Normering plastics – onderbouwing elastomeren

afbakening en reikwijdte voor elastomeren van de normering tot het toepassen van een minimumaandeel recyclaat en biogebaseerd elastomeer.

Definitief rapport

Opdrachtgever:
- RVO

FF/FH/23.020 29 februari 2024

FFact
strategy & implementation

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Onderzoeksvragen	4
1.3	Aanpak	5
1.4	Afkortingen	6
2	Elastomeren	7
2.1	Definitie van Rubber	7
2.2	Ingrediënten	8
2.3	Rubberproducten, productieketen en marktpartijen	10
2.4	Productieproces en positie van de compounder	12
2.5	Toepassingen en samenstelling	14
3	Markt	16
3.1	Totale marktomvang	16
3.2	Banden	17
3.3	Technische rubberartikelen	18
3.4	Basisrubber en compounds	20
3.5	Recyclaat	20
4	Recycling	22
4.1	Bandenrecycling en hergebruik	22
4.2	Overige rubberrecyclingtechnieken	23
4.3	Kwaliteit van het recyclaat	25
4.4	Kansen en belemmeringen inzet recyclaat bij normering	27
5	Natuurrubber en synthetisch biobased	30
5.1	Toepassing en beschikbaarheid van natuurrubber	30
5.2	Synthetisch biobased	31
5.3	Kader biogrondstoffen	32
5.4	Belemmeringen bij normering	33
6	Conclusies	35
6.1	Elastomeren	35
6.2	Marktomvang	35
6.3	Recyclaat	36
6.4	Natuurrubber en biobased	37
7	Advies	39
7.1	Factoren	39
7.2	Voor- en nadelen van NCPN voor elastomeren	41
7.3	Reikwijdte van de NCPN voor elastomeren	43

Literatuur 45

Bijlage 1: effect ingrediënten op product 46

Bijlage 2: Marktverkenning met CBS-cijfers 48

Bijlage 3: Marktverkenning banden 51

Bijlage 4: Marktverkenning synthetische rubber 55

Bijlage 5: Informatie van recyclers 58

Bijlage 6: RecyBEM-systeem 59

Bijlage 7: Vormen van recycling en reclaiming 62

Bijlage 8: EU-Ontbossingsverordening 68

Opdrachtgever

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Ir. Wendy M.G. Stikvoort
Coördinator Circulaire Plastics
Graadt van Roggenweg 200
3503 RE Utrecht

Besproken (concept) rapportversies met opdrachtgever

1.1 - 22.11.2023	Concept inventarisatierapport – bespreking RVO/IenW
1.6 - 15.01.2024	Concept ter bespreking met opdrachtgever RVO/IenW
Con - 24.01.2024	2e concept en bespreking met opdrachtgever RVO/IenW
Def - 26.02.2024	Schriftelijke reactie opdrachtgever (RVO)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de besluitvorming over het klimaatpakket en de voorjaarsnota 2023 heeft het kabinet besloten tot een nationale verplichting (normering) voor de toepassing van een minimumaandeel recyclaat en biogebaseerd plastic: *Nationale circulaire plastics norm ('NCPN').* De verplichting geldt voor alle polymeren die in Nederland en voor de Nederlandse markt worden verwerkt tot deel- en eindproducten (export is uitgezonderd). De norm gaat in per 2027 en loopt op naar een verplichte toepassing van 25%-30% plastic recyclaat of biogebaseerd polymeer in 2030.

Voor de implementatie is het nodig om eerst scherper te analyseren wat precies de doelgroep en de reikwijdte gaat worden. Met doelgroep wordt de normadressant bedoeld (de groep bedrijven die polymeren verwerken tot half- en eindproducten). De reikwijdte omvat in eerste instantie alle polymeren in alle toepassingen. Elastomeren zoals rubber vormen een specifieke groep polymeren, zowel qua eigenschappen als qua opties tot verduurzaming. RVO heeft aan FFact in samenwerking met Artech Rubber opdracht verleend om specifieke informatie over elastomeren in relatie tot de normering inzichtelijk te maken.

1.2 Onderzoeksvragen

De doelstelling van het onderzoek is: *het geven van een nadere afbakening en reikwijdte voor de doelgroep elastomeren van de normering tot het toepassen van een minimumaandeel recyclaat en biogebaseerd elastomeer.*

Dit rapport is qua hoofdstructuur opgebouwd aan de hand van de gestelde onderzoeksvragen (verwijzing naar paragrafen van analyse).

Elastomeren (2.1-2.5)

a. Is er een definitie beschikbaar voor elastomeren? Welke onderverdeling kan er gemaakt worden binnen de groep elastomeren, op basis van typen elastomeren?
b. Worden voorafgaand aan verwerking van de elastomeren andere ingrediënten toegevoegd? Welke en in welke hoeveelheden?
c. In welke producten worden elastomeren toegepast? Is hier een onderverdeling in te maken die gerelateerd is aan het type bedrijven dat deze elastomeren tot half- en eindproducten verwerkt?

Markt (3.1-3.4)

d. Welke elastomeren worden in Nederland door de chemische industrie geproduceerd? Door welke bedrijven? Welke importeren we?
e. Is er zicht op volumes van rubber dat in Nederland verwerkt wordt tot half- en eindproducten? Welk deel hiervan wordt aan de Nederlandse markt geleverd en welk deel wordt geëxporteerd?
f. Welk type bedrijven verwerkt rubber tot half- en eindproducten?

Recycling (3.4; 4.1-4.4)

g. Welke bestaande en in ontwikkeling zijnde recyclingtechnieken zijn er voor rubber producten?
h. Wat is de kwaliteit van het recyclaat en in welke toepassingen kan het weer ingezet worden?
i. Welke belemmeringen zijn er voor inzet van rubber recyclaat als er een normering zou komen?

Natuurrubber en synthetische biogebaseerde elastomeren (5.1-5.3)

j. Voor welke toepassingen kan natuurrubber een alternatief zijn voor synthetisch rubber? Om welk volume gaat het dan?
k. Bestaat er ook synthetisch rubber dat deels of geheel van biobased grondstoffen wordt gemaakt en is dat al in de markt verkrijgbaar? In welke volumes?
l. Welke belemmeringen zijn er voor inzet van natuurrubber (of indien relevant biobased rubber) als er een normering zou komen?
m. Voldoet natuurrubber aan de eisen in het Nederlandse duurzaamheidskader biogrondstoffen?

Overall (6.1 – 7.2)

n. Welke factoren moeten worden meegewogen bij het bepalen van de reikwijdte als het gaat om elastomeren, welke voor- en nadelen moeten worden gewogen en welke dienen zoveel mogelijk kwantitatief in beeld te worden gebracht?

De hoofdstukken 6 en 7 geven de conclusies en de beantwoording van de centrale onderzoeksvraag. De hoofdstukken 2 tot en met 5 geven de inhoudelijke onderbouwing met verwijzing naar 5 bijlagen.

1.3 Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd door FFact en Artech Rubber. Er is samengewerkt met specifieke ketenpartijen om de benodigde informatie te verzamelen. Daarnaast zijn de brancheverenigingen NVR banden en NVR TRA (Technische Rubberartikelen) nauw betrokken bij het opstellen van het rapport en is afgestemd met RecyBEM, ETRMA en VACO.

Op 30.10.2023 heeft de kick off van het project plaatsgevonden en is de aanpak en het tijdpad besproken en vastgesteld. Als eerste stap van het onderzoek is op 23.11.2023 met de opdrachtgever een inventarisatierapport besproken.

De ontbrekende onderdelen zijn aan de orde geweest en daarna waar mogelijk aangevuld in een concept van het eindrapport dat op 18.01.2024 is besproken met de opdrachtgever. Tijdens het overleg is gevraagd om de structuur van het marktgedeelte (hoofdstuk 3) te vereenvoudigen en vooral te richten op het rubbergewicht dat netto in Nederland op de markt komt.

De opdrachtgever heeft aangegeven dat de verplichting tot bijmenging alleen van toepassing is op degene die het deel- of eindproduct maakt. Dit is voor polymeren de

convertor ofwel de producent van het artikel, en in beginsel niet de maker van de compound. Deze afbakening van de normadressaat vormt het vertrekpunt in dit definitieve rapport.

Het definitieve rapport is op 30.01.2024 besproken met de opdrachtgever en daarbij is gevraagd om de positie van de compounder verder te belichten in hoofdstuk 2 en daarnaast de factoren die van belang zijn voor de normering te prioriteren in hoofdstuk 7. In het rapport van 9.02.2024 is de schriftelijke reactie van 26.02.2024 van de opdrachtgever (RVO) verwerkt.

Leeswijzer

De structuur van het rapport is opgebouwd volgens de gestelde onderzoeksvragen. De analyse is compact beschreven en er is gebruik gemaakt van 8 bijlagen voor een verdere toelichting. Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting van de bevindingen van de (inventariserende) onderzoeksvragen. Hoofdstuk 7 gaat specifiek in op de laatste onderzoeksvraag en met name de factoren die moeten worden meegewogen op basis van de inventarisatie.

1.4 Afkortingen

NVR	Nederlandse Vereniging van Rubberproducenten
NVR TRA	NVR Technische Rubber Artikelen
ETRMA	European Tyre & Rubber Manufacturers Association
RecyBEM	Uitvoeringorganisatie autobandenproducenten voor het Besluit Beheer Autobanden (Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid)
VACO	Bedrijfstakorganisatie voor de banden- en wielenbranche

kt	Kiloton, 1000 ton, 1 miljoen kg (meest gebruikte eenheid)

AEM	Ethylene-acrylic-elastomers (rubber)
BR	Butadieenrubber
CR	Chloropreen-rubber
EPDM	Ethyleen-propyleen-dieen-methyleen rubber
FKM	Fluor-rubber (Fluorine Kautschuk Material)
IIR	Isobuteen-isopreen-rubber; ook wel Butylrubber
IR	Isopreen-rubber
NBR	Acrylonitriel-butadieenrubber
NR	Natuurrubber
SBR	Styreen-butadieen-rubber
VMQ	Vinyl-methyl-silicon (Siliconen rubber)

2 Elastomeren

2.1 Definitie van Rubber

Familie van natuurlijke of synthetische polymere materialen die flexibel, dus makkelijk vervormbaar en elastisch (elastomeer) zijn. Rubber vervormt sterk onder belasting, maar komt snel terug naar bijna de originele vorm, indien deze belasting wordt verwijderd (Definitie rubber volgens ISO 1382, ASTM D 1566).

Volgens de definitie van ISO 1382 zijn elastomeer en rubber synoniem. In dit rapport worden ze ook op deze manier gebruikt. Er is wel aangesloten bij het spraakgebruik waarbij rubber meestal gebruikt wordt bij artikelen of producten van rubber en elastomeer als aanduiding van de rubbercomponent in het product.

Het basispolymeer is **crosslinked** (zie figuur) door middel van chemische (vulkanisatie) of fysische verbindingen (ThermoPlastische Elastomeren, TPE). Dit in tegenstelling tot kunststoffen, die geen crosslinks hebben.

Wat is rubber in de praktijk
Een macromoleculair of polymeer materiaal dat:

1. Minimaal 100% (dus tot twee maal zijn initiële lengte) uitgerekt kan worden.
2. Als na 1 minuut deze vervorming opgeheven wordt, binnen 1 minuut bij kamertemperatuur terug kan komen tot maximaal anderhalf maal (minder dan 50% vervorming) zijn initiële dimensie.
3. Alleen kan zwellen in een kokend oplosmiddel, echter daar niet in opgelost kan worden, in tegenstelling tot een plastic/kunststof materiaal.

De douane heeft een aanvullende eis of praktisch onderscheid voor rubber ten opzichte van kunststof, namelijk dat het materiaal vulkaniseerbaar dient te zijn met zwavel. Dit heeft vooral te maken met de importheffing: voor rubber is dit 2% en voor kunststof 6%. Er zijn inmiddels veel rubbersoorten die niet met zwavel te vulkaniseren zijn, o.a. FKM, VMQ, AEM. Deze zijn echter ontwikkeld na de invoering van de douane-definitie van rubber en worden dus gezien als kunststof wat betreft importheffing, echter behoren qua eigenschappen tot de rubbers.

Rubber dat in artikelen wordt toegepast komt tot stand in een proces van mengen en vulkaniseren. Het is te vergelijken met het maken van brood. Eerst mengt de

compounder elastomeren en ingrediënten tot een deeg (compound) en brengt dit op specificatie. Daarna gebruikt de producent het compound om het artikel vorm te geven voor een specifieke toepassing. De 2 stappen zijn een belangrijk verschil met het produceren van de meeste kunststofpolymeren die direct vanuit een masterbatch kunnen worden verwerkt.

2.2 Ingrediënten

De samenstelling van een rubberproduct bestaat uit veel meer ingrediënten dan alleen het elastomeer. Het elastomeer is doorgaans wel het hoofddeel van de receptuur (compound) en kan over het algemeen variëren tussen de 25% en 60%, met enkele uitzonderingen naar een hoger percentage, bijv. Linatex.

Een rubberreceptuur kan bestaan uit:

- elastomeren,
- vulstoffen,
- overige ingrediënten:
    - weekmakers,
    - verwerkingshulpstoffen,
    - anti-degradanten,
    - activatoren, versnellers, co- of coupling agents, vulkanisatoren etc.

Binnen deze hoofdcomponenten van de receptuur bestaan verdere onderverdelingen en daarbinnen verschillende gradaties.

<u>Elastomeren:</u>
Natuurrubber (NR), SBR, EPDM, (H)NBR, FKM, VMQ, etc.

<u>Vulstoffen:</u>
Roet (carbon black) en minerale vulstoffen (klei, krijt, calciumcarbonaat, bariumsulfaat, silica, kurk etc.), gericht op de functie van het product. Zowel roet als silica verhogen de sterkte van het rubber met een factor twee tot drie wanneer ze worden toegevoegd aan een mengsel.

<u>Weekmakers en verwerkingshulpstoffen:</u>
(Minerale) oliën, harsen, waxes, mould release agents, peptizers etc., gericht op de functie van het product en/of het verwerkingsproces. Aliphatische esters zorgen voor het zacht houden van de elastomeren bij extreme temperaturen.

<u>Anti-degradanten en beschermers:</u>
Anti-oxidanten, anti-ozonanten en hulpmiddelen tegen dynamische veroudering, zijn gericht op de kwaliteit en levensduur van het product. Amines reduceren de oxidatie van de elastomeren. Paraffine wax diffundeert de anti-oxidanten naar het oppervlak om een beschermende huid te vormen.

Activatoren en co- of coupling agents:
Zinkoxide, stearinezuur, silaan, HVA-2, etc., om de vulkanisatie te realiseren.

Vulkanisatoren:
Zwavel, peroxide, bisphenol-A, triazine, metaaloxides, platina verbindingen, etc. om de crosslinks tijdens de vulkanisatie te kunnen realiseren.
Binnen al deze groepen zijn er ook weer verschillende gradaties beschikbaar. Zo is er bijvoorbeeld een groot assortiment aan roet (carbon black) beschikbaar, vaak aangeduid met specifieke nummers: N110, N220, N330, etc., die allemaal andere eigenschappen geven aan het eindproduct. De hoeveelheid of type van het roet in de receptuur heeft invloed op de verwerkings- of materiaaleigenschappen van het rubber materiaal.

Bijlage 1 geeft voorbeelden van de samenhang tussen receptuur en eigenschappen van het product. Een rubberreceptuur werkt niet met percentages maar met phr (parts per hundred rubber): het aantal gram/kg product toegevoegd ten opzichte van 100 gram van het zuivere elastomeer (in tabel 1: NR + BR). Sommige recepturen bestaan uit 5 ingrediënten, andere recepturen kunnen wel meer dan 15 ingrediënten bevatten. Afhankelijk van de benodigde eigenschappen van het rubberproduct zijn de ingrediënten in een bepaalde hoeveelheid en/of al dan niet aanwezig.

Tabel 1: Voorbeeld van een rubberreceptuur

Ingrediënt	phr
NR	80
BR	20
Roet	50
Weekmaker	10
Stearinezuur	2
Zinkoxide	5
Wax	1,5
Anti-oxidant	1
Anti-degradant	1
Versneller 1	2
Versneller 2	1
Vertrager	0,5
Zwavel	1
Totaal	175

Rubber wordt geproduceerd voor unieke toepassingen
Rubberproducten moet voldoen aan hoge eisen die vaak klantspecifiek zijn. Het is daarmee een kostbaar materiaal met een relatief lange (technische) levensduur. Als het mogelijk is om een product van een kunststofpolymeer (niet-elastomeer) te maken zal dat in de praktijk ook gebeuren in verband met de lagere kosten van de grondstoffen en van de fabricage. Rubber kent vooral lang-cyclische toepassingen.

Voor Nederland geldt dat bij kort-cyclische toepassingen veelal sprake is van importproducten.

De rubberindustrie maakt gebruik van meer dan 10.000 ingrediënten en elke receptuur is uniek en ontwikkeld om een compound te maken dat door een specifieke verwerkingswijze aan de specifieke verwerkings- en materiaaleigenschappen van het rubberproduct kan voldoen. Elke wijziging van een receptuur heeft invloed op eigenschappen en duurzaamheid van het rubberproduct. Een betrouwbare samenstelling van alle elastomeren en dus ook van het recyclaat is belangrijk voor de mate van menging in een compound.

2.3 Rubberproducten, productieketen en marktpartijen

Producten van rubber die op de markt komen, worden eigenlijk altijd ingedeeld in:

1. Banden (Tyres) of transporttoepassingen (ook lopende banden);
2. Technische Rubberartikelen of General Rubber Goods (GRG); in praktijk alle rubberproducten die geen banden zijn, zoals voor:
    - Afdichting: O-ringen, seals, gaskets, membranen, slangen, profielen, dakbedekking e.d.;
    - Demping: Trillingsdempers, balgen e.d.;.
    - Veiligheid: Valtegels, handschoenen, condooms e.d..

De onderverdeling is praktisch en gebaseerd op het grote verschil in productie van de relatief homogene productgroep (ook qua soort elastomeer) ‘banden’ en de zeer heterogene productgroep ‘GRG’. Dit bepaalt marktverhoudingen en krachtenveld.

Figuur 1: Cyclus van Rubberproductie, volgens NVR TRA 2022

Figuur 1 geeft een beeld van het productieproces en levenscyclus van een rubber band (buitenste ring) en technisch rubberartikel (binnenste ring). De processtappen zijn grotendeels vergelijkbaar.

1. De **compounder** staat aan de basis van de cyclus (linksboven) en kiest de samenstelling op basis van technische eisen en beschikbare ingrediënten. De gekozen elastomeer kan virgin, biobased of recyclaat zijn, evenals de gekozen vulstof. Compounders nemen een cruciale plek in het rubberproductieproces in met een extreem intensieve klantrelatie. Compound wordt altijd op klantspecificatie geleverd. In Nederland produceren enkele bedrijven afzonderlijk compound en deze behoren tot dezelfde holding (Elastofirm). Apollo Vredestein compoundeert en vulkaniseert zelf. Nederlandse producenten bestellen compounds ook buiten Nederland (Europa en de rest van de wereld).
2. De tweede stap in de cyclus is de productie van het rubberartikel door de producent: dat proces bestaat altijd uit **modelleren** (in een vorm brengen, meestal met behulp van een matrijs of extruder) en daarna **vulkaniseren** (een onomkeerbaar chemisch proces waardoor een rubberproduct wel vervormbaar is maar elastisch blijft en kan terugkeren in zijn oorspronkelijke vorm). Er zijn in Nederland enkele producenten die zelf zowel compounderen als produceren.[1]
3. De volgende stap is het **op de markt** brengen en verhandelen van rubber producten, waarbij er ook een productstroom uit import komt. De markt is vooral B2B en daarvan komt een deel uiteindelijk (direct maar vooral indirect) op de consumentenmarkt. De meeste rubberproducten zijn assemblageproducten (deelproduct), hoewel banden natuurlijk ook eindproduct zijn.
4. Na de gebruiksfase volgt **inzameling**, waarbij banden gestructureerd en gescheiden worden ingezameld. Overige rubbertoepassingen kennen nog nauwelijks gescheiden inzameling na gebruik. Belangrijke kenmerken van rubberartikelen zijn dat ze een zeer diverse en lang-cyclische toepassing hebben. Dit is meestal als onderdeel van andere producten of constructies. Producten met een korte levensduur komen minder en met een lager gewicht voor.
5. Voor een deel van het ingezameld rubber zijn er circulaire verwerkingsopties door hergebruik (banden) of mechanische of chemische **recycling** (zie par. 3.4). Een klein deel van het ingezamelde materiaal krijgt een energetische toepassing omdat recycling in verband met de samenstelling niet mogelijk is.
6. De **recyclaten** kunnen uitsluitend door de compounder worden ingemengd in een nieuw compound. Dat inmengen is – vanwege de hoge technische eisen aan het compound en de (moeilijker te waarborgen) kwaliteit van het recyclaat – geen eenvoudige opgave. Het vraagt een commitment en samenwerking tussen de recyclaatleverancier, compounder en producent/eindgebruiker.
7. De **recyclage van post-industrial** rubber (zowel ongevulkaniseerd als gevulkaniseerd) is een aparte cyclus in de figuur (rechtsboven). Die cyclus is eenvoudiger te beheersen vanwege het gecontroleerde aanbod en de bekende samenstelling van de input. Het bijmengen voor dezelfde compound en afnemer is vaak het meest eenvoudig en kent al diverse succesvolle toepassingen.

