

Verkennde economische haalbaarheidsstudie:

Potentieel van een biomassahub voor de valorisatie
van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen

Auteurs:

Iris Vanermen en Liesbet Vranken (KU Leuven)

Bart Van Droogenbroeck (ILVO) en Jasmine Versyck (B2BE Facilitator)

In samenwerking met:

Lorenzo Giacomella (FOX project), Erika De Keyser (RUSTICA project) en Tessa Avermaete (KU Leuven)

In opdracht van:

B2BE Facilitator

Juni 2024

Inhoudstabel

Definities en begrippen	4
1 Biomassahub	8
2 Biomassareststromen, voedselreststromen, voedselverliezen, nevenstromen en gewasresten	8
Hoofstuk 1: Het potentieel van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen - Literatuurstudie	10
1. Inleiding	10
2 Methode	11
2.1 Literatuurstudie	11
2.1.1 Expert interviews	12
3 Potentiële toeleveranciers van een biomassahub	13
4 Beschikbaarheid van groente en fruit biomassareststromen	14
4.1 Beschrijving van bronnen die reststromen monitoren	14
4.2 Overzicht grootteordes groente en fruit biomassareststromen	16
4.3 Gedetailleerd overzicht groente biomassareststromen in de tuinbouw	18
4.4 Gedetailleerd overzicht groente biomassareststromen in de verwerkende industrie en bij veilingen	20
4.5 Gedetailleerd overzicht fruit biomassareststromen	21
5 Beschikbaarheid van technologieën en toepassingen voor valorisatie in een biomassahub	22
5.1 Huidige valorisatietoepassingen van biomassareststromen in Vlaanderen	23
5.2 Bestaande valorisatiepistes en -technologieën voor groente- en fruitreststromen	25
5.2.1 Stabilisatiemethoden	26
5.2.2 Voedingstoepassingen	28
5.2.3 Gebruik als diervoeder	29
5.2.4 Compostering	29
5.2.5 Vergassing en pyrolyse	29
5.2.6 Anaerobe vergisting	30
5.2.7 Verbranden met energierecuperatie	30
5.3 Struikelblokken bij het toepassen van valorisatietechnologieën	31
6 Praktijkvoorbeelden van valorisatie en (aanzetten tot) een biomassahub in Vlaanderen en buurlanden	31
6.1 Praktijkvoorbeelden van de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen en buurlanden	31
6.2 Praktijkvoorbeelden van (een aanzet tot) een biomassahub	35
6.2.1 Een hub gericht op centralisatie en stabilisatie	35

6.2.2	Een hub gericht op het verwerken van groente en fruitreststromen tot voor de mens direct consumeerbare producten	37
6.2.3	Een bio-raffinaderij op basis van groente- en fruitreststromen	37
6.2.4	Een hub gericht op grootschalige verwerking van groente- en fruitreststromen tot producten anders dan bestemd voor humane consumptie.	39
6.2.5	Een geïntegreerde hub gericht op het combineren van alle bestemmingen uit de piramide van waardebehoud	39
Hoofdstuk 2: Verkennende economische haalbaarheidsanalyse van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen		41
1.	Inleiding	41
2.	Methode	41
3.	Gevalstudies: opzet en resultaten	43
3.1	Gevalstudie 1: Valorisatie van een brede waaier groente- en fruitreststromen tot een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof	43
3.1.1	Beschrijving	43
3.1.2	Operationeel profiel	45
3.1.3	Technologisch profiel	48
3.1.4	Scenario's	50
3.1.5	Vaste en variabele kosten per scenario	51
3.1.6	Resultaten van de break-even analyse	53
3.1.7	Besluit	67
3.2	Gevalstudie 2: Valorisatie van verse groente- en fruitreststromen tot sappen, smoothies of een basis voor soepen en sauzen	71
3.2.1	Beschrijving	71
3.2.2	Operationeel profiel	73
3.2.3	Technologisch profiel	73
3.2.4	Scenario's	74
3.2.5	Vaste en variabele kosten	75
3.2.6	Resultaten	76
3.2.7	Besluit	82
Hoofdstuk 3: Verdienmodellen, struikelblokken en opportuniteiten van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen		85
1.	Verdienmodellen	85
2.	Struikelblokken en opportuniteiten	88
Algemeen besluit		95
Referentielijst		97

Lijst met tabellen

Tabel 1: Overzicht van de stakeholdergroepen en organisaties bevraagd in kader van deze studie in semigestructureerde interviews.	13
Tabel 2: Overzicht van groente en fruit biomassa-reststromen, voedselreststromen, nevenstromen en voedselverliezen in Vlaanderen.	17
Tabel 3: Overzicht van biomassa-reststromen, voedselreststromen en voedselverliezen per groentesoort in Vlaanderen.	19
Tabel 4: Gedetailleerd overzicht van groente- en fruitreststromen bij de verwerkende industrie en veilingen per soort, gerangschikt op basis van grootte van de reststroom.	21
Tabel 5: Overzicht van biomassa-reststromen, voedselreststromen en voedselverliezen per fruitsoort in Vlaanderen.	22
Tabel 6: Waarde van cascade-index voor de sectoren relevant in de studie.	24
Tabel 7: Praktijkvoorbeelden van start-ups, (onderzoeks)projecten, platformen en dergelijke voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen tot humane voedingsingrediënten en -producten in Vlaanderen en buurlanden.	32
Tabel 8: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie. Twee scenario's werden gedefinieerd die verschillen in capaciteit van de installatie (Type A en Type B).	46
Tabel 9: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie (Type B uit tabel 8) en installatie voor insectenkweek.	47
Tabel 10: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie (Type B uit tabel 8), installatie voor insectenkweek en pyrolyse installatie.	48
Tabel 11: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de composteerinstallatie. Transport kan door de hub zelf (optie 1) of via een loonwerker (optie 2) gebeuren.	49
Tabel 12: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de installatie voor insectenkweek. (Bron: RUSTICA project)	49
Tabel 13: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de pyrolyse installatie.	50
Tabel 14: Overzicht van de zes scenario's voor een biomassahub die een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof produceert.	51
Tabel 15: Overzicht van de vaste (€/jaar) en variabele (€/ton bio-gebaseerde meststof) kosten voor elk scenario uit tabel 14.	52
Tabel 16: Minimale verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof voor de zes scenario's, gemiddelde aankooprijzen van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub, twee aankooprijzen van de bruine fractie en verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is.	68
Tabel 17: Minimale verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof voor de zes scenario's, laagste aankooprijzen van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub, twee aankooprijzen van de bruine fractie en verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is.	69

Tabel 18: Operationeel profiel van de hub met spiraalfilterpers en gepulseerd elektrisch veld (PEF) technologie. Vier types hub werden gedefinieerd die verschillen in de capaciteit en/of efficiëntie van de installatie (Type A, type B, type C en type D).....	73
Tabel 19: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de hub met spiraalfilterpers en PEF. Als verpakking kunnen glazen flessen van 1L worden gebruikt of bag-in-box van 3 of 5L.	74
Tabel 20: Overzicht van de zeven scenario's voor een biomassahub die eetbare groente- en fruitreststromen verwerkt tot producten voor humane consumptie zoals sappen, smoothies en purees.	75
Tabel 21: Overzicht van de vaste (€/jaar) en variabele (€/L product) kosten voor elk scenario uit tabel 20.	76
Tabel 22: Minimale verkoopprijs van het eindproduct (sap, puree, e.d.) voor de zeven scenario's en verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is.	83

Lijst met figuren

Figuur 1: Schematische weergave biomassareststromen, voedselreststromen, nevenstromen en voedselverliezen..	9
Figuur 2: Waardepiramide of cascade van waardebehoud van biomassareststromen gebruikt door de overheid en keten.	23
Figuur 3: Valorisatiewegen van (groente- en fruit) voedselreststromen in Vlaanderen.	25
Figuur 4: Biomassaplein Limburg voor het centraliseren en stabiliseren van houtige biomassa reststromen.....	36
Figuur 5: Schematisch overzicht van de benadering in gevalstudie 1: een hub die een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof produceert uit groente- en fruitreststromen.	45
Figuur 6: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1a) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton, E en F = €100/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A, C en E = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B, D en F = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).	55
Figuur 7: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1b) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).	58
Figuur 8: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1c) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).	60
Figuur 9: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 2a) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).	62
Figuur 10: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 2b) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).	64
Figuur 11: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 3) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde uit RUSTICA rapport, B en D = laagste uit RUSTICA rapport).	66

Figuur 12: Schematisch overzicht van de benadering in gevalstudie 2: een hub die sappen, smoothies en purees produceert uit eetbare groente- en fruitreststromen.....	72
Figuur 13: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 1) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	77
Figuur 14: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2a) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	78
Figuur 15: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2b) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	79
Figuur 16: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2c) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	79
Figuur 17: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 3) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	80
Figuur 18: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 4a) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	81
Figuur 19: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 4b) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.....	82
Figuur 20: Overzicht van de struikelblokken voor het succesvol opzetten van een biomassahub in Vlaanderen geïdentificeerd tijdens de experten interviews. Struikelblokken werden gecategoriseerd volgens vijf domeinen: (1) financiën en markt, (2) logistiek en organisatie, (3) beleid, (4) kennis en technologie en (5) informatie en gedrag.	90

Definities en begrippen

1 Biomassahub

Een “biomassahub” is geen eenduidig gedefinieerd concept. In de literatuur komen er verschillende definities voor en worden ook synoniemen gebruikt zoals bijvoorbeeld verwerkingshub, (regionale) biomassawerf of verwaardingsfabriek. Daarnaast kan ook een - gezien worden als een biomassahub waarbij relatief recent ook aandacht is voor het gebruik van biomassareststromen als feedstock (Cristóbal et al., 2018). Een studie van Wageningen University definieert een biomassawerf bijvoorbeeld als volgt: *“Een biomassawerf heeft de rol om bij de aanbodkant verschillende soorten biomassastromen te verzamelen, eventueel voor te bewerken en ze vervolgens aan te bieden aan de verwerkingskant”* (Annevelink et al., 2013). In deze studie definiëren wij een **biomassahub** als:

“een locatie waar geografisch verspreide biomassa reststromen gecentraliseerd worden, deze plantaardige biomassa reststromen gestabiliseerd worden en hierop één of meerdere verwerkingsstap(pen) worden uitgevoerd tot een product dat kan worden (her)gebruikt in een brede waaier aan toepassingen.”

Wij hanteren dus een relatief brede definitie en laten hierbij verschillende schaalgroottes, diversiteit aan groente- en fruitreststromen, mate van verwerking (stabilisatie, halffabricaten of eindproducten) en toepassingen toe. De biomassahub kan zo voordelen bieden om valorisatie van groente- en fruitreststromen op te schalen en zo efficiëntiewinsten te bekomen onder andere door het opvangen van de seizoensgebonden beschikbaarheid van individuele groente- en fruitreststromen. Daarnaast kan een biomassahub de valorisatie van groente- en fruitreststromen uit handen nemen van de producenten van deze reststromen en eventueel zorgen voor een alternatief verdienmodel voor deze reststromen, al dan niet met verdere betrokkenheid van de aanbieders van de groente- en fruitreststromen.

2 Biomassareststromen, voedselreststromen, voedselverliezen, nevenstromen en gewasresten

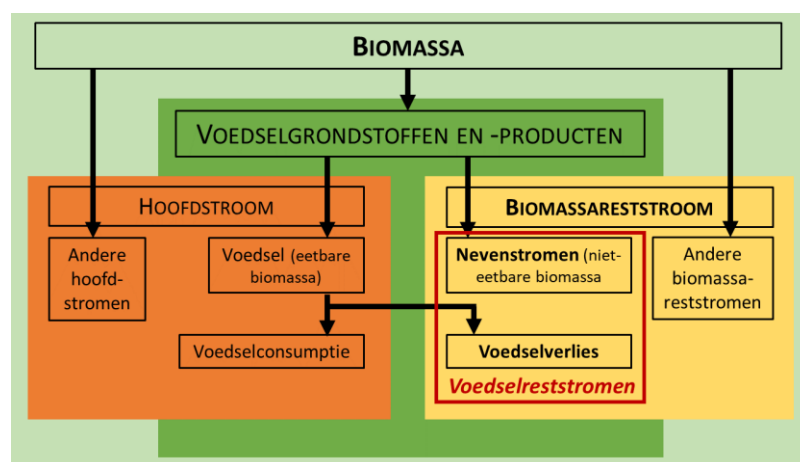
Doorheen de literatuur, worden er tot nog toe geen eenduidige begrippen gebruikt om te verwijzen naar biomassareststromen, voedselverliezen e.d. (Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels, 2018; Esparza et al., 2020; Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Dit maakt het vergelijken tussen studies niet eenvoudig. In deze studie nemen we een aantal bronnen samen om begrippen te definiëren die zoveel mogelijk toelaten om de tot hiertoe gebruikte begrippen te behouden, maar toch verwarring te vermijden. Figuur 1 geeft een schematische weergave van de begrippen en concepten die in volgende paragrafen worden toegelicht.

Wij definiëren **biomassareststromen** als de koepelterm en het meest omvattende begrip volgens de definitie gehanteerd in de Monitor Biomassareststromen van OVAM (Braekevelt & Vanaken, 2017): *“Biomassareststromen omvatten afval- en restfracties van biomassa die 1) niet gebruikt worden waarvoor de biomassa oorspronkelijk bedoeld was of geproduceerd werd, 2) vrijkomen en mobiliseerbaar zijn en 3) waarvoor een ander nuttig gebruik gewenst is”*. **Voedselreststromen** zijn een onderdeel van biomassareststromen en omvatten voedselverliezen en nevenstromen (Braekevelt et al., 2023). Belangrijk hierbij is dat een voedselreststroom enkel betrekking heeft op grondstoffen of

producten die als bestemming menselijke voedselconsumptie krijgen. Dit is dan ook het grote verschil met de biomassa-reststromen die breder gaan dan dat. Bovendien wordt er bij voedsel-reststromen niet gesproken over aan voedsel gelinkte niet-eetbare biomassa-stromen die wel vervat zitten in de categorie biomassa-reststromen (Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels, 2018). In een tuinbouw-context zijn spruitstokken bijvoorbeeld een biomassa-reststroom maar geen voedsel-reststroom aangezien spruitstokken niet bestemd zijn voor menselijke voedselconsumptie maar wel een restfractie zijn van de spruitenteelt. Dit heeft dus specifiek betrekking op het initiële doelgebruik van de reststroom zelf (in zijn totaliteit) maar niet op uiteindelijke toepassingen waarvoor de reststroom zou kunnen worden gebruikt. Zo worden steeds meer technologieën ontwikkeld om bijvoorbeeld vezels uit spruitstokken te genereren die gebruikt kunnen worden in de papierproductie maar ook als voedingsvezels in voedingstoepassingen (Kips & Van Droogenbroeck, 2014; Miserez, 2022). In deze studie focussen we specifiek op groente en fruit biomassa-reststromen.

Voedselverliezen en nevenstromen vormen samen de voedsel-reststromen. **Voedselverliezen** zijn het gedeelte van de eetbare biomassa (voedsel) dat niet wordt geconsumeerd (Braekevelt et al., 2023). **Nevenstromen** anderzijds vormen de niet direct eetbare fractie van voedselgrondstoffen of voedselproducten zoals bijvoorbeeld de stengels of een niet-eetbare schil. Deze dienen dus niet voor voeding al kunnen ze na opwerking wel tot eetbaar halffabricaat of eindproduct worden omgezet.

Biomassa-reststromen kunnen optreden doorheen de hele agrovoedingsketen, in de landbouwfase (pre- en post-harvest), bij de veilingen, tijdens de verwerking (industrie), bij distributie en verkoop of bij consumptie (Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels, 2018). Biomassa-reststromen die optreden bij individuele private consumenten laten we hier buiten beschouwing. In de literatuur wordt betreffende de landbouwfase ook vaak verwezen naar **gewasresten**. Dit zijn biomassa-reststromen die vrijkomen bij de oogst van een gewas of bij het kuisen van het gewas op het landbouwbedrijf. Dit gaat over het algemeen over wortel, blad- en stengelmasa die niet direct voor voedselconsumptie bestemd zijn (Braekevelt & Vanaken, 2017).



Figuur 1: Schematische weergave biomassa-reststromen, voedsel-reststromen, nevenstromen en voedselverliezen. (Op basis van Vlaams Ketenplatform Voedselverlies (2019) en Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels (2018)).

Samengevat beschouwen we in deze studie dus groente en fruit biomassa-reststromen die groente en fruit voedsel-reststromen omvatten, naast andere reststromen die afkomstig zijn van biomassa die niet bestemd is voor menselijke consumptie. Groente en fruit voedsel-reststromen bestaan dan weer uit groente en fruit voedselverliezen en groente en fruit nevenstromen.

Hoofstuk 1:

Het potentieel van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen - Literatuurstudie

1. Inleiding

Het terugdringen van voedselverliezen en hergebruiken van reststromen in een circulaire bio-economie heeft de voorbije decennia steeds meer aandacht gekregen. Zo is één van de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen opgesteld door de Verenigde Naties om “Duurzame consumptie- en productiepatronen te verzekeren” wat de deeldoelstelling omvat om “tegen 2030 de voedselverspilling in winkels en bij consumenten per capita te halveren en voedselverlies te reduceren in de productie- en bevoorradingsketens, met inbegrip van verliezen na de oogst” (United Nations, 2015). In Vlaanderen werd dit in 2015 vertaald in een Ketenroadmap Voedselverlies 2015-2020 met als doel om tegen 2020 voedselverlies met 15% te verminderen (Boerenbond et al., 2015). Over alle schakels in de keten heen werd een reductie van 12% behaald in 2020 t.o.v. 2015 maar niet elke schakel heeft hiertoe bijgedragen. De daling is afkomstig van afnames in de voedingsindustrie, horeca en catering, terwijl voedselverliezen in de overige schakels (visveilingen, landbouw, veilingen, retail, huishoudens) stegen ten opzichte van 2015 (Braekevelt et al., 2023). Aan deze Ketenroadmap werd dan een vervolg gegeven in het “Actieplan voedselverlies en biomassa(rest)stromen circulair 2021-2025” (OVAM & Departement Landbouw en Visserij, 2021). De concrete doelstelling in dit actieplan is om over de hele keten (van boer tot bord) 30% van de voedselverliezen te voorkomen, herwerken als voedsel of hoogwaardiger te valoriseren in vergelijking met 2015 (OVAM & Departement Landbouw en Visserij, 2023). Daarnaast is relatief recent (2018) ook gestart met het in kaart brengen van de Vlaamse bio-economie als onderdeel van het Vlaamse beleidsplan bio-economie (Cuypers & Belderbos, 2022). Deze monitor heeft een bredere focus en heeft als doel om inzichten te leveren in de productie en verwerking van biomassa in de Vlaamse bio-economie. Hierbij maken ze een onderscheid tussen 1) hoofdstromen (hoogste economische waarde, reden van productie), 2) nevenstromen (andere stromen met economische waarde) en 3) productieresiduen (stromen zonder economische waarde maar met waarde voor natuurlijk kapitaal) (Cuypers & Belderbos, 2022).

In de praktijk zijn er ook al stappen gezet om voedselverliezen en reststromen te reduceren en hergebruik te stimuleren in Vlaanderen (zie ook sectie 7.1). Bovendien wordt vanuit het wetgevend kader steeds meer gestimuleerd om (hoogwaardiger) te valoriseren. Zo geldt er sinds VLAREMA 7 (2019) een verbrandingsverbod (zonder energierecuperatie) op onder andere selectief opgehaalde en/of homogene afvalstoffen waarvoor recyclagetechnieken beschikbaar zijn, terwijl dit voorheen onder bepaalde voorwaarden wel nog was toegelaten (Noens et al., 2018; OVAM & Departement Landbouw en Visserij, 2021). Natuurlijk, niet-gevaarlijk materiaal uit de landbouw zoals oogstresten vallen niet onder de afvalwetgeving. Waar dit vroeger onbeperkt mocht worden ondergeploegd op het veld, is dit nu in het algemeen enkel toegelaten op het eigen veld op voorwaarde dat er geen schade is voor mens en milieu en wordt er ingezet op hoogwaardiger valoriseren (A. Braekevelt (OVAM), persoonlijke communicatie, 7 maart 2024). Compost gemaakt van groente- en fruitafval mag wel worden ondergewerkt op het veld aangezien het afval zo een einde-afvalstatus krijgt omwille van de verwerking tot compost (Vlaamse Regering, 2024). Bovendien kan er in uitzonderlijke gevallen ook

voor groente- en fruitreststromen die normaliter niet mogen worden ondergeploegd een grondstoffenverklaring worden geleverd, waardoor het onderploegen wel toegelaten is (OVAM & Departement Landbouw en Visserij, 2021). Dit is veelal het geval in uitzonderlijke gevallen wanneer valorisatie niet mogelijk is omwille van bijvoorbeeld een aanzienlijk overaanbod. Valorisatie van reststromen gebeurt echter vaak nog in relatief laagwaardige toepassingen zoals verbranding met energierecuperatie of productie van veevoeder (Braekevelt et al., 2023). Bovendien blijken ook deze laagwaardige valorisatietoepassingen in sommige gevallen afhankelijk van subsidies (Rozendaal, 2024). Anderzijds worden er steeds meer technieken ontwikkeld om reststromen ook te valoriseren naar hoogwaardige toepassingen voor menselijke consumptie. Deze initiatieven gebeuren echter vaak op kleine schaal wat niet alleen hun impact maar ook de technisch-economische haalbaarheid beperkt (Albizzati et al., 2021; Esparza et al., 2020; Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Een “biomassahub” waar verschillende reststromen worden gecentraliseerd en waar (de eerste) verwerkingsstappen worden toegepast ter valorisatie van deze reststromen zou hoogwaardigere valorisatie kunnen ondersteunen.

Hierbij focussen we op de tuinbouwteelt (uitgezonderd sierteelt) en groente- en fruitreststromen van diverse bronnen. De groente- en fruitteelt nemen slechts een beperkt aandeel in van de totale oppervlakte landbouwgrond in Vlaanderen maar dragen relatief sterk bij tot de waarde van de Vlaamse landbouwproductie (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Zo nam groenteteelt slechts 4,4% in van de Vlaamse landbouwoppervlakte in 2022 terwijl ze verantwoordelijk was voor 12% van de waarde van de Vlaamse landbouwproductie (Agentschap Landbouw & Zeevisserij, 2022a; 2022b). Voor de fruitteelt bedroegen deze cijfers in 2022 respectievelijk 2,8% en 7% (Agentschap Landbouw & Zeevisserij, 2022a; 2022b). Daarnaast is de tuinbouwsector verantwoordelijk voor het grootste aandeel in de productie van voedselreststromen binnen de landbouw (65%) waarvan het grootste deel naar relatief laagwaardige valorisatietoepassingen gaat zoals (weliswaar in steeds beperktere mate, zie hierboven) onderploegen en veevoeder (Braekevelt et al., 2023). Dit komt overeen met een verlies van ongeveer 13% product ten opzichte van de totale productie terwijl dit voor de akkerbouw slechts ongeveer 3% is. Groente- en fruitreststromen in Vlaanderen bezitten dus een tot nog toe onvoldoende gerealiseerd potentieel voor hoogwaardigere valorisatie.

In sectie 2 lichten we kort de methodologie toe die werd gebruikt voor deze literatuurstudie, gevolgd door een verduidelijking van de begrippen gebruikt in dit rapport. Hierna bespreken we kort de toeleveranciers van groente- en fruitreststromen naar de biomassahub en de beschikbaarheid van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen. Dit wordt gevolgd door een toelichting van de valorisatiepaden die momenteel gebruikt worden voor groente- en fruitreststromen en de beschikbare technologieën voor valorisatie. Tot slot kijken we binnen en buiten de grenzen van Vlaanderen en gaan op zoek naar voorbeelden van een biomassahub in Vlaanderen en onze buurlanden.

2 Methode

2.1 Literatuurstudie

We maakten gebruik van google scholar en Web Of Science om op zoek te gaan naar relevante publicaties aan de hand van onderstaande zoektermen en combinaties hiervan. We gebruikten hiervoor zowel de Nederlandse zoektermen als de vertalingen naar Engels, afhankelijk van het specifieke onderwerp. Ze beperkten we ons tot Nederlandstalige zoektermen om data in verband met de beschikbaarheid van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen te onderzoeken terwijl ook

Engelstalige zoektermen werden gebruikt om te achterhalen welke technologieën bestaan voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen.

- “biomassahub” | “verwerkingshub” | “biomassawerf” | “vervaardingsfabriek” | “bio-raffinaderij”
- “valorisatie” & “reststromen”
- “voedselverlie*”
- “groentereststromen” | “fruitreststromen”
- “technologieën” & “valorisatie” & “reststromen”

Verder baseren we ons op rapporten van onderzoeksprojecten en overheidsinstellingen die zich toespitsen op de monitoring en/of valorisatie van (groente- en fruit-) reststromen, etc. De inzichten die we uit deze bronnen halen, hebben we samengebracht in dit rapport.

2.1 Experten interviews

Om verdere inzichten te verkrijgen in de Vlaamse context rond het potentieel voor een biomassahub, werden ook interviews afgenomen met experts uit verschillende stakeholdergroepen die relevant zijn voor deze studie. Deze omvatten producenten van groente- en fruitreststromen uit verschillende sectoren, beleidsmakers en experts die werken rond valorisatie van groente- en fruitreststromen. Daarnaast werden ook verwerkers van groente- en fruitreststromen bevraagd die functioneren volgens een hub-concept of plannen om dit te doen.

Op basis van de literatuurstudie beschreven in sectie 2.1 werden relevante stakeholdergroepen geselecteerd. Daarna werden voor elk van deze groepen twee experts uitgenodigd voor een interview op basis van het netwerk van de onderzoekers die meewerkten aan deze studie. Het doel was zeker niet om voor elke stakeholdergroep een representatieve steekproef te bekomen omwille van het verkennende karakter van deze studie. De selectie van respondenten liet ons toe om de standpunten van het merendeel van de relevante stakeholdergroepen vast te leggen. Wanneer geen antwoord werd ontvangen op de uitnodiging, werd indien mogelijk een alternatieve organisatie gezocht binnen dezelfde stakeholdergroep. In totaal werden interviews afgenomen met 13 individuen die 12 organisaties vertegenwoordigden. Voor sommige stakeholdergroepen werden meerdere organisaties bereid gevonden om deel te nemen, terwijl dit voor andere stakeholdergroepen slechts één organisatie was. Tabel 1 geeft een overzicht weer van de bevraagde organisaties en stakeholdergroepen waartoe deze behoorden.

Het semigestructureerde interview duurde zo’n 60 tot 100 minuten en bestond in het algemeen uit drie delen. Na een introductie en het verkrijgen van de geïnformeerde toestemming, werd in het eerste deel nagegaan welke organische (groente- en fruit-) reststromen momenteel in Vlaanderen door de verschillende sectoren worden gegenereerd en hoe groot deze zijn. In het tweede deel werd nagegaan wat momenteel de valorisatiewegen zijn waarop deze reststromen al dan niet worden verwerkt. In het derde deel werd dan uitgebreid het concept van een biomassahub besproken, hoe dit volgens de respondent dient te worden ingevuld, welke hinderpalen er momenteel zijn en welke voorwaarden cruciaal zijn voor het opzetten van een biomassahub in Vlaanderen.

De input geleverd door deze interviews werd doorheen het rapport verwerkt. Zo werden inzichten uit de literatuurstudie waar mogelijk aangevuld met inzichten uit de interviews. Daarnaast werd informatie verzameld in de interviews (in beperkte mate) gebruikt in de economische haalbaarheidsberekeningen in beide gevalstudies. Tot slot werd op basis van de interviews een

overzicht gemaakt van de struikelblokken en opportuniteiten die optreden bij het opzetten van een biomassahub in Vlaanderen.

Tabel 1: Overzicht van de stakeholdergroepen en organisaties bevroegd in kader van deze studie in semigestructureerde interviews. Het doel van deze interviews was aanvullende inzichten te verwerven in de huidige context rond het potentieel voor een biomassahub in Vlaanderen.

