

3



Living Lab - Labs on Fibre !

WP 2 – Het textiel-onderstroom model

Living Labs on Fibre !

Studie uitgevoerd in opdracht van: **VLAIO**  **Vlaanderen**
is ondernemen
Living Labs Circulaire Economie

Referentie: 2025/MATCH/R/3453

September 2025

VITO

Boeretang 200
2400 MOL
Belgium
BTW No: BE0244.195.916
vito@vito.be – www.vito.be
IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB

Ruben Guisson

MooV Manager
ruben.guisson@vito.be

Annelies De Meyer

MooV developer
annelies.demeyer@vito.be

Distributie: publiek

Ref: 2025/MATCH/R/3453

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

SAMENVATTING

Inleiding: de circulaire transitie van textielverwerking

De verwerking van post-consumer textiel in Vlaanderen bevindt zich op een kruispunt. De combinatie van Europese wetgeving, maatschappelijke druk en technologische vernieuwing vraagt om een fundamentele herziening van de huidige textielketen. Niet langer volstaat enkel inzameling voor hergebruik; ook sortering, voorbereiding en recyclage van de zogeheten onderstroom — kleding die niet meer herbruikbaar is — worden essentieel.

Deze onderstroom, bestaande uit versleten, vervuilde of technisch verouderde kleding, biedt een waardevol grondstofpotentieel voor nieuwe producten. De huidige logistieke en verwerkingsstructuren zijn echter niet toereikend om deze stroom efficiënt en duurzaam te verwerken. Het MooV-team van VITO onderzoekt daarom binnen het Labs On Fibre project hoe een slimme configuratie van de logistieke keten gecombineerd met schaalvergroting, technologiekeuze en samenwerking kunnen bijdragen aan de weg naar een meer performante en circulaire textielketen in Vlaanderen.

Analyse en resultaten van het LoF-model

Inzamel- en verwerkingsstructuur

In de casestudie wordt 20.200 ton textiel, ongeveer 46% van het Vlaamse volume (referentiejaar 2022), ingezameld via kringloopcentra, OXFAM en We Make Hope¹. De huidige activiteit van de betrokken partijen beperkt zich tot de inzameling van het textiel gevolgd door sortering in een herbruikbare en niet-herbruikbare fractie. De niet-herbruikbare fractie wordt vervolgens afgezet naar derde verwerkers. De LoF-projectambitie is om de niet-herbruikbare fractie lokaal verder voor te bereiden voor recyclage. Dit betekent dat een aantal bijkomende activiteiten nodig zullen zijn, zoals een verdere uitsortering van de recycleerbare fractie en eventuele voorbereiding van deze fractie. MooV ging op zoek naar de passende locaties voor deze activiteiten, rekening houdend met verschillende scenario's van samenwerking, mate van automatisatie en impact van shiftwerken. De locatiekeuze wordt zo bepaald vanuit het oogpunt van een minimale mobilisatiekosten; zijnde kosten voor transport, recyclage en voorbereiding. De studie benadrukt daarbij de operationele complexiteit: gefragmenteerde stromen, diverse kwaliteitsvereisten en hoge logistieke coördinatie.

Logistieke centralisatie en sorteerhubs

Centraal in de analyse staat de hypothese dat schaalvergroting via centrale hubs voor verdere uitsortering en ontmanteling van de recycleerbare fractie voordelen biedt. De resultaten tonen aan dat een configuratie met vier strategisch geplaatste hubs de mobilisatiekosten van de onderstroom met 30% reduceert vergeleken met decentrale modellen. Deze winst komt voort uit gedeelde infrastructuur, betere benutting van de capaciteit en geoptimaliseerde transportstromen. Belangrijk is dat deze centralisatie niet noodzakelijk hogere transportkosten veroorzaakt — functionele bundeling blijkt belangrijker dan geografische nabijheid.

¹ Voorheen Wereld Missie Hulp

Technologiekeuze en shiftsystemen

De kostenefficiëntie van sorteertechnologie hangt sterk af van verwerkt volume, personeelsinzet en shiftschema's:

- **Manuele sortering** is vooral haalbaar bij lage volumes, door hoge loonkost en beperkte schaalbaarheid.
- **Semi-automatische sortering** heeft een hoog break-evenpunt door investerings- én personeelskosten, maar kan concurreren mits het organiseren van 2 shiften.
- **Automatische sortering** is kapitaalintensief, maar biedt maximale kostendaling (tot 54% bij drie shifts) en schaalvoordelen bij hoge volumes.

Een tweeshiftsysteem biedt in beide automatische technologieën het beste rendement, terwijl een derde shift slechts marginale bijkomende voordelen oplevert.

Capaciteitsbenutting

Een opmerkelijke bevinding is het verschil tussen de praktische capaciteit zoals gemeten in de praktijk en de theoretische capaciteit gedefinieerd in de ontwerpspecificaties van de technologieontwikkelaars. In de praktijk benut men slechts 14% (manueel), 23% (semi-automatisch) en 28% (automatisch) van de theoretische capaciteit. Verbetering van deze benutting tot de theoretische capaciteit kan de sorteerkost met 66–75% verlagen, wat het belang van realistische capaciteitsplanning en robuust ontwerp benadrukt.

Strategische inzichten

Complexe evenwichten in ketenontwerp

De ontwikkeling van een efficiënte recyclageketen vereist balans tussen:

- Economische schaal en lokale verankering;
- Technische capaciteit en sociale inclusie;
- Kostenefficiëntie en materiaalvereisten;
- Logistieke bundeling en geografische spreiding.

Prioriteiten voor verdere ontwikkeling

Het huidige LoF-model levert waardevolle inzichten, maar vraagt uitbreiding op meerdere fronten:

- **Marktgestuurde modellering:** Integratie van kwaliteit, zuiverheid en marktwaarde van gesorteerde fracties voor betere rendabiliteitsinschatting.
- **Technologiespecificaties:** Uitbreiding van de parameters die de sorteer- en voorbereidingsactiviteiten definiëren met o.a. sorteeraccuraatheid, fractie types en hoeveelheden in functie van de technologie.
- **Uitvalverwerking:** Modellering van reststromen als afvalfractie, inclusief kosten en logistiek.
- **Operationele fijnmazigheid:** Nauwkeurigere inschatting van inzamelkosten, ophaalfrequenties en voorraadbeheer.
- **Multi-objectief optimalisatie:** Integratie van KPI's voor circulariteit (hergebruiksgraad), sociale impact (arbeid), en milieu (CO₂, voertuigkilometers).

Slotbeschouwing: Vlaanderen als voortrekker

Het LoF-model geeft aan onder welke logistieke voorwaarden duurzame verwerking van post-consumer textiel in Vlaanderen mogelijk zou kunnen zijn, mits beleidskeuzes worden gemaakt die de vraag naar gerecycleerd materiaal stimuleren en centralisatie, samenwerking en sociale tewerkstelling ondersteunen. De tool dient als strategisch instrument om scenario's te analyseren en af te wegen, rekening houdend met diverse beleidsdoelstellingen.

Door het model te actualiseren met praktijkdata, marktinzichten en maatschappelijke ambities, kan Vlaanderen zich profileren als internationale voortrekker in circulaire textielverwerking. Zo wordt de weg geëffend naar een robuuste, inclusieve en toekomstbestendige textielketen.

INHOUDSTAFEL

Samenvatting	II
Inhoudstafel	V
Lijst van Figuren	VII
Lijst van Tabellen.....	IX
Lijst van Begrippen.....	X
1 Inleiding.....	1
1.1 Algemene problematiek.....	1
1.2 Europese beleidscontext.....	3
1.3 Vlaamse context.....	4
1.3.1 Beleid en initiatieven	4
1.3.2 Inzamelaars	5
1.3.3 Waardeketen	7
1.4 Labs on Fibre project.....	8
1.5 Logistieke vraagstukken.....	10
1.6 MooV oplossing	13
2 Definitie van de systeem grenzen en input data	15
2.1 Functionele vereisten.....	15
2.1.1 Flexibiliteit.....	15
2.1.2 KPI's	15
2.2 Stroomdiagram	17
2.3 Producten en activiteiten.....	19
2.3.1 Inzameling	20
2.3.2 Sorteren voor hergebruik (re-use)	25
2.3.3 Sortering voor recyclage	27
2.3.4 Voorbewerking.....	29
2.3.5 Recyclage.....	32
2.3.6 Transport.....	35
2.4 Netwerkdigram	36
3 Resultaten	37
3.1 Huidige situatie	38
3.2 Individuele werking (basis scenario)	42
3.3 Impact van samenwerking	45
3.3.1 Gevoeligheidsanalyse: Aantal hubs	47
3.4 Impact type sortering voor recyclage	50
3.4.1 Gevoeligheidsanalyse: Impact van meerdere shifts bij sortering voor recyclage	52
3.4.2 Gevoeligheidsanalyse: Impact van de inschatting van de capaciteit.....	53

3.5	Manuele ontmanteling bij sociale tewerkstelling.....	57
4	Algemene conclusie	60
4.1	Samenvatting van resultaten	60
4.2	Discussie en vervolg	61
4.3	Slotbeschouwing.....	62

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Van een traditionele lineaire waardeketen voor textiel naar een nieuwe circulaire waardeketen	1
Figuur 2: Inzameling huishoudelijk afval in Vlaanderen in de periode 2013-2022 - Afvaltype: textiel .	4
Figuur 3: Verzorgingsgebieden in Vlaanderen met indicatie van de werkingsgebieden van de verschillende intercommunales (op basis van).....	6
Figuur 4: Vlaamse context - Sankey diagram van de verwerking van end-of-life textiel in 2022	8
Figuur 5: Hoofdactiviteiten en -voorwaarden in de textielketen.	12
Figuur 6: Hoofddoelstelling: totale mobilisatiekosten voor onderstromen van textiel.	16
Figuur 7: Stroomdiagram – Vereenvoudigde voorstelling van de circulaire textielketen.	18
Figuur 8: Stroomdiagram van de onderstroomketen als basis voor het LOF model.	19
Figuur 9: Gemiddelde ingezamelde hoeveelheid textiel per gemeente (kg per inwoner) met indicatie van het verzorgingsgebied van de kringloopcentra (op basis van ⁶⁷).	20
Figuur 10: Inzameling: Locaties van de kringloopcentra en hoeveelheid textiel directe afgifte in referentiejaar 2022 per verzorgingsgebied (ton)	22
Figuur 11: Inzameling: Locaties van de E5-mode winkels.	22
Figuur 12: Inzameling: Locaties van de textielcontainers per inzamelaar (input partners, Limburg.net en VITO web scraping).	23
Figuur 13: Inzameling – Hoeveelheden ingezameld textiel per verzorgingsgebied (2022).	24
Figuur 14: Inzameling – Aandeel van inzameltype per verzorgingsgebied (2022).	24
Figuur 15: Sorteren voor hergebruik – Locaties van collectiecentra waar sortering voor hergebruik plaatsvindt van textiel ingezameld door kringloopcentra binnen ieder verzorgingsgebied.	26
Figuur 16: Sorteren voor hergebruik – Locaties van collectiecentra waar sortering voor hergebruik plaatsvindt van textiel uit textielcontainers van OXFAM en WMH.	26
Figuur 17: Sortering voor recyclage - Kandidaat locaties op basis van de greenfield benadering (raster 15x15 km).....	29
Figuur 18: Voorbewerking - Kandidaat locaties (raster 15x15 km).	30
Figuur 19: Recyclage – Locaties van mechanische (M) en chemische (C) recyclagebedrijven voor textiel onderstromen.	33
Figuur 20: Labs on Fibre netwerkdiagram.	36
Figuur 21: Huidige situatie – Totale mobilisatiekosten per ton ingezameld textiel (links) en per ton onderstroom (rechts) (referentiejaar 2022).	38
Figuur 22: Huidige situatie – Overzicht van transportbewegingen gerelateerd aan inzameling via winkels en aan inzameling via textielcontainers.	39
Figuur 23: Huidige situatie – Boxplot van de inzamelkosten per inzamelaar met onderscheid tussen kosten voor overslag en transport gerelateerd aan containers en kosten voor overslag en transport gerelateerd aan de winkels (referentiejaar 2022).	40

Figuur 24: Huidige situatie – Relatie tussen de kosten voor inzameling via textielcontainers en winkels en het aantal containers en winkels (referentiejaar 2022).	41
Figuur 25: Huidige situatie – Relatie tussen de kosten voor inzameling via textielcontainers en winkels en de oppervlakte van het verzorgingsgebied (referentiejaar 2022).	42
Figuur 26: Individuele werking – Totale bijkomende mobilisatiekost (€ per ton onderstroom) per activiteit rekening houdend met optimaal transport, transport met verplichte maandelijkse levering en transport zonder combinatie van stromen (referentiejaar 2022).	43
Figuur 27: Individuele werking – Optimale keuze van type sortering voor recyclage in de collectiecentra met indicatie van de hoeveelheid te verwerken onderstroom.	43
Figuur 28: Individuele werking - Extra transportafstand in km per ton onderstroom en aantal VTE's per jaar voor sortering voor recyclage en voorbereiding (referentiejaar 2022).	44
Figuur 29: Impact van samenwerking op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (%) (referentiejaar 2022).	45
Figuur 30: Impact van samenwerking – Extra transportafstand in km per ton onderstroom en aantal VTE's per jaar voor sortering voor recyclage en voorbereiding (referentiejaar 2022).	46
Figuur 31: Impact van samenwerking – Optimale locatie van de sorteerhub en gerelateerd transport vanaf de collectiecentra bij centralisatie in 1 sorteerhub (referentiejaar 2022).	47
Figuur 32: Impact van samenwerking – Gevoeligheidsanalyse van impact van het aantal sorteerhubs op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (%) (referentiejaar 2022).	48
Figuur 33: Impact van samenwerking – Gevoeligheidsanalyse van aantal hubs – Optimale locatie van de sorteerhub(s) en gerelateerd transport vanaf de collectiecentra bij het openen van 1 sorteerhub, 2, 3, 4, 5 of 10 sorteerhubs (referentiejaar 2022).	49
Figuur 34: Impact van type sortering op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom (A), op de kost voor sortering voor recyclage (B), op de kost voor voorbereiding (C) en op de kost voor transport (D) relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (I = Individuele werking, S = Samenwerking 1 hub) (referentiejaar 2022).	51
Figuur 35: Impact van het aantal shifts bij sortering voor recyclage op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom (links) en op de sorteerkost voor recyclage (rechts) relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).	52
Figuur 36: Impact van de inschatting van de capaciteit bij sortering voor recyclage (praktijk vs. theorie) op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).	54
Figuur 37 Impact van de inschatting van de capaciteit bij sortering voor recyclage (praktijk vs. theorie) op de sorteerkost voor recyclage relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).	55
Figuur 38: Impact van de hoeveelheid te verwerken onderstroom (ton per jaar) op de totale sorteerkost.	56
Figuur 39 Locaties van maatwerkbedrijven voor semi-automatische ontmanteling.	58
Figuur 40 Gevoeligheidsanalyse: Ontmanteling bij sociale tewerkstelling (referentiejaar 2022).	58

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Partners betrokken in Labs on Fibre.	9
Tabel 2: Inzameling – Parameters voor MooV analyse (KW = kringloopcentrum) (referentiejaar 2022, op basis van MATIS, benchmark OVAM en input partners).	21
Tabel 3: Sorteren voor hergebruik – Parameters voor MooV analyse (KW = kringloopcentrum).	25
Tabel 4: Sortering voor recyclage – Sorteertypes en parameters voor MooV analyse.	28
Tabel 5: Sorteren voor recyclage – Parameters voor MooV analyse (Bron: Centexbel).	28
Tabel 6: Voorbewerking – Types voorbewerking en parameters voor MooV analyse.	30
Tabel 7: Voorbewerking – Parameters Ontmantelen – Semi automatisch (bron: Labo's / Ariadne Innovation).	31
Tabel 8: Recyclage – Karakteristieken en vereisten voor aanlevering van onderstromen per recyclage locatie (Bron: Centexbel, Ariadne Innovation).	34
Tabel 9: Transport type – Parameters voor MooV analyse (Bron: ').	35
Tabel 10: Netwerkdigram – Fysieke locaties van activiteiten.	36
Tabel 11: Impact van samenwerking – Aantal installaties en capaciteitsgebruik (referentiejaar 2022).	46

LIJST VAN BEGRIPPEN

Bovenstroom: deel van het ingezamelde textiel dat voor hergebruik in aanmerking komt.

De Kringwinkel: het Kringwinkelproject is het grootste samenwerkingsverband in de kringloopsector. De Kringwinkel fungeert als kwaliteitslabel en handelsnaam van een groep kringloopcentra die eenzelfde huisstijl, eenvormige communicatie en strenge kwaliteitsnormen hanteren.²

Hergebruik: elke handeling waarbij voorwerpen of componenten van voorwerpen die geen afvalstoffen zijn, opnieuw worden gebruikt voor hetzelfde doel als dat waarvoor zij waren bedoeld.³

HERW!N: HERW!N is het collectief van Sociale Circulaire Ondernemers en is ontstaan uit de fusie tussen SST, de netwerkfederatie van de sociale werkplaatsen in Vlaanderen en KOMOSIE, de Koepel van Milieuondernemers in de Sociale Economie. HERW!N vertegenwoordigt bijna 10.000 medewerkers en meer dan 100 sociale circulaire ondernemers⁴.

Kringloopcentrum: een door de OVAM erkend rechtspersoon die over een inzameldienst, sortering en verkoopruimte beschikt en die in een binnen haar erkenning afgebakend verzorgingsgebied potentieel herbruikbare goederen inzamelt, opslaat, sorteert, herstelt en verkoopt met producthergebruik als doel.²

Maatwerkbedrijf: organisaties of ondernemingen die de inschakeling van doelgroepmedewerkers als kerntaak hebben. De economische activiteiten worden daaraan aangepast. Maatwerkbedrijven kunnen, met het oog op de noden van hun werknemers, extra ondersteuning krijgen om hun kerntaak te realiseren en infrastructuuraanpassingen te doen. De doelgroepmedewerkers in maatwerkbedrijven zijn personen met een arbeidshandicap, personen met een psychosociale arbeidsbeperking, of uiterst kwetsbare personen die minstens 24 maanden geen betaalde beroepsactiviteit hebben verricht.⁵

Onderstroom: deel van het ingezamelde textiel dat niet voor lokaal hergebruik in aanmerking komt en wordt geëxporteerd, verbrand of gerecycleerd.

Verzorgingsgebied: een verzameling van steden en gemeenten waar het kringloopcentrum goederen mag ophalen en verkopen.² De verzorgingsgebieden zijn vastgelegd via het Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van de bijzondere regelen over de erkenning en de subsidiëring van kringloopcentra (20 mei 2005).

Recyclagepark: een vergunde inrichting waar particulieren en eventueel ook bedrijven onder toezicht op vastgestelde dagen en uren bepaalde gesorteerde huishoudelijke afvalstoffen en eventueel met huishoudelijk gelijkgestelde afvalstoffen kunnen deponeren. Een recyclagepark heeft tot doel de gescheiden inzameling van huishoudelijke afvalstoffen mogelijk te maken met het oog op de maximale recyclage van deze afvalstoffen.²

² <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/18925>

³ Decreet betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen 23/12/2011 - https://etaamb.openjustice.be/nl/decreet-van-23-december-2011_n2012035118.html

⁴ <https://www.mvovlaanderen.be/nl/herwn>

⁵ <https://www.vlaanderen.be/erkenning-en-subsidiering-als-maatwerkbedrijf>

Sociale economie: bestaat uit een verscheidenheid van bedrijven en initiatieven, die in hun doelstellingen de realisatie van bepaalde maatschappelijke meerwaarde vooropstellen en hierbij de volgende basisprincipes respecteren: voorrang van arbeid op kapitaal, democratische besluitvorming, maatschappelijke inbedding, transparantie, kwaliteit en duurzaamheid. ⁶

Textiel: verzamelnaam van de productgroep bestaande uit kleding, schoeisel, linnen en producten vervaardigd uit natuurlijke of synthetische vezels. De textielfractie bevat zowel herbruikbaar als niet herbruikbaar textiel. ⁷

⁶ <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/18925>

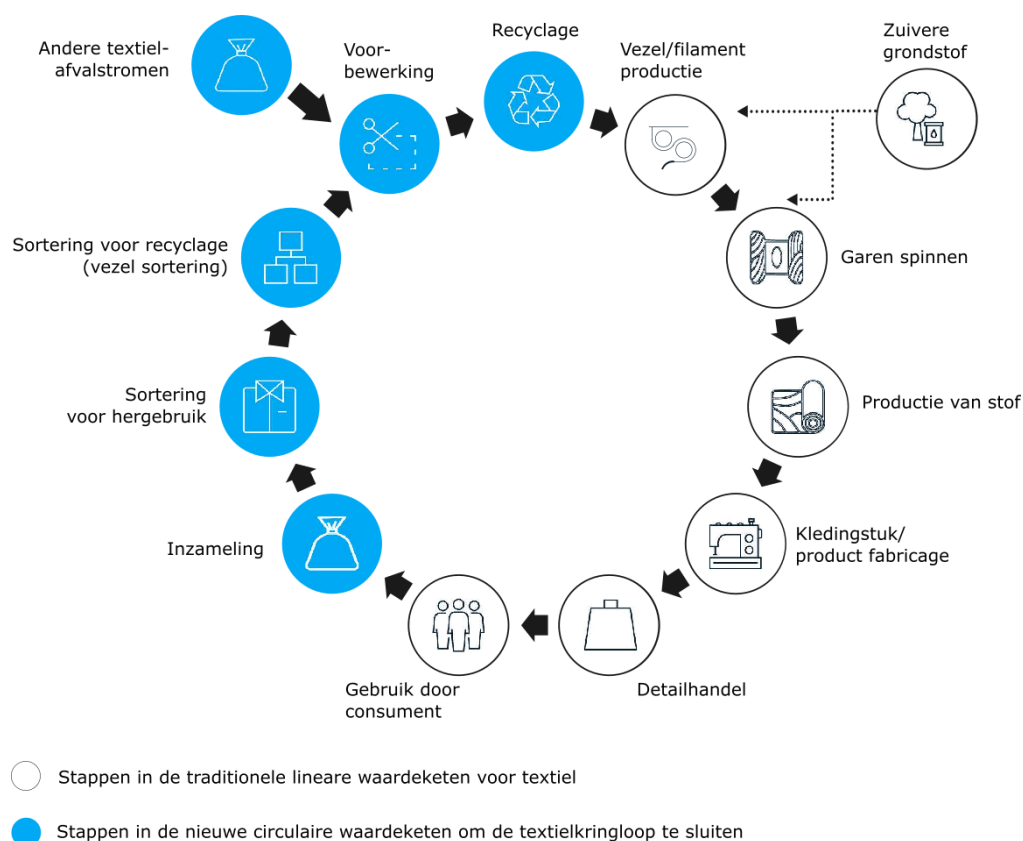
⁷ <https://ovam.vlaanderen.be/textiel>

1 INLEIDING

1.1 Algemene problematiek

De ecologische problemen die de textielketen veroorzaakt zijn intussen gekend. Naast een zware broeikasgasuitstoot door de productie van textiel alsook door verbranding op het einde van de levenscyclus, legt de productie van nieuw textiel ook een enorm beslag op natuurlijke hulpbronnen zoals water, fossiele grondstoffen (vnl. voor polyester) en vruchtbare grond (vnl. voor katoen).

Door de opkomst van fast fashion neemt niet alleen de productie toe, maar daalt ook de gemiddelde kwaliteit van kleding. Hierdoor groeit de afvalberg sneller dan ooit. De krant 'De Tijd' kopte op 11 februari 2022: *"Kleding wordt de volgende grote recyclage werf"*. Dat is niet zonder reden: minder dan de helft van alle kleding die wordt gebruikt, wordt effectief ingezameld. Van die ingezamelde fractie is ongeveer 70% niet meer geschikt voor (lokaal) hergebruik^{8, 9}. Het merendeel van dit textiel verdwijnt – in afwezigheid van hoogwaardige verwerkingsopties – samen met het restafval in de verbrandingsoven (Figuur 1). Slechts 1% van het ingezamelde textiel wordt momenteel hoogwaardig gerecycleerd tot nieuwe vezels en kleding^{8, 9}. Een klein deel vertrekt naar recyclage buiten de EU of ondergaat beperkte verwerking in buurlanden^{8, 9}.



Figuur 1: Van een traditionele lineaire waardeketen voor textiel naar een nieuwe circulaire waardeketen¹⁰.

⁸ <https://www.europarl.europa.eu/news/nl/headlines/society/20201208STO93327/de-gevolgen-van-textielproductie-en-afval-voor-het-milieu>

⁹ Circletex: <https://vlaanderen-circulair.be/en/cases/detail/circletex>

¹⁰ McKinsey & Company (2022) Scaling textile recycling in Europe – turning waste into value

In het licht van de “EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles” zijn diverse onderzoeksprojecten opgezet, waaronder:

- Cirtex ¹¹: ontwikkeling van recyclage- en productietechnologieën voor PET ¹² verwerkt in werkkleding in Noord-West Europa.
- CISUTAC ¹³: Europees onderzoek naar de manieren om om te gaan met ingezamelde kledij, het scheiden in bovenstroom en onderstroom en hoe deze laatste verder zo optimaal mogelijk te verwerken.
- INFINITEX ¹⁴: Living Lab gericht op de bovenstroom waarbij nieuwe businessmodellen worden getest en verbeterd zoals logistics-as-a-service.
- SCIRT ¹⁵: versnelling van de transitie naar een circulair modesysteem door technologische innovatie met nadruk op de designfase van textiel en de ontwikkeling van producten uit gerecycleerde garens.
- Het TISSUE-project ¹⁶: het project legt de nadruk op post-consumer textiel, met focus op de heterogene samenstelling van ingezameld katoen en polyester, en sortering op basis van NIR-technologie.

In de context van (post-consumer) textielinzameling en -verwerking wordt onderscheid gemaakt tussen bovenstroom en onderstroom. De bovenstroom verwijst naar het deel van het ingezamelde textiel dat geschikt is voor hergebruik. Dit betreft kledingstukken of huishoudtextiel die, na visuele inspectie of sortering, nog bruikbaar zijn en doorgaans opnieuw aangeboden worden via winkels.

De onderstroom omvat het textiel dat niet geschikt is voor hergebruik. Het gaat hier om sterk versleten, beschadigd, vervuild of technisch verouderd materiaal. Om deze onderstroom op een hoogwaardige manier te verwerken, zijn binnen het TISSUE-project een aantal belangrijke uitdagingen gedefinieerd:

1. Schaalvergroting van de recyclagemarkt is noodzakelijk. Er zijn momenteel weinig kant-en-klare toepassingen voor gescheiden ingezameld textiel, vooral door het gebrek aan voldoende constante en homogene monostromen. Dit onderstreept het belang van een goede scheiding en uitsortering.
2. De economische haalbaarheid van (lokale) recyclage van post-consumer textiel is beperkt, zeker in vergelijking met de vaak financieel aantrekkelijkere, maar minder transparante export van deze stromen.
3. Er is een tekort aan praktijkgerichte kennis over gerecycleerde vezels, zoals de eigenschappen die deze vezels moeten bezitten en de eisen waar ze aan moeten voldoen binnen productieprocessen.
4. De complexe materiaalsamenstelling van textiel vormt een technische uitdaging. De aanwezigheid van elastaan – vaak toegevoegd voor rekbaarheid – belemmert bijvoorbeeld de recyclagemogelijkheden aanzienlijk.
5. Tot slot is een ketenbenadering cruciaal, waarbij alle betrokken actoren samenwerken: van inzamelaars en sorteerdere tot recyclagebedrijven, producenten van gerecycleerde garens en kennisinstellingen.

¹¹ <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/cirtex-innovation-towards-a-circular-future-for-nwe-textiles/>

¹² PET: polyethyleentereftalaat - een thermoplastische polyester – in kledij vaak gemengd met katoen

¹³ CISUTAC – Circular and Sustainable Textiles and Clothing (No. 101060375 - 2022-2024)

¹⁴ www.infinitem.be

¹⁵ www.scirt.eu

¹⁶ Eindrapport Tissue project van Kringwinkel WEB, afvalintercommunale IOK en Centexbel met steun van OVAM

1.2 Europese beleidscontext

Op basis van de aangepaste Europese Afvalrichtlijn, goedgekeurd door het Europees Parlement in 2018, zijn de lidstaten van de EU verplicht om vanaf 2025 textiel gescheiden in te zamelen ¹⁷. In veel Europese landen gebeurt dit al via een combinatie van straatcontainers, brengpunten en huis-aan-huisophaling ¹⁸. Elk van deze systemen heeft zijn eigen voor- en nadelen, maar landen met hoge inzamelingspercentages – zoals België, met een inzamelingsgraad van ongeveer 50% – maken doorgaans gebruik van een gecombineerde aanpak, waardoor verschillende bevolkingsgroepen efficiënt bereikt worden.

De implementatie van de richtlijn zal naar verwachting leiden tot een stijging van de inzamelingspercentages voor post-consumer textiel, die momenteel gemiddeld rond de 12% liggen binnen Europa ¹⁸. Tegelijk wordt gevreesd dat de kwaliteit van het ingezamelde textiel zal afnemen ¹⁸, onder invloed van o.a. fast fashion. Dit benadrukt de noodzaak aan nieuwe en geavanceerde recyclagetechnologieën ¹⁹. In dit kader staat de optimalisatie van inzamelsystemen ter discussie: het vinden van een evenwicht tussen hoge inzamelvolumes en goede condities voor hergebruik is cruciaal ¹⁸.

In maart 2022 presenteerde de Europese Commissie een nieuwe strategie om textiel duurzaam, herstelbaar, herbruikbaar en recyclebaar te maken ²⁰. Deze strategie kadert binnen de Europese Green Deal, het actieplan circulaire economie en de Europese industriële strategie ²⁰. Centraal staat de ambitie om de milieu- en klimaatimpact van productie- en consumptiepatronen drastisch te reduceren ²¹. Het actieplan stelt bindende eisen voor op het vlak van ecologisch ontwerp voor textiel, bevordert producttransparantie via duidelijke informatie en introduceert het digitaal productpaspoort. Daarmee wil men niet alleen fast fashion aanpakken, maar ook innovatie in de sector stimuleren en circulaire businessmodellen versnellen ²².

In 2023 zette de Europese Commissie verdere stappen door het invoeren van geharmoniseerde regelgeving voor uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (EPR – extended producer responsibility) voor textiel. Dit systeem verplicht producenten en importeurs om verantwoordelijkheid te nemen voor de volledige levenscyclus van de producten die zij op de markt brengen. Tot voor kort was EPR voor textiel enkel verplicht in Frankrijk, Hongarije en Nederland, terwijl wordt verwacht dat dit in 2028 in Vlaanderen in voege zal treden.

Een uitdaging bij de implementatie van EPR is dat een groot deel van het ingezamelde textiel nog steeds wordt geëxporteerd voor hergebruik of verwerking. Hierdoor blijven de bijhorende EPR-vergoedingen vaak in het exporterende land, terwijl ontvangende landen – vaak in Afrika of Azië – worden geconfronteerd met verwerkingskosten zonder toegang tot die financiële middelen. Dit belemmert niet alleen een eerlijke internationale verdeling van verantwoordelijkheid, maar ondermijnt ook de mogelijkheid tot lokale verwerking in lijn met circulaire principes.

¹⁷ Directive - 2018/851 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1528981579179&uri=CELEX:32018L0851>

¹⁸ Management of used and waste textiles in Europe's circular economy — European Environment Agency (europa.eu)

¹⁹ Trzepacz, S., Bekkevold Lingas, D., Assherickx, L., Peeters, K., van Duijn, H., Akerboom, M., (2023). LCA-based assessment of the management of European Textiles.

²⁰ https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en

²¹ <https://www.europarl.europa.eu/topics/nl/article/20201208STO93327/de-gevolgen-van-textielproductie-en-afval-voor-het-milieu-infografieken>

²² eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0141

1.3 Vlaamse context

1.3.1 Beleid en initiatieven

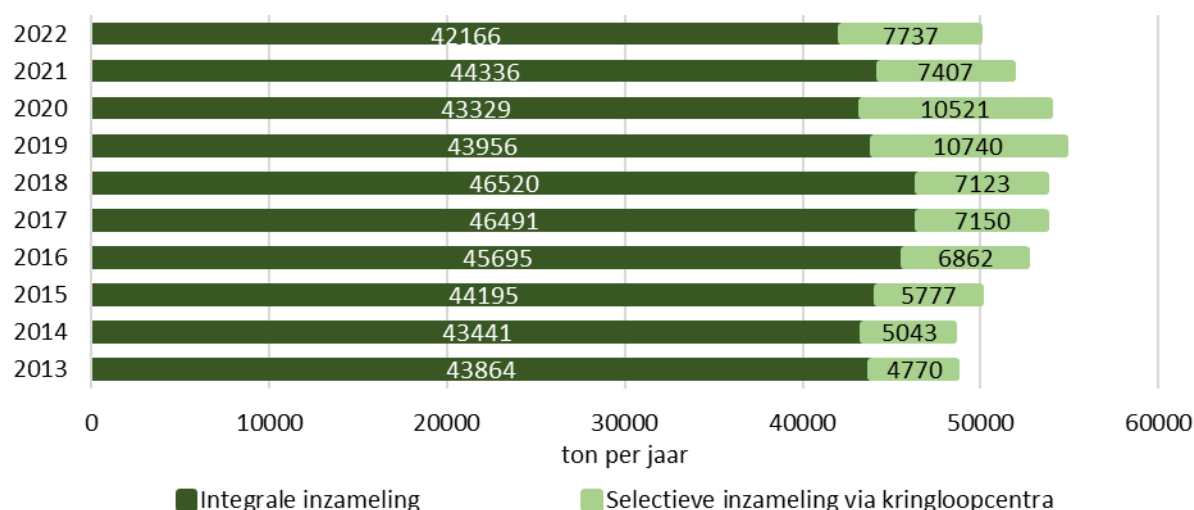
In het kader van het Vlaamse energie- en klimaatplan 2021-2023²³ wil Vlaanderen via het Lokale Materialenplan het integraal beleid rond circulaire economie vormgeven. Daarbij ligt de nadruk op preventie, hergebruik en het sluiten van materiaalkringlopen.

Voor de textielsector betekent dit dat Vlaanderen streeft naar een daling van de totale hoeveelheid huishoudelijk textielafval tegen 2030²⁵. Dit omvat zowel het textiel dat reeds apart wordt ingezameld als het textiel dat via het restafval verdwijnt. Om deze doelstelling te ondersteunen, zijn meerdere initiatieven gelanceerd die bijdragen aan de verduurzaming van de textielketen. Een voorbeeld hiervan is het relanceplan 'Vlaamse Veerkracht', dat lokale besturen en bedrijven stimuleert om te investeren in gescheiden inzameling en recyclage. Het plan mikt op een versnelling van de transitie naar een maximaal circulaire economie, waarbij ook textiel een prioritaire stroom vormt²⁴.