[1] RVO heeft aangegeven dat de producent de normadressaat is voor de normering (NCPN), degene op wie de norm van toepassing is. Dit is in het huidige voorstel voor de norm niet de compounder (zie par. 2.4).

2.4 Productieproces en positie van de compounder

Kenmerkend voor rubberartikelen is dat ze altijd gemaakt worden in twee stappen: mengen (compounderen) en vulkaniseren. Bij de eerste stap kiest de compounder, in nauwe samenspraak met zijn klant, de elastomeren die beschikbaar en geschikt zijn voor het proces. Er is keus uit een vijftal hoofdvormen van elastomeerproductie:

1. Natuurrubber, beschikbaar in ongevulkaniseerde vorm (latex) uit rubberbomen die groeien in een smalle bandbreedte rond de evenaar;
2. Natuurrubber geproduceerd uit andere gewassen, zoals (Russische) paardenbloemen, en daarmee potentieel minder locatiegebonden, echter vooralsnog beperkt beschikbaar;
3. Synthetisch rubber vervaardigd uit aardolie;
4. Synthetisch rubber vervaardigd uit biobased grondstoffen zoals suikerriet, vooralsnog beperkt beschikbaar;
5. Recyclaat rubber vervaardigd uit rubberresten (post-industrial) of oude artikelen (post-consumer) in de vorm van devulkanisaat, reclaimrubber, poeders en granulaten.

Compounder krijgt geen verplichting door de NCPN
De NCPN richt zich niet op de compounder. Dat zorgt in het geval van elastomeren voor grote effecten. Juist de compounder verwerkt polymeren tot een deelproduct (halffabrikaat/compound) en bepaalt de eigenschappen die nodig zijn voor het product. De vraag van de rubber(verwerkende) industrie is belangrijk, echter niet allesbepalend. De compounder kiest de receptuur en het mengsel van polymeren en de 10-15 andere ingrediënten. De producent kent dit mengsel veelal niet en is vooral bij afname van kleinere hoeveelheden mede afhankelijk van andere vraag in de markt. Deze markt beperkt zich zeker niet tot Nederland (zie par. 3.3).

Een van de argumenten om de NCPN bij de rubberproducent te leggen is dat de compounder na bijmenging geen afnamegarantie heeft. Daarentegen heeft de rubberproducent, als volgende schakel in de keten, vaak geen enkele invloed op de receptuur en is compleet afhankelijk van wat de compounder kan leveren. Dit leidt tot een bijna ondeelbaar gezamenlijk belang voor bijna alle rubberproducten.

Compounder is kennisschakel in de keten
Voor veel ketens is de compounder een buitenlandse partij, aangezien de rubberindustrie in Nederland beperkt is qua omvang. De compounder heeft kennis van een specifieke markt en hanteert hiervoor veelal bijzondere recepturen. Compounders zijn niet uitwisselbaar mede door verschil aan kennis van de industrie en focus op bepaalde grondstoffen.

De rubberverwerkende industrie heeft vaak helemaal geen mogelijkheid om over te stappen naar een andere compounder. Elk rubberrecept is immers uniek en een overstap naar een andere compounder betekent een andere materiaalsamenstelling met neven- en vervolgeffecten, zoals:

- Elke verandering in een receptuur moet worden besproken met de eindklant, de gebruiker van het uiteindelijke rubberproduct en/of een eventuele certificerende instantie;
- Als er een certificering op de compound of het product rust, betekent een verandering van compounder en dus van receptuur dat er een nieuwe certificering nodig is, wat heel veel tijd en geld kost, de klant zal op duurgedrag moeten testen en de certificeringsinstantie op samenstelling;
- In bijvoorbeeld de automotive en HVAC (ketels) industrie worden compounds door de klant vrijgegeven na hele lange en uitgebreide duurtesten, om te garanderen dat bijv. de verbrandingsmotor zoveel kilometer mee kan en de ketel zoveel jaar gasdicht (koolmonoxide) blijft.

Positie van klanten van de rubberindustrie
De keten zal een bijmengverplichting op grond van de NCPN niet aantrekkelijk vinden door de benoemde effecten. De kans is groot dat klanten van de rubberproducent naar een “second supplier” overstappen, bijvoorbeeld buiten Nederland. Een klant heeft namelijk goedkeuring gegeven aan het gebruik van een bepaalde compound in het door hem bestelde product en zal dus niet zomaar accepteren dat er een andere compound wordt toegepast. Daarnaast wordt een product mogelijk duurder of kwalitatief minder door bijmenging van recyclaat.

Veel klanten die rubberartikelen in Nederland afnemen hebben 2 of 3 leveranciers voor hetzelfde product. Klanten kunnen elders gaan afnemen wat ten koste gaat van de Nederlandse rubberverwerkende industrie en de werkgelegenheid.

Ter illustratie is een voorbeeld gegeven van de cruciale rol in de keten van de compounder:

- Stel de producent maakt speciale O-ringen, een specialty product. Met een batch rubber van 200 kg maakt hij een groot aantal producten. Omdat rubber verderfelijk is kan hij geen grotere hoeveelheid bestellen.
- De compounder is voor deze specialty gewoon om relatief kleine bestellingen van veel klanten te ontvangen.
- Als de Nederlandse producent vraagt om een bijmenging is de kans aannemelijk dat het afnamevolume te laag is of de prijs bij wijziging extreem hoog zal zijn.
- De producent zit klem en de compounder werkt niet mee en heeft ook geen verplichting of prikkel om mee te werken.
- Als de compounder buiten Nederland is gevestigd en werkt voor een Europese of zelfs wereldmarkt zal deze nog makkelijker weigeren. De producent moet op zoek naar een andere, mogelijk een Nederlandse compounder. Als deze al de kennis heeft dan heeft ook deze Nederlandse compounder geen verplichting en zit de producent nog steeds klem.

Samenwerking in de keten opnemen in de NCPN
Dit voorbeeld geeft aan dat sprake is van een nauwe afstemming of samenwerking tussen compounder en producent. De kwaliteitseisen van de producent bepalen voor

de compounder zijn receptuur en welke van de elastomeren bruikbaar zijn voor het maken van de compound. Dit geeft vooral bij technische rubberartikelen vaak ook nog een beperkte mogelijkheid tot bijmenging omdat er geen beschikbaarheid is van recyclaat met het geschikte elastomeersamenstelling.

Vanuit deze effecten zou een alternatieve definitie van de norm (NCPN), althans gericht op elastomeertoepassingen, kunnen zijn:
Onder rubberverwerkers worden tevens verstaan partijen die rubber halffabrikaten (compound) vervaardigen voor gebruik in deel- of eindproducten.

2.5 Toepassingen en samenstelling

De functie en eisen aan het rubberartikel of -product bepalen in belangrijke mate het toe te passen type elastomeer, met een onderverdeling in:

- **Onverzadigde**: bevatten **dubbele** of drievoudige koolstof-koolstofverbindingen. In dit geval kunnen zowel door zwavel- als niet-zwavelvulkanisatie onverzadigde elastomeren uitharden, zoals polybutadieen, chloropreenrubber, butylrubber, nitrilrubber of synthetisch polyisopreen.
- **Verzadigde**: deze hebben een aanzienlijk betere stabiliteit tegen ozon, hitte, zuurstof en straling en reageren alleen in een beperkt aantal situaties onder specifieke omstandigheden, zoals EPDM, siliconenrubber, FKM.

Toepassing in banden
Bij bandenproductie, een relatief homogene productgroep, worden hoofdzakelijk onverzadigde polymeren toegepast, zoals NR, IR, SBR, BR en IIR. Deze worden soms als bandenrubber aangeduid. Dat heeft onder meer te maken met hun eigenschappen zoals slijtvastheid. De verdere samenstelling is afhankelijk van de functie van de band. Banden met een hoger draagvermogen bevatten veelal meer natuurrubber en meer staal voor in het karkas. Banden waarbij rolweerstand, geluid, slijtvastheid en veiligheid belangrijk is bevatten meer synthetisch rubber, textiel en meer silica (zie tabel 2 en 3).

Tabel 2: Gemiddelde samenstelling autoband (bron: ETRMA)

Autobanden	gew-%	%-elastomeer
Natuurrubber	18	42%
Synthetisch rubber	25	58%
Staal	10-13	
Textiel	5	
Carbon black, silica, additieven e.a.	30-40	
Totaal	100 %	100 %

Tabel 3: Gemiddelde samenstelling vrachtwagenband (bron: ETRMA)

Vrachtautobanden	gew-%	%-elastomeer
Natuurrubber	35	76%
Synthetisch rubber	11	24%
Staal	18-22	
Textiel	1-2	
Carbon black, silica, additieven e.a.	30-35	
Totaal	100 %	100 %

Illustratie bij tabel 2 en 3: Opbouw van een band met diverse, qua samenstelling verschillende, compounds en versterkingsmaterialen.

Een overeenkomst voor alle bandentypen is dat een groot deel van het elastomeer uit natuurrubber bestaat. Dit heeft ook effect voor het recyclaat dat van afvalbanden of productierestanten wordt gemaakt. De samenstelling hiervan is gemiddeld vergelijkbaar met die van tabel 2 en 3, echter zonder de hulpstoffen staal en textiel. Soms komt zelfs een specifiek deel van de band vrij, bijvoorbeeld bij het afruwen van het loopvlak van vrachtwagenbanden. Dit wordt dan afzonderlijk gerecycled onder meer vanwege de samenstelling. Bijmengen van recyclaat uit producten met onverzadigde polymeren in verzadigde elastomeren is moeilijk of zelfs onmogelijk.

Toepassing in farmacie of bij voedselcontact

Ter bescherming van de gezondheid bestaat een ‘white list’. Deze lijst is opgesteld voor de farmaceutische en levensmiddelenindustrie en bevat de ingrediënten die toegestaan zijn in elastomeren.[2] Het is verboden om daar andere ingrediënten aan toe te voegen in verband met de gezondheid. Dat beperkt direct de inzet van recyclaat voor deze toepassingen.

[2] Het betreft onder meer EU Regulation 1935/2004 voor voedsel. In US de Food additive status list en specifiek US FDA CFR 21 regulation for rubber articles.

3 Markt

Er is een uitgebreide marktverkenning uitgevoerd gebaseerd op openbare CBS data en een inventarisatie vanuit de sector. Ter bevordering van de leesbaarheid is de CBS verkenning grotendeels opgenomen in **bijlage 2-5**. Uitsluitend de hoofdpunten van de verkenning en analyse zijn in dit hoofdstuk beschreven. De marktverkenning is waar mogelijk ingedeeld naar marktsegment, met een specifieke verkenning naar rubber voor vervoertoepassingen (banden) en rubber voor technische toepassingen.

3.1 Totale marktomvang

The European Tyre & Rubber Manufacturers Association (ETRMA) is de Europese brancheorganisatie. De productie in Europa is vele malen groter dan in Nederland. Figuur 2 geeft een onderverdeling van de productie in Europese marktsegmenten. Meerdere van deze segmenten ontbreken qua productie in Nederland. Meer info is te vinden in het ETRMA Statistics Booklet 2021. De Europese marktsegmenten komen wel tot uiting in de Nederlandse in- en uitvoerstatistieken.

De Nederlandse bedrijven zijn actief in een van de marktsegmenten, bijvoorbeeld bedrijven in de bandenindustrie. Voor bedrijven die actief zijn in de productie van de Technische Rubber Artikelen (TRA, aparte sectie binnen NVR), geldt doorgaans dat ze producten voor de gehele rubberindustrie maken (meerdere marktsegmenten).

Figuur 2: Gewichtsverdeling van Europese marktsegmenten (ETRMA, 2023)

CBS-cijfers geven aan dat Nederland een transitieland is voor rubber
De Nederlandse rubbermarkt is in beeld gebracht op grond van de CBS statistieken voor in- en uitvoer, de zogenoemde goederenstromen. De uitwerking is opgenomen in **bijlage 2**. De cijfers geven aan dat er circa 1.500 kt invoer plaatsvindt en 1.200 kt uitvoer. Netto blijft er circa 300 kt rubber/rubberproduct op de Nederlandse markt. De Nederlandse productie, die later aan de orde komt, vindt grotendeels plaats op basis van ingevoerd rubber of ingevoerd compound inclusief ingrediënten. Ook de rubberartikelen worden voor het grootste gedeelte ingevoerd.

CBS registreert marktindicatoren die aangeven dat Nederland een invoer- en doorvoerland is voor rubber, géén productieland. Nederland heeft ook geen uitvoerspecialisatie. Van de uitvoer (in €) is 40,6% geproduceerd in NL en 59,4% betreft wederuitvoer (doorvoer) van eerder geïmporteerde producten.

3.2 Banden

Het marktsegment banden is nader onderzocht en toegelicht in **bijlage 3.** De marktomvang is bekend uit de registraties van de producentverantwoordelijke voor de autobanden (RecyBEM, zie ook bijlage 6) of auto's (ARN) en de brancheorganisatie voor de banden (VACO). De totale omvang is geraamd op 150 kt per jaar voor alle typen banden die op de markt worden gebracht. De CBS-cijfers geven een netto invoer van circa 275 kt aan, echter zijn minder betrouwbaar. Uitgaande van 150 kt netto marktafzet van banden (of het CBS cijfer van 275 kt) is een groot deel van de op CBS-cijfers gebaseerde netto invoer van rubberproducten gespecificeerd.

Productielocaties van banden in Nederland
Het overgrote deel van de op de markt gebrachte banden is geïmporteerd. Dit blijkt uit de goederenstatistieken, de inzamel- en verwerkingsgegevens en de uitgevraagde productiegegevens. De goederenstatistieken duiden op veel (internationale) handel van banden via Nederland (als transitieland). De productie in Nederland is uitgevraagd voor deze inventarisatie bij de in Nederland gevestigde productiebedrijven. Tabel 4 geeft een samenvatting van de omvang in kt verwerkte zuivere elastomeer (zonder het gewicht van ingrediënten of hulpmaterialen).

Tabel 4: Elastomeer voor productie en afzet van banden in Nederland in 2022

Productieproces	Elasto meer in kt	uitvoer in kt of %	Netto afzet NL in kt
Personenwagen- en landbouwbanden (Enschede)	8,5	7,5	1
Loopvlakvernieuwing vliegtuigbanden (Tilburg)	*onb.*	*95%*	*onb.*
Loopvlakvernieuwing vrachtwagenbanden (4 locaties)	0,3	0%	0,3
Eindtotaal	**8,8**	**7,5**	**1,3**

Bijlage 3 geeft een verdere onderbouwing van de cijfers. In Enschede produceert Apollo-Vredestein circa 20 kt per jaar afgeleverd product (totaalgewicht). De compound voor deze banden wordt in Nederland gemaakt en daarvoor wordt ruim

40% natuurrubber en 2,5% recyclaat gebruikt. De samenstelling is vergelijkbaar met tabel 2. Het totaal aan gebruikt elastomeer bedraagt 8,5 kt.

Bijmengen van het momenteel beschikbare recyclaat (poeders en reclaim) is beperkt mogelijk, omdat hogere inzetbaarheid bij de huidige kwaliteit ten koste gaat van de producteigenschappen (o.a. veiligheid). De inzet van natuurrubber neemt toe. Apollo Vredestein exporteert het grootste deel van haar productie en brengt uiteindelijk 1 kt van de ingekochte elastomeren in Nederland op de markt.

Goodyear produceert in Tilburg vernieuwde vliegtuigbanden waaraan bijzonder hoge eisen worden gesteld. Nagenoeg de hele productie wordt geëxporteerd. Een klein deel wordt afgezet in Nederland. Momenteel is volledig gesloten recycling van ELT-rubber (End of Life Tyre) om technische en economische redenen nog niet haalbaar. Er zijn te veel onzekerheden over het recyclaat. Normen voor de gerecycleerde inhoud van banden (types en kwaliteit) zullen moeten worden gedefinieerd voordat kwantitatieve eisen inzake ontwerp en (bijmenging) kunnen worden ingevoerd.

Er zijn 4 bedrijven in Nederland actief op het gebied van loopvlakvernieuwing van met name vrachtwagenbanden en op deze banden lijkende landbouwbanden (voor aanhangers). Er worden circa 50.000 banden per jaar vernieuwd in en grotendeels afgezet in Nederland, een deel is voor export. Daarbij wordt 0,6 kt compound toegepast met 0,3 kt elastomeer. Dit compound wordt, net als voor vliegtuigbanden, ingevoerd vanuit het buitenland en de loopvlakvernieuwer heeft geen invloed op (noch kennis van) de samenstelling. Het betreft een compoundproductie voor de internationale markt. Het bandenvernieuwingsbedrijf werkt op basis van een strikte overeenkomst met de leveranciers van de compound van het loopvlak, veelal buitenlandse bedrijven zoals Bridgestone, Michelin en Maragoni. Zij bepalen op welke wijze het vernieuwingsproces bij het Nederlandse bandenvernieuwingsbedrijf moet plaatsvinden. Inzet van ander compound is niet toegestaan.

3.3 Technische rubberartikelen

De goederenstatistiek van CBS is gebruikt voor verder onderzoek naar de grote range aan artikelen van compounds, pijpen, slangen, lopende banden tot handschoenen en zolen (GRG) en beschreven in **bijlage 4**. De marktomvang voor deze producten is een netto invoer (afzet) van circa 50 kt rubber/rubberproduct. CBS heeft, net als voor banden, geen bruikbare productiestatistieken voor rubber.

De productie in Nederland van technische rubberartikelen is gebaseerd op de jaarlijkse inventarisatie van de vereniging NVR-TRA onder haar leden. De leden van de TRA vertegenwoordigen naar schatting ongeveer 80% van de sector voor technische rubberartikelen in Nederland, c.q. alle general rubber goods (GRG) met uitzondering van transport (vooral banden). De leden zijn zowel compounders, producenten van artikelen als producenten van reclaimrubber.

Tabel 5 geeft de berekening van het totaal aan polymeer (rubber) dat in Nederland is verwerkt en verkocht. Dit is het gewicht dat van belang is vanuit het perspectief van de bijmengnorm.

Vertrekpunt voor de monitor van de TRA-sector is het totaal gewicht aan polymeer dat in Nederland is verwerkt. Dit is hoofdzakelijk rubber, met een zeer klein deel TPE. Het polymeer dat is verwerkt in de vorm van compound en vervolgens geëxporteerd is apart geregistreerd en in mindering gebracht. Het komt niet in Nederland in een rubberproduct terecht. De resterende verwerkte polymeer komt deels in rubberartikelen die geëxporteerd worden. De TRA sector produceert voor circa 70% voor de internationale markt. De export is geraamd op basis van de omzet van artikelen in Nederland en buiten Nederland in de periode 2018-2021. Voor 2017 en 2022 is hiervoor geen cijfer bekend en is het gemiddelde van 69% voor 2018-2021 genomen. De berekening resulteert in het netto totaal in Nederland door TRA-leden verwerkte en verkochte polymeer in de vorm van deel- of eindproduct. De compound voor deze producten is voor circa 40% uit Nederland en 60% buiten Nederland afkomstig, met een grote bandbreedte per jaar en type elastomeer.

Tabel 5: NVR-TRA – Sectorgegevens van 21 aangesloten bedrijven (ca. 1.200 Fte)

Verwerking polymeer door TRA-leden	**2017 in kt**	**2019 in kt**	**2020 in kt**	**2021 in kt**	**2022 in kt**
Totaal polymeer verwerkt in NL	16,49	28,09	24,37	14,42	15,22
Polymeer verwerkt in compound in NL voor latere export	4,48	8,95	8,13	4,14	4,75
Polymeer verwerkt in NL in rubberproducten	**12,01**	**19,14**	**16,24**	**10,28**	**10,47**
Export-% op basis van omzet	69%	71%	67%	68%	69%
Totaal polymeer verwerkt en verkocht in NL	**3,78**	**5,46**	**5,39**	**3,26**	**3,26**

* de productie heeft in de periode 2017-2022 een omzet van Eur 250-330 mln per jaar.

Tabel 5 geeft een nauwkeurige raming van het gewicht aan polymeer (elastomeer) dat kwalificeert voor de bijmengnormering, namelijk circa 3-5,5 kt per jaar. Uitgaande van een marktaandeel van de TRA-leden van ongeveer 80%, is de totale markt geraamd op **4-7 kt per jaar elastomeer**.

Het elastomeer dat in technische rubberartikelen is verwerkt bestaat voor circa 85% uit synthetisch rubber. Een veel kleiner deel dan in het geval van banden bestaat uit natuurrubber. Voor veel artikelen past natuurrubber qua eigenschappen niet of minder goed in de receptuur. De toepassing van recyclaat in de artikelen is 3-5%. Dit betreft een recyclaat dat meestal niet afkomstig is van banden (conflicterende samenstelling). Het recyclaat betreft vooral het hergebruik van het interne productieverlies (snij- of post-industrial afval, figuur 1). Dit type recyclaat sluit qua samenstelling aan bij de receptuur. Dit is voor recyclaat van banden meestal niet het geval. De overige ingrediënten van de producten zijn vergelijkbaar met die in autobanden met sterk uiteenlopende recepturen.