Stakeholdergroep	Organisatie
Tuinbouw	1. Boerenbond vakgroep Groenten en fruit 2. Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT)
Veilingen	3. Belorta
Grote cateraars	4. ILVO medewerker rond valorisatie van reststromen in rusthuizen/ziekenhuizen
Supermarkten/ Retailers	5. Colruyt
Beleid	6. OVAM 7. Departement Landbouw en Visserij
Praktijkvoorbeeld hub	8. Zero Food Waste Factory (Duitsland) 9. Duynie Group – Cosun (Nederland) 10. Harvie (Vlaanderen)
Andere	11. SAAMO 12. EIT Food – Get Wasted platform

3 Potentiële toeleveranciers van een biomassahub

Groente- en fruit biomassareststromen omvatten zowel niet-eetbare (zowel aan voedsel gelinkte als niet aan voedsel gelinkte) als eetbare biomassa en kunnen verschillende oorsprongen hebben (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Op basis van hun oorsprong, kunnen groente- en fruit biomassareststromen grotendeels in vijf categorieën worden ingedeeld:

- (1) verliezen voor de oogst,
- (2) oogstresten rechtstreeks na de teelt,
- (3) verliezen na de oogst, bijvoorbeeld ter hoogte van de veiling, bij traders en bij transporteurs
- (4) productieverliezen tijdens de verwerking en
- (5) verliezen bij distributie en consumptie.

Op basis van deze categorisatie van oorsprongen van groente- en fruit biomassareststromen hebben we onderstaande groepen gedefinieerd als potentiële toeleveranciers voor een biomassahub die een voldoende groot volume aan groente- en fruitreststromen kunnen leveren. Groente- en fruit voedselreststromen van huishoudens onder vorm van GFT afval laten we hier buiten beschouwing omwille van de beperkte hoeveelheden gegenereerd per huishouden, de veel voorkomende verontreinigingen en de bestemming als “afval” waardoor de afvalwetgeving van toepassing is die de valorisatiemogelijkheden beïnvloedt en in realiteit beperkt tot compostering (al dan niet na voorvergisting) (Braekevelt & Vanaken, 2017). Ook de horeca laten we hier buiten beschouwing omwille van de relatief beperkte hoeveelheden reststromen die per individu/onderneming worden gegenereerd en we hen dus niet tot de grote spelers rekenen.

- (1) Tuinbouwers (groente- en fruitteelt)
- (2) Veilingen
- (3) Verwerkende industrie
- (4) Supermarkten en retailers
- (5) Grote cateraars

De vorm van de groente- of fruit biomassa-reststroom wordt sterk bepaald door de oorsprong van de stroom en verschilt dus tussen stakeholdergroepen (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Oogstresten omvatten bijvoorbeeld een ander type stroom dan verliezen na de oogst bij bijvoorbeeld de veilingen, verwerkers of retailers. Oogstresten bestaan vaak uit groenten en fruit waarvan de fysieke vorm of kleur verschilt van wat vereist wordt voor verkoop of groen loof en bijproducten van een eerste verwerking op de boerderij. Zeker bij appels en peren vormen kwaliteitseisen één van de voornaamste redenen van verliezen waarbij de normen gehanteerd door de retail vaak strikter zijn dan de wettelijke normen (Gellynck et al., 2017). Verliezen bij de veiling treden voornamelijk op bij overproductie (doordraai). De verwerkende industrie heeft dan weer verliezen in de vorm van residuen die gegenereerd worden bij het verwerken van groente en fruit tot bijvoorbeeld sappen, smoothies, soepen of moes, of bij bijvoorbeeld het versnijden tot voorverpakte gesneden groenten en fruit (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Tot slot komen verliezen bij supermarkten en grote cateraars meestal voor in gemengde vorm met andere organische verliezen en worden groenten en fruit bij deze spelers meestal nog niet gescheiden. In sectie 5 brengen we de beschikbaarheid van groente- en fruit biomassa-reststromen voor ieder van deze stakeholdergroepen in kaart om inzichten te krijgen in de grootteorde van deze biomassa-reststromen die in Vlaanderen beschikbaar zijn voor valorisatie in een biomassahub. Sectie 6.1 bespreekt dan op welke manier deze biomassa-reststromen bij elk van de stakeholdergroepen momenteel worden gevaloriseerd.

4 Beschikbaarheid van groente en fruit biomassa-reststromen

4.1 Beschrijving van bronnen die reststromen monitoren

De beschikbaarheid van data over biomassa-reststromen is tot op heden relatief beperkt en bestaande data verschillen vaak omwille van andere methodes en definities die worden gebruikt (Cristóbal et al., 2018). Het monitoren van biomassa-reststromen (inclusief voedselreststromen) heeft het voorbije decennium in Vlaanderen steeds meer aandacht gekregen. In deze studie baseren we ons voornamelijk op de resultaten van drie grote monitoringsstudies. Waar mogelijk werd dit aangevuld met cijfers van monitoringsinitiatieven door de sectoren zelf en dus sectorspecifieke data. Afhankelijk van de bron, worden de volledige biomassa-reststromen gemonitord of enkel de voedselreststromen, en worden groente en fruit biomassa-reststromen afzonderlijk gemonitord of niet. Bij de voedselreststromen wordt meestal ook een onderscheid gemaakt tussen nevenstromen en voedselverliezen. In de volgende paragrafen worden de drie grote monitoringsstudies kort toegelicht waarna in sectie 5.2 een overzicht wordt gegeven van de grootte van de groente en fruit biomassa-reststromen.

Een eerste studie heeft specifiek in 2014 groente- en fruitreststromen in kaart gebracht in kader van het onderzoeksproject GeNeSys uitgevoerd door het Instituut Landbouw en Visserij Onderzoek (ILVO) (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Dit project had als doel om innovatieve technieken te onderzoeken die in staat zijn om nevenstromen uit de landbouw en visserij maximaal te valoriseren. Voor deze monitoring baseerde de studie zich op data uit 2010 gecombineerd met literatuuronderzoek en informatie uit stakeholder interviews, studiedagen en bedrijfsbezoeken. Deze studie gebruikt de term

reststromen die nevenstromen en voedselverliezen omvat. Hoewel dit doet vermoeden dat hierbij gekeken wordt naar voedselreststromen, blijkt uit Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels (2018) dat de afbakening hier breder gaat en ook andere biomassa-reststromen dan voedselreststromen worden meegenomen. Specifiek maakt deze studie specifiek een onderscheid tussen oogstresten, verliezen ter hoogte van de veiling en productieverliezen tijdens de verwerking. Er worden dus geen data weergegeven voor de supermarkten en retailers, en grote cateraars. Deze studie rapporteert natte tonnages reststromen.

Een tweede monitoringsstudie focust op voedselreststromen en maakt deel uit van de Ketenroadmap Voedselverlies 2015-2020 waarvoor in één van de negen actieprogramma's werd vastgelegd dat zowel de overheid als actoren uit de keten voedselreststromen dienden te monitoren (Boerenbond et al., 2015). In kader hiervan verschijnt sinds 2015 twee- tot driejaarlijks een monitoringsrapport van voedselverliezen en nevenstromen doorheen de hele keten in Vlaanderen. De laatste beschikbare editie is de monitoring van data uit 2020 (naast 2015 en 2017) (Braekevelt et al., 2023). Hierbij wordt weliswaar niet specifiek voor alle stakeholdergroepen gemonitord wat het aandeel aan groente- en fruit is in de totale hoeveelheid voedselreststromen. Binnen de landbouw wordt wel een onderscheid gemaakt tussen de verschillende sectoren waaronder de groente- en fruitteelt. Ook de voedselverliezen die optreden ter hoogte van de veiling omvatten uitsluitend groente en fruit voedselreststromen. Bij supermarkten en retailers, en grote cateraars omvatten de voedselreststromen vaak een mix van verschillende organische voedselreststromen die momenteel niet gescheiden (groenten en fruit afzonderlijk) worden ingezameld. De verwerkende industrie of voedingsindustrie omvat een brede waaier aan vaak gespecialiseerde bedrijven waaronder bedrijven actief in de groente- en fruitverwerking. De beschikbare data in het monitoringsrapport maken een onderscheid tussen een 8-tal sub-sectoren waaronder de gecombineerde sub-sector aardappelen, groenten en fruit.

Daarnaast is relatief recent door het departement Economie, Wetenschap en Innovatie opdracht gegeven tot een monitor van de bio-economie waarin inzichten worden gegeven in de productie en verwerking van biomassa in de Vlaamse bio-economie (Cuypers & Belderbos, 2022). Aangezien de bio-economie alle economische activiteiten omvat die biologische hulpbronnen gebruiken, bespreekt deze studie een brede waaier aan sectoren en sub-sectoren, waaronder de landbouw en sub-sectoren zoals groenten en fruit. Supermarkten en retail, en grote cateraars worden niet gemonitord in deze studie. Het eerste rapport werd gepubliceerd in 2022 en maakte gebruik van data uit 2018 (Cuypers & Belderbos, 2022). Specifiek wordt er in deze monitor een onderscheid gemaakt tussen hoofdstromen, nevenstromen en productieresiduen. Nevenstromen worden gedefinieerd als stromen die niet het primaire doel zijn van de productie maar nog een economische waarde hebben, terwijl productieresiduen gelijkaardige stromen zijn maar zonder economische waarde (Cuypers & Belderbos, 2022). In de tuinbouwproductie is een nevenstroom bijvoorbeeld groen loof dat wordt verzameld en gevaloriseerd terwijl een productieresidu bijvoorbeeld groen loof is dat wordt ondergewerkt op het veld. Binnen de groenteteelt vormen loof, harten, bladeren, stokken, schillen en wortelen de nevenstromen en productieresiduen, terwijl dit voor de fruitteelt afgekeurd fruit is. In kader van deze studie beschouwen wij de nevenstromen en productieresiduen gecombineerd als biomassa-reststromen. De studie haalt aan dat er niet gefocust wordt op de voedingssector daar er reeds specifieke initiatieven hierop gericht zijn (zoals de monitoringsstudie in kader van het Actieplan Voedselverlies) (Cuypers & Belderbos, 2022). Desondanks bevat het rapport toch cijfers voor nevenstromen en productieresiduen van (onder andere) verwerkende industrie van fruit, groenten en hun sappen. Het meest recente rapport bevat een update van de data voor 2019/2020 en werd recent gepubliceerd (Van Kerckhove et al., 2023).

4.2 Overzicht grootteordes groente en fruit biomassa-reststromen

Tabel 2 geeft op basis van bovengenoemde bronnen een overzicht weer van de totale biomassa-reststromen, voedsel-reststromen, nevenstromen en voedselverliezen voor de stakeholder-groepen/grote spelers die wij in deze studie beschouwen. Het type reststroom dat wordt weergegeven verschilt tussen stakeholder-groepen/grote spelers op basis van de beschikbaarheid van data en het soort reststroom dat zij genereren. Wanneer meerdere bronnen dezelfde reststroom hebben gekwantificeerd, wordt het cijfer van alle bronnen weergegeven. Bovendien geven de data van supermarkten, retailers en grote cateraars totale organische reststromen weer en wordt er in de data geen onderscheid gemaakt tussen soorten organische reststromen (vlees, brood, groente en fruit, etc.). De cijfers in tabel 2 voor supermarkten en retailers, en grote cateraars geven dus niet enkel groente en fruit voedsel-reststromen weer maar de totale hoeveelheid organische reststromen. Op basis van informatie van experts tijdens de interviews en de literatuur, kunnen we inzichten verkrijgen in de samenstelling van deze reststromen om de fractie groenten en fruit af te leiden. Zo gaf de supermarkt aan dat groenten en fruit het grootste deel uitmaken van hun organische reststromen, maar kon deze hier moeilijk een precies cijfer op plakken. Anderzijds rapporteren Sarlee et al. (2012) op basis van cijfermateriaal uit 2007 dat het organisch afval van retailers voor zo'n 25% uit plantaardig afval bestaat. De expert in verliezen bij woonzorgcentra gaf aan dat 15% van de bulkresten worden ingevuld door groenten en fruit.

Op basis van de beschikbare data schommelt de totale hoeveelheid groente en fruit biomassa-reststromen van de tuinbouw, veilingen en verwerkende industrie tussen afgerond 970.000 en 1.500.000 ton. Hierbij is de bijdrage van de veilingen (1 tot 1,5%) beperkt in vergelijking met de tuinbouw en verwerkende industrie. Een totale biomassa-reststroom bij fruitveilingen van zo'n 15.000 ton werd op basis van de interviews wel als relatief laag ingeschat. De veiling die in deze studie werd bevraagd tijdens de interviews gaf namelijk aan dat zij jaarlijks al zo'n 11.000 ton biomassa-reststromen genereerden. Bij de groente- en fruitteelt zijn de biomassa-reststromen aanzienlijk groter dan de voedsel-reststromen terwijl dit niet zo is voor veilingen en de verwerkende industrie. Dit is ook te verwachten aangezien er in de eerste schakel van de keten de grootste hoeveelheden biomassa voorkomen die niet bestemd zijn voor humane consumptie. Opvallend is dat de inschatting van de voedsel-reststroom van veilingen zelfs zo'n 1.500 ton groter is dan de biomassa-reststroom. Wat betreft de verhouding nevenstromen/voedsel-reststromen bevatten de voedsel-reststromen van groente- en fruitteelt en veilingen aanzienlijk meer voedselverliezen, terwijl bij de verwerkende industrie voornamelijk nevenstromen worden gegenereerd. Esparza et al. (2020) komen tot de gelijkaardige conclusie dat in geïndustrialiseerde landen, groente- en fruitverliezen tijdens oogst en consumptie hoger zijn dan in het verwerkingsstadium.

Tabel 2: Overzicht van groente en fruit biomassareststromen, voedselreststromen, nevenstromen en voedselverliezen in Vlaanderen. De grijs gearceerde zone geeft weer dat bij supermarkten en retailers en grote cateraars alle reststromen voedselreststromen zijn aangezien zij enkel biomassa bestemd voor menselijke consumptie genereren.

	BIOMASSARESTSTROMEN	VOEDSELRESTSTROMEN	Nevenstromen	Voedselverliezen
Landbouw	3.670.488 ton ^A	479.095 ton ^C	130.309 ton ^C	348.786 ton ^C
<i>Groenteteelt</i>	534.952 ton ^A 800.000 ton ^B	281.614 ton ^C	62.409 ton ^C	219.205 ton ^C
<i>Fruiteelt</i>	87.000 ton ^B	29.329 ton ^C	5.421 ton ^C	23.908 ton ^C
Veilingen	14.598 ton ^{A b} 5.191 ton ^{B *}	15.954 ton ^C	798 ton ^C	15.156 ton ^C
Voedingsindustrie		1.999.383 ton ^C	1.770.143 ton ^C	229.240 ton ^C
<i>Groente- en fruitverwerking</i>	337.404 ton ^B			
<i>Productie en verwerking van aardappelen, groenten en fruit</i>	912.027 ton ^{A **}	653.463 ton ^C		
<i>Organisch-biologische afvalstoffen geklasseerd als aardappelen, groenten, fruit en bereide maaltijden</i>	723.449 ton ^B			
Totaal groenten en fruit	973.954 – 1.512.656 ton ***			
Supermarkten en retailers		85.802 ton ^C 64.271 ton ^D	48.421 ton ^C	37.381 ton ^C
<i>Grootdistributie en supermarkten</i>		74.642 ton ^C		
<i>Detailhandel voeding</i>		11.160 ^C		
Grote cateraars		24.583 ton ^C	14.589 ton ^C	9.994 ton ^C
<i>Gezondheidszorg (woonzorgcentra en ziekenhuizen)</i>		13.861 ton ^C	7.738 ton ^C	6.213 ton ^C
<i>Scholen</i>		8.685 ton ^C	5.714 ton ^C	2.971 ton ^C

Voetnoot: Voedselscheningen worden hier niet beschouwd (16.979 ton, waarvan 9.706 ton door supermarkten, 1.632 ton van veilingen, 5.697 ton van de voedingsindustrie en groothandel. ^C

* Enkel groente, geen verlies bij snijderij; ** Som van productie van primaire afvalstoffen – plant en dier, en nevenstromen en productieresiduen; *** aanname: 2/3 van verwerkende industrie exclusief groenten en fruit, 1/3 aardappel

^A MONBIO 2019/20 (Van Kerckhove et al., 2023)

^B GeNeSys 2010 (Kips & Van Droogenbroeck, 2014)

^C MONITOR VOEDSELVERLIES 2020 (Braekevelt et al., 2023)

^D COMEOS 2018 (Comeos, 2019)

Voor supermarkten en retailers werd de totale hoeveelheid organische voedselreststroom gekwantificeerd tussen afgerond 64.000 en 86.000 ton, voornamelijk van grootdistributie en supermarkten. Dit komt na opschalen in grote lijnen overeen met de jaarlijkse hoeveelheid organische reststromen gecommuniceerd door de supermarkt bevraagd in de interviews. Deze individuele grote supermarktketen produceerde in 2020 zo'n 15.000 ton organische reststromen. Op basis van de aannames voor de plantaardige fractie groente en fruit hierboven toegelicht (tussen 25% en 50%), komt dit overeen met zo'n 16.000 tot 43.000 ton plantaardig of groente- en fruitreststromen. Grote cateraars tot slot genereren afgerond 25.000 ton organische voedselreststromen, voornamelijk in de gezondheidszorg (woonzorgcentra en ziekenhuizen) en in beperktere mate scholen. In de gezondheidszorg bevatten deze voedselreststromen ongeveer gelijke aandelen nevenstromen en voedselverliezen, terwijl scholen een hoger aandeel nevenstromen genereren. Op basis van de aanname dat deze reststromen 15% groente- en fruit bevatten (zie hierboven), komt dit overeen met zo'n 4.000 ton groente- en fruitreststromen.

4.3 Gedetailleerd overzicht groente biomassa-reststromen in de tuinbouw

Naast totale hoeveelheden groente en fruit biomassa-reststromen en voedselreststromen werden voor de groente- en fruitteelt ook gedetailleerde cijfers opgesteld voor de groente- en fruitsoorten met het grootste aandeel in deze totale stromen. Tabel 3 geeft hiervan een overzicht weer en baseert zich hiervoor op het monitoringsrapport van het GeNeSys project (Kips & Van Droogenbroeck, 2014), het MONBIO rapport (Cuypers & Belderbos, 2022), een rapport dat de monitor voedselverliezen van 2015 gepubliceerd door de Ketenroadmap gedetailleerd uitwerkt voor de Vlaamse tuinbouw (Bernaert, Van Droogenbroeck & Roels, 2018), en het monitoringsrapport voedselverliezen van 2020 (Braekevelt et al., 2023). Deze reststromen komen dus overeen met een bepaald jaar. De precieze grootte van reststromen per fruit- en groentesoort verschilt uiteraard wel van jaar tot jaar op basis van klimaatomstandigheden, de economische context (prijs, etc.), etc.

De groenten staan gerangschikt op basis van dalende absolute grootte van reststromen. De top vijf groentesoorten die de grootste reststromen opleveren zijn bloemkool, wortel, prei, spruiten en uien. Daarnaast kunnen ook geconcentreerde reststromen (in tijd, locatie en soort) voor de hub relevant zijn. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer overaanbod optreedt bij de veilingen. In de interviews werd aangegeven dat het van jaar tot jaar verschilt welke groenten voornamelijk door overaanbod uit de markt worden genomen. Desondanks werden als regelmatig terugkomende soorten tomaten en komkommers genoemd. In de bespreking zullen we ons beperken tot deze groentesoorten. Voor sommige groentesoorten leveren verschillende bronnen gelijkaardige cijfers op, terwijl verschillen meer uitgesproken zijn bij andere groentesoorten. Bovendien bemoeilijkt het gebruik van verschillende categorisaties van reststromen binnen een bepaalde groentesoort deze vergelijking.

Bloemkool werd geschat zo een 200.000 ton biomassa-reststromen te leveren waarvan ongeveer 130.000 ton bloemkoolloof is. Daarnaast resulteert de bloemkoolteelt in bijna 15.000 ton eetbare bloemkoolharten. Bloemkoolteelt voor de verwerkende industrie werd dan weer gecijferd zo een 16.000 ton voedselverliezen op te leveren.

De biomassa-reststroom **wortelloof** bedraagt ongeveer 70.000 ton. Uitgedrukt als voedselreststroom bedraagt dit zo een 17.000 ton, bijna uitsluitend onder vorm van wortelen voor de verwerkende industrie die geheel als voedselverliezen gecategoriseerd kunnen worden.

Tabel 3: Overzicht van biomassa-reststromen, voedselreststromen en voedselverliezen per groentesoort in Vlaanderen.

		BIOMASSA- RESTSTROMEN	VOEDSEL- RESTSTROMEN	VOEDSEL- VERLIEZEN
Openlucht groenten				
Bloemkool	<i>Loof</i>	131.637 ton ^A		
	<i>Blad- en stengelmassa</i>	197.100 ton ^B		
	<i>Harten</i>			14.688 ton ^A
	<i>Voor de verwerkende industrie</i>		16.388 ton ^C	16.978 ton ^D
Wortel	<i>Loof</i>	76.652 ton ^A		
		69.500 ton ^B		
	<i>Voor de versmarkt</i>		604 ton ^C	
	<i>Voor de verwerkende industrie</i>		16.362 ton ^C	16.978 ton ^D
Prei	<i>Loof</i>	64.171 ton ^A		
		70.875 ton ^B		
	<i>Voor de versmarkt</i>		85.748 ton ^C	50.933 ton ^D
	<i>Voor de verwerkende industrie</i>		68.408 ton ^D	
			15.998 ton ^C	14.552 ton ^D
Spruiten	<i>Stengels (spruitstokken)</i>	57.542 ton ^A		
		138.000 ton ^B		
	<i>Voor de verwerkende industrie</i>		5.542 ton ^C	
Uien	<i>Schillen</i>	46.172 ton ^A		
	<i>Rebut</i>	13.080 ton ^B		
	<i>Voor de verwerkende industrie</i>		33.411 ton ^C	53.358 ton ^D
			77.736 ton ^D	
Erwt	<i>Loof</i>	22.500 ton ^A		
	<i>Blad- en stengelmassa</i>	70.000 ton ^B		
Bonen	<i>Loof</i>	20.000 ton ^A		
	<i>Blad- en stengelmassa</i>	68.600 ton ^B		
	<i>Groene bonen</i>	35.660 ton ^C	1.783 ton ^C	
Selder	<i>Blad- en stengelmassa</i>	19.250 ton ^B		
Spinazie		17.220 ton ^B	19.305 ton ^C	
Witloof	<i>Bladmassa</i>	2.975 ton ^B		
	<i>Wortelen</i>	19.300 ton ^B		
	<i>Totaal</i>		10.277 ton ^C	
Witte kool	<i>Buitenste bladeren</i>	20.000 ton ^B		
Rode kool	<i>Buitenste bladeren</i>	15.000 ton ^B		
Savooikool	<i>Buitenste bladeren</i>	15.000 ton ^B		
Broccoli	<i>Blad- en stengelmassa</i>	10.000 ton ^B		
Knolselder	<i>Bladmassa</i>	9.000 ton ^B		
Schorseneer	<i>Blad- en stengelmassa</i>	7.000 ton ^B		
Courgette	<i>Blad- en stengelmassa</i>	6.200 ton ^B		
Raap	<i>Blad- en stengelmassa</i>	3.700 ton ^B		
Glasgroenten				
Tomaat	<i>Stengels en productieverlies na oogst</i>	14.430 ton ^B	5.050 ton ^C	
Kropsla		8.550 ton ^B	10.519 ton ^C	
Paprika	<i>Stengels en productieverlies na oogst</i>	2.880 ton ^B	511 ton ^C	
Champignons			2.643 ton ^C	
Komkommer	<i>Plantenmateriaal en productieverlies na oogst</i>	1.625 ton ^B		
Aardappelen			102.717 ton ^D	80.530 ton ^D

^A MONBIO 2019/2020 (Van Kerckhove et al., 2023)

^B GeNeSys 2010 (Kips & Van Droogenbroeck, 2014)

^C ILVO 2015 (Bernaert, Van Droogenbroeck, & Roels, 2018)

^D MONITOR VOEDSELVERLIES 2020 (Braekevelt et al., 2023)

De biomassa-reststroom van **prei** bedraagt ongeveer 75.000 ton prei-loof. Verder werd becijferd dat de voedsel-reststroom van prei geteeld voor de versmarkt zich situeert tussen afgerond 70.000 en 85.000 ton terwijl deze voor prei met de verwerkende industrie als bestemming 16.000 ton bedraagt. Het grootste deel van deze voedsel-reststromen zijn voedselverliezen (59% - versmarkt, 91% - verwerkende industrie).

Voor **spruiten**, vinden we uiteenlopende cijfers. De biomassa-reststroom onder vorm van spruitstokken bedraagt volgens het MONBIO rapport 58.000 ton terwijl dit volgens het GeNeSys rapport meer dan het dubbele is (138.000 ton). Dit zou deels te wijten kunnen zijn aan de verschillende jaartallen waarop deze data gebaseerd zijn (2019/2020 versus 2011 respectievelijk) maar ook aan de verschillende meetmethodes gebruikt door beide bronnen. Daarnaast resulteert de spruitenproductie voor de verwerkende industrie in 5.500 ton voedsel-reststromen.

Biomassa-reststromen onder vorm van **uienschillen** werden becijferd zo een 46.000 ton te bedragen, terwijl de biomassa-reststroom rebus uien ongeveer 13.000 ton bedraagt. Wanneer expliciet gekeken wordt naar de uienteelt met bestemming verwerkende industrie bedraagt de voedsel-reststroom 33.000 tot 78.000 ton (afhankelijk van de bron) waarvan het merendeel (69%) voedselverlies is. Dit brede interval hierbij is wellicht niet te wijten aan verschillende meetmethodes aangezien beide cijfers uit de monitoring voedselverliezen komen maar van 2015 en 2020 respectievelijk.

Voor **tomaten** bedroeg de biomassa-reststroom zo'n 14.400 ton waarvan ongeveer een derde (5.000 ton) voedsel-reststromen waren. Deze voedsel-reststromen komen onder andere overeen met de verliezen die geconcentreerd voorkomen bij de veilingen en zijn in grootteorde dus wel relatief beperkter dan voorgaande soorten. Tijdens het interview gaf de veiling aan dat de reststroom tomaten in 2020 bij hen ongeveer 2.600 ton bedroeg. Dit is in lijn met de gegevens uit tabel 3.

De biomassa-reststroom van **komkommers** werd geschat op zo'n 1.620 ton in 2011, terwijl recentere gegevens ontbreken. Tijdens het interview gaf de veiling aan in 2020 een groot overaanbod van komkommers te hebben gehad waarbij men niet wist waar naartoe te gaan met dit overschot omdat uitrijden van reststromen die ontstaan bij de veiling niet toegelaten is.

4.4 Gedetailleerd overzicht groente biomassa-reststromen in de verwerkende industrie en bij veilingen

Tabel 4 toont de groente- en fruit-reststromen bij de verwerkende industrie en veilingen in meer detail, op basis van het rapport opgesteld in kader van het project GeNeSys (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze gegevens dateren uit 2011 en 2012 en voor de verwerkende industrie betrekking hebben op België en niet enkel Vlaanderen. Ook hier verschillen de reststromen sterk van jaar tot jaar, voornamelijk bij de veilingen aangezien hun verliezen sterk afhangen van de markt en de balans tussen vraag en aanbod. Verder gaat dit voor de verwerkende industrie om productieverliezen en verliezen omwille van ondermaatse kwaliteit, terwijl voor de veilingen cijfers weergegeven worden van uit de markt genomen groenten bij de drie grote Vlaamse veilingen. De groenten zijn gerangschikt op basis van de grootte van de reststroom. Bij de verwerkende industrie leverden in 2011 erwten, bonen, uien, en in beperktere mate wortelen de grootste reststromen op. De reststromen gegenereerd bij de veilingen zijn aanzienlijk kleiner en

gebeuren over het algemeen bij andere soorten dan in de verwerkende industrie. In 2012 leverden sla en andijvie, en courgette de grootste reststromen op bij de veilingen.

Tabel 4: Gedetailleerd overzicht van groente- en fruitreststromen bij de verwerkende industrie en veilingen per soort, gerangschikt op basis van grootte van de reststroom.

