

Potentieel beschikbaar
recyclaat uit post-
consumer textiel



Potentieel beschikbaar recyclaat uit post-consumer textiel

Dit rapport is geschreven door:
Marijn Bijleveld, Nikki Odenhoven

Delft, CE Delft, juli 2024

Publicatienummer: 24.240185.090

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Rijkswaterstaat
Uw kenmerk: 31195842

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Marijn Bijleveld (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

1	Inleiding	3
	1.1 Aanleiding en doel	3
	1.2 Verhouding tot bestaand onderzoek naar recyclebaarheid	3
	1.3 Aanpak	4
	1.4 Afbakening en aannames	5
2	Gegevens en inzichten voor de berekeningen	7
	2.1 Beschikbaarheid: routes voor vrijkomend textiel	7
	2.2 Materiaalstroomanalyse: de cijfers gebruikt in de berekening	8
	2.3 Samenstelling en recycleroutes	11
	2.4 Scenario's	12
3	Resultaten: berekeningen theoretisch beschikbaar recycalaat	14
	3.1 Resultaten basisscenario	14
	3.2 Resultaten conservatief scenario	15
	3.3 Resultaten optimistisch scenario	16
4	Inzichten: Recyclebaarheid van textiel	19
	4.1 Aanvullende bevindingen uit de massastroomanalyse	19
	4.2 Interviews: Inzichten in vezel-tot-vezel-recycling en de praktijk	19
	4.3 Literatuur: technische mogelijkheden per vezeltype en blend	21
	4.4 Milieukundig: non-woven versus vezel-tot-vezel	22
5	Bespreking en conclusies	23
	5.1 Theoretisch beschikbaar aandeel recycalaat	23
	5.2 Haalbaarheid, aanknopingspunten voor beleid:	23
	Literatuurlijst	25
A	Doorrekeningen theoretisch beschikbaar textiel voor vezel-tot-vezelrecycling	26
	A.1 Basisscenario	26
	A.2 Conservatief scenario	27
	A.3 Optimistisch scenario	27
B	Bijlage: Samenvatting van recyclebaarheid per type vezel	28
	B.1 Mono-materialen: materialen met hoge puurheid	28
	B.2 Blends: materialen met gemengde vezelsamenstelling	29



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Het ministerie van I&W is bezig met een nieuw beleidsprogramma voor textiel, dat in het najaar van 2024 zal uitkomen. Om de behoefte aan primaire textielvezels te verminderen, wil het ministerie beter inzicht krijgen in de hoeveelheid textielvezels die vezel-tot-vezel gerecycled kunnen worden en in hoeverre de huidige vraag naar textiel in Nederland hiermee kan worden vervuld. Deze inzichten zullen beleidsmakers helpen weloverwogen beslissingen te nemen voor het ‘closing the loop’ in het textielbeleid.

De onderzoeksvraag bij dit project is:

“Welk deel van de Nederlandse textielbehoefte kan worden ingevuld met vezel-tot-vezel gerecycled materiaal, als er geen belemmeringen zijn qua inzameling, sortering naar textielsoort en recyclingcapaciteit?”

1.2 Verhouding tot bestaand onderzoek naar recyclebaarheid

In dit beknopte project poogt CE Delft antwoord te geven op de onderzoeksvraag op basis van bestaande kennis en gegevens. Twee bestaande studies zijn daarbij van groot belang. De inzichten en diepgang van deze studies zijn zeer relevant voor de beleidsmakers bij het vormgeven van textielbeleid voor Nederland. Wij maken gebruik van data uit (onder andere) deze studies voor onze berekeningen. De studies sluiten grotendeels aan bij de inzichten die we via interviews verkregen. Enkele belangrijke inzichten benoemen we in het rapport, maar herhalen niet alle inzichten en conclusies. We raden aan om deze studies door te lezen bij het vormgeven van het Nederlandse textielbeleid.

1. ‘Sorting for circularity Europe’ (Fashion For Good & Circle Economy, 2022).

Deze studie bepaalt welke fractie van ingezameld textiel geschikt is voor recycling (mechanisch en/of chemisch), en wat daarvan de samenstelling is. Het betreft een internationaal onderzoek op basis van zes Europese landen. Naast materiaalstroomanalyse bevat het ook onderzoek naar *businesscases* en het afstemmen van vraag en aanbod. Het voorliggende onderzoek door CE Delft is een verdere specificering voor het textiel op alleen de Nederlandse markt, met ook aandacht voor textiel dat nu nog niet gescheiden wordt ingezameld.

2. Het werk rondom textielrecycling en circulariteit van de WUR. Met name deze twee rapporten:

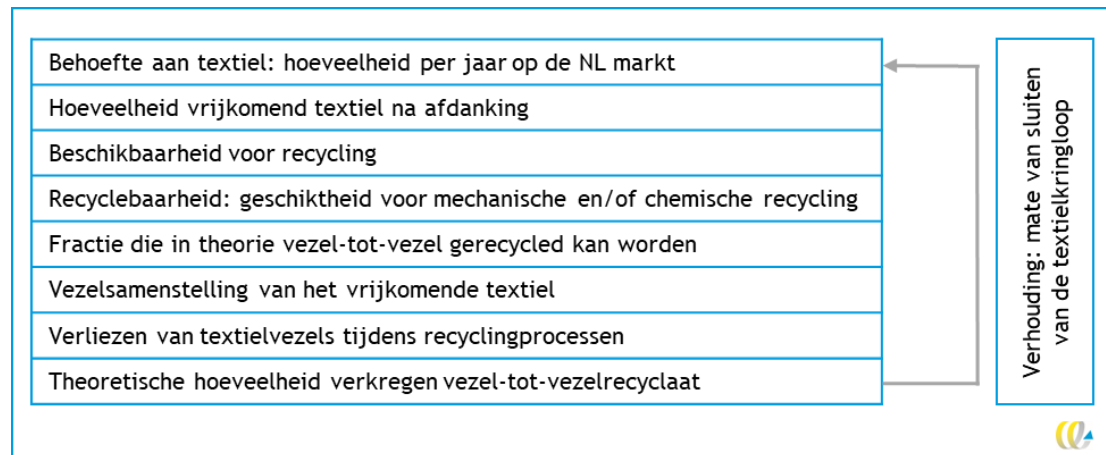
1. Harmsen, P., & Bos, H. (2020). [Textiles for circular fashion: Part 1: Fibre resources and recycling options](#) (Groene grondstoffen). Wageningen Food & Biobased Research.
2. Harmsen, P., Scheffer, M., & Bos, H. (2021). [Textiles for Circular Fashion: The Logic behind Recycling Options](#) *Sustainability*, 13(17), 9714.

1.3 Aanpak

Theoretisch onderzoek: materiaalstroomanalyse

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden voeren we materiaalstroomanalyse uit. De onderstaande gegevens zijn daarvoor opgezocht:

Figuur 1 - Gegevens benodigd voor berekening



Samen met informatie over geschiktheid voor vezel-tot-vezel-recycling berekenen we daarmee het resultaat: het theoretisch beschikbaar recyclaat in vergelijking met de behoefte aan textiel. Vertrekpunt van het onderzoek is de hoeveelheid textiel die jaarlijks op de markt wordt gebracht en dat vrijkomt na afdanking. Na inzameling, sortering en recycling komt in theorie een behaalde hoeveelheid verkregen vezel-tot-vezel recyclaat. Die hoeveelheid zetten we af tegen de jaarlijkse behoefte aan textiel. Deze verhouding geeft aan in welke mate de textielkringloop in theorie kan worden gesloten, als het technisch en economisch alles optimaal hiervoor is ingericht.

Scenario's

Bij de berekeningen werken we met drie scenario's: een basisscenario, een conservatief scenario en een optimistisch scenario. Deze scenario's hebben een zichtperiode die aansluit bij de doelen en ontwikkelingen conform het nationaal beleid rondom textielrecycling in 2030. In het conservatief scenario zijn de keuzes zodanig dat het leidt tot de minste hoeveelheid recyclaat. Het optimistisch scenario zijn alle keuzes dusdanig dat het leidt tot de meeste hoeveelheid recyclaat. Het basisscenario zit ertussenin en representeert een wat CE Delft betreft de meest realistische keuze gezien de (beleidsmatige en technologische) ontwikkelingen.

Interviews en literatuurstudie

Informatie hebben we verkregen via interviews en literatuurstudie. De volgende geïnterviewde partijen danken we hartelijk voor het delen van inzichten en cijfers: Wieland, KringCoop, Frankenhuis, Wolkat, Modint en Alcon Advies.