3.4 Basisrubber en compounds

In Nederland worden slechts beperkt polymeren gemaakt voor de rubberindustrie. Arlanxeo (Geleen) maakt EP(D)M en Dupont/Chemours (Dordrecht) maakt diverse fluorpolymeren. LCY Chemical Corp en LyondellBasel produceren thermoplastische elastomeren (TPE) in Nederland (zie **bijlage 4** voor de omvang). De andere (synthetische) polymeren voor de rubberindustrie worden geïmporteerd, bijvoorbeeld Butylrubber vanuit Singapore (ExxonMobil en LANXESS), of SBR, NBR en siliconenrubbers vanuit de Europese chemische industrie (Duitsland, Italië). Natuurrubber wordt niet geproduceerd in Nederland en komt uit Zuid-Oost Azië en een klein deel uit Zuid-Amerika of Afrika (hoofdstuk 5).

Er zijn meerdere Nederlandse compounders. Er zijn compounders die alleen specialty compounds maken, in Nederland bijvoorbeeld Polycomp, maar ook bedrijven die voor zowel de banden- als technische rubberartikelen compounds maken, in Nederland bijvoorbeeld QEW Engineered Rubber. Apollo Vredestein maakt de compounds zelf. De Nederlandse rubberverwerkende industrie haalt compounds grotendeels uit het buitenland, bijv. Duitsland, België, Italië en Oost-Europa.

3.5 Recyclaat

De recyclers behoren tot de rubberverwerkende industrie echter nemen een bijzondere positie in omdat zij afgedankte rubberproducten verwerken tot secundaire grondstoffen. Deze grondstoffen zijn niet meegenomen in de gegevens van tabel 5. Als een rubberrecycler een recyclaat maakt is dit een ander type polymeer of compound, waarvan de samenstelling minder goed bekend is en vele andere ingrediënten bevat.

Er zijn meerdere rubberrecyclers actief in Nederland:

- Tyromer – devulkanisatie te Arnhem.
- Rubber resources – devulkanisatie te Maastricht, onderdeel van het Indiase ELGI, maakt reclaimrubber uit loopvlakken van truckbanden.
- Granuband, granuleren van alle type voertuigbanden en het hieruit maken van rubberproducten te Amsterdam, daarnaast opstart van ReRun voor het maken van de-crosslinked rubber.
- Kargro, granuleren van hoofdzakelijk vrachtwagenbanden te Nederweert.
- VS Rubber Recycling – verwerking van rubberafval van de bandenvernieuwingsindustire in Venlo, capaciteit van circa 16-20 kt per jaar.
- DRI, is een reprocessor van ongevulkaniseerd rubberafval van diverse afkomst, zowel industrie als banden met een handelsomvang van 50 kt per jaar (lid NVR-TRA).
- New Born Rubber is een jong bedrijf dat in samenwerking met Univ. Groningen banden verwerkt tot devulkanisaat.
- PAR (Project Active Rubber) is een innovatief bedrijf op het terrein van waterjet granuleren van rubberafval tot poeders.

- Gradient Compounds verwerkt afval van de rubberindustrie tot een nieuwe grondstof (strip, pellet) met compound mastication.

De 4 eerstgenoemde recyclers hebben meegewerkt aan dit onderzoek en informatie geleverd die is samengevat in **bijlage 5**. Het belangrijkste gebruik van rubber in Nederland zijn banden. Van de Nederlandse personenautobanden wordt circa 50 kt mechanisch gerecycled. Ook een groot deel van de vrachtwagenbanden wordt gegranuleerd (bijlage 6). Van het totale gewicht komt circa 50 kt in Nederland bij recyclers terecht (Granuband en Kargro Recycling). Granuband maakt producten en granulaat, Kargro alleen granulaat. Deze worden afgezet in de vorm van rubberproducten en toepassingen, voor een deel in Nederland.

Rubber Resources en Tyromer devulkaniseren al langer rubberafval van banden en importeren veel van hun input, bijvoorbeeld binnenbanden. Granuband heeft onlangs Rerun opgestart dat door de-crosslinking een recyclaat produceert. Het product van deze recyclers is te omschrijven als TDP (Tyre Derived Polymer). Dit product is inmiddels bekend bij de compounders. De recyclers geven aan dat de potentiële markt omvangrijker is dan op dit moment. Afhankelijk van de aard en zuiverheid van het reclaat en de toepassing is volgens hen bijmenging van 10 tot 70% mogelijk, vooral in compounds ter vervanging van NR, soms deels van SBR (met name voor transporttoepassingen). De producenten noemen maximaal 10% realistisch.

De compounders die recyclaat bijmengen maken bij deze bijmengpercentages de kanttekening dat alle recepturen specifiek zijn in verband met het type vulkanisatieproces dat hun klanten voeren. Het ene recyclaat zal hier anders op reageren dan het andere. Recyclaat in de vorm van reclaim of poeder is immers vaak een mengsel van elastomeren en ingrediënten. Daarmee dient bijmenging in recepturen zorgvuldig te gebeuren en getest te worden. De compounder let daarbij op de balans van enerzijds de winst van de bijmenging van recyclaat en anderzijds het mogelijke verlies aan kwaliteit en eigenschappen. De mogelijkheden tot bijmenging zijn sterk afhankelijk van de toepassing. Bijmengpercentages starten bij enkele procenten en komen meestal niet boven 10%.

Hoewel de compounder in overleg met de producent besluit tot bijmenging is hij niet op de hoogte van de exacte afzet van de productie van het uiteindelijk geproduceerde rubberproduct. Dit kan ook verwerkt zijn als rubberonderdeel in een ander product. Het is voor de vereniging NVR-TRA niet mogelijk om de marktcijfers van tabel 5 te specificeren met de herkomst en bestemming van de geproduceerde compounds.

Naast devulkanisatie is ook pyrolyse in ontwikkeling. Pyrolyse leidt in veel gevallen nog tot een moeilijk toepasbare kwaliteit van een ingrediënt van de rubberproducten (uitsluitend rCB). Devulkanisatie levert steeds betere resultaten qua (hoog)waardigheid en toepasbaarheid, echter benadert niet de specificaties van virgin materiaal. Het uitgangsmateriaal heeft er een gebruikstijd op zitten en bestaat uit een veelheid aan ingrediënten.

4 Recycling

Recycling vindt voor het merendeel plaats met als input bandenrubber. Dit komt ook in de grootste omvang beschikbaar na afdanking (132 kt/j totaal voor zowel hergebruik als recycling). De meest gangbare recyclingtechnieken voor de banden zijn beschreven. De technieken zijn ook inzetbaar voor technische rubberartikelen, hoewel hiervan vooral recyclaat uit industrieafval (post industrial) wordt gemaakt.

4.1 Bandenrecycling en hergebruik

RecyBEM B.V. is namens de producenten sinds 2004 verantwoordelijk voor de inzameling en verwerking van afgedankte personen- en bestelwagenbanden (www.recybem.nl). RecyBEM stuurt op wettelijke doelstellingen voor product en materiaalhergebruik. **Bijlage 6** bevat een recente berekening van de duurzaamheid-effecten in termen van grondstofbehoud en de besparing van CO_2-emmissies.

De overige banden maken geen onderdeel uit van het inzamelsysteem en de producentenverantwoordelijkheid. Motorbanden worden in het algemeen wel samen ingezameld met autobanden. Voor vrachtwagen en landbouwbanden is een aparte inzameling, waarbij ook loopvlakvernieuwing een belangrijke rol speelt.

Twee belangrijke verwerkingsmethoden zijn gericht op producthergebruik. De andere methoden zijn mechanische of chemische recycling en worden ook voor de overige producten toegepast (par. 4.2).

Product hergebruik - levensduurverlenging
Alle ingezamelde autobanden worden gesorteerd en gekeurd. Banden die nog herbruikbaar zijn worden meestal geëxporteerd naar specifieke exportlanden. Het vernieuwen van het loopvlak van autobanden is sterk teruggelopen in de laatste 20 jaar, met name door de steeds hogere veiligheidseisen aan banden en door de goedkope import uit Azië. Hierdoor is vernieuwen financieel minder haalbaar.

Op zeer kleine schaal, ca. 1% van de banden, vindt (alternatief) direct gebruikt plaats o.a. als speeltoestel, erosiebestrijding, vangrails op snelwegen, landbouwdoeleinden, bloembakken, schoenzolen, golfbrekers en kunstmatige riffen.

Retreading
De meest milieuvriendelijke manier om banden te recyclen is loopvlakvernieuwing: wanneer het loopvlak van de band is versleten is vaak het resterende bandmateriaal nog in goede staat. Deze banden kunnen dan voorzien worden van een nieuw loopvlak. Vrachtwagenbanden kunnen drie tot vijf keer van een nieuw loopvlak worden voorzien en vliegtuigbanden zelfs tien keer, voordat het karkas niet meer bruikbaar is. Daarna kan het karkas nog gerecycled worden. De belangrijkste stimulans om te vernieuwen is dat de prijs van nieuwe vrachtwagen- en vliegtuigbanden zeer hoog is en het gebruik van oude karkassen van hoogwaardig geproduceerde banden leidt tot een aanzienlijke kostenbesparing.

4.2 Overige rubberrecyclingtechnieken

De manieren om rubberproducten te recyclen zijn niet duidelijk verschillend voor banden of technische artikelen. Wel is het zeer belangrijk voor de afzet dat de inputstroom zo homogeen mogelijk is. Bijmenging is van recyclaat is immers een uiterst delicaat proces voor de uiteindelijke productiekwaliteit. Navolgend zijn de belangrijkste herverwerking- en opwerkingsprocessen op hoofdlijn beschreven, met verwijzing naar **bijlage 7** voor een verdere specificatie, met name voor reclaiming.

Ook de thermische verwerkingsmethoden (in cementoven of (afval)energiecentrale) komen in bijlage 7 aan de orde. De rubber wordt dan energetisch ingezet en komt niet meer beschikbaar voor recycling in compound en daarna in rubberproducten.

Mechanisch recyclen: granuleren (grinding) / verkleinen / vermalen
Voor het vermalen van gevulkaniseerd rubber worden verschillende processen gebruikt: snijden, afschuiving of Impact Grinding, afhankelijk van de uitrusting (bijv. messen, shredders, granulatoren, extruders, schijfslijpmachines, slagmolens) en de maalomstandigheden (omgevingstemperatuur, nat/ambient of cryogeen). De keuze van het proces is gebaseerd op de vereisten van het eindproduct, bijvoorbeeld deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling, morfologie van de deeltjes en zuiverheid van het rubberpoeder.

Een algemeen probleem van deze maaltechnologieën is de opbouw van warmte in het rubber. De deeltjes hebben de neiging opnieuw te agglomereren als de temperatuur toeneemt, wat de kwaliteit van het rubber kan verslechteren. Dit probleem kan worden vermeden door gebruik te koelen. Bijvoorbeeld met vloeibare stikstof (cryogeen malen) kan een zeer fijn poeder, in de orde van 70-200 µm, zonder enige temperatuurstress worden gemaakt. Echter, cryogeen gemalen poeder heeft een gladder oppervlak dan omgevingsgemalen materiaal en hierdoor kan cryogeen gemalen rubber zich moeilijker binden aan het polymeer wanneer het wordt gemengd met een nieuwe rubbersamenstelling. Om dit te bereiken dient het geactiveerd te worden. Rubberpoeders van banden worden voor 2-3% ingezet voor autobanden, als vervanging van de compound (elastomeer én ingrediënten).

Activering van rubberpoeders
Rubberpoeder wordt daarnaast voornamelijk gebruikt in rubberproducten van lage kwaliteit en in mengsels met thermoplastische materialen vanwege de lage vernettingsactiviteit van het oppervlak. Er zijn verschillende processen ontwikkeld om de hechtsterkte met andere rubberpoederdeeltjes of met een omringende matrix te vergroten. Deze activeringsprocessen kunnen in 2 groepen worden verdeeld:

- Activering door toevoeging van chemicaliën;
- Mechanische of fysieke activering.

Activering door toevoeging van chemicaliën
De meest gebruikelijke manier van chemische activering is de behandeling van de rubberpoeder met een vernetbaar polymeer (latex of laag molecuulgewicht

polymeer) en een vulkanisatiesysteem. Wanneer rubberpoeder in een vluchtig oplosmiddel is opgezwollen kunnen andere additieven door de rubberdeeltjes worden geadsorbeerd. Deze additieven kunnen functionele groepen bevatten, die verbinding maken met het polymeer en de verknopingsreactiviteit van het rubber poeder verhogen.

Mechanische of fysieke activering
Mechanische oppervlakteactivering van rubberpoeders kan worden bereikt door hoge schuifkrachten, b.v. door het materiaal op een wals met een kleine tussenruimte te malen (tot 0,1 mm). Andere mogelijkheden voor de mechanische behandeling zijn frezen, intern mengen of extrusie.

Chemisch recyclen - terugwinnen van basischemicaliën
Er zijn verschillende processen ontwikkeld om de basischemicaliën terug te winnen uit gevulkaniseerd rubber. Bij deze processen wordt het polymeer gekraakt tot chemische verbindingen met een lager molecuulgewicht.

Een bekend en vaak toegepast back-to-feedstock-proces is pyrolyse. De belangrijkste output van het pyrolyseproces is rCB, oftewel 'recovered carbon black'. Dit materiaal is een alternatief en mogelijke vervanger van de vulstof roet (carbon black) in rubber compounds. Pyrolyse van autobanden is operationeel in Europa. Ook in Nederland lopen er nu initiatieven om plants op grotere schaal (> 5 kt/jaar) operationeel te krijgen. Pyrolyseolie uit banden is alleen na zuivering te gebruiken als input voor de chemische industrie.

Devulkanisatie en reclaiming
Devulkanisatie van autobanden is in opkomst[3], echter nog in een pilot stadium voor de meeste inputstromen, zoals beschreven in par. 3.4. Butylrubber van binnenbanden is een uitzondering. Naar devulkanisatie is door TU Twente en Windesheim veel onderzoek verricht en Em. hoogleraar J. Noordermeer heeft in het kader van dit onderzoek gewezen op het grote verschil met reclaiming (figuur 3).

Devulkanisatie is voor diverse rubberproducten zeer gecompliceerd maar het enige alternatief omdat bijv. SBR en BR niet met reclaiming zijn te recyclen. Bij devulkanisatie worden alleen de (zwavel) crosslinks verbroken. Dit is lastig aangezien de bindingsenergie van de -S-S- en de -S-C-binding niet veel verschilt van die van de -C-C-binding in de polymeerhoofdketen.

Reclaiming is minder specifiek en verbreekt een combinatie van de (zwavel) crosslinks en de polymeerhoofdketen. Dit leidt over het algemeen tot kortere en gedeeltelijk vertakte polymeerketens die andere en over het algemeen mindere materiaaleigenschappen hebben dan de initiële lange en rechtlijnige polymeerketens.

[3] Devulkanisatie van autobanden is beschreven door H.van Hoek, "Closing the Loop: Reuse of Devulcanized Rubber in New Tires", 24 juni 2022. Nu vindt gedeeltelijke opschaling tot pilot-schaal plaats bij Windesheim HBO in Zwolle.

Het uiteindelijke proces moet een materiaal opleveren dat weer dusdanig plastisch is, dat het kan vloeien en de vorm van de matrijs aan kan nemen.

Figuur 3: verschil in reclaiming en devulkaniseren (zie tekst). Beide processen leveren een 'deeg' dat weer opnieuw gevulkaniseerd moet worden om de gewenste eigenschappen te verkrijgen.

4.3 Kwaliteit van het recyclaat

Recycling leidt tot verschillende vormen van rubberrecyclaat: grofweg onderverdeeld in rubbergranulaat of -poeder, reclaim en rCB.

Rubbergranulaat of -poeder
Dit product van mechanische recycling wordt vaak gebruikt als extra additief om het overall percentage van de virgin ingrediënten te verminderen. Het is dus over het algemeen een toevoeging en geen vervanging. Door al dan niet activatie van de rubberpoederoppervlakken zijn er wel kwaliteitsverschillen tussen de verschillende methodieken mogelijk en geeft het ene materiaal dus minder verlies in materiaaleigenschappen dan andere of anders gezegd, kan van het ene poeder dus meer worden bijgemengd dan van het andere. Er is veel aandacht in de recyclingindustire voor de optimalisatie van poedergrootte in combinatie met de oppervlaktemorfologie.

Reclaim of devulkanisaat
Dit is een grondstof waarmee mogelijk de productiekosten van nieuwe rubberartikelen verlaagd worden, dankzij lagere grondstofkosten en mogelijk kortere mengtijden en lager energieverbruik. De verwerkingstemperatuur kan lager zijn en het materiaal heeft een hogere dimensiestabiliteit tijdens kalanderen en extruderen, dankzij het resterende driedimensionale netwerk. Een ander potentieel voordeel van gevulkaniseerde artikelen met reclaim is een mogelijke verbetering van de verouderingsbestendigheid.

Devulkanisaat kan in kwaliteit verbeteren door de optimalisatie van de processing condities en van de kwaliteit van de inputmaterialen, bijvoorbeeld door het scheiden

van bandtypes en bandencomponenten. Het werken met ID's van producten en geautomatiseerde scheiding kan het proces verbeteren.

rCB
Dit is een mogelijke vervanger van bepaalde roetsoorten die gebruikt worden in de rubberindustrie. Tot op heden zijn ze echter nog niet vergelijkbaar met de versterkende roeten (N100-N300 series), maar vallen ze in de range van semi-versterkende roeten (N500 en hoger).

Het pyrolyseproces richt zich in toenemende mate op banden. Optimalisaties moeten leiden tot zowel een toepasbare synthetische olie als een schonere rCB. Dit betekent een verdere zuivering van verontreinigingen (as, zink, zwavel) tijdens het proces.

Waarde van de secundaire grondstof
Reclaim (of in de toekomst devulkanisaat) wordt beschouwd als de meest waardevolle secundaire grondstof, omdat het een gedeelte van de gehele compound vervangt. Het is namelijk meer dan alleen het polymeer of roet. Het is een vervanger, met een iets verminderde kwaliteit, van nagenoeg de gehele compound. Het vulkanisatiesysteem dient nog toegevoegd te worden, want dit is inmiddels niet meer actief.

Over het algemeen geeft toevoeging van welke vorm recyclaat dan ook nog wel een bepaalde mate van vermindering van materiaaleigenschappen en is er dus doorgaans nog wel een modificatie van de receptuur noodzakelijk om een bepaald niveau van eigenschappen te waarborgen.

Toepassing van het recyclaat
Reclaim, rubbergranulaat en rCB kunnen worden gebruikt in een breed scala aan producten, variërend van vloeren of valtegels met een hoog percentage reclaim tot banden met een laag percentage. Producten waarin reclaim de enige bron van polymeer is zijn echter laagwaardig qua functie: matten, schoenzolen en simpele massieve bandjes. In andere gevallen wordt reclaim gemengd met nieuw synthetisch of natuurlijk rubber. Voorbeelden zijn transportbanden, beschermplaten, afdichtingen en stabilisatoren voor gebouwen (aardbevingsbescherming).

rCB kan in diverse producten worden gebruikt als vervanger voor roet voor die materialen die niet afhankelijk zijn van het versterkende effect van de vulstof. Dit kan dus niet gebruikt worden in gekleurde compounds.

De kwaliteit van het rubbergranulaat en de samenstelling (afspiegeling van de input) bepaalt in welke producten het inzetbaar is. Er zijn momenteel grote verschillen in kwaliteit van het rubbergranulaat in de markt verkrijgbaar. Er is vooral granulaat van bandenrubber beschikbaar.

4.4 Kansen en belemmeringen inzet recyclaat bij normering

Belemmeringen
De grootste belemmering is doorgaans dat een rubbercompound specifiek is ontwikkeld voor bepaalde eigenschappen in een bepaalde toepassing. Het is niet mogelijk in elk compound elk recyclaat toe te voegen, ongeacht de kwaliteit van dit recyclaat. De samenstelling van het recyclaat zal (grotendeels) overéén moeten komen met de originele samenstelling van de compound waarin het gemengd gaat worden. Dit betekent dat elk rubbermateriaal (productie-afval of end-of life producten) liefst zuiver ingezameld dienen te worden en per product/materiaal-samenstelling gerecycled moeten worden en weer terug gemengd in hun eigen toepassing. In par. 3.4 zijn vanuit de recyclers voorbeelden genoemd wat wel en niet haalbaar is en is ook gewezen op andere belemmeringen.

Er zijn producten waarin alleen het type polymeer voldoende is voor de eigenschappen (NR in NR of SBR in SBR), maar dit zijn doorgaans wel de laagwaardige producten. Een band, waar hoge veiligheidseisen aan zijn verbonden, en waarbij elke producent zijn eigen specifieke receptuur heeft ontwikkeld, kan niet het risico lopen iets in te mengen wat sterk verschillend (of onbekend) is qua samenstelling. Dit geldt ook voor de technische rubberartikelen. Bijvoorbeeld producenten van rubber-afdichtingen die zijn ontwikkeld om een CV-ketel af te dichten, zodat er geen koolmonoxide vrij komt, kunnen niet het risico lopen dat er iets wordt ingemengd met een andere vulstof en gasdichtheid of chemische bestendigheid tegen rookgas.

Daarnaast geldt in het algemeen dat niet alle ingrediënten die gebruikt worden in de rubberindustrie (bio)compatibel zijn met elkaar. Als je dus niet van te voren weet wat er exact wordt ingemengd, kan dit later grote gevolgen hebben in de toepassing. Eerder is al de white list van ingrediënten genoemd. Vermenging met andere ingrediënten beperkt de toepassing.