In Vlaanderen is elke gemeente wettelijk verplicht om afgedankt post-consumer textiel apart in te zamelen via een door OVAM erkende inzamelaar. Deze inzamelaars worden aangeduid via overheidsopdrachten, vaak in samenwerking met intercommunales. Er wordt onderscheidt gemaakt tussen 2 types inzameling:

- Selectieve inzameling: via direct afgifte bij de kringloopcentra of een winkel waarbij een visuele selectie gebeurt op hergebruik door de schenker en bij afgifte.
- Integrale inzameling: via textielcontainers of via huis-aan-huisophaling zonder controle bij afgifte.

Volgens het Lokaal Materialenplan moeten gemeenten ofwel minimaal vier keer per jaar huis-aan-huisinzameling organiseren, ofwel minstens één textielcontainer per 1.000 inwoners voorzien^{25,26}. Daarnaast moet op elk standaard recyclagepark de mogelijkheid geboden worden om textielafval te deponeren²⁶.



Figuur 2: Inzameling huishoudelijk afval in Vlaanderen in de periode 2013-2022 - Afvaltype: textiel²⁷.

²³ <https://www.vlaanderen.be/veka/energie-en-klimaatbeleid/vlaams-energie-en-klimaatplan-vekp-2021-2030>

²⁴ <https://ovam.vlaanderen.be/vlaanderen-als-recyclagehub>

²⁵ <https://ovam.vlaanderen.be/textiel>

²⁶ OVAM (2023). Lokaal Materialenplan – Uitvoeringsplan huishoudelijk afval en gelijkaardig bedrijfsafval 2023-2030. <https://ovam.vlaanderen.be/lokaal-materialenplan-2023-2030>

²⁷ <https://ovam.vlaanderen.be/cijfers-huishoudelijk-afval-en-gelijkaardig-bedrijfsafval>

Alle ingezamelde textielhoeveelheden worden jaarlijks gerapporteerd aan OVAM. In de periode 2013–2022 is gemiddeld 44.500 ton per jaar integraal ingezameld via containers, huis-aan-huisophaling en recyclageparken, goed voor ongeveer 6,8 kg per inwoner. Deze volumes vertonen een stabiel verloop, met een minimum van 42.000 ton in 2022 en een maximum van 46.500 ton in 2018 (Figuur 2). Daarnaast wordt ook herbruikbaar textiel rechtstreeks afgegeven aan kringloopcentra (selectieve inzameling). Aangezien deze stroom niet als afval wordt geregistreerd, wordt deze apart gerapporteerd. In dezelfde periode schommelde de hoeveelheid directe afgifte bij kringloopcentra tussen 4.700 en 10.740 ton per jaar.

1.3.2 Inzamelaars

Inzamelaars van textielafval moeten in Vlaanderen geregistreerd zijn bij OVAM als inzamelaar, handelaar of makelaar van afvalstoffen (IHM) ^{25,28}. Wanneer de inzamelaar ook instaat voor het transport van het ingezamelde textiel, is een aanvullende registratie als vervoerder van afvalstoffen verplicht ²⁵. Daarnaast is voor elke inzamelactiviteit op gemeentelijk grondgebied de toestemming van de lokale overheid vereist ²⁵. De door OVAM erkende inzamelaars worden onderverdeeld in 3 groepen: kringloopcentra, private non-profitorganisaties en private profitbedrijven. Op basis van de cijfers voor 2022 hebben de private profitbedrijven een gezamenlijk marktaandeel van ongeveer 53% van de ingezamelde volumes. De kringloopcentra vertegenwoordigen ongeveer 34%, terwijl de resterende 13% toevalt aan de private non-profitsector ²⁹.

1.3.2.1 Kringloopcentra

Gemeenten kunnen ervoor kiezen om een deel van de textielinzameling voor te behouden aan kringloopcentra, ook gekend als kringloopwinkels ³⁰. Deze sector vormt een sterk georganiseerd netwerk dat inzet op sociale tewerkstelling in combinatie met hergebruik van goederen, waaronder textiel ³¹. Via inzameling, sortering en verkoop van herbruikbare goederen leveren kringloopbedrijven al sinds de jaren 1990 een belangrijke bijdrage aan het Vlaamse afval- en materialenbeleid ³².

In 2024 bestaat de kringloopsector uit 27 erkende en autonome bedrijven, actief binnen een vastgelegd verzorgingsgebied (Figuur 3). Deze gebieden, vastgelegd in het Besluit van de Vlaamse Regering van 2005 ³³, omvatten telkens minstens 75.000 inwoners ³³ en bestrijken gemiddeld 200.000 inwoners. In totaal zijn er 165 winkelpunten actief binnen deze gebieden ³⁴. Dit aantal omvat grote mega stores tot kleinere boetieks met een beperkt aanbod en textielwinkels.

In 2022 hebben de kringloopcentra samen ongeveer 8.000 ton textielafval ingezameld via textielcontainers, goed voor ongeveer 20% van de integrale inzameling ³⁵. Het textiel dat rechtstreeks bij de kringloopcentra is afgegeven (selectieve inzameling) – in totaal ongeveer 8.000 ton – worden apart gerapporteerd en niet als afval beschouwd ³⁵. Dus in totaal hebben de kringloopcentra in 2022 zo'n 16.000 ton textiel ingezameld.

²⁸ OVAM Webloket Registraties: <https://www.vlaanderen.be/registratie-als-inzamelaar-handelaar-of-makelaar-van-afvalstoffen>

²⁹ ovam.vlaanderen.be/materialen-informatiesysteem-en-benchmark-2022 (som van integrale en selectieve inzameling)

³⁰ <https://www.vvsg.be/nieuws/inzameling-textiel-door-gemeenten>

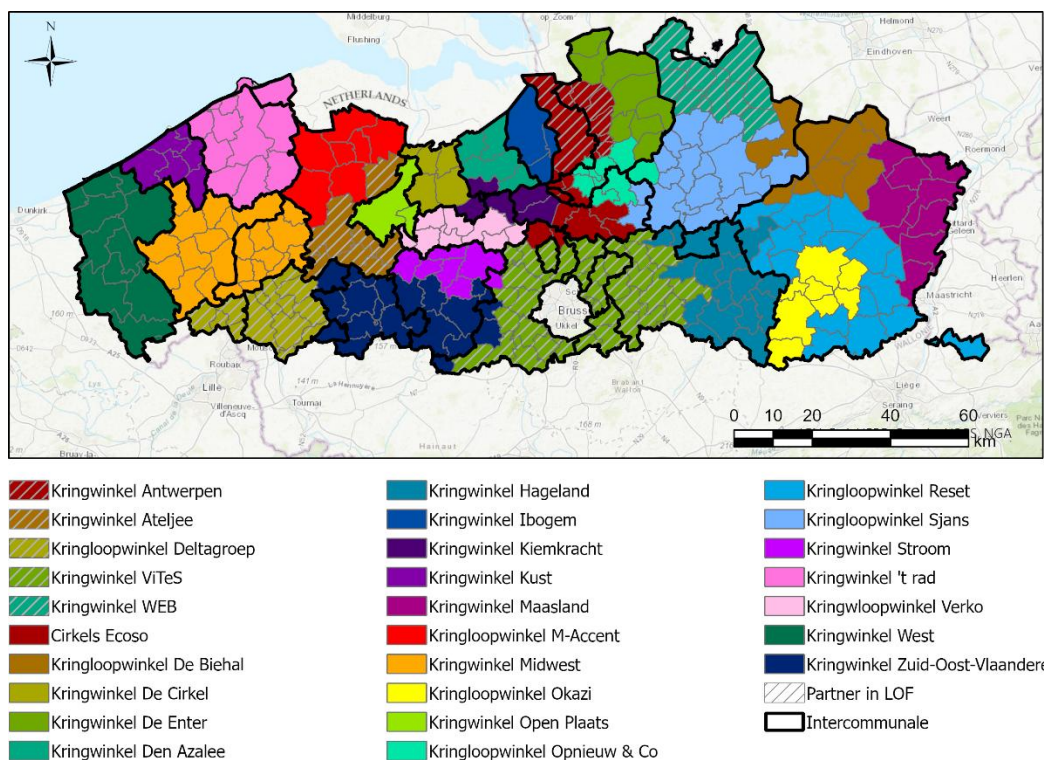
³¹ <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/18925>

³² <https://ovam.vlaanderen.be/lokaal-materialenplan-2023-2030>

³³ <https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/legislation/migrated/sb070705-3.pdf>

³⁴ <https://ovam.vlaanderen.be/werking-kringloopcentra-in-de-praktijk>

³⁵ Benchmark 2022



Figuur 3: Verzorgingsgebieden in Vlaanderen met indicatie van de werkingsgebieden van de verschillende intercommunes (op basis van ³⁶).

1.3.2.2 Private non-profit bedrijven

Private non-profitorganisaties zijn actief in textielinzameling met een maatschappelijke en ontwikkelingsgerichte doelstelling, eerder dan een commerciële. De opbrengsten uit de verkoop van ingezamelde kleding worden vaak gebruikt voor lokale en internationale projecten rond armoedebestrijding, onderwijs of gezondheidszorg.

In 2022 verzamelden de private non-profitorganisaties samen ongeveer 6.500 ton textielafval, wat overeenkomt met ongeveer 15 % van de totale integrale inzameling in Vlaanderen ³⁷. Tot deze groep behoren organisaties zoals We Make Hope vzw (ook gekend als Wereld Missie Hulp), Oxfam Solidariteit, Salvatorhulp, en Mensenzorgen Spullenhulp.

We Make Hope vzw zamelt textiel in als bron van financiering voor duurzame ontwikkelingsprojecten. Het ingezamelde textiel wordt gesorteerd, hersteld waar nodig en opnieuw aangeboden via tweedehandswinkels of rechtstreeks gedoneerd aan mensen in nood. ³⁸

Oxfam Solidariteit is een bredere beweging die inzet op mondiale solidariteit via humanitaire hulp, ontwikkelingssamenwerking en beleidsbeïnvloeding ³⁹. Oxfam beschikt in België over ongeveer 600 textielcontainers en een netwerk van 30 tweedehandswinkels. Via samenwerking met de winkelketen E5-mode zamelt Oxfam jaarlijks ongeveer 800 ton textiel in, waarvan naar schatting 80% een tweede leven krijgt in de eigen verkoopkanalen ⁴⁰.

³⁶ <https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/kringloopcentra?x=128885&y=203424&z=10>

³⁷ ovam.vlaanderen.be/materialen-informatiesysteem

³⁸ Op 20 juni 2025 werd het nieuws bekend gemaakt dat WMH in vrijwillige vereffening wordt gesteld als gevolg van de structurele wijzigingen in textielophaling en andere actuele uitdagingen (<https://www.wemakehope.be/we-make-hope-vzw/>)

³⁹ <https://oxfambelgie.be/transparantie-en-financien>

⁴⁰ <https://oxfambelgie.be/activiteiten/inzamelactie-met-e5>

1.3.2.3 Private profitbedrijven

De private profitbedrijven zijn verantwoordelijk voor het grootste aandeel in de Vlaamse textielinzameling. Op basis van de cijfers voor 2022 hebben zij samen een marktaandeel van ongeveer 60%, wat overeenkomt met een volume van ongeveer 26.000 ton integraal ingezameld textiel⁴¹. Vlaanderen telt verschillende private spelers in deze sector, met Curitas en het Vlaams Inzamelcentrum Textiel (VICT) als de voornaamste inzamelaars⁴².

VICT beheert een netwerk van ongeveer 3.500 textielcontainers, verspreid over het Vlaamse grondgebied. Jaarlijks zamelt VICT daarmee ongeveer 13.000 ton textiel in⁴². De sortering van deze fracties gebeurt bij Recutex NV. Volgens eigen cijfers wordt gemiddeld 73% van het ingezamelde textiel hergebruikt, 22% gerecycleerd, en 5% verbrand als hoogcalorisch afval⁴³.

Curitas, een andere prominente speler, is actief in de inzameling van gebruikt textiel en schoeisel, en maakt deel uit van de internationale Boer Group. Curitas beschikt over ongeveer 1.100 containers in Vlaanderen en zamelt jaarlijks ongeveer 14.500 ton textielafval in⁴². Binnen de Boer Group wordt dagelijks ongeveer 450 ton textiel verwerkt, waarvan 180 ton verdeeld wordt over drie sorteercentra in Nederland.

1.3.3 Waardeketen

Exacte cijfers over wat er na inzameling gebeurt met het ingezamelde textiel zijn op dit moment nog niet volledig beschikbaar. Toch zijn er globale schattingen over de verdeling tussen hergebruik, recyclage en verbranding, zoals weergegeven in Figuur 4⁴⁴.

Volgens cijfers van OVAM wordt in Vlaanderen jaarlijks ongeveer 90.000 ton textiel afgedankt, wat overeenkomt met gemiddeld 13 kg per inwoner. Ongeveer de helft van dit volume – ruim 45.000 ton – wordt via het huisvuil ingezameld⁴⁵ en vervolgens verbrand (in 2014). De andere helft wordt gescheiden ingezameld via kringloopcentra, private inzamelaars en recyclageparken.

In 2022 heeft de Vlaming in totaal ongeveer 83.000 ton textiel weggegooid⁴⁴. Daarvan is:

- 17.000 ton ingezameld door kringloopcentra,
- 33.000 ton via private inzamelaars (zowel profit als non-profit),
- 33.000 ton verdween in het restafval (en dus niet apart ingezameld).

Van de ongeveer 50.000 ton ingezameld textiel, wordt het grootste deel naar collectiecentra gebracht, waar de nog bruikbare fracties worden uitgesorteerd⁴⁶. Gemiddeld komt ongeveer 55% van deze fractie in aanmerking voor hergebruik, hetzij in België, hetzij elders in Europa of daarbuiten. Specifiek voor de kringloopcentra is bekend dat zij ongeveer 4.500 ton textiel lokaal opnieuw in omloop brengen via hun winkels⁴⁷.

De niet-herbruikbare fractie wordt grotendeels gerecycleerd naar laagwaardige toepassingen, zoals vezelbinding tot non-woven materialen of verwerking tot industriële poetsdoeken. Dit betreft naar schatting ongeveer 15.000 ton per jaar⁴⁷. Het resterende deel, zo'n 6.000 ton, komt niet in aanmerking voor recyclage en wordt alsnog verbrand⁴⁷.

⁴¹ ovam.vlaanderen.be/materialen-informatiesysteem

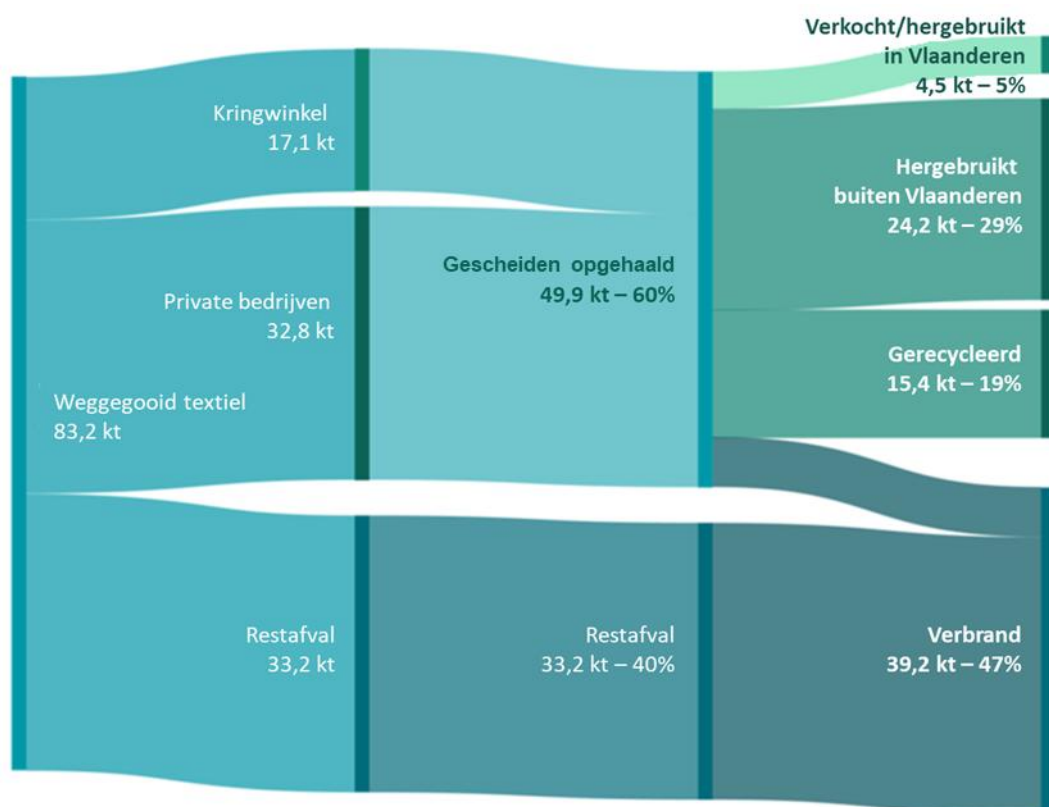
⁴² <https://vil.be/wp-content/uploads/2020/06/2020-CiloTEX-Circulaire-Logistiek-voor-de-Textielindustrie.pdf>

⁴³ <https://www.vic-tex.be/>

⁴⁴ <https://cemonitor.be/indicator/consumentengoederen/afval/verwerking-van-end-of-life-textiel/>

⁴⁵ Sorteeraanlyse OVAM (2014): <https://www.vlaanderen.be/publicaties/sorteeraanlyse-huisvuil>

⁴⁶ <https://www.vvsg.be/nieuws/inzameling-textiel-door-gemeenten>



Figuur 4: Vlaamse context - Sankey diagram van de verwerking van end-of-life textiel in 2022 ⁴⁷.

1.4 Labs on Fibre project

Het Labs On Fibre (LoF) project maakt deel uit van de oproep 'Living Labs Circulaire Economie' (2023) van het VLAIO – Vlaams Agentschap Innoveren en Ondernemen ⁴⁸. Deze oproep stimuleert brede partnerschappen rond living labs die zich richten op systeemveranderingen in de maakindustrie met het oog op circulaire oplossingen. De projecten binnen dit kader focussen op het ontwikkelen, testen, implementeren en opschalen van circulaire praktijken.

Labs On Fibre ⁴⁹ beoogt een breed Vlaams partnerschap van textielinzamelaars uit de sociale profit sector, waaronder kringloopcentra en private non-profitorganisaties. Doel is om de Vlaamse keten voor post-consumer textiel op een hoogwaardige, lokale en transparante manier te sluiten, in lijn met de principes van de circulaire economie. Binnen het project ligt de focus specifiek op de onderstroom: het textiel dat na een eerste sortering niet langer geschikt is voor hergebruik.

Het LoF project wordt gedragen door 3 principes:

1. Duurzaamheid: ingezameld textiel wordt omgezet in hoogwaardige vezels, wat de maakindustrie toelaat om haar materiaalvoetafdruk aanzienlijk te verlagen.
2. Transparantie: duidelijke rapportering over de verwerkingsmethoden zodat zowel burgers als bedrijven kunnen nagaan wat er met het textiel gebeurt. Dit garandeert toegang tot traceerbare, lokaal verwerkte grondstoffen.
3. Lokaleiteit: het project beoogt logistiek efficiënte en geografisch nabijgelegen oplossingen, met nadruk op verwerkingscapaciteit binnen Vlaanderen en Europa. Dit versterkt de bevoorradingszekerheid voor de lokale maakindustrie.

⁴⁷ <https://cemonitor.be/indicator/consumentengoederen/afval/verwerking-van-end-of-life-textiel/>

⁴⁸ <https://www.vlaio.be/nl>

⁴⁹ <https://labsonfibre.be/ontdek-het-project/>

Het project omvat 4 kernactiviteiten:

1. Textielanalyse (onder leiding van Centexbel): in kaart brengen van de samenstelling van de huidige onderstromen en hun potentiële verwerkingsroutes.
2. Logistieke analyse (onder leiding van MooV/VITO): bepalen van de optimale logistieke organisatie en schaalgrootte voor het sorteren van onderstromen.
3. Living labs (onder leiding van Ariadne Innovation): uitwerken van praktijkgerichte testcases in diverse labo-omgevingen, inclusief marktverkenning, haalbaarheidsanalyse en netwerkvorming met ketenpartners.
4. Coördinatie en kennisdeling (onder leiding van Herw!n): opstellen van een gedeelde methodologie voor experimenten en het stroomlijnen van inzichten tussen de verschillende projectonderdelen.

Tabel 1: Partners betrokken in Labs on Fibre.

Partner	Omschrijving	Logo
We Make Hope	WMH is een vzw die via ontwikkelingsprojecten de leefomstandigheden van mensen wil verbeteren op een duurzame manier. In kader van hun werking, zamelt WMH grote hoeveelheden textiel in.	
Oxfam solidariteit	Oxfam is een vzw die zich onder meer toelegt op de verkoop van tweedehands items. Zo'n 20% wordt verkocht via OXFAM-winkels. De winst uit de verkoop gaat naar Oxfam-projecten wereldwijd.	
Kringwinkel Antwerpen	Kringwinkel Antwerpen is een vzw met als hoofdpdracht de tewerkstelling van werknemers met een afstand tot de arbeidsmarkt. Dit doen ze door de inzameling en verkoop van tweedehandsgoederen in hun 14 winkels. Kringwinkel Antwerpen beschikt over een sterk innovatieteam en is daarbovenop al jaren bezig met het inzamelen en duurzaam verwerken van textiel.	
Kringloopwinkel Deltagroep	Kringloopwinkel Deltagroep in regio zuid West-Vlaanderen (8 kringwinkels) wordt de textielkampioen van de kringloopsector genoemd, wegens hoge hergebruikcijfers en hun nieuwe state-of-the art textielsorteerlijn.	
Kringwinkel ViTēs	Kringwinkel ViTēs heet 11 kringwinkels in Vlaams-Brabant die zich in de eerste plaats toelegt op het vormen van een duurzame tewerkstelling. Daarnaast stelt ViTēs alles in het werk om te zoeken naar oplossingen rond de verwerking van duurzaam textiel.	
Kringwinkel WEB	Kringwinkel WEB, in regio Turnhout, beschikt over 4 kringwinkels en is één van de textielpioniers binnen de Kringwinkel sector. Ook WEB heeft als hoofddoel om kwaliteitsvolle sociale tewerkstelling aan te bieden en hergebruik te stimuleren.	
Kringwinkel Ateljee	De Kringwinkel Ateljee heeft 11 Kringwinkels, verspreid over Gent, Evergem, Deinze en Nazareth met als hoofdpdracht de tewerkstelling van werknemers met afstand tot de arbeidsmarkt door de inzameling en verkoop van tweedehandsgoederen.	

Partner	Omschrijving	Logo
JBC	JBC is een Belgische kledingretailer die al sinds 1975 betaalbare mode aanbiedt voor het hele gezin. In de voorbije jaren heeft JBC zich sterk geprofileerd als een pionier op het vlak van duurzaamheid binnen de Belgische retail. Zo werkt JBC actief aan het verduurzamen van hun keten, met aandacht voor lokale samenwerking, het gebruik van meer duurzame materialen en initiatieven zoals kledinginzameling en recyclage.	
Centexbel	Centexbel is het wetenschappelijk en technisch onderzoekscentrum van de Belgische textielindustrie. Door het bevorderen van onderzoek en technologische ontwikkeling wil Centexbel de kostenefficiëntie, kwaliteit en productiecapaciteit van de Belgische textielindustrie versterken.	
VITO	VITO is een onafhankelijk Vlaams onderzoekscentrum dat wetenschappelijk advies en technologische innovaties biedt rond de thema's energie, chemie, materialen, gezondheid en ruimtegebruik om de overgang naar een duurzame samenleving te vergemakkelijken. Ze bieden objectief onderzoek, studies en advies waarop de industrie en de overheid hun toekomstig beleid kunnen baseren.	
Blenders	Blenders profileert zich als onafhankelijke impact-onderneming die dromen en ideeën van ondernemers, organisaties of andere creatieve geesten verbindt met de juiste kennis, middelen en ervaring om zo innovatieve producten en diensten te kunnen ontwikkelen.	
Ariadne Innovation	Ariadne Innovation richt zich op de textiel- en mode-industrie en hebben als missie om de sector duurzamer te maken via een online platform waar leveranciers en klanten elkaar vinden en wereldwijde trends worden gedeeld, via verschillende marketingtools en het leveren van expertise in co-creatie.	

1.5 Logistieke vraagstukken

De omschakeling naar een circulaire textielketen vereist een fundamentele herziening van de logistieke organisatie, waarbij naast de klassieke inzameling van gebruikt textiel ook sortering, voorbereiding en recyclage geïntegreerd moeten worden (Figuur 1 en Figuur 5). De organisatie van deze activiteiten wordt bemoeilijkt doordat textielstromen vaak in relatief kleine volumes voorkomen, verspreid over talrijke locaties. Deze versnippering vormt een belangrijke organisatorische uitdaging voor het opstarten van robuuste businessmodellen. Om tot efficiënte sortering en verwerking te komen, is het essentieel om voldoende volume te bundelen en te beschikken over aangepaste infrastructuur die toelaat om recyclagepraktijken ook op Europese schaal op te schalen^{50,51}.

⁵⁰ McKinsey, 2022. Scaling textile recycling in Europe - turning waste into value, <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>.

⁵¹ Sandberg, E., Pal, R. (2024) Exploring the supply chain capabilities in textile-to-textile recycling – A European interview study. Cleaner Logistics and Supply Chain 11, 100152. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100152>

De klassieke, gedecentraliseerde sortering en opslag (zoals in-store sortering) komen in toenemende mate onder druk te staan. Enerzijds bieden gecentraliseerde modellen duidelijke schaalvoordelen, zoals efficiëntere inzet van personeel en installaties, lagere kosten per eenheid en betere aansluiting op industriële recyclagevereisten⁵¹. Anderzijds vergen ze een zorgvuldige afweging: toenemende transportafstanden kunnen de ecologische en economische voordelen deels tenietdoen. Daarom is het vinden van een evenwicht tussen gecentraliseerde en decentrale strategieën essentieel, waarbij zowel logistieke efficiëntie als regionale verankering in rekening worden gebracht⁵¹.

De bestaande academische literatuur over supply chain modellen in de textielindustrie richt zich op verschillende aspecten van de toeleveringsketen, variërend van de inkoop van grondstoffen tot de levering van eindproducten. Zo introduceren Bouzembrak et al. (2013)⁵² een model dat de selectie van leveranciers en de locatie van magazijnen optimaliseert, rekening houdend met onzekerheden in vraag en leverancierscapaciteit. Berthier et al. (2020)⁵³ ontwikkelen een mixed-integer programming (MIP) model om productieplaatsen voor stoffen optimaal te positioneren en zo de totale kosten van de toeleveringsketen te reduceren.

Hoewel deze modellen waardevol zijn voor conventionele, lineaire ketens, bieden ze weinig aanknopingspunten voor circulaire modellen die rekening houden met textielafvalbeheer en recyclage, en nog minder voor omgekeerde logistiek van post-consumer textiel⁵⁴. Andere recente studies, waaronder Dukovska-Popovska et al. (2023)⁵⁵ en McKinsey (2022)⁵⁶, benadrukken dat textiel-tot-textielrecyclage nog een prille sector is, met een onderontwikkelde logistieke infrastructuur. De bottleneck bevindt zich vaak in het ontbreken van robuuste en schaalbare inzameling, sortering en recyclage⁵⁷. De keten moet niet alleen efficiënt en kosteneffectief zijn, maar ook lokaal en transparant functioneren binnen de principes van de circulaire economie.

Om deze uitdaging aan te gaan, pleiten verschillende onderzoekers voor een sterkere integratie van geografische informatie, actorenanalyse en systeendenken in het ontwerp van circulaire textielketens. Zhuravleva en Aminoff (2021)⁵⁸ benadrukken het belang van inzicht in de rol van lokale inzamelaars en sorteerders, terwijl McKinsey (2022) wijst op de nood aan een gebalanceerde infrastructuur die zowel transportafstanden als ecologische impact minimaliseert.

Zoals opgemerkt door meerdere auteurs, waaronder Zhuravleva en Aminoff (2021), Dukovska-Popovska et al. (2023), en McKinsey (2022), zal de configuratie van de textielafvalketen bepalend zijn voor het opschalen van recyclingoperaties en het behalen van duurzaamheidsdoelstellingen.

⁵² Bouzembrak, Y., Allaoui, H., Goncalves, G., Bouchriha, H. & Baklouti, M. (2013). A possibilistic linear programming model for supply chain network design under uncertainty. *IMA Journal of Management Mathematics*, 24, 209–229. doi:10.1093/imaman/dps012

⁵³ Berthier, A., Chehade, H., Yalaoui, A., Bouillot, C., Amodeo, L. & Yalaoui, F. (2020). Case study of supply chain in textile industry: a dynamic product allocation decision problem. In *Conference Internationale De Modelisation, Optimisation Et Simulation (MOSIM2020)*. Hal Open Science. URL: <https://hal.science/hal-03193147/>.

⁵⁴ Alves, G.A., Tavares, R.F., Amorim, P., Camargo, V.C.B. (2022) A systematic review of models and solution approaches for the textile supply chain. 10.2139/ssrn.4577774

⁵⁵ Dukovska-Popovska, I., Kjellsdotter, L., Jónsdóttir, H., Dreyer, H.C., Kaipia, R. (2023). The supply and demand balance of recyclable textiles in the Nordic countries. *Waste management* 159(4): 154-162.

⁵⁶ McKinsey (2022)

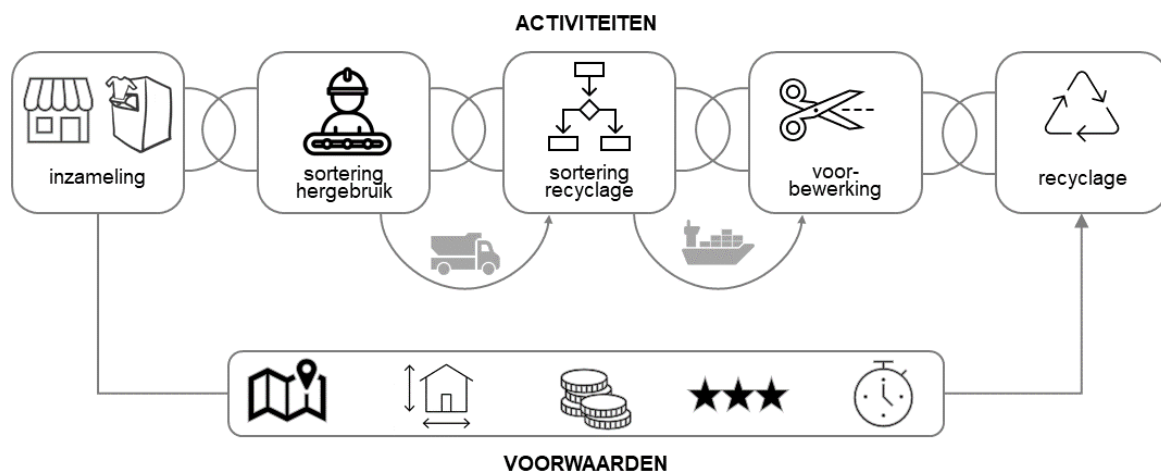
⁵⁷ Sandberg, E., Pal, R., (2024). Exploring supply chain capabilities in textile-to-textile recycling – A European interview study. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 11: 100152.

⁵⁸ Zhuravleva, A., Aminoff, A. (2021). Emerging partnerships between non-profit organizations and companies in reverse supply chains: enabling valorization of post-use textile. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 51 (9): 978-998.

Opvallend is dat nauwelijks modellen bestaan die expliciet het netwerkontwerp van circulaire textielsystemen optimaliseren. Zelfs recente pogingen, zoals het reverse logistics model van Singh (2024)⁵⁹, beperken zich tot transportvraagstukken en laten de bredere configuratie onbesproken. Nochtans zullen, zoals meerdere auteurs benadrukken, deze netwerkkeuzes bepalend zijn voor het behalen van de duurzaamheidsdoelen binnen de circulaire economie.

Het LoF-project speelt expliciet in op de bestaande lacune in kennis en modellen rond de organisatie van circulaire textielketens. Binnen dit project onderzoekt het MooV-team van VITO aan de hand van scenarioanalyses hoe locatiekeuze, sorteertechnologie en schaalgrootte de inrichting en performantie van de logistieke keten beïnvloeden. Centraal in deze benadering staat een langetermijnvisie waarin de sortering van onderstromen wordt gecentraliseerd, met Vlaanderen als strategische kernregio. Door volumes te bundelen in gedeelde sorteerhubs en samenwerking tussen inzamelaars te stimuleren, wordt ingezet op schaalvoordelen, verhoogde capaciteitsbenutting en logistieke efficiëntie — met als uiteindelijke doel de opbouw van duurzame en robuuste businessmodellen voor textielrecyclage.

Om deze visie te ondersteunen, wordt gebruikgemaakt van het MooV-model: een door VITO ontwikkeld optimalisatiemodel dat toelaat om complexe vraagstukken rond netwerkconfiguratie, infrastructuurplanning en logistieke strategieën diepgaand te analyseren⁶⁰. Door deze analytische aanpak te koppelen aan praktijkdata uit de labo's, worden realistische, schaalbare en context specifieke oplossingen ontwikkeld voor de organisatie van sortering en voorbereiding binnen een circulaire textielketen.



Figuur 5: Hoofdactiviteiten en -voorwaarden in de textielketen.

⁵⁹ Singh, A., Goel, A. (2024). Design of the supply chain network for the management of textile waste using a reverse logistics model under inflation. *Energy* 292: 130615.

⁶⁰ <https://moov.vito.be/en>

De logistieke studie binnen het Labs on Fibre project heeft als doel om:

1. De effectiviteit te evalueren van hubs als centrale knooppunten voor de sortering en verwerking van onderstromen.
2. Samenwerkingsmodellen tussen verschillende actoren te analyseren om synergiën en schaalvoordelen te maximaliseren.
3. De impact van verhoogde circulariteit te onderzoeken op de duurzaamheid, efficiëntie en robuustheid van logistieke operaties.
4. De voordelen, beperking en omslagpunten te kwantificeren van gecentraliseerde versus gedecentraliseerde logistieke systemen.
5. Transportafstanden en logistieke efficiëntie te analyseren in relatie tot de kosten.
6. Een flexibel en schaalbaar supply chain model te ontwikkelen voor een geïntegreerde logistieke infrastructuur dat inspeelt op toekomstige noden en mee kan groeien met de circulaire textielketen.

1.6 MooV oplossing

Om de logistieke uitdagingen binnen de circulaire textielketens gericht aan te pakken, stelt VITO de MooV service voor: een supply chain optimalisatieservice die organisaties op wetenschappelijk onderbouwde wijze ondersteunt bij strategische beslissingen over hun toeleveringsketen (<https://moov.vito.be/en>). De MooV service wordt toegepast in diverse contexten waaronder het bepalen van de optimale locaties voor nieuwe infrastructuur, het evalueren van samenwerkingsmodellen en het herontwerpen van bestaande logistieke netwerken met als doel de performantie te verhogen en operationele risico's te beperken.