1.4 Afbakening en aannames

Dit onderzoek is als volgt afgebakend:

- **De textielsoorten in scope** zijn: consumententextiel (kleding), huishoudelijk textiel (bedlinnen, badtextiel en gordijnen), bedrijfs/werkkleding. Buiten scope zijn schoenen, matrassen, dekbedden en kussens. Deze afbakening sluit aan bij het UPV-textiel (Ministerie van I&W, 2023).
- Vrijkomend textiel betreft **post-consumer textiel uit Nederland**. Buiten scope zijn recylaat uit andere bronnen (zoals PET-flessen) en textiel afkomstig uit het buitenland¹. Verschuiving van materiaal tussen verschillende sectoren en landen, wat in de praktijk wel het geval is, wordt dus niet meegenomen in deze theoretische analyse.
- De nadruk ligt op **vezel-tot-vezel-toepassingen** van textiel, omdat de analyse gericht is op het sluiten van de textielkringloop. Eindpunt is verkregen vezels of feedstock waaruit garen kan worden gesponnen, al dan niet met bijmenging van primaire vezels. Eventuele materiaalverliezen tijdens het spinnen zelf valt buiten de scope.
- **Onverkocht textiel valt buiten de scope** omdat het recyclen van dit textiel volgens Europese wetgeving niet is toegestaan. Specifiek verbiedt het Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)² het vernietigen van onverkocht textiel. Binnen deze regeling wordt recycling ook beschouwd als vernietiging³. Deze wetgeving geldt voor grote bedrijven vanaf 2026. In het rapport geven we echter wel aan hoe de resultaten in het optimistische scenario zouden veranderen als het recyclen van onverkocht textiel wel toegestaan zou zijn⁴, omdat o.a. EuRIC, een vertegenwoordiger van Europese recycling partijen, hiervoor pleit⁵.

Verder hanteren we in deze theoretische studie de volgende uitgangspunten:

- **Herdraagbaarheid gaat voor recycling**, conform de R-ladder. Ofwel: producthergebruik gaat voor materiaalhergebruik. Na inzameling wordt eerst het herdraagbaar textiel eruit gesorteerd.
- **Inzameling en sortering van textiel gebeurt optimaal**. Ook het materiaal dat nu in het restafval belandt wordt beoordeeld op herdraagbaarheid en recyclebaarheid. Er vindt geen vervuiling plaats tijdens de inzameling door externe factoren⁶.
- Textiel wordt gerecycled met momenteel **bestaande bewezen recyclingtechnieken**, mechanisch en chemisch, maar deze hoeven nog niet opgeschaald te zijn. Mechanische recycling betreft het vervezelen van textiel, waarna het weer gesponnen wordt. Thermo-mechanische recycling omvat het omsmelten of oplossen tot hun oorspronkelijke polymeer (fysieke recycling). Chemische recycling bestaat uit het chemisch afbreken van polymeren en deze terugbrengen tot bouwstenen/monomeren.

¹ In de praktijk zou Nederland *post-consumer* textiel kunnen importeren om (hier) te recylen.

² [The destruction of returned and unsold textiles in Europe's circular economy – European Environment Agency \(europa.eu\)](https://europeanenvironmentagency.europa.eu)

³ De EU wil voorkomen dat merken overproduceren en vervolgens overtollige voorraden vernietigen, zelfs als dit voor recycling is, omdat recycling energie kan vergen en de kwaliteit van de grondstoffen kan verminderen.

⁴ In een gezamenlijke verklaring pleiten een aantal partijen in de textielketen om recycling niet onder vernietiging te laten vallen, zie ook: www.eurocommerce.eu/app/uploads/2023/10/joint-statement-on-destruction-of-unsold-goods-policyhub-fesi-ebca-eurocommerce-29-sept.pdf

⁵ [EuRIC Press Release Ecodesign Agreement 05122023.pdf](https://eu-ric.eu/press-release/ecodesign-agreement-05122023.pdf)

⁶ Bij inzameling raakt textiel nu regelmatig vervuild of nat. Zo kunnen ondergrondse containers vollopen met (regen/grond)water. Ook gooien mensen niet-textiele materialen en soms restafval in textielinzamelcontainers, waardoor het vervuild raakt.



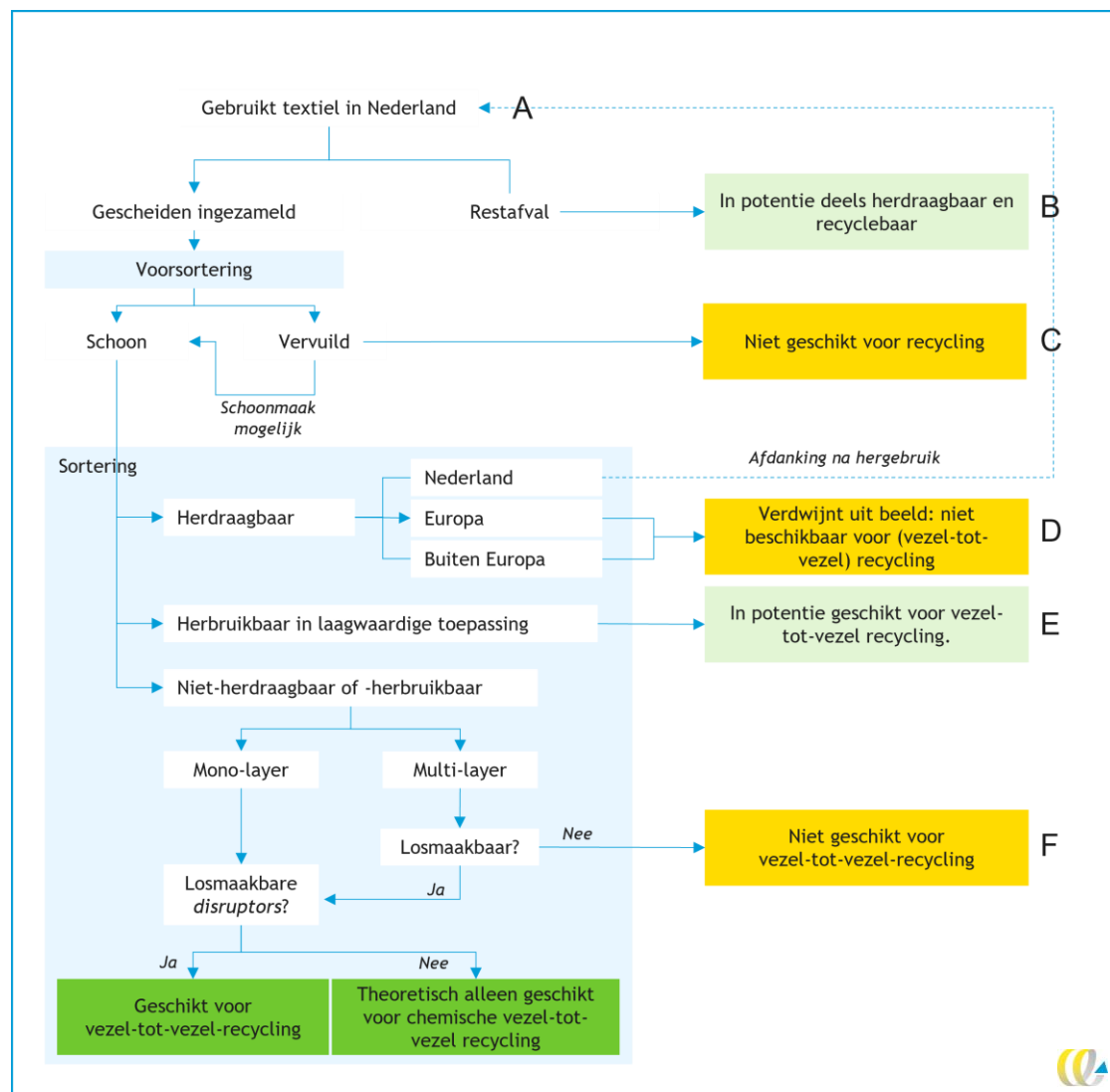
- **Recycling kan in andere landen plaatsvinden.** We gaan ervan uit dat de recyclaten daarna kunnen worden ingezet in textiel dat geschikt is voor de Nederlandse markt. In de praktijk is textiel een wereldmarkt, en het is aannemelijk dat recycling grotendeels in het buitenland plaatsvindt en dat de gerecyclede textielproducten vervolgens

2 Gegevens en inzichten voor de berekeningen

2.1 Beschikbaarheid: routes voor vrijkomend textiel

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de bestaande verwerkingsroutes voor afgedankt textiel in Nederland en schetst zo het kader voor textielrecycling. Momenteel is een deel in theorie geschikt voor vezel-tot-vezelrecycling. Een deel zal met ideale inzameling en sortering wel beschikbaar komen voor vezel-tot-vezelrecycling. Sommige fracties zullen niet beschikbaar of geschikt zijn voor recycling. Op de volgende pagina lichten we dit toe, met cijfers.

Figuur 2 - Schema potentieel beschikbaar textiel voor vezel-tot-vezel-recycling



2.2 Materiaalstroomanalyse: de cijfers gebruikt in de berekening

Dit hoofdstuk geeft uitleg bij de cijfers die we gebruiken in de berekeningen. Daarbij is het goed om te realiseren dat het gaat om een momentopname. Cijfers kunnen jaarlijks fluctueren en kunnen onzekerheden bevatten. De onzekerheid benoemen we en wordt deels in scenario's ondervangen. De letters van elke paragraaf verwijzen naar de stappen in het voorgaand schema (Figuur 2).