Kansen
Kansen zijn er wel degelijk blijkt uit de inventarisatie. Dit is afhankelijk van de kwaliteit van het reclaim, granulaat of rCB en de mate waarin de reclaim weer geplastificeerd is en dus weer kan vloeien om de vorm van een matrijs aan te nemen. Er zijn namelijk voldoende producten die aanzienlijk betere materiaaleigenschappen hebben dan dat de uiteindelijke toepassing daadwerkelijk vereist. Hierdoor ontstaat een speelveld (bandbreedte) om bijvoorbeeld granulaat toe te voegen tot een niveau, waarbij de materiaaleigenschappen nog steeds voldoende zijn. Het granulaat dat van autobanden wordt gemaakt wordt ingezet in diverse (rubber)producten. RecyBEM voert elk jaar een survey uit naar de toepassingen en de daarmee bespaarde grondstoffen en CO_2-emssies (**bijlage 6**).

rCB, ook weer afhankelijk van de kwaliteit en dan met name consistentie van de deeltjesstructuur, kan worden gebruikt als vervanger van de semi-versterkende roetsoorten in de orde grootte N550 en hoger.

Reclaim kan gebruikt worden als (gedeeltelijke) vervanger van virgin compound. Er dienen dan alleen vulkanisatiechemicaliën aan toe te worden gevoegd, om de revulkanisatie weer mogelijk te maken. Afhankelijk van de kwaliteit van het reclaim kan dit een paar procent toevoeging zijn, maar kunnen er ook producten gemaakt worden waarbij alleen het reclaim als compound wordt ingezet. Op deze manier kan het bestaande compounds vervangen, waardoor er minder fossiele grondstoffen nodig zijn. De recyclers geven aan dat gemiddelde vervanging loopt van 5-10%, echter dat in sommige gevallen 70% haalbaar is (of zelfs tot 90% bij valtegels).

Uit de inventarisatie onder recyclers blijkt dat voor het benutten van de kansen de medewerking en bereidwilligheid van de **compounders** nodig is om de toevoegingen van welke vorm van recyclaat dan ook homogeen door de compound heen te mengen. De rubberverwerkende industrie heeft vaak geen kennis van de receptuur die ze geleverd krijgen en/of geen mogelijkheid om te mengen en walsen.

In tegenstelling tot de compounders hebben de producenten van rubberartikelen, tenzij ze zelf de compounds maken, in het algemeen niet de mogelijkheid om rubbercompounds te mengen en te zorgen voor vervanging. De segmentatie van de industrie, productieketen, geeft een extra uitdaging om te stimuleren recyclaat toe te passen. De producent heeft hierin niet de sleutel in handen en is afhankelijk van de medewerking van een compounder.

Successen en belemmeringen uit de praktijk
Er is zeker sprake van succesvolle bijmenging van recyclaat en de ontwikkeling van diverse technieken van devulkanisatie en reclaiming vordert gestaag. Als belemmeringen voor de toepassing van devulkanisaat zijn vanuit de praktijk van de productie van een rubberproduct met recyclaat benoemd: sterkte, duurzaamheid, elasticiteit en mengbaarheid met andere materialen. De eisen aan de toepassing, denk bij banden aan veiligheid, brengen extra belemmeringen met zich mee. Producten met een zeer hoog risicoprofiel geven extreem hoge eisen. Daar kan devulkanisaat inmiddels steeds beter aan voldoen. Echter, zoals eerder aangegeven is de mate van bijmenging en vervanging sterk verschillend van product tot product. Daar zijn volgens recyclers en compounders geen algemene uitspraken over te doen. Dat geldt evenzeer voor de uitwisseling van synthetisch rubber door biobased grondstoffen.

Afgezien van de belemmeringen met betrekking tot kwaliteit en samenstelling zijn er andere belemmeringen bij de productie en toepassing van rubberrecyclaat:

- de kosten kunnen hoger zijn dan die van nieuw rubber, vanwege de kosten voor het inzamelen, sorteren, reinigen en verwerken van het rubberafval;
- de energiekosten van deze processen zijn in Nederland (en de EU) gemiddeld hoger dan in landen buiten de EU, o.a. door belastingen;
- er is geen bijmenging mogelijk voor toepassingen op basis van de white list in de farmaceutische en levensmiddelensector.
- Bijmengen van recyclaat is alleen mogelijk door de compounders, niet door de producenten van artikelen. De compounder kent de recepturen en bezit

de benodigde apparatuur (mengers, walsen, kwaliteitscontrole). De producerende industrie specificeert de uiteindelijk gewenste eigenschappen en de recyclers bepalen de kwaliteit (en dus de technische eigenschappen) van het recyclaat. Zonder goede samenwerking en gelijkgerichte belangen van deze drie partijen in de keten is rubberrecycling niet mogelijk;

- Een groot deel (ca. 60%, par. 3.3.) van de compound die in Nederland wordt verwerkt tot producten, wordt geïmporteerd. De voor rubberrecycling noodzakelijke samenwerking tussen recyclaat-producent en compounder en artikelproducent is daardoor lastig te stimuleren met Nederlandse wetgeving;
- De retourstromen uit de technische rubberartikelen zijn nog zodanig klein van volume dat tot nu toe alleen uit de bandenindustrie commercieel interessante volumes recyclaat komen. Die producten kunnen worden hergebruikt in zowel de bandenindustrie als in de technische rubberartikelen. Daarbij is recyclage van post-industrial rubber met een bekende kwaliteit/samenstelling (zowel ongevulkaniseerd als gevulkaniseerd) in de TRA sector al verder ontwikkeld en kent al diverse succesvolle toepassingen.
- negatieve gevolgen voor het milieu, zoals de uitstoot van broeikasgassen, luchtverontreiniging, waterverontreiniging en toxische residuen, afhankelijk van de methoden die worden gebruikt om rubberafval te recyclen en te gebruiken;
- juridische en beleidsmatige uitdagingen, zoals een gebrek aan normen, regelgeving (waaronder afvalwetgeving!), stimulansen en bewustzijn, om de productie en het verbruik ervan te ondersteunen;
- een lage sociale acceptatie en vraag, door de negatieve perceptie en het stigma geassocieerd met rubberafval.

5 Natuurrubber en synthetisch biobased

Natuurrubber is een biobased grondstof. Het komt in latexvorm vrij uit bomen en gewassen. Na het winnen vindt een bereiding plaats tot het elastomeer dat verhandelbaar is. Het heeft net als andere elastomeren zijn eigen unieke eigenschappen. Natuurrubber is erg elastisch, relatief sterk, slijtvast, goed bij lage temperaturen en met een unieke rek-kristalliniteit ten opzichte van andere elastomeren. Het kan echter niet tegen olie, is niet gasdicht, kan slecht tegen hogere temperaturen en is niet verouderingsbestendig.

5.1 Toepassing en beschikbaarheid van natuurrubber

Natuurrubber (NR) kan andere elastomeertypen vervangen en vooral SBR is een synthetisch polymeer dat qua eigenschappen deels vergelijkbaar is met natuurrubber. Andere synthetische polymeren zijn vanwege de benoemde nadelige eigenschappen van NR niet door NR te vervangen.

Toepassingen waarbij natuurlijk rubber synthetisch rubber kan vervangen:

- Banden: natuurrubber is een van de hoofdbestanddelen van banden, samen met synthetisch rubber en andere materialen. Natuurrubber heeft een hoge treksterkte, flexibiliteit en weerstand tegen slijtage en vermoeidheid, waardoor het geschikt is voor banden die bestand moeten zijn tegen hoge druk en wrijving (o.a. vrachtwagenbanden). De bandenindustrie geeft aan dat natuurrubber voor enkele toepassingen en afhankelijk van toekomstige kwaliteitseisen nog 5 % van de synthetische polymeren zou kunnen vervangen.
- Handschoenen: natuurrubber wordt gebruikt om latex handschoenen te maken, die veel worden gebruikt in medische, industriële en huishoudelijke omgevingen. Ze hebben een hoge elasticiteit, gevoeligheid en biocompatibiliteit, waardoor ze ideaal zijn om de handen te beschermen tegen infecties en besmetting.
- Adhesives: natuurrubber wordt gebruikt als basis voor sommige adhesives, zoals rubbercement en contactcement. Natuurrubberlijmen hebben een goede hechtsterkte, flexibiliteit en duurzaamheid.
- Technische rubberartikelen (GRG): geheel afhankelijk van de technische eisen die aan het artikel gesteld worden, kan worden gekozen voor natuurrubber. Gemiddeld wordt voor GRG bij ongeveer 15% van het polymeer voor natuurrubber gekozen, om dezelfde redenen als bij banden. We kunnen daarom aannemen dat ook in de GRG nog enkele procenten meer inzet van natuurrubber mogelijk is, mits natuurrubber beschikbaar is.

De elastomeren die de bandenindustrie veel gebruikt komen steeds meer ook als biobased variant beschikbaar (SBR, BR en in de toekomst ook Halobutyl). Het gaat nu nog om gelimiteerde hoeveelheden, echter de polymeerindustrie is aan het opschalen. Daarmee zijn synthetische polymeren te vervangen door biobased of gerecyclede monomeren (zie par. 5.2). De bandenindustrie ervaart momenteel dat

de beschikbaarheid van biobased in de vorm van natuurrubber, ook wel biosourced genoemd ter onderscheid van de bron, afneemt en het prijsniveau toeneemt.

Vervanging van SBR door NR en toepassing in voornoemde producten zou leiden tot een verdere verhoging van de vraag naar NR. De vraag naar NR is op dit moment al niet te vervullen door de huidige plantages. Bij een grotere vraag moeten er dus meer rubberplantages aangelegd worden. Dit moet binnen de beperkingen van de EU-ontbossingsverordening (EUDR, **bijlage 8**).

Het vergroten van het areaal van de huidige natuurrubberplantages kan daarmee alleen op een natuurlijke wijze via aanplanten plaatsvinden. Het duurt ongeveer 7 jaar voordat een productiebos natuurrubber oplevert, waarbij dus geen bestaand bos gekapt mag worden voor de aanleg. Thailand, Indonesië en Vietnam produceren samen ruim 9 Mt natuurrubber, ongeveer 70% van de totale productie van 14,2 Mt in 2022. Een plantagehouder heeft gemiddeld circa 2 ton opbrengst per jaar. Dit leidt tot 7 miljoen plantagehouders en een complexe handelsstructuur. Deze structuur dient voor 2025 gecertificeerd ontbossingsvrij natuurrubber op te leveren.

Door de grote druk op natuurrubber uit de Hevea Brasiliensis (natuurrubberboom) zijn er inmiddels ook experimenten met andere planten, zoals paardenbloemen en cactussen. De productie is nog in de ontwikkelfase. De rubberboom is een effectieve CO_2-binder, per ha zelfs meer dan een oerwoud.[4]

5.2 Synthetisch biobased

Synthetisch rubber kan geheel of gedeeltelijk gemaakt worden van biobased grondstoffen. Synthetisch rubber is een polymeer dat kan worden gemaakt van verschillende monomeren uit aardolie. Sommige van deze monomeren kunnen echter ook worden verkregen uit biologische bronnen, zoals planten, micro-organismen en biomassa.

Binnen de synthetische elastomeren wordt er vooralsnog beperkt gebruik gemaakt van biobased grondstoffen. Arlanxeo (Geleen) produceert EPDM waarvan het Ethyleengedeelte wordt gemaakt van suikerriet uit Brazilië. Daarnaast is Arlanxeo bezig met het opzetten van productie van meer van hun synthetische polymeren uit koolwaterstoffen (olie) uit de Naftakrakers, die er in zijn gegaan als natuurlijke materialen met als doel om ook uiteindelijk gerecycled kunststof als input in de Naftakrakers te gebruiken.

Een ander voorbeeld is isopreen, het hoofdbestanddeel van natuurlijk rubber. Dit kan worden gesynthetiseerd door fermentatie van suikers met behulp van genetisch gemanipuleerde bacteriën. Dit biotechnologische isopreen (BioIsopreen), zou een deel van de rubberindustrie minder afhankelijk maken van de aardolie afgeleide producten en milieuvriendelijker kunnen maken, echter Isopreen heeft niet de eerdergenoemde unieke eigenschappen van NR.

[4] Nano reinforcement of tire rubber; Siti Salina Sarwaki, Thesis TU Twente, 2013.

Naast deze ontwikkelingen worden er op heel kleine schaal wel andere biobased grondstoffen gebruikt in de rubberindustrie, o.a. duurzame vulstoffen (rijstschillen, eierschalen) en plantaardige oliën (o.a. koolzaad, soja, castor). Deze hebben echter weer dusdanige nadelen wat betreft de materiaaleigenschappen van het eindproduct, dat ze niet of nauwelijks worden gebruikt.

5.3 Kader biogrondstoffen

Hoogwaardige inzet als uitgangspunt
Het kader biogrondstoffen is omschreven in een brief van 22 april 2022 over het kabinetsbeleid.[5] Daarin is vermeld: 'het kabinet zet zich in voor strenge duurzaamheidseisen voor biogrondstoffen en wil de inzet van biogrondstoffen voor hoogwaardige toepassingen stimuleren en voor laagwaardige toepassingen afbouwen.'

De brief besteedt specifiek aandacht aan biogrondstoffen die in Nederland gesubsidieerd worden toegepast en waarvoor een afbouwpad gevolgd zal gaan worden. Biogrondstoffen voor productie van elastomeren, zoals natuurrubber, komt niet aan de orde. Wel is aangegeven dat de duurzaamheidscriteria die ontwikkeld worden op alle biogrondstoffen van toepassing zijn.

Beschikbaarheid
De basis voor deze criteria ligt in een rapport van de SER (2020). Daarin is als belangrijke randvoorwaarde voor duurzame inzet de beschikbaarheid benoemd. De wereldwijde beschikbaarheid van duurzame biogrondstoffen is beperkt. Nederland mag daar geen onevenredig groot beslag op leggen. Het SER-advies biedt een afwegingskader voor de noodzakelijke keuzes. Het ligt nu in handen van het kabinet om de strategie voor de toepassing in Nederland te bepalen, de kaders vast te leggen en de regie te nemen.

Positie van natuurrubber in de markt
Natuurrubber is een grondstof die al bijzonder lang wordt toegepast (https://nl.wikipedia.org/wiki/Rubber). Het gebruik van kleine stukjes als vlakgom eind 1700 verklaart de naam (to rub). Daarna nemen de toepassingen toe en in 1839 vindt Goodyear het vulkaniseren uit. De vraag naar rubber stijgt sterk en daarmee het aantal plantages. Pas in 1910 wordt synthetisch rubber ontdekt en neemt het gebruik hiervan sterk toe, vanwege de specifieke eigenschappen. Momenteel is nog steeds 45% van de wereld rubbermarkt (circa 29,5 Mt)[6] gebaseerd op natuurrubber.

Productie van natuurrubber uit andere gewassen, mogelijk zelfs in Nederland, kan wel een aandachtspunt vormen voor het kader biogrondstoffen.

[5] Brief minister van EZK en staatssecretaris van IenW aan Staten-Generaal, Tweede Kamer, vergaderjaar 2021–2022, 32 813, nr. 1039.
[6] Statistica; World rubber consumption in 2022.

De productie van biobased synthetisch rubber vindt plaats met biogrondstoffen die al gebruikelijk zijn in de chemische industrie en zal daarmee ook in het kader van de biogrondstoffen passen.

EU-ontbossingsverordening geeft kader
De EUDR zal ervoor zorgen dat de industrie alle bronnen van het gebruik van natuurrubber moet documenteren in 2025. Dit zal betekenen dat inzichtelijk wordt wat het gebruik is van deze grondstoffen en er een garantie is dat geen verdere ontbossing plaatsvindt voor de productie.

Daarmee lijkt rubber te passen in het kader voor de biogrondstoffen. De EUDR is het belangrijkste sturende instrument aangezien het een EU-verordening is met rechtstreekse werking. De EUDR bevat zeer veel elementen van het kader voor biogrondstoffen.

In de laatste voortgangsrapportage van het kader[7] komt de EUDR niet aan de orde terwijl de documenten nagenoeg parallel zijn gepubliceerd. Het kader refereert vooral aan RED (Hernieuwbare Energie Richtlijn). Daarmee lijkt de focus van het kader meer te liggen op het verminderen van de inzet van biogrondstoffen voor energie dan op een kader voor duurzame productie van meer hoogwaardige biogrondstoffen zoals rubber. Het verdient aanbeveling om het kader biogrondstoffen af te stemmen op de EUDR.

5.4 Belemmeringen bij normering

De analyse van de belemmeringen van de inzet van biobased rubber voor de normering gaat ervan uit dat zowel natuurrubber als biobased synthetische rubber kwalificeert als biobased voor de NCPN. Bij winning van natuurrubber en de toepassing als vervanging van synthetische rubber vindt besparing van CO_2-emissies plaats. Deze besparing is, afhankelijk van het productieproces, mogelijk zelfs hoger dan door biobased synthetische rubber wordt gerealiseerd. Dit is mede afhankelijk van de energie die in de opwerking tot elastomeer geïnvesteerd moet worden.

Het kader voor de toekomstige inzet van natuurrubber is de voorgaand genoemde EU-richtlijn op het gebied van ontbossing (EUDR). Het is nog onduidelijk of dit de productie van natuurrubber zal limiteren.

Handel in rechten
Bijmenging van biobased rubber kan verhandelbare rechten opleveren voor de NCPN. Er zijn veel potentiële biobased toepassingen. De productie in Nederland van rubberartikelen voor afzet in Nederland is klein van omvang. De vraag naar verhandelbare NCPN-rechten vanuit deze markt is dus beperkt. Mochten rechten alleen voor de toepassing van elastomeren onderling te verhandelen zijn dan concurreert het toepassen van biobased mogelijk met die van het toepassen van recyclaat en zou een belemmering van de normering kunnen inhouden.

[7] Kamerbrief van 12 mei 2023, kenmerk IENW/BSK-2023/107364.

Stimulans houdt geen rekening met de toepassing
Bij een verplichting die bijmengen van biobased stimuleert zal de vraag naar NR stijgen, althans voor geschikte toepassingen. Daarmee is niet uit te sluiten dat NR dan meer in laagwaardige toepassingen terecht komt. Dat is tegengesteld aan het beleid voor biogrondstoffen dat vooral hoogwaardige toepassingen wil stimuleren waarvoor NR zeker geschikt is. De EUDR reguleert de productie van NR, echter stuurt niet de toepassing in producten.

Omvang toepassing van biobased rubber blijft beperkt
Hoewel natuurrubber in vrij grote percentages wordt toegepast in rubberartikelen, met name in banden, is de omvang van de Nederlandse industrie beperkt (par. 3.2). Aanvullende potentiële toepassingen van natuurrubber en biobased synthetische rubber zullen daarmee in zeer beperkte mate inpasbaar zijn in de huidige Nederlandse rubberindustrie. Daarmee zal het effect van de NCPN mogelijk beperkt zijn qua absolute omvang. Voor diverse toepassingen van synthetische rubber, denk aan siliconenrubber, is NR geen optie en is een biobased synthetische variant niet beschikbaar. In dergelijke gevallen, veelal met specifieke eisen aan de eigenschappen, is recyclaat ook geen optie en zullen producenten gedwongen zijn rechten te kopen of hun productie te verplaatsen.

Overige aandachtspunten
Tijdens de inventarisatie zijn wat betreft biobased rubber benoemd:

- de onderontwikkelde waardeketen van biogebaseerde rubber, die er toe leidt dat hoge kosten ontstaan als de vraag toeneemt;
- een gebrek aan infrastructuur voor de terugwinning aan het einde van de levensduur van een zeer waardevol materiaal;
- De concurrentie met voedselgewassen en landgebruik voor de productie van biogebaseerde materialen kan sociale en milieuproblemen opleveren, waarbij de EUDR als regulerend kader moet gaan fungeren.

De Europese rubberindustrie schenkt aandacht aan deze punten en barrières kunnen worden overwonnen door de technologie, het beleid en het bewustzijn van biogebaseerd synthetisch rubber en de potentiële voordelen ervan te verbeteren. Biogebaseerd synthetisch rubber wordt door de industrie, ondanks de beperkingen, gezien als een veelbelovend alternatief voor synthetisch rubber. Het kan de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen verminderen en bijdragen aan een betere biologische afbreekbaarheid van rubberproducten.

6 Conclusies

Op basis van de analyse in hoofdstuk 2-5 zijn de antwoorden op de onderzoeksvragen samengevat.

6.1 Elastomeren

Elastomeer (rubber) verschilt van thermoharders en thermoplasten (kunststoffen) omdat het chemische cross-links bevat, die ontstaan na vulkanisatie. De natuurrubber is een in de natuur gevormd (biobased) elastomeer. Het is afkomstig uit de rubberboom of sporadisch van alternatieven, zoals de Russische paardenbloem.[8] Synthetische elastomeren zijn er in verschillende vormen met ieder specifieke eigenschappen. Zij kunnen op termijn met biobased ingrediënten worden gemaakt, zoals EPDM op basis van suikerriet.[9]

Rubberproducten verkrijgen de specifieke eigenschappen door het toevoegen van ingrediënten aan een (mix van) elastomeren voorafgaand aan vulkanisatie. Er zijn meer dan 10.000 ingrediënten en een oneindig aantal recepten. Een compounder is de bereider van dit halffabricaat. Grote producenten van eindproducten zijn vaak zelf ook compounder. Kleine producenten van eindproducten, zoals in Nederland veel voorkomen, kopen meestal rubbermengsels bij een compounder die het halffabricaat voor hen produceert.