Wat de MooV service onderscheidt, is de combinatie van een krachtig wiskundig optimalisatiemodel met de inhoudelijke expertise van supply chain specialisten. Centraal staat het MooV core model: een generiek en universeel mixed integer linear programming model dat de fundamentele logica voor transportoptimalisatie, locatiekeuze en netwerkontwerp combineert. Binnen dit model worden drie essentiële groepen randvoorwaarden geïntegreerd: (i) combinatievoorwaarden, die bepalen welke combinaties van producten, activiteiten en locaties zijn toegestaan; (ii) massabalansvoorwaarden, die zorgen voor consistentie in de doorstroming van producten; en (iii) vraag- en aanbodvoorwaarden, die zowel PULL- als PUSH-aansturing van productstromen toelaten. Deze set van regels maakt het mogelijk om stromen en transformaties van producten doorheen een keten van bewerkingen en transportbewegingen te modelleren, inclusief de implicaties op vlak van kosten, capaciteit en infrastructuurgebruik.

Voor het Labs on Fibre project is het core model verrijkt met specifieke karakteristieken van de textielrecyclageketen, wat resulteert in het Labs on Fibre model. Dit LoF model laat toe om diverse netwerkconfiguraties en scenario's met betrekking tot de mobilisatie van onderstromen (in Vlaanderen) door te rekenen en te vergelijken. De modellering is modulair en flexibel opgezet, zodat variaties in onder meer volume, inzamelstructuur, sorteerlocaties, type recyclagetechnologieën en geografisch toepassingsgebied eenvoudig kunnen worden geanalyseerd.

De kracht van deze aanpak ligt in de mogelijkheid om scenario's systematisch te toetsen op hun effect op mobilisatiekosten, logistieke efficiëntie en duurzaamheidsparameters. Resultaten worden steeds visueel ondersteund via kaarten, grafieken en interactieve dashboards, zodat beslissingsnemers snel inzicht verkrijgen in complexe ketenstructuren en hun onderliggende dynamieken.

Een bijkomende innovatie binnen het project is de integratie van de Continuous Multi-Scale Approach (CMA) ⁶¹ in het LoF model. Dit algoritme is ontwikkeld om de strategische uitdagingen van first- en last-mile distributie te modelleren. De CMA combineert ruimtelijke vraagpatronen met een benadering voor de schatting van distributieroutes, zodat planningsbeslissingen op strategisch niveau beter ondersteund worden. Het werkingsgebied wordt daarbij opgedeeld in hexagonale districten via het Districting Problem, wat zorgt voor een evenwichtige verdeling van operationele zones. Tegelijk biedt het gebruik van het Beardwood-Halton-Hammersley-theorema (Continuous Approximations) een robuuste schatting van transportafstanden, zonder dat gedetailleerde routeringsdata nodig zijn. Daarnaast houdt het model rekening met stochastische elementen zoals fluctuerende vraag, leveringonzekerheid en variabiliteit in sorteeroutput — factoren die bijzonder relevant zijn in de dynamische en operationeel complexe context van textielinzameling, -sortering en -voorbewerking.

⁶¹ Arevalo-Ascanio, R., De Meyer, A., Gevaers, R., Guisson, R., Dewulf, W. (2024). From operational to strategic modelling : a continuous multi-scale approach for last-mile analysis. *Transportation research : part E : logistics and transportation review*: 191, 1-25. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2024.103738>

2 DEFINITIE VAN DE SYSTEEM GRENZEN EN INPUT DATA

In dit hoofdstuk worden de systeemgrenzen gedefinieerd waarbinnen de logistieke analyses van het Labs on Fibre project plaatsvinden. Er wordt een overzicht gegeven van de betrokken activiteiten binnen de textielketen, inclusief hun specifieke kenmerken, randvoorwaarden en onderlinge verbanden. Voor het vastleggen van de aannames en parameters over technische vereisten en kosten is beroep gedaan op inhoudelijke expertise, zowel binnen als buiten het consortium—met name van Centexbel en Ariadne Innovation. Daarnaast zijn inzichten uit eerdere relevante projecten meegenomen, waaronder SCIRT, CISUTAC, Circletex en TISSUE.

2.1 Functionele vereisten

2.1.1 Flexibiliteit

Bij de beoordeling van alternatieve mobilisatiestrategieën is het essentieel om met uiteenlopende eisen en beslissingsparameters rekening te houden. Denk hierbij aan beschikbaarheid van textielstromen, de keuze tussen centrale of decentrale sortering en het type afnemer. Daarom vormt flexibiliteit een kernaspect van de MooV-methodologie. De aanpak maakt het mogelijk om scenario's op maat te modelleren en hun impact op sleutelindicatoren (KPI's) te analyseren.

Het ontwikkelde Labs on Fibre model is gekoppeld aan de Labs on Fibre database waarin de gegevens over de bestudeerde textielketen worden beheerd. Deze opzet laat toe om eigenschappen van de onderstromen, sorteeractiviteiten, opslag, verwerking en transport eenvoudig aan te passen, wat toelaat om alternatieve scenario's en gevoeligheidsanalyses uit te voeren.

De karakteristieken die per activiteit kunnen worden gespecificeerd, zijn onder meer (cf. Figuur 5):

- Productkenmerken: aard van de grondstoffen, tussen- en eindproducten en hun potentieel voor hergebruik en recyclage;
- Inzameling: type inzameling, inzamelcapaciteit, kost;
- Sortering: sorteertype, capaciteit, koststructuur, impact op de kwantiteit en kwaliteit van de onderstroom of classificatie van de recyclagefracties;
- Voorbewerking: type behandelingen, vereiste kwaliteit van inputstromen, koststructuur;
- Verwerking: type recyclage, vraag, verwerkingsvereisten en match met gesorteerde fracties;
- Transport modus: type transportmiddel, laadcapaciteit, afstandsafhankelijk kosten en uurtarieven.

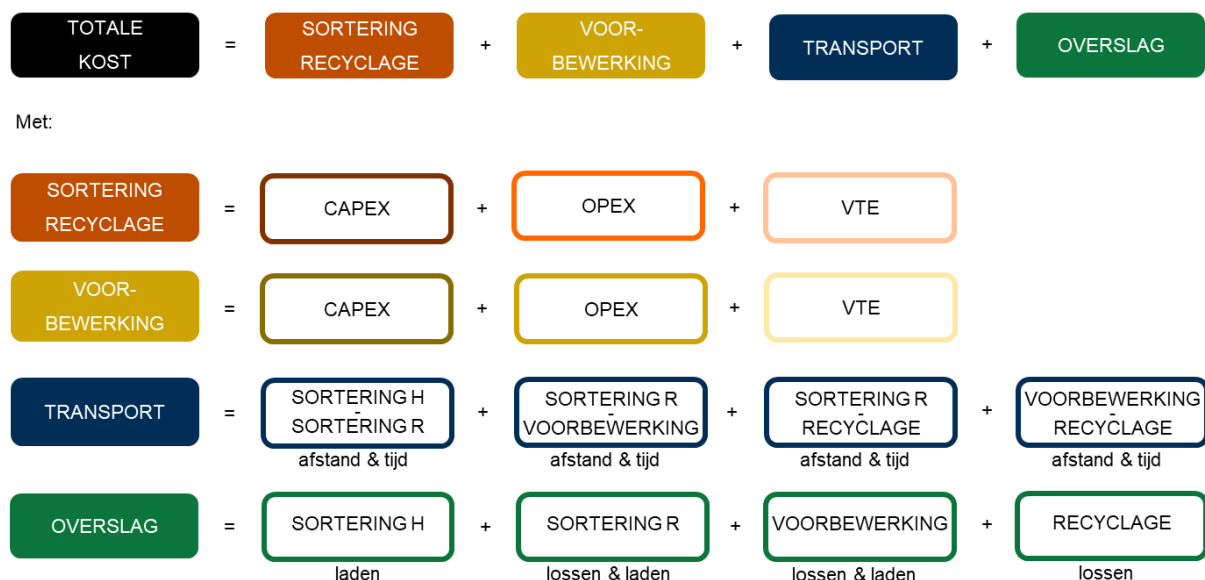
Hoewel deze studie is toegespitst op de Vlaamse context, is het LoF-model schaalbaar en inzetbaar in andere regio's—zoals op Europees niveau—door gebruik te maken van dezelfde modulaire structuur en data-infrastructuur.

2.1.2 KPI's

Key Performance Indicators (KPI's) worden gebruikt om de prestaties van een logistieke keten te kwantificeren. Ze vormen objectieve maatstaven waarmee alternatieve scenario's kunnen worden geëvalueerd en ondersteunen onderbouwde besluitvorming. Binnen het LoF model is het de bedoeling om meerdere KPI's te definiëren die de economische, ecologische en sociale aspecten van de verwerking van post-consumer textiel – in het bijzonder de onderstroom – in beeld brengen.

De economische KPI wordt gedefinieerd als de **mobilisatiekost** voor de verdere verwerking van de onderstroom in de textielketen. Deze kost omvat de som van verschillende logistieke en operationele componenten (Figuur 6):

- **Kosten voor sortering voor recyclage:** Kosten verbonden aan de sortering van de onderstroom in de verschillende fracties voor recyclage met inbegrip van personeelskosten, operationele kosten (OPEX) en investeringskosten (CAPEX);
- **Kosten voor voorbereiding:** Kosten verbonden aan de voorbereiding waarbij rekening gehouden wordt met personeelskosten, operationele kosten (OPEX) en investeringskosten (CAPEX);
- **Transportkost:** Kosten voor het verplaatsen van goederen tussen de verschillende activiteiten in de keten. Deze kost wordt bepaald door de afstand en de reistijd in functie van de transportmodus ⁶². Binnen het LoF-model wordt deze uitgesplitst in vier deeltrajecten: (1) van sortering voor hergebruik naar sortering voor recyclage, (2) van sortering voor recyclage rechtstreeks naar recyclagebedrijf, (3) van sortering voor recyclage naar voorbereiding en (4) van voorbereiding naar recyclagebedrijf.
- **Overslagkost:** De kost voor het laden en lossen van goederen. Deze zijn afhankelijk van volume, type goederen, gebruikte transportmiddelen en personeelsinzet ⁶². In het model worden overslagkosten berekend op vier locaties: bij sortering voor hergebruik, sortering voor recyclage, voorbereiding en recyclagebedrijf.



Figuur 6: Hoofddoelstelling: totale mobilisatiekost voor onderstromen van textiel.

De economische KPI betreft uitsluitend de kosten gerelateerd aan de onderstroom vanaf het centrum voor sortering voor hergebruik. De kosten voor inzameling van het textiel en kosten voor sortering voor hergebruik zelf worden niet opgenomen in de berekening. Ze worden beschouwd als bestaande, afgeschreven investeringen die afhangen van de specifieke context van de betrokken partners. Aangezien op het vlak van inzameling samenwerkingskansen bestaan, is deze kost apart geanalyseerd in sectie 3.1. Hierbij gaat het om kosten voor het ophalen van textiel via textielcontainers of inname in winkels, bekeken vanuit het standpunt van de inzamelaar.

⁶² <https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/internationaal/logistiek/logistiek-kostenplaatje>

Naast de mobilisatiekost worden ook de totale transportafstand (in kilometer) en het aantal voertuigbewegingen gerelateerd aan de onderstroom vanaf het centrum voor sortering voor hergebruik als KPI's berekend. Deze logistieke parameters kunnen verder worden omgerekend naar een ecologische voetafdruk van het transport, uitgedrukt in bijvoorbeeld CO₂-uitstoot, en bieden daarmee inzicht in de milieu-impact van de verschillende scenario's.

De sociale component wordt gemeten via een KPI rond creatie van werkgelegenheid in de sociale sector. Deze KPI weerspiegelt het aantal bijkomende voltijdsequivalenten (VTE's) dat gecreëerd wordt binnen sortering voor recyclage en voorbereiding, met specifieke aandacht voor de inzet van doelgroepmedewerkers en hun begeleiders binnen maatwerkbedrijven.

2.2 Stroomdiagram

De levenscyclus van huishoudelijk textiel start bij de verkoop aan consumenten via winkels of andere retailkanalen. Na gebruik komt het textiel in de post-consumentenfase terecht. Op dat moment ontstaan verschillende routes voor verdere verwerking (Figuur 7).

De consument kan het textiel herstellen (repair), zodat de levensduur van textiel wordt verlengd en afval verminderd. Als dit niet gebeurt, wordt het textiel vaak afgedankt. In Europa is het sinds 1 januari 2025 verplicht om textiel gescheiden in te zamelen. Consumenten worden dus aangemoedigd om afgedankt textiel te doneren aan een (kringloop)winkel, via huis-aan-huis-ophaling of via een textielcontainer. Textiel dat toch nog in de restafvalzak belandt, wordt verbrand (veelal met energierecuperatie).

Na inzameling volgt de eerste sortering, waarbij het textiel in twee hoofdfracties wordt opgesplitst:

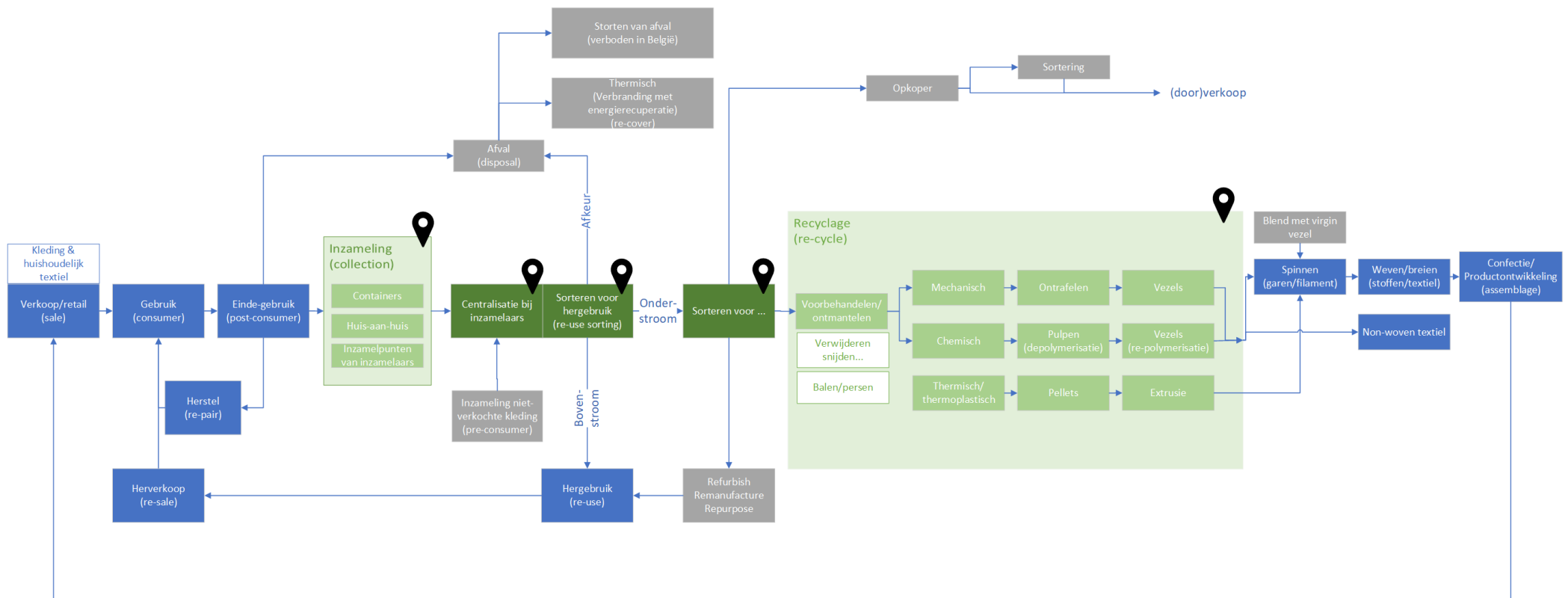
- Bovenstroom: de fractie die nog herbruikbaar is, wordt terug in omloop gebracht – vaak lokaal, via tweedehandswinkels of hergebruikplatforms.
- Onderstroom: de fractie die niet meer geschikt is voor hergebruik. Deze fractie wordt ofwel aan opkopers aangeboden (meestal voor export) of verder voorbereid voor recyclage.

Daarnaast blijft er nog een afvalfractie over.

In de recyclagefase ondergaat het textiel een verdere sortering op basis van het materiaaltype (bv. katoen, wol, blends), gevolgd door een eventuele voorbereiding. Voorbewerkingsactiviteiten zoals balen persen, versnijden of ontmantelen zorgen ervoor dat het materiaal geschikt wordt voor specifieke recyclagetechnologieën zoals:

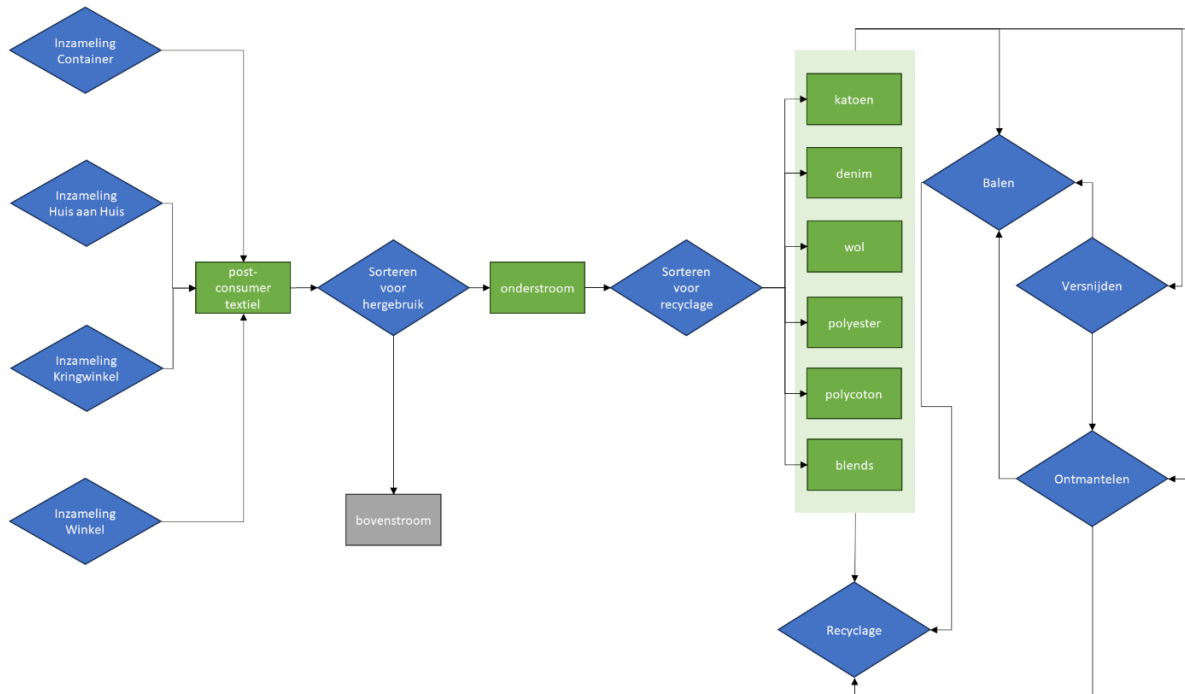
- Mechanische recyclage: ontmanteling van textiel en ontwarren tot vezels.
- Chemische recyclage: depolymerisatie van het textiel tot pulp en repolymeriseerd tot nieuwe vezels.
- Thermische/thermoplastische recyclage: omzetting van textiel in pellets of extrusie voor verdere verwerking.

De gerecycleerde vezels kunnen vervolgens worden gemengd met nieuwe (virgin) vezels en gesponnen tot garen of filamenten, of kunnen worden gebruikt om non-woven textiel mee te produceren. De garen of filamenten worden gebruikt om nieuwe stoffen te weven of te breien. Deze materialen vormen de basis voor nieuwe productontwikkeling. Op die manier komt het gerecycleerde textiel opnieuw terecht in de retail keten en bij de consument, waarmee de cirkel gesloten wordt. Deze circulaire aanpak draagt bij aan het verlengen van de levensduur van textielproducten, minimaliseert de hoeveelheid afval en vermindert de nood aan nieuwe grondstoffen.



Figuur 7: Stroomdiagram – Vereenvoudigde voorstelling van de circulaire textielketen.

Figuur 8 toont het vereenvoudigde stroomdiagram van het specifieke deel van de textielketen waarop de logistieke analyse van het Labs On Fibre project zich focust. Het schema is opgebouwd uit activiteiten (weergegeven als blauwe ruiten), productstromen (groene rechthoeken) en onderlinge verbindingen (connectoren). Dit diagram vormt de basis voor de ontwikkeling van het LOF-model en de verdere scenarioanalyses waarbij onder andere de mobilisatiekosten, totale transportafstand en creatie van werkgelegenheid van alternatieve ketenconfiguraties worden geëvalueerd.



Figuur 8: Stroomdiagram van de onderstroomketen als basis voor het LOF model.

2.3 Producten en activiteiten

Naast het type en de herkomst van de textielstroom beïnvloeden de verschillende activiteiten in de keten de kwaliteit en verwerkbaarheid van de recycleerbare fracties. Activiteiten die stroomopwaarts plaatsvinden, hebben rechtstreeks invloed op de mogelijkheden voor eindverwerking. Omgekeerd kan het beoogde eindproduct bepalend zijn voor de vereisten aan de voorafgaande activiteiten. Er worden in het stroomdiagram 6 hoofdactiviteiten onderscheiden: (1) inzameling, (2) sortering voor hergebruik, (3) sortering voor recyclage, (4) voorbereiding, (5) recyclage en (6) transport (Figuur 8).

Elke activiteit wordt gekarakteriseerd aan de hand van ten minste vier standaardparameters:

- Kost, uitgedrukt in € per ton of € per jaar;
- Capaciteit, uitgedrukt in ton (per periode), als beperking of vereiste;
- Kwaliteitseisen zoals materiaaltype, vereiste voorbereiding;
- Conversie coëfficiënt: elk proces wordt gemodelleerd als een 'black box', waarbij de verhouding tussen input en output in massa wordt uitgedrukt als percentage (bijv. bij sortering voor hergebruik: 100% inputmassa levert 20% hergebruik, 65% ophalersfractie en 15% afval op).

De **functionele eenheid** in het MooV-model is ton. Dit betekent dat alle productstromen worden uitgedrukt in ton. Omdat bij transport het volume soms beperkend is in plaats van het gewicht, zijn capaciteitsbeperkingen op transport zowel op volume als gewicht uitgedrukt. Deze hebben invloed op het aantal voertuigbewegingen, en dus ook op transportkosten en milieueffecten.

De logistieke analyses in deze studie zijn gebaseerd op de post-consumer textielketen in Vlaanderen. De gebruikte data en aannames zijn dus specifiek voor deze regio en het referentiejaar van de data, hoewel het MooV-model flexibel is en eenvoudig toepasbaar op andere regio's, tijdsperiodes of cases.

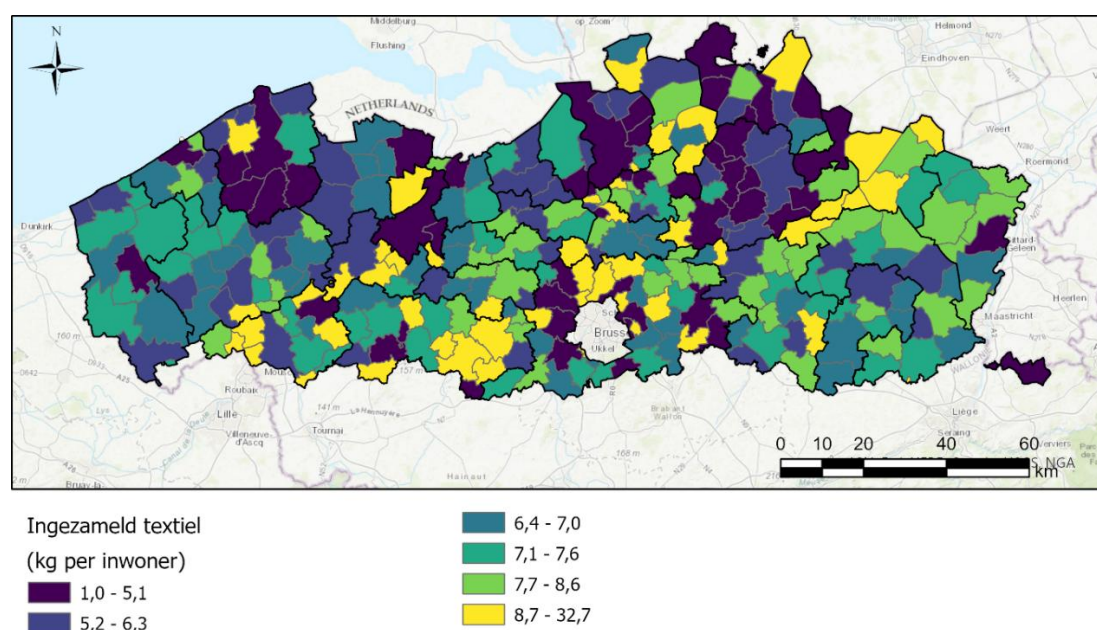
2.3.1 Inzameling

Textiel wordt gedefinieerd als een brede productgroep bestaande uit kleding en accessoires (riemen, tassen, schoenen per paar), beddengoed (kussens, slaapzakken, lakens, dekens en dekbedden), keuken- en badkamertextiel, woningtextiel (tafelkleden, gordijnen, zetelhoezen), speelgoedknuffels, propere lappen en textiel met klein defect. Niet inbegrepen zijn matrassen, tapijten en zwaar vervuild textiel. De ingezamelde textielfractie bestaat dus uit zowel herbruikbare (bovenstroom) als niet-herbruikbaar (onderstroom) textiel ⁶³.

Deze studie focust op het textiel dat wordt ingezameld door kringloopcentra en de private non-profitorganisaties WMH en OXFAM, via winkels en textielcontainers. De wijze van inzameling heeft een significante invloed op de kwaliteit van de textielstroom ⁶⁴:

- Selectieve inzameling via winkels resulteert doorgaans in textiel van meer hoogwaardige kwaliteit en een grotere fractie is geschikt voor hergebruik. De ingezamelde volumes zijn echter beperkter door limiterende openingsuren en lagere dekkingsgraad ⁶⁵.
- Integrale inzameling via o.a. textielcontainers maakt het mogelijk grotere volumes te verzamelen. De kwaliteit van het ingezamelde textiel is gemiddeld tot laag, onder meer door een hoger risico op vervuiling door restafval, vochtinfiltratie of lange ledigingsintervallen ⁶⁶.

In Vlaanderen melden de inzamelaars jaarlijks hun ingezamelde hoeveelheden aan de lokale besturen waar ze actief zijn geweest. De gegevens worden eveneens aan de OVAM bezorgd via het Vlaamse Materialeninformatiesysteem MATIS ⁶⁷.



Figuur 9: Gemiddelde ingezamelde hoeveelheid textiel per gemeente (kg per inwoner) met indicatie van het verzorgingsgebied van de kringloopcentra (op basis van ⁶⁷).

⁶³ OVAM (2023). Lokaal Materialenplan – Uitvoeringsplan huishoudelijk afval en gelijkaardig bedrijfsafval 2023-2030. <https://ovam.vlaanderen.be/lokaal-materialenplan-2023-2030>

⁶⁴ Management of used and waste textiles in Europe's circular economy — European Environment Agency (europa.eu)

⁶⁵ Van Duijn, H., Carrone, N.P., Bakowska, O., Huang, Q. (2022) Sorting for Circularity Europe: An Evaluation and Commercial Assessment of Textile Waste Across Europe, Fashion For Good, Circle Economy (<https://reports.fashionforgood.com/report/sorting-for-circularity-europe/>)

⁶⁶ VTT

⁶⁷ ovam.vlaanderen.be/materialen-informatiesysteem

Voor de MooV analyse is het jaar 2022 gebruikt als referentiejaar waarbij de hoeveelheid ingezameld textiel is ingeschat op basis van de gegevens in MATIS⁶⁸, de aangeleverde informatie van de kringloopcentra⁶⁹ en een check met de desbetreffende kringloopcentra. De combinatie van deze databronnen resulteert in een ingezamelde hoeveelheid van ongeveer 43.000 ton huishoudelijk textiel (in 2022), goed voor gemiddeld 7 kg per inwoner. Het grootste aandeel, 88%, wordt ingezameld via textielcontainers. Dit kan via straatcontainers (ongeveer 36.000 ton - 83%) of via textielcontainers op recyclageparken (ongeveer 3.000 ton - 7%). Ongeveer 2.000 ton wordt opgehaald via huis-aan-huis ophaling (5%) en ongeveer 2.300 ton via andere bronnen zoals scholen, winkels (5%).

In absolute cijfers wordt het grootste aandeel textielafval ingezameld in de provincie Oost-Vlaanderen. Relatief gezien zamelt Limburg de grootste hoeveelheid textielafval per inwoner (7,5 kg per inwoner) in (Figuur 9).

De analyse binnen deze studie baseert zich op de gegevens van kringloopcentra en de non-profits WMH en OXFAM. Deze organisaties verzamelden samen 20.266 ton textiel in 2022, oftewel 46,9% van het totaal ingezamelde volume in Vlaanderen. (Tabel 2).

Tabel 2: Inzameling – Parameters voor MooV analyse (KW = kringloopcentrum) (referentiejaar 2022, op basis van MATIS, benchmark OVAM en input partners).

Product type	Ingezelde hoeveelheid (ton)
KW – winkel	8.552
OXFAM – winkel	855
KW – textielcontainer	7.637
WMH – textielcontainer	2.290
OXFAM – textielcontainer	931
Totaal	20.266

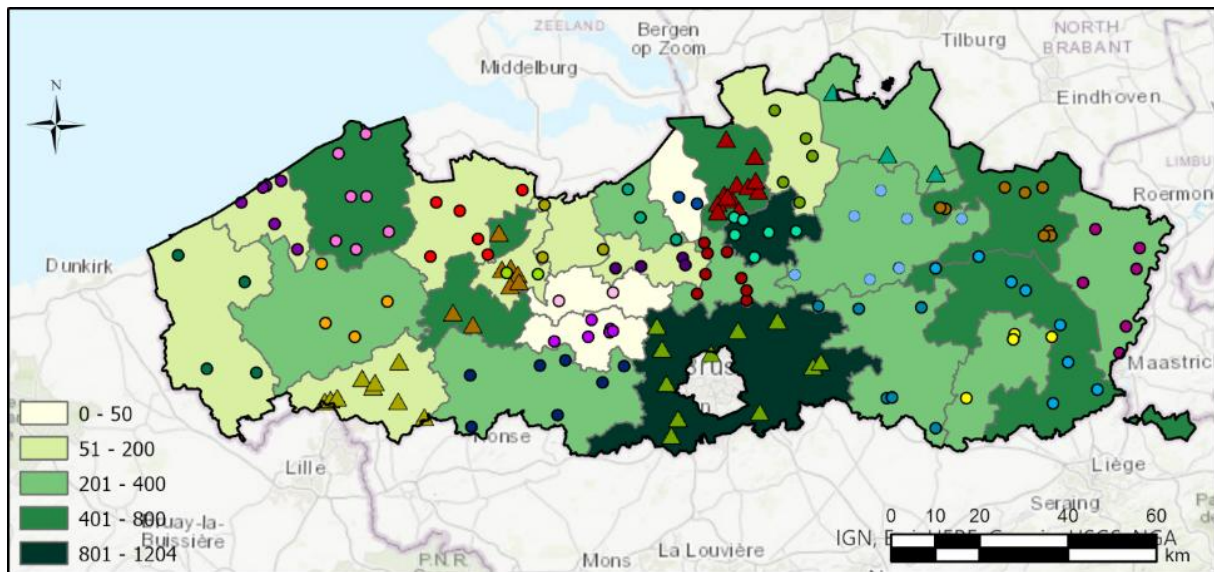
Op basis van de combinatie van databronnen is in het referentiejaar 2022 in totaal 8.552 ton textiel via directe afgifte aan de kringloopcentra ingezameld (selectieve inzameling). Deze hoeveelheden zijn per verzorgingsgebied beschikbaar (Figuur 10). Aangezien gegevens op winkelniveau ontbreken, is de hoeveelheid per verzorgingsgebied proportioneel verdeeld over de winkels die zich binnen dat gebied bevinden. Deze verdeling biedt een onderbouwde inschatting van de ingezamelde hoeveelheid per winkel en vormt een belangrijke input voor de verdere logistieke analyse.

OXFAM zamelt jaarlijks 855 ton textiel in via samenwerking met E5-mode⁷⁰. Deze inzameling via twee jaarlijkse inzamelacties die de winkelketen E5-mode organiseert in samenwerking met OXFAM. De ingezamelde hoeveelheid wordt gelijkmatig verdeeld over de 57 E5-mode winkels in Vlaanderen, wat neerkomt op een gemiddelde van ongeveer 14 ton per winkel per jaar (Figuur 11). Van deze ingezamelde textielstroom wordt ongeveer 70% opnieuw ingezet via de Oxfam tweedehandswinkels en pop-upwinkels, waarmee een belangrijke bijdrage wordt geleverd aan lokaal hergebruik.

