit 3 cm toplaag en 22cm tussen- en onderlaag en levert de onderstaande tabellen op.

LCC Toplaag

Voor het LCC vergelijk van de toplaag is uit gegaan van een SMA-referentie asfalt en 2 biobased varianten, een Lynpave® en lignine laag. Alle drie de toplagen hebben een vervangingscyclus van 15 jaar. De aanschafprijs van 1 ton van het traditionele referentie product is gelijk aan 100%.



Tabel 3.1. TCO-toplaag (SMA)

	REFERENTIE	LYNPAVE	LIGNINE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%	115,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	3	3	3
Gewicht/m ² van 3 cm toplaag (ton)	0,075	0,075	0,075
Verwachte vervangingscyclus op basis van technische levensduur van toplaag (jaar)	15	15	15
Vervangen op basis van technische levensduur van toplaag in 70 jaar (aantal X)	4	4	4
TCO na 70 jaar technische levensduur (van 3 cm toplaag)	56,6%	58,1%	62,3%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een levensduur van de weg van 70 jaar. Na de initiële aanschaf moet de toplaag nog vier keer

vervangen worden. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 1.

Tabel 3.2. MKI en MKBA-toplaag (SMA)

	REFERENTIE	LYNPAVE	LIGNINE
MKI/m ² (Cradle to grave; feb 2018)	100%	52%	53%
Geluid resultaten (80km/h, lichte voertuigen)	77,2dB(A)	74,3dB(A)	72,3dB(A)
Rolweerstand reductie t.o.v. norm	NORM	-36%	-10%
Stroefheid toename t.o.v. norm	NORM	n.n.b.	16%

Uit bovenstaande tabellen kan geconcludeerd worden dat het voordeel van de biobased varianten (Lynpave® en het lignine asfalt) bij een toplaag met name in de maatschappelijke waarde zit, zie tabel 3.2. De MKI-waarde blijkt lager dan de referent, net als het gemeten geluid van de toplaag. De biobased varianten werken dus geluid reducerend. De rolweerstand van de biobased varianten zijn hoger waardoor er een kortere remweg op de biobased toplagen wordt gehaald. Dit heeft effect op de verkeersveiligheid. Het maatschappelijke voordeel van het lignine mengsel verantwoord (nog) niet de

meerprijs bij aanschaf. Lynpave® is vergelijkbaar met het reguliere asfalt en is hiermee een goed alternatief.

LCC onder- en tussenlaag

Voor het LCC vergelijk van een tussen- en onderlaag (base/bind) is uit gegaan van een gerecycled referentie asfalt en Lynpave®. Lignine wordt hier buiten beschouwing gelaten, omdat dit asfaltmengsel (nog) niet is toegepast in een tussen- en onderlaag.



In het eerste vergelijk wordt uit gegaan van een gereduceerde dikte van 4cm en eenzelfde technische levensduur van de biobased variant ten opzichte van de referent (zie tabel 3.3.). Uit de praktijk blijkt dat Lynpave® in een dunnere laag toegepast kan worden met een zelfde technische levensduur. In het tweede vergelijk wordt er uit gegaan van

eenzelfde dikte en een hogere technische levensduur van de biobased variant. (zie tabel 3.4). In beide vergelijken is de aanschafprijs van 1 ton van het traditionele referentie product gelijk aan 100%.

Tabel 3.3. TCO tussen en onderlaag op basis van gereduceerde dikte

	REFERENTIE	LYNPAVE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	22	18
Gewicht/m ² (ton)	0,55	0,44
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	20	20
Verwachte aantal keer vervangen in 70 jaar (aantal X)	3	3
TCO na 70 jaar/m ² gereduceerde dikte max. 20%	325,2%	267,2%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een levensduur van de weg van 70 jaar. Na de initiële aanschaf wordt de tussen/onderlaag nog drie keer vervangen, waarbij het materiaalverbruik voor Lynpave minder is, omdat de gebruikte laag 4 cm dunner is dan bij het referentie asfalt. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 1.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de TCO lager is bij een laag biobased asfalt Lynpave® kan dunner uitgevoerd worden om een even lange levensduur te halen als de referent (zie tabel 3.3). Hierdoor gaat, in dit voorbeeld, een 4 cm dunnere laag even lang mee en zal dus net zo vaak vervangen worden als de referent. Dit ziet men, ondanks de meerprijs bij aanschaf, terug in de kosten over de levenscyclus van 70 jaar van de asfaltweg.



Tabel 3.4. TCO tussen en onderlaag op basis van hogere technische levensduur

	REFERENTIE	LYNPAVE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	22	22
Gewicht/m ² (ton)	0,55	0,55
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	20	35
Verwachte aantal keer vervangen in 70 jaar (aantal X)	3	2
TCO na 70 jaar/m ² technische levensduur (zelfde dikte)	325,2%	241,7%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een levensduur van de weg van 70 jaar. Na de initiële aanschaf wordt de tussen en onderlaag drie keer vervangen voor de referentie en twee keer voor Lynpave. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 1.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de TCO lager is wanneer de laag Lynpave® even dik is als de referent. Een even dikke laag gaat langer mee en hoeft dus minder vaak vervangen te worden dan de referent. Dit ziet men, ondanks de meerprijs bij aanschaf, terug in de kosten over de levenscyclus van 70 jaar van de asfaltweg.

Tabel 3.5. MKI en MKBA tussen en onderlaag

	REFERENTIE	LYNPAVE
MKI/m ² (Cradle to grave; feb 2018)	100%	52%

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de groene variant wel degelijk voordelen heeft die zich kunnen laten verwaarden in een TCO vergelijkbaar. Afhankelijk van de materialisatie kan men bij deze vergroening kiezen voor lagere kosten bij aanschaf of lagere kosten in de lifecycle. Het maatschappelijke voordeel van de onder- en tussenlaag van Lynpave asfalt is de reductie in de MKI-waarde en dat de biobased variant onder lagere temperaturen verwerkt kan worden. Dit is (nog) moeilijk uit te drukken in euro's, echter levert wel een maatschappelijk voordeel op door minder energie verbruik.

Disclaimer; de levenscycli van asfalt lagen zijn theoretische getallen. In de praktijk zijn de wegen onderhevig aan veranderende omstandigheden zoals verkeersintensiteit en weersinvloeden. Ook is de locatie (en grondopbouw) afhankelijk voor de levenscyclus in de praktijk.

3.2. Biobased beton

Miscanthusbeton (Miscanthus = Olifantsgras) wordt o.a. ingezet in geluidsschermen (zie afbeelding 3.1.) voor langs het spoor en de weg. De schermen zijn reeds toegepast op diverse trajecten van



ProRail. Hiermee zit de ontwikkeling op TRL 7-8. Enkele showcases van biobased betonnen geluidschermen:

1. Beverwijk; langs het spoor ter hoogte van de onderdoorgang Aagterpoort staat een Miscanthus geluidsscherm, in opdracht van ProRail (Strukton Beton 2016).
2. Hilversum; lage geluidschermen bij een overweg in opdracht van ProRail (Strukton Beton, september 2017).
3. Deurne heeft een tweezijdig geprofileerd Miscanthus geluidsscherm geplaatst i.o. van ProRail. Dit is een laag geluidsscherm en deze varianten staan dicht bij de geluidsbron. Momenteel wordt er praktijkonderzoek gedaan naar de geluidsreductie en de inpassing van de lage varianten langs het spoor. Een bijkomend duurzaam voordeel is de materiaalreductie bij het plaatsen van lagere schermen (Strukton beton, 2018).

Afbeelding 3.1. Van Miscanthus naar biobased geluidsscherm



LCC

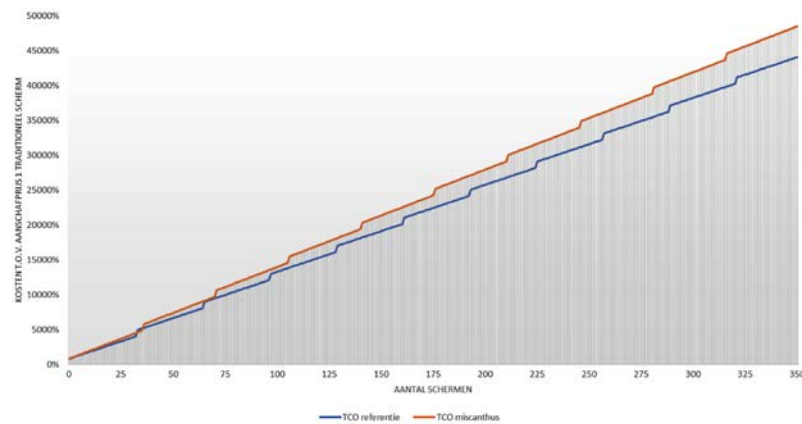
In dit LCC-voorbeeld is uit gegaan van 350 geluidsscherm elementen van 0,9 x 2,0m met een dikte van 20cm. Beide worden over een afstand van 50 km getransporteerd. Het miscanthus geluidsscherm is indicatief opgebouwd uit een kern van 8cm en 2 miscanthus lagen van ca. 6cm dik. Beide elementen gaan even lang (50 jaar) mee in het werk. Deze elementen zijn vergeleken als vertrekpunt. Een LCC op basis van een functionele eenheid, lees absorptiewaarde, is nog niet mogelijk. Een eerste TCO-aanzet in tabel 3.6. en maatschappelijke waarde in tabel 3.7 leveren de eerste resultaten van de LCC. De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.

Tabel 3.6. TCO Miscanthus betonnen geluidschermen

TCO GELUIDSSCHERM ELEMENTEN	REFERENTIE	MISCANTHUS
Prijs/element (€)	100%	115%
Gewicht/scherm (ton)	0,86	0,55
Aantal schermen per vracht max. 28 ton	32	51
Aantal vrachten voor 350 elementen	11	10
Transport kosten 350 elementen over 50km (€)	9090%	8264%
Verwachte vervangingscyclus op basis van technische levensduur (jaar)	50	50
TCO (€) bij 350 schermen	44090%	48514%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van 350 geluidsschermen. De TCO wordt berekend aan de hand van de aanschafprijs en de transportkosten tot aan de bouwplaats (50km). In grafiek 3.1. is het effect zichtbaar, wanneer er extra vrachtwagens moeten rijden voor het transport. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 2.

Grafiek 3.1. Omslagpunt TCO geluidsschermen



Uit bovenstaande tabel en grafiek blijkt dat in termen van TCO het miscanthus beton competitief is met het referentie beton tot 36 geluidsschermen. Er is een omslagpunt op basis van het maximum aantal schermen dat op een vrachtwagen past. Door het lagere gewicht van het miscanthus beton kunnen er theoretisch 51 schermen op een vrachtwagen, tegen 32 traditionele geluidsschermen. Echter zit er een maximale afmeting aan de vrachtwagens waardoor er niet meer dan 35 in een keer getransporteerd kunnen worden.