	VERWERKENDE INDUSTRIE	VEILINGEN
	<i>Productieverliezen en verliezen door ondermaatse kwaliteit, België (ton, 2011)</i>	<i>Uit de markt genomen groenten bij drie grote Vlaamse groente- en fruitveilingen (ton, 2012)</i>
Erwt	23.400 ton ^A	
Bonen	21.400 ton ^A	
Uien	20.000 ton ^A	
Wortelen	15.300 ton ^A	
Witloof	8.250 ton ^A	
Spinazie	4.800 ton ^A	
Bloemkool	3.800 ton (BEL) ^A	411 ton ^A
Prei	1.704 ton ^A	
Sla en andijvie		1.894 ton ^A
Courgette		1.151 ton ^A
Paprika		759 ton ^A
Tomaat		501 ton ^A
Komkommer		462 ton ^A
Aubergine		13 ton ^A

^A GeNeSys 2010 (Kips & Van Droogenbroeck, 2014)

4.5 Gedetailleerd overzicht fruit biomassa-reststromen

Tabel 5 geeft in detail de biomassa-reststromen, voedselreststromen en voedselverliezen weer per fruitsoort in Vlaanderen. Dit gaat grotendeels over verliezen die optreden in de tuinbouwsector. Hierbij zijn slechts van een beperkt aantal fruitsoorten data beschikbaar, overeenkomstig de soorten die voornamelijk geproduceerd worden in Vlaanderen: appels, peren, aardbeien en kers. **Appels** leveren zo en 55.000 ton biomassa-reststroom op die zowel appelschillen als rebut appelen omvat. Hiervan is ongeveer 14.000 ton voedselreststroom. Wat betreft **peren**, werd een reststroom van 8.500 ton rebut peren gemeten, terwijl de totale voedselreststroom van peren bijna 17.000 ton bedroeg. Het voedselverlies peren werd dan weer op 14.500 ton geschat. **Aardbeien** leveren zo een 22.500 ton biomassa-reststroom op, waarvan (volgens een andere bron) slechts een klein deel voedselreststroom is (1.800 ton). Tot slot werd voor kers aan relatief kleine biomassa-reststroom van 1.100 ton gemeten. Daarnaast kunnen er ook verliezen optreden bij geïmporteerd fruit, bijvoorbeeld in de havens.

Tabel 5: Overzicht van biomassa-reststromen, voedsel-reststromen en voedsel-verliezen per fruitsoort in Vlaanderen.

	BIOMASSARESTSTROMEN	VOEDSELRESTSTROOM	VOEDSELVERLIEZEN
Appels	54.800 ton ^{A *}	13.913 ton ^B 13.794 ton ^C	
Peren	8.545 ton ^{A **}	16.945 ton ^B	14.552 ton ^D
Aardbei	22.500 ton ^A	1.836 ton ^B	
Kers	1.133 ton ^A		

Voetnoot: * *appelschillen en rebut appelen*; ** *rebut peren*

^A GeNeSys 2010 (Kips & Van Droogenbroeck, 2014)

^B ILVO 2015 (Bernaert, Van Droogenbroeck, & Roels, 2018)

^C MONBIO 2019/2020 (Van Kerckhove et al., 2023)

^D MONITOR VOEDSELVERLIES 2020 (Braekevelt et al., 2023)

5 Beschikbaarheid van technologieën en toepassingen voor valorisatie in een biomassahub

De tuinbouwteelt levert aanzienlijke biomassa-reststromen op zoals besproken in vorige sectie. Deze stromen kunnen echter nog gevaloriseerd worden om zoveel mogelijk waarde uit de primaire productie te halen. Om het optimale valorisatiepad te bepalen, wordt vaak verwezen naar een waardepiramide of cascade van waardebehoud (Kips & Van Droogenbroeck, 2014; Vlaams Ketenplatform Voedselverlies, 2019). Dit is een cascadesysteem dat weergeeft welke bestemming de valorisatie van een biomassa-reststroom bij voorkeur dient te krijgen om het waardebehoud te maximaliseren. De volgorde van bestemmingen wordt bepaald aan de hand van criteria (economische, sociale, ecologische) en kan verschillen afhankelijk van welke criteria worden meegenomen (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Eenzelfde biomassa-reststroom kan ook voor verschillende toepassingen worden gebruikt waarbij een cascadeprincipe gehanteerd wordt volgens de prioriteitenvolgorde in de piramide.

Figuur 2 geeft de waardepiramide of cascade van waardebehoud weer die gebruikt wordt door de Vlaamse overheid en de keten (Vlaams Ketenplatform Voedselverlies, 2019). Deze geeft een prioriteitenvolgorde weer om de economische en maatschappelijke voordelen van biomassa-reststromen te maximaliseren, zonder de draagkracht van het leefmilieu te overschrijden (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Het doel is dus om biomassa-reststromen zo hoog mogelijk op de cascade te valoriseren. Bovenaan de piramide staat preventie. Dit omvat in de eerste plaats het voorkomen van de reststromen aan de bron (bijvoorbeeld door optimalisatie van oogst- en bewaarstechnieken), en wordt gevolgd door het herbestemmen van reststromen tot voeding voor humane consumptie. Dit kan bijvoorbeeld door schenkingen aan de voedselbanken en sociale organisaties of het verwerken tot andere producten voor humane consumptie zoals sappen of soepen. Indien preventie niet mogelijk is, wordt gestreefd naar valorisatie in de eerste plaats als dierenvoer en op dus onrechtstreeks voor menselijke consumptie. De volgende stap in de cascade is het valoriseren tot materiaaltoepassingen. Soms wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen het valoriseren tot grondstoffen voor diverse industrieën zoals cosmetica en het verwerken tot een bodemverbeteraar of meststof aan de hand van compostering of vergisting (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). De laatste stap binnen valorisatie is het gebruiken als duurzame energiebron zoals bijvoorbeeld een biobrandstof. Met wat dan nog niet gebruikt is kunnen worden, kan niet meer

gevaloriseerd worden en wordt dan verwijderd of vernietigd. Dit kan in de eerste plaats door verbranden waarbij wel nog warmterecuperatie kan gebeuren en als allerlaatste stap door storten of lozen waarbij geen warmterecuperatie meer gebeurt. Deze laatste stap is wettelijk verboden in Vlaanderen. Biomassareststromen moeten dus minimaal verbrand worden met warmterecuperatie (Vlaams Ketenplatform Voedselverlies, 2019).



Figuur 2: Waardepiramide of cascade van waardebehoud van biomassareststromen gebruikt door de overheid en keten. (Bron: Vlaams Ketenplatform Voedselverlies, 2019)

In deze sectie zal eerst besproken worden wat er momenteel gebeurt met de groente en fruit biomassareststromen van de verschillende sectoren in de keten. Daarna zal breder gekeken worden naar welke specifieke technologieën en processen beschikbaar zijn voor de valorisatie van groente en fruit biomassareststromen.

5.1 Huidige valorisatietoepassingen van biomassareststromen in Vlaanderen

Voor het bespreken van de huidige valorisatie van reststromen in Vlaanderen baseren we ons voornamelijk op het monitoringsrapport voedselverliezen van 2020 (Braekevelt et al., 2023) om de meest actuele situatie te bespreken. Daarbij dient te worden opgemerkt dat dit monitoringsrapport zich focust op voedselreststromen en dus niet de totale biomassareststromen meeneemt. Daarom toetsen we deze bevindingen waar mogelijk aan de resultaten uit de studie uitgevoerd door ILVO over valorisatie van groente en fruit biomassa'stromen in Vlaanderen gepubliceerd in 2014 in kader van het GeNeSys project (Kips & Van Droogenbroeck, 2014).

Tabel 6 toont voor elk van de sectoren beschouwd in deze studie de cascade-index die hun aanpak van de valorisatie van groente en fruit voedselreststromen typeert. Deze cascade-index werd

ontwikkeld binnen de monitoring van voedselreststromen in Vlaanderen om de totale valorisatie van voedselreststromen uit te kunnen drukken in een schaal en deze te kunnen vergelijken tussen sectoren (Braekevelt et al., 2023). Deze index wordt berekend door middel van een weging van de voedselreststromen binnen een sector en de overeenkomstige positie van de valorisatietoepassing in de waardepiramide. Hierbij werd preventie niet in rekening gebracht aangezien hier onvoldoende data voor beschikbaar waren. De index is gelegen in het interval 0 (slechts mogelijke score) tot 10 (best mogelijk score). Tabel 6 toont dat veilingen en de voedingsindustrie in 2020 de hoogste index hadden, gevolgd door de landbouwsector, supermarkten en retailers en tot slot grote cateraars die beduidend slechter scoorden dan de overige sectoren. Hoewel voor de tuinbouwsector geen specifieke index berekend werd, leert het spectrum van valorisatiewegen (zie verder) ons dat deze index nagenoeg dezelfde is als voor de landbouw. De index voor de voedingsindustrie, supermarkten en retailers, en grote cateraars hebben betrekking op de valorisatie van de totale hoeveelheid voedselreststromen gegeneerd en dus niet enkel groente- en fruitreststromen. Verder toont tabel 6 dat in elke sector de index gestegen is in 2020 t.o.v. 2015 wat wijst op inspanningen in alle sectoren. In de volgende paragraaf zullen we voor elke sector kort bespreken welke valorisatiewegen momenteel specifiek gebruikt worden.

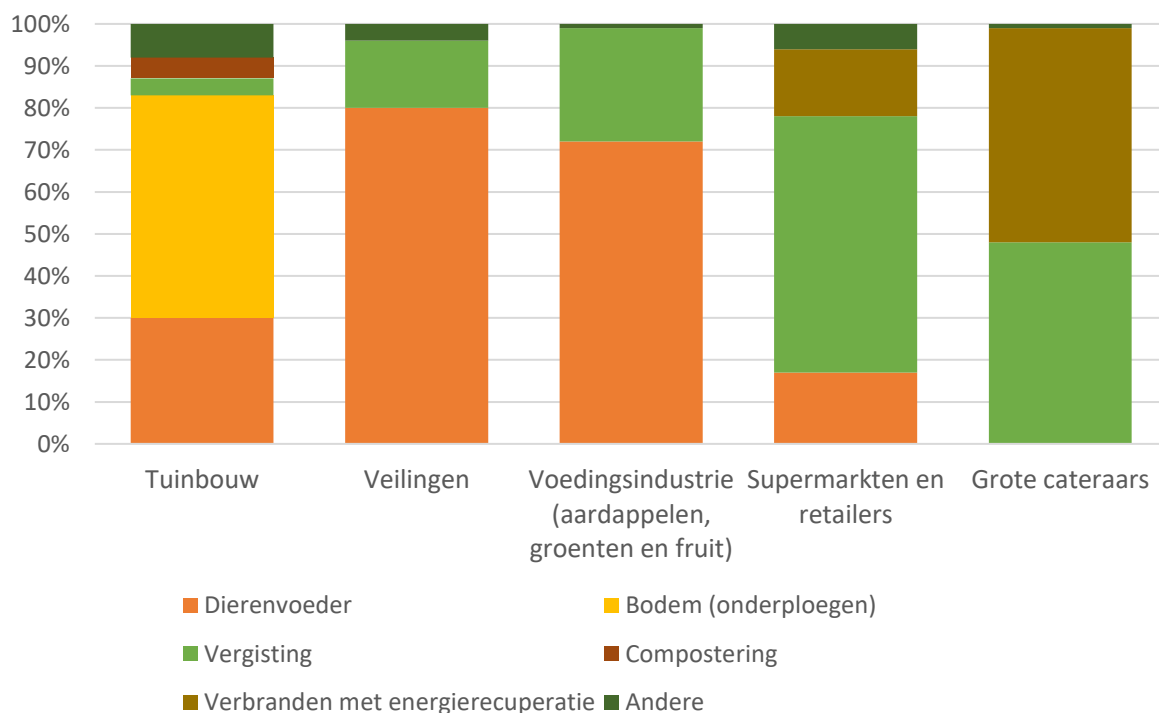
Tabel 6: Waarde van cascade-index voor de sectoren relevant in de studie

Sector	WAARDE CASCADE-INDEX	
	2015	2020
Landbouw	7,9	8,4
Veilingen	8,1	9,3
Voedingsindustrie	8,9	9,1
Supermarkten en retailers	6,3	7,4
Grote cateraars	3,4	4,9

De voedselreststromen in Vlaanderen krijgen bijna volledig een nuttige bestemming (99,5%). Figuur 3 toont per sector het aandeel van de valorisatiebestemmingen die gebruikt worden bij het verwerken van de (groente en fruit) voedselreststromen. Voor de tuinbouw en veilingen gaat dit enkel om groenten en fruit, terwijl hier bij de verwerkende industrie ook aardappelen in vevat zitten. Bij de supermarkten en retailers, en grote cateraars gaat dit veelal om een gemengde organische reststroom.

Iets meer dan 50% van de tuinbouwreststromen werden in 2020 ondergeploegd op het veld. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met de uitzonderlijke omstandigheden gerelateerd aan de COVID-19 pandemie en de sluiting van horeca. Daarnaast werd 30% gebruikt als dierenvoeder. Een klein aandeel werd vergist (4%), gecomposteerd (5%) of had een andere bestemming (8%). Bij de veilingen kreeg in 2020 de meerderheid de bestemming dierenvoeder (80%), terwijl 16% vergist werd. De overige 4% had een andere bestemming. Ook bij de verwerkende industrie (aardappelen, groente en fruit) had de meerderheid van de voedselreststroom de bestemming dierenvoeder (72%), terwijl er zo een 27% vergist werd. Deze bevindingen komen in grote lijnen overeen met de bevindingen van Kips & Van Droogenbroeck (2014) over de valorisatie van groente en fruit oogstresten, de doordraai van veilingen en reststromen bij de verwerkende industrie. Veilingen doneren daarnaast wel nog een aanzienlijk van hun reststromen aan sociale organisaties in overeenstemming met hun verplichtingen al ligt dit aandeel wellicht lager dan door beleid beoogd wordt (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Het doneren aan sociale instellingen wordt in deze studie niet verder bekeken aangezien dit al de meest hoogwaardige valorisatie van een reststroom omvat.

Supermarkten en retailers valoriseerden in 2020 hun voedselreststromen voornamelijk met vergisting als bestemming (61%), gevolgd door diervoeder (17%) en verbranding met energierecuperatie (16%). Tot slot hadden telkens de helft van de voedselreststromen van grote cateraars respectievelijk vergisting en verbranding met energierecuperatie als bestemming. Een studie van Comeos in 2019 bracht de valorisatie van voedselreststromen bij supermarkten en retailers in België tussen 2015 en 2018 in kaart (Comeos, 2019). Zij concludeerden dat het niet-gesorteerd organisch afval meestal verbrand werd met energierecuperatie. De totale voedselreststroom werd meestal vergist (75%-81%), gebruikt als/verwerkt tot diervoeder (tussen 6 en 10%) of verbrand met energierecuperatie (tussen 5 en 10%). Daarnaast werd tussen 3 en 6% gebruikt als grondstof in de biochemie en werd tussen 1% en 5% gecomposteerd.



Figuur 3: Valorisatiewegen van (groente- en fruit) voedselreststromen in Vlaanderen.

In het algemeen zijn het gebruiken van voedselreststromen als diervoeder, het vergisten van voedselreststromen en het onderploegen van oogstresten dus de meest gebruikte valorisatiewegen (in termen van grootteorde voedselreststromen).

5.2 Bestaande valorisatiepistes en -technologieën voor groente- en fruitreststromen

Groente- en fruitreststromen bevatten hoge gehalten organische stof en zijn rijk aan verschillende componenten zoals koolhydraten, proteïnen, lipiden en bioactieve bestanddelen en zouden daarom als grondstof kunnen doen voor de productie van een brede waaier aan toepassingen (Esparza et al., 2020). Doorheen het voorbije decennium is er ook steeds meer aandacht gevestigd op valorisatie van voedselreststromen met als gevolg dat er wereldwijd ook steeds meer technologieën worden ontwikkeld om deze reststromen om te zetten in waardevolle producten (Singh et al., 2021). Esparza et al. (2020) maken in hun review over valorisatietechnieken voor groente- en fruitreststromen wereldwijd een onderscheid tussen conventionele en nieuwe of opkomende valorisatiemethodes. Hierbij gebruiken de conventionele methoden biologische of chemische transformaties van de

organische bestanddelen van de groente- en fruitreststromen. Het resultaat van deze processen zijn relatief eenvoudige producten zoals biogas, bio-waterstof, compost, warmte en energie, terwijl het niet mogelijk is om complexe componenten te recupereren uit deze reststromen (Esparza et al., 2020). Bovendien wordt slechts een kleine fractie van de groente en fruit reststroom bij deze conventionele methodes gevaloriseerd. De nieuwe en opkomende methoden daarentegen zijn erop gericht om de nutriënten en andere waardevolle bestanddelen te isoleren om hoogwaardige chemicaliën en/of toepassingen te bekomen. De conventionele strategieën omvatten gebruik in dierenvoeder, storten, composteren en een thermale behandeling (Esparza et al., 2020; Rashwan et al., 2023). Aangezien storten verboden is in Vlaanderen, zullen we deze methode niet verder bespreken.

Anderzijds identificeren Esparza et al. (2020) vier nieuwe strategieën: extractie, chemische conversie, biologische conversie en synthese voor het isoleren van waardevolle bestanddelen. Daarnaast verwijzen Lucarini et al. (2021) naar het produceren van sappen uit fruitreststromen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de focus in deze review studies lag op de mondiale schaal terwijl wij enkel Vlaanderen beschouwen. Desondanks worden deze grote categorieën valorisatiestrategieën voor groente- en fruitreststromen ook door verscheidene andere bronnen gedefinieerd, al wordt er meestal geen expliciet onderscheid gemaakt tussen conventionele en nieuwe technologieën en strategieën (Kips & Van Droogenbroeck, 2014; Rashwan et al., 2023).

De waarde die gecreëerd wordt door deze valorisatiemethoden wordt door Esparza et al. (2020) ingeschat op zo'n €187 tot €375 per ton biomassa voor biobrandstoffen, €56 tot €140 per ton biomassa voor het opwekken van elektriciteit en €66 tot €187 per ton biomassa voor veevoeder. Daarentegen wordt de waarde die gegenereerd wordt door hoogwaardige bio-chemicaliën aanzienlijk hoger ingeschat op zo'n €940 per ton biomassa terwijl dit nog niet vaak wordt toegepast in de praktijk. Naast verschillen in de waarde die wordt gegenereerd, verschilt ook het kostenplaatje voor de producent van de reststroom sterk tussen de technologieën (Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Kips & Van Droogenbroeck (2014) geven aan dat composteren voor de producent van de reststroom bijvoorbeeld zo'n €10 tot €70/ton kost met hogere prijzen voor reststromen uit de glastuinbouw terwijl het gebruik als diervoeder netto zo'n €10 per ton en vergisten zo'n €7,5/ton opbrengt, hoewel ook binnen een categorie sterk uiteenlopende bedragen werden opgetekend. Dit hangt onder andere af van de samenstelling en eigenschappen van de reststroom zoals de calorische waarde, biogaspotentieel en bijmengingen van bijvoorbeeld aarde of steen, maar ook de transportkosten, beschikbaarheid van overheidssteun, operationele kosten van de technologie, etc. Uit de interviews uitgevoerd in kader van deze studie blijkt dat de prijs voor het afvoeren van reststromen in de glastuinbouw in 2023 aanzienlijk hoger lag met een bedrag tussen €43 (exclusief transport) en €148 (inclusief transport) per ton afhankelijk van de aanwezigheid van clips en touwen. Dit omvat het verwijderen van de reststromen van het bedrijf via loonwerkers waarbij een deel naar compostering gaat en een deel naar verbranding. Bovendien wordt een deel in Nederlands verwerkt omwille van de minder strenge normen voor compost in Nederland.

5.2.1 Stabilisatiemethoden

Omwille van het sterk bederfbare karakter van verse groenten en fruit, zijn er verschillende stabilisatiemethoden ontwikkeld en onderzocht om de houdbaarheid van verse groenten en fruit te verlengen waarbij zoveel mogelijk de kwaliteit tracht te worden behouden (Van Droogenbroeck et al., 2019). Deze methoden kunnen ook voor de hoogwaardige valorisatie van groente- en fruitreststromen relevant zijn aangezien de reststromen voor deze toepassingen van voldoende kwaliteit dienen te zijn zonder potentiële infecties met pathogenen. Bovendien is ook stabilisatie van het finale product nodig

bij het valoriseren van biomassa-reststromen voor direct gebruik als humane voeding opdat het product een aanvaardbare bewaartermijn heeft.

Een veelgebruikte methode is verhitting van niet-steriele voeding in de finale containers of verhitten voor het verpakken gevolgd door verpakken onder steriele omstandigheden (Van Droogenbroeck et al., 2019). Hierbij verandert de voedingssamenstelling, kleur en smaak. Deze verhitting kan bijvoorbeeld plaatsvinden bij een puree of sap van surplus groenten en fruit na versnijden, mixen en scheiden met een spiraalfilterpers. Een tweede methode is het koelen van vochtige producten zoals groente en fruitreststromen om hoogwaardig te valoriseren. Er bestaan verschillende koelingstechnologieën waarbij innovatieve technieken tot vijf keer sneller kunnen koelen dan conventionele methoden (Van Droogenbroeck et al., 2019). Wanneer de temperatuur verder verlaagd wordt, spreken we van vriezen dat vaak in combinatie wordt gebruikt met kort blancheren (Van Droogenbroeck et al., 2019). Vriezen zorgt ervoor dat de wateractiviteit sterk vertraagd wordt zodat er geen microbiële activiteit en chemische reacties mogelijk zijn (Van Droogenbroeck et al., 2019). Het effect van vriezen en ontdooien op de weefselstructuur, het nutriëntengehalte, de kleur en de smaak van de groente of het fruit is echter onduidelijk. Van Droogenbroeck et al. (2019) vermelden dat de weefselstructuur wordt aangetast afhankelijk van de snelheid en temperatuur van deze processen. Dit kan er volgens hen ook toe leiden dat nutriënten verloren gaan en de textuur, kleur en smaak worden aangetast. Anderzijds, rapporteert het Voedingsinformatiecentrum (NICE, z.d.) dat er bij het blancheren en vriezen over het algemeen niet meer voedingsstoffen verloren gaan dan bij bewaarmethodes van verse groenten en fruit thuis. In een recente review studie concluderen Loayza-Salazar et al. (2024) dat nieuwe vriestechnologieën slechts een beperkte invloed hebben op kwaliteitsaspecten als structuur en functionele kwaliteit, in tegenstelling tot conventionele vriesprocessen. Bovendien dient te worden opgemerkt dat deze aspecten voornamelijk van belang zijn voor het valoriseren van groente- en fruitreststromen tot producten voor humane consumptie.

Een derde methode is fermentatie van groenten dat bestaat uit drie stappen (Van Droogenbroeck et al., 2019). Eerst worden de groenten gesorteerd en gewassen, eventueel in combinatie met versnijden en/of schillen. Daarna wordt de gewenste omgeving voor het fermentatieproces en de microbiota opgezet onder andere door het toevoegen van zout, bepalen van de temperatuur en zuurtegraad en (eventueel) het toevoegen van starterculturen. In de derde stap gebeurt dan de fermentatie in verschillende fases met telkens specifieke microbiota die ongewenste gemeenschappen wegconcurreren.

Een vierde gekende methode is drogen dat bijvoorbeeld kan worden gebruikt wanneer de extractie van bioactieve componenten niet onmiddellijk kan gebeuren (Van Droogenbroeck et al., 2019). Bij drogen daalt het vochtgehalte waardoor de houdbaarheid toeneemt. Er bestaan verschillende droogmethodes zoals luchtdrogen, vriesdrogen en microgolf drogen, alsook innovatievere methodes zoals *Refractance Window Drying* (Van Droogenbroeck et al., 2019). De meest geschikte droogmethode om de antioxidantcapaciteit zoveel mogelijk te behouden verschilt tussen groente- en fruitreststromen.

Een vijfde stabilisatiemethode is het persen van groente- en fruitreststromen wat resulteert in enerzijds een vloeibare fractie en anderzijds een vezel. Dit wordt in meer detail besproken in sectie 5.2.2 voor het valoriseren van groente en fruitreststromen als sappen, smoothies, etc. maar kan ook worden gebruikt als stabilisatiemethode. De vloeibare fractie en vezels kunnen dan voor specifieke toepassingen worden gebruikt waarbij de vezel een stabiel product is dan de verse reststroom.

Tot slot werd er door de Vlaamse Land Maatschappij (VLM) in het verleden reeds geëxperimenteerd met het inkuilen van groente- en fruitreststromen om de bewaarbaarheid ervan te verhogen (Agneessens et al., 2014). Dit kan nuttig zijn tijdens de winterperiode maar kan ook problemen met de continuïteit van de aanvoer van reststromen bij bijvoorbeeld het composteringsproces helpen tegengaan. Nadien kunnen de ingekuilde reststromen worden gebruikt in verschillende toepassingen zoals vergisting en compostering tot bodemverbeteraar en meststof. Uit de experimenten bleek dat de gewasresten (in een 50/50 volume%-verhouding) gemengd dienden te worden met de restplant van korrelmaïs opdat het vochtgehalte van het mengsel niet te hoog was (Agneessens et al., 2015). Het inkuilen laat dus toe om de reststromen op een ander moment in de tijd te gebruiken dan wanneer ze vrijkomen. Dit is bijvoorbeeld voordelig om stikstofverliezen tegen te gaan bij het direct onderwerken van oogstresten in de herfst (Viaene et al., 2017).

5.2.2 Voedingstoepassingen

Naast bovengenoemde conventionele methoden is er ook een stijgende interesse in nieuwe technologieën om bioactieve verbindingen en voedingsvezels met hoge toegevoegde waarde te genereren uit groente- en fruitreststromen (Alexandri et al., 2022; Esparza et al., 2020). Bioactieve verbindingen omvatten een brede waaier aan moleculen zoals fenolische verbindingen, terpenen, vetzuren, saponines, etc. De meerwaarde die bioactieve verbindingen leveren zit onder andere vervat in hun fysiologische eigenschappen met een positief effect op de menselijke gezondheid (antioxidant, anti-cancerogeen, etc.) en toepassing als functionele voedingsingrediënten, voedingssupplementen of in cosmetica (Esparza et al., 2020; Vilas-Franquesa et al., 2023). Bovendien is er steeds meer vraag naar natuurlijke, hernieuwbare ingrediënten en producten in voedsel, gezondheidsproducten, farmaceutische producten en cosmetica (Esparza et al., 2020). Daarnaast kennen deze verbindingen ook toepassingen vinden in andere sectoren, bijvoorbeeld als bouwsteen van antibiotica, enzymen, biopolymeren en biobrandstoffen. Groente- en fruitreststromen relevant in kader van deze studie die reeds gebruikt zijn (weliswaar veelal op pilotschaal) zijn bijvoorbeeld appelpulp en -schillen, asperge- en sinaasappelafval, restfracties van de verwerking van wortelen, tomatenpulp en -schillen en afval van kolen, selder en bloemkool (Alexandri et al., 2022; Esparza et al., 2020; Vilas-Franquesa et al., 2023).

Voor het bekomen van deze bioactieve verbindingen, enzymen, biopolymeren en biobrandstoffen wordt een brede waaier aan technieken gebruikt zoals extractie, fermentatie, polymerisatie, absorptie processen en membraanscheidingstechnologieën (Esparza et al., 2020; Vilas-Franquesa et al., 2023). Daarnaast worden er ook nieuwere methodes onderzocht en ontwikkeld zoals Pulsed Electric Fields (PEF) (Alexandri et al., 2022; Esparza et al., 2020; Lucarini et al., 2021). De review studie van Esparza et al. (2020) geeft een gedetailleerd overzicht van deze bioactieve verbindingen, processen en potentiële groente- en fruitreststromen die kunnen worden gebruikt. Daarbij zijn momenteel vele technologieën nog niet (economisch en/of technisch) haalbaar om op grote schaal op basis van groente- en fruitreststromen te produceren maar identificeren de auteurs potentieel voor deze hoogwaardigere valorisatiestrategieën, in combinatie met de conventionele methodes. Daarnaast zijn er ook meerdere onderzoeksprojecten lopende om nieuwe technologieën te ontwikkelen of bestaande technologieën te optimaliseren voor het valoriseren van groente- en fruitreststromen (Vilas-Franquesa et al., 2023).

5.2.3 Gebruik als diervoeder

Het potentieel om groente- en fruitreststromen te gebruiken in diervoeder hangt af van de voedingswaarde van de reststroom en de aanwezigheid van toxische componenten (Esparza et al., 2020; Van den Abeele et al., 2015). Desondanks is uit onderzoek gebleken dat gebruik als diervoeder onder gecontroleerde omstandigheden vaak voordelig is in vergelijking met andere methodes zoals bijvoorbeeld anaerobe vergisting (Esparza et al., 2020). Herkauwers kunnen bijvoorbeeld componenten verteren die niet verteerbaar zijn voor de mens waardoor geen competitie met voeder optreedt (Rashwan et al., 2023). Anderzijds zijn er ook logistieke uitdagingen. Zo is er in Vlaanderen een GMP-certificaat nodig om groente en fruit restafval te leveren aan diervoedingsbedrijven (Van den Abeele et al., 2015).