⁶⁸ ovam.vlaanderen.be/materialen-informatiesysteem

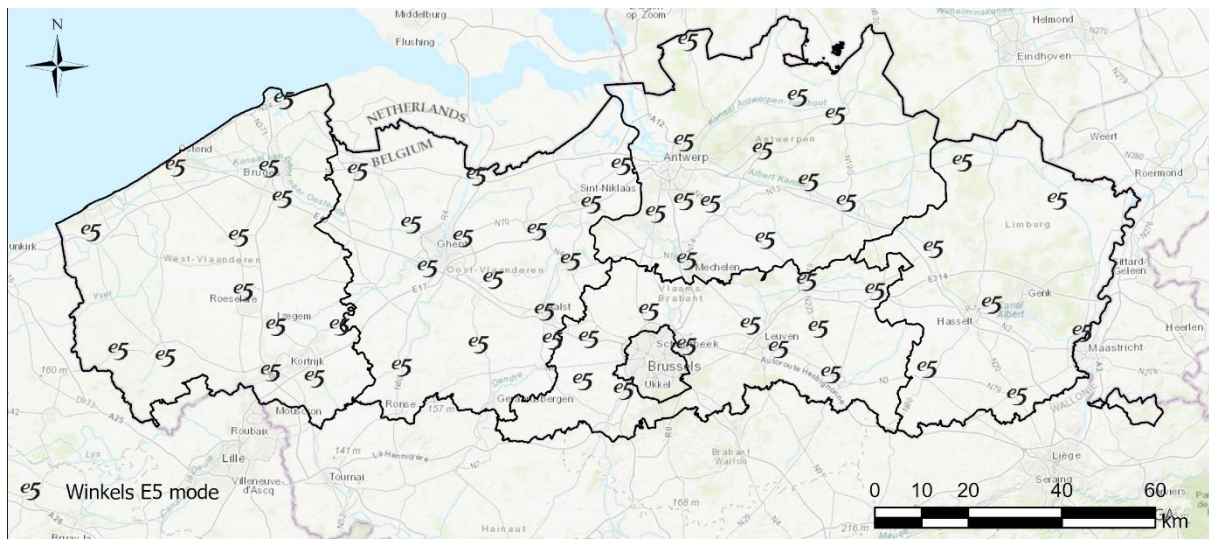
⁶⁹ Communicatie met OVAM (MATIS, Benchmark)

⁷⁰ <https://www.e5.be/nl/oxfam-inzamelactie>



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| ▲ Kringwinkel Antwerpen | ● Kringwinkel Den Azalee | ● Kringwinkel Open Plaats |
| ▲ Kringwinkel Ateljee | ● Kringwinkel Hageland | ● Kringloopwinkel Opnieuw & Co |
| ▲ Kringloopwinkel Deltagroep | ● Kringwinkel Ibogem | ● Kringloopwinkel Reset |
| ▲ Kringwinkel ViTeS | ● Kringwinkel Kiemkracht | ● Kringloopwinkel Sjans |
| ▲ Kringwinkel WEB | ● Kringwinkel Kust | ● Kringwinkel Stroom |
| ● Cirkels Ecoso | ● Kringwinkel Maasland | ● Kringloopwinkel Verko |
| ● Kringloopwinkel De Biehal | ● Kringloopwinkel M-Accent | ● Kringwinkel West |
| ● Kringwinkel De Cirkel | ● Kringwinkel Midwest | ● Kringwinkel Zuid-Oost-Vlaanderen |
| ● Kringwinkel De Enter | ● Kringloopwinkel Okazi | |

Figuur 10: Inzameling: Locaties van de kringloopcentra en hoeveelheid textiel directe afgifte in referentiejaar 2022 per verzorgingsgebied (ton) ⁷¹.



Figuur 11: Inzameling: Locaties van de E5-mode winkels⁷².

⁷¹ Benchmark 2022

⁷² <https://www.e5.be/nl/kledingwinkels>

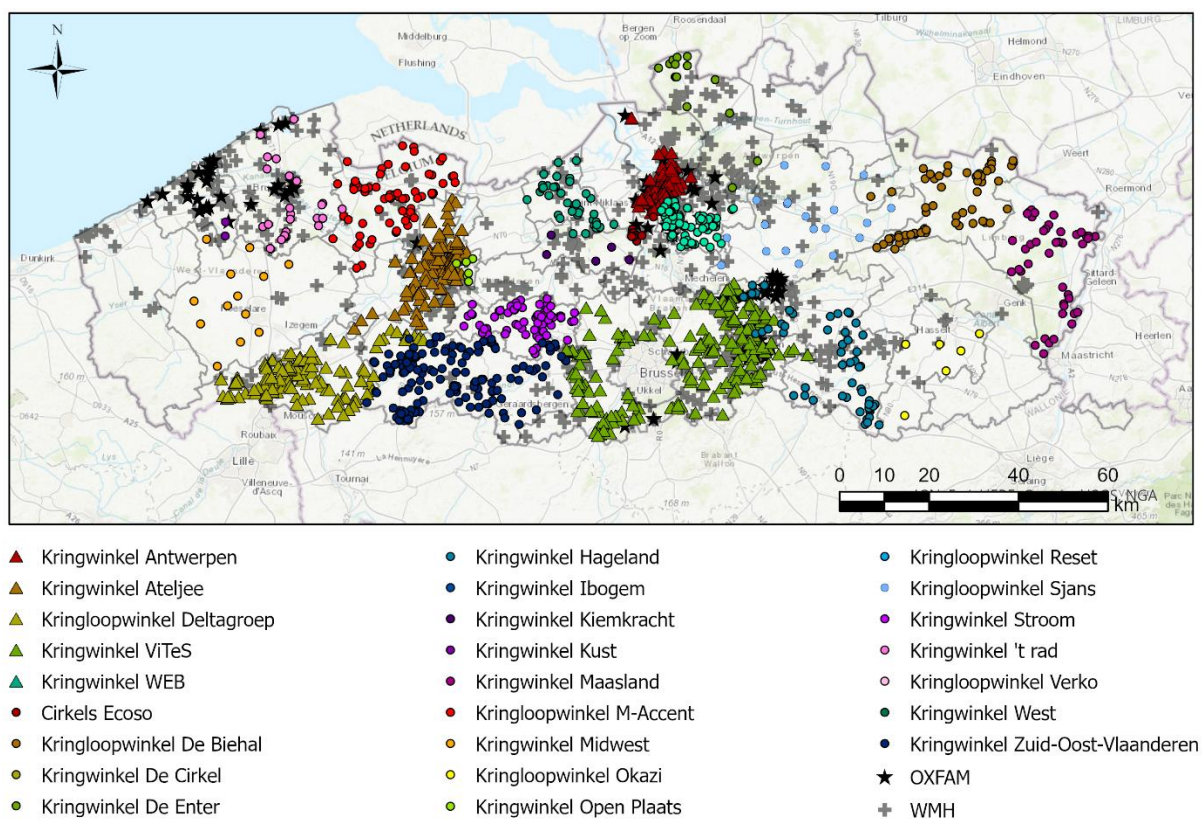
Textiel kan in Vlaanderen ook worden ingeleverd via textielcontainers die strategisch zijn geplaatst op publieke locaties zoals straten en recyclageparken. Deze studie focust uitsluitend op de textielcontainers beheerd door kringloopcentra en de non-profit textielinzamelaars OXFAM en We Make Hope (WMH). Textielcontainers van private profitbedrijven zijn buiten beschouwing gelaten.

In 2022 is er door deze organisaties 10.860 ton post-consumer textiel ingezameld. Dit vertegenwoordigt 28% van de totale hoeveelheid die dat jaar via textielcontainers in Vlaanderen werd ingezameld. Van deze hoeveelheid is 7.637 ton ingezameld via de kringloopcentra, 2.290 ton via WMH en 931 ton via OXFAM.

Voor de logistieke analyse van de inzameling en de evaluatie van samenwerkingspotentieel zijn twee elementen essentieel: de locatie van de textielcontainers (Figuur 12) en de hoeveelheid opgehaald textiel (Figuur 13) per locatie. De benodigde data zijn als volgt verzameld:

- De locaties van textielcontainers van OXFAM en WMH zijn rechtstreeks aangeleverd door deze partners (gegevens van 2022).
- De locaties van textielcontainers voor de Kringwinkel Ateljee, Kringloopwinkel Sjans, Kringwinkel Antwerpen en Kringloopwinkel Deltagroep zijn verkregen via Herwin op basis van data uit ECLIPS of KPRS (gegevens van 2023).
- De locaties van de textielcontainers in Limburg zijn opgevraagd bij Limburg.net (gegevens van 2024).
- Voor de overige kringloopcentra zijn de locaties afgeleid via web scraping (gegevens van 2024).

Figuur 12 toont een overzicht van alle verzamelde containerlocaties, gegroepeerd per inzamelaar. Ook containers van andere spelers die tijdens het web scraping geïdentificeerd zijn, worden weergegeven.

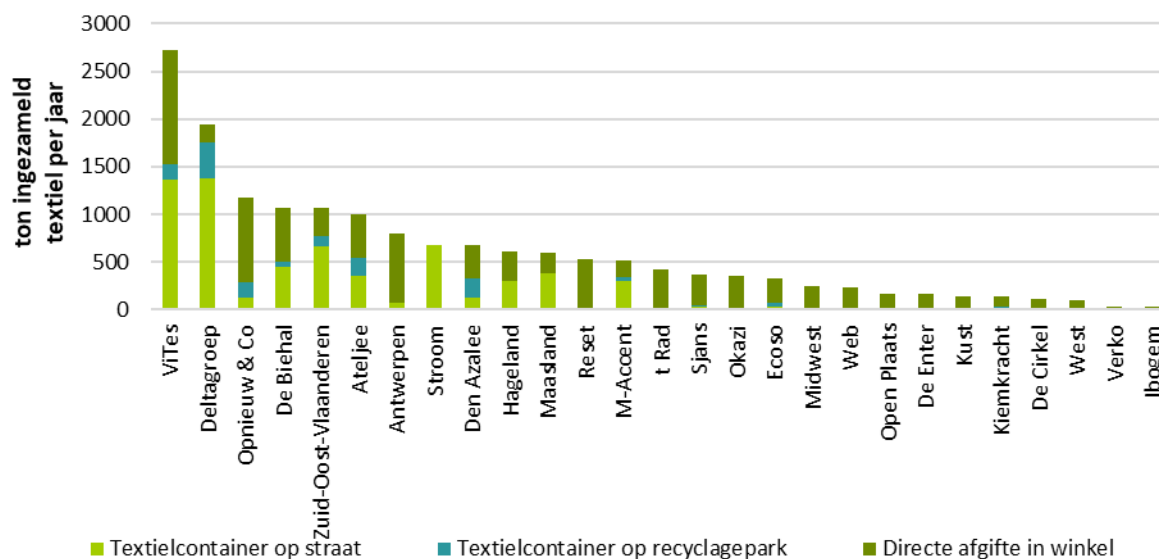


Figuur 12: Inzameling: Locaties van de textielcontainers per inzamelaar (input partners, Limburg.net en VITO web scraping).

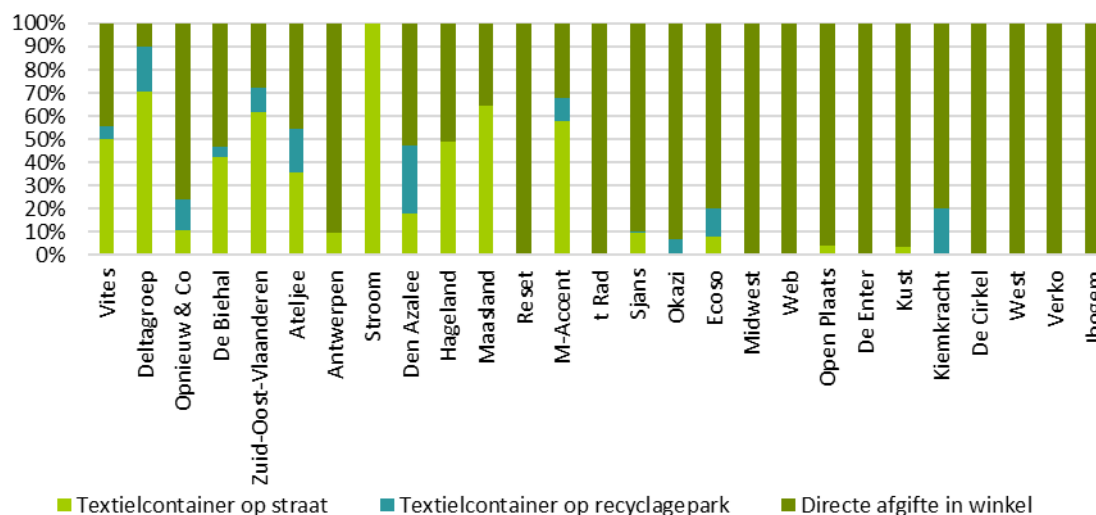
Wat betreft de hoeveelheid ingezameld textiel via textielcontainers:

- Cijfers van OXFAM en WMH (2022) zijn rechtstreeks aangeleverd door deze partners.
- Voor de kringloopcentra zijn hoeveelheden per verzorgingsgebied gekend via de benchmarkgegevens van OVAM (2022) (Figuur 13 en Figuur 14). Deze hoeveelheden zijn pro rata verdeeld over gekende straatcontainers en containers in recyclageparken. Op basis van deze analyse blijkt dat een gemiddelde container circa 3 ton per jaar inzamelt.

Binnen de kringloopsector springen vooral de verzorgingsgebieden van Kringwinkel ViTeS en Kringwinkel Deltagroep eruit als regio's met de hoogste absolute inzameling via textielcontainers (Figuur 13). WMH is quasi actief over heel Vlaanderen⁷³, terwijl OXFAM zich voornamelijk concentreert op de regio's Antwerpen, Brussel en de kust.



Figuur 13: Inzamelingshoeveelheden ingezameld textiel per verzorgingsgebied (2022).



Figuur 14: Inzamelingshoeveelheden – Aandeel van inzamelingshoeveelheden per verzorgingsgebied (2022).

⁷³ Op 20 juni 2025 werd het nieuws bekend gemaakt dat WMH in vrijwillige vereffening wordt gesteld als gevolg van de structurele wijzigingen in textielophaling en andere actuele uitdagingen (<https://www.wemakehope.be/we-make-hope-vzw/>)

2.3.2 Sorteren voor hergebruik (re-use)

Zodra het post-consumer textiel is verzameld, wordt het ofwel in eigen land gesorteerd of geëxporteerd voor sortering elders. Tijdens de eerste sortering worden niet-textiele materialen verwijderd en wordt het textiel gescheiden op basis van herbruikbaarheid. Herbruikbare items worden geselecteerd op basis van hun staat, stijl, samenstelling en andere kwaliteitskenmerken, en vervolgens klaargemaakt voor verkoop in kringloop- en tweedehandswinkels ⁷⁴. De concrete specificaties zijn afhankelijk van de vraag. Deze fractie vormt de zogenaamde bovenstroom. Het resterende textiel, de onderstroom, wordt aangeboden voor export, recyclage of, in het minst gunstige geval, verbranding met energierecuperatie.

De verhouding tussen boven- en onderstroom varieert afhankelijk van het inzamelkanaal, de inzamelaar en zelfs de locatie van inzameling. Omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn op locatieniveau, is in de logistieke analyse een onderscheid gemaakt op basis van type inzameling en organisatie. Textiel dat via winkels van kringloopcentra is ingezameld, resulteert gemiddeld in 25% onderstroom; voor OXFAM-winkels (E5-mode) is dit 35%. Inzameling via textielcontainers levert doorgaans een aanzienlijk grotere onderstroom op: gemiddeld 70% voor zowel kringloopcentra, WMH als OXFAM (Tabel 3).

Tabel 3: Sorteren voor hergebruik – Parameters voor MooV analyse (KW = kringloopcentrum).

Product type	Onderstroom (%)
KW – winkel	25
OXFAM – winkel	35
KW – textielcontainer	70
WMH – textielcontainer	70
OXFAM – textielcontainer	70

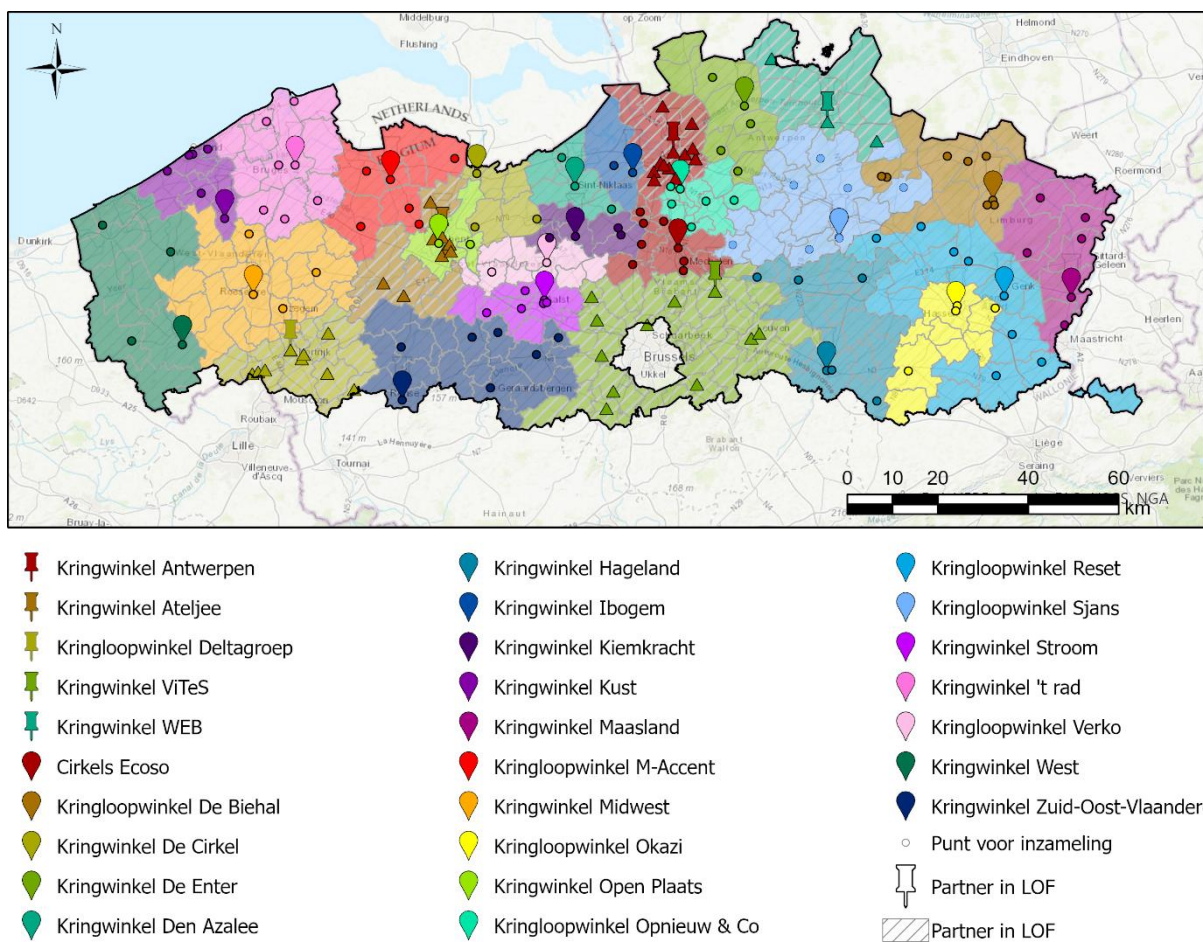
Traditioneel gebeurt sortering handmatig, wat veel arbeid vraagt en afhankelijk is van labelinformatie. Het trainen van sorteersers tot een betrouwbaar niveau neemt maanden in beslag. Bovendien blijkt een aanzienlijk deel van de textielitems onherkenbaar door ontbrekende, onleesbare of foute labels ⁷⁵.

Het textiel dat via de kringloopcentra wordt ingezameld, wordt gecentraliseerd in het collectiecentrum, vaak de grootste winkel in het verzorgingsgebied, waar het vervolgens wordt gesorteerd voor hergebruik. Ook het textiel afkomstig uit de textielcontainers van kringloopcentra binnen dat verzorgingsgebied wordt naar hetzelfde collectiecentrum gebracht. Elk verzorgingsgebied beschikt over één centrum waar deze sorteeractiviteiten plaatsvinden (Figuur 15).

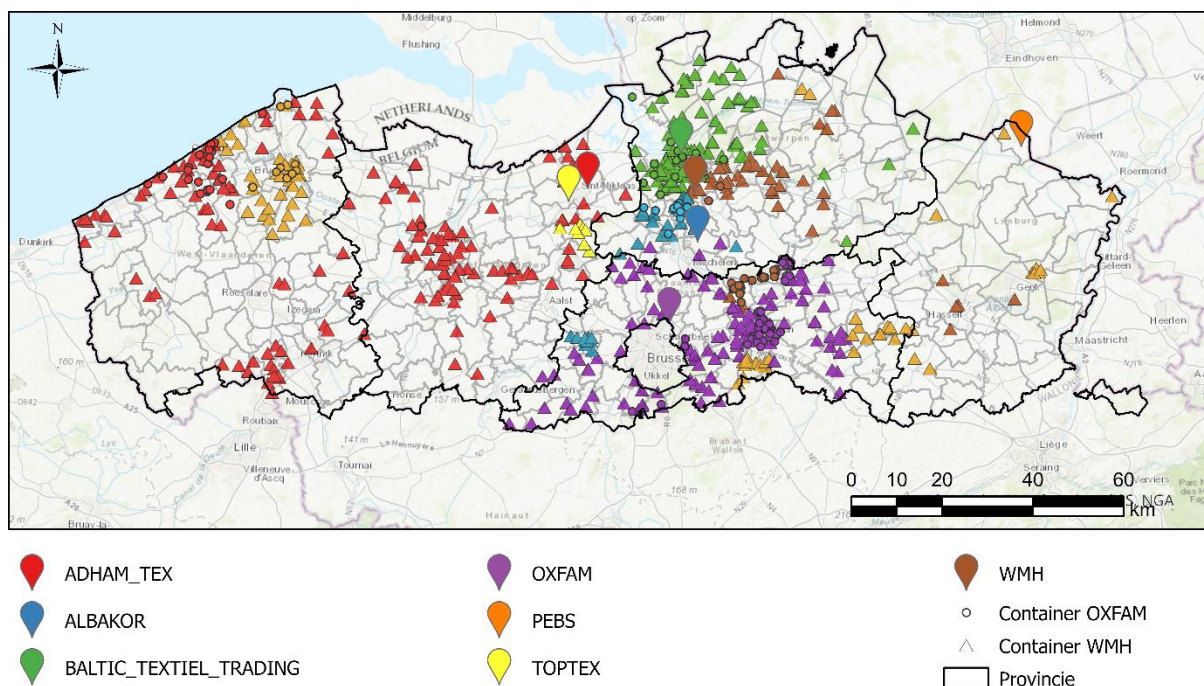
Voor de textielinzameling via textielcontainers van OXFAM en WMH is op basis van de ophaaldata van 2022 bepaald waar de sortering voor hergebruik plaatsvindt (Figuur 17). Textiel ingezameld via de E5-mode winkels (Figuur 11) wordt door OXFAM gesorteerd in hun collectiecentrum in Brussel of door Terre in Herstal. Hierbij wordt aangenomen dat textiel afkomstig uit Limburg naar Herstal gaat, terwijl textiel uit andere provincies naar Brussel wordt vervoerd.

⁷⁴ <https://www.textiletechnology.net/media/media/9/EuR-LC-bas-assessme-of-th-manageme-of-Europe-us-te-88843.pdf>

⁷⁵ VTT



Figuur 15: Sorteren voor hergebruik – Locaties van collectiecentra waar sortering voor hergebruik plaatsvindt van textiel ingezameld door kringloopcentra binnen ieder verzorgingsgebied.



Figuur 16: Sorteren voor hergebruik – Locaties van collectiecentra waar sortering voor hergebruik plaatsvindt van textiel uit textielcontainers van OXFAM en WMH.

2.3.3 Sortering voor recyclage

Sortering voor recyclage is een essentiële schakel in de circulaire textielketen. Terwijl sortering voor hergebruik zich richt op het verlengen van de levensduur van kwalitatieve kledingstukken, zorgt sortering voor recyclage ervoor dat materialen uit de onderstroom—die niet langer geschikt zijn voor direct hergebruik—een tweede leven krijgen als grondstof. Een doeltreffend sorteersysteem vormt zo de brug tussen post-consumer textiel en hoogwaardige recyclage-toepassingen.

Een goed georganiseerde sortering:

- Verhoogt de beschikbaarheid van specifiek uitgesorteerde stromen (bv. 100% katoen, katoen/polyester), die geschikt zijn voor (mechanische, thermoplastische of chemische) recyclage;
- Verhoogt de kwaliteit van de nieuwe grondstoffen, wat een directe impact heeft op de toepasbaarheid in productontwikkeling;
- Vermindert de fractie restafval die anders verbrand zou worden.

Zonder voldoende kwalitatieve sortering blijft recyclage beperkt tot laagwaardige toepassingen of downcycling. Daarom is het optimaliseren van de sortering een noodzakelijke stap richting een schaalbare, economische en ecologische circulaire economie voor textiel. Om tegemoet te komen aan de sorteereisen, wint geautomatiseerde sortering op basis van sensortechnologie aan belang. Hierbij wordt gebruikgemaakt van nabij-infraroodspectroscopie (NIR) voor materiaalidentificatie en visuele spectroscopie (VIS) voor kleurherkenning. Deze methode verhoogt niet alleen de snelheid en nauwkeurigheid van de sortering, maar is ook contactloos en niet-destructief ^{76,77}. Dit wordt beschouwd als een cruciale factor voor mogelijke opschaling ^{78,79}.

Samen met Centexbel en Ariadne Innovation zijn verschillende sorteermethodes voor recyclage in kaart gebracht en gekarakteriseerd op vlak van investeringskost (CAPEX), operationele kost (OPEX), personeelsbehoefte (VTE A en VTE B) en verwerkingscapaciteit (Tabel 4). In alle sorteermethodes vormt de NIR-scanner het hart van de sortering. Het verschil tussen de types zit in de mate van automatisatie in de sortering (i.e. aanvoer, identificatie of scheiding) van het textiel:

- Manuele sortering: het textiel wordt op de scantafel geplaatst, geïdentificeerd met behulp van een draagbare NIR-scanner en vervolgens handmatig gescheiden. Dit resulteert in een arbeidsintensief proces met beperkte verwerkingscapaciteit.
- Semi-automatische sortering: medewerkers plaatsen het textiel op een transportband, waarna de identificatie via een geïntegreerde NIR-scanner en de daaropvolgende scheiding automatisch verlopen.
- Volledig automatische sortering: de aanvoer, identificatie via NIR-technologie en scheiding van het textiel verlopen volledig geautomatiseerd. Dit leidt tot een hoge doorvoersnelheid en een grotere nauwkeurigheid, maar impliceert ook een hogere investeringskost.

De keuze voor een bepaalde sorteermethode heeft een directe invloed op de logistieke efficiëntie, de verwerkingscapaciteit en de economische en sociale KPI's (Sectie 3.4).

⁷⁶ Cura, K., Jain, S., Niinimäki, K. (2022). Transparency and traceability in the textile value chain. Aalto University School of Arts, Design and Architecture. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/068b87a1-1786-4e33-a5c6-8312638e741f/content>

⁷⁷ <https://reports.fashionforgood.com/report/sorting-for-circularity-europe/>

⁷⁸ Sandvik, I.M., Stubbs, W. (2019). Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. *Journal of fashion marketing and management* 23(3). DOI:10.1108/JFMM-04-2018-0058

⁷⁹ Sandberg, E., Pal, R. (2024). Exploring supply chain capabilities in textile-to-textile recycling – A European interview study. *Cleaner logistics and Supply Chain* 11 – 100152. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100152>

Tabel 4: Sortering voor recyclage – Sorteertypes en parameters voor MooV analyse.

	Type	Capaciteit (ton per jaar)	CAPEX (€/jaar)	OPEX ⁸⁰ (€/ton)	VTE A / machine(s)	VTE B / machine(s)	Bron
THEORIE	Manueel	720	953	0,06	1 / 1	0,25 / 16	Matoha
	Semi-automatisch	2.160	34.500	0,80	2 / 1	0,5 / 1	Valvan
	Automatisch	2.700	69.500	1,29	0,5 / 1	0,5 / 1	Valvan
PRAKTIJK	Manueel	100	953	0,48	1 / 1	0,25 / 16	KWAntwerpen
	Semi-automatisch	500	34.500	3,45	2 / 1	0,5 / 1	Theorie
	Automatisch	760	69.500	4,57	0,5 / 1	0,5 / 1	Labo

A = doelgroepmedewerker (1 VTE = 15000 per jaar)

B = werkvloerbegeleider (1 VTE = 65000 per jaar)

Tijdens het onderzoek is gebleken dat er een aanzienlijke kloof bestaat tussen de theoretisch opgegeven verwerkingscapaciteit van sorteertechnologieën (op de technische fiches) en de daadwerkelijk capaciteit die vandaag in de praktijk gehaald wordt (Tabel 4). In operationele omgevingen spelen immers tal van beperkingen een rol, zoals ruimtegebrek, personeelsinzet en wisselende aanvoerhoeveelheden of -kwaliteit. De MooV-analyse baseert zich op praktijkdata: empirisch vastgestelde waarden die zijn afgeleid van tests in laboratoria of uit reële werkomstandigheden bij de betrokken kringloopcentra. Deze aanpak verzekert dat het model robuuste en realistisch toepasbare inzichten oplevert. Daarnaast wordt in een gevoeligheidsanalyse onderzocht wat het effect zou zijn als de sorteersystemen wél zouden presteren volgens hun theoretisch potentieel. Hierbij wordt gebruikgemaakt van parameters van technologieontwikkelaars, die doorgaans voortkomen uit ontwerpspecificaties.

Naast de parameters zoals capaciteit, CAPEX, OPEX en personeelsinzet (VTE) (Tabel 4), beïnvloedt de sorteerstap ook de output aan producttypes. Tijdens de sortering wordt de onderstroom verder opgesplitst in specifieke materiaalfracties die relevant zijn voor recyclage (Tabel 5). Hoewel de exacte samenstelling van deze fracties kan variëren afhankelijk van locatie, moment en wijze van inzameling, wordt in dit onderzoek gewerkt met vaste, gemiddelde fractieverdelingen op basis van eerder uitgevoerde analyses in project Sorting for Circularity Europe (2022)⁸¹. Deze aannames zijn gevalideerd aan de hand van steekproeven uitgevoerd door Centexbel in 2024 in het kader van het LoF project. De som van de recycleerbare fracties in Tabel 5 bedraagt 84%. Ongeveer 13% komt in aanmerking voor laagwaardige recyclage. Dit impliceert dat ongeveer 3% van de onderstroom niet geschikt is voor recyclage.

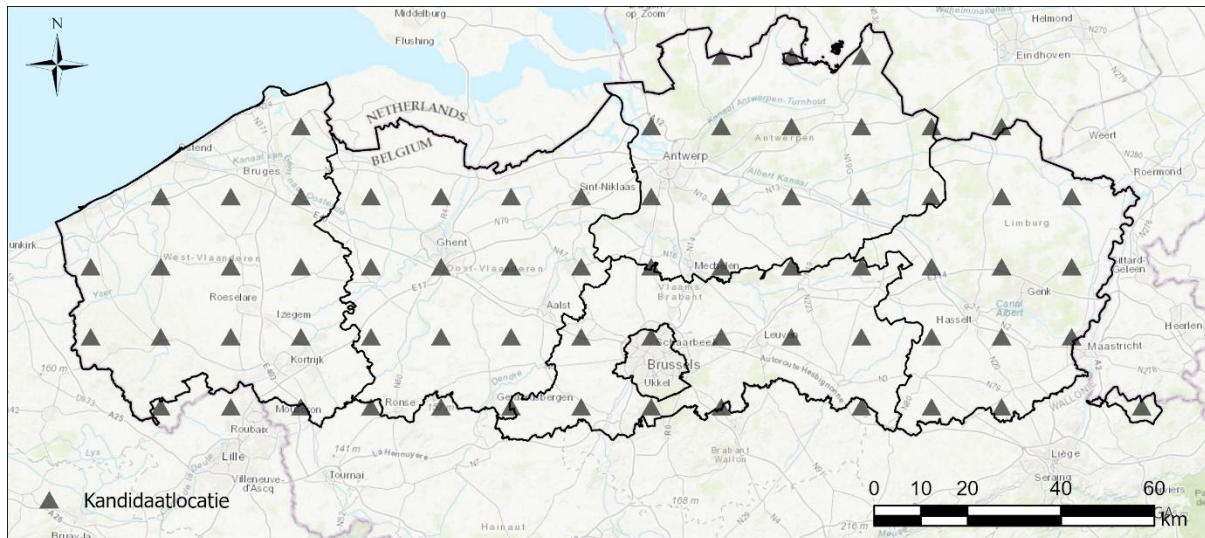
Tabel 5: Sorteren voor recyclage – Parameters voor MooV analyse (Bron: Centexbel).

Product In	Product Uit	Recycleerbare fractie (%)
Onderstroom	Denim	8
	Katoen	34
	Wol	2
	Polyester (100%)	12
	Polykatoen	12
	Andere blends	18

⁸⁰ Assumptie: 5% van de jaarlijkse CAPEX

⁸¹ https://www.fashionforgood.com/wp-content/uploads/2024/11/Sorting-for-Circularity-Europe_Fashion-for-Good.pdf

De exacte locatie voor de sortering van onderstromen voor recyclage is nog niet gekend. Om een onderbouwde analyse mogelijk te maken, worden binnen het LoF-model kandidaat locaties gedefinieerd op basis waarvan de meest optimale locatie(s) voor sortering bepaald kunnen worden. Deze kandidaat locaties zijn bepaald volgens de 'greenfield-benadering', waarbij Vlaanderen wordt opgedeeld in een raster van 15 bij 15 kilometer. Het middelpunt van elk rastervak wordt beschouwd als een potentiële locatie voor sorteeractiviteiten (Figuur 17).



Figuur 17: Sortering voor recyclage - Kandidaat locaties op basis van de greenfield benadering (raster 15x15 km).

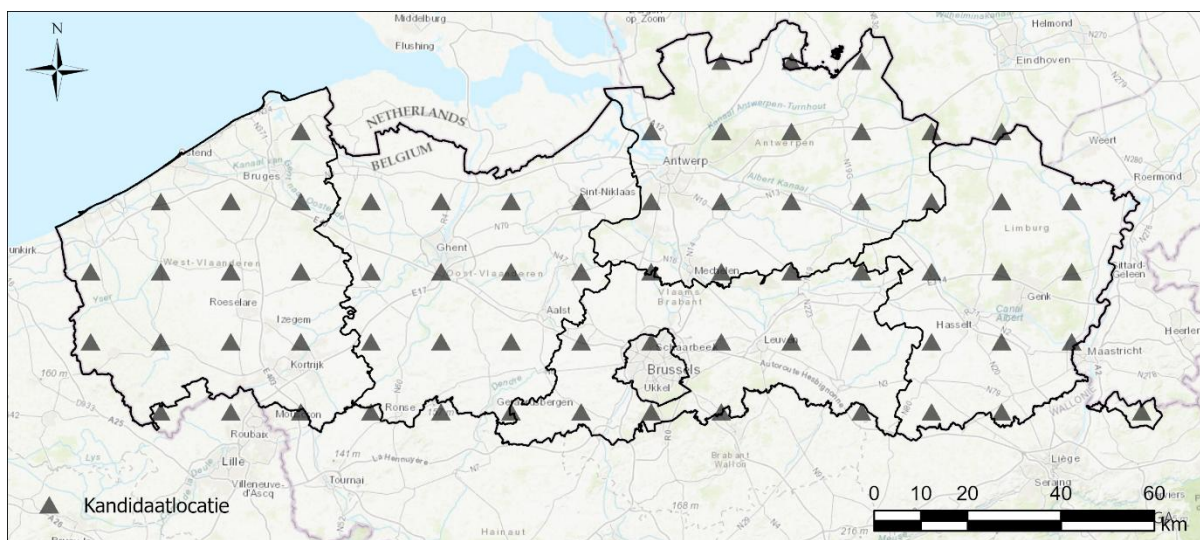
2.3.4 Voorbewerking

Vooraleer textiel fracties daadwerkelijk kunnen worden aangeboden aan recyclageprocessen, is voorbereiding vaak noodzakelijk (Tabel 8). Deze voorbereidende stap kan meerdere handelingen omvatten zoals het verwijderen van niet-recycleerbare componenten (zoals knopen, labels, ritsen), het versnijden van textiel in verwerkbare formaten of het verpakken in balen.