Tabel 3.7. MKI en MKBA Miscanthus betonnen geluidsschermen

	REFERENTIE	MISCANTHUS
MKI/m ² geluidsscherm (Cradle to grave)	100%	55%
Gewicht 35 geluidsschermen	30	19
Prestatie (geluidsreductie)	4-5 dB	7-9 dB

Er is in tabel 3.7. begonnen met de verwaarding van de maatschappelijke lifecycle (MKI en MKBA) aspecten. Uit berekeningen van het NIBE blijkt dat de miscanthus schermen een aanzienlijke reductie levert in de MKI-waarde. Daarbij komt dat 35 traditionele betonnen geluidsschermen samen ca. 30 ton wegen. 35 Biobased geluidsschermen wegen samen ca. 19 ton. Dit heeft direct invloed op het brandstofverbruik van de vrachtwagen en is eenvoudig om te rekenen naar CO₂ equivalenten.

Ook blijkt uit akoestische onderzoeken dat de geluidsreductie van een biobased scherm functioneel beter volstaat dan een traditionele variant. Bij de miscanthus variant is er spraken van geluidsabsorptie door het materialen en bij de traditionele variant is er spraken van geluidsreflectie. Beide schermen zijn een oplossing voor hetzelfde probleem, echter met andere resultaten. Wanneer de inkoper de MKI-waarde, het CO₂-effect van het lichtere transport en de geluidsabsorptie van de geluidswal meeweegt in de besluitvorming, dan kan de voorkeur omslaan naar de geluidsschermen van miscanthusbeton. Of die keuze doorslaat ten gunste van miscanthusbeton is afhankelijk van het relatieve gewicht van deze drie criteria ten opzichte van de aanschafprijs of TCO.





3.3. Biobased lantaarnpaal voor fiets- en wandelpad

Lantaarnpalen hebben een gemiddelde technische levenscyclus van 40 jaar (de lichtpunten 20 jaar). De biocomposiet lantaarnpaal is o.a. toegepast bij StendenPre Hogeschool te Emmen, zie afbeelding 3.2.

Afbeelding 3.2. Biocomposiet lantaarnpaal te Emmen.

Tabel 3.8. TCO biobased lantaarnpaal

	VERZINKT STAAL	ALUMINIUM	BIO-COMPOSIT
Prijs/paal	100,0%	72,2%	97,2%
Plaatsing (ca. 1-1,5 uur) en aansluiten	111,1%	111,1%	111,1%
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	40	40	40
TCO na 40 jaar	211,1%	183,3%	208,3%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een gelijke levensduur van de lantaarnpalen (40 jaar). De aanschafkosten van de paal en het plaatsen ervan worden in de berekening meegenomen. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 3.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de biocomposiet en de verzinkt stalen lantaarnpaal vergelijkbaar scoren in het TCO vergelijk, echter deze scoren minder dan de aluminium paal. Een verhoogde schaal-

LCC

Het uitgangspunt voor de LCC is een biocomposiet lantaarnpaal met een lengte van 5m die in een houtvezel geëxtrudeerd materiaal wordt uitgevoerd. De paal heeft een afmetingen van 100x100mm en een wanddikte van ca. 15 mm. Deze biobased paal vervangt een verzinkt stalen buis (met een diameter van 40mm en een wanddikte van 2mm) en een aluminium paal (met een diameter van 50mm en wanddikte van 3 mm). Wanneer de stalen en aluminium palen vervangen worden door een biocomposiet paal is te verwachten dat onderstaande TCO, MKI en MKBA mogelijk zijn, zie tabel 3.8 en 3.9. De aanschafprijs van het traditionele verzinkte stalen product is gelijk aan 100% in het TCO vergelijk.

grootte van de biocomposiet paal zal een positieve invloed hebben op de aanschafprijs. Daarnaast kan het beoordelen op milieukosten (MKI) en of andere co-benefits (MKBA) leiden tot een meer duurzame keuze. Zie tabel 3.9.



Tabel 3.9. MKI en MKBA lantaarnpaal

	VERZINKT STAAL	ALUMINIUM	BIO-COMPOSIT
Smelt temperatuur bij recycling materialen (°C)	-	660	125
Carbon footprint (kg CO ₂)	33,3	143,1	12,04
MKI per paal (cradle-to-grave)	100,0%	275,5%	12,8%
Zink emissie per paal in Zuid West Nederland per jaar (gram)	1,5	n.v.t.	n.v.t.

Aluminium en bio-composiet kunnen gerecycled worden na de lifecycle, maar in de praktijk wordt het materiaal nu nog vaak naar de stort gebracht. Aluminium is goed te recyclen, echter de smeltemperatuur is ca. 660°C graden. Die van thermoplastische composieten is slechts 125°C, wat betekent dat de energie input bij aluminium relatief hoog ligt ten opzichte van het bio-composiet bij recycling. Dit geeft een hogere carbon footprint bij de herverwerking van het aluminium. De carbon footprint van een bio-composiet komt overall gunstig uit het vergelijk, zie tabel 3.9. Kortom hierbij is er aandacht voor de verwerking na de gebruiksfase en dient er gestreefd te worden naar een zo hoogwaardig mogelijke recycling.

De verzinkte stalen palen veroorzaken emissies van zink naar het oppervlaktewater ten gevolge van afspoeling als gevolg van corrosie. Zeeland, Zuid-Holland en het Zuid Westelijke deel van Noord-Brabant heeft hogere SO₂-concentraties (2,40 g/m²/jaar; ref. 2014) en hogere afspoelingsnelheden dan de rest van Nederland (1,68 g/m²/jaar; ref. 2014). Conform de milieuclassificaties wordt gerekend met € 4,-/kg SO₂ emissie. Dit zijn maatschappelijke kosten die invloed kunnen hebben op het beoordelen van milieu-invloeden bij aanbestedingen. Indien maatschappelijke kosten opgenomen worden als milieucriteria in aanbestedingen zal de meest duurzame oplossing voor lantaarnpalen er onder aan de streep uit komen.

3.4. Biobased beschoeiing

Het vervangen van een houten beschoeiing voor een biocomposiet beschoeiing met grasvezel heeft als doel om hergebruik van berm- en kantmaaisel mogelijk te maken en de milieubelasting te reduceren. De biobased walbeschoeiing is toegepast in Middelburg (betuining), Serooskerke, Almere (zie afbeelding 3.4), Haarlem, Drenthe en in Bergen op Zoom. Hout is net als biocomposiet een biobased materiaal. Transport (hardhout), onderhoud en lifecycle (zachthout) kan een negatieve invloed hebben op de milieu impact van hout.

Afbeelding 3.3. Houten beschoeiing

Afbeelding 3.4. Biobased beschoeiing Gemeente Almere



LCC

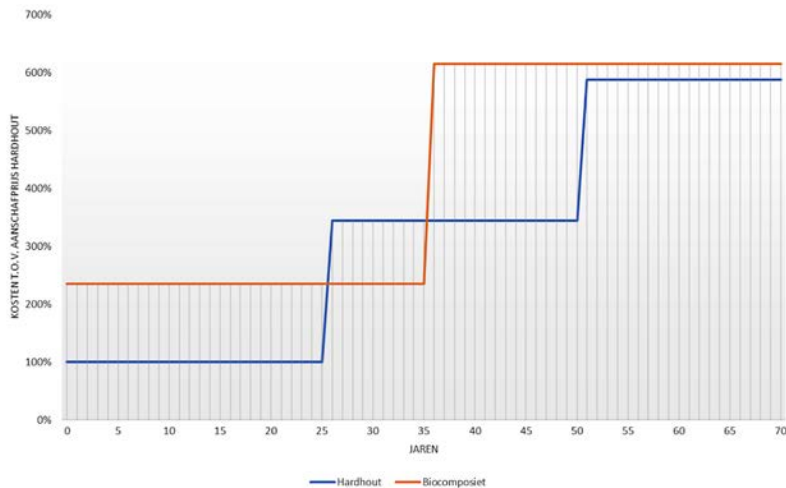
Voor een vergelijk is ervan uit gegaan van het plaatsen van een nieuwe biocomposiet beschoeiing met een lengte van 300 meter en (palen 2 meter diep, HOH 50 cm, planken (50cm hoog) en wortel-doeck). De houten (Azobé) palen hebben een afmeting van 80x80 en de biocomposiet palen een holle structuur en een oppervlaktemaat van 100x100. Wanneer hardhout vervangen wordt door een biocomposiet is de volgende LCC te verwachten (prijzen zijn excl. transport en afval). De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.

Tabel 3.10. TCO 300 meter walbeschoeiing palen

	HARDHOUT (AZOBÉ) 80X80MM	BIOCOMPOSIT 100X100MM
Aanschaf materiaal incl. bevestigingsmiddelen	100,0%	235,3%
Indicatieve prijs verwijderen van bestaande 300m beschoeiing (€)	50,0%	50,0%
Indicatieve prijs plaatsen van een nieuwe beschoeiing (€)	94,1%	94,1%
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	25	35
Vervangen op basis van technische levensduur (aantal X)	2	1
TCO van 300 meter beschoeiing na 70 jaar	682,4%	708,8%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een levensduur van de walbeschoeiing (70 jaar). De kosten van de beschoeiing en het plaatsen ervan worden in de berekening meegenomen. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 4.



Grafiek 3.2. Omslagpunt TCO walbeschoeiing

Uit tabel 3.10. en grafiek 3.2. blijkt dat de biocomposiet beschoeiing relatief duur is bij aanschaf. Echter na 25 jaar zijn de kosten van een hardhouten beschoeiing ruim 1,3 keer hoger dan die van een biocomposiet variant. Na 35 jaar is echter de hardhouten beschoeiing weer voordeliger. De levensduur van beide materialen en de relatief hoge aanschafprijs van de composieten variant hebben een belangrijke invloed op de TCO resultaten. De praktijk zal moeten uitwijzen of de composiet materialen daadwerkelijk 35 jaar meegaan onder deze omstandigheden.

Tabel 3.11. MKI 300 meter walbeschoeiing palen

	HARDHOUT (AZOBÉ)	BIOCOMPOSIT
MKI 300 meter beschoeiing	40,9%	6,0%

Na de lifecycle van de biocomposieten beschoeiing kan het eindproduct uit elkaar worden gehaald en het thermoplastische biocomposiet

materiaal hergebruikt worden in dezelfde applicatie. In tegenstelling tot houten varianten. Daarnaast zal de hardhouten variant van ver getransporteerd worden, in tegenstelling tot de biocomposiet variant, die opgebouwd is uit lokale grondstoffen. Dit is terug te zien in de MKI van de materialen, zie tabel 3.11. Wanneer de inkoper de MKI-waarde meeneemt (dus LCC) in zijn besluitvorming, dan zal dat een extra argument zijn om biocomposiet te kiezen. Ook het 100% circulaire karakter van biocomposiet kan worden meegewogen in de besluitvorming van de inkoop.