A. Startpunt: gebruikt textiel in Nederland

De hoeveelheden textiel die in een jaar op de markt zijn gebracht (input) en later weer vrijkomen (output) zijn overgenomen uit 'Monitoring beleidsprogramma circulair textiel - Nulmeting peiljaar 2018' (Royal HaskoningDHV, 2021). De hoeveelheid gescheiden ingezameld textiel (output) is gebaseerd op de cijfers in Tabel 6 van dit rapport. We merken op dat er in een jaar meer of minder kan vrijkomen dan er nieuw op de markt werd gezet.

De monitoring omvat ook textiel dat onverkocht blijft en vernietigd wordt. Dit materiaal zou idealiter alsnog verkocht en gebruikt worden.

Tabel 1 - Input en output van textiel op de Nederlandse markt, volgens 'Monitoring beleidsprogramma circulair textiel - Nulmeting peiljaar 2018'

Textielstroom Nederland		Hoeveelheid (ton)
Input	Verkocht op de Nederlandse markt	341.000
	Onverkocht en vernietigd textiel	21.000
Output	Post-consumer textiel: Naar restafval	214.000
	Post-consumer textiel: Gescheiden ingezameld	127.000

Bron: (Royal HaskoningDHV, 2021)

De vezelsamenstelling van het textiel op de Nederlandse markt (Tabel 2) is gebaseerd op informatie gerapporteerd in (Royal HaskoningDHV, 2021). Het is een combinatie van informatie over textieltypen op de Nederlandse markt, vezelsamenstelling per textieltype⁷ en informatie over duurzaam geproduceerde en gerecyclede materialen. Er is geen informatie beschikbaar van blendsamenstelling van op de markt gebracht textiel.

Tabel 2 - Aandeel per vezeltype van nieuw textiel op de Nederlandse markt

Vezeltype	Variant	Aandeel vezel op de Nederlandse markt
Katoen	Conventioneel	53,5%
Katoen	Biologisch	5,0%
Katoen	Mechanisch gerecycled	0,5%
Polyester	Conventioneel	26,5%
Polyester	Mechanisch gerecycled	0,5%
Polyamide	Conventioneel	5,0%
Elastaan	Conventioneel	1,0%
Viscose	Conventioneel	7,0%
Wol	Conventioneel	1,0%
Totaal		100%

⁷ Op zijn beurt is deze informatie afkomstig van Textile Exchange en de SER.



B. Textiel in restafval: in potentie deels herdraagbaar en recyclebaar

Niet al het afgedankte textiel wordt gescheiden ingezameld. Een deel belandt in het restafval. In de sorteeranalyses huishoudelijk restafval staat: “Van het textiel (exclusief schoeisel) was 55% mogelijk herdraagbaar of recyclebaar” (Rijkswaterstaat, 2022). Van het textiel dat nu in het restafval belandt, doordat de consument het niet gescheiden inlevert, is dus 55% nog in potentie geschikt. Dit is een onzekerheid: we weten niet wat de oorzaken zijn dat een deel niet geschikt is, wat hier eventueel aan gedaan kan worden en of dit fluctueert. We houden de verdeling echter statisch in de berekeningen, dus 55% in potentie geschikt voor recycling in alle scenario's. Dit is gedaan juist vanwege de onzekerheid en om een conservatieve benadering aan te houden.

Verder is er een aanname nodig voor de verdeling herdraagbaar versus recyclebaar: het deel dat herdraagbaar is wordt eerst uitgesorteerd, waarna de rest beschikbaar is voor recycling. In het basisscenario gaan we uit van 25% herdraagbaar, maar met het rekenmodel rekenen we ook lagere percentages door. Immers, men gooit het textiel misschien weg omdat het kapot is.

C. Gescheiden ingezameld vervuild textiel: niet geschikt voor recycling

De gescheiden ingezamelde stroom wordt gesorteerd. Tijdens de sortering blijkt een deel van het textiel te vervuild voor recycling. Volgens de brancheorganisatie voor de textielherwinningsindustrie (VHT) was 12,9% van het ingezamelde textiel vervuild in 2018 (VANG Huishoudelijk Afval, 2019). Een analyse van VANG Huishoudelijk Afval (2020) toont aan dat de meeste vervuiling bestond uit textiel-gebonden vervuiling (70-90%) in 2019: vervuild door verf- of olievlekken of nat geworden textiel. De rest betreft textiel-vreemde vervuiling, ofwel spullen die mensen bewust of onbewust in de inzamelbak gooien, zoals PMD, restafval, GFT, etc.

Met het rekenmodel rekenen we de twee uitersten door in scenario's: 70% nog geschikt voor recycling en 90% nog geschikt voor recycling. Dit betekent dat respectievelijk 30% en 10% van de ingezamelde massa bestaat uit niet-textielafval en niet geschikt is voor recycling.

D. Herdraagbaar textiel: niet beschikbaar voor recycling

Ongeveer de helft van het gescheiden ingezamelde textiel is herdraagbaar en wordt vooral aan partijen in het buitenland verkocht (Harmsen et al., 2021) en (Fashion For Good & Circle Economy, 2022). Ook de cijfers in de monitoring komen uit op 50% (Royal HaskoningDHV, 2021). Dit wordt onderschreven door de geïnterviewde sorteerders en recyclers. Herdraagbaar textiel behoudt zijn oorspronkelijke functie. Hergebruik gaat voor recycling, zowel op de R-ladder als vanuit verkooppoogpunt. Uit de interviews blijkt dat ten minste 40% van het gesorteerde textiel als tweedehands moet worden verkocht om rendabel te blijven. Steeds minder textiel is echter geschikt voor verkoop vanwege de afname van kwaliteit door de opkomst van *fast fashion* (CPB, 2019).

E. Herbruikbaar textiel: in potentie geschikt voor recycling

Herbruikbaar textiel verliest zijn oorspronkelijke functie en wordt laagwaardig ingezet, zoals een katoenen shirts die als poetsdoeken worden verkocht. Dit type textiel wordt ook wel ‘ondersoorten’ genoemd. Herbruikbaar concurreert met recycling: of het als ondersoort wordt verkocht of wordt gerecycled hangt af wat afnemers ervoor betalen. Of textiel herdraagbaar of herbruikbaar is wordt bepaald door de kwaliteit en de vraag naar kledingstukken.

F. Multi-layer textiel: niet geschikt voor recycling

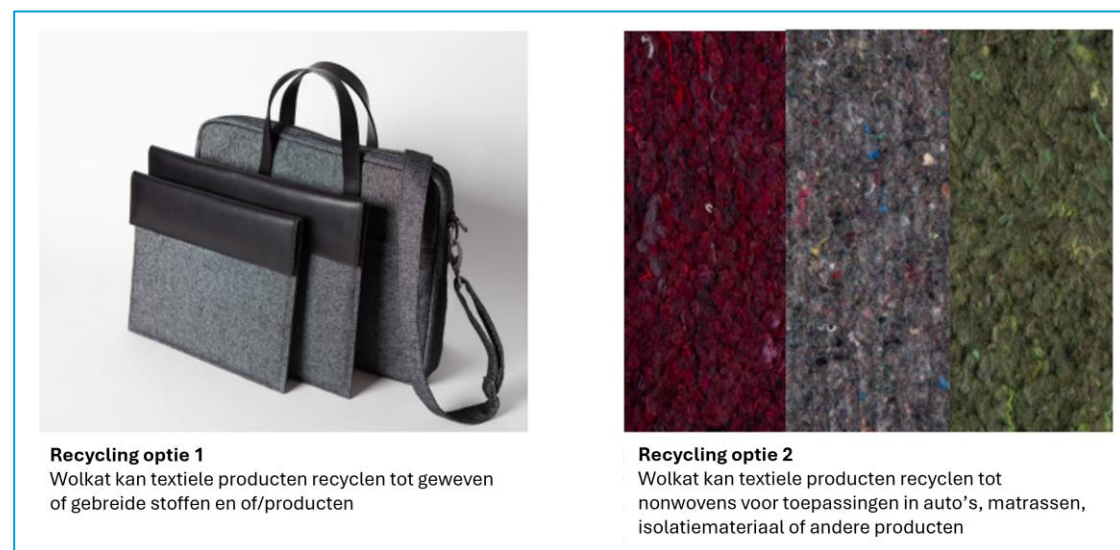
Uit de interviews blijkt dat enkel mono-layer textiel geschikt is voor vezel-tot-vezel-recycling. Multi-layer textiel zijn producten die uit meerdere materialen bestaan. Denk aan jassen met voering, regenjassen of werkbroeken. Multi-layer textiel is op zijn best nog te recycleren tot non-woven vezeldoek, wat als laagwaardiger recycling gezien wordt. Multi-layer textiel is alleen vezel-tot-vezel te recycleren als het (zonder veel moeite) uit elkaar te halen is. Dit wordt onderstreept door (Fashion For Good & Circle Economy, 2022). Op basis van dat rapport rekenen we met:

- mono-layer: 93%: geschikt voor vezel-tot-vezelrecycling;
- multi-layer: 7%: niet geschikt voor vezel-tot-vezelrecycling.

We gaan er in de berekeningen van uit dat deze verhouding mono/multi-layer ook toepasbaar op textiel dat met ideale inzameling uit het restafval gehouden wordt.