De eisen aan een rubberartikel zijn meestal zeer specifiek en hebben veelvuldig met veiligheid (o.a. banden, afdichting, anticonceptie, afscherming van chemische stoffen, opvangen aardschokken) of gezondheid (farmaceutische en levensmiddelen toepassingen) te maken. Dit bepaalt de mix van de grondstoffen, ingrediënten en het verwerkingsproces.

6.2 Marktomvang

Nederland heeft een beperkte productie van basisrubber, compounds en rubberartikelen. Het is niet eenvoudig om op basis van goederenstromen (in- en uitvoer volgens CBS) een nauwkeurig beeld te krijgen. Over het geheel gezien is er een netto invoer van circa 300 kt rubber/rubberproduct. Er wordt synthetische basisrubber geproduceerd door Arlanxeo en Chemours (LCY en Lyondell/Basell voor TPE). Het product wordt grotendeels uitgevoerd, bijv. 100 kt EPDM in 2022. De afzet in Nederland is niet bekend en naar verwachting relatief laag.

Er zijn meerdere Nederlandse compounders die het rubberdeeg (compound) maken en in Nederland of buitenland afzetten. De rubberverwerkende industrie produceert (vulkaniseert) producten van compound uit Nederland of buitenland. Apollo Vredestein is de enige bandenproducent die zelf compound maakt. De loopvlakvernieuwers kopen compound in het buitenland en hebben geen invloed op

[8] https://weblog.wur.nl/biobased-economy/paardenbloem-als-rubberleverancier/
[9] www.brightlands.com, Arlanxeo maakt onderdeel uit van het Brightlands Chemelot Campus en produceert Keltan Eco EPDM, via bioethanol en ethyleen tot EPDM met 70% biobased.

de samenstelling. Gezamenlijk brengt de bandenindustrie slechts circa **1,3 - 1,5 kt** elastomeer verwerkt in bandenproducten in Nederland in de handel. Daarvan is een groot deel natuurrubber (40-50%) en een klein deel recyclaat (2,5%).

De NVA-TRA leden produceren 14-28 kt/j compounds en producten. De Nederlandse industrie haalt voor hun producten ook compounds uit het buitenland, bijv. Duitsland, België, Italië, Oost-Europa. De grote export van compound en producten zorgt ervoor dat deze sector uiteindelijk slechts **4-7 kt elastomeer** verwerkt en in technische rubberartikelen in Nederland in de handel brengt. Hiervan is een groot deel synthetisch elastomeer (circa 85%).

6.3 Recyclaat

Er zijn diverse recyclers van rubberproducten en daarvan zijn er 8 beschreven en hebben er 4 deelgenomen aan dit onderzoek. Zij maken zowel op mechanische wijze producten, zoals granulaten of poeders die weer gebruikt kunnen worden in rubberproducten, als op (mechanisch-)chemische wijze producten, waarbij bijvoorbeeld reclaim(rubber) of devulkanisaat wordt gemaakt. De productie uit bandenrubber is vooral mechanisch en relatief grootschalig. Er wordt 65% van de ingezamelde autobanden mechanische gerecycled (deels in Duitsland en België) en daarnaast een groot deel hergebruikt als product, gestuurd door de producentenverantwoordelijkheid (**bijlage 6**). Bij vrachtwagenbanden vindt naast mechanische recycling en hergebruik ook loopvlakvernieuwing plaats. De chemische recycling is in opkomst, echter nog gericht op specifieke afdankstromen. Een deel van de diverse vormen recyclaat wordt afgezet naar het buitenland.

De kwaliteit van het recyclaat hangt af van de methode en het soort rubber dat gerecycled is. De eigenschappen bepalen de toepasbaarheid. Een closed loop systeem voor de bandenindustrie zou volgens een van de recyclers voor specifieke toepassingen kunnen worden geïntegreerd tot gemiddeld 45 %, wel afhankelijk van de te leveren eigenschappen van het eindproduct en de kwaliteit van het recyclaat. Dit wordt niet bevestigd door de bandenproducenten die 10% als maximum noemen.

Devulkanisatie levert steeds betere resultaten qua (hoog)waardigheid, echter benadert niet de specificaties van virgin materiaal. Het uitgangsmateriaal heeft er immers een gebruikstijd op zitten.
De belemmeringen voor toepassing van devulkanisaat en reclaim zijn:

- sterkte, duurzaamheid, elasticiteit en mengbaarheid met andere materialen;
- eisen aan de toepassing, denk bij banden aan veiligheid;
- de mate van bijmenging en vervanging (in geval van een normering);
- de zuiverheid van de input, omdat je op banden gebaseerd reclaim (TDP) niet kunt bijmengen in synthetisch elastomeren (zoals EPDM);
- de compounder moet het product voorbereiden, omdat de producent van het rubberartikel hiertoe de mogelijkheden niet heeft;

- kosten kunnen hoger zijn dan die van nieuw rubber, vanwege de kosten voor het inzamelen, sorteren, reinigen en verwerken van het rubberafval;
- negatieve gevolgen voor het milieu hebben, door recyclingproces;
- juridische en beleidsmatige gebrek aan normen, regelgeving, stimulansen en bewustzijn, om de productie en toepassing te ondersteunen;
- een lage sociale acceptatie en vraag, door de negatieve perceptie en het stigma geassocieerd met rubberafval.

6.4 Natuurrubber en biobased

Natuurrubber is in de afgelopen 100 jaar geleidelijk aan gedeeltelijk vervangen door synthetisch rubber. Synthetische rubber heeft andere producten mogelijk gemaakt. De mondiale inzet in producten is nu 45% natuurrubber. Voor enkele toepassingen is natuurrubber nog immer de betere optie ten opzichte van synthetisch rubber. Zo is natuurrubber het hoofdbestanddeel van vrachtwagenbanden, van loopvlakken en van specifieke technische rubberartikelen. Natuurrubber komt niet alleen meer van de rubberboom, maar ook van alternatieve latexhoudende planten zoals de Russische paardenbloem.

Voor veel toepassingen geldt dat er een zekere mate van vervanging of mix mogelijk is. Naar mate de toepassingen technischer of voor specifiekere toepassingen zijn (technische rubberartikelen) is de inzet van natuurrubber moeilijker te realiseren met behoud van de eigenschappen.

Zoals eerder aangegeven kunnen synthetische elastomeren ook op basis van biobased grondstoffen worden gemaakt. In Nederland maakt Arlanxeo EPDM op basis van een aandeel bio-ethyleen dat in Brazilië is geproduceerd uit suikerriet. Het product Keltan is in diverse specificaties zowel synthetisch als biobased verkrijgbaar: 3050, 8550, 9950, 6950 en 0500R, met 50% biobased content en 5470 met 70%. De specificatie brochures uit 2023 zijn op basis van een trialversie van het product.[10]

De belangrijkste belemmering voor de inzet van natuurrubber is de EU-richtlijn op het gebied van ontbossing (EUDR). De EUDR zal ervoor zorgen dat de industrie alle bronnen van het gebruik van natuurrubber moet documenteren per 2025. Dit leidt tot een garantie dat er geen ontbossing plaatsvindt voor de productie. Het is nog onduidelijk of dit de productie van natuurrubber zal limiteren. Het vormen van nieuwe productiegebieden zal gereguleerd worden. Er is ook productie mogelijk op basis van andere planten. Er is aangetoond dat 700 kg/ha of meer haalbaar is op een in Europa geteeld ‘wisselgewas’ zoals de eerdergenoemde Russische paardenbloem. De belangrijkste belemmering is een grootschalige extractiefabriek.[11] Bovendien bepaalt de EUDR dat productie in Europa niet ten koste mag gaan van bestaand bos.

Natuurrubber lijkt te passen in het kader voor de biogrondstoffen. De EUDR is het belangrijkste sturende instrument aangezien het een verordening is met rechtstreekse werking. De EUDR bevat zeer veel elementen van het Nederlandse

[10] file:///H:/downloads/ARLANXEO_EPDM_Keltan_EMEA.pdf
[11] https://www.wur.nl/nl/artikel/europees-natuurrubber-komt-eraan.htm

kader voor biogrondstoffen. De focus van het kader lijkt op dit moment vooral te liggen op het verminderen van inzet van biogrondstoffen voor energie en minder op een kader voor duurzame productie van meer hoogwaardige grondstoffen zoals rubber. Het verdient aanbeveling om het kader biogrondstoffen af te stemmen op de EUDR.

7 Advies

Als laatste onderzoeksvraag is gevraagd om te adviseren welke factoren moeten worden meegewogen bij het bepalen van de reikwijdte *('van de Nationale circulaire plastics norm – NCPN')*[12] als het gaat om elastomeren, welke voor- en nadelen moeten worden gewogen en welke dienen zoveel mogelijk kwantitatief in beeld te worden gebracht?

7.1 Factoren

Factor 1 – Nederlands rubbermarkt is zeer beperkt
De omvang van de markt is nauwkeurig in beeld gebracht in tabel 4 en 5. De productie en afzet in Nederland bedraagt in totaal circa **5,3- 8,5 kt/j** aan elastomeer. Dit is gering in verhouding tot de totale marktomvang die voor de verwerking van polymeren in Nederland is geraamd op 2.295 kt/j per 2022(Conversio,2024).

De Nederlandse bandenproductie gebruikt slechts 1,3-1,5 kt van het elastomeer voor de afzet in Nederland. De productie en afzet van technische rubberartikelen in Nederland bedraagt 4-7 kt elastomeer per jaar. Deze markt betreft zeer uiteenlopende en vaak specialistische artikelen met hoge eisen aan de kwaliteit van de elastomeren en ingrediënten op grond van veiligheid en gezondheid.

De productie van rubberproducten uit hoofdzakelijk recyclaat (infill, valtegels, vloeren, daktegels e.d.) is niet nauwkeurig kwantitatief bekend. Deze producten, c.q. productielocaties, zullen aan de NCPN kunnen voldoen.

Factor 2 – Producenten hebben weinig invloed op de vraag
De producenten op wie de bijmengverplichting komt te liggen kunnen door het kleine gewicht dat ze aan elastomeer bij een compounder afnemen nauwelijks invloed uitoefenen op deze vraag. In hoofdstuk 2 is de positie van de compounder beschreven. De compounder levert in het algemeen eigen recepturen voor een marktgebied dat veel groter is dan Nederland (EU of internationaal). Een verplichting tot bijmenging op basis van de geringe extra vraag die ontstaat uit Nederland zal de recepturen van de compounders niet wijzigen.

Factor 3 – Beschikbaarheid biobased synthetische elastomeren is beperkt
Natuurrubber is van oudsher beschikbaar, echter wordt qua toekomstige productie mogelijk gelimiteerd door de EUDR (ontbossingsverordening). Het kan ook niet alle elastomeren vervangen. De winning van latex uit andere gewassen wordt als kansrijk alternatief gezien voor natuurrubber. De EUDR geeft daarbij een bruikbaar duurzaamheidskader.

Als de vraag naar biobased synthetische elastomeren toeneemt is de beschikbaarheid hiervan beperkt. Voor enkele synthetische elastomeren is

[12] Kamerbrief 15.09.2023 Toelichting circulaire klimaatmaatregelen, IENW/BSK-2023/261432.

beschikbaarheid aangetoond. Het gaat dan om vervanging van een deel van het elastomeer met behulp van biogebaseerd etheen/propeen. Er is nog onduidelijkheid over de prijs en leveringszekerheid. De specificaties zijn nog op basis van trial versies. Een hogere vraag, vanuit de beperkte Nederlandse markt, leidt daarmee niet direct tot een hogere productie van de nu beschikbare biobased alternatieven.

Factor 4 – Beschikbaarheid en inzetbaarheid recyclaat nog in opkomst
De beschikbaarheid van recyclaat neemt toe, echter de inzetbaarheid is sterk afhankelijk van het product en de gewenste eigenschappen en eisen. Er is vooral potentie voor toepassing in laagwaardige producten. Hiervoor zal de circulariteit aangetoond moeten worden. De inzetbaarheid van recyclaat geldt primair voor elastomeren (reclaim rubber), maar in het verlengde ook voor producten van mechanische recycling (granulaten en poeders) alsook voor ingrediënten zoals rCB. Het is nog niet duidelijk hoe mengsels van elastomeren en ingrediënten of uitsluitend ingrediënten kwalificeren wat betreft bijmenging voor de NCPN.

In elke vorm dat recyclaat wordt toegevoegd aan de compound, of dit nu reclaim, devulkanisaat of gemalen poeder is, het blijft altijd de samenstelling van de originele receptuur (of mengsel van recepturen). Daarmee is recyclaat niet in alle compounds bij te mengen en toe te passen. De industrie voor technische rubberproducten werkt voor 85% met synthetische polymeren en moet voor het behoud van eigenschappen (zoveel mogelijk) hun eigen receptuur terug gemengd krijgen. Op dit moment is nagenoeg alleen recyclaat op de markt beschikbaar afkomstig van banden. Dit recyclaat kan niet in de benodigde synthetische compounds (bijv. EPDM, NBR, FKM, VMQ etc.). De huidige stand der techniek van recycling van rubber met veel synthetische polymeren is nog niet zodanig dat er veel successen zijn te melden.

Factor 5 – NCPN levert geringe bijdrage aan CO_2-besparing
Door de kleine markt en geringe invloed op de vraag onder invloed van Nederlandse producenten op wie de verplichting komt te liggen zal de bijdrage aan CO_2-besparing relatief gering zijn. Dit komt onder meer doordat de NCPN geen invloed heeft op de veel grotere import- en gebruiksmarkt van rubber, grotendeels uit banden bestaand.

Door de invoering van producentenverantwoordelijkheid vanaf 2004 (Besluit beheer autobanden) is voor de bandenmarkt succes geboekt op het gebied van duurzaamheid. RecyBEM en ARN zijn de uitvoeringsorganisaties en verwerken circa 80 kt per jaar aan banden. De wettelijke doelen zijn gericht op product- en materiaalhergebruik. RecyBEM en ARN houden ook rekening met CO_2-besparing en sturen sinds 2011 actief op een verbetering van deze prestaties. In 2018 bedroeg de besparing 85 kt CO_2-eq. Voor de overige banden vindt een vergelijkbare verwerking plaats met een belangrijke plaats voor loopvlakvernieuwing van vrachtwagenbanden. Geëxtrapoleerd voor de hele bandensector levert de verwerking een besparing op met een omvang van circa 160 kt CO_2-eq.

RecyBEM geeft aan dat zij het een realistisch scenario vinden als devulkanisatie (15% van het bandengewicht) en pyrolyse (25%) in de toekomst toenemen en hergebruik

(na export) gaan vervangen (**bijlage 6**). In dit scenario neemt de CO_2-besparing per 2050 nog met circa 10% per gewichtseenheid toe. Dit illustreert dat de huidige besparing al op een hoog niveau is door het gevoerde beleid om mechanisch te recyclen en niet energetisch te verwerken. Een belangrijke drijfveer om meer chemisch te recyclen is de circulariteit van de toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen. Die is momenteel beperkt door de wijze van inzamelen, sorteren en verwerken. Er is een transitie in de hele keten nodig om die omslag te realiseren. Die omslag hangt niet af van de vraag naar recyclaat.

De ETRMA geeft aan dat de bandenindustrie CO_2-besparing plaatst in het bredere kader van de Ecodesign for Sustainable Product Regulation, waarbij de focus ligt op de algehele milieu impact van een band. Dit moet ervoor zorgen dat voor alle componenten in een band meer duurzame of biobased materialen worden gebruikt. Het verbeteren van de rolweerstand en de slijtage van banden draagt daaraan veel bij. Daarbij moet de geluids- en veiligheidsperformance gegarandeerd blijven, ook wanneer een band minder profiel heeft of verder gebruikt is.

7.2 Voor- en nadelen van NCPN voor elastomeren

Als tweede onderdeel in de vraagstelling zijn de voor- en nadelen van het toepassen van de NCPN voor elastomeren door de producenten van rubberartikelen in Nederland met afzet op de Nederlandse markt beoordeeld. Tabel 6 geeft een overzicht met als conclusie dat voordelen potentieel zeker aanwezig zijn, maar dat de nadelen zodanig zijn dat het praktische effect van de NCPN, in de zin van meer bijmenging en CO_2-besparing, voor elastomeren waarschijnlijk klein is.

Tabel 6: Voor- en nadelen van een NCPN voor elastomeren

Voordelen	Nadelen
Vraag naar recyclaat en biobased (synthetische) elastomeren voor rubberartikelen neemt toe	Markt waarop NCPN invloed heeft kent een zeer kleine omvang: 5,3-8,5 kt/j
Behoefte aan de ontwikkeling van biobased (synthetische) elastomeren neemt toe en stimuleert innovatie	Veiligheids- en gezondheidseisen beperken de mogelijkheden om meer bij te mengen voor enkele markten
	Producenten die geen bijmengoptie hebben (specialistische producten) zullen productie naar andere landen verplaatsen
	Beschikbaarheid juiste type recyclaat, voor eigen compound, is beperkt
Potentieel aanwezig	**Praktisch effect mogelijk gering**

De NCPN moet leiden tot toename van de vraag naar recyclaat en biobased (synthetische) elastomeren om daarmee tevens een CO_2-besparing te realiseren. Deze toename moet komen van de producenten waarop de verplichting rust.

Onderstaand is een **analyse van de voor- en nadelen** per marksegment gegeven.

Marktsegment banden

1. Producenten van autobanden en loopvlakvernieuwers hebben een marktomvang van 1,3-1,5 kt/j elastomeer in banden. Het elastomeer bestaat voor een belangrijk deel uit natuurrubber en een klein deel uit recyclaat. Toepassen van natuurrubber kan nog verder toenemen waarbij de ontbossingverordening een belangrijk kader vormt. De mate van bijmenging van recyclaat is voor dit marktsegment circa 2,5% en afhankelijk van de kwaliteit van het nu beschikbare recyclaat.
2. De productie van beter recyclaat zal mogelijk door de NCPN een impuls krijgen, echter de marktvraag zal zeer beperkt zijn. De producent van banden produceert daarbij voor 90% voor afzet buiten Nederland en zal de productie niet aanpassen vanwege de NCPN, maar eerder de productie verplaatsen.
3. De producenten van loopvlakvernieuwde banden zijn volledig afhankelijk van het compound dat ze van buiten Nederland inkopen op basis van strikte contracten. De NCPN zal geen wijziging in de compound opleveren waarin vooral natuurrubber en een klein deel recyclaat aanwezig is.
4. Het praktisch effect voor het marktsegment banden zal zeer klein zijn.

Marktsegment technische rubberartikelen

5. Producenten van technische rubberartikelen hebben een marktomvang van 4-7 kt/j elastomeer. Het elastomeer bestaat gemiddeld voor 15% uit natuurrubber en in veel gevallen is synthetisch rubber de hoofdcomponent vanwege de eisen aan de eigenschappen van het product.
6. De vervanging van het synthetisch rubber door recyclaat of biobased is zeer gecompliceerd door de hoge functionele eisen aan het artikel. Vervanging had in de gevallen waarin dit mogelijk was anders al plaatsgevonden.
7. De NCPN zal een beperkte vraag doen ontstaan voor een breed spectrum aan biobased synthetische rubber. Dit moeten de compounders gaan toepassen, echter deze compounders hebben daartoe geen verplichting en leveren voor een veel bredere markt dan Nederland en 60% van de Nederlandse marktvraag is van buiten Nederland afkomstig.
8. Geschikt recyclaat is zeer beperkt beschikbaar vanuit post-industrial bronnen (productieverlies) omdat dit de beste garanties geeft voor de samenstelling. Ook voor dit recyclaat is het vaak moeilijk om na bijmenging aan alle keuringseisen voor de producten te voldoen.
9. De meeste producenten zullen daarmee zijn aangewezen op aankoop van certificaten of verplaatsing van de productie naar buiten Nederland.
10. Het praktisch effect voor het marktsegment technische rubberartikelen zal klein zijn met mogelijk negatieve bijeffecten (verlies werkgelegenheid).

De optelsom van de constateringen is dat introductie van de NCPN voor een kleine doelgroep een beperkt potentieel heeft. Vooral het marksegment van technische rubberartikelen, maximaal 7 kt/j, krijgt met de NCPN te maken. Uitgaande van de maximale verplichting van 30% bijmenging levert dit een vraag op van circa 2 kt/j

naar met name hoogwaardige synthetische elastomeren op basis van biobased grondstoffen. Een eerste voorbeeld van een dergelijk elastomeer is Keltan EPDM (zie par. 6.4). In dit onderzoek is niet beoordeeld in hoeverre de beschikbare EPDM-specificaties de toenemende vraag zouden kunnen invullen. Aangezien er veel verschillende recepturen worden toegepast, die vaak niet bekend zijn bij de producenten, zal dit een bescheiden praktische opbrengst kunnen zijn van de NCPN.

Het is waarschijnlijker dat, gezien de enorme diversiteit van compounds, de vervanging beperkt zal zijn. Dan resteert als voordeel dat er een stimulans ontstaat naar de ontwikkeling van de benodigde biobased synthetische elastomeren.