De meest kritieke stap is het ontmantelen, waarbij harde componenten worden verwijderd. Deze stap is essentieel om te voldoen aan de materiaaleisen van recyclagetechnologieën, die vaak een hoge zuiverheidsgraad vereisen. Niet alleen kunnen contaminaties (zoals metalen ritsen) machines beschadigen, ze verhogen ook de kans op brandgevaar of beïnvloeden de kwaliteit van het recyclaat⁸². Tegenwoordig gebeurt ontmanteling hoofdzakelijk manueel, wat in landen met hoge loonkosten een duur en arbeidsintensief knelpunt vormt. De kost, complexiteit en schaalbaarheid van ontmanteling zijn dan ook bepalende factoren voor het economisch en logistiek haalbaar maken van textielrecyclage op industriële schaal⁸².

De locaties voor voorbereiding zijn nog onbekend. In de MooV-analyse wordend daarom kandidaat locaties gedefinieerd op basis waarvan de meest optimale locatie(s) voor voorbereiding bepaald kunnen worden. Deze kandidaat locaties zijn bepaald volgens de 'greenfield-benadering', waarbij Vlaanderen wordt opgedeeld in een raster van 15 bij 15 kilometer. Het middelpunt van elk rastervak wordt beschouwd als een potentiële locatie voor sorteeractiviteiten (Figuur 18). Het combineren van sortering en voorbereiding op dezelfde locatie is niet verplicht, maar wel mogelijk.

⁸² <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>



Figuur 18: Voorbewerking - Kandidaat locaties (raster 15x15 km).

Om te voldoen aan de kwaliteits- en materiaaleisen van recyclagebedrijven (Tabel 8) zijn in de database drie hoofdtypen van voorbewerkingstechnologieën gedefinieerd:

- Balen: Het samendrukken van textiel tot compacte balen met het oog op efficiëntere opslag en transport. Balen is een volume-reducerende maatregel die zowel toepasbaar is op onbehandelde textiel fracties als op reeds voorbewerkte materialen.
- Ontmantelen: Het verwijderen van niet-textiele componenten zoals ritsen, knopen, labels en logo's. Deze elementen verstoren het recycleerproces doordat ze machines kunnen beschadigen, de materiaalzuiverheid verminderen of veiligheidsrisico's opleveren. Het proces gebeurt vaak handmatig of semi-automatisch. Bij automatische ontmanteling is voorafgaand versnijden vereist om de textielstukken geschikt te maken voor verwerking door de machines.
- Versnijden: Textiel wordt versneden tot kleinere stukken. Het proces kan volledig geautomatiseerd verlopen en is vooral geschikt voor homogene materiaalstromen.

Tabel 6: Voorbewerking – Types voorbewerking en parameters voor MooV analyse.

	Type voorbewerking	Capaciteit (ton/jaar)	CAPEX (€/jaar)	OPEX (€/ton)	VTE A	VTE B	Bron
THEORIE	Ontmantelen Manueel/SemiA	Tabel 7					
	Ontmantelen Automatisch	1.800	53.500	1,48	0,5 per 1	0,25 per 2	Trimclean
	Versnijden Automatisch	1.800	26.000	0,72	0,5 per 1	0,25 per 2	Pierret
	Balen	2.885	17.500	0,30	2 per 1	0,35 per 1	KW Ateljee
PRAKTIJK	Ontmantelen Manueel/SemiA	Tabel 7					
	Ontmantelen Automatisch	1.340	53.500	2,00	0,5 per 1	0,25 per 2	Labo WP1
	Versnijden Automatisch	1.340	26.000	0,97	0,5 per 1	0,25 per 2	WP1
	Balen	1.608	17.500	0,54	2 per 1	0,35 per 1	KW Ateljee

A = doelgroepmedewerker (1 VTE = 15.000 per jaar)

B = werkvloerbegeleider (1 VTE = 65.000 per jaar)

Deze technologieën worden in het MooV-model gekarakteriseerd op basis van hun investeringskost (CAPEX), operationele kost (OPEX), personeelsinzet (VTE A en VTE B) en verwerkingscapaciteit (Tabel 6). De keuze voor het al dan niet toepassen van een bepaalde voorbewerking heeft een directe invloed op de logistieke efficiëntie, de kwaliteit van output voor recyclage en de afzetmogelijkheden.

Binnen de MooV-analyse wordt de impact van de keuze van deze technologieën geëvalueerd op basis van zowel praktijkdata (zoals geobserveerd in kringloopcentra en labo's) als theoretische parameters (aangeleverd door technologieontwikkelaars) (Tabel 6). De kloof tussen beide wordt verder onderzocht in een gevoeligheidsanalyse, zodat scenario's met opschaling of investeringen in technologie transparant kunnen worden doorgerekend.

Uit de labo's blijkt dat de efficiëntie van het ontmantelingsproces sterk afhankelijk is van het type textielproduct. Zowel het materiaal als de constructie van het kledingstuk beïnvloeden hoeveel materiaalverlies optreedt zowel in geval van semi-automatische als in automatische ontmanteling (Tabel 7). In het geval van semi-automatische ontmanteling, beïnvloedt het type textielproduct eveneens de hoeveelheid manuele arbeid die vereist is (Tabel 7). In het bijzonder blijkt dat:

- Denim en polycotton (meer specifiek ziekenhuisjassen) behoren tot de meest uitdagende categorieën. Deze producten bevatten vaak harde naden, metalen accessoires, labels en andere niet-textiele componenten.
- Breisels zijn doorgaans eenvoudiger te verwerken. Ze bevatten minder versieringen, hebben een eenvoudigere constructie en zijn minder vervuild.
- Polyestertextiel, en dan vooral artikelen met opdrukken of prints, vormt een aparte categorie. Hoewel het materiaal op zich niet bijzonder moeilijk te verwerken is, leidt de visuele verontreiniging (zoals logo's of grafische prints) ertoe dat deze producten in functie van de recyclagekwaliteit als verlies worden geboekt, ook al is het fysieke materiaal intact.
- Polycotton kent een grote variabiliteit in materiaalverlies, gaande van 10% tot wel 46%. Deze spreiding hangt sterk af van het specifieke type product. Ziekenhuiskledij is hier een opvallend voorbeeld: het bevat vaak meerdere lagen, labels, logo's en functionele verstevigingen, waardoor het moeilijk te ontmantelen en sterk verliesgevoelig is.

Deze inzichten benadrukken het belang van een productafhankelijke benadering binnen voorbewerking en logistieke planning. Ze vormen bovendien een krachtig argument voor verdere investeringen in sorteer- en ontmantelingstechnologieën, alsook voor beleidsinitiatieven rond design for recycling.

Tabel 7: Voorbewerking – Parameters Ontmantelen – Semi automatisch (bron: Labo's / Ariadne Innovation).

Product	Kost (€/ton)	Verlies (%)	Opmerking vanuit de labo's
Denim	2.590	30	Veel metalen trims, harde naden, stugger om te verwerken
Katoen	1.050	9	Uitsortering op witte breisels (tshirts, weinig prints,), type product met standaard minder trims aan
Wol	1.150	7	Uitsortering op wollen truien, vaak ook type product met weinig trims aan (25% minder dan katoen, want geen prints)
Polyester (100%)	2.020	40	Uitsortering op poleyster (veel t-shirts) wel wat prints maar niet zoveel harde delen als de andere stromen
Polykatoen	3.450	30 (10 – 46)	Hier focus op ziekenhuisjassen, hebben ook logo's, harde naden, bevuiling

2.3.5 Recyclage

De verwerking van post-consumer textiel vindt vandaag grotendeels plaats via internationale handel, ondanks toenemende handelsbeperkingen van onder andere China en diverse Noord-Afrikaanse landen ⁸³. In 2017 is vanuit België en Luxemburg nog steeds een aanzienlijk volume gebruikte kleding geëxporteerd naar het Afrikaanse continent (ongeveer 45% van het totaal), met Kameroen als belangrijkste afnemer (18%) ⁸⁴. Volgens Sandberg et al. (2014) maken de transportkosten bij export naar Afrika 70 tot 80% uit van de totale waarde van het recyclingartikel, wat de economische haalbaarheid en ecologische wenselijkheid in vraag stelt ⁸⁵.

Binnen dit project wordt daarom de nadruk gelegd op het hoogwaardig en lokaal verwerken van post-consumer textiel volgens de principes van de circulaire economie. Om inzicht te krijgen in de logistieke impact tot aan de verwerker, zijn de relevante recyclagebedrijven binnen Europa in kaart gebracht op basis van de open source database 'Textiles Sorting and Recycling' (WRAP)⁸⁶ en de expertise van Ariadne Innovation (ellie.connect platform). De geselecteerde recyclagebedrijven zijn weergegeven in Figuur 19, met differentiatie naar mechanische recyclage en chemische recyclage:

- Bij mechanische recyclage (M) wordt het textiel mechanisch ontmanteld en teruggebracht tot vezels, die vervolgens opnieuw kunnen worden gesponnen tot garens en verwerkt tot nieuwe stoffen. Deze methode is breed inzetbaar, maar verlies aan vezelkwaliteit is een gekend nadeel, vooral bij herhaald recycleren.
- Chemische recyclage (C) depolymeriseert het textiel tot zijn chemische bouwstenen, waarna het opnieuw gepolymeriseerd wordt tot hoogwaardige vezels. Kwaliteitsbehoud is het grote voordeel, maar de technologie is voorlopig kapitaalintensief en nog beperkt beschikbaar op industriële schaal.

De kwaliteit en samenstelling van het aangeleverde materiaal vormen kritische randvoorwaarden voor het slagen van zowel mechanische als chemische recyclageprocessen. Om de logistiek richting de verwerkingsbedrijven op een realistische wijze te modelleren, hebben Centexbel en Ariadne Innovation de inputvereisten per type recyclagebedrijf systematisch in kaart gebracht (Tabel 8). Deze vereisten omvatten:

- Type en samenstelling van de toegelaten grondstoffen, met differentiatie naar katoen, polyester, polykatoen, denim, wol en blends;
- Vereiste voorbewerking zoals balen, ontmantelen en versnijden.

Deze inventarisatie pretendeert niet exhaustief te zijn, maar geeft een representatief overzicht van de materiaalstromen die vandaag de dag het meest courant zijn in de markt en in de secundaire onderstroom.

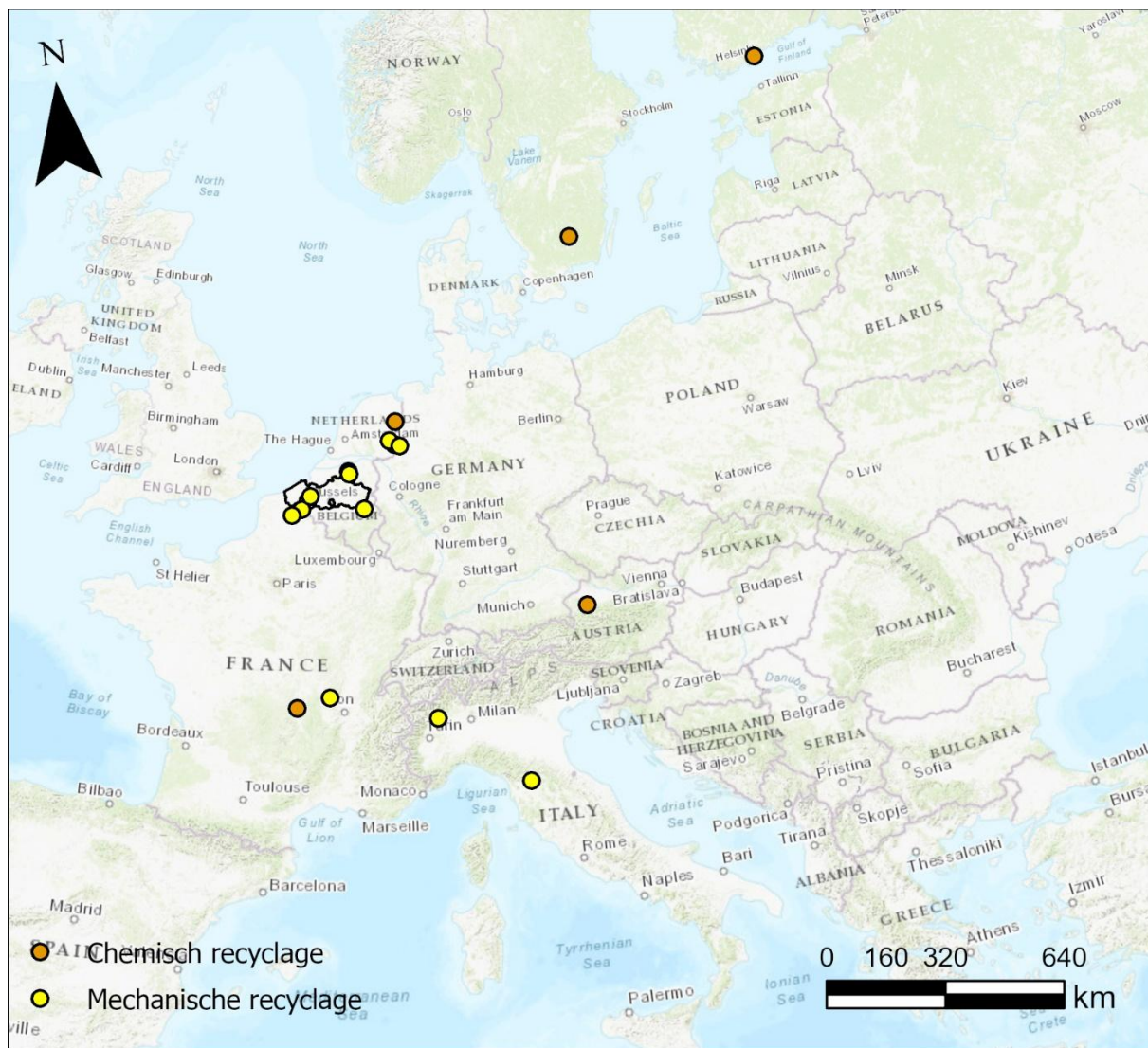
Deze inzichten vormen een essentieel kader voor het koppelen van logistieke stromen aan de geschikte verwerkingsroutes binnen het Labs on Fibre (LoF) model.

⁸³ EU_BPA

⁸⁴ Oec world

⁸⁵ 2024_Sandberg

⁸⁶ <https://www.wrap.ngo/resources/tool/textiles-sorting-and-recycling-database>



Figuur 19: Recyclage – Locaties van mechanische (M) en chemische (C) recyclagebedrijven voor textiel onderstromen.

Tabel 8: Recyclage – Karakteristieken en vereisten voor aanlevering van onderstromen per recyclage locatie (Bron: Centexbel, Ariadane Innovation).

RECYCLAGEBEDRIJF	Type	GRONDSTOF						WAARDE		VOORBEREIDING VOOR RECYCLAGE		
		Katoen	Polyester	Polykatoen	Denim	Wol	Blends	Hoog	Laag	Ontmanteling	Versnijden	Balen
Recyclagebedrijf 1	C	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 2	M	JA	NEE	NEE	JA	JA	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 3	C	JA	NEE	JA	JA	NEE	NEE	JA	NEE	JA	NEE	JA
Recyclagebedrijf 4	C	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	JA	JA	JA
Recyclagebedrijf 5	M	JA	JA	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	JA	JA	NEE	JA
Recyclagebedrijf 6	C	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 7	C	NEE	JA	JA	NEE	NEE	NEE	JA	JA	NEE	JA	JA
Recyclagebedrijf 8	M	JA	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	JA	JA	JA	JA	JA
Recyclagebedrijf 9	C	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 10	M	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 11	M	JA	JA	JA	JA	NEE	JA	JA	JA	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 12	M	JA	JA	JA	JA	NEE	JA	JA	JA	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 13	M	JA	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	JA
Recyclagebedrijf 14	M	JA	JA	JA	NEE	NEE	NEE	JA	JA	JA	JA	JA
Recyclagebedrijf 15	M	NEE	JA	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	JA	JA	NEE	NEE
Recyclagebedrijf 16	M	JA	NEE	JA	JA	NEE	NEE	JA	NEE	JA	JA	JA

2.3.6 Transport

Transport vormt een essentiële schakel om de verschillende activiteiten binnen de circulaire textielketen met elkaar te verbinden tot één samenhangend geheel. Binnen het MooV-model worden alle transportbewegingen over de weg gemodelleerd, met expliciete aandacht voor kostenefficiëntie, laadcapaciteit, reistijd en afstand. De totale transportkost is opgebouwd uit 2 componenten:

- overslagkosten voor het laden en lossen van goederen, die afhankelijk zijn van het volume, type goederen, het gebruikte transportmiddel en de perszoneelsinzet;
- transportkosten voor het effectief verplaatsen van goederen tussen activiteiten. Deze worden bepaald door de afstand en de reistijd in functie van de transportmodus.

Voor de berekening van deze kosten wordt gewerkt met gestandaardiseerde kostenkengetallen (Tabel 9), die gebaseerd zijn op factoren zoals brandstofkosten, loonkosten, onderhoud, reparaties en vervangingen van onderdelen, verzekeringen, afschrijvingen van voertuigen en infrastructuurheffingen (vb. tolwegen, vignetkosten of stadsheffingen).

Binnen de logistieke keten worden meerdere transporttrajecten onderscheiden, elk met hun specifieke vervoerstype (Figuur 20):

- Inzameling van textiel:
 - o Van winkels naar lokale collectiecentra voor sortering voor hergebruik. Deze beweging wordt uitgevoerd met meubelbak of camionette afgestemd op het volume of gewicht van losse textielzakken.
 - o Van textielcontainers naar het collectiecentrum voor sortering voor hergebruik: het toegewezen transporttype verschilt per inzamelaar en wordt bepaald via het CMA-algoritme, rekening houdend met afstand en lading.
- Transport tussen verwerkingsstappen:
 - o Van collectiecentra voor sortering voor hergebruik naar locaties voor sortering voor recyclage of ontmanteling: Afhankelijk van het volume of gewicht gebeurt dit met meubelbak, camionette of lichte vrachtwagen.
- Transport naar eindverwerking:
 - o Van sorteer- of voorbewerkingslocaties naar mechanische of chemische recyclagebedrijven in Europa (Figuur 19). Hier wordt de zware vrachtwagen ingezet, aangezien de afstanden groot zijn en het volume aanzienlijk is.

Tabel 9: Transport type – Parameters voor MooV analyse (Bron: ^{87,88}).

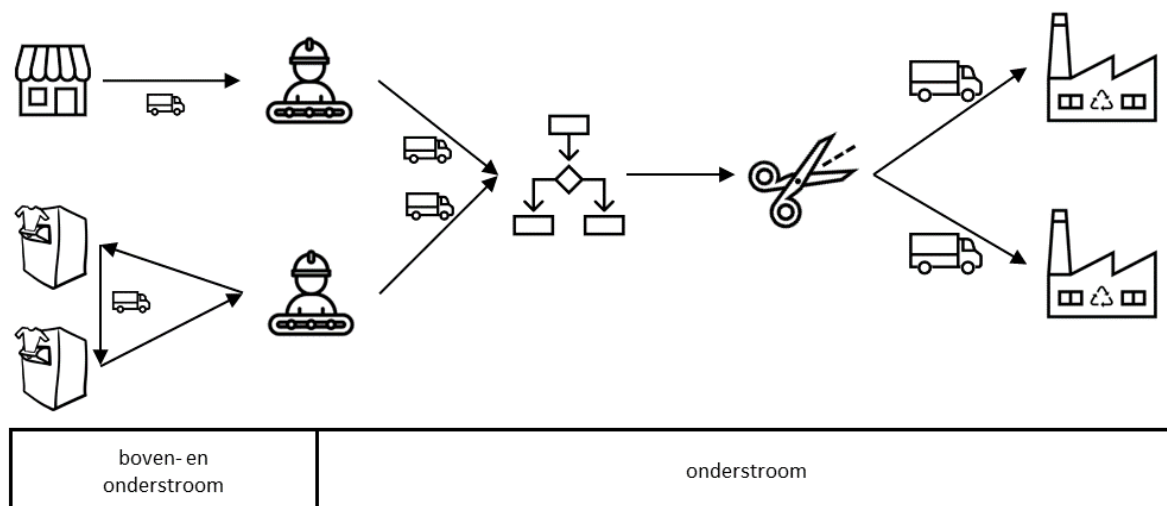
Transport type	Capaciteit (kg)	Capaciteit (m ³)	Transportkost (€/km)	Transportkost (€/h)	(Un)Load (min)	(Un)Load (€/h)
Meubelbak	750	19	0,46	26,49	10	32,23
Camionette	1.275	11	0,46	26,49	10	32,23
Lichte vracht	4.300	26	0,93	29,25	20	40,45
Zware vracht	10.000	46	1,23	29,25	30	44,85

⁸⁷ Jonkeren, O. (2023), Kostenkengetallen voor het goederenvervoer 2023. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).

⁸⁸ Panteia (2023) Cost Figures for Freight Transport - final report, Zoetermeer, januari 2023.

2.4 Netwerkdigram

Het stroomdiagram (Figuur 20) geeft een duidelijk overzicht van de materiaalketen voor post-consumer textiel, van inzameling tot verwerking. De figuur illustreert de opeenvolgende stappen en scheidt visueel de bovenstroom (herbruikbare fractie) van de onderstroom (niet-herbruikbare fractie).



Figuur 20: Labs on Fibre netwerkdiagram.

Wat minder zichtbaar is in deze voorstelling, is de geografische dimensie van elk van de activiteiten. Toch speelt de fysieke locatie van elke activiteit een belangrijke rol in het bepalen van een efficiënte en duurzame logistieke keten. Binnen deze benadering worden vijf hoofdactiviteiten beschouwd (Tabel 10).

Tabel 10: Netwerkdigram – Fysieke locaties van activiteiten.

Activiteit	Locatiekenmerken	Functie in de keten	Logistieke rol
Inzameling	Verspreid over Vlaanderen (winkels, textielcontainers)	Verzamelen van post-consumer textiel	Startpunt van de keten Transport naar collectiecentra
Sortering voor hergebruik	Collectiecentrum KW per verzorgingsgebied Collectiecentra OXFAM en WMH	Scheiden van herbruikbare (bovenstroom) en niet-herbruikbare (onderstroom) textiel	Intermediair knooppunt Doorstroming naar verkoop of verdere verwerking
Sortering voor recyclage	Kandidaat locaties	Verdere sortering van onderstroom in recycleerbare fracties	Optimalisatie van logistieke netwerken via clustering of centralisatie
Vorbewerking	Kandidaat locaties	Ontmantelen, versnijden, balen	Eisen recyclagebedrijf
Recyclage	Mechanisch of chemisch recyclage in Vlaanderen of elders in Europa	Verwerken van (vorbewerkte) fracties tot nieuwe vezels of halffabricaten	Eindpunt van de logistieke keten

3 RESULTATEN

Traditioneel vindt de sortering en opslag van ingezameld textiel lokaal plaats, vaak in of nabij de inzamelpunten zoals winkels (in-store). Recente evoluties wijzen echter op de potentiële voordelen van een meer gecentraliseerde aanpak. Grotere volumes bieden mogelijk de kans om efficiëntere sorteertechnologieën in te zetten, beter te voldoen aan de kwaliteitseisen van recyclagebedrijven en schaalvoordelen te benutten die kunnen leiden tot lagere kosten per ton textiel.

Binnen deze studie wordt de **hypothese** onderzocht dat de centralisatie van onderstromen een sleutelrol kan spelen in het realiseren van de benodigde schaalgrootte voor sortering en voorbereiding van post-consumer textiel. Mogelijke strategieën om dit te bereiken zijn onder meer: intensievere samenwerking tussen actoren, bundeling van materiaalstromen via sorteerhubs, en optimalisatie van logistieke processen. Om de impact van dergelijke strategieën op kosten, efficiëntie en de configuratie van de toeleveringsketen te analyseren, wordt het MooV-model ingezet en aangepast aan de specifieke noden en eisen van de textielketen (Sectie 2). Daarbij wordt specifiek gekeken naar de stromen van textiel die in 2022 zijn ingezameld door kringloopcentra en de non-profitorganisaties We Make Hope (WMH) en OXFAM.

Idealiter vormt de huidige situatie (AS IS / SC0) het referentiepunt voor vergelijking met toekomstige (TO BE) scenario's. Aangezien de bestaande situatie zich echter beperkt tot de inzameling en sortering voor hergebruik, en de MooV-analyse zich toespitst op de onderstroom ná deze fase, is gekozen voor een toekomstgericht **basis scenario**. In dit basis scenario wordt uitgegaan van een decentrale werking waarbij elk collectiecentrum (Figuur 15 en Figuur 16) zelfstandig instaat voor sortering voor recyclage en voorbereiding. Van daaruit wordt het textiel naar diverse recyclagebedrijven vervoerd. De volledige ingezamelde hoeveelheid wordt daarbij gesorteerd en voorbereid in functie van de eisen van de verwerkers (Tabel 8), met een minimale afzethoeveelheid van 200 ton per recyclagebedrijf.

De resultaten van dit basis scenario dienen als referentie voor vergelijking met verschillende alternatieve scenario's. In elk van deze scenario's wordt systematisch één parameter aangepast om het effect op de kosten, de efficiëntie en de configuratie van de toeleveringsketen van post-consumer textielstromen te analyseren. Zo biedt de scenarioanalyse inzicht in de potentiële impact van onder andere mate van centralisatie, sorteertype, verwerkingscapaciteit en locatiekeuze op de totale ketenkost en -performantie. De scenariogroepen zijn:

- (1) **Impact van samenwerking** tussen actoren waarbij onderstromen worden gecentraliseerd in 1 sorteerhub (SC2) en impact van de mate van centralisatie (i.e. 1, 2, 5 en 10 sorteerhubs) (Sectie 3.3);
- (2) **Impact van het type sortering en verwerkingscapaciteit** in de sorteerhub. In deze scenarioanalyse wordt onderzocht hoe het type sorteertechnologie en de operationele capaciteit van invloed zijn op de prestaties van de sorteerhubs. Er wordt een vergelijking gemaakt tussen manuele, semi-automatische en automatische sortering in de sorteerhub en er wordt nagegaan wat het effect is van het aantal shifts per dag in geval van (semi-) automatische sortering (1, 2 of 3 shifts). Tevens wordt voor deze scenario's de impact geanalyseerd van de praktische inschatting van de capaciteit (zoals vastgesteld bij de labo's) ten opzicht van de theoretische inschatting van de capaciteit (zoals opgegeven door de technologieaanbieders) (Tabel 4 en Tabel 6) (Sectie 3.4);
- (3) **Impact van ontmanteling bij maatwerkbedrijven** (Tabel 8).

3.1 Huidige situatie

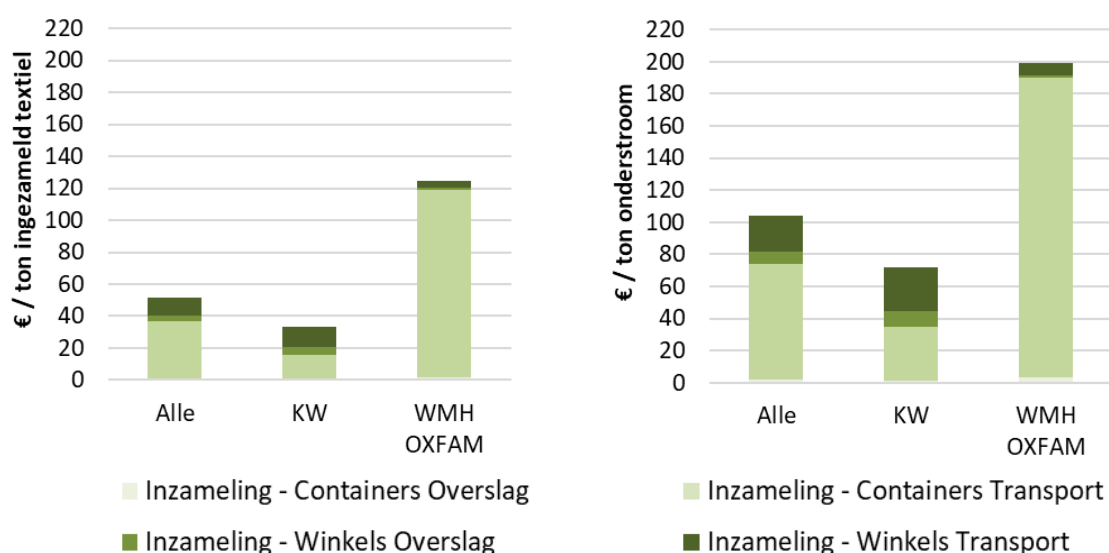
De huidige situatie binnen de Vlaamse post-consumer textielketen betreft hoofdzakelijk de inzameling van textiel en de daaropvolgende sortering voor hergebruik. Deze inzamelstructuur wordt gekenmerkt door een sterk gedecentraliseerd systeem, waarbij meerdere actoren en inzamelkanalen betrokken zijn.

In 2022 verzamelden de betrokken kringloopcentra, WMH en OXFAM gezamenlijk 20.266 ton post-consumer textiel (Tabel 2). Dit vertegenwoordigt ongeveer 46,9% van het totale volume dat in Vlaanderen is ingezameld. Op basis van de percentages in Tabel 3, resulteert dit in 2022 in 10.038 ton onderstroom.

De gemiddelde inzamelkost over alle organisaties bedraagt ongeveer 50 euro per ton ingezameld textiel. Deze kost omvat overslag bij de winkels of containers, overslag bij de collectiecentra en transport tussen deze punten. Uit de analyse blijkt dat de inzameling via winkels goed is voor 46% van het ingezamelde volume (9.407 ton ingezameld textiel), maar slechts 29% van de totale inzamelkost vertegenwoordigt. Dit wijst op een relatief efficiënte logistieke organisatie: het transport is meestal beperkt tot korte interne trajecten binnen één verzorgingsgebied. Inzameling via winkels resulteert doorgaans in hoogwaardige kwaliteit en is geschikt voor hergebruik.

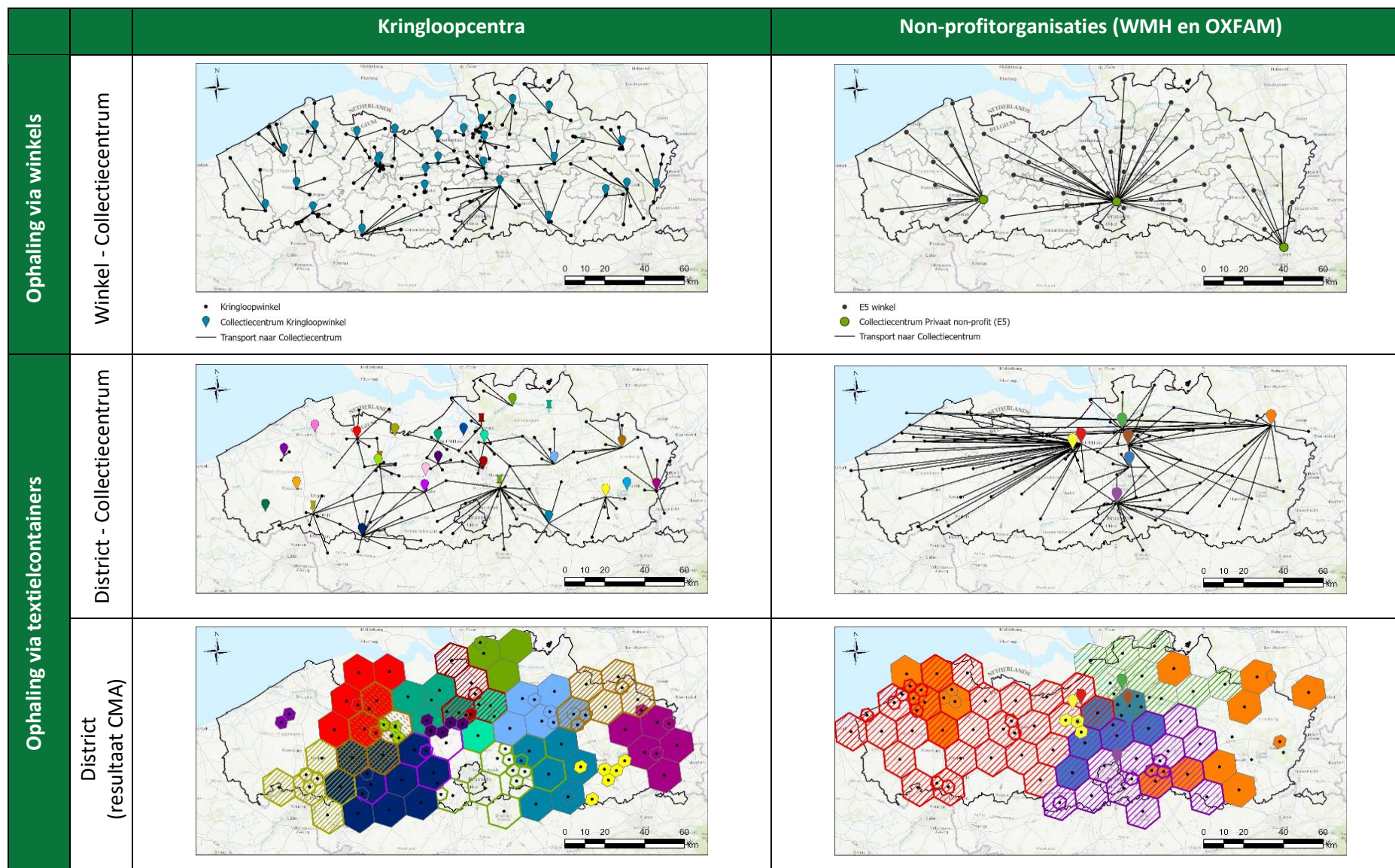
De inzameling via textielcontainers is daarentegen logistiek intensiever. Hoewel 53% van het ingezamelde volume via containers verloopt, is deze stroom verantwoordelijk voor 70% van de totale inzamelkost. Resultierend in een gemiddelde kost van €125 per ton ingezameld textiel. Dit verschil is te verklaren door frequente ledigingen, grotere afstanden en een bredere geografische dekking. Binnen deze organisaties vertegenwoordigt de transportkost het grootste aandeel van de totale kost. De kwaliteit is gemiddeld tot laag, onder meer door een hoger risico op vervuiling door een hogere fractie aan restafval, vochtinfiltratie of lange ledigingsintervallen ⁸⁹.

Een bijkomend verschil is zichtbaar in de overslagkosten. Bij winkelinzameling maken deze 25% uit van de totale inzamelkost, tegenover slechts 2% bij containerinzameling. Dit verschil is het gevolg van de veronderstelling dat winkeltextiel zowel geladen als gelost moet worden, terwijl bij containertextiel alleen de lossing aan het collectiecentrum wordt meegeteld als overslag; de ophaling wordt verrekend binnen de transportkost.