3.5. Biobased keepersysteem

Het keepersysteem bestaat uit een touw (NatuRope) en minimaal 4 ankers (NatuKeeper) ter verankering van het systeem in de grond. Het touw is gebaseerd op PLA (melkzuur uit mais(plant)) en de ankers bestaan volledig uit bioplastic op basis van aardappelzetmeel. (zie afbeelding 3.5) Dit is een reststroom uit de aardappel verwerkende industrie en biologisch afbreekbaar. Het systeem zorgt voor de ondergrondse verankering van de kluit van jonge bomen. Aan de hand van een drijver worden gaten gemaakt waarmee de keepers in de grond gedrukt worden.

Afbeelding 3.5. NatuRope, NatuKeeper, drijver

Het biobased boomanker systeem zal, wanneer de boomwortels de stabiliteit over hebben genomen, biologisch afbreken in de tijd. Het keepersysteem is reeds toegepast op >80.000 bomen in Nederland, onder andere in opdracht van Rijkswaterstaat, provincies, gemeenten en waterschappen. Eerste successen worden ook in Japan, Australië



en Nieuw-Zeeland geboekt. Het product is uit de pilotfase en klaar voor opschaling, het zit daarmee op niveau 7-8 van de TRL-ladder.

LCC

Het biobased keepersysteem wordt afgezet tegen de traditionele oplossing met de houten boompalen, rubberen band en nagels om e.e.a. vast te zetten. Een eerste aanzet tot een Total Cost of Ownership tijdens de levensduur van 1 boom levert onderstaande tabel. De functie van de externe versteviging is relevant tijdens de eerste 3 levensjaren van de boom. De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.

Tabel 3.12. TCO biobased boomverankering

	HOUTEN BOOMPAAL	KEEPERSYSTEEM
Indicatieve prijs (per stuk) incl. plaatsen	100,0%	75,9%
Onderhoud, vervangen en verwijderen rest materiaal	206,9%	
TCO tijdens levenscyclus van 1 boom	306,9%	75,9%

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van twee verschillende oplossingen voor dezelfde situatie. De houten variant moet na ca. 3 jaar verwijderd worden en de biopolymeer varianten breek biologisch af en hoeft niet verwijderd te worden. De kosten van de oplossingen en het plaatsen en verwijderen ervan worden in de berekening meegenomen. Voor een uitgebreide berekening zie bijlage 1. case 5.

Uit tabel 3.12 blijkt dat de TCO van boompalen 4 keer zo hoog ligt dan het biobased keepersysteem. Het kiezen voor dit biobased alternatief is van toegevoegde waarde op elke boom die geplant wordt. Echter bij hele jonge bomen met een kleine kluit (veel wortel, minder

aarde) en een dunne stam kan een boompaal functioneel beter uit komen.

Tabel 3.13. MKI biobased boomverankering

	HOUTEN BOOMPAAL	KEEPERSYSTEEM
MKI	100,0%	48,3%

De MKI van het keepersysteem valt positief uit ten opzichte van de houten palen. Dit komt doordat de resten van het keepersysteem na de functionele levensduur niet verwijderd hoeven te worden. De materialen blijven in de grond zitten, dit is tevens terug te zien in het TCO vergelijk (Onderhoud, vervangen en verwijderen rest materiaal) van tabel 3.12.



4. COMMUNITY OF PRACTICE "CO-BENEFITS CIRCULAIRE BIOBASED INFRAWERKEN"



In 2013 is het valorisatie cluster Groen (ver)bouwen van de Biobased Delta gestart. Het doel van het cluster is om de transitie naar meer en grootschalige toepassingen van circulaire biobased materialen in de bouw- en civiele sector te versnellen. In een co-creatie met de markt gaan ontwikkelingen van laboratorium schaal snel naar prototypeontwikkeling. Vervolgens worden op korte termijn showcases ontwikkeld in een warme samenwerking in de keten in plaats van koude in- en verkoop. Dit ter voorbereiding op het door ontwikkelen naar een marktrijp product.

Als extensie op het regionale (Zuid West Nederland) cluster Groen (ver)bouwen is op 18 april 2019, tijdens het jaarlijkse event Natural Fibertastic de landelijke community of practice (CoP) "Co-benefits circulaire biobased Infrawerken" gelanceerd. Zie enkele presentatie sheets van de lancering in afbeelding 4.1 en 4.2. Volgende editie is op 16 april 2020 in Bergen op Zoom.

Het doel van de CoP Co-benefits is enerzijds de transitie naar en bereikbaarheid van biobased producten met hun toegevoegde waarde landelijk te communiceren. Anderzijds het inhoudelijk versterken en aanvullen van LCC voorbeelden van circulaire biobased producten. Nieuwe biobased materialen zullen vertaald worden naar toepassingen, waar de unieke eigenschappen van het materiaal van toegevoegde waarde zijn in het product; zoals bijvoorbeeld geluidsreductie of biologische afbreekbaarheid die vertaald kunnen worden naar een LCC vergelijk. Deze, soms nog verborgen eigenschappen,

kunnen tevoorschijn komen bij het toepassen van producten in praktijksituaties (showcases).

Afbeelding 4.1. Presentatie Biobased Delta cluster Groen (ver)bouwen (18-4-2019)



Afbeelding 4.2. Lancering CoP “Co-benefits circulaire biobased Infrawerken” (18-4-2019)



De CoP Co-benefits zal meer marktkennis en data ontsluiten waarmee dit rapport verder ge-update kan worden. Ook worden deze materialen en resultaten opgenomen in de training Circulair biobased in de infrawerken voor professionals van de Natuurvezel Academie, voor meer informatie: welcome@natuurvezelapplicatiecentrum.eu.

Out-put lancering CoP “Co-benefits circulaire biobased Infrawerken”

Naar aanleiding van de start van de CoP Co-benefits heeft Rodenburg Biopolymers de behoefte uitgesproken om nader in te gaan op de LCC van BESE-elements (Biodegradable Elements for Starting Ecosystems). BESE-elements zijn 3D structuren op basis van zetmeel, die fungeren als een fundatie voor natuurlijke restauratie bij een beschadigd ecosysteem. Momenteel wordt het o.a. ingezet om kleine nieuwe schaaldieren te laten groeien zonder dat deze worden

opgegeten door hun omgeving (mosselkratten, zie afbeelding 4.3). BESE-elements zijn biobased thermoplastische producten die een waarde hebben in het feit dat ze biologisch afbreekbaar zijn. Bestaande alternatieven moeten na verloop van tijd verwijderd worden. Echter in veel gevallen is dit onmogelijk zonder het ecosysteem aan te tasten. De BESE-elements is een samenwerking met Bureau Waardenburg. (www.bese-elements.com)

Afbeelding 4.3. Biobased mosselkrat (BESE-element)



5. CONCLUSIE



Er wordt verondersteld dat circulaire biobased producten duurder zijn, waardoor ze economisch gezien geen goed alternatief lijken voor traditionele fossiel gebaseerde producten. Daardoor lijken overheidsinkopers zich af te laten schrikken. Het uitwerken van TCO voorbeelden en het meewegen van MKI en MKBA resultaten kan tot een omslagpunt leiden.

Aan de hand van 5 concrete cases voor circulaire biobased materialen in infrawerken is een eerste uitwerking gemaakt om overige toegevoegde waarde van circulaire biobased producten te waarderen en te plaatsen naast huidige referenten die functioneel hetzelfde doen. Het blijkt dat sommige van deze aspecten makkelijker in euro's uit te drukken zijn dan andere; de vraag is dus hoe inkopers deze zogenaamde co-benefits kunnen waarderen?

Voor de inkopers zijn enerzijds de kwalitatieve waarden (MKBA) om te zetten naar een functionele uitvraag. Door de functionele toegevoegde waarde mee te rekenen in de LCC van producten drijven vanzelf de meest geschikte materialen voor de beschreven applicaties boven. Bijvoorbeeld; stel een grenswaarde voor de geluidsbelasting van wegen. Wanneer de inkoper de ambitie heeft om duurzaam in te kopen betekent dit anderzijds dat (een deel van) de score voor de gunning gebaseerd wordt op positieve milieukosten. Producten die een positieve milieuscore hebben drijven vanzelf boven wanneer de vraag naar materialen met een lage uitstoot van broeikasgassen gewaardeerd worden. Door te kiezen voor bijvoorbeeld lokale (hernieuwbare) grondstoffen en lokaal geproduceerde producten, in plaats van voor producten die indirect veel broeikasgassen (en

stikstof) uitstoten tijdens de transportfase, wordt de milieu-impact direct op een positieve wijze beïnvloed. In nieuwe aanbestedingen gaat de vervuiler betalen. Bijvoorbeeld; stel een MKI-grenswaarde op een product of project.

Parallel wordt er naast MKI en MKBA binnen een LCC-vergelijk gekeken naar de directe kosten (in euro's) voor de eigenaar tijdens de gehele levenscyclus van het product, de TCO. Het resultaat hiervan is dat de meest voordelige producten tijdens de gehele levenscyclus van het product het beste scoren bij een uitvraag met een TCO-criterium.

Kortom MKBA, MKI en TCO vormen samen de LCC en kunnen gezamenlijk als co-benefits opgenomen worden als. Sommige co-benefits hebben door hun toepassing een direct effect op de TCO (plantenpotten en boomkeepers) andere co-benefits hebben een ander positief effect, zoals geluidsabsorptie bij geluidswanden. Circulair biobased oplossingen blijken uit de beschreven cases een sterk positief effect te hebben in LCC-vergelijkingen. Redenen hiervoor zijn onder andere kwalitatieve eigenschappen als lichtgewicht, geluidsreductie en afbreekbaarheid. Maar ook milieutechnische voordelen zoals het inzetten van lokale hernieuwbare grondstoffen, waardoor er minder transport nodig is. De asfaltcase maakt duidelijk dat de inkoper kan kiezen voor een financieel voordeel bij de aanschaf en/of tijdens de levenscyclus.

Op basis van aanschafprijs zijn biobased producten niet altijd de beste optie. Wanneer er uit wordt gegaan van een TCO-vergelijk verandert dit vaak. Dit komt dan meestal doordat de biobased



oplossingen kostenbesparingen opleveren in de gebruiks- of exploitatiefase. Het meenemen van maatschappelijke (milieu) kosten aan de hand van MKI- en MBKA-waardes pakt vaak voordelig uit voor biobased producten ten opzichte van fossiele alternatieven. Tot slot kunnen co-benefits een positief effect hebben op de keuze voor een biobased product. Wat deze co-benefits zijn verschilt per product en per toepassing. Bovenstaande betekent, dat overheidsinkopers in hun besluitvorming TCO, MKI en MKBA (samen LCC) als co-benefits moeten laten mee wegen als kwantitatieve en kwalitatieve gunningscriteria bij aanbestedingen.