De toepassing van de NCPN zal vanuit de huidige inzichten in de praktijk voor het beperkte gewicht van de doelgroep leiden tot een handel in certificaten of verplaatsing van de productie naar het buitenland. Als het aanbod de vraag naar certificaten overtreft zal dit niet leiden tot vervanging.

Een belangrijk nadeel dat de TRA-branche benoemt en vanuit de internationale structuur van de sector zeker realistisch is, is dat de NCPN leidt tot het verplaatsen van de productie van specialistische rubberartikelen waarvoor bijmenging geen optie is. In de TRA-sector zijn circa 1.200 fte werkzaam in Nederland met hoogwaardige werkgelegenheid.

De voorgaande analyse is gebaseerd op de beschikbare cijfers en het uitgevoerde marktonderzoek. De kwantitatieve cijfers geven een duidelijk beeld van Nederland als transitieland voor rubberproducten en van een specialistische productiesector voor rubberproducten. Wij adviseren om het kwantitatieve aspect van de voorgaande analyse van voor- en nadelen verder te onderzoeken of in te kaderen, bijvoorbeeld door te verifiëren op basis van kruiscontroles.

7.3 Reikwijdte van de NCPN voor elastomeren

Wij adviseren naast de factoren en de nadere (kwantificering) van de voor- en nadelen, qua reikwijdte van de NCPN, ook rekening te houden met de effecten die de introductie van een NCPN voor elastomeren met zich meebrengt door:

1. het buiten toepassing laten van importen van rubberartikelen terwijl dit het overgrote deel van de markt omvat;
2. het grootschalig gebruik van natuurrubber als biobased elastomeer, waarbij in ieder geval het kader voor biogrondstoffen aandacht dient te schenken aan de EU-ontbossingsverordening, die vanaf 2025 directe werking krijgt;
3. de complexe administratie van bijmenging van recyclaten door de grote omvang van ingrediënten in de rubberproducten die als input dienen.

Elke introductie van de NCPN met inbegrip van elastomeren zal tot een complexe administratie leiden voor de normadressaat, mede door de lange productieketen en de positie van de compounder.

Tot slot is ter illustratie van het beperkte effect berekend wat het maximale CO_2-effect zou kunnen zijn door elastomeren op te nemen in de NCPN.

- Een maximaal verplichte toepassing van 30% (vervanging),
- voor maximaal 7 kt/j aan elastomeer,
- met een CO_2-besparing van maximaal 2,5 kg CO_2-eq /kg elastomeer[13],
- geeft een maximale besparing van circa **5 kt CO_2-eq/j**.

De aantoonbare besparing van het producentensysteem voor autobanden is 85 kt CO_2-eq/j. Voor de totale verwerking van in Nederland gebruikte banden is dit zelfs 160 kt CO_2-eq/j. Deze besparing ligt duidelijk hoger en kan verder toenemen gezien de plannen van de branche voor optimalisatie van recycling en van secundaire toepassingen gericht op circulariteit. Mogelijk kan sturing op de verwerking van rubberstromen die nog niet onder producentenverantwoordelijkheid vallen een grote bijdrage opleveren voor rubberproducten. Daarmee wordt ook het nadeel van het uitzonderen van importen van rubberproducten ondervangen.

Level playing field

De introductie van een NCPN die geen rekening houdt met de importen van rubberartikelen, terwijl Nederland een uitgesproken importland is, zal de Nederlandse rubberindustrie benadelen ten opzichte van producenten buiten Nederland. Het introduceren van een NCPN vooruitlopend op een Europese norm zal de industrie kunnen doen besluiten de productie te verplaatsen hetgeen uiteindelijk geen bijdrage aan het klimaat oplevert.

In alle gesprekken die zijn gevoerd met de branches en bedrijven hebben zij benadrukt dat zij constructief bij willen dragen aan verduurzaming, circulariteit en innovaties. Het introduceren van een instrument zoals de NCPN is voor hen complex en levert een kleine winst op met mogelijk veel negatieve bijeffecten. Wij adviseren om met de sector in gesprek te gaan om te onderzoeken of sectorspecifieke afspraken, convenanten of wetgeving kunnen zorgen voor het realiseren van de gewenste bijdrage aan de klimaatdoelstellingen. En daarbij is een combinatie denkbaar met de ontwikkeling en toepassing van zowel rubber- en grondstofrecyclaten als biobased (synthetische) elastomeren.

[13] Aanname van CE voor de berekeningen in het kader van het IBO-rapport.

Literatuur

CBS (2023): Goederensoorten (in- en uitvoer), reeks van 2018-2022, CBS.nl.

Conversio (2024): Draft report 'Substantiation for polymer production & processing in the Netherlands', January 2024.

ETRMA (2022): Statistics 2021, N11.

Eurostat (2023): conversion table CN2021 with factors from unit to mass.

FFact (2020): Ecotest banden 2.0, Analyse van de inzamel- en verwerkingsketen van in Nederland ingezamelde autobanden, FF/17.022, 20 april 2020.

IBO (2023): scherpe doelen, scherpe keuzes; Interdepartementaal Beleidsonderzoek, 13 maart 2023.

SER (2020): Biomassa in balans, een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biogrondstoffen, advies 20/07, juli 2020.

Bijlage 1: effect ingrediënten op product

Roet of **Carbon Black** is een belangrijke (vul)stof/component die direct invloed heeft op een groot aantal eigenschappen van de rubber. Onderstaande tabel geeft een beeld van de uitdagingen voor een receptuur.

Effect of Carbon Black on Rubber Properties

	Effect of increase in carbon black properties		
Rubber property	Surface area	Structure	Loading
Uncured properties			
Mixing temperature	Increases	Increases	Increases
Die swell	Decreases	Decreases	Decreases
Mooney viscosity	Increases	Increases	Increases
Dispersion	Decreases	Increases	Decreases
Loading capacity	Decreases	Decreases	—
Cured properties			
300% Modulus	Insignificant	Increases	Increases
Tensile strength	Increases	Insignificant	Increases[a]
Elongation	Insignificant	Decreases	Decreases
Hardness	Increases	Increases	Increases
Tear resistance	Increases	Decreases	Increases[a]
Hysteresis	Increases	Insignificant	Increases
Abrasion resistance	Increases	Insignificant	Increases[a]
Low strain dynamic modulus	Increases	Insignificant	Increases
High strain dynamic modulus	Insignificant	Increases	Increases

[a] Increases to an optimum, then decreases.

Als we naar het verwerkingsgedrag van de rubber compound tijdens de productie kijken dan zijn de **versnellers** en/of combinatie van deze versnellers weer erg belangrijk. Zo zorgen sommige versnellers voor een lange vloeitijd (tijd die de compound heeft om te vloeien en de vorm van de matrijs aan te nemen) of snelle of juist langzame vulkanisatietijd. Een snelle vulkanisatietijd wil je bij kleine simpele producten, zodat er veel productiecapaciteit beschikbaar is. Een langzame vulkanisatietijd wil je juist voor dikke producten of voor rubber compound die aan metaal moet hechten. Voor deze redenen zijn er veel versnellers, met allemaal hun eigen eigenschappen beschikbaar.

Zoals hierboven te zien hebben versnellers ook invloed op de crosslink-dichtheid van het materiaal, wat weer invloed heeft op de materiaaleigenschappen van het rubber product.

Net zoals voor de elastomeren geldt, geldt ook voor alle andere ingrediënten dat ze in verschillende hoeveelheden aanwezig kunnen zijn. De vulstoffen en weekmakers kunnen grofweg variëren tussen 5% en 40%, terwijl de meeste andere ingrediënten doorgaans in aanzienlijk kleinere hoeveelheden aanwezig zijn, zeg max. 5%.

Productiewijze

Naast ingrediënten moet er bij de ontwikkeling van een ‘compound’, het product van een receptuur, ook nog rekening gehouden worden met hoe het eindproduct geproduceerd gaat te worden. Als dat via extrusie of Injection Moudling gaat, dan moet de compound een aanzienlijk andere viscositeit hebben dan wanneer het gemaakt wordt met Compression Moulding. De viscositeit wordt weer bepaald door o.a. het type en hoeveelheid vulstof en weekmakers.
Daarnaast zijn er ook weer ingrediënten die elkaar tegen- of niet samenwerken of niet compatibel zijn met elkaar. Hierbij valt te denken aan reactieve chemicaliën die tijdens het vulkanisatieproces actief moeten worden, maar ook al eerder kunnen reageren met andere ingrediënten (bijv. peroxide) waardoor ze hun efficiëntie verliezen. Of bepaalde weekmakers die niet compatibel zijn met bepaalde elastomeren.

Bijlage 2: Marktverkenning met CBS-cijfers

CBS heeft alleen voldoende gedetailleerde cijfers beschikbaar voor in- en uitvoer, de zogenoemde goederenstromen. Deze statistieken zijn beschikbaar per GN-code (Gecombineerde Nomenclatuur) of ook wel goederencode genoemd. Dit is gebaseerd op het Europese douanesysteem dat ook internationaal wordt toegepast. Voor rubber zijn er 17 GN-codes van belang die alle zijn weergegeven in tabel B2.1. Daarbij is het gewicht van invoer of uitvoer gebaseerd op het elastomeer (4001-4002), de compound inclusief ingrediënten (4005-4006) of het volledige product.

Belangrijkste waarnemingen voor rubber in- en uitvoer (tabel B2.1)

1. De goederenstromen voor 2022 zijn gebruikt als meest recente. Deze zijn tevens representatief voor het gemiddelde van de periode 2018-2022 (onze analyse).
2. De goederencode die in stuks of paar (vooral handschoenen) beschikbaar zijn, zijn geconverteerd naar gewicht op basis van gemiddelde gewichten op grond van de Eurostat conversietabel van 2021 (zie ook tabel B2.3 voor banden).
3. De conversie voor handschoenen leidt tot een hoog gewicht en is mogelijk minder betrouwbaar vanwege de grote bandbreedte in gewicht per paar.
4. De conversie voor banden is met name voor de zware banden minder betrouwbaar omdat CBS de in- en uitvoer afrondt op miljoen stuks.
5. De totale omvang van de in- en uitvoer is **opmerkelijk hoog** in vergelijking tot de geraamde binnenlandse productie van elastomeren, compound en producten. Nederland heeft voor rubberproducten géén uitvoerspecialisatie (tabel B2.2).
6. Diverse rubbersoorten worden netto uitgevoerd. Dit is door productie van enkele synthetische basisrubbers in Nederland en uitvoer voorafgaand aan verwerking.
7. Met correcties voor code 4015 (handschoenen) en 4011 (banden) is er geen of zeer beperkte netto in- of uitvoer, echter wel een grote goederenstroom.
8. Er is een netto export van synthetische en basisrubbers (4002-4005) van ongeveer 200 kt per jaar (nauwkeurig geregistreerd in kg door CBS).

Toepassingen

Tabel B2.1 geeft de in- en uitvoer van de rubberproducten en daarmee een beeld van de processtappen in het productieproces en de grote diversiteit in toepassingen van elastomeren en betrokken stakeholders zoals:

- producenten van basisrubber (GN-4001 en 4002),
- compounders, producent van rubbermengels/halffabricaten (GN-4005-4006),
- producenten van eindproducten (GN-4007-4017), waaronder banden (GN-4011-4013) en artikelen (GN-4008-4010; 4014-4017),
- recyclers of vervaardigers van reclaim of recyclaat (GN-4003-4004).

Grote producenten van eindproducten zijn vaak zelf ook compounder. Kleine producenten van eindproducten kopen meestal rubbermengsels bij een compounder die het halffabricaat voor hen produceert. De producent van het artikel heeft dan geen invloed meer op de samenstelling buiten de wijze van inkoop en heeft vaak niet meer de mogelijkheid of deskundigheid om elastomeren of ingrediënten bij te mengen.

Tabel B2.1: CBS –Grensoverschrijding Rubber en werken daarvan in 2022

GN - 4000: Rubber en werken daarvan	**invoer in kt**	**uitvoer in kt**	**netto in kt**
4001 Natuurlijke rubber, balata, gutta-percha, guayule, chicle en dergelijke natuurlijke gommen, in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	72	45	27
4002 Synthetische rubber en uit olie vervaardigde factis, in primaire vormen of in platen, vellen of strippen; mengsels van producten bedoeld bij post 4001 met producten bedoeld bij deze post	212	326	-114
4003 Geregenereerde rubber in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	11	50	-39
4004 Resten en afval, van niet-geharde rubber, alsmede poeder en korrels verkregen uit resten en afval van niet-geharde rubber	37	82	-45
4005 Bereide rubber, niet gevulkaniseerd, in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	14	44	-30
4006 Niet-gevulkaniseerde rubber in andere vorm (bijv. staven, buizen, profielen) en artikelen (bijv. schijven, ringen) van niet-gevulkaniseerde rubber	5	1	4
4007 Draad en koord, van gevulkaniseerde rubber	1	1	0
4008 Platen, vellen, strippen, staven en profielen, van niet-geharde gevulkaniseerde rubber	49,9	38,4	11,4
4009 Buizen en slangen, van niet-geharde gevulkaniseerde rubber, ook indien voorzien van hulpstukken (bijv. verbindingsstukken, moffen, ellebogen, flenzen)	24	14	10
4010 Drijfriemen, drijfsnaren en transportbanden, van gevulkaniseerde rubber	33	22	11
4011 Nieuwe luchtbanden van rubber	*643,8*	*366,8*	*277,1*
4012 Gebruikte of van een nieuw loopvlak voorziene luchtbanden van rubber; massieve of halfmassieve banden, loopvlakken voor banden en rubber velglinten	34,9	73,5	-38,6
4013 Binnenbanden van rubber	15,0	7,8	7,3
4014 Hygiënische en farmaceutische artikelen (spenen daaronder begrepen) van niet-geharde gevulkaniseerde rubber, ook indien met delen van geharde rubber	3	2	1
4015 Kleding en kledingtoebehoren (handschoenen (met of zonder vingers) en wanten daaronder begrepen), van niet-geharde gevulkaniseerde rubber, ongeacht gebruik	*288,2*	*60,9*	*227,3*
4016 Andere artikelen van niet-geharde gevulkaniseerde rubber	81	62	19
4017 Geharde rubber (bijvoorbeeld eboniet) in ongeacht welke vorm en werken van geharde rubber	0	0	0
Eindtotaal	**1524,8**	**1196,4**	**328,4**

Tabel B2.2: CBS –Nederlandse uitvoerspecialisatie t.o.v. de EU in 2021

	Balassa-index	Aandeel hoofdstuk in de totale uitvoer	Verdeling van de uitvoer| Uitvoer NL product	Verdeling van de uitvoer| Wederuitvoer
Geharmoniseerd Systeem	index	%	%	%
Totaal goederen NL	1	100	55	45
39 Kunststof en werken daarvan	1	4,6	75,2	24,8
40 Rubber en werken daarvan	0,7	0,8	40,6	59,4

CBS registreert op basis van het geharmoniseerd systeem voor internationale handel ook enkele indicatoren om een indicatie te geven van de uitvoerspecialisatie van Nederland ten opzichte van de EU. Tabel B2.2 geeft deze indicatoren voor 2021 waarbij het totaal aan goederen van Nederland en de GN codes voor kunststof- (39) en rubberproducten (40) zijn weergegeven. De Balassa-index geeft aan of Nederland een relatieve uitvoerspecialisatie heeft. Dan is de index hoger dan 1. Voor rubber heeft Nederland een index van 0,7 en daarmee geen uitvoerspecialisatie. Daarbij voert Nederland relatief meer in dan dat het rubber produceert. Van de uitvoer (in €) is 40,6% geproduceerd in NL en 59,4% betreft wederuitvoer van eerder geïmporteerde producten (transitie).

Conclusie: Nederland is geen productieland van rubberproducten
De CBR-cijfers illustreren dat Nederland voor rubberproducten **geen productieland** is en duidelijk een transitieland, zelfs in hogere mate dan voor het totaal aan goederen. Daarnaast is zichtbaar dat kunststoffen relatief iets meer in Nederland geproduceerd worden, echter ook geen uitvoerspecialisatie hebben. De cijfers sluiten aan bij de bevindingen op grond van tabel 4 (waarin GN-code 40 verder gespecificeerd is).

Bijlage 3: Marktverkenning banden

Er zijn meerdere gegevensbronnen voor banden beschikbaar. Voor de marktomvang is gebruik gemaakt van de cijfers van RecyBEM en VACO. Zij hebben zicht op het totale gebruik van banden. Per marksegment is specifiek verkend welke productie in Nederland plaatsvindt.

Voor de bandenmarkt is de hoofdindeling gehanteerd:

1. Personenwagenbanden (voor voertuigen tot 3500 kg)
2. Motorbanden
3. Vrachtwagenbanden (incl. bus en vergelijkbaar)
4. Landbouw banden (tractoren en vergelijkbaar)
5. Wegenbouw en mijnbouwbanden
6. Overige (vliegtuigen, industrie, scooter, fiets).

Marktomvang

De markt valt uiteen in banden die op nieuwe voertuigen worden geleverd (OEM), de vervangingsmarkt en de tweedehands markt. Naast levering met voertuigen vindt ook export gemonteerd aan voertuigen plaats. Er is in 2021 een inventarisatie door RecyBEM, de producentverantwoordelijke voor de autobanden, uitgevoerd naar de marktomvang vanuit inzameling en afdanking. De gegevens van de inzameling en verwerking van banden zijn opgenomen in tabel B 3.1. De marktomvang voor de levering van banden is mogelijk onderschat vanwege de slijtage. De wegen-mijnbouw en overige banden zijn geraamd op basis van ruwe gegevens. De omvang is relatief gering ten opzichte van de overige marktsegmenten.

Tabel B3.1: marktomvang, gebaseerd op afdanking van banden per 2020

Type band	aantal ingezameld/verwerkt	gewicht 2020 in kt
1. Autobanden	10.075.000	81,4
2. Motorbanden	340.000	1,4
3. Vrachtwagenbanden	600.000	37,2
4. Landbouw	100.000	9,0
5. Wegen- en mijnbouw	10.000	1,0
6. Overige	-	2,0
Totaal		**132**

Landbouw-, wegen-, mijnbouw en overige banden betreft alle banden die minder op de weg rijden. Vliegtuig- en heftruckbanden vallen bijvoorbeeld ook onder deze categorie. Vernieuwing van gebruikte vliegtuigbanden is internationaal een bekend fenomeen in de recycling van banden en gebeurt in Nederland op industriële schaal door een dochterbedrijf van Goodyear in Tilburg. Fiets- en scooterbanden zijn niet meegenomen in bovenstaande inventarisatie.

Het slijtage-effect van de voertuigbewegingen in Nederland is door RIVM geraamd op 17 kt per jaar. Dit moet toegevoegd worden aan het ingezameld gewicht. Dit leidt tot

een raming van circa 150 kt banden die per jaar op de Nederlandse markt worden gebracht.

Deze omvang kan in beperkte mate geverifieerd worden op grond van de in- en uitvoer van de goederenstroom banden (4011). CBS registreert banden alleen in miljoen stuks. CBS rondt daarbij de cijfers af zodat er een grote bandbreedte ontstaat. Dit heeft vooral effect op de zware bus-, vrachtwagen- en landbouwbanden. Tabel B3.2 geeft het resultaat van de analyse van de CBS-goederenstromen. De netto omvang voor autobanden van 108 kt sluit redelijk aan bij de cijfers op basis van inzameling van 81,4 kt (tabel B3.1). Met slijtage wordt dit circa 90 kt.

De in- en uitvoercijfers voor de zwaardere banden leiden door de afronding tot een totaal van ca. 165 kt. Dit is veel hoger dan de cijfers van de inzameling van deze banden en onvoldoende betrouwbaar. De omvang van de netto invoer van de grotere banden inclusief slijtage zal omstreeks 50 kt bedragen (op basis van tabel B3.1). Een totale marktomvang, netto invoer, van nieuwe banden van **circa 150 kt** per jaar is op basis van de twee bronnen de meest betrouwbare raming.

Tabel B3.2: CBS - Grensoverschrijding nieuwe luchtbanden van rubber in 2022

GN-code 4011: Nieuwe luchtbanden van rubber van de soort gebruikt voor	**invoer in kt**	**uitvoer in kt**	**netto in kt**
40111000 personenauto's, incl. die van het type "station-wagon" of "break" en racewagens	351	243	108
40112010 autobussen of voor vrachtwagens, met een belastingsindex van <= 121	*41,9*	*27,9*	*14*
40112090 autobussen of voor vrachtwagens, met een belastingsindex van > 121	*120*	*60*	*60*
40114000 motorrijwielen	*5*	*5*	*0*
40115000 rijwielen	11,9	7,5	4,4
40117000 voertuigen of machines voor land- en bosbouw	*67,4*	*0*	*67,4*
40119000 andere (m.u.v. bovenstaande)	*46,8*	*23,4*	*23,4*
Eindtotaal	**643,8**	**366,8**	**277,1**

Gewicht berekend met CBS-cijfers afgerond op miljoen stuks en een gemiddeld gewicht per stuk op basis van de conversietabel van Eurostat (2021) van respectievelijk 9; 13,96; 60; 4,95; 0,62; 67,36; en 23,4 kg. LET OP: *Cursief weergegeven gewichten zijn daarmee onvoldoende betrouwbaar.*

Productielocaties van banden in Nederland

Het overgrote deel van de op de markt gebrachte banden is geïmporteerd. Dit blijkt uit de goederenstatistieken en de inzamel- en verwerkingsgegevens. Uit de statistieken blijkt dat er veel (internationale) handel van banden via Nederland (als transitieland) loopt. Dit geeft de context voor de omvang van de (geringe) productie in Nederland en de beperkte levering van de geproduceerde banden in Nederland.