Het textiel dat geschikt is voor recycling wordt nu meestal **niet vezel-tot-vezel** gerecycled, ook al kan dat technisch wel. De recyclers voorzien ook in een behoefte aan non-woven gerecycled textiel. Van de fractie die na sortering overblijft voor recycling, recyclet Wolkat ongeveer de helft vezel-tot-vezel en spint daar ook garen van⁸. Frankenhuis geeft aan dat technisch vezel-tot-vezel-recycling zeker kan, maar momenteel voornamelijk tot non-woven textiel recyclet omdat daar vraag naar is. In Hoofdstuk 3 gaan we nader in op de inzichten over vezel-tot-vezelrecycling uit interviews en literatuur en wat de randvoorwaarden zijn voor grootschalige vezel-tot-vezelrecycling.

Figuur 3 - Gerecycled textiel door Wolkat



Bron: Factsheet textielrecyclingroutes Wolkat

⁸ Bron: www.wolkat.com/ Kopje: 'Proces

2.3 Samenstelling en recycleroutes

Om te bepalen wat de opbrengst aan gerecycled materiaal is, hebben we informatie opgezocht en nagevraagd over:

- de vezelsamenstelling van het gesorteerde textiel;
- de mogelijkheden voor type recycling (chemisch en/of mechanisch);
- verliezen van materiaal tijdens recyclingprocessen.

Geavanceerde sorteertechnologieën zoals de Fibresort-techniek kunnen met NIR-infrarood textiel sorteren op basis van vezeltype, kleur en blend. De samenstelling van gesorteerd textiel is onderzocht in het rapport 'Sorting for Circularity Europe' (Fashion For Good & Circle Economy, 2022). De resultaten hebben we overgenomen in Tabel 3. In de tabel is een uitsplitsing te zien naar textiel met en zonder verstoringselementen: toevoegingen aan het textielproduct die verstoring werken voor het recyclingproces, zoals ritsen, knopen, pailletten, glitters, coatings en patches. In de basis zijn alle geweven en gebreide textielproducten recyclebaar, maar als verstoringselementen niet verwijderd kunnen worden dan kan dit het mechanische en chemische recyclingproces compliceren. Volgens het rapport is chemische recycling minder gevoelig voor deze verstoringselementen, maar dit strookt niet met de ervaringen van de recycleraars die we hebben geïnterviewd. Zij geven aan dat chemische recycling in de praktijk wel gevoelig is voor niet-verwijderbare verstoringselementen.

In de tweede kolom geven we aan welk type recycling in principe van toepassing is op de materiaalstroom, als er geen verstoringselementen op zouden zitten. Het is te zien dat, volgens Fashion For Good and Circle Economy (2022) bijna de helft van het textiel niet-verwijderbare verstoringselementen bevat (48%), waardoor mechanische en chemische recycling niet meer mogelijk is.

Tabel 3 - Percentuele vezelsamenstelling van vrijgekomen gesorteerd textiel geschikt voor recycling, gesorteerd naar type verstoringselement (totaal = 100% van de hoeveelheid).

Vezelsamenstelling (groepen)	Geschikt voor vezel-tot- vezelrecycling via (C=chemisch; M=mechanisch)	Zonder verstoringselementen	Met verwijderbare verstoringselementen	Met niet-verwijderbare verstoringselementen - ongeschikt voor mechanische en chemische vezel-tot- vezelrecycling
Katoen, 100%: in basis naar mechanisch	C & M	13%	8%	0%
Katoen, 100%: in basis naar chemisch	C & M	4%	3%	26%
Polyester, 100%	C & M	4%	2%	8%
Viscose, 100%	C & M	2%	1%	2%
Acryl, 100%	C & M	3%	1%	0%
Wol, 100%	M	1%	1%	0%
Poly-katoen blends	C & M	3%	3%	10%
Katoenrijke blends, excl. Poly-katoen	M	1%	0%	0%
Polyesterrijke blends	C & M	1%	1%	2%
Wolrijke blends	M	0%	0%	0%
Totaal (=100% van vrijgekomen textiel)		32%	20%	48%

In het rekenmodel variëren we met de recyclingroute:

- **In de basis:** combinatie van mechanische en chemische recycling. In de verdeling zoals weergegeven in Tabel 3, waarbij er geen recycling plaatsvindt van het deel textiel dat niet-verwijderbare verstoringselementen bevat.
- **Conservatief scenario:** alleen mechanische recycling.
- **Optimistisch scenario:** combinatie van mechanische en chemische recycling. In de verdeling zoals weergegeven in Tabel 3, waarbij er wel chemische recycling plaatsvindt van het deel textiel dat niet-verwijderbare verstoringselementen bevat.

Het conservatieve scenario komt voort uit dat chemische recyclingstechnieken nog moeten worden doorontwikkeld om op grote schaal toepasbaar te zijn. Ook is het een aanname van (Fashion For Good & Circle Economy, 2022) dat deze technieken inderdaad verstorings-elementen aankunnen. In het basisscenario nemen we aan dat chemische recyclingstechnieken wel zijn doorontwikkeld, maar geen niet-verwijderbare verstorings-elementen aankunnen.

In de berekeningen passen we de samenstelling (Tabel 3) ook toe op het textiel dat nu in het restafval belandt. Dit is een onzekerheid: misschien belandt een bepaald type blend wel vaker in het restafval omdat het sneller kapot gaat. Ook is niet bekend hoe de samenstelling fluctueert in de tijd en of de samenstelling noemenswaardig verschilt tussen landen. De analyse door Fashion For Good & Circle Economy (2022) is gebaseerd op zes EU-landen.

Verlies aan materiaal tijdens recyclingprocessen

Bij het verwijderen van verstorings-elementen gaat textiel verloren. Tijdens het mechanische recyclingproces gaan ook vezels verloren door breuk, en tijdens het chemische recyclingproces gaan vezels verloren door verontreiniging. In de berekeningen gaan we uit van onderstaande cijfers. Dit is een inschatting door Alcon Advies die gestaafd is in interviews met recyclers. Recyclers geven aan dat er een range is voor verwijdering van verstorings-elementen, afhankelijk van het type product en verstorings-elementen. Verliezen kunnen oplopen tot boven 30%, maar daar staan ook producten met relatief weinig verlies tegenover, bijvoorbeeld verwijdering van een enkel label of wat knopen.

Tabel 4 - Textielverliezen tijdens recyclingprocessen

Type textielverlies	Aandeel verlies aan textielvezels
Bij verwijdering van verstorings-elementen, bij alle type recycling, tijdens voorbereiding	15%
Bij mechanische recycling	5%
Bij chemische recycling	5%

2.4 Scenario's

We berekenen drie scenario's, waarin drie aspecten worden gevarieerd. In het conservatief scenario zijn de keuzes zodanig dat het leidt tot de minste hoeveelheid recycalaat. Het optimistisch scenario zijn alle keuzes dusdanig dat het leidt tot de meeste hoeveelheid recycalaat. Het basisscenario zit ertussenin en representeert, een wat CE Delft betreft, de meest realistische keuze gezien de (beleidsmatige en technologische) ontwikkelingen.

Tabel 5 - Invulling van de drie doorgerekende scenario's

Variabel aspect	Conservatief scenario	Optimistisch scenario	Basisscenario
Aandeel herdraagbaar textiel in het restafval	50% 50% herdraagbaar en 50% komt dus beschikbaar voor recycling.	0% Niets is herdraagbaar en komt dus beschikbaar voor recycling.	25% Reden voor keuze: we verwachten dat er relatief weinig herdraagbaar textiel in het restafval zit.
Aandeel textiel-gebonden vervuiling, dat schoongemaakt kan worden of zodanig kan worden ingezameld dat het niet vervuild raakt	70% (ofwel: 30% van de ingezamelde massa is niet-textielafval).	90% (ofwel: 10% van de ingezamelde massa is niet-textielafval).	90% Reden voor keuze: in een ideaal inzamelsysteem komen weinig stoffen (afval) voor.
Recyclingroutes	Alleen mechanische recycling	Mechanische recycling en chemische recycling , waarbij chemische recycling ook het deel textiel verwerkt dat niet-verwijderbare verstorings-elementen bevat.	Mechanische recycling en chemische recycling , waarbij er geen recycling plaatsvindt van het deel textiel dat niet-verwijderbare verstorings-elementen bevat.

3 Resultaten: berekeningen theoretisch beschikbaar recycklaat

3.1 Resultaten basisscenario

Het basisscenario kenmerkt zich als volgt:

Tabel 6 - Aannames basisscenario

Aanname basisscenario	Toelichting
25% betreft herdraagbaar textiel. De rest: 75%, is potentieel beschikbaar voor recycling (gemiddelde aanname)	Momenteel zit in het restafval nog textiel dat in potentie geschikt is voor recycling of hergebruik. In een ideale situatie wordt ook deze hoeveelheid gescheiden ingezameld.
90% betreft textiel ; 10% betreft afval (optimistische aanname)	Een deel van het momenteel gescheiden ingezameld textiel is vervuild of nat. Ook zit er niet-textiel in (afval). In een ideale situatie is al het textiel droog en schoon, of kan het schoongemaakt worden. Er is een aanname nodig over het aandeel textiel versus niet-textiel (afval) in deze fractie.
Mechanische en chemische recycling	Zowel mechanische als chemische recycling zijn technisch en in voldoende capaciteit beschikbaar om de gesorteerde fracties te recycleren, met uitzondering van de fracties met niet-verwijderbare verstoringselementen, die niet gerecycled kunnen worden.