5.2.4 Compostering

Compostering omvat de aerobe biologische conversie van organische stof waarbij C_2 , N_2 , NH_3 en een vast materiaal met humus bestanddelen (compost) worden gegenereerd (Esparza et al., 2020). Deze compost kan dan worden gebruikt als bodemverbeteraar om zo de waterhoudende capaciteit van de bodem te vergroten. Hierbij is het belangrijk dat de compost vrij is van zware metalen, pathogenen en micropolluenten en dat dit proces onder strikt gecontroleerde omstandigheden gebeurt om geurhinder te vermijden en een kwalitatieve compost te bekomen. Uiteraard dienen de groente- en fruitreststromen te worden aangevuld met een houtige fractie opdat compostering kan plaatsvinden (Viaene et al., 2016). Deze houtige fractie kan bijvoorbeeld afkomstig zijn van het groenbeheer van houtkanten maar ook snoeiafval van boomgaarden.

Naast het standaard composteren, wordt recenter ook wormcomposteren van voedselafval toegepast om biologische meststoffen te produceren (Esparza et al., 2020). Hierbij stabiliseren regenwormen en micro-organismen het organische materiaal in het afval om zo een compost te bekomen met beter beschikbare nutriënten als een standaard compost en geassocieerd is met een lager risico op pathogenen. Relatief recent worden ook steeds vaker insecten zoals de larven van de zwarte soldaatvlieg gebruikt voor de “compostering”¹ van voedselafval (Basri et al., 2022). Hierbij komt ‘frass’ (ontlasting van herbivore insecten) vrij wat gelijkaardige eigenschappen heeft als compost maar voordelen biedt zoals onder andere een sneller proces, hogere gehalten macronutriënten, micronutriënten en organische stof die beschikbaar zijn voor gebruik in de landbouw. Daarnaast kan frass ook gebruikt worden in andere toepassingen zoals productie van biochar en diervoeder. Naast composteren, kunnen reststromen ook direct worden ondergewerkt in de bodem en daar een bron zijn van verscheidene essentiële nutriënten voor de plantengroei (Rashwan et al., 2023).

5.2.5 Vergassing en pyrolyse

Andere thermische behandelingen dan verbranden met energierecuperatie (zie 6.2.7) zijn vergassing of pyrolyse waarbij organische stof wordt omgezet in verscheidene producten waarbij de gassen die vrijkomen koolstofmonoxide (CO) en diwaterstof (H_2) bevatten die verder kunnen worden verwerkt tot synthese gas, een mengsel van H_2 en CO in verschillende proporties (Esparza et al., 2020). Dit synthese gas kan dan gebruikt worden als brandstof voor stroom en/of warmte generatie of in een

¹ De Vlaamse wetgeving beschouwt dit niet als compostering omdat de temperaturen die bij dit proces bereikt worden onvoldoende hoog zijn. Aangezien het resulterende product gelijkaardige eigenschappen vertoont als compost, bespreken we dit proces hier echter samen met conventionele compostering.

chemische synthese om plaats van de fossiele brandstof aardgas (Esparza et al., 2020). De ontwikkeling van deze processen voor het toepassen op groente- en fruitreststromen is echter nog in de beginfase. Bij pyrolyse gebeurt dit proces in een niet-oxiderende omgeving end zonder andere reactanten en worden drie fracties geproduceerd (gas, vloeibaar en vast) (Esparza et al., 2020). De vaste fractie (biochar) end vloeibare fractie (bio-olie) hebben verscheidene toepassingen zoals bijvoorbeeld bodemverbeteraar, om chemicaliën te verkrijgen en om zuiver synthese gas te verkrijgen (Esparza et al., 2020; Rashwan et al., 2023). Bij vergassing verloopt het proces onder deels geoxideerde omstandigheden waarbij een gasstroom wordt gegenereerd dat gebruikt kan worden als brandstof of verder kan worden verwerkt tot synthesesgas.

5.2.6 Anaerobe vergisting

Bij deze methode wordt biogas geproduceerd door anaerobe afbraak van de organische stof. Bij het toepassen van deze methode op groente- en fruitreststromen gebeurt de vergisting door anaerobe bacteriën in speciaal ontworpen bioreactoren die toelaten om de procesparameters (zoals temperatuur, zuurtegraad, alkaliniteit, C/N ratio, etc.) en dus omstandigheden van de vergisting te controleren. Dit biologische afbraakproces is complex en bestaat uit vier stappen (Esparza et al., 2020):

1. Hydrolyse: Macromoleculen worden gehydrolyseerd door fermenterende bacteriën die eenvoudige organische substanties produceren zoals aminozuren, suikers en vetzuren. Dit is de traagste stap aangezien de hydrolytische enzymen moeten vasthechten aan de oppervlakte van de vaste organische substraten. Daarom is het voordelig om de substraten voor te behandelen bijvoorbeeld door fysische bewerkingen (mechanisch malen, microgolf of ultrasound behandelingen) om zo de geaggregeerde partikels te breken en verkleinen. Andere voorbehandelingen zoals chemische, thermische en biologische methodes zijn ook ontwikkeld.
2. Acidogenese: Acidogene bacteriën converteren de hydrolyse producten in volatiele vetzuren, alcoholen, etc.
3. Acetogenese: De omzetting van de hogere organische zuren en alcoholen in azijnzuur, CO₂ en H₂ door syntrofe acetogenen.
4. Methanogenese: Methaan wordt gevormd door twee groepen methanogene bacteriën die enerzijds de azijnzuurionen splitst in CH₄ en CO₂ terwijl de andere groep CH₄ produceert uit de conversie van CO₂ en H₂.

Bij dit proces komt enerzijds een vaste fractie (verteerd slib - digestaat) vrij dat gestabiliseerd moet worden. Een interessante toepassing hiervoor is composteren. Zo kan dit digestaat gebruikt worden als bodemverbeterend middel (Rashwan et al., 2023). Relatief recent is er ook onderzoek om digestaat te gebruiken als feedstock voor hoogwaardigere bio-gebaseerde producten zoals biobrandstoffen en microalgen (Kaur et al., 2020). Anderzijds levert dit proces ook een methaan-bevattend biogas op (Esparza et al., 2020). De methaanopbrengst is sterk afhankelijk van de samenstelling van het substraat. In het algemeen zijn de opbrengsten hoger voor fruit dan voor groenten.

5.2.7 Verbranden met energierecuperatie

Bij het verbranden van reststromen kan de warmte die vrijkomt deels worden teruggewonnen om te hergebruiken in het verbrandingsproces zelf of in stroomopwekking (Esparza et al., 2020). Anderzijds, vraagt een verbrandingsinstallatie een aanzienlijke investering en operationele kosten, is er risico op luchtvervuiling, en wordt er bij dit proces een vast residu (assen) gegenereerd. Er bestaan

toepassingen om deze assen te gebruiken als bouw materiaal of als bodemverbeterend middel (Rashwan et al., 2023).

5.3 Struikelblokken bij het toepassen van valorisatietechnologieën

Hoewel er voor een aantal van deze technologieën en processen patenten bestaan, zijn ze vaak nog niet beschikbaar op de markt en worden ze nog niet op grote schaal in de praktijk worden ingezet (Esparza et al., 2020; Kips & Van Droogenbroeck, 2014). Dit gebrek aan vertaling van patenten naar de markt is het gevolg van verschillende factoren. Ten eerste is het transport van de groente- en fruitreststromen van de plaats waar ze worden gegenereerd naar een verwerkingsinstallatie kostelijk voornamelijk omwille van het hoge vochtgehalte van de reststromen (Esparza et al., 2020). Bovendien zijn deze reststromen beperkt houdbaar en is er dus nood aan bewaringsmethodes zoals koelen en drogen wat opnieuw kosten met zich meebrengt (Esparza et al., 2020). Een manier om met de transportmoeilijkheden om te gaan zou kunnen zijn om een valorisatie-installatie bijvoorbeeld in de vorm van een hub op te zetten op zorgvuldig geselecteerde plaatsen in zones met een hoge dichtheid van groente- en fruitreststromen (agro-voedingsindustrie, gebieden met veel tuinbouwbedrijven, etc.) (Esparza et al., 2020). Ten tweede zijn er ook nog technologische beperkingen en is het opschalen van deze technologieën tot een industriële schaal vaak nog niet economisch haalbaar of ontbreken inzichten in deze economische haalbaarheid (Esparza et al., 2020). Ten derde vormt ook de wetgeving een struikelblok, voornamelijk omwille van beperkingen in de toegelaten mogelijkheden voor het hergebruiken van deze organische afvalstromen als grondstoffen (Esparza et al., 2020).

6 Praktijkvoorbeelden van valorisatie en (aanzetten tot) een biomassahub in Vlaanderen en buurlanden

De toegenomen aandacht voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen is in Vlaanderen ook vertaald naar steeds meer (onderzoeks)projecten, pilootstudies of start-ups die zich hierop toelagen en dan voornamelijk op een hoogwaardigere valorisatie. Sectie 7.1 lijst zo een aantal start-ups, (onderzoeks)projecten, platformen en dergelijke op die groente- en fruitreststromen valoriseren tot verschillende toepassingen. Hierbij focussen we voornamelijk op valorisatie tot hoogwaardige toepassingen voor humane consumptie en kijken we ook naar initiatieven in onze buurlanden. In sectie 7.2 gaan we dan specifiek op zoek naar praktijkvoorbeelden van bestaande biomassahubs buiten Vlaanderen of aanzetten tot biomassahubs in of buiten Vlaanderen.

6.1 Praktijkvoorbeelden van de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen en buurlanden

Tabel 7 bevat enkele praktijkvoorbeelden van initiatieven, start-ups, onderzoeksprojecten etc. die groente- en fruitreststromen valoriseren. Hierbij focussen we voornamelijk op hoogwaardige toepassingen van groente- en fruitreststromen tot producten of ingrediënten voor humane voeding. Deze tabel bevat voorbeelden zowel uit Vlaanderen als uit onze buurlanden, voornamelijk Nederland. Er wordt hierbij een onderscheid gemaakt tussen start-ups/bedrijven, onderzoeksprojecten en platformen/samenwerkingsverbanden die instaan voor het vermarkten van biomassa (waaronder groente en fruit) reststromen en eindproducten na valorisatie hiervan. Deze lijst is zeker niet alomvattend maar geeft een indicatie van de initiatieven die reeds bestaan en inspanningen die tot hiertoe geleverd zijn.

Tabel 7: Praktijkvoorbeelden van start-ups, (onderzoeks)projecten, platformen en dergelijke voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen tot humane voedingsingrediënten en -producten in Vlaanderen en buurlanden.

Naam	Beschrijving	Land
Start-ups/bedrijven		
Juice For Change	Initiatief waarbij crowdfunding werd opgestart om niet-verkochte appels te persen tot sap.	VL
Fruitopia	Vzw die uit onverkocht biologisch fruit en groenten chutneys, marmelades, confituur, moes of konfijt maakt.	VL
Wonky	Produceert smaakvolle en gezonde snacks (dips en smoothie bowls) van geredde groenten.	VL
Ons Dagelijks Groen	Innovatieve groenteteler (hoofddeelt prei) dat het groen preiblad droogt en gebruikt als preikruid in prei-kaas, prei-likeur, prei-pralines, prei-brood, etc.	VL
enVie	Sociale onderneming die 100% natuurlijke soepen maakt van surplus groenten.	VL
De Laarhoeve	Zorgboerderij voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt die streekproducten (o.a. jam) maakt van reststromen fruit.	VL
Leekchi	Gefermenteerde prei op Koreaanse wijze gemaakt van tweede klasse prei dat kan worden gebruikt als ingrediënt of bijgerecht. Geïnitieerd door preibedrijf.	VL
Verduyn & Juicy Group	Samenwerking tussen familiebedrijf groentetelers en een KMO die verse sappen produceert waarbij tweede klasse groenten worden gebruikt als grondstof in soepen en sappen.	VL
Add Essens - Fruiticals	Bedrijf dat jaarlijks 600 ton vruchtenresten verwerkt tot vruchtenputolie, puttenmeel en gedroogde vruchtenvezels.	VL
Versalof - Chicobite	Familiebedrijf groentetelers die witloofwortels omzet in een voedingsvezel die onder andere kan worden gebruikt als textuur in vegetarische producten.	VL
Greenyard - bloemkoolrijst	Verwerkend bedrijf dat uit bloemkoolharten en -stelen die voordien achterbleven op het veld bloemkoolrijst en -puree maakt.	VL
Holiroots	Maken van geredde groenten van boeren groentecrackers.	VL
Camp's	Fermenteren groenten die verloren dreigen te gaan tot gefermenteerde groenten in bokaal.	VL
Het Wilderhof	Maken bessensappen ('Boost'), roomijs en stroop van non-premium fruit (aardbeien, bramen en frambozen).	VL
Green Spot Technologies	Fermenteren reststromen van onder andere groenten en fruit tot voedzame multifunctionele ingrediënten in de vorm van poeders die kunnen worden gebruikt in koekjes, brood, vleesvervangers, soepen, sauzen, etc.	FR
De Fruitmotor	Betalen onder vorm van coöperatieve samenwerking fruittelers eerlijke prijs voor restappels waarvan ze (h)eerlijke (alcoholvrije) appelp cider maken.	NL
Fooditive	Start-up die naast standaard plant-gebaseerde stromen ook groente en fruitreststromen gebruikt om natuurlijke plant-gebaseerde voedingsingrediënten te produceren zoals zoetstoffen (uit reststromen appels), een bewaarmiddel (uit wortel), een emulgator (uit aardappelreststromen), een eiwitalternatief (uit peulvruchten) en een verdikkingsmiddel (uit banaan).	NL
Fruitleather	Maken van mangovezels van mangoreststromen een vegan lederachtig materiaal dat verkocht wordt aan designers	NL
Potverdorie!	Maken van groenten en fruit die niet aan de cosmetische eisen voldoen chutney, en fruitspreads maakt.	NL
THIJS-drinks	Maken vruchtendranken met overtollig vers fruit (voornamelijk appel, eventueel aangevuld met klasse 3 fruit) dat laag is in calorieën en minder zoet is.	NL

Greencovery	Extraheren functionele ingrediënten zoals smaakstoffen, proteïnen en vezels uit verschillende types voedsel- en drankproductie reststromen.	NL
Wholy Greens	Start-up die pasta maakt met meer dan 50% groenten gemaakt van agrarische groentereststromen van rode biet, wortel, pompoen en spinazie.	NL
PeelPioneers	Produceren essentiële oliën en natuurlijke vezels van citrusschillen die kunnen worden gebruikt in voedsel, cosmetica en schoonmaakproducten.	NL
Food Fellows	Maakt soepen en sauzen van de uitvallers van tomaten en paprika die te rijp zijn om zijn losgekomen van de tros.	NL
VeggiHap	Maken pasta met meer dan 50% groenten van imperfecte en overgeproduceerde groenten.	NL
Twisted Jams	Maakt jam, chutney en relish van tweedekans groenten en fruit.	NL
Van Rijsingen Green – Ingredients	Benutten 100% van de groenten die ze in samenwerking met 400 telers telen door sappen, purees, concentraat en vezels te produceren van de groenten(delen) die niet vers worden geleverd aan klanten. Snijresten worden bijvoorbeeld geperst tot (wortel)sap en de vrijgekomen groentevvezels worden ook verkocht.	NL
Onderzoeksprojecten		
NOWaste (2012-2014)	Project dat onderzocht wat de samenstelling is van belangrijke groenten- en fruitnevenstromen op vlak van vezels, vitaminen, anti-oxidanten en mineralen, alsook hun positieve effect op de gezondheid van mens en dier. Daarnaast werd de pectineproductie op basis van groenten- en fruitnevenstromen uitgewerkt.	VL
Food Heroes (2016-2020)	Project dat focuste op de ontwikkeling, het testen en implementeren van oplossingen voor hoogwaardige valorisatie van nevenstromen in zes pilootregio's in Noordwest Europa. Deze nevenstromen omvatten onder andere 4.100 ton fruit- en groentereststromen.	NW-EUR
BIOBOOST (2016-2020)	Project dat mogelijkheden voor het hoogwaardig valoriseren van tuinbouwresiduen onderzocht en hiervoor technieken, methodes en producten trachtte te ontwikkelen om deze uiteindelijk ook naar de markt te brengen.	VL-NL
Food From Food (2017-2020)	Project dat innovaties in de valorisatie van plantaardige nevenstromen tot voedingsmiddelen in de agro- en voedingsmiddelenindustrie stimuleert en versnelt.	VL-NL
CichOpt (2018-2021)	Project met als doel innovatieve bio-raffinaderij verwerkingsschema's te ontwikkelen om <i>Cichorium</i> biomassastromen die werden ondergewaardeerd om te zetten in toepassingen met hoge toegevoegde waarde in de voedingssector, in cosmetica en in biologische materialen.	VL-NL-DE-FI
ImPrOVE (2018-2021)	Project gericht op het valoriseren van de perskoek van appel, peer, kers en komkommer door middel van een eenvoudige valorisatiepiste die gemakkelijk kan worden ingevoerd in bestaande bedrijven.	VL-IT-ENG-IER-DUI-EST
EffSep (2019-2024)	Project dat inzichten wil verwerven in de impact van bewerkingen voor het stabiliseren en extraheren van functionele macropartikels uit biomassa reststromen, voor het breken van de celwand en voor de cellulaire organisatie van de biomassa. In een eerste fase wordt hier onder andere wortelpulp voor gebruikt.	VL
DEMETER (2020-2022)	Project met als doel nevenstromen van de groenteverwerkende industrie te valoriseren tot hoogwaardige producten zoals sappen en soepen en tot functionele ingrediënten via bio-raffinage. (Partners zijn onder andere Verduyn en Juicy Group)	VL-FR
Optiberry (2020-2022)	Project gericht op het valoriseren van biomassa-reststromen van niet-premium frambozen, aardbeien en bramen door innovatieve verwerkingsconcepten en bio-raffinaderijen tot voedselprototypes en (non)voedingrediënten.	VL-DE-SCH

SELOVA (2021-2023)	Project dat oplossingen zoekt om vervuilde reststromen van serreloof te valoriseren door boerderijcomposteren en toepassingen in de bio-economie.	VL
WASTE2FUNC (2021-2024)	Project dat onderzoekt hoe van voedselafval milieubewuste reinigingsmodellen en bio-plastic kan worden gemaakt. Onder andere het opzetten van een registratiewebsite/app om reststromen van de landbouw en voedingsindustrie aan te bieden aan afvalophalers.	VL
ZERO WASTE (2021-2025)	Project met als doel het voor vruchtgroentetelers mogelijk te maken om hun afvalstromen zo hoogwaardig mogelijk te valoriseren. Dit omvat onder andere het implementeren van duurzamere teelttechnieken, het ontwikkelen van economisch haalbare scheidingstechnieken voor het scheiden van loof en touwen, het ontwikkelen van nieuwe producten o.b.v. loof.	VL
CLOSECYCLE (2024-2027)	Project dat als doel heeft om in de Noordzee regio lokale netwerken op te zetten om lokale bio-hulpbronnen te valoriseren tot nuttige eindproducten voor landbouw (e.g. compost) en industrie en zo naar territoriale bio-raffinaderij netwerken toe te werken.	VL-NL-FR-DUI-DK-ZWE
Foodsavers Restjesfabriek	Innovatieproject met als doel om een model-concept, aanpak en businessplan te ontwikkelen voor een “restjesfabriek” die voedselverlies valoriseert tot humane voedingsproducten en die werkt met sociale tewerkstelling.	VL
Platform Tuinbouwreststromen	Consortium van boeren, telers en tuinders dat ketens tracht op te zetten voor de verwaarding van reststromen. Er wordt onder andere gekeken naar bio-raffinage tot nieuwe grondstoffen voor feed en food. Momenteel gebeurt dit op basis van vers gras maar er wordt ook gekeken naar tomatenblad. Daarnaast wordt ook de mogelijkheid van de productie van biochar op basis van tuinbouwloof onderzocht.	NL
Platformen/Samenwerkingsverbanden		
Get Wasted	Business to business marktplatform om voedsel surplusen te verkopen en aankopen.	VL
Foodsavers Vlaanderen Distributieplatform	Distributieplatform die eetbare voedseloverschotten ophalen bij lokale of regionale producten, veilingen, supermarkten of bedrijven en deze sorteren, controleren en vaak tijdelijk opslaan. Dit voedsel wordt dan verdeeld aan voedselhulp- en sociale organisaties. Project “sociale distributieplatformen naar voedselhubs” bouwt hier op verder en heeft als uiteindelijke doel om de sociale distributieplatformen verder te ontwikkelen tot circulaire voedselhubs die een fysieke en digitale plek zijn voor voedselinitiatieven met optimale herverdeling van voedseloverschotten en nevenstromen met een focus op sociale herverdeling.	VL
Schenkingsbeurs	Platform dat schenkers en ontvangers van voedselschenken met elkaar in contact brengt om zo voedselschenken te vergemakkelijken. Gaan met schenkers van voedseloverschotten te werk om een oplossing te vinden en voedselverspilling tegen te gaan. Ontwikkelen een strategie en staan in voor de logistiek en coördinatie.	BE
InstockMarket	Duurzame online horecagroothandel die hoge kwaliteit reststromen en de beste circulaire merken verkoopt aan horeca en cateraars.	NL
Verspilling is verrukkelijk	Samenwerkingsverband van veelal kleine, startende ondernemers die zich inzetten voor de valorisatie van voedselreststromen. Delen kennis, voeren campagnes en zorgen voor meer gezamenlijke omzet door pakketten te verkopen.	NL
Van Vulpen	Ontwikkelen in samenspraak met een brede waaier klanten een aanpak om organische reststromen (waaronder afgekeurd fruit/groenten, schillen, snijafval, voedselafval supermarkten, etc.) op verschillende manieren en zo efficiënt mogelijk te valoriseren. Optimaliseren het transport (scheiden bij de bron), hebben groot netwerk aan afnemers voor reststroom en ontwikkelen ook technologieën om hoogwaardige reststromen te creëren.	NL

Voetnoot: VL = Vlaanderen, NL = Nederland, FR = Frankrijk, NW-EUR = Noordwest Europa, BE = België

Start-ups/bedrijven die eindproducten produceren uit groente- en fruitreststromen doen dit voornamelijk voor één of een beperkt aantal reststromen en/of tot een beperkt aantal direct consumeerbare producten zoals soepen, sappen, spreads, cider, jam, etc. Deze opereren vaak ook op lokale schaal. Enkele voorbeelden valoriseren ook tot halffabricaten zoals vezels, zoetstoffen of verdikkingsmiddelen die verder kunnen worden gebruikt in de voedingsindustrie. Deze laatste groep valoriseert vaker een bredere waaier aan reststromen en opereert op grotere schaal. Verder hebben de onderzoeksprojecten betrekking op enerzijds technologische aspecten om biomassa reststromen hoogwaardiger te valoriseren en anderzijds op het opzetten van samenwerkingen/ketens voor de valorisatie van biomassa reststromen. Tot slot zijn er ook een aantal platformen operationeel die als doel hebben om groente- en fruitreststromen en valorisatieproducten te verhandelen.

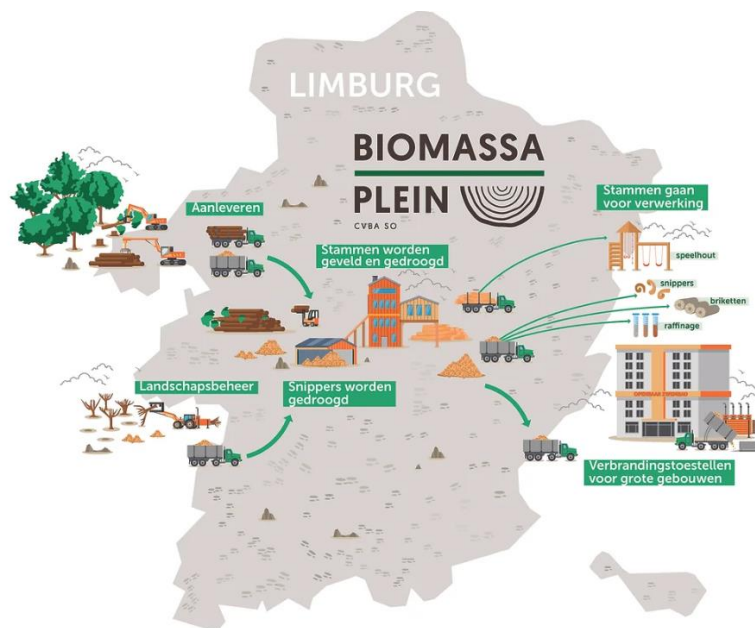
6.2 Praktijkvoorbeelden van (een aanzet tot) een biomassahub

De voorbeelden aangehaald onder “Start-ups/Bedrijven” in tabel 7 zijn vaak relatief kleinschalig, gebruik makend van één of een beperkt aantal leveranciers van groente en fruitreststromen en gericht op de productie van één of een beperkt aantal producten. In deze studie willen we onderzoeken wat het potentieel hierin is voor een biomassahub. Zoals vermeld in sectie 3.1 definiëren we een biomassahub als een relatief breed concept onder vorm van een locatie waar geografisch verspreide biomassa reststromen gecentraliseerd worden, gestabiliseerd worden en één of meerdere verwerkingsstap(pen) ondergaan. Dit impliceert dat een biomassahub gericht op groente- en fruitreststromen op verschillende manieren kan worden afgelijnd: onder andere (1) gebruik makend van enkele of een brede waaier aan types biomassa reststromen, (2) enkel verzamelen en stabiliseren of ook verwerken tot één of meerdere halffabricaten en/of eindproducten, en (3) gerelateerd aan beide vorige keuzes of de biomassahub op lokale of regionale schaal opereert. In deze paragraaf gaan we op zoek naar meer concrete (praktijk)voorbeelden van een biomassahub in en buiten Vlaanderen. Hierbij proberen we verschillende types biomassahub te belichten aan de hand van de bovengenoemde eigenschappen.

6.2.1 Een hub gericht op centralisatie en stabilisatie

Een eerste type hub zou gericht kunnen zijn op het verzamelen van groente- en fruitreststromen op een centrale locatie en deze stabiliseren. Dit type hub is dus niet gericht op verdere verwerking van de groente- en fruitreststromen maar levert de gestabiliseerde reststromen aan specifieke verwerkers die de reststroom bij de hub aankopen. De meerwaarde die dit type hub biedt, ligt dus in het kunnen aanbieden van grotere volumes gestabiliseerde reststromen zodat vermarkting aan verwerkers mogelijk wordt. Deze hub opereert dan ook op regionale schaal.

In Vlaanderen bestaat dit type biomassahub voor houtige reststromen onder de naam “Biomassaplein” (<https://www.biomassaplein.be/kopie-van-home>) gelegen in de provincie Limburg (Figuur 4). Dit is een verzamelplein voor kwaliteitsvolle houtige biomassa die afkomstig is uit landschapsbeheer in Limburg. Dit omvat zowel houtsnippers als stammen.



Figuur 4: Biomassaplein Limburg voor het centraliseren en stabiliseren van houtige biomassa reststromen
(Bron: <https://www.biomassaplein.be/>)

Houtsnippers worden gedroogd en gezeefd op grootte/kwaliteit, en stammen worden geveld en gedroogd. De gestabiliseerde houtige biomassa wordt daarna opgeslagen voor verdere verwerking door andere bedrijven. Het verwarmen van de drooginstallatie gebeurt met afgekeurde snippers. Het Biomassaplein werd opgezet in 2018 door onder andere Bionerga en het regionale landschap Lage Kempen. Hoewel nog steeds operationeel bleek uit de interviews met experts (zie sectie 2.1 in dit hoofdstuk) dat dit verzamelplein (momenteel) niet kostendekkend is. De oorzaken hiervoor zijn onder andere de hoge verwerkingskosten t.o.v. de toegevoegde waarde van het eindmateriaal en het beperkt operationeel zijn doorheen het jaar omwille van de seizoensale beschikbaarheid van de reststromen, wat nefast is voor het afschrijven van de installaties.