Apollo Vredestein produceert in Enschede personenwagen- en landbouwbanden. De omvang van de productie bedraagt volgens Apollo-Vredestein circa 20 kt per jaar afgeleverd product. De compound voor deze banden wordt in Nederland gemaakt en daarvoor wordt ruim 40% natuurrubber en 2,5% recyclaat gebruikt op een totaal van 8,5 kt elastomeer (samenstelling vergelijkbaar met tabel 2).

De bijmenging is zodanig dat de mengseleigenschappen en dus de kwaliteit van de daarmee gemaakte producten blijven voldoen aan de eisen. Het bijmengen is mede afhankelijk van de kwaliteit van het recyclaat. Het momenteel beschikbare recyclaat (poeders en reclaim) is nog van onvoldoende kwaliteit voor een veel hogere inzetbaarheid dan nu plaatsvindt.

Apollo Vredestein exporteert het grootste deel van haar productie en brengt uiteindelijk **1 kt** van de ingekochte elastomeren in Nederland op de markt.

Loopvlakvernieuwing vliegtuigbanden
Goodyear produceert in Tilburg vernieuwde vliegtuigbanden waaraan bijzonder hoge eisen worden gesteld. Nagenoeg de hele productie betreft export. Een klein deel wordt afgezet in Nederland. Hiervoor is **geen data** verkregen. Uit het overleg over de wijze van productie met Goodyear volgt:

1. Het gemiddelde percentage natuurrubber dat tijdens het loopvlakvernieuwingsproces wordt toegevoegd ligt tussen 14 en 20% van het totale gewicht en tussen 30 en 35% van het totaal aan elastomeer;
2. Het gemiddelde percentage elastomeer dat bij het loopvlakvernieuwingsproces wordt toegevoegd ligt tussen 48 en 54% ten opzichte van het totale gewicht;
3. Circa 5% van de productie blijft in Nederland terwijl 95% naar andere landen wordt geëxporteerd.

Voor vliegtuigbanden geldt zoals voor de meeste banden dat het zeer technische en complexe producten zijn die uit meer dan 200 materialen bestaan en ontwikkeld zijn in functie van tientallen mobiliteitsgerelateerde prestaties, waarbij veiligheid de meest essentiële functie is. Het verbeteren van het ene prestatiegebied van het product kan een negatief effect hebben op een ander prestatiegebied. Bij het invoeren van potentiële nieuwe milieuregels voor banden zal er een impact kunnen zijn op veiligheidsgerelateerde kenmerken en prestaties. Dit kan extra eisen stellen en dit dient bij de introductie van doelstellingen voor gerecyclede inhoud ook meegenomen te worden in de beoordeling, nog afgezien van de bereidheid van de markt om de benodigde kwaliteit en kwantiteit hiervan te leveren.

Momenteel is volledig gesloten recycling van ELT-rubber (End of Life Tyre) om technische en economische redenen nog niet haalbaar. Er zijn momenteel onvoldoende gegevens over de wisselwerking tussen gerecycled materiaal en de prestaties van banden, bijvoorbeeld rolweerstand, grip op nat wegdek en slijtage. Deze onzekerheden houden verband met verschillende factoren, waaronder:

- het samenspel tussen verschillende gerecyclede materialen;

- de beschikbaarheid van geschikt gerecycleerd materiaal voor banden (vooral gezien het relatief lage technologische niveau ervan vergeleken met hoogontwikkelde nieuwe materialen);
- vastgestelde definities en standaardmethoden voor bandenrecycling;
- gebrek aan gegevens over de impact en voordelen van gerecyclede bandeninhoud vanuit het gehele levenscyclusperspectief.

Goodyear geeft verder aan dat normen voor de gerecycleerde inhoud van banden (types en kwaliteit) zullen moeten worden gedefinieerd voordat kwantitatieve eisen inzake ecologisch ontwerp kunnen worden ingevoerd. Vanwege de complexiteit van de materie zal dit enige tijd vergen.

Loopvlakvernieuwing vrachtwagenbanden
Er zijn meerdere bedrijven in Nederland actief op het gebied van loopvlak-vernieuwing van met name vrachtwagenbanden en op deze banden lijkende landbouwbanden (voor aanhangers). Er worden circa 50.000 banden per jaar vernieuwd (cijfers VACO) op een marktomvang van circa 105.000 vernieuwde banden. Er is dus import en een deel van de vernieuwde banden wordt buiten Nederland afgezet. Hiermee is in de berekeningen geen rekening gehouden.

Uitgaande van een gemiddeld gewicht van het aangebrachte loopvlak van 12 kg per band wordt circa 600 ton (0,6 kt) aan loopvlak in de vorm van compound (een halfproduct) toegepast. Van de toegepaste compound bestaat circa 50% uit elastomeer (tabel 3) ofwel **0,3 kt/j**. De totale productie is ongeveer 3 kt vrachtwagenband (cijfers VACO) op de volgende locaties:

- Banden Plan Europa met een productielocatie te Montfoort;
- Roline gevestigd te Lopik gelieerd aan (Profile) DBS Groep, werkt o.a. samen met Bandag/Bridgestone;
- Peet Borst Banden Techniek te Schoonhoven;
- Vulkanisatie Friesland te Leeuwarden is niet zozeer een loopvlakvernieuwer als wel een hersteller op basis van vulkanisatie van o.a. vrachtwagen en landbouwbanden.

In de fabrieken wordt gewerkt met twee methoden. In beide methoden krijgt de loopvlakvernieuwer het loopvlak volledig gereed aangeleverd van buiten Nederland. De leverancier geeft geen verdere specificatie. Het grootste deel van de elastomeer is natuurrubber. Bij de warme methode wordt ongevulkaniseerd rubber aangebracht op het geselecteerde en voorbewerkte karkas waarna het loopvlak wordt gehecht en gevulkaniseerd in een mal gedurende 70 minuten bij 150 °C. Bij de koude methode is het loopvlak gevulkaniseerd en wordt met het karkas verbonden door hechting bij een temperatuur van 105°C. Er wordt speciaal tussenrubber gebruikt om beide lagen tot één hecht geheel te vulkaniseren.

Bijlage 4: Marktverkenning synthetische rubber

De CBS-gegevens die in bijlage 2 aan de orde zijn geweest zijn meer specifiek onderzocht voor de overige artikelen, naast banden, die in Nederland gemaakt worden. Het betreft vaak specialistische toepassingen en de markt wordt grotendeels gedomineerd door het midden en klein bedrijf. De elastomeersamenstelling is hoofdzakelijk synthetisch rubber, circa 85% van het polymeer, met ingrediënten vergelijkbaar met banden.

Daarom is de in- en uitvoer van synthetische elastomeren op grond van de CBS goederenstromen specifiek in beeld gebracht in tabel B4.1. Direct valt op dat er een netto uitvoer van SBR, XSBR en EPDM plaatsvindt van totaal 167 kt in 2022 (gewicht van uitsluitend het elastomeer). Dit is omdat deze elastomeren, met name EPDM, in Nederland worden geproduceerd (Arlanxeo, Chemours) en slechts in beperkte mate worden toegepast. De productie is voor een grotere markt dan Nederland.

Van de overige elastomeren wordt netto circa 50 kt in 2022 ingevoerd. Het betreft basisbestanddelen voor de productie van rubberproducten, bijvoorbeeld de elastomeer die de bandenproducenten invoeren (8,5 kt, bijlage 3) en de elastomeer die compounders invoeren en vaak weer als compound exporteren.

In tabel B2.1 is zichtbaar dat de netto invoer van de (technische) artikelen van GN-code 4007-4010 en 4016 circa 50 kt bedraagt. Het gaat hier om complete producten samengesteld uit elastomeer, ingrediënten en eventuele versterkingen. De netto binnenlandse productie van rubberartikelen is uitgewerkt in hoofdstuk 3.3 en bedraagt circa 4-7 kt aan elastomeer. Dit correspondeert met circa 10 kt product en is daarmee beperkt in verhouding tot de netto invoer.

Tabel B4.1: CBS - Grensoverschrijding primair synthetisch rubber (dus geen compound en exclusief ingrediënten) in 2022

GN-code 4002: Synthetische rubber en uit olie vervaardigde factis, in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	**invoer in kt**	**uitvoer in kt**	**netto in kt**
40021100 Latex van styreenbutadieenrubber "SBR" of van styreenbutadieenrubber gewijzigd door carboxylgroepen "XSBR"	52	127	-75
40021910 Styreenbutadieenrubber verkregen door emulsiepolymerisatie (E-SBR), in balen	6	2	4
40021920 Styreenbutadieenstyreenblokcopolymeren verkregen door oplossingspolymerisatie [SBS, thermoplastische elastomeren], korrels, stukjes, poeder	51	45	6
40021930 Styreenbutdieenrubber verkregen door oplossingspolymerisatie [S-SBR], in balen	1	1	0
40021990 Styreenbutadieenrubber [SBR] en [XSBR], in primaire vormen of in platen, vellen of strippen (m.u.v. E-SBR en S-SBR in balen, SBS en latex)	4	3	1
40022000 Butadieenrubber "BR" in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	29	7	22
40023100 Isobuteen-isopreen "butyl" rubber "IIR" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	1	1	0
40023900 Gehalogeneerde isobuteen-isopreen-rubber "CIIR of BIIR", in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	0	1	-1
40024100 Latex van chloropreen "chlorobutadieen" rubber "CR	8	0	8
40024900 Chloropreen "chlorobutadieen" rubber "CR" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen (m.u.v. latex)	4	3	1
40025100 Latex van acrylonitrielbutadieenrubber "NBR" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	0	0	0
40025900 Acrylonitrielbutadieenrubber "NBR" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen (m.u.v. latex)	7	7	0
40026000 Isopreenrubber "IR" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	3	5	-2
40027000 Ethyleen-propyleendieen, ongeconjugeerd, "EPDM" , in primaire vormen of in platen, vellen of strippen	13	100	-87
40028000 Mengsels van natuurlijke rubber, balata, guttapercha, guayule, chicle met synthetische rubber	0	0	0
40029100 (overige) Latex van synthetische rubber	1	0	1
40029910 Natuurlijke rubber, gewijzigd door enting of vermenging met kunststof (m.u.v. depoly. NR)	3	0	3
40029990 Natuurlijke rubber, in primaire vormen of in platen, vellen of strippen (m.u.v. technisch gespecificeerde en natuurlijke rubber "TSNR", crêperubber en rubberlatex)	29	24	5
Eindtotaal	**212**	**326**	**-114**

De producenten in Nederland van technische rubberartikelen staan vermeld op de website van NVR-TRA: https://www.nvrtra.nl/leden (figuur B5.1). Op deze website is met behulp van een matrix te zien welke type producten zij maken en met welke technieken. De diversiteit van de producten is te groot om een (sluitende) indeling op specifieke producten (zoals banden) te maken. Bijvoorbeeld onder 'vormartikelen' zijn heel veel verschillende soorten rubber producten te vinden op een groot aantal markten.

Figuur B.5.1: 25 Nederlandse NVR-TRA leden (www.nvrtra.nl/leden)

Bijlage 5: Informatie van recyclers

Er is met 4 recyclers specifiek contact geweest over hun proces en de wijze waarop zijn recyclaat maken. De bevindingen zijn navolgend samengevat.

Rubber Resources is een toonaangevend bedrijf op het gebied van recycling van butylrubber. Dat type rubber is qua eigenschappen al langere tijd goed te recyclen en Rubber Resources werkt met een zo homogeen mogelijke input. Het devulkanisaat is tot 5-6% bij te mengen met een zeer betrouwbaar resultaat. De afzet van het product is voor 4-5% in Nederland. Verwerking is mogelijk door compounders en bandenproducenten. Rubber Resources gebruikt een thermo-mechanisch proces. Er zijn ook andere opties zoals chemisch, hoge druk, waterjet, ultrasoon, bacterieel of met schimmels (zie par. 4.3).

Rubber Resources geeft aan dat de kwaliteit afhangt van de methode en het soort rubber dat gerecycled is. Er is veel literatuur beschikbaar over de recyclingmethodes en de belangrijkste eigenschappen, namelijk de treksterkte en de rek bij breuk. De eigenschappen bepalen de toepassing. De bandenindustrie vraagt andere eigenschappen dan de rubberartikelen. Een closed loop systeem voor de bandenindustrie kan worden geïntegreerd tot gemiddeld 45 %, afhankelijk van de eigenschappen van het eindproduct en de kwaliteit van het recyclaat.

Granuband en Kargro leveren op dit moment vooral producten op basis van een granulaatproductie uit end of life producten (auto- en vrachtwagenbanden en andere rubberartikelen). De omvang van Granuband is circa 22 kt per jaar en Kargro recycling is vergelijkbaar, samen circa 50 kt per jaar (cijfers VACO). Er is streng toezicht op de input- en daarmee de productiekwaliteit, o.a. op het gebied van PAK-gehalte. Granuband is een toonaangevend bedrijf op het gebied van de verwerking van granulaat in producten, o.a. door binding met polyurethaan of in de toekomst met recyclaat, zoals vloertegels, drainagetegels, dakpanelen of sportvloeren.

Granuband heeft onlangs Rerun opgestart waarin het geproduceerde granulaat verder wordt bewerkt tot een recyclaat dat bruikbaar is voor een compounder. Deze kan het recyclaat bijmengen, waarna een producent het compound moet activeren en/of vulkaniseren om weer crosslinks tot stand te brengen.

Tyromer richt zich op zwavelgebonden rubber (elastomeren) en kan daar een goed product van maken. Zij voegt bepaalde producten toe aan het proces, sterk afhankelijk van het soort rubber en het ten doel gestelde resultaat. Van het product gaat 80% in banden van allerlei soorten en maten zitten. De overige 20% zit in industriële en consumentenproducten. Denk aan het zachte materiaal van handvaten bijvoorbeeld of aan de afdichting van de deuren van een voertuig. Hiervoor wordt in de meeste gevallen EPDM rubber gebruikt. De bijmenging vindt plaats door compounders en/of producenten in Nederland en buitenland. In Nederland bijvoorbeeld Flevorubber, Artech, Apollo-Vredenstein en QEW.

Bijlage 6: RecyBEM-systeem

Het RecyBEM systeem bestaat sinds 2004 en zorgt voor de inzameling van de Nederlandse autobanden in de vervangingsketen. Auto Recycling Nederland (ARN) is verantwoordelijk vanaf 1995 voor de banden die van autowrakken afkomstig zijn. RecyBEM en ARN zijn beide medeontwikkelaar en gebruiker van Ecotest, een duurzaamheidsmodel op basis van levenscyclusanalyse (LCA). Het rekenmodel is vanaf 2010 gebouwd op basis van LCA-software met gebruik van SimaPro 9.

FFact (2020) heeft met Ecotest 2.0 de duurzaamheidsprestatie berekend van alle in 2018 afgedankte autobanden die RecyBEM (retail) en ARN (autodemontage) inzamelen. De berekening gaat uit van werkelijke prestaties door nauwkeurige analyse van alle verwerkingsketens (voor materiaalhergebruik tot de toepassing in producten als valtegels, koematrassen of asfaltrubber). Tabel B6.1 en 2 geven de belangrijkste inputgegevens en tabel B6.3 de resultaten van de analyse.

Tabel B6.1: verdeling ingezamelde banden over verwerkingsroutes 2018

Verwerkingsroutes	RecyBEM aantal	RecyBEM aantal	ARN aantal	ARN aantal	Totaal aantal	% van totaal
Materiaalhergebruik	5.986.137	64,49%	586.869	73,96%	6.573.006	65,24%
Tweede gebruik band	2.790.251	30,06%	206.676	26,04%	2.996.927	29,74%
Loopvlakvernieuwing	162.440	1,75%			162.440	1,61%
Alternatief hergebruik	204.210	2,20%			204.210	2,03%
Thermisch hergebruik	139.234	1,50%			139.234	1,38%
Totaal	**9.282.272**		**793.545**		**10.075.817**	

Tabel B6.2: CO_2-emissies per verwerkingsoptie (kg CO_2-eq per kg input)

Verwerkingsroutes	kg CO_2
Materiaalhergebruik	-1,31
Tweede gebruik als band	-0,73
Loopvlakvernieuwing	-2,20
Alternatief hergebruik	0
Thermisch hergebruik	-0,74

Tabel B6.1 geeft aan dat zowel RecyBEM en ARN primair sturen op product- en materiaalhergebruik en een resultaat halen van 98,5%. Daarnaast sturen de organisaties op de optimalisatie van CO_2-emissies op basis van de nauwkeurige doorlichting van de routes en de inzet van de producten van materiaalhergebruik (granulaat en poeders).

De totale emissiebesparing die RecyBEM en ARN in 2018 behalen met de inzameling en verwerking van ruim 10 miljoen banden is berekend op **85 miljoen kg CO_2**. Van

deze emissiebesparing is circa 76% afkomstig van materiaalhergebruik, 20% van tweede gebruik, 3% van loopvlakvernieuwing en 1% van thermisch hergebruik.

Tabel B6.3: Totale CO_2-footprint voor in 2018 ingezamelde en verwerkte autobanden

	# banden	kg banden	kg CO_2	kg CO_2 RecyBEM	kg CO_2 ARN
Inzameling	10.075.817	81.391.705	4.380.051	4.035.090	344.961
Transport naar verwerking	10.075.817	81.391.705	1.595.710	1.486.121	109.589
Materiaalhergebruik	6.573.006	52.989.002	-69.415.593	-63.913.736	-5.501.857
Tweede gebruik als band	2.996.927	24.254.454	-17.802.769	-16.789.459	-1.013.310
Loopvlakvernieuwing	162.440	1.332.008	-2.930.418	-2.930.418	
Alternatief hergebruik[14]	204.210	1.674.522			
Thermisch hergebruik	139.234	1.141.719	-848.297	-848.297	
Totaal			**-85.021.316**	**-78.960.699**	**-6.060.617**

Per ingezamelde band is de netto emissiebesparing circa 8,5 kg CO_2. Per ton ingezamelde banden is de netto emissiebesparing 1.045 kg CO_2. Hierop zijn de emissies als gevolg van logistiek (inzameling en transport) van circa 6% van de totale besparing in mindering gebracht. Deze blijven in verhouding gering en worden ruimschoots gecompenseerd door de totale emissiebesparing die wordt behaald met de verwerking van de ingezamelde banden.

De emissiebesparing is nauwkeurig bepaald en er is geen gebruik gemaakt van een algemene maximale besparing van 2,5 kg CO_2 per kg product dat wordt vervangen, zoals gebruikt in het kader van de NPCN. Kanttekening is wel dat Ecotest 2.0 voor 2018 nog rekent met een eenmalige vervanging en niet met een multi-cyclus LCA. Momenteel wordt deze methode toegepast door de eindproducten uit de ketens (rubberrecyclaat bevattende producten) te analyseren tot en met de 3^{e} potentiële levenscyclus. Dit zal de besparing in CO_2 per kg product verhogen.

Verkenning van pyrolyse en devulkanisatie

Parallel aan de multi-cyclus analyse zijn ook optimalisaties door inzet van devulkanisatie en pyrolyse beoordeeld. Dit is gebeurd op basis van een analyse van deze processen op de huidige schaal en voor de toepassing voor autobanden.

Hiervoor is gerekend met een nominale input van 60 mln kg autobanden en een langzame verschuiving in de tijd van product hergebruik (reuse loopt terug tot 10% in 2050) naar chemical recycling (25% pyrolyse en 15% devulkanisatie in 2050). Figuur B6.1 laat zien dat de besparing van CO_2 per kg materiaalinput licht verbetert, met name door de bijdrage van devulkanisatie. Ook de recycling efficiency, het beschikbaar komen van zuivere secundaire grondstoffen, komt op een vergelijkbaar

[14] Zoals beschreven in hoofdstuk 2 is de aanname voor alternatief hergebruik dat dit een CO_2-neutrale toepassing is (eerste cyclus van recycling).

tot iets hoger niveau. Dit niveau kan stijgen als de inzetbaarheid van secundaire grondstoffen uit pyrolyse (rCB en olie) verder geoptimaliseerd wordt.

Figuur B6.1:Berekende ontwikkeling CO_2-footprint voor autobanden (60 kt per jaar) bij een scenario waarin hergebruik geleidelijk wordt vervangen door chemische recycling.

Extrapolatie naar de totale bandensector

Op basis van de verwerkingsgegevens van de overige banden die vanuit VACO beschikbaar zijn (zie ook rapport, tabel 6) zijn de berekeningen voor de gehele sector toegepast. Daarbij is rekening gehouden met de omvang van de loopvlakvernieuwing voor met name vrachtwagenbanden. Deze extrapolatie leidt er toe dat op dit moment **ongeveer 160 miljoen kg $CO_{2\text{-eq}}$** aan besparing plaatsvindt voor de bandensector.