In dit scenario is na sortering 139 kton beschikbaar voor vezel-tot-vezelrecycling. Dit zijn de donkergroene en lichtgroene fracties in Figuur 4. Echter, het deel dat niet-verwijderbare verstoringselementen bevat is niet geschikt voor recycling. Ook treedt er bij het verwijderen van verstoringselementen en tijdens de recyclingprocessen nog verlies op van textiel (zie Paragraaf 2.3). Hierdoor komt het totaal in theorie beschikbare hoeveelheid op **64 kton recycklaat**. Dit is **19% van de behoefte aan textiel**. Figuur 7 in Bijlage A.1 en Tabel 7 tonen de details, op basis van de hoeveelheden, samenstelling (zoals verantwoord in Hoofdstuk 2) en de aannames.

Bij dit scenario merken we op dat een groot deel van het textiel dat wel gesorteerd wordt uiteindelijk toch niet geschikt is voor recycling vanwege de aanwezigheid van niet-verwijderbare verstoringselementen.

Figuur 4 - Basisscenario: gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezelrecycling

Totaal	Geslacht en beschikbaar voor een vorm van recycling				Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik
	Totaal:	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt		
	341.000	41.850	97.396	107.329	94.425

N.B.: Voor een screenshot van de volledige doorrekening, zie Bijlage A.1.



Tabel 7 - Basisscenario: berekende hoeveelheden (indicatief) beschikbaar recycalaat per vezeltype

Type verwerkt textiel(blend)	Gaat bij deze selectie naar	Zonder verstorings-elementen (ton)	Met verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Met niet-verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Totaal (ton)	Dit vermijdt
Katoen, 100%: in basis naar mechanisch	mech.rec.	17.416	9.110	0	26.526	Katoen
Katoen, 100%: in basis naar chemisch	chem. rec.	5.091	3.189	0	8.279	Viscose
Polyester, 100%	chem.rec.	4.823	2.505	0	7.328	Polyester
Viscose, 100%	chem.rec.	2.947	1.139	0	4.086	Viscose
Acryl, 100%	chem.rec.	3.751	1.367	0	5.118	Acryl
Wol, 100%	mech.rec.	1.072	683	0	1.755	Wol
Poly-katoen blends	chem.rec.	4.019	3.189	0	7.208	Blend polyester-katoen
Katoenrijke blends, excl. Poly-katoen	chem.rec.	1.340	456	0	1.795	Blend op katoenbasis
Polyesterrijke blends	chem.rec.	1.340	683	0	2.023	Blend op polyesterbasis
Wolrijke blends	mech.rec.	107	68	0	176	Blend op wolbasis
Totaal verkregen recycalaat		41.906	22.388	0	64.294	

3.2 Resultaten conservatief scenario

Het conservatieve scenario kenmerkt zich door aannames die tezamen de minste hoeveelheid vezel-tot-vezel-recycalaat opleveren.

Tabel 8 - Aannames conservatief scenario

Aanname conservatief scenario	Toelichting
50% betreft herdraagbaar textiel. De rest, 50%, is potentieel beschikbaar voor recycling.	Momenteel zit in het restafval nog textiel dat in potentie geschikt is voor recycling of hergebruik. In een ideale situatie wordt ook deze hoeveelheid gescheiden ingezameld.
70% betreft textiel; 30% betreft afval	Een deel van het momenteel gescheiden ingezameld textiel is vervuild of nat. Ook zit er niet-textiel in (afval). In een ideale situatie is al het textiel droog en schoon, of kan het schoongemaakt worden. Er is een aanname nodig over het aandeel textiel versus niet-textiel (afval) in deze fractie.
Alleen mechanische recycling	Alleen fracties geschikt voor mechanische recycling worden verwerkt. Dit scenario gaat ervan uit dat chemische recycling (op korte termijn) niet grootschalig beschikbaar is.

In dit scenario is na sortering 108 kton beschikbaar voor vezel-tot-vezelrecycling. Dit zijn de donkergroene en lichtgroene fracties in Figuur 5. Echter, het deel dat niet-verwijderbare verstorings-elementen bevat is niet geschikt voor mechanische recycling. Met aftrek van verliezen tijdens voorbereiding en de recyclingprocessen komt het totaal in theorie beschikbare hoeveelheid op **50 kton recycalaat. Dit is 15% van de behoefte aan textiel.**



Tabel 9 en Figuur 8 in Bijlage A.2 tonen de details, op basis van de hoeveelheden, samenstelling (zoals verantwoord in Hoofdstuk 2) en de aannames.

Net als in het basisscenario merken we bij dit scenario op dat een groot deel van het textiel dat wel gesorteerd wordt uiteindelijk toch niet geschikt is voor recycling vanwege de aanwezigheid van niet-verwijderbare verstoringselementen.

Figuur 5 - Conservatief scenario: screenshot van de doorrekening tot gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezelrecycling

Totaal	Geschikt en beschikbaar voor een vorm van recycling				In potentie geschikt, nu niet beschikbaar		Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik
	Totaal:				Ongeschikt		
	341.000	41.850	66.631		108.670		123.850

N.B.: Voor een screenshot van de volledige doorrekening, zie Bijlage A.2.

Tabel 9 - Conservatief scenario: berekende hoeveelheden (indicatief) beschikbaar recycklaat per vezeltype

Type verwerkt textiel(blend)	Gaat bij deze selectie naar	Zonder verstorings-elementen (ton)	Met verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Met niet-verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Totaal (ton)	Dit vermijdt
Katoen, 100%: in basis naar mechanisch	mech.rec.	13.568	7.097	0	20.666	Katoen
Katoen, 100%: in basis naar chemisch	mech.rec.	3.966	2.484	0	6.450	Katoen
Polyester, 100%	mech.rec.	3.757	1.952	0	5.709	Polyester
Viscose, 100%	mech.rec.	2.296	887	0	3.183	Viscose
Acryl, 100%	mech.rec.	2.922	1.065	0	3.987	Acryl
Wol, 100%	mech.rec.	835	532	0	1.367	Wol
Poly-katoen blends	mech.rec.	3.131	2.484	0	5.615	Blend polyester-katoen
Katoenrijke blends, excl. Poly-katoen	mech.rec.	1.044	355	0	1.399	Blend op katoenbasis
Polyesterrijke blends	mech.rec.	1.044	532	0	1.576	Blend op polyesterbasis
Wolrijke blends	mech.rec.	83	53	0	137	Blend op wolbasis
Totaal verkregen recycklaat		32.647	17.442	0	50.089	

3.3 Resultaten optimistisch scenario

Het optimistisch scenario kenmerkt zich door aannames die tezamen de meeste hoeveelheid vezel-tot-vezel-recycklaat opleveren.

Tabel 10 - Aannames optimistisch scenario

Aanname optimistisch scenario	Toelichting
0% betreft herdraagbaar textiel. Al het textiel in het restafval is potentieel beschikbaar voor recycling.	Momenteel zit in het restafval nog textiel dat in potentie geschikt is voor recycling of hergebruik. In een ideale situatie wordt ook deze hoeveelheid gescheiden ingezameld.
90% betreft textiel; 10% betreft afval	Een deel van het momenteel gescheiden ingezameld textiel is vervuild of nat. Ook zit er niet-textiel in (afval). In een ideale situatie is al het textiel droog en schoon, of kan het schoongemaakt worden. Er is een aanname nodig over het aandeel textiel versus niet-textiel (afval) in deze fractie.
Mechanische en chemische recycling	Zowel mechanische als chemische recycling is technisch en in voldoende capaciteit beschikbaar om de gesorteerde fracties te recylen. Fracties met niet-verwijderbare verstoringsselementen kunnen in dit scenario chemisch gerecycled worden.

In dit scenario is na sortering 167 kton beschikbaar voor vezel-tot-vezelrecycling. Dit zijn de donkergroene en lichtgroene fracties in Figuur 6. Bij het verwijderen van verstoringsselementen en tijdens de recyclingprocessen treedt nog verlies op van textiel (zie Paragraaf 2.3). Met aftrek van deze verliezen komt het totaal in theorie beschikbare hoeveelheid op 158 kton recycalaat. Dit is 46% van de behoefte aan textiel. Figuur 9 in Bijlage A.3 en Tabel 12 tonen de details, op basis van de hoeveelheden, samenstelling (zoals verantwoord in Hoofdstuk 2) en de aannames. Als in dit scenario ook onverkocht textiel beschikbaar zou zijn voor recycling, komt het totaal beschikbare hoeveelheid op 176 kton recycalaat. Dit is 52% van de behoefte aan textiel. Echter is het recylen van onverkocht textiel nu niet toegestaan volgens de Europese ESPR omdat dit als vernietiging wordt beschouwd.