Daarnaast bestaat er in Vlaanderen ook een netwerk van distributieplatformen voor voedseloverschotten die opereren onder de gemeenschappelijke naam Foodsavers (<https://foodsavers.be/distributieplatformen/>). De distributieplatformen halen voedseloverschotten op bij lokale/regionale producenten, veilingen, supermarkten of bedrijven, en controleren en sorteren deze overschotten. Hierna slaan ze dit voedsel tijdelijk op, en wordt het verdeeld aan sociale organisaties. Dit netwerk in Vlaanderen verzamelt voedseloverschotten van 193 schenkers en verdeelt die aan 344 lokale sociale organisaties. Dit netwerk stelt in totaal 103 mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt te werk. In 2021 werden zo 2.480 ton voedseloverschotten opgehaald en verdeeld waarvan ongeveer de helft groenten en fruit zijn. De distributieplatformen opereren nu op lokale tot regionale schaal (grote stad, landelijke regio tot provincie). Enkele voorbeelden van distributieplatformen die momenteel actief zijn, zijn Depot Margo, Voedselhub Vlaams-Brabant, VoedSaam en Foodsavers Antwerpen. Het doel is nu om deze platformen verder te ontwikkelen tot een netwerk van circulaire voedselhubs dat heel Vlaanderen dekt tegen 2025. Een circulaire voedselhub wordt gezien als een fysieke en digitale plek voor voedselinitiatieven gericht op een optimale herwaardering van voedseloverschotten en nevenstromen en sociale herverdeling. Naast het netwerk van distributieplatformen hebben Foodsavers ook als doel om “restjesfabrieken” op te zetten die nieuwe producten maken met voedseloverschotten. Dit is momenteel nog niet operationeel. Sociale organisaties zoals voedselbanken staan dan in voor het verdelen van gratis voeding aan mensen in nood (<https://foodbanks.be/nl/over-ons>). Het voedsel dat zij verdelen

ontvangen ze niet enkel van het Foodsavers netwerk maar ook rechtstreeks van onder andere de voedingsindustrie, grootdistributie en groenten- en fruitveilingen. Elke provincie telt één regionale voedselbank die instaat voor de logistiek (opslag, administratie en verdeling van het voedsel) en beschikken over koelwagens en depots. Cijfers uit 2023 tonen dat de verdeling gebeurt via 673 aangesloten verenigingen aan 213.873 begunstigden.

6.2.2 Een hub gericht op het verwerken van groente en fruitreststromen tot voor de mens direct consumeerbare producten

Een tweede type hub zou gericht kunnen zijn op het verwerken tot hoogwaardige toepassingen onder vorm van direct consumeerbare producten voor humane voeding. Dit omvat dus niet het extraheren e.d. van voedingsingrediënten maar het produceren van soepen, sappen, snacks etc. uit groente- en fruitreststromen. Zoals kan worden afgeleid uit tabel 7, bestaan er reeds meerdere initiatieven en start-ups in Vlaanderen (en Nederland) met deze focus voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen. Deze initiatieven gebeuren echter veelal op kleine, lokale schaal. De hub zou dit proces op grotere schaal toepassen, al blijft het schaalniveau waarop dit type hub opereert wellicht eerder lokaal omwille van de versheid van de reststromen die vereist is voor het verwerken tot producten voor humane consumptie. Bovendien dienen reststromen voor dit type hub gescheiden te worden aangeboden.

Een voorbeeld van dit type hub is “De Verspillingsfabriek” in Nederland die uit groente reststromen soepen en sauzen produceert (<https://deverspillingsfabriek.nl/>). Hiervoor worden groenten van boeren gebruikt die niet voldoen aan de cosmetische eisen. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van reststromen van versnijders, verkeerd gelabelde groenten en overschotten bij telers. De verwerking van deze reststroom gebeurt onder andere door mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt om inclusiviteit te verhogen. De producten zijn bestemd voor de food service en food retail. Op deze manier produceert de verspillingfabriek jaarlijks zo een 3,2 miljoen liters soep en red hiermee 1 miljoen kilogram groenten.

Een ander voorbeeld is Van Rijsingen Green in Helmond (Nederland) (<https://www.vanrijsingengreen.com/over-ons>) die in samenwerking met 400 telers in Nederland, België, Frankrijk en Duitsland industriegroenten en groente-ingrediënten leveren voor de verwerkende industrie. Naast het leveren van (al dan niet gewassen, gesorteerd, gesneden en verpakte) verse groenten, produceren zij ook sappen, purees, concentraten en vezels om niets verloren te laten gaan. De groentevezels zijn bijvoorbeeld afkomstig van het bijproduct dat vrijkomt bij het persen van groenten tot sap om de grondstoffen 100% te benutten.

6.2.3 Een bio-raffinaderij op basis van groente- en fruitreststromen

Een ander concept dat kan gezien worden als een biomassahub en steeds meer aandacht heeft gekregen doorheen de laatste decennia is de bio-raffinaderij. Een bio-raffinaderij gebruikt biomassa als grondstof en integreert verschillende conversie processen om zo een brede waaier aan bio-gebaseerde producten te leveren zoals biobrandstoffen, bio-energie, veevoeder en hoogwaardige chemicaliën (Cristóbal et al., 2018; Ranjbari et al., 2022). Zulke bio-raffinaderijen bestaan in Vlaanderen (en andere landen in Europa) maar gebruiken over het algemeen geen reststromen als grondstof (Alexandri et al., 2020; Parisi, 2018). Het gebruik van reststromen als grondstof voor een bio-raffinaderij heeft de afgelopen jaren steeds meer aandacht gekregen maar bevindt zich over het

algemeen nog in een relatief vroeg (lab) stadium (Cristóbal et al., 2018; Ranjbari et al., 2022). Hierbij wordt meer bepaald meestal gefocust op enkelvoudige reststromen en processen met valorisatie tot een beperkt aantal producten, vaak bio-energie of biobrandstoffen (Cristóbal et al., 2018). In een studie van het Joint Research Center van de Europese Commissie in 2018 werden 803 bio-raffinaderijen geïdentificeerd in Europa, waarvan de meeste grondstoffen uit de landbouw gebruiken (niet noodzakelijk biomassa-reststromen) maar een minderheid (11%) afvalgrondstoffen gebruikt (Parisi, 2018).

In de literatuur is er steeds meer aandacht voor het opzetten van bio-raffinaderijen op basis van (groente en fruit) biomassa-reststromen (Ranjbari et al., 2022). Sommige studies bespreken welke technologieën en producten een bio-raffinaderij best zou gebruiken (Freitas et al., 2021) terwijl andere studies de technisch-economische haalbaarheid van een bio-raffinaderij op basis van groente- en fruitreststromen onderzoeken. Paini et al. (2021) bijvoorbeeld besluiten dat (erg) natte groente- en fruitreststromen (zoals appel en tomatenpulp) best eerst behandeld kunnen worden met subkritisch water zodat fermenteerbare sacchariden hydrolyseren waarna anaerobe vergisting kan worden gebruikt om de reststroom energetisch te valoriseren terwijl op de vaste fractie hydrothermische carbonisatie kan worden gebruikt om hydrochar te produceren. Cristóbal et al. (2018) gebruiken bijvoorbeeld de extractie van lycopene en β -caroteen uit reststromen van tomaten en de extractie van essentiële oliën, pectines en fenolen uit sinaasappel reststromen als gevalstudies. Zij vinden dat de economische haalbaarheid verschilt tussen reststromen waarbij de gevalstudie sinaasappel ook bij lage productprijzen economisch haalbaar was terwijl dit voor tomaten zelfs bij een middelmatige productprijs niet het geval was. Scaglia et al. (2020) onderzochten de economische haalbaarheid van een bio-raffinaderij die uit tomatenschillen en -zaden lycopene extraheert door superkritische CO₂-extractie na drogen, gevolgd door anaerobe vergisting. Uit hun berekeningen concludeerden ze dat de voorgestelde bio-raffinaderij een positief economisch inkomen opleverde.

Een duidelijk voorbeeld van een operationele bio-raffinaderij in Vlaanderen of Nederland die focust op het gebruiken van biomassa-reststromen als grondstof en groente en fruit biomassa-reststromen specifiek hebben we niet kunnen vinden. Er bestaan wel voorbeelden van bio-raffinaderijen in Europa die deels biomassa-reststromen gebruiken, in combinatie met andere stromen. In 2022 publiceerde het International Energy Agency een rapport over de status van bio-raffinaderijen wereldwijd (Annevelink et al., 2022). Dit rapport concludeert dat van de 1.312 geïdentificeerde bio-raffinaderijen, 6,7% biomassa-reststromen uit de landbouw gebruiken. Energietoepassingen vormen het belangrijkste product uit de bio-raffinaderijen (62%), gevolgd door chemicaliën (24%), terwijl het aandeel bio-raffinaderijen dat voedingstoepassingen produceert beperkt is (<1%). Ingredalia (<https://ingredalia.net/>) is een voorbeeld van een bio-raffinaderij die functionele ingrediënten creëert uit plantaardige bijproducten van agrovoedingsbedrijven en is opgezet in 2017 in Spanje. Zij extraheren de molecule sulforafaan uit bijproducten van de verwerking van broccoli. Dit molecuul stimuleert het immuunsysteem en werkt preventief voor enkele chronische ziektes als kanker en diabetes. Daarnaast vervaardigen zij "Brassphenol" uit polyfenolen in bijproducten van de groenteverwerking. Dit is een voedingsingrediënt van natuurlijke oorsprong met antioxidant activiteit nodig voor het metabolisme en kan gebruikt worden als natuurlijk bewaarmiddel. Daarnaast gebruikt de bio-raffinaderij BioWanze (<https://www.biowanze.be/en/>) gelokaliseerd in België en opgericht in 2008 voor een (beperkt) deel van zijn processen reststromen uit de agrovoedingssector. De focus van BioWanze ligt op de productie van bio-ethanol, maar daarnaast produceert BioWanze ook plantaardige eiwitten (gluten) en biogenische CO₂ voor de voedingssector, veevoeder, groene stroom en bio-meststoffen. Hiervoor wordt voornamelijk primaire biomassa gebruikt maar wordt er ook samengewerkt met de Tiense Suikerraffinaderij (<https://www.tiensesuikerraffinaderij.com/>) en

Beneo (<https://www.beneo.com/>) die net als BioWanze behoren tot de Duitse Südzucker Group (<https://www.suedzuckergruppe.com/en>) en respectievelijk bietenresiduen en residuen van cichorei aanleveren voor valorisatie in BioWanze.

Bovendien is uit de literatuur wel duidelijk dat de laatste jaren grote stappen zijn gezet om technologieën te ontwikkelen die in zo'n bio-raffinaderij gebruikt zouden kunnen worden en deze te optimaliseren (economisch en milieu-gericht) (Caldeira et al., 2020). Er zijn momenteel echter nog heel wat struikelblokken om dit in de praktijk te brengen waaronder het kostenplaatje en het gebrek aan inzichten hierin (Caldeira et al., 2020; Freitas et al., 2021). Onder meer deze snelle ontwikkelingen en de aanwezige interesse in bio-raffinaderijen scheppen vertrouwen voor de toekomst (Freitas et al., 2021; Meena et al., 2020).

6.2.4 Een hub gericht op grootschalige verwerking van groente- en fruitreststromen tot producten anders dan bestemd voor humane consumptie.

Een ander type biomassahub zou zich kunnen richten op het verwerken van een diverse waaier aan groente en fruit (en andere) reststromen tot toepassingen anders dan voor humane consumptie waarbij versheid van deze reststromen van minder belang is. Dit soort hub is dus geschikt om ook om te gaan met heterogene organische reststromen van supermarkten, retailers en grote cateraars waarbij geen verdere scheiding van de reststromen dient te gebeuren. In dit type hub kunnen reststromen dan verwerkt worden tot toepassingen lager op de cascade van waardebehoud zoals veevoeder, meststoffen, groene energie, etc. Dit type hub zet dus niet in op hoogwaardige valorisatie maar op het valoriseren van een zo groot mogelijk volume reststroom.

Er bestaan in Vlaanderen reeds bedrijven die zouden kunnen worden gezien als dit type hub en die vaak worden gebruikt door bijvoorbeeld supermarkten om hun organische reststromen af te zetten. Een voorbeeld is Group Op De Beeck met vestigingen in onder andere Kallo (<https://www.groupopdebeeck.com/>). Group Op De Beeck verwerkt jaarlijks zo'n 350.000 ton organische reststromen en produceert hieruit veevoeder, meststoffen (o.a. drogen van vaste fractie digestaat uit anaerobe vergisting), tuinbouwproducten (bodembedekkers en bodemverbeterende middelen), groene energie, etc. Sinds januari 2024 werd de verplichting om voedselafval te scheiden ook uitgebreid naar alle bedrijven en niet enkel bedrijven die eten serveren (OVAM, 2024). Dit gaat in het algemeen om gemengde reststromen die terecht komen in relatief laagwaardigere toepassingen, voornamelijk compost en biogas (OVAM, 2024).

6.2.5 Een geïntegreerde hub gericht op het combineren van alle bestemmingen uit de piramide van waardebehoud

Een laatste type biomassahub zou als doel kunnen hebben om op één locatie de volledige piramide van waardebehoud aan te bieden waar elke groente en fruit reststroom zo hoogwaardig mogelijk en zo volledig mogelijk wordt gevaloriseerd door gebruik te maken van een cascadesysteem. Dit type biomassahub kan groente- en fruitreststromen van alle grote spelers verwerken (gescheiden/niet-gescheiden). Valorisatie van deze reststromen gebeurt tot een brede waaier aan toepassingen waaronder producten voor humane consumptie, voedingsingrediënten, veevoeder, meststoffen, groene energie, etc. Op vlak van efficiëntie lijkt dit type biomassahub dus voordelen te bieden, maar het opzetten van zulke biomassahub is wellicht heel erg complex aangezien diverse processen dienen

te worden gecombineerd wat leidt tot een hoge investeringskost. Bijgevolg vermoeden we dat zulke biomassahub op voldoende grote schaal dient te opereren om rendabel te kunnen worden.

Dit type biomassahub met focus op groente en fruitreststromen bestaat (nog) niet in Vlaanderen. In Duitsland is er momenteel wel een aanzet tot een “Zero Food Waste Factory” in kader van het Nieuwe circulaire systeem 2plus12 project (<https://2plus12.org/>) die een brede waaier aan valorisatiewegen zou willen combineren op eenzelfde locatie. Dit is echter nog relatief in de beginfase en het zal waarschijnlijk nog (tientallen) jaren duren vooraleer deze ook effectief operationeel is. Verder is Duynie Group, met hoofdzetel in Nederland, in 17 Europese landen werkzaam in de valorisatie van bijproducten uit de voedings-, drank- en biobrandstofindustrie. Tot hun portfolio behoren ook enkele bijproducten uit de fruit en groente verwerkende industrie. Jaarlijks verwerken ze zo’n 6 miljoen ton bijproducten in heel Europa waarbij ze de afzet zo lokaal mogelijk houden en samenwerken met grote bedrijven die voldoende tonnages bijproducten kunnen leveren. Duynie Group behoort tot de agro-food coöperatie Cosun waarbinnen gewassen verwerkt worden tot voeding, voedingsingrediënten, veevoeder, bio-gebaseerde ingrediënten en groene energie om zo op een duurzame manier het volledige potentieel van de gewassen te benutten. Duynie Group bestaat uit vier deelgroepen: Duynie Feed, Duynie Ingredients, Novidon en AgriBioSource.

1. Duynie Feed is de oorspronkelijke activiteit en het langst operationeel en bestaat al meer dan 50 jaar. Binnen Duynie Feed worden bijproducten opgehaald bij levensmiddelenbedrijven en getransporteerd naar veehouderijbedrijven zonder verdere bewerking van de bijproducten.
2. Bij Duynie Ingredients worden plantaardige en glutenvrije bijproducten zoals bietenpulp en bijproducten van cichorei en aardappel omgezet tot toepassingen voor de pet food industrie.
3. Novidon houdt zich bezig met het raffineren van snijzetmeel uit aardappelfabrieken tot 100% zetmeel dat onder andere toepassingen kent in de productie van lijm, de pet food industrie, de papierindustrie en de voedingsindustrie.
4. Tot slot valoriseert AgriBioSource bijproducten uit de levensmiddelenindustrie zoals bierbostel, koffiedik, appelsap uit de productie van appelmoes, fruitmoes en wortelstoomschillen. Dit wordt voornamelijk gevaloriseerd tot biogas via biomethaanvergisting maar sommige bijproducten worden ook verkocht voor gebruik in waterzuivering en als bodemverbeterend middel.

Bovendien zet Duynie Group ook steeds meer in op het valoriseren van bijproducten richting voedingstoepassingen. Hiervoor zijn ze steeds op zoek naar nieuwe opportuniteiten in bijvoorbeeld bio-raffinageprocessen en fermentatie, en proberen structureel te investeren in nieuwe toepassingen. Zo zijn ze recent gestart om het bijproduct bierbostel te valoriseren tot een eiwit voor toepassingen in de voeding en tot vezels die kunnen worden gebruikt in de bierproductie.

Tot de bijproducten die Duynie Group valoriseert behoren ook bijproducten uit de groente en fruit verwerkende industrie. Zo worden bijvoorbeeld appelpulp uit de productie van appelmoes, bonenpuntjes en wortelschillen voornamelijk verkocht als veevoeder en af en toe ook afgevoerd richting vergisting. Binnen Duynie Ingredients is er ook steeds meer interesse in het drogen van groente- en fruitbijproducten en nevenstromen voor de pet food industrie om veganistisch voeder in brok te produceren. Duynie Ingredients laat op verschillende plekken in Europa producten drogen o.b.v. restwarmte. Daarnaast is de fabriek in Cuijk onlangs gecertificeerd voor productie van menselijke voeding op basis van reststromen. Transport is een belangrijke kost voor Duynie Group. Om deze te reduceren hebben ze als alternatief dan ook ingezet op transport van vloeibare producten over water.

Hoofdstuk 2:

Verkennde economische haalbaarheidsanalyse van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen

1. Inleiding

In het tweede hoofdstuk van dit rapport voeren we een verkennende economische haalbaarheidsanalyse uit voor een biomassahub die zich toespitst op de valorisatie van groente- en fruitreststromen. Hiervoor gebruiken we twee gevalstudies die elk een andere valorisatieweg beschouwen. Enerzijds bekijken we een hub die een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof produceert uit een brede waaier groente- en fruitreststromen en hiervoor verschillende technologieën combineert. Deze hub komt overeen met het type gedefinieerd in sectie 6.2.4 van hoofdstuk 1 waarbij een relatief brede waaier aan groente- en fruitreststromen worden gebruikt om op relatief grotere schaal te valoriseren tot een hoogwaardige meststof. Anderzijds bekijken we een hub die fruitsappen of een basis voor sausen en soepen produceert uit verse groente- en fruitreststromen. Dit type hub zet in op hoogwaardige valorisatie overeenkomstig de cascade van waardebehoud tot voedingsproducten voor humane consumptie en komt overeen met het type gedefinieerd in sectie 6.2.2 van hoofdstuk 1. Met deze twee gevalstudies willen we een verkennende analyse uitvoeren van de omstandigheden waaronder een biomassahub economisch haalbaar zou kunnen zijn door middel van een reeks scenario's. Sectie twee van dit hoofdstuk licht de methode toe die gebruikt werd om de economische haalbaarheidsberekeningen uit te voeren. Sectie drie bespreekt per gevalstudie de opzet van de hub en licht de scenario's toe die werden beschouwd in de analyse. Daarnaast beschrijft sectie drie de operationele en technologische profielen, alsook de vaste kosten en variabele kosten per scenario. Dit wordt gevolgd door een bespreking van de resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen per gevalstudie.

2. Methode

In deze studie trachten we verkennend in te schatten of een biomassahub economisch haalbaar zou kunnen zijn en onder welke omstandigheden dit het geval is. Hierbij rekenen we met grootteordes kosten en winsten en is het doel dus niet om een precieze inschatting van de economische haalbaarheid te maken. De resultaten van deze studie geven bijgevolg een indicatie voor beide gevalstudies of het opzetten van zulke hub onder de huidige en verwachte marktcondities al dan niet potentieel interessant kan zijn. Zulke eerste inzichten kunnen een motivatie vormen voor al dan niet verder onderzoek en het implementeren van een biomassahub in de praktijk.

Voor deze verkennende analyse maken we gebruik van een relatief eenvoudige en intuïtieve methode, de break-even analyse (Nugus, 2008). Dit is een boekhoudkundige methode en is gebaseerd op het break-even punt waarop de totale kosten gelijk zijn aan de totale winsten. Op dit punt is een investering of project dus niet verlieslatend. Zulke break-even analyses zijn reeds in een brede waaier aan velden en toepassingen gebruikt zoals het bedrijfsbeheer, de technologische sector, de stedelijke

hernieuwingssector, de energiesector, de landbouwsector en de logistieke sector (Morano & Tajani, 2017). Zulke analyse kan hierbij in verscheidene vraagstukken worden toegepast (Morano & Tajani, 2017). Zo kan een break-even analyse inzichten geven in hoeveel eenheden van een product of dienst geproduceerd dienen te worden en aan welke prijs deze verkocht dienen te worden om de kosten te dekken en dus het break-even punt te bereiken (Nugus, 2008). Anderzijds, kan een break-even analyse bijvoorbeeld ook worden gebruikt om te analyseren wat het effect is van een wijziging in het kostenprofiel (door alternatieve technologie, uitbreiden van aanbod, etc.) op het break-even punt en dus de economische haalbaarheid (bvb. Candio & Frew, 2023; Ekren et al., 2009). Hierbij wordt vaak gewerkt met alternatieve scenario's en kan worden nagegaan hoe gevoelig de resultaten zijn aan bepaalde aannames of kostenposten (Morano & Tajani, 2017).

Voor het uitvoeren van de analyse is de beschikbaarheid van betrouwbare kostendata van uitermate belang aangezien deze de betrouwbaarheid van het break-even punt en dus de beoordeling van economische haalbaarheid bepalen. Een break-even analyse maakt een onderscheid tussen vaste en variabele kosten. Vaste kosten (C_F) variëren niet met het geproduceerde en verkochte volume van een product of dienst zoals interesten (afkomstig van de nodige investeringskost), opleidingskosten, verzekeringskosten, etc. Variabele kosten (C_V) daarentegen zijn rechtstreeks afhankelijk van het geproduceerde en verkochte volume en omvatten bijvoorbeeld de productiekosten (energie, feedstock, etc.) en arbeidskosten (Beierlein et al., 2008). De winsten (R) worden gegenereerd door de verkoop van het eindproduct en eventuele producten gegenereerd in tussenstappen van het proces. Het break-even punt komt dan overeen met het punt waarop de som van vaste en variabele kosten gelijk is aan de winsten. Hierbij worden de variabele kosten berekend als het product van de variabele kosten per eenheid product en het totale volume geproduceerd. Uitgedrukt in een formule geeft dit vergelijking 1:

$$C_F + C_V = R \quad (1)$$

In deze studie bestuderen we de installatie van en investering in een biomassahub die groente- en fruitreststromen verwerkt tot eindproducten volgens de twee gevalstudies hierboven beschreven. Hierbij gebruiken we een break-even analyse om na te gaan wat de maximale investeringskost van zulke biomassahub mag zijn om niet verlieslatend te zijn, gegeven de overige kosten en winsten. Dit houdt in dat we de investeringskost (C_I) isoleren uit de totale vaste kosten zoals weergegeven in formule 2, met C_O de overige vaste kosten uitgezonderd de investeringskost:

$$(C_I + C_O) + C_V = R \quad (2)$$

De maximale investeringskost om niet verlieslatend (i.e. break-even) te zijn, wordt dan berekend door het verschil te nemen tussen de winsten enerzijds en de overige vaste en variabele kosten anderzijds. Dit resulteert in formule 3:

$$C_{I,MAX} = R - C_O - C_V \quad (3)$$

Aan de hand van (een inschatting van) de werkelijke investeringskost kan dan worden nagegaan of de investering in een hub economisch haalbaar is. Verder gebruiken we verschillende scenario's om af te toetsen onder welke condities (bv. prijs feedstock groente- en fruitreststromen, verkoopprijs product, capaciteit installatie, etc.) de investering in zulke hub al dan niet break-even is. Secties 3.1.4 en 3.2.4 van dit hoofdstuk bespreken in detail deze scenario's per gevalstudie. Omwille van het verkennend karakter van deze studie en om de berekeningen te vereenvoudigen, beschouwt de break-even analyse de tijdsdimensie niet. Dit betekent dat we ervan uitgaan dat de investeerder geen tijdsvoorkeur heeft en er ook geen inflatie is (i.e. de disconteringsvoet is gelijk aan 0%). We gaan er dus vanuit dat de kosten elk jaar van de levensduur van de hub hetzelfde zijn.

Om deze analyse praktisch te implementeren, worden drie stappen gevolgd:

1. In de eerste stap wordt een operationeel profiel opgesteld van de biomassahub. Dit operationeel profiel omvat de capaciteit van de installatie (de hoeveelheid groente- en fruitreststromen die jaarlijks kunnen worden verwerkt), het aantal uren/dag en/of maanden per jaar dat de hub operationeel kan zijn, de hoeveelheid eindproduct geproduceerd en de hoeveelheden eventuele bijproducten die worden gegenereerd.
2. In de tweede stap, wordt een overzicht gemaakt van de kostenstructuur. Dit omvat het opstellen van een technologisch profiel van de technologie of hub en het identificeren van zowel vaste als variabele kosten. Daarnaast worden in deze stap ook intermediaire of andere producten geselecteerd die in de biomassahub worden gegenereerd en kunnen worden verkocht. Zo kunnen de totale inkomsten van de biomassahub worden bepaald.
3. In de derde stap worden de economische haalbaarheidsberekeningen uitgevoerd zoals beschreven in formule 3. Op basis van stappen 1 en 2 wordt de maximale jaarlijkse investeringskost bepaald voor een investeerder in een hub opdat zijn investering niet verlieslatend is. Hierbij beschouwen we telkens een interval prijzen voor de groente- en fruitreststromen die dienen als grondstof voor de hub en de verkoopprijs van het eindproduct dat wordt gegenereerd in de hub. Indien de maximale investeringskost voor een bepaalde grondstof prijs en verkoopprijs groter is dan de gekende of geschatte investeringskost, is de investering in de hub break-even en zijn totale kosten dus gelijk aan of kleiner dan de totale opbrengsten.

3. Gevalstudies: opzet en resultaten

3.1 Gevalstudie 1: Valorisatie van een brede waaier groente- en fruitreststromen tot een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof

3.1.1 Beschrijving

In de eerste gevalstudie beschouwen we een relatief grootschalige valorisatie van een brede waaier groente- en fruitreststromen tot een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof die geacht wordt in competitie te kunnen gaan met een minerale meststof. Hiervoor bouwen we verder op het Europese RUSTICA project² dat als doel heeft om productietechnieken voor bio-gebaseerde meststoffen technisch te valideren, te demonstreren en te implementeren. Hierbij ligt de focus op groente- en fruitreststromen uit het agro-voedselsysteem om nutriëntencycli op regionaal niveau te sluiten. In dit project werden vier verschillende bouwstenen gedefinieerd om een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof te vormen, specifiek voor Vlaanderen. In kader van onze studie, hebben we dit verder verfijnd tot volgende bouwstenen (inclusief grondstof en technologieën) en hun aandeel in de bio-gebaseerde meststof:

1. Een compost op basis van compostering van bladachtige oogstresten uit de tuinbouw en houtige reststromen uit bijvoorbeeld boomgaarden. – 76%
2. Insecten frass op basis van insectenkweek van de zwarte soldatenvlieg gevoed met organische reststromen die groente- en fruitreststromen omvatten (uit de supermarkt en/of van grote cateraars). – 8%
3. Biochar op basis van pyrolyse van houtige reststromen uit boomgaarden en/of uitgezeefd materiaal van de composteerinstallatie. – 8%

² <https://rusticaproject.eu/>

4. Microbiële massa op basis van de Carboxylic Acid Platform (CAP) technologie toegepast op verscheidene eenvoudig afbreekbare groente- en fruitreststromen gevolgd door microbiële kweek. – 8%

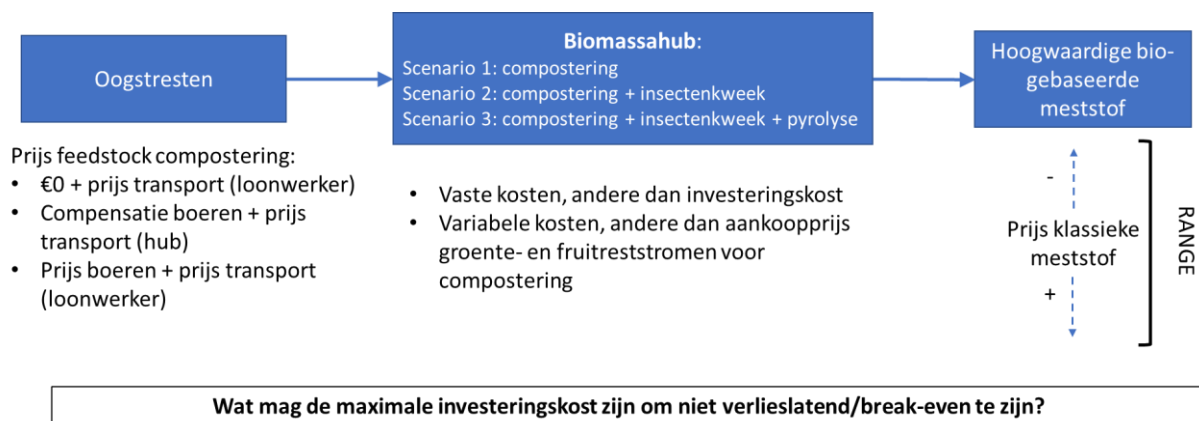
Meer informatie over deze bouwstenen en de technologieën die zijn onderzocht in het RUSTICA project, is opgenomen in vertrouwelijke project rapporten en op de project website². Figuur 5 geeft een schematisch overzicht weer van de benadering die we gebruiken in deze gevalstudie. We definiëren drie scenario's die verschillen in de technologieën die aanwezig zijn op de hub.