Bijlage 7: Vormen van recycling en reclaiming

Mechanisch recyclen
Door te snijden kunnen rubberproducten tot deeltjes van een paar centimeter worden terug gebracht. Over het algemeen is dit daarom slechts een voorbereidende verkleiningsstap. De apparatuur die wordt gebruikt voor het verder verkleinen van deze rubberen onderdelen zijn vaak hydraulische of mechanische messen. Zodra deze messen bot worden, is het materiaal niet langer puur gesneden, maar ook gescheurd of afgeschoven. Kleinere deeltjesgroottes kunnen worden bereikt door het versnipperen van het materiaal (ca. 5x5 cm) met tegengesteld draaiende overlappende messen, gevolgd door een verdere verkleining van de granulatoren of hamermolens tot een grootte van 2 mm. Om de grootte van rubbergranulaat verder te verkleinen worden vaak schijven gebruikt. De uiteindelijke deeltjesgrootte, die hierin kan worden bereikt, is 500 µm tot 1 mm. Wanneer water als koelmedium wordt gebruikt, kan de uiteindelijke deeltjesgrootte zelfs 250 µm of minder worden. Het nadeel van dit proces is een hoog energieverbruik.

Solid-state shear extrusie (SSSE) wordt beschreven als een mechano-chemische maalproces. De dubbelschroefsextruder die bij deze technologie wordt gebruikt, onderwerpt het rubber aan hoge afschuifkrachten en druk, waardoor het afbreekt en zelfs door het verbreken van een bepaald percentage crosslinks gedeeltelijk wordt gereclaimed.

Impact Grinding is gebaseerd op botsingen tussen rubberdeeltjes of tussen rubberdeeltjes en onderdelen van de maalapparatuur. De deeltjes moeten een hoge kinetische energie hebben waardoor die tijdens de botsingen uiteenvallen; dit wordt bereikt door acceleratie tot een zeer hoge snelheid in het apparaat.

Vermalen tot poeders (Cryogeen granuleren)
Een algemeen probleem van deze maaltechnologieën is de opbouw van warmte in het rubber. De deeltjes hebben de neiging opnieuw te agglomereren als de temperatuur toeneemt, wat de kwaliteit van het rubber kan verslechteren. Dit probleem kan worden vermeden door gebruik te maken van een geschikt koelmedium, b.v. water (nat malen) of vloeibare stikstof (cryogeen malen). Water kan het impact uitoefenende medium zijn en tegelijkertijd de thermische energie uit de rubberdeeltjes afvoeren. Als het rubber door vloeibare gassen wordt afgekoeld tot een temperatuur in of onder het glasovergangsgebied kan het materiaal efficiënt worden vermalen door impact.

Het voordeel van de cryogene technologie is de mogelijkheid om een zeer fijn poeder, in de orde van 70-200 µm, zonder enige temperatuurstress te verkrijgen. Echter, cryogeen gemalen poeder heeft een gladder oppervlak dan omgevingsgemalen materiaal en hierdoor kan cryogeen gemalen rubber zich moeilijker binden aan het polymeer wanneer het wordt gemengd met een nieuwe

rubbersamenstelling. Om dit te bereiken dient het geactiveerd te worden. Daarnaast kan rubber nog met waterstraal (water-jet) verkleind worden tot rubberpoeder.

Chemische recycling - terugwinning van basischemicaliën (o.a. Pyrolyse)

Er zijn verschillende processen ontwikkeld om de basischemicaliën terug te winnen uit gevulkaniseerd rubber. Bij deze processen wordt het polymeer gekraakt tot chemische verbindingen met een laag molecuulgewicht. Het bekendste en meest gebruikte back-to-feedstock-proces is pyrolyse.

Pyrolyse is de thermische afbraak in een zuurstofvrije atmosfeer bij 400-800°C. Hogere temperaturen leveren producten met een lager molecuulgewicht op. De thermische efficiëntie van dit proces is ongeveer 70%, maar kan indien nodig worden verhoogd tot 90% of meer als de restpyrolyseproducten (olie en gas) worden gebruikt als brandstof. De belangrijkste output van het pyrolyseproces is rCB, oftewel 'recovered carbon black'. Dit materiaal is een alternatief en mogelijke vervanger van de vulstof roet (carbon black) in rubber compounds.

Pyrolyse van autobanden wordt gedaan in Europa. Ook in Nederland lopen er nu initiatieven om plants op grotere schaal (> 5 kt/jaar) operationeel te krijgen.

Devulkanisatie van autobanden is in opkomst[15], maar nog in een pilot stadium zoals beschreven in par. 3.4. Een verdere beschrijving is opgenomen in par. 4.2.

Energieterugwinning

Slechts een fractie van de energie die wordt verbruikt tijdens de productie van een rubberartikel kan worden teruggevorderd. De energie-inhoud van end-of-life banden is echter wel vergelijkbaar met de energie-inhoud van gangbare energiebronnen: de energiegehalte van banden bedraagt 30 kJ/kg, terwijl olie 44 kJ/kg en steenkool 28-32 kJ/kg bevat. Daarom kunnen banden andere brandstoffen voor energieopwekking vervangen, wat uiteindelijk ook één milieuverantwoorde manier is om het aantal gebruikte banden te verminderen.

Het verbranden van banden om energie op te wekken is een bekende techniek en wordt in Europa nog gebruikt. In Groot-Brittannië en Zweden zijn nog energiecentrales (gebouwd periode 1990-2000) te vinden die banden als brandstof gebruiken. Een belangrijke nadeel van dit proces zijn de hoge kosten van de geproduceerde energie vergeleken met andere typen energiecentrales en de hoge emissie-eisen. Bijstoken van rubber komt nog beperkt oor in de metaal-, papier- en rubberverwerkende industrie.

Thermische verwerking in cementindustrie

Banden werden in Europa tot enkele jaren geleden veel gebruik in de

[15] Devulkanisatie van autobanden is beschreven door H.van Hoek, "Closing the Loop: Reuse of Devulcanized Rubber in New Tires", 24 juni 2022. Nu vindt gedeeltelijke opschaling tot pilot-schaal plaats bij Windesheim HBO in Zwolle.

cementindustrie. Door de aangescherpte emissie-eisen in de EU is bijstoken veel minder mogelijk. Buiten de EU (o.a. Turkije, Marokko) worden banden gebruikt als brandstof en toeslag (ijzergehalte en vulstof) voor de cementindustrie. Nederland heeft geen cementoven meer. Nederlandse banden van het RecyBEM systeem komen nog voor circa 1% via export in een cementoven. Dit zijn vaak de banden die om specifieke redenen (coatings, sterk vervuild) niet gegranuleerd kunnen worden. Banden buiten het RecyBEM systeem (andere dan autobanden)worden deels nog in cementovens toegepast, onder andere banden van mindere kwaliteit materiaal.

Oppervlakte-activering
Rubberpoeder wordt voornamelijk gebruikt in rubberproducten van lage kwaliteit en in mengsels met thermoplastische materialen vanwege de lage vernettingsactiviteit van het oppervlak. Er zijn verschillende processen ontwikkeld om de hechtsterkte met andere rubberpoederdeeltjes of met een omringende matrix te vergroten. Deze activeringsprocessen kunnen in 2 groepen worden verdeeld:

- Activering door toevoeging van chemicaliën;
- Mechanische of fysieke activering.

Activering door toevoeging van chemicaliën
De meest gebruikelijke manier van chemische activering is de behandeling van de rubberpoeder met een vernetbaar polymeer (latex of laag molecuulgewicht polymeer) en een vulkanisatiesysteem. Wanneer rubberpoeder in een vluchtig oplosmiddel is opgezwollen kunnen andere additieven door de rubber deeltjes worden geadsorbeerd. Deze additieven kunnen functionele groepen bevatten, die verbinding maken met het polymeer en de verknopingsreactiviteit van het rubber poeder verhogen.
Een andere methode is het halogeneren van rubberpoeder met bijvoorbeeld chloor, om de polariteit van het oppervlak van het rubberpoeder te vergroten. Dit verhoogt de compatibiliteit, in het bijzonder met polaire polymeren zoals polyurethaan. Een verder effect is een toename van de concentratie van dubbele bindingen aan het oppervlak van het poeder, waardoor de crosslinkingefficiëntie wordt verbeterd.

De oppervlaktepolariteit van de rubberpoeders kan ook worden gewijzigd met behulp van plasmabehandelingen in een zuurstof-, waterstof- of ammoniakatmosfeer. Aanpassing van de oppervlaktepolariteit maakt rubberpoeder beter compatibel met thermoplastische en andere polymere materialen.

Mechanische of fysieke activering
Mechanische oppervlakteactivering van rubberpoeders kan worden bereikt door hoge schuifkrachten, b.v. door het materiaal op een wals met een kleine tussenruimte te malen (tot 0,1 mm). Andere mogelijkheden voor de mechanische behandeling zijn frezen, intern mengen of extrusie. De toevoeging van reactieve verbindingen kan de efficiëntie van de mechanische oppervlakteactivering verhogen. Er kunnen versnellers aan worden toegevoegd die reageren met de zeer reactieve zwavelgroepen die tijdens de activering worden gegenereerd of peroxides om dubbele bindingen aan het oppervlak van het rubber poeder te activeren.

Reclaiming: 5 processen
Polymeren kunnen in twee groepen worden verdeeld: thermoplastische materialen en thermohardende materialen. Thermoplastische kunststoffen worden zachter bij verhitting, waardoor ze bij hogere temperaturen kunnen worden hervormd. Thermohardende materialen, zoals rubbers, worden bij verhitting verknoopt/gecrosslinkt en kunnen daarom niet zachter worden of opnieuw worden gemodelleerd door de temperatuur te verhogen. Daarom zijn thermoharders moeilijker te recyclen in vergelijking met thermoplasten. Om het materiaal (her)verwerkbaar te maken moet het driedimensionale netwerk worden afgebroken: het zogenaamde reclaimingsproces. Bij dit proces worden de (doorgaans) zwavelverknopingen die de polymeerketens verbinden, of koolstof-koolstofbindingen in de polymeerhoofdketen verbroken. Het eerste mechanisme heeft de voorkeur, omdat de ruggengraat van het polymeer intact blijft. Verbreking van verbindingen kan worden verkregen door hitte, afschuiving of chemische reacties. In principe kunnen processen waarbij het rubbernetwerk wordt afgebroken worden ingedeeld in vijf hoofdgroepen:

- Thermische reclaiming;
- Thermo-mechanische reclaiming;
- Mechanisch-chemische reclaiming;
- Reclaiming door straling;
- Microbiële reclaiming.

In de praktijk worden veelal combinaties van thermische en mechanische reclaiming toegepast, waarbij in sommige gevallen een reclaimingshulpmiddel voor chemische reclaiming wordt toegevoegd.

Thermische reclaiming
Voor dit soort processen wordt warmte (vaak gecombineerd met toevoeging van chemicaliën) gebruikt om de zwavelbindingen te verbreken en zo het rubber weer plastisch te maken. Hall patenteerde in 1858 een van de oudste en meest eenvoudige processen in de rubber terugwinningsindustrie, het Heater- of Pan-proces. In dit proces wordt fijngemalen natuurrubberpoeder gemengd met oliën en reclaimingsmiddelen en behandeld met hoge- of middendrukstoom bij temperaturen variërend van 170°C tot 200°C. De reclaimingstijd is lang en de homogeniteit van de reclaim is laag, maar dit proces is in staat een groot aantal polymeren te reclaimen: natuurrubber (NR), styreen-butadieenrubber (SBR), chloropreenrubber (CR), acrylonitrilbutadieenrubber (NBR) en butylrubber (IIR) en de benodigde apparatuur is relatief goedkoop.

Het gebruik van het verwarmings- of panproces werd minder populair, nadat Marks in 1899 het vergister- of alkaliproces patenteerde. De vezels van het rubberschroot, restanten van het karkas van de band, werden eerst verwijderd door deze te mengen met alkali, water, weekmakende oliën en, indien nodig, chemische peptizers. Het mengsel werd verwarmd in een dubbelwandige, met roerder uitgeruste autoclaaf tot 180-210°C. Het belangrijkste nadeel van dit proces is de

vervuiling die door de chemicaliën wordt gegenereerd. Modificaties van dit proces minimaliseerden de vervuiling, maar verhoogden de reactietijd.

Processen met kortere reactietijden zijn bijvoorbeeld het Hoge Druk Stoomproces of het Engelke-proces. In het eerste proces wordt een vezelvrij, grof gemalen rubber materiaal gemengd met reclaimingsmiddelen en het reclaimen gebeurt in een hogedrukautoclaaf bij ongeveer 280°C. In het laatste proces wordt grof gemalen rubberschroot gemengd met weekmakende oliën en peptizers en in kleine autoclaven gedaan. Het materiaal wordt gedurende een korte periode van 15 minuten tot zeer hoge temperaturen verwarmd, waarna het door “refiners” wordt geleid (walsen met zeer smalle openingen) en zeven.

Thermo-mechanische reclaiming
Bij de thermo-mechanische reclaimingsprocessen wordt gebruik gemaakt van afschuifkrachten om het rubber te plastificeren. Er wordt energie in de materialen gebracht, wat resulteert in een aanzienlijke temperatuurstijging, hoog genoeg om thermische degradatie te veroorzaken. Het Lancaster-Banbury-proces is een van de oudste processen. Vezelvrij grof gemalen rubberschroot wordt gemengd met reclaimingssmiddelen en onderworpen aan hoge afschuifkrachten bij hoge snelheid in een hogedruk interne mixer. Als een continu werkende multischroef devulcanisator wordt gebruikt in plaats van de interne mixer, wordt het proces het Ficker reclaimingsproces genoemd.

Een van de eerste continue reclaimingsprocessen is het zogenaamde “Reclaimator process”. Dit is eigenlijk een extruder met één schroef, aangepast om vezelvrij rubberschroot te reclaimen in zeer korte extrusietijden. De korte extrusietijden maken deze methode geschikt voor SBR, dat de neiging heeft uit te harden wanneer langere recyclingtijden worden toegepast.

Een ander mechanisch reclaimingsproces is het De-Link-proces. In dit proces wordt fijngemalen rubberpoeder gemengd met de De-Link masterbatch: een samenstelling van bepaalde chemicaliën. Voordelen van het proces zijn de eenvoud en het feit dat er gebruik wordt gemaakt van standaard rubber apparatuur.

Het Toyota-proces is een andere ontwikkeling op het gebied van mechanische reclaiming. Bij dit proces wordt een mengsel van gemalen rubber, nieuw rubber, oliën en een reclaimingshulpmiddel gekneed op een wals of in een extruder. Het resultaat is een geplasticeerd rubber, klaar voor verdere verwerking. Toyota ontwikkelde een ander continu proces dat verpulvering combineert, met reclaiming en ontgeuring. Het rubberafval moet worden vermalen tot een deeltjesgrootte van minder dan 5 mm voordat het in een extruder kan worden gevoerd met een verpulveringszone en een reactiezone. De bedrijfstemperatuur ligt in het bereik van 100-300°C en schroefsnelheden van100-900 rpm worden toegepast.

Mechanisch-chemische reclaiming

Mengen van het rubberpoeder met een peptizer (chemicaliën die worden gebruikt om de viscositeit van NR te verlagen) en een reclaimingssmiddel voorafgaand aan de mechanische afbraak van de materiaal verbetert het reclaimingsproces. Er wordt aangenomen dat de het reclaimingsmiddel selectief de zwavelverknopingen in het rubbernetwerk verbreekt. Deze chemische afbraak wordt gecombineerd met input van thermische en/of mechanische energie, want de snelheid van dit proces is alleen bij hogere temperaturen voldoende hoog. De gebruikte chemische verbindingen zijn radicalenvangers: ze reageren met de radicalen die gegenereerd worden tijdens het afbraakproces van de polymeerketens en crosslinks en moeten recombinatie van de moleculen voorkomen.

De nadelen van chemische hulpmiddelen zijn de mogelijke toxiciteit van de additieven en de reactieomstandigheden. Deze maken het moeilijk om dit op industriële schaal toe te passen.

Reclaiming door straling

De Goodyear Tire and Rubber Company patenteerde een magnetron devulkanisatieproces van met zwavel gevulkaniseerde rubbers, die polaire groepen of componenten bevatten. Het proces bestaat uit het aanbrengen van een gecontroleerde dosis microgolfenergie met een gespecificeerde frequentie en energieniveau om koolstofzwavel- en zwavel-zwavelbindingen te splitsen, maar onvoldoende om koolstof-koolstofbindingen te splitsen, aangezien deze een ietwat hogere bindingsenergie hebben. Volgens de uitvinder kan gevulkaniseerd rubber zonder depolymerisatie worden gedevulkaniseerd en getransformeerd tot een materiaal dat opnieuw kan worden gecompoundeerd en gevulkaniseerd zonder aanzienlijk verlies van materiaaleigenschappen.

Microbiële reclaiming

Bepaalde bacteriën zijn in staat de zwavel polysulfisdische crosslinks om te zetten naar sulfaat. Deze reactie is beperkt tot een oppervlaktelaag van het rubber met een dikte van minder dan 1 µm en deze oxidatie duurt enkele weken. Het nadeel van deze processen is de lage devulkanisatiesnelheid.

Bijlage 8: EU-Ontbossingsverordening

EU Deforestation Regulation (EU 2023/1115)
De Europese Verordening over ontbossing en bosdegradatie (EUDR) is op 29 juni 2023 in werking getreden. De Verordening over ontbossing stelt de betrokken marktdeelnemers voor de uitdaging om hun Product Compliance Systemen zo in te richten dat ze de ontbossingsvrije status van hun producten door de hele toeleveringsketen in documentvorm kunnen garanderen. Vanaf begin 2025 mogen de relevante producten, waaronder de GN-codes die natuurrubber bevatten, in Europa alleen dan legaal worden verhandeld of uit de EU worden uitgevoerd als ze ontbossingsvrij zijn geproduceerd en als de wetten van het land van herkomst zijn nageleefd.

Betrokken bedrijven onder de EUDR zijn alle bedrijven die relevante producten binnen de EU in de handel brengen, ter beschikking stellen of uit de EU uitvoeren. Ze worden als “marktdeelnemers” beschouwd, voor wie het volledige takenpakket van de Verordening geldt. De Verordening biedt slechts bepaalde versoepelingen voor kleine en middelgrote handelaren in de zin van Richtlijn 2013/34/EU (zogenaamde MKB-detailhandelaren).

Rubberproducten moeten ontbossingsvrij zijn
Essentiële plichten van de betrokken bedrijven onder de EUDR zijn dat relevante producten ontbossingsvrij moeten zijn. Dit betekent onder andere dat er geen ontbossing van bossen naar landbouwgrond is opgetreden op de productielocaties. Bovendien moeten de toepasselijke wetten van het land van herkomst zijn nageleefd. Dit omvat niet alleen wetten op bos- en natuurbescherming, maar ook arbeidsrechten, mensenrechten, rechten van inheemse volkeren en lokale anti-corruptiewetten.

Documentatie van de keten
Om aan deze vereisten te voldoen, eist de EUDR van alle marktdeelnemers in de toeleveringsketen een uitgebreide documentatie van de relevante informatie die de naleving van de voorschriften van de Verordening bewijst (bijv. geo-lokalisatie-gegevens van productiebedrijven), de uitvoering van een risicobeoordeling voor elk betrokken product en de elektronische indiening van een zorgvuldigheidsverklaring bij de bevoegde autoriteiten. De marktdeelnemers moeten dus proactief vaststellen en documenteren dat het risico van een overtreding van de EUDR niet bestaat of in ieder geval verwaarloosbaar is. Daarvoor moeten zij regelmatig informatie verzamelen en beschikbaar houden over het product, het land van herkomst, de specifieke productielocaties en de hele toeleveringsketen. De benodigde inspanning hiervoor wordt grotendeels bepaald door het landen benchmarkingsysteem van de Europese Commissie. De Europese Commissie zal landen tot 31 december 2024 in bepaalde risicocategorieën indelen. Afhankelijk van de risiconiveau gelden strengere eisen voor de risicobeoordeling die door de marktdeelnemers per product moeten worden uitgevoerd.

Boetes en terugroeping
De gevolgen bij overtreding van de EUDR kan resulteren in boetes voor bedrijven van maximaal 4% van hun jaarlijkse omzet. Bovendien kunnen de bevoegde nationale toezichthoudende autoriteiten niet alleen de verkoop van niet-conforme relevante producten verbieden, maar ook de terugname van de markt en het terugroepen van deze producten van de eindgebruikers afdwingen.

Bandenindustrie moet tracering implementeren
De ETRMA bedrijven hebben diverse pilotstudies uitgevoerd naar traceerbaarheid en duurzaamheid van natuurrubber. Dit is een van de moeilijkste onderdelen van de implementatie van de wetgeving. De industrie zou de voorbeelden uit de soja-industrie willen kunnen toepassen qua methodiek. Daar is gewerkt met groepstracering. Dit zou kunnen leiden tot het identificeren van meer geolocaties waar rubber geproduceerd wordt dan werkelijk in gebruik zijn. Zo lang voor al deze locaties een ontbossingsgarantie kan worden gegeven is er wel een correcte naleving van de EUDR.

De industrie wil zo snel mogelijk starten met het opzetten van de systematiek om in ieder geval in 2025 de systematiek voor alle producten in werking te hebben.

Auteurs:
Mr. Drs. Frank Hopstaken
Dr. Ir. Kuno Dijkhuis
Ing. Frank Custers
Richard Groot

Samen maken we duurzaamheid zichtbaar

www.ffact.nl
info@ffact.nl

+31 15 257 6384
+31 6 5383 2456

FFact Mcs B.V.
Het Slot 9
2622 KH Delft

KvK Haaglanden:
18052228

FFact
strategy & implementation