Bij dit scenario merken we op dat een aanzienlijk deel van het geproduceerde recycalaat geregenereerd viscose is (ruim een-derde), verkregen via chemische recycling. De verkregen hoeveelheid dekt 16% van de totale textielbehoefte, maar virgin viscosevezels representeren nu naar inschatting zo'n 7% van de textielbehoefte, onder andere omdat viscose momenteel duurder is dan katoen. Dus in het optimistische scenario ontstaat er meer viscose dan er nu vraag naar is. Naast de invulling van de behoefte aan viscose merken we op dat de behoefte naar katoen(rijke) en polyester(rijke) vezels niet volledig vervuld kan worden met het geproduceerde recycalaat. Dit is weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 - Behoeftte aan katoen- en polyestervezels op de Nederlandse markt en het aandeel dat kan worden ingevuld door recycalaat

Type vezel op de NLmarkt	Hoeveelheid o.b.v. monitoring (ton)	Aandeel van deze vezel op de NLmarkt	Verkregen recycalaat	Hoeveelheid (ton)	Deel van de behoefte dat idealiter ingevuld kan worden door recycalaat
Katoenvezel	202.720	59%	katoen of katoenrijk	33.887	17%
Polyestervezel	92.365	27%	polyester of polyesterrijk	52.885	57%



Figuur 6 - Optimistisch scenario: screenshot van de doorrekening tot gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezel-recycling

Totaal	Geschikt en beschikbaar voor een vorm van recycling				In potentie geschikt, nu niet beschikbaar		Niet geschikt voor recycling vanwege hergebruik	
	Totaal:				Ongeschikt			
	341.000	41.850	124.761	109.389	65.000			

N.B.: Voor een screenshot van de volledige doorrekening, zie Bijlage A.3.

Tabel 12 - Optimistisch scenario: berekende hoeveelheden (indicatief) beschikbaar recycalaat per vezeltype

Type verwerkt textiel(blend)	Gaat bij deze selectie naar	Zonder verstorings-elementen (ton)	Met verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Met niet-verwijderbare verstorings-elementen (ton)	Totaal (ton)	Dit vermijdt
Katoen, 100%: in basis naar mechanisch	mech.rec.	20.839	10.900	0	31.739	Katoen
Katoen, 100%: in basis naar chemisch	chem.rec.	6.091	3.815	43.872	53.778	Viscose
Polyester, 100%	chem.rec.	5.771	2.998	12.824	21.592	Polyester
Viscose, 100%	chem.rec.	3.527	1.363	3.712	8.601	Viscose
Acryl, 100%	chem.rec.	4.488	1.635	0	6.123	Acryl
Wol, 100%	mech.rec.	1.282	818	0	2.100	Wol
Poly-katoen blends	chem.rec.	4.809	3.815	16.536	25.160	Blend polyester-katoen
Katoenrijke blends, excl. Poly-katoen	chem.rec.	1.603	545	0	2.148	Blend op katoenbasis
Polyesterrijke blends	chem.rec.	1.603	818	3.712	6.133	Blend op polyesterbasis
Wolrijke blends	mech.rec.	128	82	0	210	Blend op wolbasis
Totaal verkregen recycalaat		50.142	26.788	80.656	157.586	

4 Inzichten: Recyclebaarheid van textiel

Het project is in eerste instantie gericht op het berekenen van de hoeveelheid recyclelaat die theoretisch beschikbaar kan komen. Tijdens de dataverzameling, via de interviews en literatuurstudie, kwamen diverse inzichten op over de recyclebaarheid van textiel. Deze inzichten benoemen we in dit hoofdstuk.

4.1 Aanvullende bevindingen uit de massastroomanalyse

Twee punten zouden interessant zijn om verder na te gaan:

1. Volgens de metingen uit 'Sorting for Circularity Europe' bestaat een groot deel van het textiel uit materiaal van hoge puurheid (79%) en veel minder uit blends (21%). Dit is opvallend, aangezien recyclers stellen dat ze met meer en meer (verschillende) blends te maken krijgen. Met het materiaal van hoge puurheid kan men, qua recyclingtechnieken, nog alle kanten op, mits schoon en beschikbaar voor recycling. Helaas bevat een groot deel hiervan versturende elementen (zie volgende paragraaf).
2. Er is verschil tussen type vezels op de markt volgens de monitoring (Royal HaskoningDHV, 2021) en de metingen (Fashion For Good & Circle Economy, 2022). Er wordt een aanzienlijke aanwezigheid van acryl gedetecteerd in het gescheiden ingezamelde textiel, terwijl in de monitoring acryl niet wordt genoemd als textielvezel op de markt.

4.2 Interviews: Inzichten in vezel-tot-vezel-recycling en de praktijk

Design for recycling

Bijna de helft van textiel op de markt bevat niet-verwijderbare verstoringselementen. Ook verstoringselementen op textiel van hoge puurheid (100% katoen). Dit lijkt ons laaghangend fruit voor verduurzaming: door verstoringselementen zoals dikke coating, glitters, pailletten te vermijden en functionele toevoegingen (ritsen, knopen) goed verwijderbaar te maken, komt een grote hoeveelheid materiaal wel beschikbaar voor recycling. Hoewel onderzoekers in het rapport van Fashion For Good and Circle Economy (2022) aannemen dat chemische recycling niet-verwijderbare verstoringselementen kan verwerken, blijkt dit in de praktijk voor Nederland niet het geval. Chemische recyclingtechnieken zijn in ontwikkeling en kunnen nu beperkt verstoringen aan. Design-for-recycling is belangrijk voor het daadwerkelijk verkrijgen van veel hoogwaardig recyclelaat. Het is beter als het textiel gewoon recyclebaar is, met zo min mogelijk versturende elementen en zonder niet-verwijderbare elementen.

Vezel-tot-vezel trends: technisch hogere kwaliteit, input lagere kwaliteit

Mechanische recyclingtechnieken hebben zich ontwikkeld. Door textiel langzaam uit elkaar te trekken worden lange vezels behouden en is hoogwaardige vezel-tot-vezelrecycling mogelijk. Blends kunnen technisch gezien altijd mechanisch gerecycled worden, maar de eindkwaliteit van het recycalaat is lager dan primaire textielvezels textiel.

Elastaan is een stoorzender bij recycling

Modint geeft aan dat blends tot en met 3-5% elastaan kan worden gerecycled, daarboven vormt het een probleem. Bij mechanische recycling verstoort het dunne, rekbare elastaan het recycling- en spinproces. Blends met hoog gehalte elastaan is daarom niet gewild bij afnemers. Ook chemische recycling van katoen kan (momenteel) lage percentages niet-katoen aan. Stretch-kleding met hoge gehalten elastaan zijn echter populair.

Vraag is laag: verplicht aandeel recycalaat

De vraag naar gerecyclede vezels blijft achter, er zijn weinig afnemers voor vezel-tot-vezel-recycalaat. Daarom verwerken recyclers nu relatief veel materiaal tot non-woven product of hergebruiken materiaal tot poetsdoeken. Een belangrijke reden voor de lage vraag is de concurrentie met de lage prijzen van virgin vezels. Daarnaast geven sommige recyclers aan dat het spinnen van gerecyclede vezels lastiger dan het spinnen van (custom made) primaire vezels en blends. Een verplicht aandeel gerecycled materiaal in textiel zou dit kunnen veranderen. Sommige producten zijn geschikter dan andere. Er wordt gedacht aan denims, gebreide artikelen, handdoeken, meubelstoffen, gordijnstoffen en tapijt. De invulling hiervan zal moeten gaan in samenspraak met de recyclers en branche.

Erfenis van vroegere textielproductie

Recyclers verwerken textiel van decennia oud tot recent op de markt gebracht textiel. Zeker als inzamelpercentages worden verhoogd zal er textiel over de sorteerband komen waar stoffen inzitten die vroeger nog mochten, maar nu verboden zijn. Deze 'substances of high concern' vallen onder de REACH-wetgeving⁹, waaraan elke kledingfabrikant moet voldoen. Het verwijderen van deze gevaarlijke stoffen is een uitdaging voor recyclers. Wel is het mogelijk om textiel te testen op de aanwezigheid van deze stoffen en te voorkomen dat ze opnieuw op de markt komen. Naast gevaarlijke stoffen moeten recyclers rekening houden met een maximaal toegestaan percentage 'unknown fibers' van 15%, volgens de Europese textieletiketteringswetgeving¹⁰. Dit vormt een uitdaging omdat labels van ingezamelde kleding vaak onjuist zijn en textiel steeds vaker in blends op de markt komt¹¹.

Binnenland-buitenland

In deze theoretische verkenning is gekeken naar het potentieel van vrijkomend textiel uit Nederland in relatie tot de Nederlandse behoefte aan textiel. Recycling vindt echter uiteraard (ook) in het buitenland plaats.