Hoe nu verder

De benoemde cases kunnen in de tijd verder volmaakt worden en nu dus een indicatieve kwantitatieve of kwalitatieve waarde hebben. Maar het betekent ook, dat afhankelijk van de toepassing de co-benefits van circulaire biobased producten kwalitatief meegewogen moeten worden in de aanbesteding. De LCC-aanpak is tevens een aanleiding en uitdaging om gericht op zoek te gaan naar de soms nog verborgen eigenschappen in circulaire biobased materialen waarmee op termijn ook normen aangepast kunnen worden.

De technische, functionele en economische levenscyclus hebben invloed op het vervangingsgedrag van de opdrachtgevers. Het modulair ontwikkelen van producten is hier ook een onderdeel van. Nieuwe en bestaande materialen zullen in de toekomst steeds meer uit moeten gaan van hun eigen sterkte en hierdoor drijven vanzelf de meest geschikte, voordelige en duurzame materiaal oplossingen boven in relatie tot de applicatie. Door circulariteit als uitgangspunt te nemen komen er steeds meer biobased materialen die aan het einde van hun levenscyclus opnieuw in te zetten zijn. Laagwaardig als brandstof en hoogwaardig als grondstof voor hetzelfde en/of meer waardevollere producten.

De CoP Co-benefits zal een leidende rol hebben bij het ontsluiten, communiceren en borgen van meer LCC-voorbeelden en het delen van ervaringen. E.e.a. leidt tot een (organisch groeiend) inspirerende LCC-aanpak en implementatie van LCC bij aanbestedingen. Middels deze rapportage wordt een belangrijk statement gemaakt; dat er meer naar integrale waarde van de levenscyclus gekeken moet worden dan alleen naar de aanschafprijs. Mogelijke inspiratie kan als energie in de CoP Co-benefits fungeren voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer zijde.



6. DISCUSSIE EN AANBEVELING



Om klimaatverandering tegen te gaan wil de Nederlandse overheid 49% minder CO₂ uitstoten in 2030 en 95% minder in 2050 (ten opzichte van 1990). In het Nationale klimaatakkoord (28 juni 2019 gepresenteerd) staan afspraken met 5 sectoren, waaronder de gebouwde omgeving, over de manier waarop deze doelstellingen gehaald kunnen worden. Circulaire biobased materialen kunnen hier een bijdrage aan leveren.

In de in dit rapport 5 beschreven cases wordt de toegevoegde waarde van de hernieuwbare grondstoffen in biobased materialen in de diverse producten op LCC gewaardeerd. Dit betekent dat er gekeken is naar enerzijds de directe kosten tijdens de levenscyclus (TCO) en anderzijds naar de milieuscore binnen het domein van LCA (uitgedrukt in MKI) en MKBA.

Wanneer circulaire biobased producten meer vanuit een LCC-benadering benaderd worden kan dit een impuls geven aan de markt voor biobased producten. Hierdoor wordt de kans groter dat deze nieuwe materialen de Valley of Death passeren en TRL-niveau 8/9 bereiken. En zelfs als de biobased producten economische gezien nog niet het meest voordelige alternatief zijn, kan de overheid er toch voor kiezen om ze in te kopen. Het hogere doel is, dan het leveren van een bijdrage aan de transitie naar een circulaire economie. De overheid kiest er voor om als *'launching customer'* op te treden en geeft zoals hiervoor beschreven een impuls aan de markt voor biobased producten. In een objectieve aanbestedingsprocedure kan dit overigens alleen als de aanschafprijs in de beoordeling minder zwaar en de voordelen van de circulaire biobased materialen zwaarder meewegen.

Grenswaarde

In analogie met de nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoorgebouwen regelgeving, die groter zijn dan 100m², geldt sinds 1 januari 2018 een Milieu Prestatie Gebouw (MPG) grenswaarde (van 1,0). Mogelijk geeft dit inspiratie om dit ook te ontwikkelen voor infrawerken of producten in de infra werken en hiermee een extra vergroeningsdruk te creëren.

Carbon

Biogene koolstof van hernieuwbare grondstoffen (excl. de bewerking van de ruwe grondstof) worden niet opgenomen in MKI-berekeningen. De balans van de input en de output aan koolstof in een materiaal op basis van hernieuwbare grondstoffen is 0 aan het einde van de levenscyclus, want dan komt de opgeslagen koolstof weer vrij. Wanneer het materiaal na de gebruiksfase gerecycled wordt, dan blijft de opgeslagen koolstof in het nieuwe materiaal zitten en heeft dit een positieve invloed op de MKI. De CO₂-reductie zit hem met name in de toegankelijkheid van de beschikbare hernieuwbare grondstof en de mogelijk minder intensieve bewerking dan bij fossiele grondstoffen.

Parallel zijn er momenteel technologische ontwikkelingen die CO₂-emissies af kunnen vangen en in de toekomst op kunnen slaan; afgekort CCS (Carbon Capture and Storage). De opgeslagen koolstof tijdens de levensduur van het product kan wel opgenomen worden in een separate paragraaf, die als gunningscriterium meegenomen kan worden in nieuwe aanbestedingen. Deze langdurige CO₂-opslag bij infra applicaties (soms wel 50 jaar!) kunnen een belangrijke rol spelen

in de realisatie van de klimaatdoelstellingen en dient dus gewaardeerd te worden.

Aangezien het een complexe materie betreft is er het voornemen om dit rapport te delen in de CoP Co-benefits en het als basisdocument te gebruiken in de training "Circulair biobased in de infra-werken", voor professionals, van het Natuurvezel Applicatie Centrum. Daarnaast wordt de inkoper uitgedaagd maatschappelijk verantwoord in te kopen, door de uitvraag op basis van de LCC-aanpak weg te zetten. Op deze manier wordt de markt uitgedaagd om met nieuwe LCC-voorbeelden dit document verder uit te bereiden.



7. VERKLARENDE WOORDENLIJST



Biogene koolstof = CO₂ dat voor langere tijd in biomassa zit opgeslagen. Tijdens het proces van fotosynthese nemen planten en bomen gedurende hun groei CO₂ op uit de lucht en uit het grondwater en voedingsstoffen. Hiermee wordt het organische materiaal opgebouwd.

Biobased economie = overgang van een economie die draait op fossiele grondstoffen naar een economie die draait op biomassa als grondstof. In een biobased economie gaat het dus over het gebruik van biomassa voor niet-voedsel toepassingen. Deze toepassingen zijn bijvoorbeeld inhoudsstoffen, chemicaliën, materialen, transport brandstoffen, elektriciteit en warmte.

Circulaire economie = een economisch systeem dat bedoeld is om herbruikbaarheid van producten en grondstoffen te maximaliseren en waardevernietiging te minimaliseren. Anders dan in het huidige lineaire systeem, waarin grondstoffen worden omgezet in producten die aan het einde van hun levensduur worden vernietigd.

Co-benefits = de extra voordelen die worden verkregen bij het grootschalig inzetten en beheersen van nieuwe materialen en producten, bovenop de directe voordelen. Ook wel "multiple benefits" of synergiën genoemd. Directe kosten en baten voor de afnemer wordt uitgedrukt in een Total Cost of Ownership (TCO). Indirecte kosten en baten worden uitgedrukt in een Milieu Kosten Indicator (MKI) uitgedrukt in euro's (op basis van een LCA) en een Milieu Kosten Baten Analyse (MKBA).

Levens Cyclus Analyse (LCA) = een methode die de invloed van producten op het milieu in kaart brengt. Een LCA bekijkt alle fasen in de levensloop van producten (productie, transport, gebruik, afvalverwerking/hergebruik), met de nadruk op de functie die ze moeten vervullen in het geheel.

Life Cycle Costing (LCC) = een optelsom van alle kosten (gemaakt door producenten, opdrachtgevers, gebruikers ed.) gedurende de hele levenscyclus van een product. Bij een LCC worden o.a. investerings-, milieu-, beheers-, onderhouds- en vervangingskosten onderling vergeleken.

Milieu Kosten Indicator (MKI) = een indicator die de milieu-impact van een product uitdrukt in euro's. Het weegt alle milieueffecten die ontstaan tijdens de levenscyclus van een product en telt deze op tot één score. De MKI, ofwel schaduwprijs van een product, is een makkelijke manier om de milieu-impact van producten of projecten te vergelijken en communiceren.

Milieu Kosten Baten Analyse (MKBA) = het sociaaleconomisch rendement van investeringen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar 3 effecten. Directe effecten zijn de effecten voor de eigenaar/exploitant en gebruikers. Indirecte effecten betreffen effecten, die optreden op andere markten. Externe effecten zijn de effecten waar geen markten voor zijn en dus ook geen marktprijzen bestaan, zoals geluid, veiligheid, rolweerstand ed.



Technology Readiness Level (TRL) = geeft de mate van ontwikkeling van een technologie aan, waarbij TRL 1 staat voor technologie aan het begin van de ontwikkeling en TRL 9 voor technologie die technisch en commercieel gereed is.

Total Cost of Ownership (TCO) = de aankoop prijs van een product plus de directe kosten of baten voor de klant tijdens de gebruikscyclus. Door het beoordelen van de TCO wordt een beeld verkregen van de waarde van het product tijdens de gehele levenscyclus. TCO wordt ingezet om de zichtbare kosten en baten van het product t.o.v. alternatieven te vergelijken.

Valley of Death = de fase na het ontwikkelen en voor het op de markt zetten van een product wordt ook wel de 'vallei des doods' genoemd, omdat dit de meest risicovolle fase is van de productimplementatie. Veel ondernemers zien hier hun plannen sneuvelen. Innovatieve aanbestedingen en hoger durfkapitaal zijn mogelijke oplossingen om dit probleem te verhelpen. Het probleem is niet alleen technologisch, maar ook commercieel van aard.