In eerste instantie beschouwen we een biomassahub die zich toelegt op de productie van de hoofdcomponent van de bio-gebaseerde meststof, namelijk de compostering. De overige bouwstenen (insecten frass, biochar en microbiële massa) worden aangekocht. Compostering werd niet bestudeerd in het RUSTICA project. In dit rapport bouwen we wat betreft de compostering daarom verder op recente inzichten uit projecten in Vlaanderen en de literatuur. Oogstresten worden juridisch ingedeeld als organisch-biologisch bedrijfsafval (OBA) en kunnen worden afgevoerd naar OBA-composteerders of hiervoor vergunde GFT-composteerders (C. Boogaerts, persoonlijke communicatie, 5/6/2024; Proefstation voor de groenteteelt, z.j.). OBA-compostering is vergelijkbaar met een open groene compostering maar opereren vaak op relatief lokale schaal en zijn slechts vergund voor het verwerken van lokale biomassa-reststromen uit de land- en tuinbouw. Hoewel oogstresten dus momenteel juridisch niet naar groencompostering kunnen gaan, werd een groencompostering in open lucht in enkele recente projecten wel onderzocht en naar voren geschoven als een relevantie piste om meer van deze reststromen te valoriseren (Pergola et al., 2020; Vlado, 2024). In deze studie beschouwen we dan ook een eenvoudige composteerinstallatie in open lucht zoals gebruikt voor compostering van OBA. In de bespreking van de resultaten, geven we aan wat het effect van een GFT-composteringsproces zou kunnen zijn op de bevindingen. Specifiek beschouwen we een composteerinstallatie in open lucht die bestaat uit een betonnen vloer met percolaatopvang om de sappen en het water die tijdens het proces vrijkomen uit de composthoop op te vangen. De groente- en fruitreststromen en de houtige reststromen worden indien nodig verkleind, gemengd en in composthopen in de vorm van rillen opgezet. Tijdens het proces worden de composthopen regelmatig gekeerd om ervoor te zorgen dat er voldoende zuurstof aanwezig is en de aerobe compostering kan verder gaan. De temperatuur wordt ook regelmatig gecontroleerd om te verzekeren dat de temperatuur voldoende hoog gaat zodat zaden en nadelige bacteriën worden gedood.

In een tweede en derde scenario beschouwen we een hub waar naast de compostering ook andere bouwstenen worden geproduceerd. Ter illustratie nemen we in scenario 2 aan dat er naast compostering ook insectenkweek plaatsvindt op de hub, terwijl op de hub in scenario 3 zowel compostering, insectenkweek als pyrolyse gebeuren. De productie van microbiële massa in de hub door middel van CAP en microbiële kweek wordt hierbij niet verder opgenomen. Voor de installatie voor insectenkweek en de pyrolyse-installatie gebruiken we de data beschikbaar in het RUSTICA project. Aangezien in dit project geen data beschikbaar zijn voor de composteringsinstallatie en compost het hoofdbestanddeel is van de bio-gebaseerde meststof, zal de analyse in onze gevalstudie hierop focussen.

Specifiek beschouwen we een interval voor de grondstofprijzen van de feedstock van de composteringsinstallatie waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen de compensatie betaald aan de boer en een transportkost. In de analyse gebruiken we een interval voor de aankooprijzen betaald aan de leverancier van de groente- en fruitreststroom en een transportkost die wordt opgenomen in

de variabele kosten. Bij het transport maken we een onderscheid tussen transport door een loonwerker of transport door de hub zelf (zie sectie 3.1.4 van dit hoofdstuk). Daarnaast beschouwen we een interval voor de verkoopprijzen van de bio-gebaseerde meststof op basis van huidige marktprijzen voor meststoffen. Aan de hand van de break-even analyse kunnen we dan voor elke combinatie grondstof- en verkoopprijs de maximale investeringskost berekenen om break-even te zijn. Hierbij houden we geen rekening met de tijds waarde van geld. Dit getal geeft weer hoeveel euro jaarlijks maximaal kan worden geïnvesteerd in de hub opdat kosten en inkomsten met elkaar in evenwicht zijn. Indien deze negatief is of licht positief maar lager dan de werkelijke noodzakelijke investeringskost, is de investering in de biomassahub economisch niet haalbaar. Enkel wanneer deze groter is dan de reële investeringskost, kan worden besloten dat investeren in de hub economisch niet verlieslatend is.



Figuur 5: Schematisch overzicht van de benadering in gevalstudie 1: een hub die een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof produceert uit groente- en fruitreststromen.

In de volgende secties schetsen we eerst het operationele profiel van de biomassahub in elk van deze scenario's, zoals beschreven in stap 1 in sectie 2 van dit hoofdstuk (sectie 3.1.2). We selecteren hiervoor twee operationele profielen van een composteringsinstallatie die verschillen in de capaciteit van de installatie. Dit laat ons toe om ook het effect hiervan op de economische haalbaarheid te bestuderen. Daarna definiëren we voor elke technologie het technologisch profiel dat de variabele inputmiddelen omschrijft (sectie 3.1.3). In de daaropvolgende sectie beschrijven we kort de scenario's die werden geanalyseerd in de economische haalbaarheidsberekeningen (sectie 3.1.4). Dit wordt gevolgd door een toelichting van de vaste en variabele kosten, overeenkomstig stap 2 in sectie 2 van dit hoofdstuk (sectie 3.1.5). In sectie 3.1.6 volgt tot slot een bespreking van de resultaten van de break-even analyse voor deze gevalstudie.

3.1.2 Operationeel profiel

Scenario 1: Biomassahub met composteerinstallatie:

Tabel 8 beschrijft het operationeel profiel van de biomassahub met composteerinstallatie die compost produceert uit groente- en fruitreststromen en de overige bouwstenen voor de bio-gebaseerde meststof aankoopt. Aangezien in het RUSTICA project geen operationele, technologische en economische data beschikbaar zijn van een composteerinstallatie, hebben we ons gebaseerd op data uit gepubliceerde rapporten (SoilCom et al., z.j.; Vlaco, 2024), wetenschappelijk artikels (Pergola et al., 2020) en interviews (besproken in sectie 2.1 van hoofdstuk 1). Op basis van deze data en bronnen hebben we voor het operationeel profiel van de composteerinstallatie twee types (A en B)

gedefinieerd die verschillen in de capaciteit en schaalgrootte van de installatie. In scenario A kan de composteerinstallatie 1.000 ton groente- en fruitreststromen verwerken tot compost en duurt dit proces 5 tot 6 maanden. Bijgevolg kunnen er twee cycli van compostproductie per jaar plaatsvinden. Dit betekent niet dat de hele capaciteit gelijktijdig wordt benut maar is een continu proces waarbij op elke plaats tweemaal per jaar een compostriol kan worden opgebouwd en het proces wordt doorlopen. Verder gaat scenario A uit van een verdeling groen en bruin (of houtig) materiaal van 40/60 bij het opzetten van de composthoop en een opbrengst van 500 kg compost per ton biomassa-reststromen (i.e. groen + bruin), wat overeenkomt met een opbrengst van 50%. Dit betekent dat er in scenario A jaarlijks 2.500 ton compost en zo'n 3.290 ton bio-gebaseerde meststof worden geproduceerd waarbij de meststof bestaat uit 76% compost. Scenario B beschrijft een grootschaligere en professionelere installatie met een hogere capaciteit van 7.000 ton groente- en fruitreststromen per cyclus en 3 cycli per jaar. Bij de opzet van de composthoop in dit scenario wordt opnieuw 60% houtig materiaal gebruikt en 40% groen materiaal. De ratio van compost geproduceerd op input biomassa-reststromen is iets hoger, namelijk 60%. Dit betekent dat er uit 1 ton (i.e. 1.000 kg) biomassa-reststromen 600 kg compost wordt geproduceerd wat overeenkomt met in totaal 31.500 ton compost per jaar. Hiermee is de hub in staat jaarlijks zo'n 41.450 ton bio-gebaseerde meststof te produceren met een samenstelling van 76% compost waarbij de bouwstenen insecten frass, biochar en microbiële massa worden aangekocht.

Tabel 8: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie. Twee scenario's werden gedefinieerd die verschillen in capaciteit van de installatie (Type A en Type B).

OPERATIONEEL PROFIEL HUB MET COMPOSTEERINSTALLATIE			
Variabele	Eenheid	Type	
		A	B
Capaciteit groente- en fruitreststromen (1 cyclus)	ton/cyclus	1.000	7.000
Aantal cycli per jaar		2	3
Conversie (product/reststroom)	%	50%	60%
Verhouding groen/bruin materiaal (groente- en fruitreststromen/houtig materiaal)	%	40%/60%	40%/60%
Jaarlijks volume compost	ton/jaar	2.500	31.500
Jaarlijks volume bio-gebaseerde meststof	ton/jaar	3.289	41.447

Scenario 2: Biomassahub met composteerinstallatie en installatie voor insectenweek:

In het tweede scenario bevat de biomassahub niet enkel een composteerinstallatie maar wordt ook de insecten frass op de hub geproduceerd. In het RUSTICA project zijn reeds operationele en technologische data verzameld over de insectenweek technologie die wij in deze studie gebruiken. Het RUSTICA project doet hiervoor beroep op de technologische projectpartners die gespecialiseerd zijn in zulke technologieën en installaties (ENTOMO Agroindustrial³ voor de insectenweek en TNO⁴ voor de pyrolyse). Tabel 9 geeft het operationeel profiel van deze hub weer. Hierbij gaan we verder op profiel type B van de composteerinstallatie aangezien de tonnage insect frass geproduceerd bij de insectenweek op basis van het profiel in het RUSTICA project in overeenstemming is met benodigde hoeveelheid compost om de proporties van de bouwstenen in de bio-gebaseerde meststof te respecteren. Wanneer zou worden uitgegaan van een kleinschaligere composteerinstallatie, zou er dus ook minder insect frass nodig zijn dan de installatie uit het RUSTICA project aanbiedt wat de

³ <https://entomoagroindustrial.com/>

⁴ <https://www.tno.nl/nl/>

economische haalbaarheid van een investering in de insectenkweek technologie zou kunnen beïnvloeden. Dit onderzoeken wij niet in deze studie.

Bij de insectenkweek worden zwarte soldatenvliegen gevoed met groente- en fruitreststromen om insectenbiomassa (larven) en bijproducten te produceren. Deze technologie bestaat uit enkele opeenvolgende stappen: 1) het fokmateriaalproces om de populatie zwarte soldatenvliegen voldoende groot te maken, 2) het vetmestproces om de larvenbiomassa te doen toenemen, 3) het scheiden van de larvenbiomassa en insecten frass en tot slot 4) het transformatieproces waarbij de larvenbiomassa wordt getransformeerd in verschillende producten. De insectenkweek kan eindigen na stap 3 waarbij enkel larvenbiomassa en insecten frass worden geproduceerd. De larvenbiomassa kan dan worden gedroogd. Daarnaast kan de verse larvenbiomassa zoals beschreven in stap 4 worden omgezet tot verschillende bijproducten. Wanneer het volledige proces doorlopen wordt, levert dit naast insecten frass ook insectenproteïnen, vetten (laurinezuur en vet voor voeder) en chitosan op. Insectenkweek kan dus niet alleen insecten frass leveren die gebruikt wordt in de hoogwaardige bio-gebaseerde meststof maar ook andere (hoogwaardige) producten die kunnen worden verkocht voor toepassingen zoals veevoeder, agro-industrie en cosmetica. In de analyse beschouwen we op basis hiervan twee scenario's. Het eerste scenario omvat een hub waar enkel de eerste stappen gebeuren tot gedroogde larvenbiomassa en insecten frass zonder verdere transformatie, terwijl in het tweede scenario op de hub ook de transformatie van de verse larvenbiomassa plaatsvindt.

De installatie voor insectenkweek heeft een jaarlijkse capaciteit van 21.000 ton groente- en fruitreststromen waarbij 3.300 ton insecten frass vrijkomt. Dit komt neer op een conversiefactor van ongeveer 15%. Daarnaast levert de insectenkweek jaarlijks ongeveer 940 ton droge larven biomassa, of 357 ton insectenproteïne, bijna 200 ton laurinezuur en vet voor voeder en 29 ton chitosan uit chitine. Deze bijproducten die niet nodig zijn voor de bio-gebaseerde meststof kunnen al dan niet worden verkocht op de markt (zie sectie 3.1.3). Op basis van de samenstelling van de bio-gebaseerde meststof beschreven in sectie 3.1.1 van dit hoofdstuk (76% compost en 8% van de overige bouwstenen) is de hub in dit scenario in staat om jaarlijks 41.447 ton bio-gebaseerde meststof te produceren. Hierbij worden de bouwstenen compost en insecten frass op de hub geproduceerd en de bouwstenen biochar en microbiële massa worden aangekocht.

Tabel 9: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie (Type B uit tabel 8) en installatie voor insectenkweek.

OPERATIONEEL PROFIEL HUB MET COMPOSTEERINSTALLATIE EN INSTALLATIE VOOR INSECTENKWEK			
Variabele	Eenheid	Compostering	Insectenkweek
Product		<i>Compost</i>	<i>Insecten frass</i>
Jaarlijkse capaciteit groente- en fruitreststromen	ton	21.000	21.000
Conversie (product/reststroom)	%	60%	15,7%
Fractie groen/bruin materiaal (groente- en fruitreststromen/houtig materiaal)	%	40%/60%	/
Jaarlijks volume product	ton/jaar	31.500	3.300
Jaarlijks volume bijproducten:			
Droge larven biomassa (zonder transformatie)	ton/jaar	/	941
Insectenproteïne (met transformatie)	ton/jaar	/	357
Laurinezuur (met transformatie)	ton/jaar	/	198
Vet voor voeder (met transformatie)	ton/jaar	/	198
Chitosan (met transformatie)	ton/jaar	/	29
Jaarlijks volume bio-gebaseerde meststof	ton/jaar	41.447	

Scenario 3: Biomassahub met composteerinstallatie, installatie voor insectenkweek en pyrolyse-installatie:

Het derde scenario bouwt verder op het vorige scenario door ook de bouwsteen biochar op de hub te produceren. Dit gebeurt door pyrolyse van houtig materiaal. Pyrolyse is een thermochemische technologie die biomassa omzet in bijproducten in afwezigheid van zuurstof. Naast biochar wordt in dit proces ook energie (warmte) geproduceerd die deels wordt hergebruikt in de pyrolyse. Tabel 10 geeft het operationeel profiel van de hub in scenario 3 weer. Hierbij komt het operationeel profiel van de composteringsinstallatie en de installatie voor insectenkweek overeen met de profielen voorgesteld bij scenario 2 en wordt bij de insectenkweek het volledige proces, inclusief transformatie beschouwd. Daarnaast kan de pyrolyse installatie jaarlijks 13.000 ton houtige groente- en fruitreststromen verwerken zoals snoeiresten uit boomgaarden en het uitgezeefde materiaal van de composteerinstallatie. Deze reststromen worden aan een conversie van 25% omgezet in ongeveer 3.250 ton biochar met als bijproduct zo'n 37.750 GJ energie (na hergebruiken van een deel van de vrijgekomen energie in het pyrolyseproces).

Tabel 10: Operationeel profiel van de hub met composteerinstallatie (Type B uit tabel 8), installatie voor insectenkweek en pyrolyse installatie.

OPERATIONEEL PROFIEL HUB MET COMPOSTEERINSTALLATIE, INSTALLATIE VOOR INSECTENKWEK EN PYROLYSE-INSTALLATIE				
Variabele	Eenheid	Compostering	Insectenkweek	Pyrolyse
Product		<i>Compost</i>	<i>Insecten frass</i>	<i>Biochar</i>
Jaarlijkse capaciteit groente- en fruitreststromen	ton	21.000	21.000	13.000
Conversie (product/reststroom)	%	60%	15,7%	25%
Fractie groen/bruin materiaal (groente- en fruitreststromen/houtig materiaal)	%	40%/60%	/	/
Jaarlijks volume product	ton/jaar	31.500	3.300	3.250
Jaarlijks volume bijproducten:				
Insectenproteïne (met transformatie)	ton/jaar	/	357	/
Laurinezuur (met transformatie)	ton/jaar	/	198	/
Vet voor voeder (met transformatie)	ton/jaar	/	198	/
Chitosan (met transformatie)	ton/jaar	/	29	/
Energie	GJ/jaar	/	/	37.750
	ton/jaar		41.447	

3.1.3 Technologisch profiel

Tabellen 11, 12 en 13 beschrijven de variabele inputmiddelen nodig voor respectievelijk de composteerinstallatie, de installatie voor insectenkweek en de pyrolyse installatie. Dit is uitgedrukt per ton groente- en fruitreststromen of per ton product. Dit technologisch profiel bepaalt de variabele kosten voor het produceren van de bouwstenen van de bio-gebaseerde meststof (zie tabel 14). Voor de installatie voor insectenkweek en de pyrolyse-installatie waren deze gegevens beschikbaar in het RUSTICA project, aangeleverd door de technologiepartners. Het technologische profiel voor de composteerinstallatie werd opgesteld op basis van de rapporten en wetenschappelijke artikelen hierboven aangehaald.

De composteerinstallatie (Tabel 11) die in deze studie wordt beschouwd is een eenvoudige installatie in open lucht waarbij gebruik wordt gemaakt van een zuurstof doorlatend compostdoek om

geurhinder te beperken en de omgevingsinvloeden op het composteringsproces te verminderen. Daarnaast worden de arbeid en brandstof voor de machines tijdens het composteerproces in rekening gebracht. Tot slot worden twee manieren beschouwd voor het transport van de groente- en fruitreststromen naar de hub. Dit kan enerzijds door de hub zelf gebeuren (Optie 1) waarbij de brandstof en arbeid in rekening worden gebracht als variabele inputmiddelen (naast de extra investeringskost die nodig is). We hanteren hiervoor de aanname dat transport gebeurt door middel van een vrachtwagen van gemiddeld 15 ton die een radius van 30 km rond de hub hanteert (60 km H/T) en hiervoor 2 uren nodig heeft. Daarnaast beschouwen we een scenario waarbij het transport van de groente- en fruitreststroom wordt uitbesteed aan een loonwerker (Optie 2).

Tabel 11: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de composteerinstallatie. Transport kan door de hub zelf (optie 1) of via een loonwerker (optie 2) gebeuren. (Bron: eigen samenstelling)

Composteerinstallatie			
Variabele inputmiddelen		Eenheid	
Zuurstof doorlatend compostdoek		m ² per ton reststromen	4
Arbeid		uren per ton compost	2
Brandstof machines (Diesel)		L per ton compost	8,75
Transport grondstof:			
Optie 1:	Brandstof	L per ton reststromen	1,48
	Arbeid	uren per ton reststromen	0,13
Optie 2:	Loonwerker	€ per km per ton reststromen	€0,5

Tabel 12 geeft het technologisch profiel van de installatie voor insectenkweek weer. De tabel maakt een onderscheid tussen de inputmiddelen nodig zonder transformatie van de larvenbiomassa en deze bijkomstig nodig voor de transformatiestap. Wanneer geen transformatie plaatsvindt, worden enkel gedroogde larvenbiomassa en insecten frass geproduceerd. Anderzijds, kan de larvenbiomassa verder worden getransformeerd tot insectenproteïnen, vetten en chitosan waarvoor bijkomende inputmiddelen nodig zijn. De eerste kolom geeft weer hoeveel elektriciteit en water nodig is en hoeveel kosten nodig zijn voor materialen (behalve de groente- en fruit reststroom) en arbeid wanneer er geen transformatie gebeurt. De tweede kolom toont hoeveel elektriciteit, water en materialen bijkomend nodig zijn voor de transformatiestap. In deze stap wordt geen arbeid in rekening gebracht aangezien dit grotendeels een automatisch proces omvat waar enkel bijkomende installaties voor nodig zijn.

Tabel 12: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de installatie voor insectenkweek. (Bron: RUSTICA project)

Installatie insectenkweek			
Inputmiddelen	Eenheid	Zonder transformatie	Transformatie
Elektriciteit	kWh per jaar	1.017.635 ^a	157.050
Water	m ³ per jaar	10.857	8.909
Materialen	€ per jaar	664.036	114.471
Arbeid	€ per jaar	220.049	/
Afvalwater	m ³ per jaar	486	/
Transport grondstof	km per jaar	40.500	

^a Hiervan is 101.687 kWh per jaar nodig voor het droogproces en wordt dus niet in rekening gebracht wanneer ook de transformatiestap gebeurt.

In de analyse beschouwen we op basis van dit onderscheid twee scenario's: in het eerste scenario worden enkel de inputmiddelen uit de eerste kolom in rekening gebracht, terwijl in het tweede scenario daar de inputmiddelen van de transformatiestap bij worden opgeteld. Daarnaast wordt het transport van de organische (groente- en fruit-) reststromen beschouwd, uitgedrukt in het aantal kilometers per jaar dat moet worden afgelegd door een vrachtwagen met een capaciteit van 32 ton die een radius van 30 km rond de hub bedient.

Tot slot geeft Tabel 13 de inputmiddelen weer nodig voor de pyrolyse tot biochar. In het pyrolyseproces is voornamelijk nood aan energie en elektriciteit. Deze energie moet niet worden aangekocht aangezien deze door de installatie zelf geleverd wordt. Daarnaast werden ook andere inputmiddelen opgenomen alsook arbeid en het transport van de houtige (groente- en fruit-) reststromen. Hier werd opnieuw de aanname gemaakt dat dit transport gebeurt door een vrachtwagen met een capaciteit van 32 ton in een radius van 30 km rond de hub.

Tabel 13: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de pyrolyse installatie. (Bron: RUSTICA project)

Pyrolyse-installatie		
Inputmiddelen	Eenheid	
Energie	GJ/jaar	50.000
Elektriciteit	kWh/jaar	1.400.000
Arbeid	# uren/jaar	5.880
Andere benodigdheden	€/jaar	40.500
Transport grondstof	km/jaar	45.000

3.1.4 Scenario's

Op basis van de scenario's beschreven in sectie 3.1.1 van dit hoofdstuk en het operationele en technologisch profiel van de verschillende technologieën, werden zes scenario's samengesteld waarvoor de break-even analyse werd uitgevoerd. Tabel 14 geeft een overzicht weer van deze scenario's. De scenario's bestaan uit drie grote groepen die verschillen in de technologie(ën) die aanwezig zijn op de hub: enkel compostering (scenario 1), naast compostering ook insectenkweek (scenario 2) of de drie technologieën samen (scenario 3). Hierbij is de aanname dat de bouwstenen van de bio-gebaseerde meststof die niet op de hub worden geproduceerd, worden aangekocht. Bovendien beschouwen we enkel de productie/aankoop van de bouwstenen. Binnen het RUSTICA project zijn slechts veldproeven met de bio-gebaseerde meststof gebeurd waarbij een heel beperkte hoeveelheid bio-gebaseerde meststof werd gemaakt. Hiervoor werden de bouwstenen eenvoudig manueel gemengd. Op grotere schaal zijn er nog geen concrete gegevens beschikbaar over de benodigdheden om de bio-gebaseerde meststof te produceren uit de bouwstenen. Op basis van eerste bevindingen uit het RUSTICA project, lijkt het noodzakelijk om de bouwstenen afzonderlijk luchtdicht op te slaan en op vraag van de klant de gewenste verhoudingen van elke bouwsteen te mengen om de stabiliteit van de bio-gebaseerde meststof te garanderen. In deze verkennende haalbaarheidsstudie nemen we de bijkomende kosten hiermee verbonden niet expliciet in rekening. Dit zou echter voornamelijk gaan om het voorzien van opslagmogelijkheden en dus bijkomende investeringskosten. In de bespreking van de resultaten nemen we dit kort op.

Scenario 1 bestaat uit drie deelsscenario's die verschillen in de capaciteit groente- en fruitreststromen die de hub jaarlijks kan verwerken en de manier waarop het transport van de reststromen naar de hub gebeurt. Scenario 1a beschouwt een kleinschalige hub waarop enkel compostering plaatsvindt met een capaciteit van 2.000 ton groente- en fruitreststromen per jaar, met een conversie van 50%

en een verhouding groen/bruin materiaal gelijk aan 40/60. Het transport van reststromen naar de hub gebeurt in scenario 1a door een loonwerker⁵. In scenario 1b wordt een grootschaligere hub beschouwd waarop enkel compostering gebeurt. De capaciteit van de hub in dit scenario bedraagt 21.000 ton groente- en fruitreststromen per jaar, de conversie bedraagt 60% en de verhouding groen/bruin materiaal is 40/60. Het transport op deze hub is in handen van de hub zelf. Scenario 1c beschouwt een gelijkaardige grootschaligere hub met enkel compostering maar transport van reststromen gebeurt door een loonwerker.

Scenario 2 bouwt verder op scenario 1c maar beschouwt een hub waarop naast compostering ook insectenkweek gebeurt. Hierbij definiëren we twee deelscenario's. In scenario 2a eindigt de insectenkweek na de scheidingsstap waarbij larvenbiomassa en insecten frass van elkaar worden gescheiden en de larvenbiomassa wordt gedroogd. In dit scenario vindt dus geen transformatie van de larvenbiomassa plaats. In scenario 2b daarentegen gebeurt de transformatiestap wel en worden er op de hub naast insecten frass voor de bio-gebaseerde meststof ook andere producten geproduceerd die kunnen worden verkocht voor verdere verwerking door andere bedrijven.

Scenario 3 tot slot bouwt verder op scenario 2b maar voegt de pyrolysetechnologie toe aan de activiteiten die plaatsvinden op de hub. Naast biochar produceert de pyrolyse ook restenergie (i.e. energie die overblijft na gebruik van de energie nodig voor de pyrolyse zelf) die kan worden verkocht.

Tabel 14: Overzicht van de zes scenario's voor een biomassahub die een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof produceert.

	Scenario 1			Scenario 2		Scenario 3
	Scenario 1a	Scenario 1b	Scenario 1c	Scenario 2a	Scenario 2b	
Compostering	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Type ^a	A	B	B	B	B	B
Insectenkweek	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Zonder/met transformatiestap	/	/	/	Zonder	Met	Met
Pyrolyse	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
Transport	Loonwerker	Hub	Loonwerker	Loonwerker	Loonwerker	Loonwerker

^a Overeenkomstig tabel 7: **Type A**: capaciteit van 2.000 ton groente- en fruitreststromen per jaar, conversieratio van 50% en verhouding groen/bruin materiaal 40/60; **Type B**: capaciteit van 21.000 ton groente- en fruitreststromen per jaar, conversieratio van 60% en verhouding groen/bruin materiaal 40/60.