⁹ [Wat is REACH? | Rijksoverheid.nl](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/reach)

¹⁰ [Verordening - 1007/2011 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/nl/TXT/?uri=CELEX%3A32011R1007)

¹¹ [Pdf \(overheid.nl\)](https://www.overheid.nl)



Anderzijds kan de behoefte aan vezel-tot-vezelrecycklaat voor Nederlands textiel natuurlijk ook worden aangevuld met:

- Post-consumer gerecyclede textielvezels uit andere landen, maar de textielmarkt is een wereldmarkt, dus in de praktijk werkt dit niet zo. Wel kan Nederland zich inzetten voor vezel-tot-vezelrecycling van textiel geïmporteerd uit het buitenland.
- Post-consumer recycklaat uit andere bronnen. Zoals gerecyclede PET-flessen. Deze verschuiving van materiaal vanuit en naar andere sectoren nemen we nu niet mee in de analyse.

Dus in de praktijk zal er geen gesloten kringloop zijn voor Nederland; eerder een bijdrage aan het sluiten van kringlopen in het algemeen, die in verhouding staat tot de Nederlandse behoefte.

4.3 Literatuur: technische mogelijkheden per vezeltype en blend

Het rapport ‘Textile for Circular Fashion - Part 1: Fibre Resources and Recycling Options’ door (Harmsen & Bos, 2020) gaat in op recyclingmogelijkheden van mono-materialen en blends.

Het zijn relevante inzichten over wat technisch mogelijk is en wat er nu meestal gebeurt. Daarom geeft Bijlage B hier een samenvatting van per vezeltype en voor de voornaamste blends. Hieronder is een tabel overgenomen uit het rapport, dat toont welk recycklaat kan worden verkregen uit diverse mono-materialen. ‘Fabric’ staat voor gebruik als poetsdoek. ‘Fibre’ betekent mechanische recycling. ‘Polymer’ staat voor chemische recycling tot poly-meer, waaronder ook cellulosewinning uit katoen valt. ‘Monomer’ staat voor chemische recycling tot monomeer via solvolyse. De kleuren betekenen:

- Groen staat voor ‘meest relevant’. Dit interpreteren we als: recycling is goed mogelijk en (kan) leiden tot vezel-vezelrecycling.
- Oranje staat voor ‘minder relevant’. Dit interpreteren we als: recycling is mogelijk, maar leidt tot recycklaat van mindere kwaliteit in vergelijking met de meest relevante (groene) recyclingroute.
- Rood betekent dat recycling technisch niet mogelijk is.

Tabel 13 - Meest relevante (groen), minder relevante (oranje) en onmogelijke (rood) recyclingopties voor hoofdgroepen polymeren

Classification	Cellulose		Poly- esters	Poly- amides		Poly- olefins	Poly- acrylics
	Cotton	Viscose	PET	Wool	Nylon	PP	Acrylics
Fabric							
Fibre							
Polymer	a						
Monomer			b		b		

a To another type of polymer

b To the same type of polymer

Bron: Overgenomen van (Harmsen & Bos, 2020)

4.4 Milieukundig: non-woven versus vezel-tot-vezel

Het recycelen van kleding en huishoudelijk textiel tot non-woven textiel, dat een andere functie heeft, is laagwaardige recycling, omdat het niet een vergelijkbaar (draagbaar of huishoudelijk) textielproduct vermijdt. Echter, vanuit milieukundig oogpunt is inzet van recyclaat in een andere sector niet per se slechter. Want het non-woven textiel vermijdt katoen of polyesterdoek, in plaats van een kledingstuk of huishoudelijk textiel.

De vermeden impact zal dus iets lager liggen of vergelijkbaar zijn. Wel vergroot toepassing in een andere sector de opgave om de textielketen (kleding, werkkleding en huishoudelijk textiel) te verduurzamen.

5 Bespreking en conclusies

5.1 Theoretisch beschikbaar aandeel recycalaat

De range aan theoretisch beschikbaar vezel-tot-vezelrecycalaat is **15 tot 46%**. Het basis-scenario komt uit op **19%**. Dit is het percentage aan textielproduct op de Nederlandse markt dat in ideale omstandigheden zou kunnen worden ingevuld met vezel-tot-vezel-recycalaat afkomstig uit Nederlands textiel. De range komt voort uit de aannames die worden gedaan omtrent geschiktheid voor recycling en recycleroutes.

Met optimale recycling alleen kan de kringloop voor Nederlands textiel dus niet gesloten worden. Dit komt door:

- Het ontwerp van textielproducten is vaak dusdanig dat het textiel niet geschikt is voor recycling. Volgens de Fibresort-analyses bevatte de helft van het textiel niet-verwijderbare verstorings-elementen. Dit verstoort recycling enorm. Idealiter bevat textiel geen glitters, pailletten, zware coatings of andere niet-verwijderbare elementen. Idealiter bevat textiel alleen noodzakelijke toevoegingen (ritsen, knopen) en zijn alle versturende elementen verwijderbaar.
- Een groot deel (45%) van textiel in restafval wordt nu gezien als niet geschikt voor hergebruik of recycling (Rijkswaterstaat, 2022). Het kan nuttig zijn om meer zicht te krijgen op de redenen waarom 45% niet geschikt wordt geacht. Als dat bekend is, kunnen er misschien maatregelen worden getroffen om ook deze (relatief grote) hoeveelheid beschikbaar te krijgen voor recycling.

5.2 Haalbaarheid, aanknopingspunten voor beleid:

Deze resultaten zijn alleen haalbaar bij verregaande maatregelen om te zorgen dat het textiel optimaal wordt ingezameld en gesorteerd.

Om het conservatieve scenario en het basisscenario te halen is nodig:

- Gescheiden inzameling van het recyclebare post-consumer textiel dat nu in het restafval verdwijnt.
- Schone inzameling: het gescheiden ingezameld textiel is niet vervuild of nat, of kan worden gereinigd.
- Sortering naar vezeltype en kleur, al dan niet geautomatiseerd.
- Mechanische recyclers verwerken al het recyclebare textiel tot vezel, niet tot non-woven of poetsdoek. De financiële prikkels zijn zodanig dat vezel-tot-vezelrecycling het meest gunstig is voor hen. Er is een verhoogde vraag nodig naar gerecyclede vezels door confectiebedrijven en producenten van huishoudelijk textiel.

Om het basisscenario te behalen is aanvullend nodig:

- opschaling van chemische recycling van katoen, polyester, viscose en acryl (fracties van hoge puurheid) tot een volledig volwassen sector;

Om het optimistische scenario te behalen is aanvullend nodig:

- een verhoogde vraag naar viscosevezels uit chemisch gerecycled katoen.
- opschalen van recycletechnieken die niet-verwijderbare verstorings-elementen aankunnen. Maar eigenlijk zou het vermijden van dit type verstoringselementen in nieuw textiel beter zijn.

Uit de inzichten interviews (Hoofdstuk 4) komen de volgende mogelijke beleidsrichtingen naar voren gericht op het daadwerkelijk verkrijgen van vezel-tot-vezel recyclaat:

- Een verplichting voor gebruik van recyclaat in bepaalde kledingstukken zal helpen om de vraag naar recyclaat aan te wakkeren. Dit in samenspraak met de (recycling)sector.
- Design for recycling naleven, met name het terugdringen van niet-verwijderbare verstorende elementen.
- Een maximumgehalte elastaan in blends verkennen, om zo de kwaliteit van gerecyclede vezels (uit vooral denim) te waarborgen.

Literatuurlijst

- CPB. (2019). *Textiel als secundaire grondstof*.
- Fashion For Good, & Circle Economy. (2022). *Sorting for Circularity Europe: An Evaluation and Commercial Assessment of Textile Waste Across Europe*.
- Harmsen, P., & Bos, H. (2020). *Textiles for circular fashion: Part 1: Fibre resources and recycling options*. Wageningen Food & Biobased Research
- Harmsen, P., Scheffer, M., & Bos, H. (2021). Textiles for Circular Fashion: The Logic behind Recycling Options. *Sustainability*, 13(17), 9714.
- Ministerie van I&W. (2023). *Besluit van 14 april 2023, houdende regels voor uitgebreide producentenverantwoordelijkheid voor textielproducten (Besluit uitgebreide producentenverantwoordelijkheid textiel)*.
- Rijkswaterstaat. (2022). *Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeranalyses 2021: gemiddelde driejaarlijkse samenstelling 2020*.
- Royal HaskoningDHV. (2021). *Monitoring beleidsprogramma circulair textiel. Nulmeting peiljaar 2018*.
- VANG Huishoudelijk Afval. (2019). *Aanvalsplan gft-afval en textiel Naar meer en schonere deelstromen*.
- VANG Huishoudelijk Afval. (2020). *Handreiking aanpak vervuiling ingezameld textiel*.
- Wolkat, website: www.wolkat.com/ Kopje 'Proces'; geraadpleegd 25 juni 2024.