Figuur 21: Huidige situatie – Totale mobilisatiekost per ton ingezameld textiel (links) en per ton onderstroom (rechts) (referentiejaar 2022).

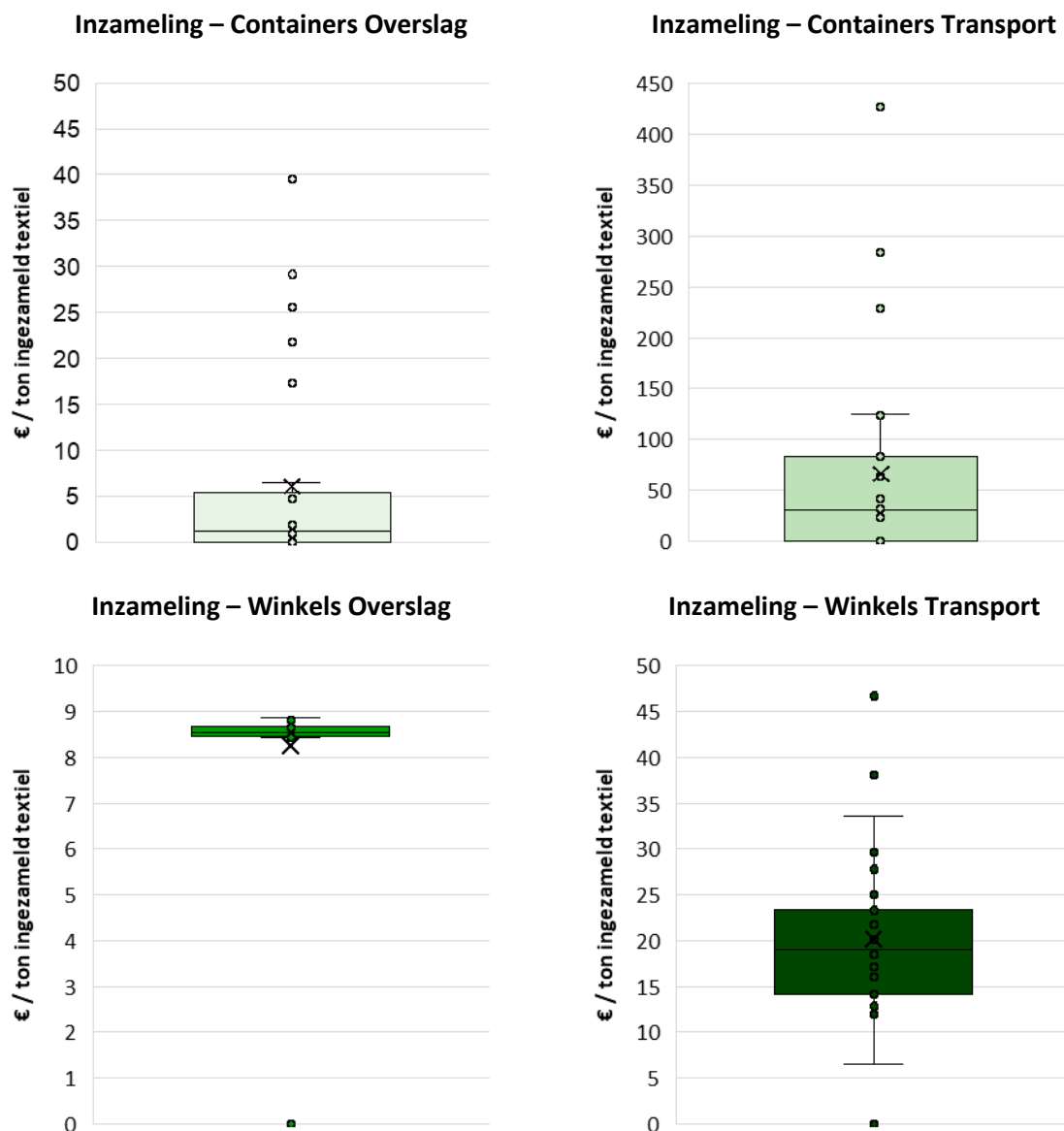
⁸⁹ VTT



Figuur 22: Huidige situatie – Overzicht van transportbewegingen gerelateerd aan inzameling via winkels en aan inzameling via textielcontainers.

De weergegeven gemiddelde kost voor de kringloopcentra is het resultaat van een aggregatie over alle betrokken organisaties. In de praktijk kan deze kost echter sterk verschillen per organisatie. Deze boxplots (Figuur 23) bevestigen de grote spreiding in kosten voor de transportcomponenten. Voor de kosten gerelateerd aan de winkels varieert de transportkost tussen €6 en €47 per ton ingezameld textiel met een mediaan rond €20 per ton ingezameld textiel. De uitschieters kunnen verklaard worden door het verschil in afstand tussen winkels en collectiecentra, maar ook door verschillen in voertuigtype en beladingsgraad. De overslagkosten bij winkels zijn opmerkelijk concentrisch en uniform, met zeer weinig spreiding rond een waarde van ongeveer €9 per ton ingezameld textiel.

De transportkost van containerinzameling vertoont de grootste spreiding, met waarden van net onder de €10 per ton ingezameld textiel tot uitschieters boven €400 per ton ingezameld textiel. De mediaan ligt rond de €35 per ton ingezameld textiel. Deze spreiding benadrukt de grote variabiliteit in geografische spreiding van containers en ophaalfrequentie.

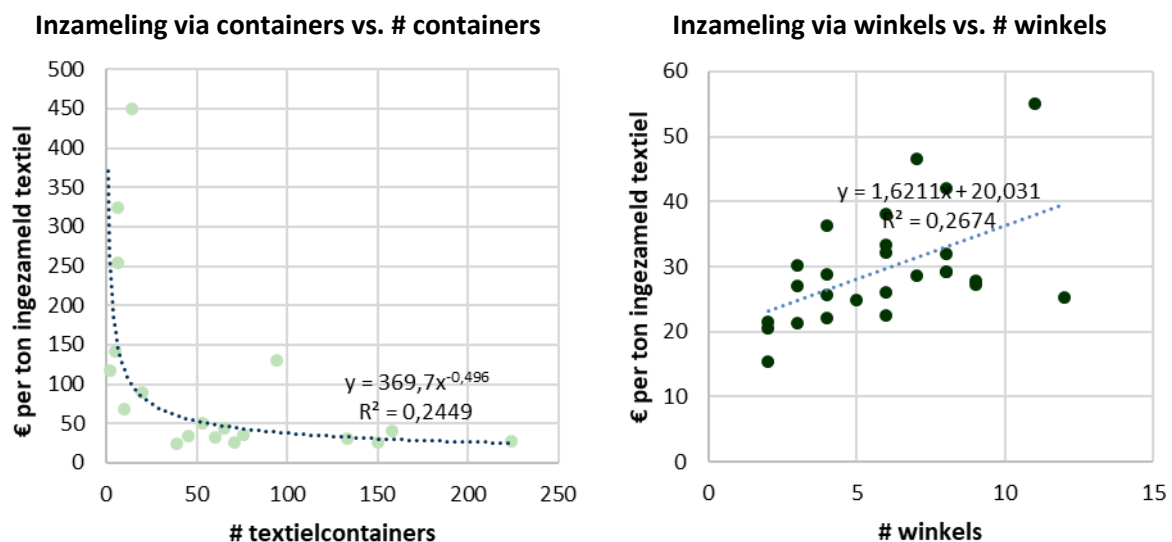


Figuur 23: Huidige situatie – Boxplot van de inzamelkosten per inzamelaar met onderscheid tussen kosten voor overslag en transport gerelateerd aan containers en kosten voor overslag en transport gerelateerd aan de winkels (referentiejaar 2022).

De verschillen tussen de organisaties kunnen verklaard worden door o.a. het aantal winkels en textielcontainers in het verzorgingsgebied alsook de oppervlakte van het verzorgingsgebied.

De kost per ton ingezameld textiel daalt bij een toenemend aantal textielcontainers (Figuur 24). De negatieve exponentiële trend suggereert dat vaste kosten — zoals transportplanning, voertuiggebruik en personeel — beter gespreid kunnen worden over grotere volumes wanneer het netwerk van containers dichter en uitgebreider is. Dit impliceert schaalvoordelen bij containerinzameling. Belangrijk is echter dat de curve uitvlakt bij hogere aantallen, wat duidt op verzadiging: de marginale winst in kostefficiëntie neemt af. Dit betekent dat er een optimum bereikt kan worden, waarna het toevoegen van extra containers slechts beperkte impact heeft op de gemiddelde kost per ton.

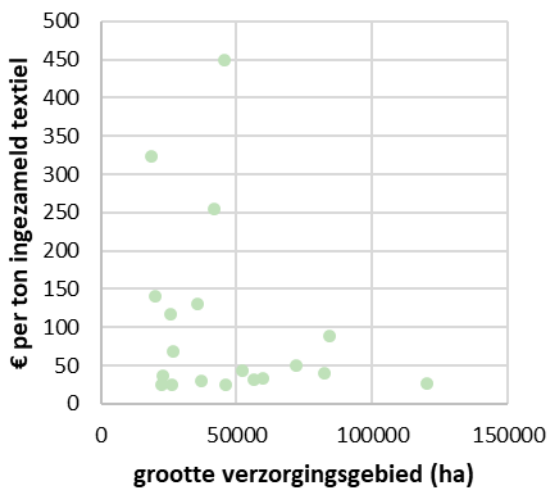
Voor winkels zien we een positieve relatie: hoe meer winkels er zijn, hoe hoger de kost per ton ingezameld textiel. Deze toename is te verklaren door een combinatie van factoren: winkels leveren doorgaans kleinere volumes, hebben minder opslagcapaciteit en vereisen frequente ophalingen, wat personeelsintensief en tijdrovend is.



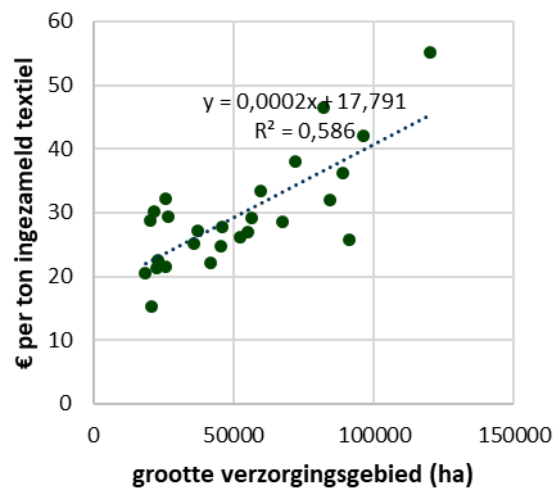
Figuur 24: Huidige situatie – Relatie tussen de kosten voor inzameling via textielcontainers en winkels en het aantal containers en winkels (referentiejaar 2022).

Het effect van het verzorgingsgebied op de inzamelkosten is dubbelzinnig (Figuur 25). Voor containerinzameling wordt geen statistisch significante relatie gevonden. De spreiding van de kosten blijft groot ongeacht de oppervlakte van het werkgebied, wat erop wijst dat andere determinanten meer bepalend zijn. Voor winkels is de relatie wel duidelijk: hoe groter het verzorgingsgebied, hoe hoger de inzamelkost per ton. Deze lineaire stijging wijst erop dat grotere gebieden meer transportkilometers vergen tussen winkel en collectiecentrum, met bijhorende kosten in tijd, brandstof en loonkosten. Dit effect wordt versterkt wanneer de dichtheid van winkels laag is.

Inzameling via containers vs. oppervlakte



Inzameling via winkels vs. oppervlakte



Figuur 25: Huidige situatie – Relatie tussen de kosten voor inzameling via textielcontainers en winkels en de oppervlakte van het verzorgingsgebied (referentiejaar 2022).

3.2 Individuele werking (basis scenario)

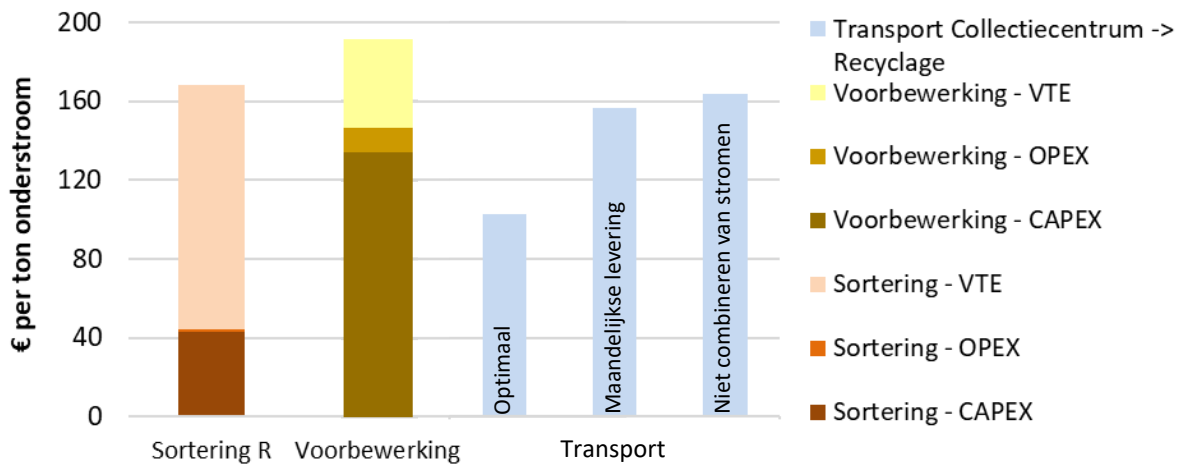
Idealiter vormt de huidige situatie (Sectie 3.1) het referentiepunt voor vergelijking met toekomstige (TO BE) scenario's. Aangezien de bestaande situatie zich beperkt tot de inzameling en sortering voor hergebruik en de MooV-analyse zich toespitst op de onderstroom ná deze fase, is gekozen voor een toekomstgericht basis scenario.

Het basis scenario vertrekt vanuit een decentrale aanpak, waarbij elk collectiecentrum (Figuur 15 en Figuur 16) afzonderlijk opereert. Dit houdt in dat, naast de sortering voor hergebruik, ook de sortering voor recyclage binnen elk collectiecentrum plaatsvindt. Waar nodig wordt in deze centra ook voorzien in voorbereidingsstappen, zoals het samenpersen tot balen, het ontmantelen van samengestelde producten of het versnijden van materialen. De beslissing om voorbereiding te organiseren in een collectiecentrum wordt genomen op basis van de technische vereisten die door de beoogde recyclagebedrijven worden opgelegd (Tabel 8). Deze vereisten bepalen in welke mate voorafgaande bewerking noodzakelijk is om het materiaal recyclebaar aan te leveren.

Na sortering voor recyclage en eventuele voorbereiding wordt het textiel getransporteerd naar de recyclagebedrijven. Bij deze stap wordt rekening gehouden met de specifieke eisen die de verschillende recyclagebedrijven stellen aan het aangeleverde materiaal, zoals vermeld in Tabel 8. Het doel is om het materiaal zo aan te leveren dat het zonder bijkomende tussenstappen door de recyclagebedrijven verwerkt kan worden.

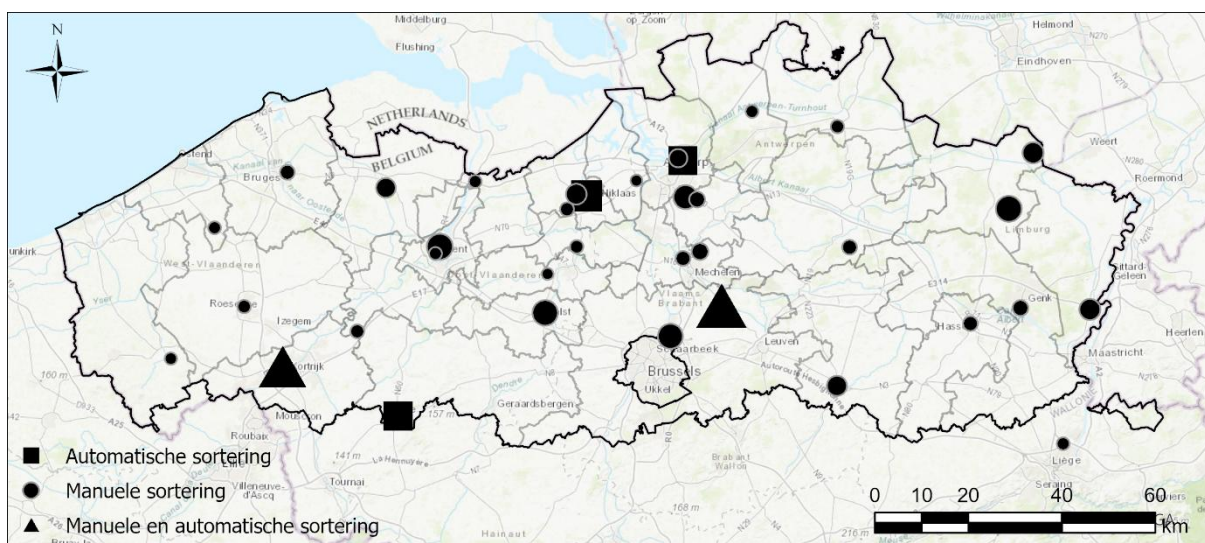
Uitgangspunt in dit scenario is dat de volledige hoeveelheid ingezameld textiel (20 kton) wordt gesorteerd voor hergebruik en de resterende onderstroom moet worden verwerkt via sortering voor recyclage. Om een voldoende spreiding en benutting van de verwerkingscapaciteit bij de recyclagebedrijven te waarborgen, wordt per recyclagebedrijf een minimale inputstroom van 200 ton textiel vooropgesteld, rekening houdend met de materiaaleisen aan de poort van elke recyclagebedrijf.

In het basis scenario is de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van de onderstroom—met inbegrip van sortering, voorbereiding en transport—462 euro per ton onderstroom (Figuur 26). Deze kost wordt gedragen door drie hoofdcomponenten, waarbij sortering instaat voor 36% van het totaal, voorbereiding voor 41%, en transport voor de resterende 22%.



Figuur 26: Individuele werking – Totale bijkomende mobilisatiekost (€ per ton onderstroom) per activiteit rekening houdend met optimaal transport, transport met verplichte maandelijkse levering en transport zonder combinatie van stromen (referentiejaar 2022).

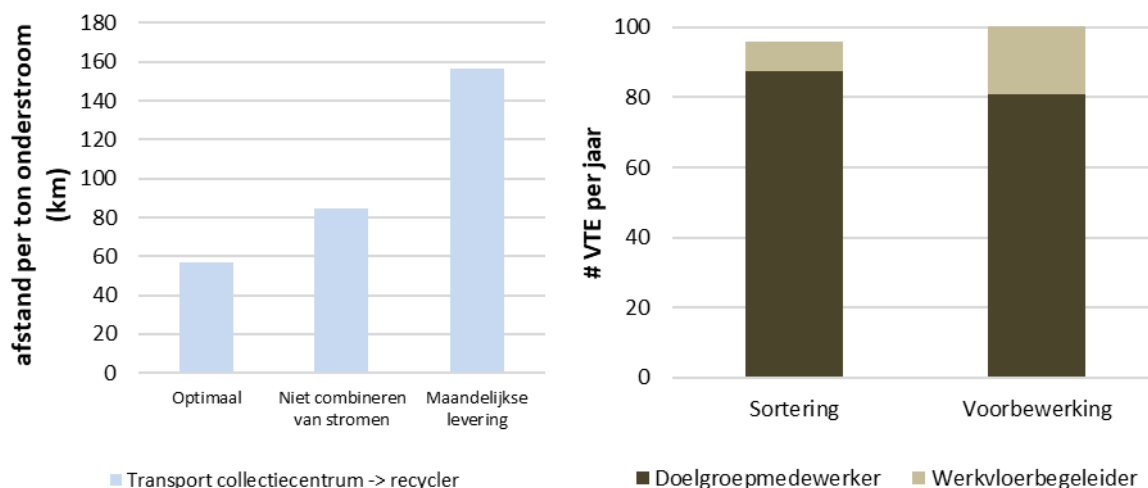
De **kost voor de sortering voor recyclage** bedraagt ongeveer 165 euro per ton onderstroom (Figuur 26). Van deze totale kost is 74% toe te schrijven aan personeelsinzet, terwijl 25% voortkomt uit kapitaalkosten (CAPEX). De bijdrage van operationele kosten (OPEX) is verwaarloosbaar en bedraagt slechts 1%. Het hoge aandeel van personeelsinzet is het gevolg van de keuze om in de meeste collectiecentra in te zetten op manuele sortering (31 van de 36 collectiecentra), waarbij de investeringskosten laag kan worden gehouden ten voordele van een grotere inzet van arbeid (Figuur 28). Het aandeel aan kapitaalkosten ligt toch nog relatief hoog door de invoering van automatische sorteerlijnen in vijf (van de 36) collectiecentra (Figuur 27). Deze uiteenlopende keuzes in sorteertechnologie zijn het resultaat van een afweging tussen de capaciteit van de sorteerinstallatie en benodigde verwerkingscapaciteit per centrum. Het LoF-model streeft ernaar om de sorteerinfrastructuur maximaal af te stemmen op de verwachte hoeveelheid ingezameld textiel, zodat de capaciteit per locatie optimaal benut wordt. Dit resulteert in een gemiddelde capaciteitsbenutting van 65% bij manuele sortering en 90% bij automatische sortering.



Figuur 27: Individuele werking – Optimale keuze van type sortering voor recyclage in de collectiecentra met indicatie van de hoeveelheid te verwerken onderstroom.

De **kost voor de voorbereiding** van de gesorteerde onderstroom bedraagt ongeveer 190 euro per ton. Deze kost is voornamelijk toe te schrijven aan kapitaalkosten (CAPEX), die maar liefst 70% van voorbereidingskosten uitmaken. De overige kosten bestaan uit operationele kosten (7%) en personeelsinzet (VTE) (23%). De dominante CAPEX weerspiegelt het feit dat voorbereiding een installatie- en materiaalintensief proces is. Investerings in balenpersen, ontmantelingslijnen en versnijdingsapparatuur zijn hierbij essentieel. Door de technische vereisten aan de poort van de recyclagebedrijven is het noodzakelijk dat elk collectiecentrum beschikt over een balenpers, ook al leidt dit in de praktijk tot een gemiddelde gebruikscapaciteit van slechts 13%. Bovendien is het ook de balenpers die aan de grondslag ligt voor de hogere personeelsinzet (Figuur 28). In 9 van de 36 collectiecentra zijn ontmantelings- en versnijdingsinstallaties voorzien, met het oog op het bereiken van de gevraagde volumes voor specifieke recyclagestromen. Ook hier blijft de benuttingsgraad beperkt, met een gemiddelde gebruikscapaciteit van slechts 26%. Deze lage capaciteitsbenutting vormt een belangrijke verklaring voor de hoge eenheidskost van voorbereiding: de vaste investeringskosten worden over een relatief klein verwerkt volume gespreid, wat de kost per ton gevoelig verhoogt.

Ten slotte wordt ook het **transport** tussen de collectiecentra en de recyclagebedrijven onder de loep genomen. In het basis scenario wordt uitgegaan van een geoptimaliseerde logistieke aanpak, waarbij transport pas plaatsvindt wanneer een vrachtwagen vrijwel volledig beladen is. Dit resulteert in een uitzonderlijk hoge gemiddelde beladingsgraad van 91% en een transportkost van ongeveer 100 euro per ton onderstroom. Binnen dit scenario bedraagt de gemiddelde transportafstand 57 kilometer per ton onderstroom (Figuur 28).



Figuur 28: Individuele werking - Extra transportafstand in km per ton onderstroom en aantal VTE's per jaar voor sortering voor recyclage en voorbereiding (referentiejaar 2022).

In de praktijk blijkt het echter vaak moeilijk om een dergelijke optimalisatiegraad te realiseren. Verschillende factoren kunnen deze efficiëntie onder druk zetten: sommige recyclagebedrijven vereisen regelmatige of maandelijkse leveringen, de stockageruimte in de collectiecentra is beperkt, en in bepaalde gevallen is het niet toegelaten om verschillende textielstromen in één transport te combineren. Een gevoeligheidsanalyse toont aan dat de transportkosten in deze minder optimale scenario's aanzienlijk kunnen stijgen (Figuur 26):

- Wanneer maandelijkse leveringen vereist zijn, neemt de gemiddelde transportkost toe met 53% tot 157 euro per ton onderstroom. De gemiddelde transportafstand loopt op tot 156 km per ton, oftewel een stijging met 174% in vergelijking met het optimale scenario.
- In het scenario waarbij stromen afzonderlijk moeten worden vervoerd lopen de transportkosten op tot 164 euro per ton onderstroom (+60%) en stijgt de gemiddelde transportafstand tot 85 km per ton, oftewel een stijging met 49%.

Deze variaties benadrukken de aanzienlijke impact van logistieke keuzes op de kostenefficiëntie van het systeem. In financiële termen betekent dit dat het aandeel van transport in de totale kost kan oplopen van 22% in het geoptimaliseerde scenario tot 30% in het minst efficiënte geval. Hierdoor stijgt de totale kost voor de mobilisatie van textiel richting recyclage met 10 tot 15%, louter als gevolg van verschillen in de organisatie van het transport.

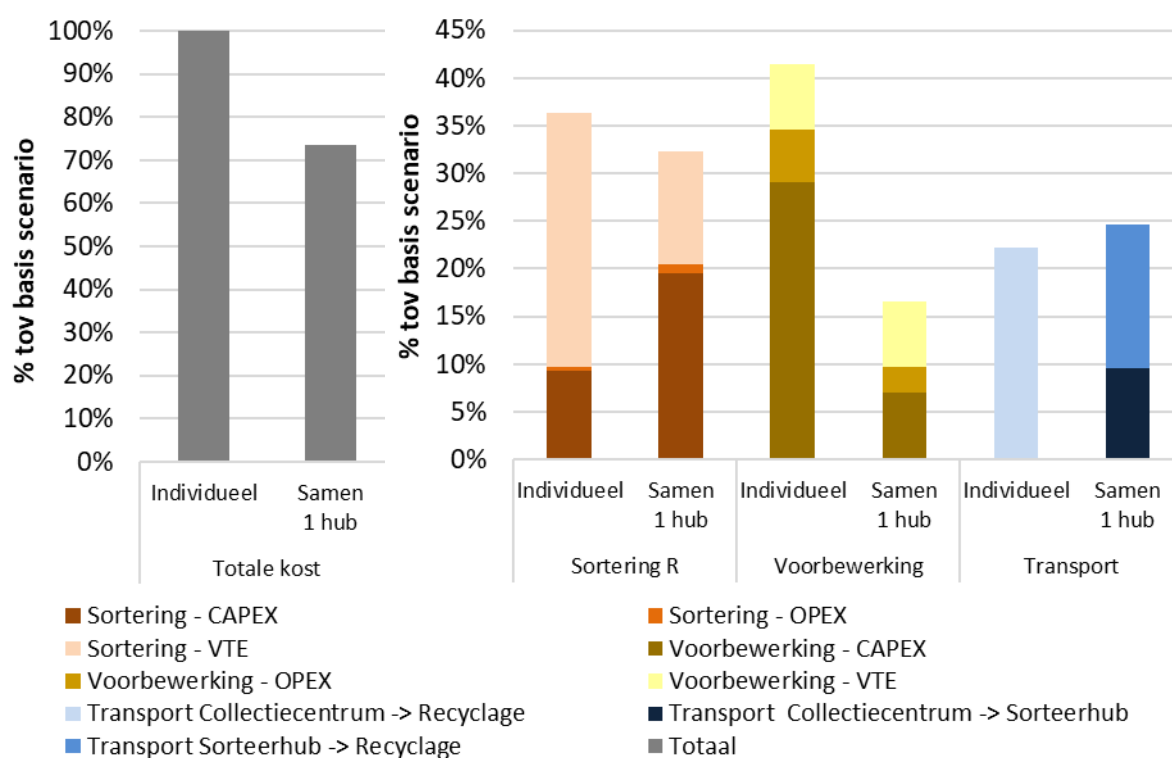
3.3 Impact van samenwerking

In het eerder beschreven basis scenario — waarin elk collectiecentrum afzonderlijk instaat voor sortering en voorbereiding — blijkt dat de beschikbare infrastructuur vaak onderbenut blijft. De gemiddelde benutting van de sorteercapaciteit bedraagt slechts 69%, terwijl de benutting van de voorbereidingsinstallaties beperkt blijft tot 17%.

In het streven naar een kostenefficiënt en schaalbaar systeem voor textielrecyclage zou centrale sortering van onderstromen een cruciale hefboom kunnen zijn. Door onderstromen van meerdere collectiecentra te bundelen in één of meerdere gespecialiseerde sorteerhubs, kan de vereiste schaalgrootte voor (automatisatie van) sortering en voorbereiding worden gerealiseerd. Een dergelijke aanpak veronderstelt actieve samenwerking tussen actoren, evenals een doordachte ruimtelijke en logistieke organisatie.

In dit scenario wordt nagegaan in welke mate centralisatie tot schaalvoordelen kan leiden, door zowel sortering als ontmanteling te organiseren in **één gezamenlijke hub**. Deze hub wordt ingepland op een optimaal gekozen locatie, geselecteerd door het LoF-model uit een lijst van kandidaat locaties (Figuur 17). Daarbij wordt uitgegaan van vrije keuze in sorteer- en ontmantelingstechnologieën waarbij rekening wordt gehouden met de praktische capaciteit van de installaties, gedefinieerd in Tabel 4.

De totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van de onderstroom in dit scenario met 1 centrale sorteerhub bedraagt 340 euro per ton onderstroom, wat 26% lager ligt dan in het basis scenario met individuele werking (Figuur 29).



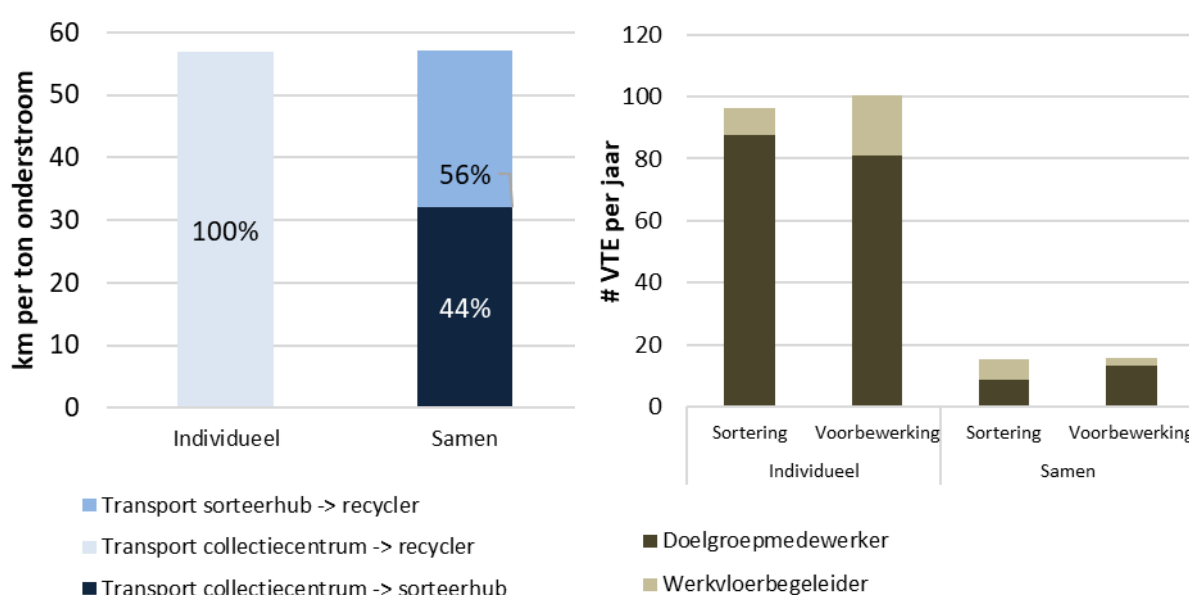
Figuur 29: Impact van samenwerking op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (%) (referentiejaar 2022).

De kostendaling is vooral toe te schrijven aan een reductie van de **kosten voor voorbereiding** met 60%. De daling is het gevolg van een vermindering van het aantal installaties (van 54 naar 11) en een hogere benuttingsgraad van de capaciteit (van gemiddeld 17% naar 90%) (Tabel 11). In het individuele scenario worden 36 balenpersen en 9 automatische installaties voor ontmantelen en versnijden gebruikt, verspreid over evenveel locaties. In het scenario met samenwerking zijn slechts 5 balenpersen en 3 ontmantel- en versnijdingsinstallaties nodig op één hub om de hoeveelheid onderstroom te verwerken. De gemiddelde benutting van de installaties stijgt daardoor van 13–26% naar 86–91% (Tabel 11).

Tabel 11: Impact van samenwerking – Aantal installaties en capaciteitsgebruik (referentiejaar 2022).

	Type	INDIVIDUEEL			SAMENWERKING		
		# installaties	# locaties	Gebruikte capaciteit (%)	# installaties	# locaties	Gebruikte capaciteit (%)
Sortering	Manueel	85	31	79	2	1	78
	Automatisch	5	5	90	13	1	100
Vorbewerking	Balen	36	36	13	5	1	91
	Automatisch ontmantelen	9	9	26	3	1	89
	Automatisch versnijden	9	9	26	3	1	86

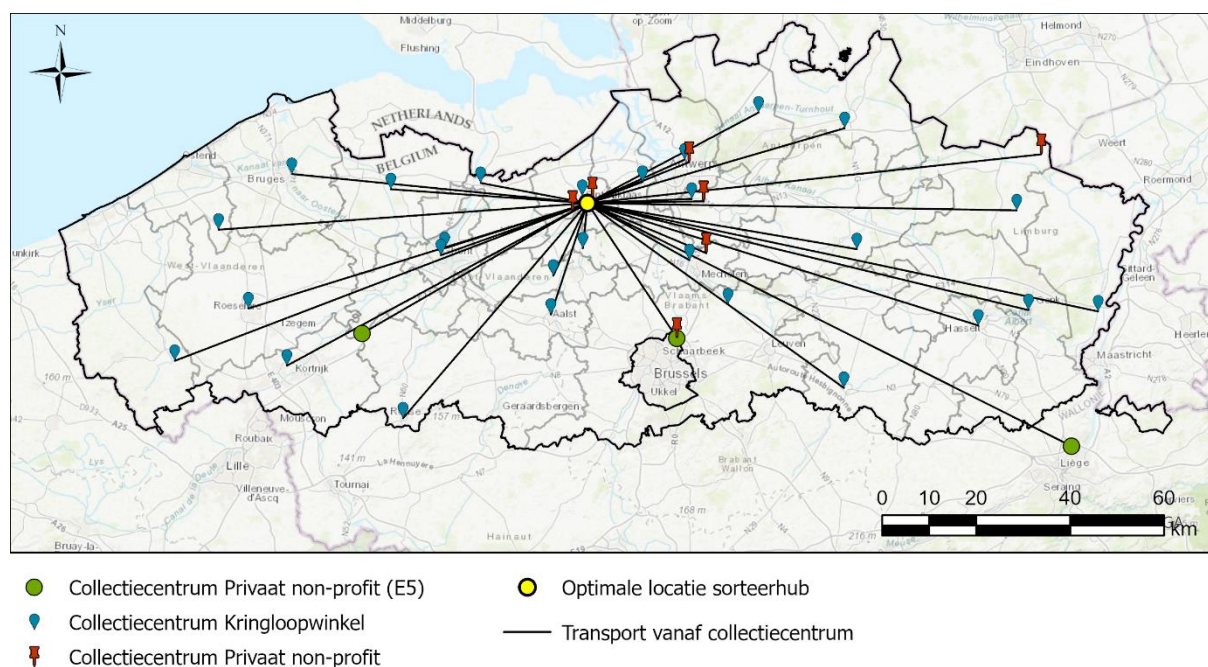
Ook de **kost voor de sortering voor recyclage** daalt, met ca 11% (Figuur 29). In het centrale scenario worden 13 automatische sorteerlijnen en 2 manuele scanners ingezet (Tabel 11). Ter vergelijking: in het individuele scenario worden 85 manuele scanners en 5 automatische sorteerlijnen gebruikt (Tabel 11). De verschuiving van manuele naar automatische sortering leidt tot een verandering in de koststructuur, waarbij personeelskosten vervangen worden door kapitaalkosten (Figuur 29). Het totale aantal VTE's daalt van ongeveer 100 naar 16 per jaar (Figuur 30 - rechts). De verhouding tussen doelgroepmedewerkers en werkvloerbegeleiders verandert daarbij van 10,1:1 naar 1,3:1.