8. REFERENTIES (LITERATUUR EN INTERVIEWS)



- Verdiepend gesprek Rodenburg Biopolymers
- Verdiepend gesprek NIBE (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie), 23-04-2019
- Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors, 2008, Ecole Polytechnique Federal de Lausanne, Switzerland
- Advancing game changing academic research concepts to commercialization: A Life Cycle Assessment (LCA) based sustainability framework for making informed decisions in Technology Valley of Death (TVD)
- Peter R Hartley, Rice University and University of Western Australia & Kenneth B Medlock III, Rice University, 2013

3.1. *Biobased Asphalt*

- Interview Paul Landa en Hendrik Post, Asphalt Kennis Centrum
- LCA-achtergrond rapport voor Nederlandse Asfaltmengsels
- Geluidsemisatie N272 Elsendorp – Boxmeer

3.2. *Biobased beton*

- Interview met Jan van Stratum, Strukton Beton
- Vergelijking Miscanthus en naaldhout, NIBE, 21-11-2018
- EPD EcoSilence (naturel), Strukton Prefab Beton, NIBE, 31-08-2017
- Bepaling van de geluidabsorptie (nagalmkamer methode) van geluidschermen, fabricaat Strukton Prefab Beton B.V., Peutz, 21-06-2016
- Bepaling van de weerstand tegen bermbrand van een verkeersgeluidbeperkende constructie (Strukton Eco Silence Wall) conform EN 1794-2:2011, Peutz, 31-10-2016

3.3. *Biobased lantaarnpaal*

- Interview met Leon Joore, Millvision
- Corrosie gegalvaniseerd staal en bladzink, In opdracht van Rijkswaterstaat, Uitgevoerd door Deltares en TNO, mei 2016
- Richtlijn botsveilige lichtmasten, Toepassing van botsveilige lichtmasten langs rijkswegen in permanente en tijdelijke situaties, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 03-09-2007
- NPO3; De rekenkamer Wat kost een lantaarnpaal? 24-4-2014

3.4. *Biobased beschoeiing*

- Interview met Leon Joore, Millvision 10-04-2019
- Richtprijzen houten beschoeiing Gadero
- Ashby berekeningen Millvision, juni 2017

3.5. *Biobased keepersysteem*

- Interview met Bert van Vuuren
- I-Tree doorrekening, 26-03-2019
- Life Cycle Assessment summary; The Keeper® system of Natural Plastics juni 2013

BIJLAGE 1. INTERVIEWS EN DESKRESEARCH UITWERKINGEN



1. Biobased asfalt

Inleiding

Paul Landa is directeur van het Asfalt Kennis Centrum (AKC) in Venlo. Het AKC is een initiatief van 12 MKB infrabedrijven uit de asfalt sector. Deze bedrijven hebben ieder een eigen asfaltproductie verspreid over Nederland. Het doel van de organisatie is kennis toegankelijk te maken voor de leden.

Huidige situatie

Binnen de asfaltindustrie wordt massaal gekeken naar het recyclen van het bestaande asfalt in nieuwe mengsels. Door zon en zuurstof verliezen asfalt wegen hun flexibiliteit in de tijd. In plaats van zware aardolie componenten in te zetten worden bijvoorbeeld plantaardige oliën of lignine toegevoegd aan het mengsel om de gewenste elasticiteit te krijgen en veroudering tegen te gaan in onder- en tussenlagen.

Oplossing met biobased asfalt

Een van de huidige ontwikkelingen van het AKC i.s.m. Wageningen Universiteit is het vervangen van traditionele bindmiddelen uit asfaltmengsels voor meer hernieuwbare grondstoffen. Hiermee wordt enerzijds de kwaliteit van het mengsel verbeterd en anderzijds heeft dit invloed op de duurzaamheid van het asfalt (levensduur, CO₂ reductie ed.) Binnen deze studie wordt naar het (deels) vervangen van bitumen door lignine gekeken en naar de inzet van een biobased olie in gerecycled asfalt (Lynpave®).

Ook de grotere asfaltproductie bedrijven in Nederland (deze beschikken over een eigen R&D-afdeling) zijn bezig met de ontwikkeling van nieuwe mengsels op basis van natuurlijke grondstoffen en het recyclen van asfalt. Bijvoorbeeld LEAB van BAM, Hera van VolkerWessel, Greenway LE van Heijmans. Deze producten dienen allemaal hetzelfde belang binnen de scope van het vergroenen van de infrastructuur. In een nadere studie kunnen deze ook op waarde op worden geschat en afgezet tegen de traditionele oplossingen.

Technology Readiness Level (TRL)

Biobased asfalt op basis van lignine zit in de prototype fase (TRL 4-5) en is (nog) niet klaar voor opschaling. Dit heeft met name te maken met de beperkte beschikbaarheid (en de hoge prijs) van de grondstof lignine. Doordat het opschalen van dit asfaltmengsel (nog) niet realistisch is, is er nog veel onbekend over lignine asfalt.

O.a. H4A, Mourik Groot-Ammers e.a. AKC bedrijven hebben o.a. lignine asfalt geproduceerd en verwerkt in diverse proefvakken, zoals:

1. Sluiskil (Sas van Gent) is een proefvak aangelegd door aannemer H4A. In het asfaltmengsel is 50% bitumen vervangen door lignine in een lage temperatuur asfalt. Het proefvak heeft een lengte van 70 meter, breedte van 3,5 meter en een toplaag van 3,5cm. (juni 2015). Dit heeft geleid tot 5 grotere proefvakken in het haven gebied en provinciale wegen in provincie Zeeland.



2. Fietspad proefvakken met 3 verschillende type lignine op de campus van Wageningen University in samenwerking met gemeente Wageningen en Provincie Gelderland.
3. N272 Elsendorp – Boxmeer (km 11,0 – km 16,9) uitgevoerd door Mourik Groot-Ammers in opdracht van Provincie Noord Brabant. Op het proefvak zijn 3 types verhardingen toegepast; ECO Periphalt (een deel van het bitumen is vervangen door koolzaadolie), COLT Light (het toevoegen van een waxpolymeer toegevoegd aan het asfaltmengsel, waardoor het asfalt op een 30°C tot 50°C lagere temperatuur kan worden verwerkt,) en SMA lignine (een deel van het bitumen is vervangen door lignine (medio 2017)).

Lynpave® is klaar voor opschaling en zit op TRL 7-8. In Lynpave® wordt biobased olie gebruikt als verjongingsmiddel bij gerecycled asfalt. De hoeveelheid biobased olie betreft ca. 5% van het bitumen

aandeel in een asfaltmengsel. Biobased olie kan tevens ingezet worden als vervanger voor bitumen (Gravilyn®). Lynpave® is reed toegepast op veel plekken in Nederland.

Beide biobased asfaltmengsels worden meegenomen in een indicatieve benchmark TCO vergelijking. Een TCO kan een aanleiding zijn om meer showcases te ontwikkelen, te leren over de grondstof (prijs/kwaliteit, logistiek en processing) en de toegevoegde waarde van het groenere asfalt.

Life Cycle Costs toplaag

Voor het LCC vergelijk van de toplaag is uit gegaan van een SMA-referentie asfalt en 2 biobased varianten, een Lynpave® en lignine laag. Alle drie de toplagen hebben een vervangingscyclus van 15 jaar. De aanschafprijs van 1 ton van het traditionele referentie product is gelijk aan 100%.



Tabel 1. TCO toplaag (SMA)

	REFERENTIE	LYNPAVE	LIGNINE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%	115,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	3	3	3
Gewicht/m ² van 3 cm toplaag (ton)	0,075	0,075	0,075
Verwachte vervangingscyclus op basis van technische levensduur van toplaag (jaar)	15	15	15
Vervangen op basis van technische levensduur van toplaag in 70 jaar (aantal X)	4	4	4
TCO na 70 jaar technische levensduur (van 3 cm toplaag)	56,6%	58,1%	62,3%

Berekenmethode TCO-toplaag:

3 cm van alle 3 de asfalt varianten weegt ca. 75kg/m² (= 0,075 ton/m²)

Berekening "Referentie"

Aanschafprijs/ton referent	100%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton	63,8%	x	4 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton	100%	x	4 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	755,2%	x	0,075 ton/3cm/m²	= 56,6%

Berekening "Lynpave"

Aanschafprijs/ton referent:	104%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton:	63,8%	x	4 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton:	104%	x	4 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	775,2%	x	0,075 ton/3cm/m²	= 58,1%

Berekening "Lynpave"

Aanschafprijs/ton referent:	115%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton:	63,8%	x	4 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton:	115%	x	4 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	830,2%	x	0,075 ton/3cm/m²	= 62,3%



Tabel 2. MKI en MKBA-toplaag (SMA)

	REFERENTIE	LYNPAVE	LIGNINE
MKI/m ² (Cradle to grave; feb 2018)	100%	52%	53%
Geluid resultaten (80km/h, lichte voertuigen)	77,2dB(A)	74,3dB(A)	72,3dB(A)
Rolweerstand reductie t.o.v. norm	NORM	-36%	-10%
Stroefheid toename t.o.v. norm	NORM	n.n.b.	16%

Uit bovenstaande tabellen kan geconcludeerd worden dat het voordeel van de biobased varianten (Lynpave® en het lignine asfalt) bij een toplaag met name in de maatschappelijke waarde zit, zie tabel 2. De MKI waarde blijkt lager dan de referent, net als het gemeten geluid van de toplaag. De biobased varianten werken dus geluid reducerend. De rolweerstand van de biobased varianten zijn hoger waardoor er een kortere remweg op de biobased toplagen wordt gehaald. Dit heeft effect op de verkeersveiligheid. Het maatschappelijke voordeel van het lignine mengsel verantwoord (nog) niet de meerprijs bij aanschaf. Lynpave® is vergelijkbaar met het reguliere asfalt en is hiermee een goed alternatief.

Life Cycle Costs onder- en tussenlaag

Voor het LCC-vergelijk van een tussen- en onderlaag (base/bind) is uit gegaan van een gerecycled referentie asfalt en Lynpave®. Lignine wordt hier buiten beschouwing gelaten, omdat dit asfaltmengsel (nog) niet is toegepast in een tussen- en onderlaag.

In het eerste vergelijk wordt uit gegaan van een gereduceerde dikte van 4cm en eenzelfde technische levensduur van de biobased variant ten opzichte van de referent (zie tabel 3.). Uit de praktijk blijkt dat Lynpave® in een dunnere laag toegepast kan worden met eenzelfde technische levensduur. In het tweede vergelijk wordt er uit gegaan van eenzelfde dikte en een hogere technische levensduur van de

biobased variant. (zie tabel 4). In beide vergelijken is de aanschafprijs van 1 ton van het traditionele referentie product gelijk aan 100%.



Tabel 3. TCO tussen en onderlaag op basis van gereduceerde dikte

	REFERENTIE	LYNPAVE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	22	18
Gewicht/m ² (ton)	0,55	0,44
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	20	20
Verwachte aantal keer vervangen in 70 jaar (aantal X)	3	3
TCO na 70 jaar/m ² gereduceerde dikte max. 20%	325,2%	267,2%

Berekenmethode TCO onder- en tussenlaag:

22 cm asfalt weegt ca. 550kg/m² (= 0,075 ton/m²). Dit betekent dat 18cm ca. 440kg weegt.

Berekening "Referentie"

Aanschafprijs/ton referent	100%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton	63,8%	x	3 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton	100%	x	3 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	591,4%	x	0,55 ton/22cm/m²	= 325,2%

Berekening "Lynpave"

Aanschafprijs/ton referent	104%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton	63,8%	x	3 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton	104%	x	3 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	607,4%	x	0,44 ton/22cm/m²	= 267,2%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de TCO lager is bij een laag biobased asfalt Lynpave® kan dunner uitgevoerd worden om een even lange levensduur te halen als de referent (zie tabel 3). Hierdoor gaat, in dit voorbeeld, een 4cm dunnere laag even lang mee en zal dus net

zo vaak vervangen worden als de referent. Dit ziet men, ondanks de meerprijs bij aanschaf, terug in de kosten over de levenscyclus van 70 jaar van de asfaltweg.