A Doorrekeningen theoretisch beschikbaar textiel voor vezel-tot-vezelrecycling

A.1 Basisscenario

Figuur 7 - Basisscenario: Screenshot van de volledige doorrekening tot gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezel-recycling

Gescheiden ingezameld textiel						
		Beschikbaar (ton)	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar (ton)	Ongeschikt (ton)	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik (ton)	
Fractie die nu verbrand wordt (vies, afval).	90%		15.300	1.700		
Aandeel dat schoongemaakt kan worden: Herdraagbaar -> Hergebruik					65.000	
Naar recycler	Multi-layer: 7% Mono-layer: 93%	41.850		3.150		
		Beschikbaar	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling (indien gescheiden ingezameld)	
Textiel in restafval			55%	45%		
Potentieel geschikt volgens sorteeranalyses:			117.700	96.300		
Aanname: daarvan herdraagbaar	25%		88.275		29.425	
Toepassing niet geschikt voor recycling vanwege multi-layer			82.096	6.179		
		Geschikt en beschikbaar voor een vorm van recycling	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik	
Totaal	Totaal:	341.000	41.850	97.396	107.329	94.425

A.2 Conservatief scenario

Figuur 8 - Conservatief scenario: screenshot van de doorrekening tot gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezel-recycling

Gescheiden ingezameld textiel						
		Beschikbaar (ton)	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar (ton)	Ongeschikt (ton)	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik (ton)	
Fractie die nu verbrand wordt (vies, afval).						
Aandeel dat schoongemaakt kan worden: Herdraagbaar -> Hergebruik	70%		11.900	5.100		
Naar recycler	Multi-layer: 7% Mono-layer: 93%	41.850		3.150	65.000	
		Beschikbaar	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling (indien gescheiden ingezameld)	
Textiel in restafval						
Potentieel geschikt volgens sorteeranalyses:			55%	45%		
			117.700	96.300		
Aanname: daarvan herdraagbaar	50%		58.850		58.850	
Toepassing niet geschikt voor recycling vanwege multi-layer			54.731	4.120		
		Geschikt en beschikbaar voor een vorm van recycling	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik	
Totaal	Totaal:	341.000	41.850	66.631	108.670	123.850

A.3 Optimistisch scenario

Figuur 9 - Optimistisch scenario: screenshot van de doorrekening tot gesorteerd textiel dat in theorie beschikbaar is voor vezel-tot-vezel-recycling

Gescheiden ingezameld textiel					
	Beschikbaar (ton)	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar (ton)	Ongeschikt (ton)	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik (ton)	
Fractie die nu verbrand wordt (vies, afval).	90%	15.300	1.700		
Aandeel dat schoongemaakt kan worden: Herdraagbaar -> Hergebruik				65.000	
Naar recycler	Multi-layer: 7% Mono-layer: 93%	41.850	3.150		
	Beschikbaar	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling (indien gescheiden ingezameld)	
Textiel in restafval		55%	45%		
Potentieel geschikt volgens sorteeranalyses:		117.700	96.300		
Aanname: daarvan herdraagbaar	0%	117.700		0	
Toepassing niet geschikt voor recycling vanwege multi-layer		109.461	8.239		
Totaal	Totaal:	Geschikt en beschikbaar voor een vorm van recycling	In potentie geschikt, nu niet beschikbaar	Ongeschikt	Niet beschikbaar voor recycling vanwege hergebruik
	341.000	41.850	124.761	109.389	65.000

B Bijlage: Samenvatting van recyclebaarheid per type vezel

Het rapport 'Textile for Circular Fashion - Part 1: Fibre Resources and Recycling Options' door (Harmsen & Bos, 2020) gaat in op recyclingmogelijkheden van mono-materialen en blends. Het zijn relevante inzichten over wat technisch mogelijk is en wat er nu meestal gebeurt. Daarom geven we hier een samenvatting van de bevindingen en conclusies, die relevant zijn voor beleidsmakers bij het inzetten op optimale recycling. Voor recycling maken de auteurs onderscheid tussen vervezelen (mechanische recycling), chemische recycling tot polymeer (waaronder ook cellulosewinning uit katoen valt) en chemische recycling tot monomeer.

B.1 Mono-materialen: materialen met hoge puurheid

Katoen, viscose en andere cellulose-houdende vezels

- Mechanische recycling tot vezels: Gerecyclede katoenvezels zijn korter dan nieuwe vezels en moeilijker te spinnen. Daarom worden ze vaak gemengd met langere nieuwe vezels zoals PET of katoen voor geweven toepassingen. In de praktijk wordt het recycalaat voornamelijk gebruikt in de non-woven-industrie en als flock¹².
- Chemische recycling tot cellulosevezels: Katoenvezels, bijna volledig uit cellulose bestaand, zijn geschikt voor viscose- en lyocellprocessen. Dit wordt momenteel op kleine schaal toegepast door verschillende partijen. Mogelijke knelpunten zijn de verontreiniging van de kledingstukken met andere soorten vezels en de aanwezigheid van afwerkmiddelen en kleurstoffen.
- Cellulose-afbraak tot glucose: Deze methode, via chemische of enzymatische processen, is momenteel minder relevant voor textiel.

Polyester (PET)

Polyester is een algemene naam voor alle polymeren die esterverbindingen bevatten.

Polyester (PET) is over het algemeen minder geschikt voor mechanische recycling.

- Recycling tot polymeren: PET is thermoplastisch en kan bij hoge temperaturen (>260°C) worden gesmolten en opnieuw tot vezels gesponnen. Verontreinigingen zijn een probleem, dus gerecyclede vezels komen vaak uit transparante flessen.
- Chemische recycling tot monomeren en oligomeren. Polyester wordt afgebroken tot kleinere fragmenten via solvolyse, wat het verwijderen van verontreinigingen vergemakkelijkt en PET van nieuwe kwaliteit oplevert.

¹² Bij het zogeheten 'flocking' worden textiel vergruisd en worden de zeer korte vezels met een bindmiddel (lijm) op een ondergrond gebonden.

Wol

Wol kan alleen mechanische gerecycled worden. Vanwege de lange vezels gaat dit goed. In de praktijk is wolrecycling succesvol: er bestaat een actieve post-consumer wolrecycling-industrie in Europa.

Elastaan

Het recycelen van puur elastaan (een condensatiepolymeer) is uitdagend en er zijn nog geen methoden op pilot- of demonstratieschaal. Omdat elastaan meestal in kleine hoeveelheden voorkomt in damesmode, is recycling minder aantrekkelijk.

Polyolefinen

Polyolefinen zoals polyethyleen (PE) of polypropyleen (PP) zijn in theorie recyclebaar door smelten en herspinnen, maar praktijkvoorbeelden in kledingtextiel ontbreken. Deze additiepolymeren kunnen niet chemisch gerecycled worden omdat hun chemische bindingen niet door solvolyse gebroken kunnen worden. Een alternatief voor verbranding van polyolefinen is pyrolyse, waarbij polyolefinen bij hoge temperaturen worden afgebroken tot een mix van gassen, vloeistoffen en teer, bruikbaar voor chemische kraakprocessen.

Polyacryl

Polyacryl kan mechanisch gerecycled worden, vergelijkbaar met wol. Het kan niet worden gesmolten en hoewel het oplosbaar is, zijn er geen fysieke recyclingmethoden in ontwikkeling. Polyacrylen, gevormd door additiepolymerisatie, kunnen niet door solvolyse gedepolymeriseerd worden.

Nylon

- Fysieke recycling tot polymeren. Nylon kan worden gesmolten en hervormd tot nieuwe vezels van goede kwaliteit. Tapijten en visnetten, vaak van nylon 6, kunnen door reactieve extrusie en compatibilisatie worden gerecycled, wat echter producten van lagere kwaliteit oplevert.
- Chemische recycling tot monomeren. Nylon 6 kan chemisch worden gerecycled door depolymerisatie om caprolactam terug te winnen. Dit proces is effectief voor het verwerken van verontreinigde materialen, waarbij het gerecyclede product aan de bovenkant van de reactor uitkomt en residuen op de bodem blijven.

B.2 Blends: materialen met gemengde vezelsamenstelling

De samenstelling van post-consumer textiel is vaak onduidelijk, maar enkele veelgebruikte combinaties zijn bekend. Hieronder worden de recyclingstrategieën voor deze combinaties besproken.

Katoen-polyester blends (polykatoen)

Katoen-polyester blends worden vaak gebruikt in (werk)kleding en productievolumes zijn hoog. Deze blends vereisen recyclingsmethoden die cellulose intact houden omdat alleen PET herbruikbaar is. Het is cruciaal om milde verwerkingsmethoden te gebruiken die cellulose niet afbreken, iets wat vaak gebeurt bij solvolyse van PET.

Katoen met een percentage elastaan

Mechanische recycling van katoen is mogelijk, maar de aanwezigheid van elastaan leidt tot kwaliteitsverlies. Een beter alternatief is chemische recycling, waarbij katoen wordt omgezet in geregenereerde cellulosevezels en elastaan eindigt als residu. Dit geldt ook voor andere cellulosevezels zoals linnen, viscose of Lyocell die gemengd zijn met elastaan. Of dit technisch haalbaar is, hangt af van het toegepaste proces. Verder onderzoek is nodig.

Polyester blends met andere vezels

De recycling van gemengde polyester textielvezels is minder ontwikkeld dan de recycling van PET uit flessen. Vanwege verontreinigingen is recycling van polymeren door smelten en spinnen niet goed mogelijk, waardoor er volgens dit rapport van WUR monomeerrecycling als kansrijke optie overblijft (al lopen er wel diverse nationale en internationale projecten op het recyclen van polymeren). Een studie van GreenBlue toont aan dat chemische recycling een PET-zuiverheid van 70-80% vereist.