Figuur 30: Impact van samenwerking – Extra transportafstand in km per ton onderstroom en aantal VTE's per jaar voor sortering voor recyclage en voorbereiding (referentiejaar 2022).

De optimale locatie van de centrale sorteer- en ontmantelhub ligt in de regio van Sint-Niklaas, het centrum van Vlaanderen (Figuur 31). Bij samenwerking via de hub blijft de **totaal afgelegde afstand** per ton onderstroom vergelijkbaar met die in het individuele scenario, maar wordt opgesplitst in twee transporttrajecten (Figuur 30 - links): 44% van de afstand betreft het transport van het collectiecentrum naar de sorteerhub en 56% van de afstand betreft het transport van de sorteerhub naar het recyclagebedrijf (Figuur 30 - rechts).

De gemiddelde transportkost stijgt met 10%, voornamelijk door de hogere eenheidskost van transport met kleinere voertuigen tussen collectiecentrum en hub, en een verdubbeling van de laadkost. Tegelijk daalt de transportkost vanuit Vlaanderen richting de recyclagebedrijven met 32%, als gevolg van efficiëntere bundeling van stromen en een hogere beladingsgraad van vrachtwagens (Figuur 29).



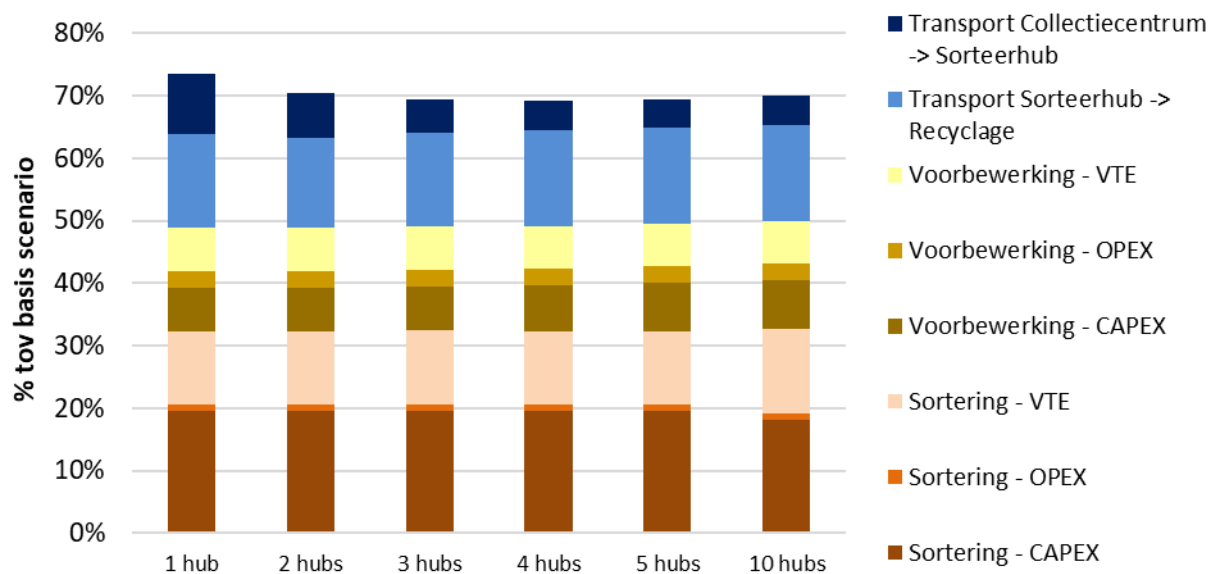
Figuur 31: Impact van samenwerking – Optimale locatie van de sorteerhub en gerelateerd transport vanaf de collectiecentra bij centralisatie in 1 sorteerhub (referentiejaar 2022).

3.3.1 Gevoeligheidsanalyse: Aantal hubs

Naast het scenario met volledige centralisatie van onderstromen in 1 hub, is onderzocht welke impact verschillende gradaties van centralisatie hebben op de totale mobilisatiekost per ton onderstroom. Hiervoor worden zes configuraties vergeleken met respectievelijk 1, 2, 3, 4, 5 en 10 sorteerhubs. De analyse richt zich op de impact van het aantal hubs op de mobilisatiekost, capaciteitsbenutting en logistieke spreiding.

Uit de resultaten blijkt dat de totale mobilisatiekost per ton onderstroom initieel daalt bij een toename van het aantal hubs (Figuur 32). De grootste marginale kostendaling wordt gerealiseerd bij de overgang van één naar twee hubs, met een bijkomende besparing van ongeveer 4%. De laagste totale mobilisatiekost voor onderstroom wordt bereikt bij 4 hubs. Dit wijst erop dat deze configuratie (Figuur 33) het meest gunstige evenwicht biedt tussen schaalvoordelen in sortering en voorbereiding enerzijds, en beheersbare transportafstanden tussen collectiecentra en hubs anderzijds.

De **kosten voor sortering en voorbereiding** blijven in alle scenario's nagenoeg constant. Dit kan worden verklaard doordat het aantal en type installaties (Tabel 11) gelijk blijft, maar geografisch over meerdere locaties wordt verdeeld. Enkel in het scenario met 10 hubs wordt een lichte verschuiving van automatische naar manuele sortering vastgesteld. Deze verandering vertaalt zich in een stijging van personeelskosten (VTE) en een daling van investeringskosten (CAPEX), zonder een merkbare invloed op de totale sorteerkost. Daarnaast neemt ook de kost voor voorbereiding toe met 4%.



Figuur 32: Impact van samenwerking – Gevoeligheidsanalyse van impact van het aantal sorteerhubs op de totale bijkomende mobilisatiekosten voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (%) (referentiejaar 2022).

De transportcomponent blijkt doorslaggevend voor de variatie in de totale bijkomende mobilisatiekosten voor de verwerking van de onderstroom.

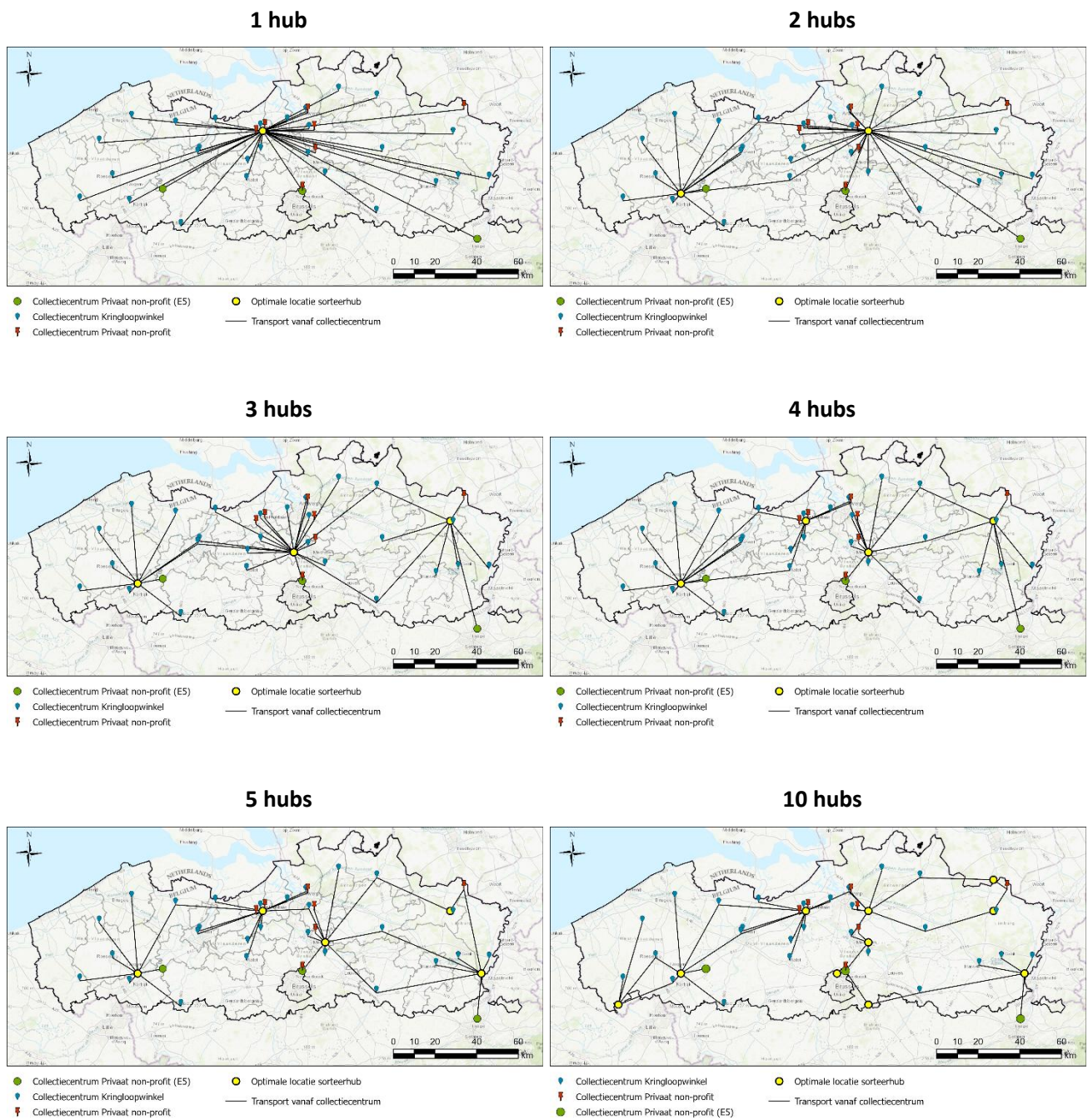
Bij de overgang van één naar twee sorteerhubs – strategisch gesitueerd in de regio's Antwerpen en Kortrijk (Figuur 33) – daalt de transportafstand tussen collectiecentra en hubs met 35%. Deze configuratie levert ook de grootste marginale kostendaling op (–4%), wat aantoont dat een beperkte decentralisatie al aanzienlijke efficiëntiewinsten oplevert. Bovendien verbetert in het scenario met 2 hubs ook het transport naar de recyclagebedrijven: een afstandsreductie van 5% en een bijhorende kostenreductie van 4%.

Met de toevoeging van een derde hub ontstaat een duidelijke regionale spreiding, met dekking in het westen, oosten en centrum van Vlaanderen (Figuur 33). De transportafstand tussen collectiecentra en hubs halveert, wat leidt tot een kostenreductie van 43% ten opzichte van het één-hubscenario. De extra winst in totale mobilisatiekosten door introductie van de extra hub blijft echter beperkt tot 1%, aangezien de transportkosten richting de recyclagebedrijven stijgen (+2%).

De introductie van een vierde hub, eveneens centraal gelegen (Figuur 33), resulteert in een bijkomende kostendaling van slechts 0,5%. Hoewel de afstand tussen collectiecentra en hubs verder daalt (–62% ten opzichte van één hub), veroorzaakt de verdere decentralisatie minder efficiënt transport naar de verwerkers, waardoor die afstanden licht beginnen te stijgen.

Vanaf vijf hubs keert de trend: de totale mobilisatiekosten voor onderstroom neemt opnieuw toe. Dit is toe te schrijven aan overlappende verzorgingsgebieden en een verregaande decentralisatie van infrastructuur, waardoor de schaalvoordelen en efficiëntie van geautomatiseerde verwerking afnemen.

De combinatie van kostenanalyse en ruimtelijke spreiding toont aan dat beperkte decentralisatie (tussen 2 en 4 hubs) resulteert in een optimaal organisatie-model voor Vlaanderen, waarbij de voordelen van centralisatie behouden blijven, zonder de nadelen van overmatige versnippering van infrastructuur en transportefficiëntie.



Figuur 33: Impact van samenwerking – Gevoeligheidsanalyse van aantal hubs – Optimale locatie van de sorteerhub(s) en gerelateerd transport vanaf de collectiecentra bij het openen van 1 sorteerhub, 2, 3, 4, 5 of 10 sorteerhubs (referentiejaar 2022).

3.4 Impact type sortering voor recyclage

In de voorgaande scenario's met individuele werking (sectie 4.2) en samenwerking via één centrale hub (sectie 4.3) wordt de keuze voor sorteertechnologie geoptimaliseerd, wat resulteert in de combinatie van manuele en automatische sortering. Binnen deze scenariogroep is aanvullend onderzocht wat het effect is van een volledige toepassing van één type sorteertechnologie op de totale mobilisatiekost per ton onderstroom. Hierbij worden de 3 types apart vergeleken: manuele sortering, semi-automatische sortering en automatische sortering (Tabel 4).

De analyse maakt gebruik van de praktische capaciteit van de installaties (Tabel 4) en wordt uitgevoerd voor zowel het scenario van individuele werking (basis scenario) als dat van samenwerking via één hub. De analyse omvat de totale mobilisatiekost per ton onderstroom (Figuur 34 A), alsook de onderliggende componenten voor sortering (Figuur 34 B), voorbereiding (Figuur 34 C) en transport (Figuur 34 D). De resultaten worden uitgedrukt als percentage ten opzichte van het basis scenario: de optimale individuele werking met optimale combinatie van sorteertypes, aangeduid als het 'optimaal' (I).

De **kosten voor voorbereiding** blijven stabiel over de sorteertypes heen (Figuur 34 C). Zowel binnen de scenario's van individuele werking als binnen de samenwerkingsscenario's blijft de totale voorbereidingskost, evenals de verhouding tussen CAPEX, OPEX en personeelsinzet (VTE), nagenoeg constant. Dit duidt erop dat de keuze van de sorteertechnologie geen directe impact heeft op de kostenstructuur van de voorbereidingsfase.

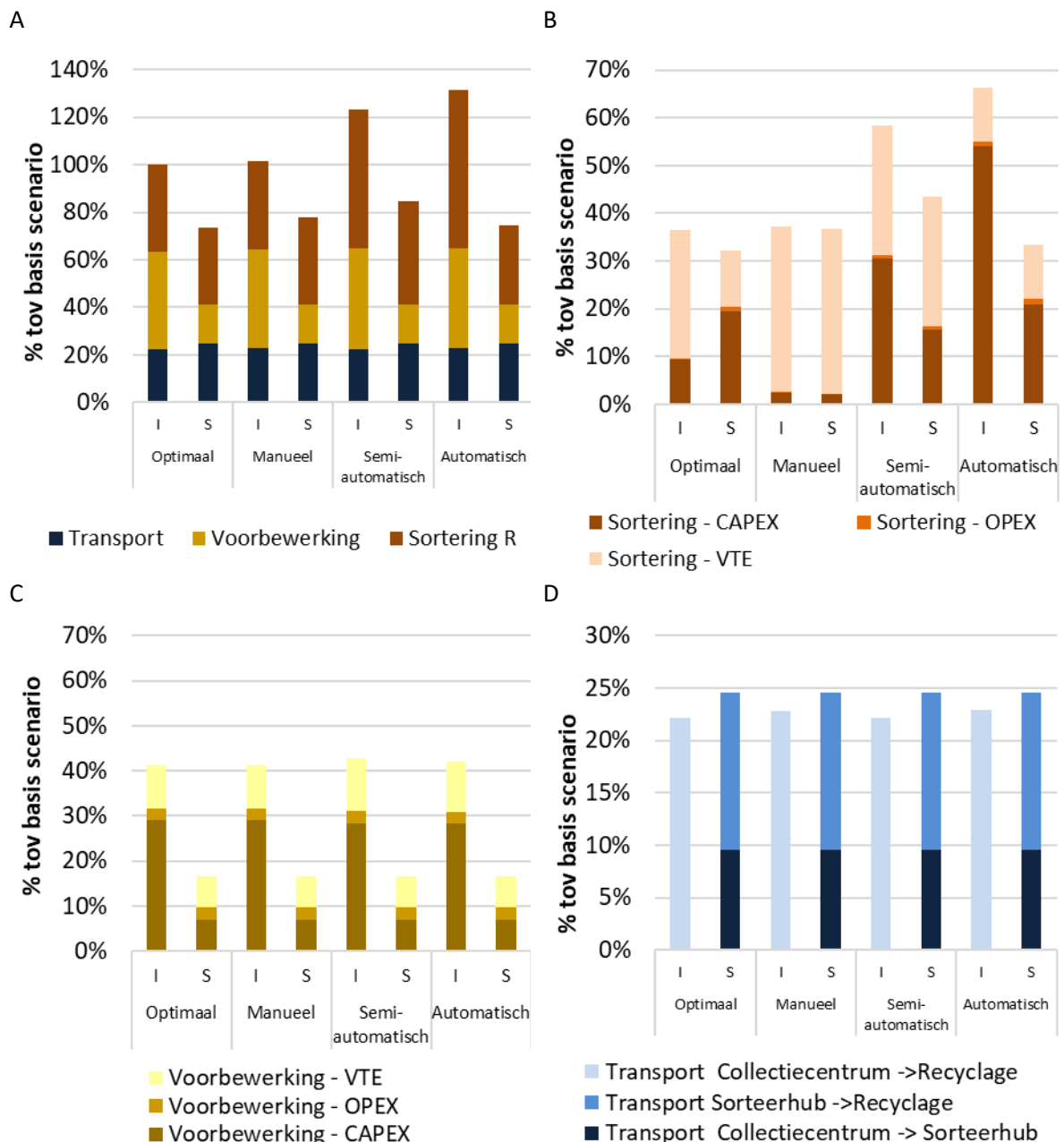
Het type sortering heeft eveneens geen invloed op de **transportkosten** (Figuur 34 D). Ook de verhouding tussen de drie transporttrajecten – van collectiecentrum naar sorteerhub, van sorteerhub naar recyclagebedrijf, en rechtstreeks transport van collectiecentrum naar recyclagebedrijf – blijft onveranderd per sorteerscenario.

De variaties in mobilisatiekost zijn dus volledig toe te schrijven aan de verschillen in de **sorteerkost**. Figuur 34 B toont bovendien dat de interne kostenstructuur van sortering – met name de verhouding tussen CAPEX, OPEX en personeelsinzet – aanzienlijk varieert per sorteertechnologie.

Bij **manuele sortering** is het kostenprofiel sterk arbeidsgedreven: personeelskosten (VTE) vertegenwoordigen tot 74% van de totale sorteerkost (Figuur 34 B). De totale sorteerkost blijft grotendeels gelijk tussen het scenario van individuele werking en dat van samenwerking via één hub, omdat het aantal sorteerlijnen vergelijkbaar is (respectievelijk 120 versus 101). De hogere capaciteitsbenutting binnen het hubsysteem zorgt wel voor een lichte efficiëntiewinst, resulterend in een kostenreductie van 1%. Wanneer enkel manuele sortering wordt toegepast, nemen de kosten toe in vergelijking met het optimale resultaat. Binnen het individuele scenario leidt de vervanging van 5 automatische installaties door 35 manuele scanners tot een kostentoename van 2%. In het hubscenario veroorzaakt de omwisseling van 13 automatische installaties naar 99 manuele scanners een kostentoename van 6%. Hoewel manuele systemen minder kapitaalsintensief zijn, weegt de extra personeelsbehoefte zwaarder door naarmate de schaal vergroot.

In de scenario's met **semi-automatische sortering** ontstaat een evenwicht tussen VTE en CAPEX (Figuur 34 B). In het geval van individuele werking stijgt de totale sorteerkost met 30% ten opzichte van het optimale scenario, door de inzet van 43 installaties en een lage capaciteitsbenutting van 41% (tegenover 69% in het optimale individuele scenario). In het scenario met samenwerking via één hub halveert het aantal benodigde installaties tot 21, en stijgt de capaciteitsbenutting tot 96%, waardoor de kostentoename beperkt blijft tot 15%. Ondanks deze efficiëntiewinsten blijft semi-automatische sortering de duurste technologie, vanwege de structureel hoge personeelskosten in combinatie met aanzienlijke investeringsnoden.

Bij volledig **automatische sortering** verschuift het kostenprofiel overwegend naar kapitaalsinvesteringen (CAPEX), die ongeveer 63% van de totale sorteerkost uitmaken. In het scenario van individuele werking leidt de inzet van 38 automatische sorteerlijnen tot een kostentoeename van 40% ten opzichte van het optimale scenario, voornamelijk als gevolg van een lage capaciteitsbenutting van 34%. In het scenario van samenwerking via één hub wordt een veel hogere capaciteitsbenutting van 94% gerealiseerd, wat resulteert in de laagste sorteerkost onder de hubscenario's met vast sorteertype. In vergelijking met het optimale hubscenario zijn er twee manuele installaties vervangen door één automatische installatie. Dit leidt slechts tot een marginale kostentoeename van 1,5%, wat wijst op de efficiëntie van automatische sortering bij hoge benuttingsgraden.



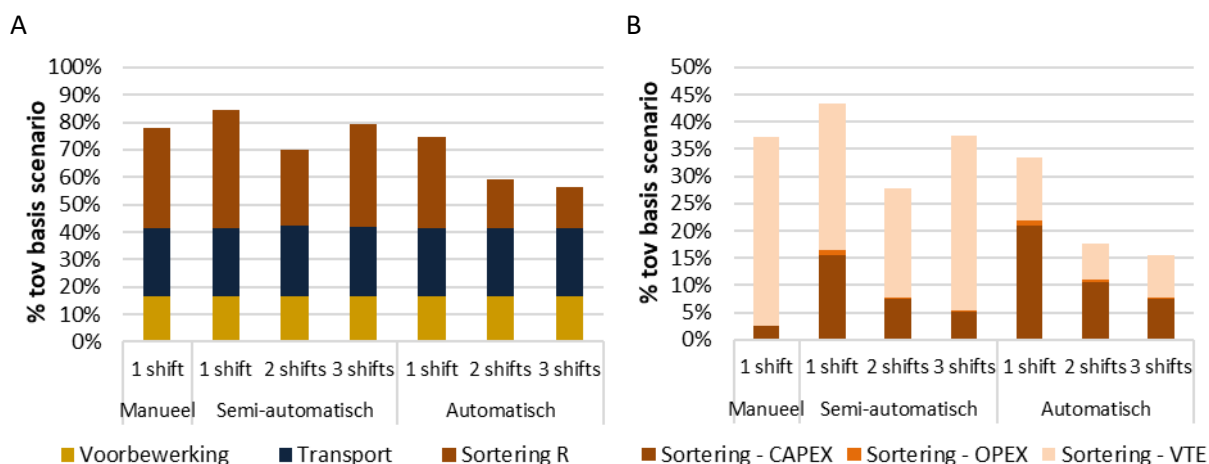
Figuur 34: Impact van type sortering op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom (A), op de kost voor sortering voor recyclage (B), op de kost voor voorbereiding (C) en op de kost voor transport (D) relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (I = Individuele werking, S = Samenwerking 1 hub) (referentiejaar 2022).

3.4.1 Gevoeligheidsanalyse: Impact van meerdere shifts bij sortering voor recyclage

Samen met de automatisatie van processen ontstaat de mogelijkheid om de operationele capaciteit van sorteerinstallaties uit te breiden via meerdere shifts per dag. In deze gevoeligheidsanalyse wordt onderzocht wat de impact is van 1, 2 of 3 shifts per dag op de totale bijkomende mobilisatiekost (Figuur 35 A) en sorteerkost (Figuur 35 B) per ton onderstroom, voor elk van de drie sorteertypes: (manueel, semi-automatisch en automatisch) in geval van samenwerking via 1 hub. De resultaten worden uitgedrukt als percentage ten opzichte van het basis scenario (3.2): individuele werking met optimale sortering in 1 shift.

Bij manuele sortering wordt uitgegaan van één shift van 8 uur, met een vaste verhouding tussen doelgroepmedewerkers en werkvloerbegeleiders, in overeenstemming met Tabel 4. Bij semi-automatische en automatische sortering worden scenario's geanalyseerd met 1, 2 en 3 shifts. De dagshifts (1 en 2 shifts) volgen dezelfde verdeling van personeel als Tabel 4. De nachtshift (in geval van 3 shifts) wordt uitsluitend uitgevoerd door werkvloerbegeleiders, wat invloed heeft op de personeelsstructuur per shift.

Ook hier blijven de kosten voor voorbereiding en transport stabiel (Figuur 35 A). De variaties in mobilisatiekost zijn dus volledig toe te schrijven aan de verschillen in de sorteerkost. Figuur 35 B toont bovendien dat de interne kostenstructuur van sortering – met name de verhouding tussen CAPEX, OPEX en personeelsinzet – aanzienlijk varieert per sorteertechnologie.



Figuur 35: Impact van het aantal shifts bij sortering voor recyclage op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom (links) en op de sorteerkost voor recyclage (rechts) relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).

De resultaten voor **manuele sortering** zijn identiek aan die besproken in sectie 3.4. Er wordt geen uitbreiding naar meerdere shifts voorzien, aangezien dit door de LoF partners onwaarschijnlijk wordt geacht.

Bij **semi-automatische sortering** leidt een verhoging van het aantal shifts tot een significante daling van de totale sorteerkost. De overschakeling van één naar twee shifts resulteert in een kostendaling van 36%, terwijl de kostendaling bij drie shifts beperkt blijft tot 14%. Deze kostenreductie is voornamelijk toe te schrijven aan de verhoogde capaciteitsbenutting per installatie: bij een stijgend aantal shifts volstaat een kleiner aantal installaties om hetzelfde volume onderstroom te verwerken – van 21 installaties bij één shift naar 10 bij twee shifts en 7 bij drie shifts. Hierdoor dalen de totale absolute investeringskosten (CAPEX) die worden gespreid over hetzelfde te verwerken volume. De relatieve CAPEX (€/ton) daalt hierdoor met 50% bij twee shifts en met 64% bij drie shifts, vergeleken met de éénshiftconfiguratie.

De grootste kostenefficiëntie wordt bereikt bij twee shifts. Dit komt doordat de personeelskosten (VTE) in dit scenario met 26% afnemen. Dezelfde ploegstructuur als bij één shift wordt behouden, maar door het lagere aantal geopende installaties is relatief gezien minder personeel nodig om hetzelfde volume te verwerken. Bij drie shifts neemt de totale sorteerkost slechts beperkt af ten opzichte van 1 shift (–14%), ondanks de verdere stijging in capaciteitsbenutting. Dit is toe te schrijven aan de toename van de personeelskost met 18%, veroorzaakt door de inzet van werkvloerbegeleiders voor de nachtschift, die gepaard gaat met een hogere VTE-jaarkost.

Bij **automatische sortering** leidt een verhoging van het aantal shifts eveneens tot een significante daling van de totale sorteerkost. De overschakeling van één naar twee shifts resulteert in een kostendaling van 47%, en bij drie shifts in 54%. Deze kostenreductie is voornamelijk toe te schrijven aan de verhoogde capaciteitsbenutting per installatie: bij een stijgend aantal shifts volstaat een kleiner aantal installaties om hetzelfde volume onderstroom te verwerken — van 14 installaties bij één shift naar 7 bij twee shifts en 5 bij drie shifts. Hierdoor dalen de totale absolute investeringskosten (CAPEX) die worden gespreid over hetzelfde te verwerken volume. Dit vertaalt zich in een relatieve CAPEX-daling van 50% bij twee shifts en 64% bij drie shifts ten opzichte van de één-shift-configuratie.

De grootste kostenefficiëntie wordt bereikt bij drie shifts, doordat de investeringslast per ton maximaal wordt gereduceerd. De koststructuur illustreert deze verschuiving: het aandeel van CAPEX in de sorteerkost daalt van 63% (één shift) naar 59% (twee shifts) en verder tot 49% (drie shifts). De personeelskost (VTE) neemt in dit scenario licht toe door de hogere loonkost van nachtschiften, maar dit effect blijft beperkt omdat automatische systemen slechts een beperkte personeelsinzet vereisen. In tegenstelling tot semi-automatische sortering, blijft de impact van deze bijkomende personeelskost dus marginaal. Hoewel drie shifts het meest kostenefficiënte scenario opleveren, is de bijkomende besparing ten opzichte van twee shifts beperkt (–4%). Dit wijst erop dat het merendeel van de schaalvoordelen al gerealiseerd wordt bij een tweeshiftconfiguratie, en dat verdere optimalisatie via een derde shift slechts een beperkte meeropbrengst oplevert.

3.4.2 Gevoeligheidsanalyse: Impact van de inschatting van de capaciteit

Tijdens het LoF project is gebleken dat er een aanzienlijke kloof bestaat tussen de theoretisch opgegeven verwerkingscapaciteit van sorteertechnologieën en de daadwerkelijk capaciteit die vandaag in de praktijk gehaald wordt. In operationele omgevingen spelen immers tal van beperkingen een rol, zoals ruimtegebrek, personeelsinzet en wisselende aanvoerhoeveelheden of -kwaliteit.

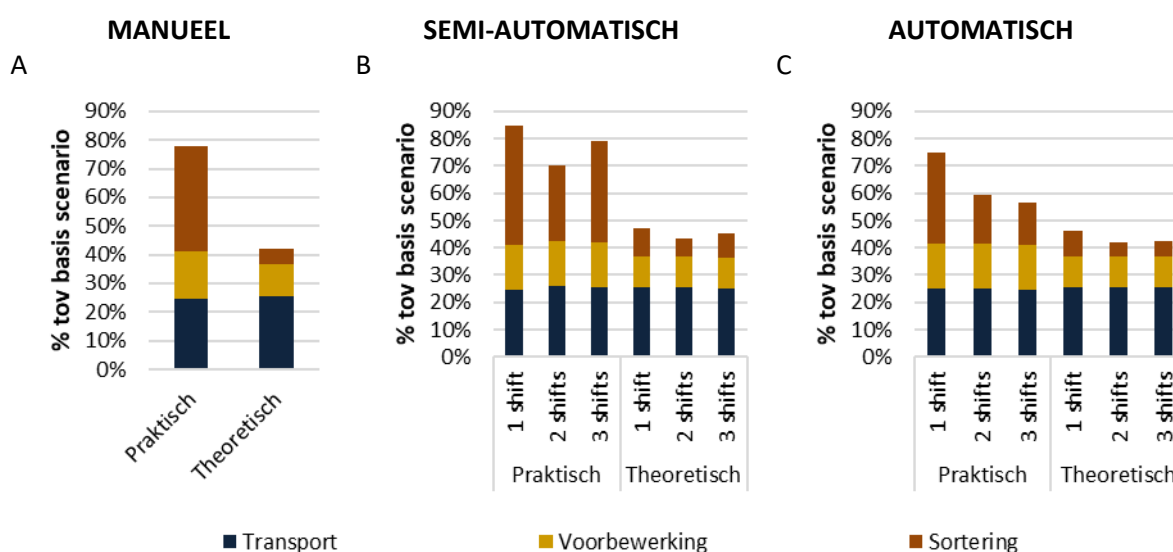
De MooV-analyse baseert zich op praktijkdata: empirisch vastgestelde waarden die zijn afgeleid van tests in de labo's of uit reële werkomstandigheden bij de betrokken kringloopcentra. Deze aanpak verzekert dat het model robuuste en realistisch toepasbare inzichten oplevert. Daarnaast wordt in deze gevoeligheidsanalyse onderzocht wat het effect zou zijn als de sorteer- en voorbereidingssystemen wél zouden presteren volgens hun theoretisch potentieel. Hierbij wordt gebruikgemaakt van parameters van technologieontwikkelaars, die doorgaans voortkomen uit ontwerpspecificaties.

Door deze expliciete vergelijking tussen theorie en praktijk biedt het model waardevolle inzichten in de haalbaarheid, schaalbaarheid en rendabiliteit van verschillende sorteertechnologieën. Dit ondersteunt beleidsmakers en investeerders bij het maken van onderbouwde strategische keuzes.

Uit de analyse blijkt dat de **transportkosten** onveranderd blijven bij een overgang van praktijk- naar theoretische capaciteit (Figuur 37). Transportkosten worden immers bepaald door afstanden en volumestromen, en worden niet direct beïnvloed door de benuttingsgraad van sorteer- of voorbereidinginstallaties.

Bij de **voorbewerking** is de daling in kostprijs gematigd: gemiddeld 22% lager bij theoretische capaciteit. Dit is minder uitgesproken dan bij sortering, omdat de praktische benuttingsgraad van de voorberekingsinstallaties al relatief hoog is (ca. 56% voor balenpersen en 75% voor ontmanteling en versnijden). Wanneer de theoretische capaciteit wordt bereikt, kan het aantal installaties alsnog worden teruggebracht: van vijf naar drie balenpersen, en van drie naar twee combinaties van ontmantel- en versnijdingsinstallaties. Deze reductie vertaalt zich in een verlaging van zowel CAPEX als OPEX en VTE per ton verwerkt textiel.

Het effect van de capaciteitsinschatting op de totale mobilisatiekost manifesteert zich het sterkst in het **sorteer**proces. In dit proces worden in de praktijk namelijk aanzienlijk lagere benuttingsgraden gehaald dan theoretisch mogelijk is. Volgens de praktijkgegevens bedraagt de effectieve benuttingsgraad bij manuele sortering slechts 14% van de theoretische capaciteit, bij semi-automatische sortering 23% en bij automatische sortering 28%. Met andere woorden: respectievelijk 86%, 76% en 72% van de sorteercapaciteit blijft in de praktijk onbenut.