Tabel 4. TCO tussen en onderlaag op basis van hogere technische levensduur

	REFERENTIE	LYNPAVE
Prijs/ton asfalt (€)	100,0%	104,0%
Prijs vervangen/ton (€)	63,8%	63,8%
Dikte (cm)	22	22
Gewicht/m ² (ton)	0,55	0,55
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	20	35
Verwachte aantal keer vervangen in 70 jaar (aantal X)	3	2
TCO na 70 jaar/m ² technische levensduur (zelfde dikte)	325,2%	241,7%

Berekenmethode TCO onder- en tussenlaag:

22 cm van beide asfalt varianten weegt ca. 550kg/m² (= 0,075 ton/m²).

Berekening "Referentie"

Aanschafprijs/ton referent	100%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton	63,8%	x	3 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton	100%	x	3 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	591,4%	x	0,55 ton/22cm/m²	= 325,2%

Berekening "Lynpave"

Aanschafprijs/ton referent	104%	x	1 aanschaffen	
Vervangingsprijs/ton	63,8%	x	2 vervangen in 70 jaar	
Aanschaf nieuw materiaal/ton	104%	x	2 nieuw aanschaffen ter vervanging	+
TCO	539,6%	x	0,55 ton/22cm/m²	= 241,7%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de TCO lager is wanneer de laag Lynpave® even dik is als de referent. Een even dikke laag gaat langer mee en hoeft dus minder vaak vervangen te worden dan de referent.

Dit ziet men, ondanks de meerprijs bij aanschaf, terug in de kosten over de levenscyclus van 70 jaar van de asfaltweg.

Tabel 5. MKI en MKBA tussen en onderlaag

	REFERENTIE	LYNPAVE
MKI/m ² (Cradle to grave; feb 2018)	100%	52%

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de groene variant wel degelijk voordelen heeft die zich kunnen laten verwaarden in een TCO vergelijk. Afhankelijk van de materialisatie kan men bij deze vergroening kiezen voor lagere kosten bij aanschaf of lagere kosten in de lifecycle. Het maatschappelijke voordeel van de onder- en tussenlaag van Lynpave asfalt is de reductie in de MKI-waarde en dat de biobased variant onder lagere temperaturen verwerkt kan worden. Dit is (nog) moeilijk uit te drukken in euro's, echter levert wel een maatschappelijk voordeel op door minder energie verbruik.

Disclaimer; de levenscycli van asfalt lagen zijn theoretische getallen. In de praktijk zijn de wegen onderhevig aan veranderende omstandigheden zoals verkeersintensiteit en weersinvloeden. Ook is de locatie (en grondopbouw) afhankelijk voor de levenscyclus in de praktijk.

2. Miscanthus beton

Inleiding

Jan van Stratum is directeur van Strukton Prefab Beton. Strukton Prefab Beton ontwikkelt, maakt en verkoopt traditionele prefab betonnen elementen. Daarnaast wordt er miscanthus vezels als grondstof in een grof open beton mengsel verwerkt voor prefab geluidsabsorberende geluidsschermen; de Green silence wall, zie afbeelding 1. Deze geluidsschermen worden als verkeersgeluid beperkende constructies o.a. langs spoorlijnen gezet. Het miscanthus dat Strukton gebruikt groeit rondom Schiphol.

Afbeelding 1. Van Miscanthus naar biobased geluidsscherm



Miscanthus Giganteus is een van de duurzaamste gewassen in ons klimaat voor bio-energie. Net als maïs is Miscanthus een C4 gewas en heeft een hoge fotosynthetische efficiëntie waardoor het een grote CO₂ vastlegging heeft. Door de groei van het gewas legt Miscanthus koolstof zowel bovengronds als ondergronds vast. In de gebruikperiode wordt er dus CO₂ opgeslagen door het toepassen van miscanthus vezels (biogene koolstof), dit mag opgenomen worden in een separaat hoofdstuk. Aan het einde van de lifecycle komt de CO₂ weer vrij, tenzij het materiaal gerecycled wordt. Wanneer alleen naar de grondstof wordt gekeken blijkt dat 1 ton Europees naaldhout een schaduwkost van € 28,13 heeft en 1 ton miscanthus een schaduwkost van € 10,52.

Huidige situatie

Voor geluidsabsorberende geluidsschermen zijn traditionele producten op de markt, dit nog even los van de markt van geluid reflecterende en biobased geluidsschermen. Traditionele geluidsab-

sorberende geluidsschermen zijn bijvoorbeeld gemaakt van bijvoorbeeld steenwol, open cellenbeton of schanskorven met steenachtig materiaal of teelaarde. Parallel zijn andere producenten bezig met ontwikkelingen van biobased beton voor andere applicaties, zoals Concrete Valley, Durisol, Heijmans en Volkerwessel.

Alternatieve biobased geluidsabsorberende geluidsschermen zijn o.a. BioBlocks, Durisol, Kokowall, Greenwall e.d. Een andere oplossing is het plaatsen van een aardewal. Deze producten dienen allemaal hetzelfde belang binnen de scope van het vergoeden van de infrastructuur. In een nadere studie kunnen deze ook op waarde afgezet worden tegen de traditionele oplossingen.

Oplossing met biobased geluidsscherm

Het biobased geluidsscherm op basis van miscanthus vezels is functioneel inzetbaar. Strukton Prefab Beton heeft door Bureau Peutz de geluidsabsorptie en de brandklasse van meerdere type biobased geluidsschermen laten meten. De geteste (akoestisch en brandwerendheid) producten zijn opgebouwd uit een kern van constructiebeton (C35/45), aan weerszijden voorzien van geluidsabsorberend miscanthusbeton. Green silence wall voldoet aan absorptie klasse A1 t/m A4. De schermen zijn reeds toegepast op diverse trajecten langs het spoor. Hiermee zit de ontwikkeling op TRL 7-8. Het miscanthus beton wordt tevens ingezet in geluidsschermen voor langs de weg.

Tabel 6. TCO Miscanthus betonnen geluidsschermen

TCO GELUIDSSCHERM ELEMENTEN	REFERENTIE	MISCANTHUS
Prijs/element (€)	100%	115%
Gewicht/scherm (ton)	0,86	0,55
Aantal schermen per vracht max. 28 ton	32	51
Aantal vrachten voor 350 elementen	11	10

Enkele projecten van biobased betonnen geluidsschermen:

1. Beverwijk, langs het spoor ter hoogte van de onderdoorgang Aagterpoort staat een miscanthus geluidsscherm, in opdracht van ProRail (Strukton Prefab Beton 2016)
2. Hilversum; lage geluidsschermen bij een overweg in opdracht van ProRail. Deze lage varianten staan dicht bij de geluidsbron. Momenteel wordt er praktisch onderzoek gedaan naar de geluidsreductie en de inpassing in het spoor van de lage varianten. Een duurzaam voordeel is de materiaalreductie bij het plaatsen van lagere schermen. (Strukton Prefab Beton, september 2017)
3. Deurne, een tweezijdig geprofileerd miscanthus geluidsscherm in opdracht van ProRail (Strukton Prefab Beton, 2018).

Life Cycle Costs

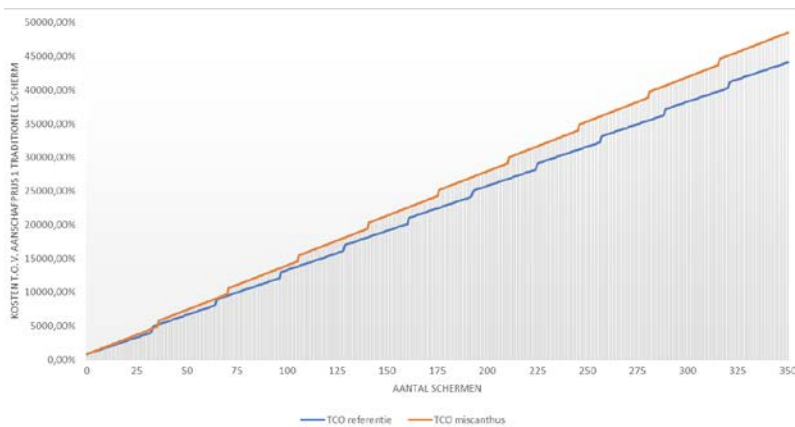
In dit LCC-voorbeeld is uit gegaan van 350 geluidsscherm elementen van 0,9 x 2,0m met een dikte van 20cm. Beide worden over een afstand van 50 km getransporteerd. Het miscanthus geluidsscherm is indicatief opgebouwd uit een kern van 8cm en 2 miscanthus lagen van ca. 6cm dik. Beide elementen gaan even lang (50 jaar) mee in het werk. Deze elementen zijn vergeleken als vertrekpunt. Een LCC op basis van een functionele eenheid, lees absorptiewaarde, is nog niet mogelijk. Een eerste TCO aanzet in tabel 6. en maatschappelijke waarde in tabel 7. leveren de eerste resultaten van de LCC. De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.



TCO GELUIDSSCHERM ELEMENTEN	REFERENTIE	MISCANTHUS
Transport kosten 350 elementen over 50km (€)	9090%	8264%
Verwachte vervangingscyclus op basis van technische levensduur (jaar)	50	50
TCO (€) bij 350 schermen	44090%	48514%



Grafiek 1. Omslagpunt geluidschermen



Berekenmethode TCO 350 geluidschermen:

Het transportgewicht van een vrachtwagen is 28ton. Dit staat gelijk aan 32 traditionele geluidschermen en 51 biobased geluidschermen. Praktisch gezien gaan er max. 35 geluidschermen op een vrachtwagen. De verwachte levenscyclus van beide geluidschermen is 50 jaar.

Berekening "Referentie"

Aanschafprijs per element	100%	x	350 stuks aanschaffen	
Transport prijs per scherm over 50km	47%	x	11 transporten voor 350 schermen	+
TCO	44.090%			

Berekening "Miscanthus"

Aanschafprijs per element	115%	x	350 stuks aanschaffen	
Transport prijs per scherm over 50km	47%	x	10 transporten voor 350 schermen	+
TCO	48.514%			

Uit bovenstaande tabel en grafiek blijkt dat in termen van TCO het miscanthus beton competitief is met het referentie beton tot 36 geluidschermen. Er is een omslagpunt op basis van het maximum aantal schermen dat op een vrachtwagen past. Door het lagere gewicht van het miscanthus beton kunnen er theoretisch

51 schermen op een vrachtwagen, tegen 32 traditionele geluidschermen. Echter zit er een maximale afmeting aan de vrachtwagens waardoor er niet meer dan 35 in een keer getransporteerd kunnen worden.