3.1.5 Vaste en variabele kosten per scenario

Voor elk van de scenario's uit tabel 14 werden vervolgens de vaste en variabele kosten berekend. De vaste kosten omvatten onder andere administratieve kosten, onderhoudskosten en verzekeringskosten, maar niet de investeringskosten aangezien dit net de kost is die we willen berekenen in de break-even analyse. Bij de variabele kosten worden de aankoopkosten voor de groente- en fruitreststromen nodig voor de compostering niet opgenomen aangezien hiervoor een interval prijzen werd gedefinieerd in de analyse. Voor de kostprijs van de feedstock voor de insectenkweek en pyrolyse werden de gemiddelde prijzen uit het RUSTICA project gebruikt. De insectenkweek maakt gebruik van organische reststromen van bijvoorbeeld supermarkten. Aangezien deze bedrijven betalen om van hun organische afvalstromen af te geraken, werd een

⁵ Hiervoor hanteren we een gemiddelde prijs van €0,5 per ton reststromen per km op basis van de interviews, en andere rapporten.

gemiddelde kostprijs voor de hub van €-8/ton beschouwt. Analoog werd op basis van het RUSTICA project een prijs voor de houtige feedstock voor de pyrolyse van €0/ton gebruikt. Pyrolyse kan namelijk gebeuren op basis van de overstroom van de compostering die op de hub gebeurt of snoeihout uit bijvoorbeeld fruitboomgaarden onder de aanname dat deze gratis ter beschikking wordt gesteld (exclusief transportkost). De producten (i.e. niet de bouwsteen van de bio-gebaseerde meststof) die bij de verschillende technologieën worden geproduceerd, werden hierbij meegenomen als negatieve kosten.

Tabel 15 geeft voor elk scenario een overzicht weer van de vaste en variabele kosten die werden gebruikt in de haalbaarheidsberekeningen. Hierbij worden op basis van de gegevens uit het RUSTICA project twee verschillende aannames gedaan voor de aankooprijzen van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub en worden de berekening tweemaal uitgevoerd voor elk van overeenkomstige variabele kosten.

Tabel 15: Overzicht van de vaste (€/jaar) en variabele (€/ton bio-gebaseerde meststof) kosten voor elk scenario uit tabel 14.

Scenario	1a	1b	1c	2a	2b	3
Vaste kosten (€/jaar)						
	45.391	320.453	320.453	754.519	836.205	1.332.843
Variabele kosten (€/ton bio-gebaseerde meststof)						
Compost	111,69	71,08	93,49	93,49	93,49	93,49
Insecten frass ^a	12,8/11,2 ^b	12,8 ^b /11,2 ^b	12,8 ^b /11,2 ^b	23,37	26,67	26,67
Biochar ^a	28/16 ^b	28 ^b /16 ^b	28 ^b /16 ^b	28/16 ^b	28/16 ^b	17,36
Microbiële massa	240/80 ^b	240 ^b /80 ^b	240 ^b /80 ^b	240/80 ^b	240/80 ^b	240/80 ^b
Droge larven biomassa	nvt	nvt	nvt	-13,68	nvt	nvt
Insectenproteïne	nvt	nvt	nvt	nvt	-47,66	-47,66
Laurinezuur	nvt	nvt	nvt	nvt	-10,18	-10,18
Vet voor voeder	nvt	nvt	nvt	nvt	-3,90	-3,90
Chitosan	nvt	nvt	nvt	nvt	-26,48	-26,48
Restenergie	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	-13,94
Totale variabele kosten (gem.)^c	392,49	351,88	374,29	371,18	299,94	275,36
Totale variabele kosten (min.)^c	218,89	178,28	200,69	199,18	127,94	115,36

nvt = niet van toepassing

^a De variabele kosten voor insectenfrass en biochar zijn inclusief de kostprijs voor het aankopen van benodigde groente- en fruitreststromen.

^b Voor de kostprijs voor het aankopen van de bouwstenen niet geproduceerd op de hub, werden twee aannames gedaan op basis van het interval marktprijzen dat beschikbaar was in het RUSTICA project. Het eerste getal komt overeen met het gemiddelde over het interval, terwijl het tweede getal overeenkomt met de minimum kostprijs.

^c De totale variabele kosten worden apart voorgesteld voor de aanname van een gemiddelde kostprijs voor de bouwstenen niet beschikbaar op de hub (zie ^b) (gem.) en de aanname van de minimum kostprijs voor deze bouwstenen (zie ^b) (min.).

In het RUSTICA project wordt namelijk voor elk van de bouwstenen een interval marktprijzen voorgesteld. Aangezien deze intervallen relatief breed zijn en het effect van deze aanname op de resultaten aanzienlijk is, beschouwen we telkens twee gevallen: enerzijds gaan we uit van een gemiddelde kostprijs over het interval uit het RUSTICA project en anderzijds nemen we aan dat de

kostprijs voor deze bouwstenen overeenkomt met het minimum van dit interval. Beide cijfers zijn ook opgenomen in tabel 15 en de totale variabele kosten worden voor beide gevallen apart voorgesteld. Hierbij valt op dat voornamelijk de microbiële massa gepaard gaat met een hoge aankoopprijs ondanks het relatief beperkte aandeel van de microbiële massa in de meststof (8%). De variabele kosten, uitgedrukt per ton bio-gebaseerde meststof, zijn voor beide specificaties het hoogst in scenario 1a, de kleinschalige hub die enkel compostering zelf doet, gevolgd door scenario 2a waar naast de compostering ook insectenkweek plaatsvindt maar de larvenbiomassa geen transformatiestap ondergaat. Anderzijds, zijn de variabele kosten het laagst in scenario 3 waar de drie technologieën worden geïntegreerd en de bijkomende producten die niet worden gebruikt voor de meststof door de hub kunnen worden verkocht. Het zijn voornamelijk deze producten en in het bijzonder de hoogwaardige producten die vrijkomen na de transformatiestap in de insectenkweek die zorgen voor de relatief lagere variabele kost per ton bio-gebaseerde meststof. Anderzijds zijn de nodige investeringskosten in scenario 3 ook wel aanzienlijk hoger omdat in de drie technologieën moet worden geïnvesteerd.

3.1.6 Resultaten van de break-even analyse

Scenario 1a:

Zoals beschreven in sectie 3.1.4 omvat Scenario 1a een hub die enkel een composteerinstallatie (type A) bevat en de overige bouwstenen voor de bio-gebaseerde meststof aankoopt. Samengevat heeft de hub verder volgende eigenschappen zoals hierboven beschreven:

- 1.000 ton groente- en fruitreststromen en 2 cycli per jaar
- Verhouding groen/bruin materiaal gelijk aan 40/60
- Conversie van 50%
- Transport van de groente- en fruitreststromen naar de hub door een loonwerker (60 km H/T).

Figuur 6 toont de resultaten van de break-even analyse en geeft de maximale jaarlijkse investeringskost (afschrijvingskost) weer die een biomassahub zoals hierboven gedefinieerd kan doen om niet verlieslatend te zijn. Hierbij worden telkens een interval aankooprijzen van de groene fractie van de compost (i.e. de groente- en fruitreststromen) en een interval verkoopprijzen van de bio-gebaseerde meststof beschouwd. Voor elke combinatie aankooprijzen van de groene fractie en verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof, toont figuur 6 dus hoeveel de hub jaarlijks maximaal kan investeren om ervoor te zorgen dat kosten en opbrengsten gelijk zijn. Wanneer het resultaat hiervan kleiner is dan 0, is een investering in de hub economisch niet rendabel en kleurt de cel rood. Wanneer de berekende maximale investeringskost groter is dan 0, geeft het cijfer weer wat de maximale investeringskost is die de hub jaarlijks kan doen. Afhankelijk van de geschatte jaarlijkse investeringskost (afschrijvingskost) is de hub al dan niet economisch rendabel. Verder maakt de figuur een onderscheid tussen verschillende aankooprijzen voor de bruine fractie: €0/ton (A en B), €50/ton (C en D), €100/ton (E en F); alsook tussen de aangenomen aankooprijzen van de bouwstenen die niet op de hub worden geproduceerd (microbiële massa, insecten frass en biochar). Enerzijds gaan we uit van een gemiddelde aankooprijzen van deze bouwstenen (A, C en E) en anderzijds van een lagere aankooprijzen van deze bouwstenen (B, D en F).

(A)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 843.042	-€ 873.042	-€ 903.042	-€ 943.042	-€ 993.042	-€ 1.043.042
	€ 175	-€ 760.805	-€ 790.805	-€ 820.805	-€ 860.805	-€ 910.805	-€ 960.805
	€ 200	-€ 678.568	-€ 708.568	-€ 738.568	-€ 778.568	-€ 828.568	-€ 878.568
	€ 225	-€ 596.331	-€ 626.331	-€ 656.331	-€ 696.331	-€ 746.331	-€ 796.331
	€ 250	-€ 514.094	-€ 544.094	-€ 574.094	-€ 614.094	-€ 664.094	-€ 714.094
	€ 275	-€ 431.857	-€ 461.857	-€ 491.857	-€ 531.857	-€ 581.857	-€ 631.857
	€ 300	-€ 349.621	-€ 379.621	-€ 409.621	-€ 449.621	-€ 499.621	-€ 549.621
	€ 325	-€ 267.384	-€ 297.384	-€ 327.384	-€ 367.384	-€ 417.384	-€ 467.384
	€ 350	-€ 185.147	-€ 215.147	-€ 245.147	-€ 285.147	-€ 335.147	-€ 385.147
	€ 375	-€ 102.910	-€ 132.910	-€ 162.910	-€ 202.910	-€ 252.910	-€ 302.910
	€ 400	-€ 20.673	-€ 50.673	-€ 80.673	-€ 120.673	-€ 170.673	-€ 220.673
	€ 425	€ 61.564	€ 31.564	€ 1.564	-€ 38.436	-€ 88.436	-€ 138.436
	€ 450	€ 143.800	€ 113.800	€ 83.800	€ 43.800	-€ 6.200	-€ 56.200
	€ 475	€ 226.037	€ 196.037	€ 166.037	€ 126.037	€ 76.037	€ 26.037
	€ 500	€ 308.274	€ 278.274	€ 248.274	€ 208.274	€ 158.274	€ 108.274

(C)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-993.042	-1.023.042	-1.053.042	-1.093.042	-1.143.042	-1.193.042
	€ 175	-910.805	-940.805	-970.805	-1.010.805	-1.060.805	-1.110.805
	€ 200	-828.568	-858.568	-888.568	-928.568	-978.568	-1.028.568
	€ 225	-746.331	-776.331	-806.331	-846.331	-896.331	-946.331
	€ 250	-664.094	-694.094	-724.094	-764.094	-814.094	-864.094
	€ 275	-581.857	-611.857	-641.857	-681.857	-731.857	-781.857
	€ 300	-499.621	-529.621	-559.621	-599.621	-649.621	-699.621
	€ 325	-417.384	-447.384	-477.384	-517.384	-567.384	-617.384
	€ 350	-335.147	-365.147	-395.147	-435.147	-485.147	-535.147
	€ 375	-252.910	-282.910	-312.910	-352.910	-402.910	-452.910
	€ 400	-170.673	-200.673	-230.673	-270.673	-320.673	-370.673
	€ 425	-88.436	-118.436	-148.436	-188.436	-238.436	-288.436
	€ 450	-6.200	-36.200	-66.200	-106.200	-156.200	-206.200
	€ 475	76.037	46.037	16.037	-23.963	-73.963	-123.963
	€ 500	158.274	128.274	98.274	58.274	8.274	-41.726

(B)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 600.936	-€ 630.936	-€ 660.936	-€ 700.936	-€ 750.936	-€ 800.936
	€ 75	-€ 518.700	-€ 548.700	-€ 578.700	-€ 618.700	-€ 668.700	-€ 718.700
	€ 100	-€ 436.463	-€ 466.463	-€ 496.463	-€ 536.463	-€ 586.463	-€ 636.463
	€ 125	-€ 354.226	-€ 384.226	-€ 414.226	-€ 454.226	-€ 504.226	-€ 554.226
	€ 150	-€ 271.989	-€ 301.989	-€ 331.989	-€ 371.989	-€ 421.989	-€ 471.989
	€ 175	-€ 189.752	-€ 219.752	-€ 249.752	-€ 289.752	-€ 339.752	-€ 389.752
	€ 200	-€ 107.515	-€ 137.515	-€ 167.515	-€ 207.515	-€ 257.515	-€ 307.515
	€ 225	-€ 25.279	-€ 55.279	-€ 85.279	-€ 125.279	-€ 175.279	-€ 225.279
	€ 250	€ 56.958	€ 26.958	-€ 3.042	-€ 43.042	-€ 93.042	-€ 143.042
	€ 275	€ 139.195	€ 109.195	€ 79.195	€ 39.195	-€ 10.805	-€ 60.805
	€ 300	€ 221.432	€ 191.432	€ 161.432	€ 121.432	€ 71.432	€ 21.432

(D)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-750.936	-780.936	-810.936	-850.936	-900.936	-950.936
	€ 75	-668.700	-698.700	-728.700	-768.700	-818.700	-868.700
	€ 100	-586.463	-616.463	-646.463	-686.463	-736.463	-786.463
	€ 125	-504.226	-534.226	-564.226	-604.226	-654.226	-704.226
	€ 150	-421.989	-451.989	-481.989	-521.989	-571.989	-621.989
	€ 175	-339.752	-369.752	-399.752	-439.752	-489.752	-539.752
	€ 200	-257.515	-287.515	-317.515	-357.515	-407.515	-457.515
	€ 225	-175.279	-205.279	-235.279	-275.279	-325.279	-375.279
	€ 250	-93.042	-123.042	-153.042	-193.042	-243.042	-293.042
	€ 275	-10.805	-40.805	-70.805	-110.805	-160.805	-210.805
	€ 300	71.432	41.432	11.432	-28.568	-78.568	-128.568

(E)		Prijs bruine fractie: € 100 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-1.143.042	-1.173.042	-1.203.042	-1.243.042	-1.293.042	-1.343.042
	€ 175	-1.060.805	-1.090.805	-1.120.805	-1.160.805	-1.210.805	-1.260.805
	€ 200	-978.568	-1.008.568	-1.038.568	-1.078.568	-1.128.568	-1.178.568
	€ 225	-896.331	-926.331	-956.331	-996.331	-1.046.331	-1.096.331
	€ 250	-814.094	-844.094	-874.094	-914.094	-964.094	-1.014.094
	€ 275	-731.857	-761.857	-791.857	-831.857	-881.857	-931.857
	€ 300	-649.621	-679.621	-709.621	-749.621	-799.621	-849.621
	€ 325	-567.384	-597.384	-627.384	-667.384	-717.384	-767.384
	€ 350	-485.147	-515.147	-545.147	-585.147	-635.147	-685.147
	€ 375	-402.910	-432.910	-462.910	-502.910	-552.910	-602.910
	€ 400	-320.673	-350.673	-380.673	-420.673	-470.673	-520.673
	€ 425	-238.436	-268.436	-298.436	-338.436	-388.436	-438.436
	€ 450	-156.200	-186.200	-216.200	-256.200	-306.200	-356.200
	€ 475	-73.963	-103.963	-133.963	-173.963	-223.963	-273.963
	€ 500	8.274	-21.726	-51.726	-91.726	-141.726	-191.726

(F)		Prijs bruine fractie: € 100 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-900.936	-930.936	-960.936	-1.000.936	-1.050.936	-1.100.936
	€ 75	-818.700	-848.700	-878.700	-918.700	-968.700	-1.018.700
	€ 100	-736.463	-766.463	-796.463	-836.463	-886.463	-936.463
	€ 125	-654.226	-684.226	-714.226	-754.226	-804.226	-854.226
	€ 150	-571.989	-601.989	-631.989	-671.989	-721.989	-771.989
	€ 175	-489.752	-519.752	-549.752	-589.752	-639.752	-689.752
	€ 200	-407.515	-437.515	-467.515	-507.515	-557.515	-607.515
	€ 225	-325.279	-355.279	-385.279	-425.279	-475.279	-525.279
	€ 250	-243.042	-273.042	-303.042	-343.042	-393.042	-443.042
	€ 275	-160.805	-190.805	-220.805	-260.805	-310.805	-360.805
	€ 300	-78.568	-108.568	-138.568	-178.568	-228.568	-278.568

Figuur 6: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1a) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton, E en F = €100/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A, C en E = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B, D en F = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).

Over het algemeen toont figuur 6 dat bij toenemende aankooprijzen van de groene en bruine fractie, en afnemende verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof, de maximale investeringskost en dus de economische haalbaarheid van de hub afneemt. Bovendien toont figuur 6 dat de aanname voor de aankooprijzen van de bouwstenen die extern worden aangekocht een aanzienlijke invloed heeft op de economische haalbaarheid van de biomassahub. Bij een aankooprijzen van beide inputstromen van €0 per ton, is de maximale jaarlijkse investeringskost groter dan 0 voor een verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof vanaf €425 per ton bij een gemiddelde aankooprijzen van de overige bouwstenen en €250 per ton bij de laagste aankooprijzen van de bouwstenen. Hierbij bedraagt de maximale jaarlijkse investeringskost respectievelijk €62.000 en €57.000. Indien de werkelijke (of geschatte) jaarlijkse investeringskost hoger is, dient ook de verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof hoger te zijn. Aangezien wij het profiel van de composteringsinstallatie zelf hebben samengesteld, is het niet eenvoudig een inschatting te maken van de werkelijke investeringskost. Dit is onder andere te wijten aan het samenspel van verschillende factoren die de totale investeringskost beïnvloeden zoals de capaciteit van de installatie en het type materiaal dat wordt verwerkt (Flikweert, 2019). Ook inzichten uit de literatuur zijn relatief beperkt. Op basis van Flikweert (2019) en Huybrechts & Vrancken (2005) maken we een ruwe inschatting voor de totale investeringskost van de composteerinstallatie in dit scenario van €1.250.000 (exclusief aankoop perceel). Met een geschatte levensduur van 15 jaar, resulteert dit in een jaarlijkse (lineaire) afschrijvingskost van €83.333. Dit betekent dat voorgaande maximale jaarlijkse investeringskosten onvoldoende zijn om de werkelijke investeringskost te dekken. De hub zal de bio-gebaseerde meststof dus respectievelijk aan minimaal €450 per ton en €275 per ton dienen te verkopen om niet verlieslatend te zijn. Hierbij is de maximale investeringskost hoger dan de werkelijke (geschatte) investeringskost, onder de aanname dat deze geschatte werkelijke investeringskost correct is.

Wanneer de aankooprijzen van de inputstromen stijgt, stijgt ook deze minimale verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof. Wanneer de aankooprijzen van de groene fractie bijvoorbeeld stijgt naar €50 per ton, dient de verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof respectievelijk minimaal €475 per ton en €300 per ton te zijn om de werkelijke investeringskosten van een composteerinstallatie te dekken. Wanneer ook de aankooprijzen van de houtige reststroom stijgt, bijvoorbeeld naar €50 per ton, stijgt de minimale verkoopsrijzen van de bio-gebaseerde meststof tot respectievelijk 500 per ton en >€300 per ton voor een aankooprijzen van de groene reststroom van €0 per ton. De maximale investeringskost overeenkomstig de eerste verkoopsrijzen is €158.000. Dit is hoger dan de geschatte jaarlijkse werkelijke investeringskost van zo'n €83.333. Wanneer de aankooprijzen van de houtige fractie stijgt naar €100 per ton, is de hub voor elk van de beschouwde verkoopsrijzen economisch verlieslatend, onafhankelijk van welke kostprijs wordt gehanteerd voor de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub.

Scenario 1b:

In scenario 1b beschouwen we opnieuw een hub met enkel een composteerinstallatie. De overige bouwstenen van de bio-gebaseerde meststof worden aangekocht. In tegenstelling tot in vorig scenario, heeft deze installatie nu een grotere capaciteit. Specifiek, heeft de hub volgende eigenschappen:

- 7.000 ton groente- en fruitreststromen en 3 cycli per jaar
- Verhouding groen/bruin materiaal gelijk aan 40/60
- Conversie van 60%
- Transport van de groente- en fruitreststromen naar de hub gebeurt door de hub zelf (60 km H/T, vrachtwagen gemiddeld genomen gevuld met 15 ton).

In vergelijking met scenario 1a heeft de hub dus een hogere capaciteit, een hogere conversie en het transport gebeurt door de hub zelf.

Figuur 7 toont de resultaten van de break-even analyse in dit scenario voor een aankoopprijs van de bruine fractie van €0 per ton (A) en €50 per ton (B). De resultaten worden hier dus getoond voor een selectie van de aankooprijzen voor de bruine fractie gebruikt in scenario 1a. Figuur 7 kan op dezelfde manier worden geïnterpreteerd als figuur 6 bij scenario 1a. Wanneer de bruine fractie gratis (exclusief transport) ter beschikking wordt gesteld, dient de verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof minimaal tussen €375 per ton (voor groene fractie aan €0/ton) en €425 per ton (voor groene fractie aan €100/ton) te liggen om te resulteren in een maximale investeringskost boven €0 voor een gemiddelde aankoopprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub. Bij de lagere aankoopprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub, daalt de minimale verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof naar €200 tot €250 per ton voor een aankoopprijs van de groene fractie van respectievelijk €0 en €100 per ton. Om in te schatten of deze maximale investeringskosten voldoende zijn, hebben we inzichten nodig in de werkelijke (geschatte) investeringskost van de composteerinstallatie in dit scenario. Verder bouwend op de inzichten uit scenario 1a, maken we op basis van Flikweert (2019) en Huybrechts & Vrancken (2005) een ruwe schatting van €2.000.000 voor de totale investeringskost. Deze is hoger dan in scenario 1a omwille van de grotere capaciteit van de composteerinstallatie maar hier niet rechtlijnig mee aangezien enkele grote investeringen in machines slechts beperkt afhankelijk zijn van de capaciteit van de installatie. Opnieuw laten we de aankoopkosten voor een perceel buiten beschouwing. Bovendien dienen we hier de investeringskosten voor het wagenpark voor het transport van de reststromen bij op te tellen. We nemen aan dat de hub 6 vrachtwagens aankoopt wat in totaal een investeringskost van ongeveer €1.000.000 vraagt. Met een aangenomen levensduur van 15 jaar, bedragen de totale jaarlijkse afschrijvingskosten van de hub in dit scenario €200.000. Figuur 7 toont dat de maximale investeringskosten voor de minimale verkoopprijzen hierboven vermeld steeds groter zijn dan €550.000 en dus ook groter dan de geschatte werkelijke jaarlijkse investeringskost van €200.000. In vergelijking met scenario 1a kan er dus een lagere verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof worden gebruikt voor eenzelfde aankoopprijs van de groene en bruine fractie en is de hub dus economisch niet verlieslatend bij lagere verkoopprijzen van de bio-gebaseerde meststof.

Wanneer de aankoopprijs van de bruine fractie stijgt naar €50 per ton, ligt de minimale verkoopprijs die de hub moet instellen voor de bio-gebaseerde meststof tussen €425 per ton (voor groene fractie aan €0/ton) en €475 per ton (voor groene fractie aan €100/ton), of tussen €250 (voor groene fractie aan €0/ton) en €300 per ton (voor groene fractie aan €100/ton), afhankelijk van de aankoopprijs van de bouwstenen niet geproduceerd op de hub. Bovendien is de maximale investeringskost die kan plaatsvinden wanneer de omschakeling gebeurt van negatief (rood) naar positief (groen), aanzienlijk hoger dan in scenario 1a. Hoewel de hub in scenario 1b dus hogere investeringskosten vraagt door de grotere capaciteit en het zelf organiseren van het transport, scoort de hub beter op economische haalbaarheid dan in scenario 1a omwille van de schaalvergroting.

(A)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs	€ 150	-8.687.722	-9.002.722	-9.317.722	-9.737.722	-10.262.722	-10.787.722
(€/ton BBM)	€ 175	-7.651.538	-7.966.538	-8.281.538	-8.701.538	-9.226.538	-9.751.538
	€ 200	-6.615.354	-6.930.354	-7.245.354	-7.665.354	-8.190.354	-8.715.354
	€ 225	-5.579.170	-5.894.170	-6.209.170	-6.629.170	-7.154.170	-7.679.170
	€ 250	-4.542.985	-4.857.985	-5.172.985	-5.592.985	-6.117.985	-6.642.985
	€ 275	-3.506.801	-3.821.801	-4.136.801	-4.556.801	-5.081.801	-5.606.801
	€ 300	-2.470.617	-2.785.617	-3.100.617	-3.520.617	-4.045.617	-4.570.617
	€ 325	-1.434.433	-1.749.433	-2.064.433	-2.484.433	-3.009.433	-3.534.433
	€ 350	-398.249	-713.249	-1.028.249	-1.448.249	-1.973.249	-2.498.249
	€ 375	637.936	322.936	7.936	-412.064	-937.064	-1.462.064
	€ 400	1.674.120	1.359.120	1.044.120	624.120	99.120	-425.880
	€ 425	2.710.304	2.395.304	2.080.304	1.660.304	1.135.304	610.304
	€ 450	3.746.488	3.431.488	3.116.488	2.696.488	2.171.488	1.646.488
	€ 475	4.782.672	4.467.672	4.152.672	3.732.672	3.207.672	2.682.672
	€ 500	5.818.857	5.503.857	5.188.857	4.768.857	4.243.857	3.718.857

(B)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs	€ 50	-€ 5.637.196	-€ 5.952.196	-€ 6.267.196	-€ 6.687.196	-€ 7.212.196	-€ 7.737.196
(€/ton BBM)	€ 75	-€ 4.601.012	-€ 4.916.012	-€ 5.231.012	-€ 5.651.012	-€ 6.176.012	-€ 6.701.012
	€ 100	-€ 3.564.828	-€ 3.879.828	-€ 4.194.828	-€ 4.614.828	-€ 5.139.828	-€ 5.664.828
	€ 125	-€ 2.528.643	-€ 2.843.643	-€ 3.158.643	-€ 3.578.643	-€ 4.103.643	-€ 4.628.643
	€ 150	-€ 1.492.459	-€ 1.807.459	-€ 2.122.459	-€ 2.542.459	-€ 3.067.459	-€ 3.592.459
	€ 175	-€ 456.275	-€ 771.275	-€ 1.086.275	-€ 1.506.275	-€ 2.031.275	-€ 2.556.275
	€ 200	€ 579.909	€ 264.909	-€ 50.091	-€ 470.091	-€ 995.091	-€ 1.520.091
	€ 225	€ 1.616.094	€ 1.301.094	€ 986.094	€ 566.094	€ 41.094	-€ 483.906
	€ 250	€ 2.652.278	€ 2.337.278	€ 2.022.278	€ 1.602.278	€ 1.077.278	€ 552.278
	€ 275	€ 3.688.462	€ 3.373.462	€ 3.058.462	€ 2.638.462	€ 2.113.462	€ 1.588.462
	€ 300	€ 4.724.646	€ 4.409.646	€ 4.094.646	€ 3.674.646	€ 3.149.646	€ 2.624.646

(C)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs	€ 150	-€ 10.262.722	-€ 10.577.722	-€ 10.892.722	-€ 11.312.722	-€ 11.837.722	-€ 12.362.722
(€/ton BBM)	€ 175	-€ 9.226.538	-€ 9.541.538	-€ 9.856.538	-€ 10.276.538	-€ 10.801.538	-€ 11.326.538
	€ 200	-€ 8.190.354	-€ 8.505.354	-€ 8.820.354	-€ 9.240.354	-€ 9.765.354	-€ 10.290.354
	€ 225	-€ 7.154.170	-€ 7.469.170	-€ 7.784.170	-€ 8.204.170	-€ 8.729.170	-€ 9.254.170
	€ 250	-€ 6.117.985	-€ 6.432.985	-€ 6.747.985	-€ 7.167.985	-€ 7.692.985	-€ 8.217.985
	€ 275	-€ 5.081.801	-€ 5.396.801	-€ 5.711.801	-€ 6.131.801	-€ 6.656.801	-€ 7.181.801
	€ 300	-€ 4.045.617	-€ 4.360.617	-€ 4.675.617	-€ 5.095.617	-€ 5.620.617	-€ 6.145.617
	€ 325	-€ 3.009.433	-€ 3.324.433	-€ 3.639.433	-€ 4.059.433	-€ 4.584.433	-€ 5.109.433
	€ 350	-€ 1.973.249	-€ 2.288.249	-€ 2.603.249	-€ 3.023.249	-€ 3.548.249	-€ 4.073.249
	€ 375	-€ 937.064	-€ 1.252.064	-€ 1.567.064	-€ 1.987.064	-€ 2.512.064	-€ 3.037.064
	€ 400	€ 99.120	-€ 215.880	-€ 530.880	-€ 950.880	-€ 1.475.880	-€ 2.000.880
	€ 425	€ 1.135.304	€ 820.304	€ 505.304	€ 85.304	-€ 439.696	-€ 964.696
	€ 450	€ 2.171.488	€ 1.856.488	€ 1.541.488	€ 1.121.488	€ 596.488	€ 71.488
	€ 475	€ 3.207.672	€ 2.892.672	€ 2.577.672	€ 2.157.672	€ 1.632.672	€ 1.107.672
	€ 500	€ 4.243.857	€ 3.928.857	€ 3.613.857	€ 3.193.857	€ 2.668.857	€ 2.143.857

(D)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs	€ 50	-€ 7.212.196	-€ 7.527.196	-€ 7.842.196	-€ 8.262.196	-€ 8.787.196	-€ 9.312.196
(€/ton BBM)	€ 75	-€ 6.176.012	-€ 6.491.012	-€ 6.806.012	-€ 7.226.012	-€ 7.751.012	-€ 8.276.012
	€ 100	-€ 5.139.828	-€ 5.454.828	-€ 5.769.828	-€ 6.189.828	-€ 6.714.828	-€ 7.239.828
	€ 125	-€ 4.103.643	-€ 4.418.643	-€ 4.733.643	-€ 5.153.643	-€ 5.678.643	-€ 6.203.643
	€ 150	-€ 3.067.459	-€ 3.382.459	-€ 3.697.459	-€ 4.117.459	-€ 4.642.459	-€ 5.167.459
	€ 175	-€ 2.031.275	-€ 2.346.275	-€ 2.661.275	-€ 3.081.275	-€ 3.606.275	-€ 4.131.275
	€ 200	-€ 995.091	-€ 1.310.091	-€ 1.625.091	-€ 2.045.091	-€ 2.570.091	-€ 3.095.091
	€ 225	€ 41.094	-€ 273.906	-€ 588.906	-€ 1.008.907	-€ 1.533.907	-€ 2.058.907
	€ 250	€ 1.077.278	€ 762.278	€ 447.278	€ 27.278	-€ 497.722	-€ 1.022.722
	€ 275	€ 2.113.462	€ 1.798.462	€ 1.483.462	€ 1.063.462	€ 538.462	€ 13.462
	€ 300	€ 3.149.646	€ 2.834.646	€ 2.519.646	€ 2.099.646	€ 1.574.646	€ 1.049.646

Figuur 7: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1b) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).