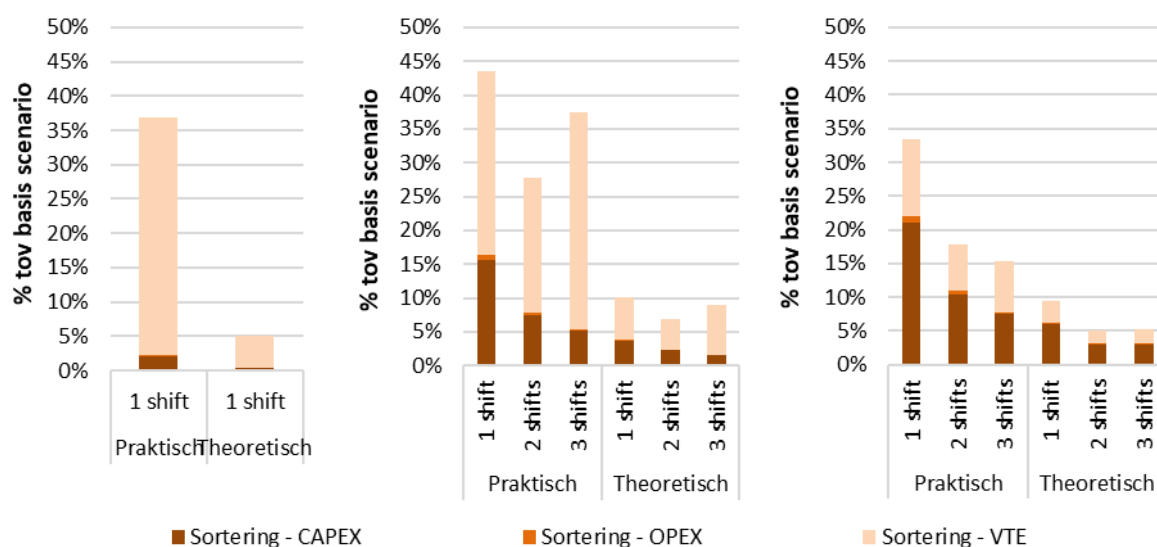


Figuur 36: Impact van de inschatting van de capaciteit bij sortering voor recyclage (praktijk vs. theorie) op de totale bijkomende mobilisatiekost voor het verwerken van onderstroom relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).

Voor **manuele sortering** daalt de sorteerkost bij overschakeling van de praktijkwaarden naar theoretische capaciteiten met 86%, van 37% naar 5% van de totale mobilisatiekost. Dit is hoofdzakelijk te verklaren doordat er nog slechts 14 manuele scanners nodig zijn wanneer de theoretische capaciteit kan bereikt worden, wat een sterke daling in de personeelskosten (VTE) met zich meebrengt (Figuur 37). Dit maakt dat, wanneer de theoretische capaciteit wordt bereikt, de manuele sortering goedkoper is dan automatische sortering met 1 shift en op gelijke voet komt te staan met automatische sortering met 2 en 3 shifts.

In het scenario van **semi-automatische sortering** is het verschil tussen praktijk en theorie het meest uitgesproken. In de praktijksituatie loopt de sorteerkost bij één shift op tot 43% van de totale mobilisatiekost, terwijl dit aandeel in het theoretisch scenario beperkt blijft tot 10%. Dit komt overeen met een relatieve kostendaling van 76% wanneer de sorteercapaciteit volledig zou worden benut volgens de technische specificaties van de installaties. Een bepalende factor in deze kostendaling is het aantal benodigde sorteerlijnen. In de praktijksituatie zijn respectievelijk 21, 10 en 7 installaties nodig bij één, twee en drie shifts. In de theoretische scenario's volstaan daarentegen slechts 5, 3 en 2 installaties, als gevolg van hogere capaciteitsbenutting. Door deze reductie wordt de investeringskost per ton (CAPEX) aanzienlijk verlaagd: van 16% bij één shift in de praktijk naar 1,5% in het theoretisch optimale scenario. Daarnaast leidt het lagere aantal installaties ook tot een verminderde personeelsbehoefte, waardoor de personeelskosten (VTE) verder dalen.

Bij **automatische sortering** resulteert het behalen van de theoretische capaciteit in een substantiële daling van de sorteerkost: 72% bij één en twee shifts, en 66% bij drie shifts, telkens ten opzichte van het praktijkscenario. Deze kostendaling is hoofdzakelijk het gevolg van een hogere capaciteitsbenutting, waardoor het aantal benodigde sorteerlijnen aanzienlijk afneemt — van 14, 7 en 5 installaties in de praktijk naar respectievelijk 4, 2 en 2 installaties in het theoretische scenario. De minder uitgesproken kostendaling in het scenario met drie shifts (–66%) wordt verklaard doordat het aantal installaties hetzelfde blijft als bij twee shifts, terwijl de personeelskost (VTE) stijgt door de inzet van nachtploegen met een hoger loonkostenniveau. Hierdoor neemt het aandeel van arbeid in de sorteerkost toe, ondanks constante investeringskosten (CAPEX). Op basis van deze analyse blijkt dat het tweeshiftscenario met theoretische capaciteitsbenutting het meest kostenefficiënte alternatief vormt. Het combineert een optimale benutting van installaties met een beheersbare personeelsinzet, wat resulteert in de laagste sorteerkost per ton in verhouding tot de totale mobilisatiekost.

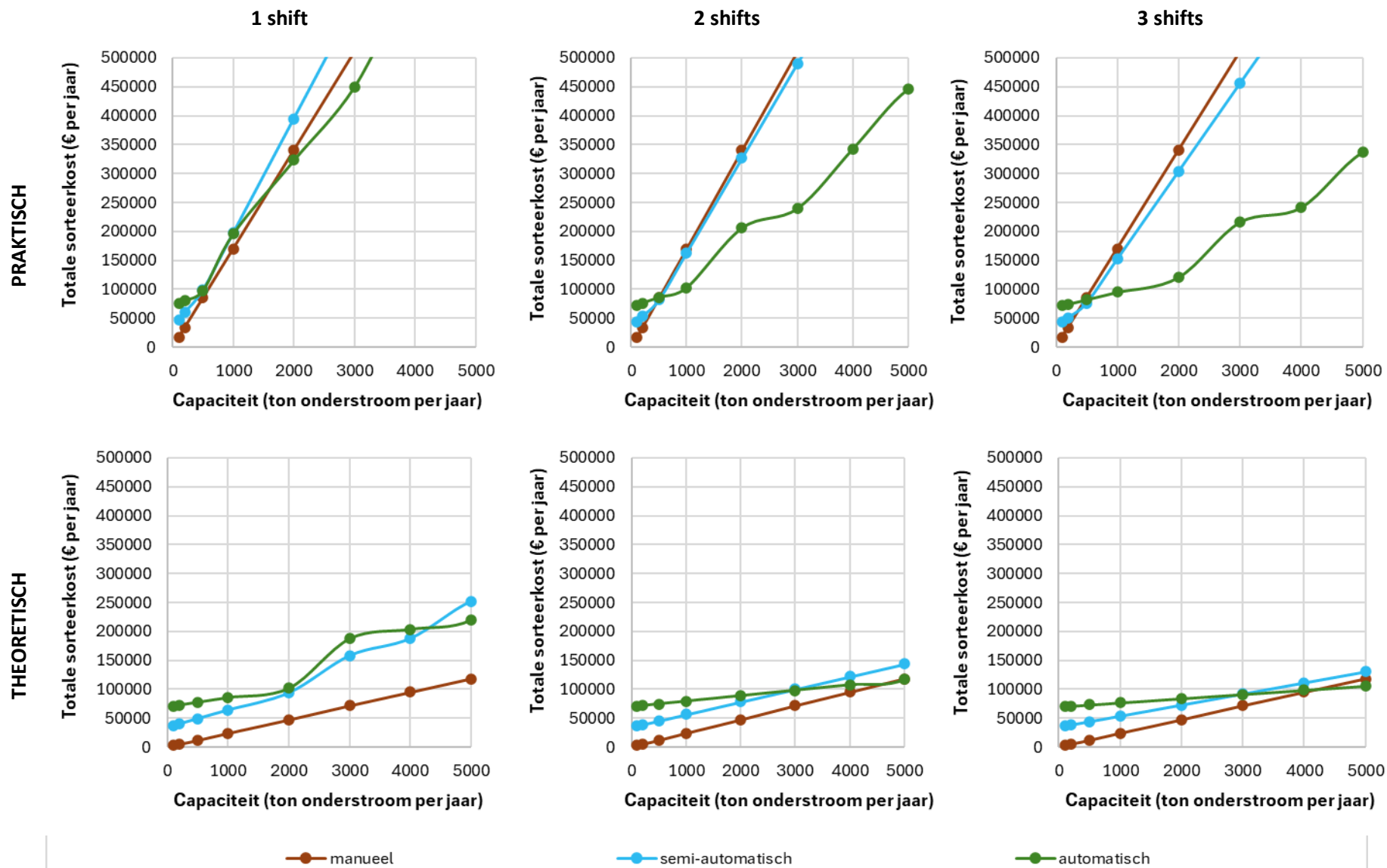


Figuur 37 Impact van de inschatting van de capaciteit bij sortering voor recycling (praktijk vs. theorie) op de sorteerkost voor recycling relatief uitgedrukt ten opzichte van het basis scenario (referentiejaar 2022).

Om de invloed van de hoeveelheid te verwerken onderstroom op de kosten van verschillende sorteertechnologieën te analyseren, geeft Figuur 38 de jaarlijkse sorteerkost weer in functie van de hoeveelheid te verwerken onderstroom (in ton/jaar), uitgesplitst naar type sorteertechnologie (manueel, semi-automatisch, automatisch), aantal shifts (1, 2 of 3), en capaciteitsinschatting (praktijk vs. theoretisch). De bovenste rij toont de resultaten op basis van de in de praktijk behaalde benuttingsgraden, de onderste rij de scenario's onder ideale, theoretische omstandigheden.

In de scenario's met praktijkcapaciteit blijkt dat manuele sortering bij lage volumes (tot ±1.600 ton/jaar) structureel de laagste kosten genereert. De sorteerkost stijgt daar bovendien quasi lineair met de hoeveelheid te verwerken onderstroom, zonder duidelijke drempel effecten. Deze voorspelbaarheid maakt manuele sortering geschikt voor kleine en middelgrote inzamelstromen.

In contrast daarmee hebben semi-automatische en automatische systemen bij lagere volumes een steilere kostenstijging. Dit komt voornamelijk door hun hogere investeringskost (CAPEX) en relatief lage capaciteitsbenutting bij beperkte bezetting. Het omslagpunt, waarbij geautomatiseerde technologieën economisch gunstiger worden dan manuele sortering, ligt rond 1.600 ton per jaar bij 1 shift, en verschuift naar ongeveer 600 ton per jaar bij 2 of 3 shifts. Vanaf dat punt worden investeringen beter gespreid over een groter volume, en gaan de schaalvoordelen van automatisering spelen.



Figuur 38: Impact van de hoeveelheid te verwerken onderstroom (ton per jaar) op de totale sorteerkost.

Bij theoretische capaciteiten — die uitgaan van ideale omstandigheden en maximale bezetting — verschuift het voordeel van manuele sortering naar hogere volumes. Bij 1 shift wordt het break-evenpunt zelfs niet bereikt, waardoor manuele sortering over het volledige volumegebied (0–5.000 ton onderstroom/jaar) de voordeligste optie blijft. Geautomatiseerde systemen blijven in dit scenario duurder door hun vaste kapitaalkost, die onvoldoende gecompenseerd wordt bij een enkelvoudige shift. Wanneer echter meerdere shifts worden ingezet, verbetert de rendabiliteit van automatische sortering significant. Vanaf ongeveer 2.000–3.000 ton/jaar ontstaat een duidelijke kostendaling in de automatische curve, waardoor bij 2 of 3 shifts automatische sortering goedkoper wordt dan manuele. Dit illustreert dat het potentieel van automatisering pas volledig wordt benut bij voldoende volume én inzet van meerdere ploegen.

3.5 Manuele ontmanteling bij sociale tewerkstelling

In de voorgaande scenario's is het uitgangspunt dat de volledige hoeveelheid ingezameld post-consumer textiel (20.200 ton per jaar) moet worden verwerkt via sortering voor hergebruik en voor recyclage, aangevuld met de nodige voorbewerkingsstappen zoals balen, ontmanteling of versnijding indien vereist door de eindverwerker. Om een evenwichtige spreiding tussen de recyclagebedrijven te garanderen, wordt er bovendien gerekend met een minimale toevoer van 200 ton textiel per verwerker. Concreet betekent dit dat, rekening houdend met de verwachte eisen van de verschillende recyclagebedrijven (Tabel 4), in het optimale scenario 5.190 ton enkel wordt gesorteerd voor recyclage, 1.730 ton wordt versneden en 1.150 ton wordt ontmanteld (en versneden).

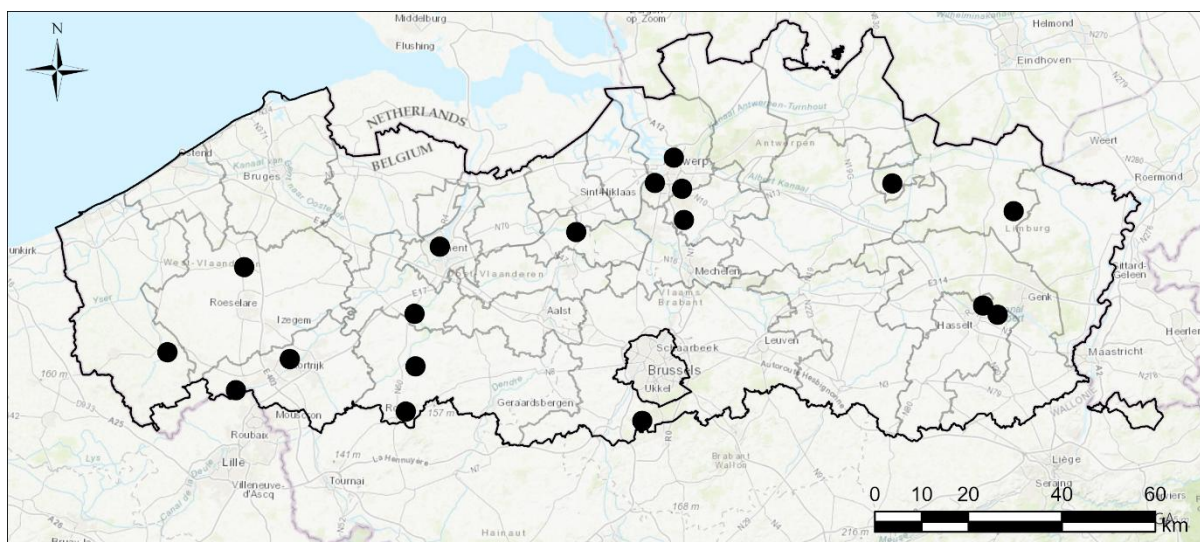
In deze vervolganalyse wordt onderzocht wat de impact is van een alternatieve verwerkingsstrategie waarin alle onderstromen worden ontmanteld en vervolgens naar de desbetreffende 3 recyclagebedrijven worden gebracht die specifiek ontmanteld materiaal vereisen. Deze scenario's worden telkens vergeleken met het basisscenario, waarin de verwerkingsstappen afgestemd zijn op de specifieke noden van de afnemers.

Er worden drie mogelijke strategieën voor ontmanteling onderzocht:

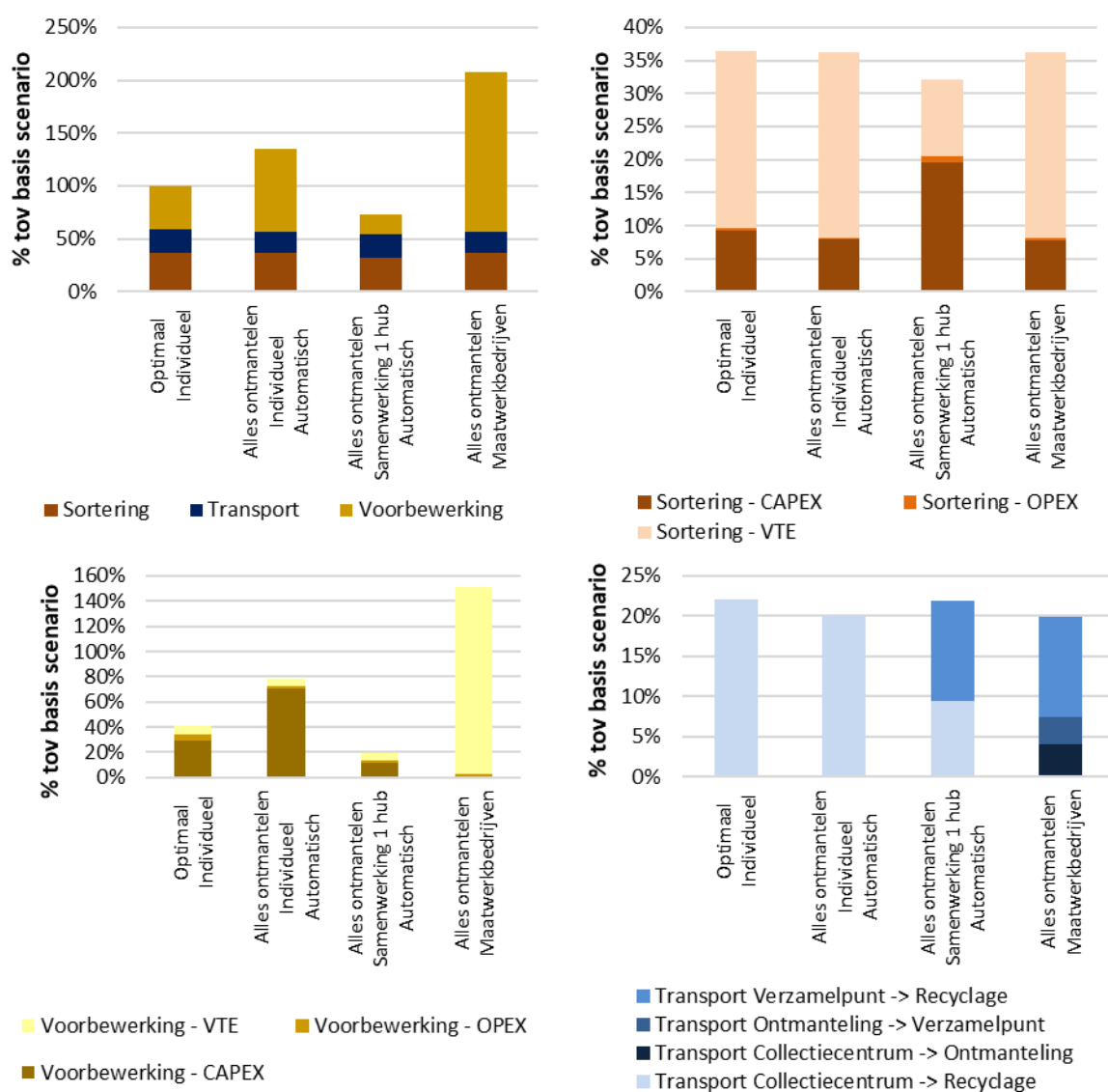
- Individuele automatische ontmanteling bij de collectiecentra: Elk centrum ontmantelt zijn gesorteerde onderstroom zelfstandig.
- Gecentraliseerde automatische ontmanteling op één sorteerhub: De volledige onderstroom wordt verzameld en ontmanteld op één centrale locatie.
- Semi-automatische ontmanteling bij maatwerkbedrijven: De onderstromen worden eerst gesorteerd bij de individuele collectiecentra, vervolgens getransporteerd naar maatwerkbedrijven voor ontmanteling (Figuur 39). De ontmantelde stromen worden daarna gebundeld in een centraal verzamelpunt, waarvan de locatie wordt geoptimaliseerd op basis van een set kandidaatlocaties (Figuur 17).

Als alle ingezamelde textielstromen moeten worden ontmanteld bij de individuele collectiecentra neemt de totale kost met ongeveer 35% toe ten opzichte van het basisscenario (Figuur 40). Deze kostentoeename wordt voornamelijk verklaard door de stijging van de investeringskosten (CAPEX) voor ontmantelingsinfrastructuur omdat in dit scenario 34 installaties nodig zijn in plaats van 9. Hierdoor daalt ook de benuttingsgraad van de installaties aanzienlijk tot 15%, wat resulteert in een inefficiënte inzet van middelen.

Wanneer de onderstromen gecentraliseerd worden in één sorteerhub (samenwerking), wordt een substantiële reductie in de totale kost gerealiseerd, namelijk een daling met 40% in vergelijking met de individuele verwerking. Deze reductie is deels het gevolg van automatisatie van de sortering, maar wordt in hoofdzaak veroorzaakt door een sterke daling van de ontmantelkost, die 76% lager ligt dan in het scenario met decentrale installaties. In dit geval zijn slechts 6 ontmantelinstallaties nodig, met een capaciteitsbenutting van 85%, wat de efficiëntie aanzienlijk verhoogt en de vaste kosten per ton drukt.



Figuur 39 Locaties van maatwerkbedrijven voor semi-automatische ontmanteling.



Figuur 40 Gevoeligheidsanalyse: Ontmanteling bij sociale tewerkstelling (referentiejaar 2022).

De inzet van maatwerkbedrijven voor semi-automatische ontmanteling leidt tot een verdubbeling van de totale kost ten opzichte van het basisscenario. Dit resultaat is hoofdzakelijk te wijten aan de hoge arbeidskosten die verbonden zijn aan het handmatig uitvoeren van de ontmantelingsactiviteiten. Hoewel de investeringskosten in infrastructuur lager liggen dan bij automatische systemen, resulteren de arbeidsintensieve processen en de lagere verwerkingscapaciteit per locatie in een hogere kostprijs per ton. De spreiding van de activiteiten over bestaande werkplaatsen kan geografisch voordelig zijn, maar verhoogt de logistieke complexiteit. Aangezien in het model wordt aangenomen dat het transport naar de recyclagebedrijven vertrekt vanuit een centraal verzamelpunt, blijven de transportkosten in dit scenario vergelijkbaar met de andere scenario's. Als de maatwerkbedrijven echter afzonderlijk instaan voor de organisatie van het transport, zou dit een aanzienlijke verhoging van de logistieke kosten met zich meebrengen.

4 ALGEMENE CONCLUSIE

De structurele verwerking van post-consumer textiel in Vlaanderen staat onder toenemende druk door Europese wetgeving, maatschappelijke verwachtingen en technologische evoluties. De omschakeling naar een circulaire textielketen brengt fundamentele veranderingen met zich mee in de organisatie van de logistieke en verwerkingsactiviteiten. Naast de klassieke inzameling voor hergebruik vereist deze transitie bijkomende processen zoals sortering voor recyclage, voorbereiding en recyclage van niet-herbruikbaar textiel – de zogenaamde onderstroom. Deze onderstroom bestaat uit versleten, vervuilde of technisch verouderde kledingstukken die niet geschikt zijn voor hergebruik, maar wel potentieel waardevol zijn als grondstof in nieuwe productiecycli. Het efficiënt verwerken van deze fractie vormt echter een complexe uitdaging, omwille van de sterk versnipperde inzameling, de beperkte volumes per locatie en de technische moeilijkheden die voortkomen uit de vaak gemengde materiaalsamenstelling.

Om deze drempels te overwinnen, is een performante keteninfrastructuur noodzakelijk. De **hypothese** is dat schaalvergroting via logistieke centralisatie hierin een sleutelrol kan spelen: het bundelen van volumes in sorteershubs creëert niet alleen economische schaalvoordelen, maar kan ook de inzet van geavanceerde sorteertechnologieën en meer stabiele toelevering aan recyclagebedrijven mogelijk maken.

Binnen het LoF-project onderzoekt het MooV-team van VITO uiteenlopende scenario's om inzicht te krijgen in de impact van de locatiekeuze, technologiekeuze, de schaalgrootte en de operationele capaciteit van de sorteer- en verwerkingsactiviteiten voor onderstromen op de logistieke organisatie.

4.1 Samenvatting van resultaten

De MooV analyse richt zich op de organisatie van de Vlaamse keten voor post-consumer textiel, ingezameld via kringloopcentra en de non-profitorganisaties OXFAM en We Make Hope (WMH). De casus is gebaseerd op de inzamelhoeveelheden in 2022. Door de betrokken partijen is in 2022 20.200 ton post-consumer textiel ingezameld, wat overeenkomt met ongeveer 46% van het totale Vlaamse inzamelvolume in 2022. Deze stroom doorloopt achtereenvolgens verschillende verwerkingsfasen: sortering voor hergebruik op het collectiecentrum, sortering voor recyclage (via manuele, semi-automatische of automatische systemen), en waar nodig een bijkomende voorbereiding zoals balen, versnijding of ontmanteling. De geschikte fracties worden vervolgens aangeboden aan mechanische of chemische recyclagebedrijven in Europa. De casus weerspiegelt de reële complexiteit van het organiseren van circulaire textielketens, gekenmerkt door heterogene, gefragmenteerde materiaalstromen, diverse kwaliteitsvereisten vanuit de recyclage-industrie, en een hoge logistieke coördinatiegraad. De nadruk ligt hierbij niet enkel op kostenefficiëntie, maar ook op lokale verwerking en inclusieve werkgelegenheid, in overeenstemming met bredere circulaire en maatschappelijke doelstellingen.

De resultaten tonen aan dat samenwerking en centralisatie van de onderstromen voordelen oplevert in tegenstelling tot individuele verwerking. Zo leidt een configuratie met vier strategisch gepositioneerde sorteershubs tot de laagste mobilisatiekosten, met een daling van ongeveer 30% in vergelijking met individuele werking. Deze besparing is hoofdzakelijk het gevolg van een verhoogde capaciteitsbenutting, gedeeld gebruik van infrastructuur en een meer efficiënte organisatie van transportstromen. Opmerkelijk is dat de transportkosten in deze gecentraliseerde scenario's relatief stabiel blijven, op voorwaarde dat de hubs strategisch gesitueerd worden. Dit wijst erop dat functionele bundeling belangrijker is dan louter geografische nabijheid – een bevinding die haaks staat op de klassieke assumptie dat centralisatie per definitie leidt tot hogere transportkosten.

Een tweede belangrijke conclusie betreft de impact van sorteertechnologie en ploegensysteem op de koststructuur. Wanneer rekening wordt gehouden met realistische (praktische) capaciteitscijfers zoals vastgesteld in labo-omstandigheden en bestaande installaties, blijkt dat manuele sortering enkel kostenefficiënt blijft bij lage volumes en decentrale werking. Door de hoge personeelsinzet en het ontbreken van schaalbare shiftstructuren is het groeipotentieel beperkt. Semi-automatische sortering combineert hoge investeringsnoden met een aanzienlijke personeelsbehoefte, wat resulteert in het hoogste break-evenpunt. Enkel bij een tweeshiftconfiguratie kan deze technologie concurreren met manuele sortering, doordat de investeringskosten (CAPEX) per ton dalen dankzij een betere benutting van de capaciteit. Automatische sortering is het meest kapitaalintensieve systeem, maar levert ook de hoogste efficiëntiewinsten bij gecentraliseerde verwerking en hogere volumes. In de doorgerkende casus daalt de sorteerkost met 47% bij inzet van twee shifts en met 54% bij drie shifts. Dankzij de lage arbeidsbehoefte blijven personeelskosten beperkt, zelfs bij nachtschiften. De besparing op CAPEX per ton is hier het meest uitgesproken. In beide technologieën blijkt een tweeshiftconfiguratie het beste evenwicht te bieden tussen capaciteitsbenutting en personeelskost. De toegevoegde waarde van een derde shift blijft marginaal, wat suggereert dat het merendeel van de schaalvoordelen al bij twee shifts wordt gerealiseerd.

Tot slot is er de discrepantie tussen theoretische en praktische inschatting van de capaciteit van de installaties. Waar technologieontwikkelaars uitgaan van ontwerpspecificaties, tonen praktijkdata aan dat slechts 14% (manueel), 23% (semi-automatisch) en 28% (automatisch) van deze theoretische capaciteiten op dit moment kan benut worden in de praktijk. Als deze prestatiekloof structureel wordt overbrugd, kan de sorteerkost dalen met 66% tot 75%. Dit benadrukt het belang van een robuuste capaciteitsplanning en een doordacht ontwerp van sorteerinfrastructuur als randvoorwaarde voor economische en logistieke haalbaarheid binnen circulaire textielketens.

4.2 Discussie en vervolg

De centrale uitdaging in het ontwerp van een performante recyclageketen voor post-consumer textiel schuilt in het vinden van een werkbaar evenwicht tussen economische schaalgrootte en lokale verankering, technische capaciteit en sociale doelstellingen, kostenefficiëntie en kwaliteitseisen, en tussen logistieke bundeling en geografische spreiding. De resultaten van het Labs on Fibre-project tonen aan dat centralisatie en samenwerking aanzienlijke schaalvoordelen kunnen genereren, met name op het vlak van mobilisatiekost, capaciteitsbenutting en infrastructuurgebruik. Toch vergt deze schaalvergroting een zorgvuldige afweging.

Hoewel het huidige model al waardevolle inzichten oplevert, benadrukt het onderzoek ook de noodzaak aan verdere verfijning en uitbreiding. Deze evolutie moet steunen op een iteratief leerproces, gebaseerd op actuele data-inzameling, operationele feedback en veranderende marktcondities. Een gevoeligheidsanalyse naar marktaandeel, stijgende volumes en kwaliteitsdaling is cruciaal om de robuustheid van het netwerk te testen. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de mogelijke impact van al meer gecentraliseerde processen bij private inzamelaars.

Een eerste richting voor verdieping betreft het integreren van kwaliteit en marktwaaarde van de gesorteerde, voorbereide fracties. Tot op heden is de modellering capaciteits- en kostengedreven, terwijl de stijgende kwaliteitseisen van recyclagebedrijven om een vraag gestuurde aanpak vragen. Aangezien marktprijzen sterk variëren op basis van zuiverheid en vezeltype (€280 tot >€500 per ton), is het essentieel om opbrengstpotentieel en sorteerkwaliteit op te nemen in de berekeningen. Het model moet hiertoe worden uitgebreid met fijnmazige categorieën op basis van vezelsamenstelling, sorteertechnologie en marktvraag (hoeveelheid en kwaliteit). Hierdoor kan een netto-opbrengstinschatting gemaakt worden, wat cruciale input levert voor rendabiliteitsanalyses van aanvullende voorbereidingen zoals ontmanteling of vernijding.

Een tweede noodzakelijke aanvulling is de verwerking van uitvalstromen. Deze fractie, die niet voldoet aan hergebruik- of recyclagecriteria, moet worden behandeld als afvalstroom met bijbehorende kosten en juridische verplichtingen. Hoewel voorlopige data uit projecten zoals Plastics en de Living Labs suggereren dat het aandeel uitval substantieel kan zijn, ontbreken betrouwbare cijfers. Zodra deze beschikbaar zijn, kan het LoF-model worden uitgebreid met een module voor uitvalverwerking, inclusief transportlogistiek, kostenstructuur en impact op vergunningstrajecten.

Een andere mogelijke verfijning betreft de inschatting van inzamelkosten. De huidige modellering onderschat de werkelijke complexiteit van operationele ophalingen. Toekomstige iteraties van het model moeten rekening houden met o.a. de specifieke capaciteit van iedere individuele inzamelaar en ophaalfrequenties. Bovendien biedt samenwerking tussen spelers in de inzamelfase kansen voor schaalvoordeel en kennisdeling. Deze collectieve modellen verdienen verdere verkenning.

Een ander aandachtspunt betreft de opname van voorraadkosten en voorraadcapaciteit per centrum. Bij langdurige opslag van textiel kan deze kost oplopen, onder meer door kapitaalsbeslag, risico op waardeverlies en magazijnbeheer. Volgens de methodiek van VIL omvat de voorraadkost componenten zoals interest, risicopremie en infrastructuurkosten, die structureel in rekening moeten worden gebracht bij netwerkontwerp en capaciteitsdimensionering. Deze kost is niet opgenomen in het huidige LoF-model gezien het ontbreken van de input data.

Ten slotte biedt het LoF-model potentieel om verder versterkt te worden als een volwaardig multi-objectief optimalisatie-instrument. Naast louter kostenefficiëntie kunnen bijkomende KPI's worden geïntegreerd die de prestaties van de keten op het vlak van circulariteit, sociale impact en milieubelasting in kaart brengen. Zo kunnen de hergebruiksgraad en recyclagegraad expliciet worden opgenomen als maatstaven voor circulariteit, terwijl het aantal gecreëerde arbeidsplaatsen binnen de sociale economie — uitgesplitst naar doelgroepmedewerkers en begeleiders — inzicht geeft in de sociale meerwaarde van een scenario. Daarnaast kunnen milieu-indicatoren zoals totale transportafstanden, voertuigkilometers en geschatte CO₂-emissies worden gemodelleerd om de ecologische voetafdruk van logistieke keuzes te evalueren. Het huidige model voorziet in enkele van deze parameters, zoals transportafstanden en VTE-inzet. Door deze verder uit te breiden en te koppelen aan gewogen doelstellingen, kan het model scenario's simultaan afwegen op basis van verschillende beleidsprioriteiten. Zo ontstaat een krachtig instrument dat toelaat om complexe trade-offs te objectiveren en beleidsondersteunende beslissingen te onderbouwen met het oog op een meer circulaire, inclusieve en duurzame textielketen.

4.3 Slotbeschouwing

De optimale inrichting van de textielketen vereist een systemische benadering waarin technologie, schaal, samenwerking en transport in evenwicht worden gebracht. Het Labs on Fibre-model (LoF-model) biedt hiervoor een waardevolle simulatie- en optimalisatietool. De resultaten tonen aan dat duurzame textielsortering en -verwerking in Vlaanderen haalbaar is, op voorwaarde dat duidelijke beleidskeuzes worden gemaakt rond centralisatie, sociale tewerkstelling en interorganisatorische samenwerking. Met gerichte investeringen en een gedragen beleidskader kan Vlaanderen zich positioneren als een internationale voortrekker in circulaire textielverwerking.

Het LoF-model fungeert als een strategisch instrument voor scenarioanalyse en besluitvorming, maar vereist voortdurende actualisatie en verfijning op basis van inzamelstatistieken, praktijkervaringen, technologische ontwikkelingen en veranderende beleidscontexten. De transitie naar een circulaire textielketen is immers complex en meervoudig, en vraagt om geïntegreerde oplossingen waarin economische haalbaarheid, ecologische verantwoordelijkheid en sociale rechtvaardigheid samenkomen.

Door het model uit te breiden met bijkomende functionaliteiten — zoals het integreren van circulaire indicatoren, sorteeraccuraatheid, kwaliteitsimpact — kan het LoF-model uitgroeien tot een volwaardig beleidsinstrument. Hiermee worden niet enkel kosten geoptimaliseerd, maar ook bredere maatschappelijke doelstellingen simultaan geëvalueerd en afgewogen.

Kortom, het bestaande LoF-model vormt een solide basis, maar vraagt verdere inhoudelijke en methodologische versterking. Alleen door het model blijvend te voeden met marktinzichten, praktijkdata en maatschappelijke ambities kan het relevant blijven in een snel evoluerende context. Zo draagt het model bij aan een robuuste, inclusieve en toekomstbestendige textielketen op zowel Vlaamse als Europese schaal.



**vision on technology
for a better world**