Tabel 7. MKI en MKBA Miscanthus betonnen geluidschermen

	REFERENTIE	MISCANTHUS
MKI/m ² geluidscherm (Cradle to grave)	100%	55%
Gewicht 35 geluidschermen	30	19
Prestatie (geluidsreductie)	4-5 dB	7-9 dB

Er is in tabel 7. begonnen met de verwaarding van de maatschappelijke lifecycle (MKI en MKBA) aspecten. Uit berekeningen van het NIBE blijkt dat de miscanthus schermen een aanzienlijke reductie levert in de MKI-waarde. Daarbij komt dat 35 traditionele betonnen geluidschermen samen ca. 30 ton wegen. 35 Biobased geluidschermen wegen samen ca. 19 ton. Dit heeft direct invloed op het brandstofverbruik van de vrachtwagen en is eenvoudig om te rekenen naar CO₂ equivalenten.

Ook blijkt uit akoestische onderzoeken dat de geluidsreductie van een biobased scherm functioneel beter volstaat dan een traditionele variant. Bij de miscanthus variant is er spraken van geluidsabsorptie door het materialen en bij de traditionele variant is er spraken van geluidsreflectie. Beide schermen zijn een oplossing voor hetzelfde probleem, echter met andere resultaten. Wanneer de inkoper de MKI-waarde, het CO₂-effect van het lichtere transport en de geluidsabsorptie van de geluidswal meeweegt in de besluitvorming, dan kan de voorkeur omslaan naar de geluidsschermen van miscanthusbeton.

Of die keuze doorslaat ten gunste van miscanthusbeton is afhankelijk van het relatieve gewicht van deze drie criteria ten opzichte van de aanschafprijs of TCO.

3. Biobased lantaarnpaal voor fiets- en wandelpad

Inleiding

Leon Joore is innovatie directeur van Millvision en bestuurslid van het Natuurvezel Applicatie Centrum. Millvision ontwikkelt natuurvezel gebaseerde materialen (papier, karton, composieten en beton) voor diverse applicaties in de verpakkingen, bouw en infra sector. In co-creatie worden met marktpartijen producten ontwikkeld. Het Natuurvezel Applicatie Centrum is gericht op het delen van kennis en applicatie ontwikkeling, met als doel om biobased materialen zo snel mogelijk van laboratorium fase naar prototype ontwikkeling te laten groeien. Enkele ontwikkelingen zijn de biobased lantaarnpaal en de biobased walbeschoeiing (zie Hoofdstuk 3.4.)



Huidige situatie

Lantaarnpalen zijn slank en hoog, hebben verschillende doorsneden en zijn van verschillende materialen gemaakt. De meeste lantaarnpalen zijn van verzinkt staal, aluminium of vezelversterkte kunststoffen (composiet) gemaakt en worden gerecycled na hun levensfase. Met het oog op duurzaamheid worden er ook (verduurzaamd) houten varianten aangeboden. Vorm en doorsnede zijn vaak materiaal gebonden. De combinatie bepaalt de sterkte en stijfheid ten aanzien van eigen gewicht en windbelasting en de mate van botsveiligheid. In Nederland staan ongeveer 3,5 miljoen lantaarnpalen. Jaarlijks worden er zo'n 25-30 duizend stalen palen gereproduceerd en in Nederland staan 32.000 verschillende lantaarnpalen (soorten?). Hierbij wordt niet alleen esthetisch, maar ook functioneel voor diverse uitvoeringen gekozen.

De functie van een lantaarnpaal is het ondersteunen van een lichtpunt. Dit lichtpunt heeft als doel op bepaalde plaatsen de weg te verlichten. Naast de ondersteunende taak moet de paal de elektrische apparatuur en bedrading herbergen. Sinds 2013 is op enkele plaatsen in Nederland het licht langs de snelweg uitgegaan. Dat gebeurde om energie en geld te besparen. Voor lantaarnpalen langs de autoweg gelden andere eisen dan voor lantaarnpalen langs fietspaden. Binnen deze studie ligt de focus op lantaarnpalen langs vrij liggende fiets- en wandelpaden.

Oplossing met biobased lantaarnpaal

Lantaarnpalen gaan gemiddeld 40 jaar mee (de lichtpunten 20 jaar). De verzinkte stalen palen veroorzaken emissies van zink naar het oppervlakte water ten gevolge van afspoeling als gevolg van corrosie. Zeeland, Zuid-Holland en het Zuid Westelijke deel van Noord-Bra-

bant (veel verkeer en invloed van lokale en Belgische industrie) heeft hogere SO_2 -concentraties ($2,40 \text{ g/m}^2/\text{jaar}$) en hogere afspoelingsnelheden dan de rest van Nederland ($1,68 \text{ g/m}^2/\text{jaar}$). Hierbij wordt conform de milieuclassificaties gerekend met € 4,-/kg SO_2 emissie. Dit zijn maatschappelijke kosten die invloed kunnen hebben op het beoordelen van milieu-invloeden bij aanbestedingen. Indien maatschappelijke kosten opgenomen worden als milieucriteria in aanbestedingen zal de meest duurzame oplossing voor lantaarnpalen er onder aan de streep uit komen.

Life Cycle Costs

Het uitgangspunt voor de LCC is een biocomposiet lantaarnpaal met een lengte van 5m die in een houtvezel geëxtrudeerd materiaal wordt uitgevoerd. De paal heeft een afmetingen van $100 \times 100 \text{ mm}$ en een wanddikte van ca. 15 mm. Deze biobased paal vervangt een verzinkt stalen buis (met een diameter van 40mm en een wanddikte van 2mm) en een aluminium paal (met een diameter van 50mm en wanddikte van 3 mm). Wanneer de stalen en aluminium palen vervangen worden door een biocomposiet paal is te verwachten dat onderstaande TCO, MKI en MKBA mogelijk zijn, zie tabel 8 en 9. De aanschafprijs van het traditionele verzinkte stalen product is gelijk aan 100% in het TCO vergelijk.



Tabel 8. TCO biobased lantaarnpaal

	VERZINKT STAAL	ALUMINIUM	BIO-COMPOSIT
Prijs/paal	100,0%	72,2%	97,2%
Plaatsing (ca. 1-1,5 uur) en aansluiten	111,1%	111,1%	111,1%
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	40	40	40
TCO na 40 jaar	211,1%	183,3%	208,3%

Berekenmethode TCO lantaarnpaal:

De beschreven lantaarnpalen gaan 40 jaar mee.

Berekening "Verzinkt staal"

Aanschafprijs per paal	100%	x	1 stuk aanschaffen	
Plaatsingskosten	111,1%	x	1 plaatsen	+
TCO	211,1%			

Berekening "Aluminium"

Aanschafprijs per paal	72,2%	x	1 stuk aanschaffen	
Plaatsingskosten	111,1%	x	1 plaatsen	+
TCO	183,3%			

Berekening "Bio-composiet"

Aanschafprijs per paal	97,2%	x	1 stuk aanschaffen	
Plaatsingskosten	111,1%	x	1 plaatsen	+
TCO	208,3%			

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de biocomposiet en de verzinkt stalen lantaarnpaal vergelijkbaar scoren in het TCO vergelijk, echter deze scoren minder dan de aluminium paal. Een verhoogde schaal-

grote van de biocomposiet paal zal een positieve invloed hebben op de aanschafprijs.



Tabel 9. MKI en MKBA lantaarnpaal

	VERZINKT STAAL	ALUMINIUM	BIO-COMPOSIT
Smelt temperatuur bij recycling materialen (°C)	-	660	125
Carbon footprint (kg CO ₂)	33,3	143,1	12,04
MKI per paal (cradle-to-grave)	100,0%	275,5%	12,8%
Zink emissie per paal in Zuid West Nederland per jaar (gram)	1,5	n.v.t.	n.v.t.

Aluminium en bio-composiet kunnen gerecycled worden na de lifecycle, maar in de praktijk wordt het materiaal nu nog vaak naar de stort gebracht. Aluminium is goed te recyclen, echter de smeltemperatuur is ca. 660°C graden. Die van thermoplastische composieten is slechts 125°C, wat betekent dat de energie input bij aluminium relatief hoog ligt ten opzichte van het bio-composiet bij recycling. Dit geeft een hogere carbon footprint bij de herverwerking van het aluminium. De carbon footprint van een bio-composiet komt overall gunstig uit het vergelijk, zie tabel 3.9. Kortom hierbij is er aandacht voor de verwerking na de gebruiksfase en dient er gestreefd te worden naar een zo hoogwaardig mogelijke recycling.

De eerder genoemde zinkemissie zijn maatschappelijke kosten die invloed kunnen hebben op het beoordelen van milieu-invloeden bij aanbestedingen. Indien maatschappelijke kosten opgenomen worden als milieucriteria in aanbestedingen zal de meest duurzame oplossing voor lantaarnpalen er onder aan de streep uit komen.

4. Biobased walbeschoeiing

Inleiding

Binnen het Natuurvezel Applicatie Centrum in Raamsdonksveer zijn voor de thermoplastische biocomposiet plantpaal diverse applicaties

ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van lokale grassen, vaak van de beheerende partij zelf (Rijkswaterstaat, Gemeenten, Waterschappen ed.).

Huidige situatie

Een beschoeiing is een constructie die een oever of waterkant stabiliteit biedt en beschermt tegen golven, afbrokkelen en andere invloeden. Beschoeiingen kunnen gemaakt worden van hout, beton, gerecycled kunststof of staal. Van oudsher wordt vaak hout toegepast. De voorkeur gaat uit naar een combinatie van hardhout (boven water en op de waterlijn) en zachthout (onder water) omdat dit minder snel wegrot.

Oplossing met biobased beschoeiing

De vervanging van een houten beschoeiing voor een biocomposiet beschoeiing met grasvezel heeft als doel om hergebruik van berm- en kantmaaisel mogelijk te maken en de milieu belasting te reduceren. De biobased walbeschoeiing is toegepast in Middelburg (betuining), Almere (zie afbeelding 5.), Haarlem, Drenthe en in Bergen op Zoom.



Afbeelding 3. Houten beschoeiing



Afbeelding 4. Kunststof beschoeiing



Afbeelding 5. Biobased walbeschoeiing Gemeente Almere.



Life Cycle Analyse

Voor een vergelijk is ervan uit gegaan van het plaatsen van een nieuwe biocomposiet beschoeiing met een lengte van 300 meter en (palen 2 meter diep, HOH 50 cm, planken (50cm hoog) en wortel-doeek). De houten (Azobé) palen hebben een afmeting van 80x80 en de biocomposiet palen een holle structuur en een oppervlaktemaat van 100x100. Wanneer hardhout vervangen wordt door een biocomposiet is de volgende LCC te verwachten (prijzen zijn excl. transport en afval). De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.



Tabel 10. TCO 300 meter walbeschoeiing palen

	HARDHOUT (AZOBÉ) 80X80MM	BIOCOMPOSIT 100X100MM
Aanschaf materiaal incl. bevestigingsmiddelen	100,0%	235,3%
Indicatieve prijs verwijderen van bestaande 300m beschoeiing (€)	50,0%	50,0%
Indicatieve prijs plaatsen van een nieuwe beschoeiing (€)	94,1%	94,1%
Verwachte vervangingscyclus/m ² op basis van technische levensduur (jaar)	25	35
Vervangen op basis van technische levensduur (aantal X)	2	1
TCO van 300 meter beschoeiing na 70 jaar	682,4%	708,8%

Grafiek 2. Omslagpunt TCO walbeschoeiing

Uit tabel 10 en grafiek 2 blijkt dat de biocomposiet beschoeiing relatief duur is bij aanschaf. Echter na 25 jaar zijn de kosten van een hardhouten beschoeiing ruim 1,3 keer hoger dan die van een biocomposiet variant. Na 35 jaar is echter de hardhouten beschoeiing weer voordeliger. De levensduur van beide materialen en de relatief hoge aanschafprijs van de composieten variant hebben een belangrijke invloed op de TCO resultaten. De praktijk zal uitwijzen of de composiet materialen daadwerkelijk 35 jaar meegaan onder deze omstandigheden.

Tabel 11. MKI 300 meter walbeschoeiing palen

	HARDHOUT (AZOBÉ) 80X80MM	BIOCOMPOSIT 100X100MM
MKI 300 meter beschoeiing	40,9%	6,0%

Na de lifecycle van de biocomposieten beschoeiing kan het eindproduct uit elkaar worden gehaald en het thermoplastische biocomposiet materiaal hergebruikt worden in dezelfde applicatie. In tegenstelling tot houten varianten. Daarnaast zal de hardhouten variant van ver getransporteerd worden, in tegenstelling tot de biocomposiet variant, die opgebouwd is uit lokale grondstoffen. Dit is terug te zien in de MKI van de materialen, zie tabel 11.

5. Biobased keepersysteem

Inleiding

Bert van Vuren is eigenaar van Natural Plastics. Natural Plastics ontwikkelt en verkoopt producten voor in de buitenruimte, gebaseerd op bio-kunststof, waaronder biobased keepersystemen (boomankers).

Huidige situatie

Huidige traditionele oplossingen om een boom externe stevigheid te bieden is op basis van (naaldhout, zoals fijnspar of de tamme kastanje) boompalen met (vaak rubberen of hennep) banden. Enerzijds worden er bomen gekapt om andere bomen te laten groeien. Wanneer de boom volgroeid is, worden anderzijds de (vaak de door vocht aangetaste) houten paal en rubberen band verwijderd en afgevoerd naar de stortplaats of verbrandingsoven.

Een standaard boompaal heeft een diameter van 8 centimeter en een lengte van 2.50m. De stam van een boom met een doorsnede van 12/14 cm en hoogte van 3,5-4 meter wordt bewerkt en geschild voor het produceren van een boompaal. Volgens I-Tree heeft een boom met een stamdiameter van 15 cm jaarlijkse baten van € 14.10 en CO₂ opslag van 15 euro. Door deze bomen te vellen en er palen van te maken komt de CO₂ versneld terug in de atmosfeer en vergaan de jaarlijkse baten. Voorzichtig mag gezegd worden dat de maatschappelijke kosten van het verwijderen van een boom voor een boompaal ca. € 29,10,- is, aangezien het een aantal jaren duurt voordat er weer eenzelfde boom is volgroeit. Dit staat nog los van de lifecycle van de boompaal, zoals berekend in de MKI.

Oplossing met biobased keepersysteem

Het boomanker systeem bestaat uit een touw (NatuRope) en minimaal 4 ankers (NatuKeeper) ter verankering van het systeem in de grond. Het touw is gebaseerd op PLA (melkzuur uit mais(plant)) en de ankers bestaan volledig uit bioplastic op basis van aardappelzetmeel. (zie afbeelding 9.6) Dit is een reststroom uit de aardappel verwerkende industrie en biologisch afbreekbaar. Het systeem zorgt voor de ondergrondse verankering van de kluit van jonge bomen. Aan de hand van een drijver worden gaten gemaakt waarmee de keepers in de grond gedrukt worden.

Afbeelding 9.6. NatuRope, NatuKeeper, drijver



Het biobased boomanker systeem is biologisch afbreekbaar in de koude grond en zal, wanneer de boomwortels de stabiliteit over hebben genomen, biologisch afbreken in de tijd. Dit betekent:

1. Bij het plaatsen van het keepersysteem zijn er geen extra manuren nodig om de stabilisatie na verloop van tijd te verwijderen (geen overlast en kosten voor mogelijke afzettingen).
2. Het keepersysteem is biologisch afbreekbaar in de grond, waardoor er geen afval ontstaat;
3. De omvang van een keepersysteem is minimaal en lichter in gewicht dan de traditionele oplossing. Dit betekent dat er meer systemen in een keer getransporteerd kunnen worden en het effect op het milieu wordt gereduceerd;
4. Boomwortels zorgen ervoor dat bomen blijven staan, bijvoorbeeld bij harde wind. Het keepersysteem imiteert het gedrag van wortels bij net geplaatste jonge bomen;
5. Het systeem is vandalisme proof omdat het onder de grond verwerkt zit. Dit betekent geen extra werkzaamheden voor het vervangen bij beschadigingen.
6. Het keepersysteem is reeds toegepast op >80.000 bomen in Nederland, onder andere in opdracht van Rijkswaterstaat, provincies, gemeenten en waterschappen. Eerste successen worden ook al in Japan, Australië en Nieuw-Zeeland geboekt. Het product is uit de pilotfase en klaar voor opschaling, het zit daarmee op niveau 7-8 van de TRL-ladder.

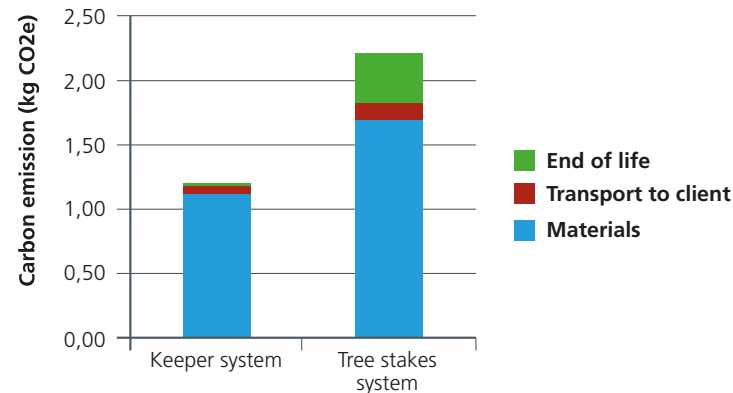
Milieukosten

Natural Plastics heeft een LCA (zie afbeelding 7) en MKI (zie afbeelding 8) berekening op het keepersysteem uit laten voeren. Hierbij is het keepersysteem afgezet tegen boompalen met een rubberen band en nagels om e.e.a. vast te zetten. Voor de berekening van de LCA is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

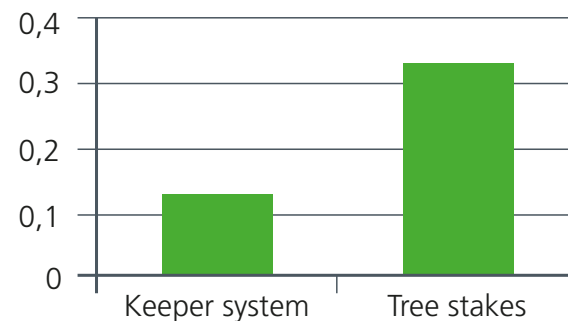
- Transport Keeper-systeem: 100 km naar Heemskerk, Nederland;
- Boomstammen transport: 1000 km naar Nederland;

- Transport totaal systeem naar klant: 100 km;
- Het keepersysteem blijft in de grond;
- De boompalen worden verbrand;
- De totale afstand tot verbranding / recycling is 50 km.

Afbeelding 7. Resultaten LCA berekening; uitgedrukt in CO₂ equivalent



Afbeelding 8. Resultaten MKI berekening uitgedrukt in Euro's



Life Cycle Costs

Het biobased keepersysteem wordt afgezet tegen de traditionele oplossing met de houten boompalen, rubberen band en nagels om e.e.a. vast te zetten. Een eerste aanzet tot een Total Cost of Owner-

ship tijdens de levensduur van 1 boom levert onderstaande tabel, zie tabel 3.12. De functie van de externe versteviging is relevant tijdens de eerste 3 levensjaren van de boom. De aanschafprijs van het traditionele product is gelijk aan 100%.

Tabel 12. TCO biobased boomverankering

	HOUTEN BOOMPAAL	KEEPERSYSTEEM
Indicatieve prijs (per stuk) incl. plaatsen	100,0%	75,9%
Onderhoud, vervangen en verwijderen rest materiaal	206,9%	
TCO tijdens levenscyclus van 1 boom	306,9%	75,9%

Berekenmethode TCO boomverankering:

De aanschafprijs van de boomverankeringsystemen is incl. plaatsing van het systeem.

Berekening "Houten boompaal"

Aanschafprijs per boompaal	100%	x	1 stuk aanschaffen	
Onderhoud, vervangen en verwijderen rest materiaal	206,9%	x	1 verwijderen	+
TCO	306,9%			

Berekening "Keepersysteem"

Aanschafprijs per 300m beschoeiing	75,9%	x	1 stuk aanschaffen	+
TCO	75,9%			

Uit tabel 12. blijkt dat de TCO van boompalen 4 keer zo hoog ligt dan het biobased keepersysteem. Het kiezen voor dit biobased alternatief is van toegevoegde waarde op elke boom die geplant wordt. Echter bij hele jonge bomen met een kleine kluit (veel wortel, minder aarde) en een dunne stam kan een boompaal functioneel beter uit komen.



Tabel 13. MKI biobased boomverankering

	HOUTEN BOOMPAAL	KEEPERSYSTEEM
MKI	100,0%	48,3%



De MKI van het keepersysteem valt positief uit ten opzichte van de houten palen. Dit komt doordat de resten van het keepersysteem na de functionele levensduur niet verwijderd hoeven te worden. De materialen blijven in de grond zitten, dit is tevens terug te zien in het TCO vergelijk (Onderhoud, vervangen en verwijderen rest materiaal) van tabel 12. In de praktijk blijkt dat nieuwe (onbekende) oplossingen op weerstand stuiten. Gedragsverandering is hierin key. Voor meer informatie zie Methode Magneet (ref. Green Deal Biobased Producten voor Openbare Ruimte).