Scenario 1c:

In scenario 1c bevat de hub dezelfde (grootschalige) composteerinstallatie als in scenario 1b. Het verschil is de manier waarop het transport van de groente- en fruitreststromen en de houtige reststromen naar de hub gebeurt. In scenario 1b werd dit door de hub zelf gedaan, terwijl dit in scenario 1c wordt uitbesteed aan een loonwerker (zoals in scenario 1a).

De resultaten van dit scenario worden getoond in figuur 8. Opnieuw beschouwen we hier enkel aankooprijzen van de bruine fractie van €0/ton en €50/ton. In vergelijking met scenario 1b, stijgt de minimale verkoopprijs die de hub moet vragen voor de bio-gebaseerde meststof om niet verlieslatend te zijn. Hierbij worden uiteraard de lagere investeringskosten (€133.333 per jaar) in rekening gebracht omdat er niet dient te worden geïnvesteerd in een vrachtwagenpark voor transport. Wanneer de bruine fractie gratis ter beschikking wordt gesteld, moet de minimale verkoopprijs tussen €400 per ton en €450 per ton liggen, terwijl dit in scenario 1b €375 per ton tot €425 per ton bedroeg voor een gemiddelde aankooprijzen van de overige bouwstenen. Opnieuw speelt ook de aankooprijzen van de groene fractie een rol. Wanneer deze prijs €30 per ton bedraagt, dient de minimale verkoopprijs te stijgen naar €425 per ton. Voor een aankooprijzen van de groene fractie tot €15 per ton blijft de minimale verkoopprijs van de meststof echter €425 per ton maar daalt de maximale investeringskost. Voor de lagere aankooprijzen van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub gelden gelijkaardige bevindingen. Daar moet de minimale verkoopprijs van de meststof gesitueerd zijn tussen €225 en €275 per ton, afhankelijk van de aankooprijzen van de groene fractie. Dit is opnieuw hoger dan in scenario 1b. Bij een prijs van €50 per ton voor de bruine fractie vinden we gelijkaardige resultaten: ook hier stijgt de minimale verkoopprijs die moet worden verkregen voor de bio-gebaseerde meststof opdat de hub niet verlieslatend is, ten opzichte van scenario 1b. De verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof dient hier minimaal €425 of €275 per ton te zijn om niet verlieslatend te zijn voor respectievelijk een gemiddelde of lagere aankooprijzen van de overige bouwstenen.

(A)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 9.616.531	-€ 9.931.531	-€ 10.246.531	-€ 10.666.531	-€ 11.191.531	-€ 11.716.531
	€ 175	-€ 8.580.347	-€ 8.895.347	-€ 9.210.347	-€ 9.630.347	-€ 10.155.347	-€ 10.680.347
	€ 200	-€ 7.544.163	-€ 7.859.163	-€ 8.174.163	-€ 8.594.163	-€ 9.119.163	-€ 9.644.163
	€ 225	-€ 6.507.979	-€ 6.822.979	-€ 7.137.979	-€ 7.557.979	-€ 8.082.979	-€ 8.607.979
	€ 250	-€ 5.471.794	-€ 5.786.794	-€ 6.101.794	-€ 6.521.794	-€ 7.046.794	-€ 7.571.794
	€ 275	-€ 4.435.610	-€ 4.750.610	-€ 5.065.610	-€ 5.485.610	-€ 6.010.610	-€ 6.535.610
	€ 300	-€ 3.399.426	-€ 3.714.426	-€ 4.029.426	-€ 4.449.426	-€ 4.974.426	-€ 5.499.426
	€ 325	-€ 2.363.242	-€ 2.678.242	-€ 2.993.242	-€ 3.413.242	-€ 3.938.242	-€ 4.463.242
	€ 350	-€ 1.327.058	-€ 1.642.058	-€ 1.957.058	-€ 2.377.058	-€ 2.902.058	-€ 3.427.058
	€ 375	-€ 290.873	-€ 605.873	-€ 920.873	-€ 1.340.873	-€ 1.865.873	-€ 2.390.873
	€ 400	€ 745.311	€ 430.311	€ 115.311	-€ 304.689	-€ 829.689	-€ 1.354.689
	€ 425	€ 1.781.495	€ 1.466.495	€ 1.151.495	€ 731.495	€ 206.495	-€ 318.505
	€ 450	€ 2.817.679	€ 2.502.679	€ 2.187.679	€ 1.767.679	€ 1.242.679	€ 717.679
	€ 475	€ 3.853.863	€ 3.538.863	€ 3.223.863	€ 2.803.863	€ 2.278.863	€ 1.753.863
	€ 500	€ 4.890.048	€ 4.575.048	€ 4.260.048	€ 3.840.048	€ 3.315.048	€ 2.790.048

(B)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 6.566.005	-€ 6.881.005	-€ 7.196.005	-€ 7.616.005	-€ 8.141.005	-€ 8.666.005
	€ 75	-€ 5.529.821	-€ 5.844.821	-€ 6.159.821	-€ 6.579.821	-€ 7.104.821	-€ 7.629.821
	€ 100	-€ 4.493.637	-€ 4.808.637	-€ 5.123.637	-€ 5.543.637	-€ 6.068.637	-€ 6.593.637
	€ 125	-€ 3.457.452	-€ 3.772.452	-€ 4.087.452	-€ 4.507.452	-€ 5.032.452	-€ 5.557.452
	€ 150	-€ 2.421.268	-€ 2.736.268	-€ 3.051.268	-€ 3.471.268	-€ 3.996.268	-€ 4.521.268
	€ 175	-€ 1.385.084	-€ 1.700.084	-€ 2.015.084	-€ 2.435.084	-€ 2.960.084	-€ 3.485.084
	€ 200	-€ 348.900	-€ 663.900	-€ 978.900	-€ 1.398.900	-€ 1.923.900	-€ 2.448.900
	€ 225	€ 687.285	€ 372.285	€ 57.285	-€ 362.715	-€ 887.715	-€ 1.412.716
	€ 250	€ 1.723.469	€ 1.408.469	€ 1.093.469	€ 673.469	€ 148.469	-€ 376.531
	€ 275	€ 2.759.653	€ 2.444.653	€ 2.129.653	€ 1.709.653	€ 1.184.653	€ 659.653
	€ 300	€ 3.795.837	€ 3.480.837	€ 3.165.837	€ 2.745.837	€ 2.220.837	€ 1.695.837

(C)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 11.191.531	-€ 11.506.531	-€ 11.821.531	-€ 12.241.531	-€ 12.766.531	-€ 13.291.531
	€ 175	-€ 10.155.347	-€ 10.470.347	-€ 10.785.347	-€ 11.205.347	-€ 11.730.347	-€ 12.255.347
	€ 200	-€ 9.119.163	-€ 9.434.163	-€ 9.749.163	-€ 10.169.163	-€ 10.694.163	-€ 11.219.163
	€ 225	-€ 8.082.979	-€ 8.397.979	-€ 8.712.979	-€ 9.132.979	-€ 9.657.979	-€ 10.182.979
	€ 250	-€ 7.046.794	-€ 7.361.794	-€ 7.676.794	-€ 8.096.794	-€ 8.621.794	-€ 9.146.794
	€ 275	-€ 6.010.610	-€ 6.325.610	-€ 6.640.610	-€ 7.060.610	-€ 7.585.610	-€ 8.110.610
	€ 300	-€ 4.974.426	-€ 5.289.426	-€ 5.604.426	-€ 6.024.426	-€ 6.549.426	-€ 7.074.426
	€ 325	-€ 3.938.242	-€ 4.253.242	-€ 4.568.242	-€ 4.988.242	-€ 5.513.242	-€ 6.038.242
	€ 350	-€ 2.902.058	-€ 3.217.058	-€ 3.532.058	-€ 3.952.058	-€ 4.477.058	-€ 5.002.058
	€ 375	-€ 1.865.873	-€ 2.180.873	-€ 2.495.873	-€ 2.915.873	-€ 3.440.873	-€ 3.965.873
	€ 400	-€ 829.689	-€ 1.144.689	-€ 1.459.689	-€ 1.879.689	-€ 2.404.689	-€ 2.929.689
	€ 425	€ 206.495	-€ 108.505	-€ 423.505	-€ 843.505	-€ 1.368.505	-€ 1.893.505
	€ 450	€ 1.242.679	€ 927.679	€ 612.679	€ 192.679	-€ 332.321	-€ 857.321
	€ 475	€ 2.278.863	€ 1.963.863	€ 1.648.863	€ 1.228.863	€ 703.863	€ 178.863
	€ 500	€ 3.315.048	€ 3.000.048	€ 2.685.048	€ 2.265.048	€ 1.740.048	€ 1.215.048

(D)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 8.141.005	-€ 8.456.005	-€ 8.771.005	-€ 9.191.005	-€ 9.716.005	-€ 10.241.005
	€ 75	-€ 7.104.821	-€ 7.419.821	-€ 7.734.821	-€ 8.154.821	-€ 8.679.821	-€ 9.204.821
	€ 100	-€ 6.068.637	-€ 6.383.637	-€ 6.698.637	-€ 7.118.637	-€ 7.643.637	-€ 8.168.637
	€ 125	-€ 5.032.452	-€ 5.347.452	-€ 5.662.452	-€ 6.082.452	-€ 6.607.452	-€ 7.132.452
	€ 150	-€ 3.996.268	-€ 4.311.268	-€ 4.626.268	-€ 5.046.268	-€ 5.571.268	-€ 6.096.268
	€ 175	-€ 2.960.084	-€ 3.275.084	-€ 3.590.084	-€ 4.010.084	-€ 4.535.084	-€ 5.060.084
	€ 200	-€ 1.923.900	-€ 2.238.900	-€ 2.553.900	-€ 2.973.900	-€ 3.498.900	-€ 4.023.900
	€ 225	-€ 887.715	-€ 1.202.716	-€ 1.517.716	-€ 1.937.716	-€ 2.462.716	-€ 2.987.716
	€ 250	€ 148.469	-€ 166.531	-€ 481.531	-€ 901.531	-€ 1.426.531	-€ 1.951.531
	€ 275	€ 1.184.653	€ 869.653	€ 554.653	€ 134.653	-€ 390.347	-€ 915.347
	€ 300	€ 2.220.837	€ 1.905.837	€ 1.590.837	€ 1.170.837	€ 645.837	€ 120.837

Figuur 8: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 1c) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).

Scenario 2a:

In scenario 2a beschouwen we een hub die zowel een composteerinstallatie bevat als een installatie voor insectenkweek van de zwarte soldatenvlieg. De biochar en microbiële massa worden door de hub als inputstromen voor de bio-gebaseerde meststof aangekocht. De composteerinstallatie is hetzelfde als deze gedefinieerd in scenario 1c. Daarnaast wordt aangenomen dat de installatie van insectenkweek enkel de eerste stap van het proces voltooit tot gedroogde larvenbiomassa en insecten frass en dus niet de transformatiestap. We nemen hierbij aan dat de biomassahub deze droge larvenbiomassa verkoopt als extra inkomstenbron.

Figuur 9 toont de resultaten van de break-even analyse voor dit scenario. Hieruit blijkt dat voor een aankoopprijs van de bruine fractie van €0 per ton en een gemiddelde aankoopprijs van de bouwstenen niet geproduceerd op de hub de verkoopprijzen van de bio-gebaseerde meststof zich moeten situeren tussen €400 en €450 per ton om een positieve maximale investeringskost te verkrijgen. Voor de lagere aankoopprijs van de overige bouwstenen bedraagt dit €225 tot €275 per ton. Bovendien vraagt het opnemen van de installatie voor insectenkweek op de hub bijkomende investeringskosten. In het RUSTICA project worden investeringskosten voor de installatie zonder transformatiestap van €5.173.350 gebruikt op basis van de data van een pilootinstallatie bij de technologiepartner. Aangezien de installatie een levensduur van 30 jaar heeft, komt dit neer op €172.445 per jaar (zonder rekening te houden met de tijds waarde van geld). Wanneer we hierbij de jaarlijkse afschrijvingskosten van de composteerinstallatie uit scenario 1c optellen, bekomen we een totale jaarlijkse investeringskost van €305.778.

Dit cijfer leert ons dat bij bijvoorbeeld €0/ton voor de bruine en groene fractie en een gemiddelde aankoopprijs van de overige bouwstenen de maximale investeringskost van €440.168 voldoende is om de werkelijke investeringskosten van de composteerinstallatie en installatie voor insectenkweek te dekken. Om niet verlieslatend te zijn, zal de hub dus minimaal €400 per ton bio-gebaseerde meststof moeten vragen. Voor een lagere aankoopprijs van de overige bouwstenen bedraagt de minimale verkoopprijs in een gelijkaardige situatie €225 per ton meststof. In vergelijking met scenario 1c zien we dat het opnemen van de installatie voor insectenkweek een relatief beperkte invloed heeft op de benodigde verkoopprijs voor de bio-gebaseerde meststof. De minimale verkoopprijs van de meststof wijzigt niet voor een aankoopprijs van de groene en bruine fractie van €0 per ton maar de maximale investeringskost daalt. Dit betekent dat in scenario 1c een hogere winst bekomen kan worden voor eenzelfde verkoopprijs van de meststof. Verder zien we bij toenemende aankoopprijs van de groene fractie opnieuw dat de economische haalbaarheid afneemt en dit sneller dan in scenario 1c. Waar in scenario 1c tot een aankoopprijs van €15 per ton voor de groene fractie, de benodigde minimale verkoopprijs van de meststof niet wijzigde, is dit nu wel het geval. Ook bij een stijging in de aankoopprijs van de bruine fractie naar €50 per ton, daalt de economische haalbaarheid van de hub. Bij een aankoopprijs van de groene fractie van €30 per ton stijgt de minimale verkoopprijs voor de meststof van €425 per ton naar €475 per ton voor een gemiddelde aankoopprijs van de overige bouwstenen. Voor een lagere aankoopprijs stijgt de minimale verkoopprijs van €250 per ton naar €300 per ton bij een aankoopprijs van de groene fractie van €30 per ton.

(A)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 9.921.674	-€ 10.236.674	-€ 10.551.674	-€ 10.971.674	-€ 11.496.674	-€ 12.021.674
	€ 175	-€ 8.885.490	-€ 9.200.490	-€ 9.515.490	-€ 9.935.490	-€ 10.460.490	-€ 10.985.490
	€ 200	-€ 7.849.306	-€ 8.164.306	-€ 8.479.306	-€ 8.899.306	-€ 9.424.306	-€ 9.949.306
	€ 225	-€ 6.813.122	-€ 7.128.122	-€ 7.443.122	-€ 7.863.122	-€ 8.388.122	-€ 8.913.122
	€ 250	-€ 5.776.938	-€ 6.091.938	-€ 6.406.938	-€ 6.826.938	-€ 7.351.938	-€ 7.876.938
	€ 275	-€ 4.740.753	-€ 5.055.753	-€ 5.370.753	-€ 5.790.753	-€ 6.315.753	-€ 6.840.753
	€ 300	-€ 3.704.569	-€ 4.019.569	-€ 4.334.569	-€ 4.754.569	-€ 5.279.569	-€ 5.804.569
	€ 325	-€ 2.668.385	-€ 2.983.385	-€ 3.298.385	-€ 3.718.385	-€ 4.243.385	-€ 4.768.385
	€ 350	-€ 1.632.201	-€ 1.947.201	-€ 2.262.201	-€ 2.682.201	-€ 3.207.201	-€ 3.732.201
	€ 375	-€ 596.017	-€ 911.017	-€ 1.226.017	-€ 1.646.017	-€ 2.171.017	-€ 2.696.017
	€ 400	€ 440.168	€ 125.168	-€ 189.832	-€ 609.832	-€ 1.134.832	-€ 1.659.832
	€ 425	€ 1.476.352	€ 1.161.352	€ 846.352	€ 426.352	-€ 98.648	-€ 623.648
	€ 450	€ 2.512.536	€ 2.197.536	€ 1.882.536	€ 1.462.536	€ 937.536	€ 412.536
	€ 475	€ 3.548.720	€ 3.233.720	€ 2.918.720	€ 2.498.720	€ 1.973.720	€ 1.448.720
	€ 500	€ 4.584.904	€ 4.269.904	€ 3.954.904	€ 3.534.904	€ 3.009.904	€ 2.484.904

(B)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 6.937.464	-€ 7.252.464	-€ 7.567.464	-€ 7.987.464	-€ 8.512.464	-€ 9.037.464
	€ 75	-€ 5.901.280	-€ 6.216.280	-€ 6.531.280	-€ 6.951.280	-€ 7.476.280	-€ 8.001.280
	€ 100	-€ 4.865.096	-€ 5.180.096	-€ 5.495.096	-€ 5.915.096	-€ 6.440.096	-€ 6.965.096
	€ 125	-€ 3.828.911	-€ 4.143.911	-€ 4.458.911	-€ 4.878.911	-€ 5.403.911	-€ 5.928.911
	€ 150	-€ 2.792.727	-€ 3.107.727	-€ 3.422.727	-€ 3.842.727	-€ 4.367.727	-€ 4.892.727
	€ 175	-€ 1.756.543	-€ 2.071.543	-€ 2.386.543	-€ 2.806.543	-€ 3.331.543	-€ 3.856.543
	€ 200	-€ 720.359	-€ 1.035.359	-€ 1.350.359	-€ 1.770.359	-€ 2.295.359	-€ 2.820.359
	€ 225	€ 315.826	€ 826	-€ 314.174	-€ 734.174	-€ 1.259.174	-€ 1.784.174
	€ 250	€ 1.352.010	€ 1.037.010	€ 722.010	€ 302.010	-€ 222.990	-€ 747.990
	€ 275	€ 2.388.194	€ 2.073.194	€ 1.758.194	€ 1.338.194	€ 813.194	€ 288.194
	€ 300	€ 3.424.378	€ 3.109.378	€ 2.794.378	€ 2.374.378	€ 1.849.378	€ 1.324.378

(C)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 11.496.674	-€ 11.811.674	-€ 12.126.674	-€ 12.546.674	-€ 13.071.674	-€ 13.596.674
	€ 175	-€ 10.460.490	-€ 10.775.490	-€ 11.090.490	-€ 11.510.490	-€ 12.035.490	-€ 12.560.490
	€ 200	-€ 9.424.306	-€ 9.739.306	-€ 10.054.306	-€ 10.474.306	-€ 10.999.306	-€ 11.524.306
	€ 225	-€ 8.388.122	-€ 8.703.122	-€ 9.018.122	-€ 9.438.122	-€ 9.963.122	-€ 10.488.122
	€ 250	-€ 7.351.938	-€ 7.666.938	-€ 7.981.938	-€ 8.401.938	-€ 8.926.938	-€ 9.451.938
	€ 275	-€ 6.315.753	-€ 6.630.753	-€ 6.945.753	-€ 7.365.753	-€ 7.890.753	-€ 8.415.753
	€ 300	-€ 5.279.569	-€ 5.594.569	-€ 5.909.569	-€ 6.329.569	-€ 6.854.569	-€ 7.379.569
	€ 325	-€ 4.243.385	-€ 4.558.385	-€ 4.873.385	-€ 5.293.385	-€ 5.818.385	-€ 6.343.385
	€ 350	-€ 3.207.201	-€ 3.522.201	-€ 3.837.201	-€ 4.257.201	-€ 4.782.201	-€ 5.307.201
	€ 375	-€ 2.171.017	-€ 2.486.017	-€ 2.801.017	-€ 3.221.017	-€ 3.746.017	-€ 4.271.017
	€ 400	-€ 1.134.832	-€ 1.449.832	-€ 1.764.832	-€ 2.184.832	-€ 2.709.832	-€ 3.234.832
	€ 425	-€ 98.648	-€ 413.648	-€ 728.648	-€ 1.148.648	-€ 1.673.648	-€ 2.198.648
	€ 450	€ 937.536	€ 622.536	€ 307.536	-€ 112.464	-€ 637.464	-€ 1.162.464
	€ 475	€ 1.973.720	€ 1.658.720	€ 1.343.720	€ 923.720	€ 398.720	-€ 126.280
	€ 500	€ 3.009.904	€ 2.694.904	€ 2.379.904	€ 1.959.904	€ 1.434.904	€ 909.904

(D)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 8.512.464	-€ 8.827.464	-€ 9.142.464	-€ 9.562.464	-€ 10.087.464	-€ 10.612.464
	€ 75	-€ 7.476.280	-€ 7.791.280	-€ 8.106.280	-€ 8.526.280	-€ 9.051.280	-€ 9.576.280
	€ 100	-€ 6.440.096	-€ 6.755.096	-€ 7.070.096	-€ 7.490.096	-€ 8.015.096	-€ 8.540.096
	€ 125	-€ 5.403.911	-€ 5.718.911	-€ 6.033.911	-€ 6.453.911	-€ 6.978.911	-€ 7.503.911
	€ 150	-€ 4.367.727	-€ 4.682.727	-€ 4.997.727	-€ 5.417.727	-€ 5.942.727	-€ 6.467.727
	€ 175	-€ 3.331.543	-€ 3.646.543	-€ 3.961.543	-€ 4.381.543	-€ 4.906.543	-€ 5.431.543
	€ 200	-€ 2.295.359	-€ 2.610.359	-€ 2.925.359	-€ 3.345.359	-€ 3.870.359	-€ 4.395.359
	€ 225	-€ 1.259.174	-€ 1.574.174	-€ 1.889.174	-€ 2.309.174	-€ 2.834.174	-€ 3.359.174
	€ 250	-€ 222.990	-€ 537.990	-€ 852.990	-€ 1.272.990	-€ 1.797.990	-€ 2.322.990
	€ 275	€ 813.194	€ 498.194	€ 183.194	-€ 236.806	-€ 761.806	-€ 1.286.806
	€ 300	€ 1.849.378	€ 1.534.378	€ 1.219.378	€ 799.378	€ 274.378	-€ 250.622

Figuur 9: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 2a) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).

Scenario 2b:

In scenario 2b bevat de hub opnieuw de grootschaligere composteerinstallatie en de installatie voor insectenweek. Hierbij worden nu niet enkel insecten frass geproduceerd, maar wordt ook de transformatiestap uitgevoerd van de verse larvenbiomassa tot enkele hoogwaardige producten. Deze kunnen dan ook door de hub worden verkocht als extra inkomstenbron.

Figuur 10 toont de resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen. Wat meteen opvalt in vergelijking met figuur 9, is de groene kleur die in een aanzienlijk groter deel van de figuur aanwezig is. Wanneer we aannemen dat de bruine fractie gratis ter beschikking wordt gesteld, is de maximale investeringskost van de hub in dit scenario voor een gemiddelde aankoopprijs van de overige bouwstenen positief bij een verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof van €325 tot €375 per ton, terwijl dit in scenario 2a nog €400 tot €450 per ton bedroeg. Voor een lagere aankoopprijs van de overige bouwstenen ligt de minimale verkoopprijs in dit scenario tussen €150 en €200 per ton voor €0 per ton voor de houtige fractie, in vergelijking met €225 tot 275 per ton in scenario 2a. Het toevoegen van de transformatiestap op de hub verhoogt dus duidelijk de economische haalbaarheid van de hub, zeker aangezien bijkomende investeringskosten relatief beperkt zijn. Voorwaarde hiervoor is wel dat de producten die vrijkomen op de hub door de transformatiestap verkocht kunnen worden. Wereldwijd wordt een groeiende markt voorspeld voor chitosan⁶, laurinezuur⁷ en insectenproteïne⁸. Dit lijkt dus zeker opportuniteiten te bieden voor de afzet van deze producten.

In het RUSTICA project worden de totale investeringskosten nodig voor de transformatiestap geschat op €1.815.248 op basis van data voor een pilootinstallatie aangeleverd door de technologiepartner. Deze installatie heeft een levensduur van 30 jaar en dus bedraagt de jaarlijkse bijkomende investeringskost voor de transformatiestap €60.508. De totale jaarlijkse investeringskost voor de insectenweek installatie is dus €232.953 en deze voor de gehele hub inclusief composteerinstallatie €366.286. Dit cijfer laat ons toe om de resultaten van de break-even analyse verder te nuanceren. Aangezien de totale investeringskosten van de hub (inclusief composteerinstallatie) groter zijn dan €202.588, zal de minimale verkoopprijs van de meststof bijvoorbeeld €350 per ton moeten zijn bij een prijs van €0/ton voor de bruine en groene fractie en een gemiddelde aankoopprijs van de overige bouwstenen om niet verlieslatend te zijn. Het verschil tussen de maximale berekende investeringskost (€1.238.772) en de (geschatte) werkelijke investeringskost (€366.286) zijn dan winsten die de hub kan genereren. Wanneer de lagere aankoopprijs voor de bouwstenen niet geproduceerd op de hub worden beschouwd, bedraagt de minimale verkoopprijs van de meststof om niet verlieslatend te zijn €175 per ton voor een aankoopprijs van €0 per ton voor de groene en bruine fractie.

⁶ <https://exactitudeconsultancy.com/nl/reports/4443/chitosan-market/>

⁷ <https://www.futuremarketinsights.com/reports/lauric-acid-market>

⁸ <https://www.futuremarketinsights.com/reports/insect-protein-market>

(A)	Prijs groene fractie (€/ton)	Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
		€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 7.050.702	-€ 7.365.702	-€ 7.680.702	-€ 8.100.702	-€ 8.625.702	-€ 9.150.702
	€ 175	-€ 6.014.517	-€ 6.329.517	-€ 6.644.517	-€ 7.064.517	-€ 7.589.517	-€ 8.114.517
	€ 200	-€ 4.978.333	-€ 5.293.333	-€ 5.608.333	-€ 6.028.333	-€ 6.553.333	-€ 7.078.333
	€ 225	-€ 3.942.149	-€ 4.257.149	-€ 4.572.149	-€ 4.992.149	-€ 5.517.149	-€ 6.042.149
	€ 250	-€ 2.905.965	-€ 3.220.965	-€ 3.535.965	-€ 3.955.965	-€ 4.480.965	-€ 5.005.965
	€ 275	-€ 1.869.781	-€ 2.184.781	-€ 2.499.781	-€ 2.919.781	-€ 3.444.781	-€ 3.969.781
	€ 300	-€ 833.596	-€ 1.148.596	-€ 1.463.596	-€ 1.883.596	-€ 2.408.596	-€ 2.933.596
	€ 325	€ 202.588	-€ 112.412	-€ 427.412	-€ 847.412	-€ 1.372.412	-€ 1.897.412
	€ 350	€ 1.238.772	€ 923.772	€ 608.772	€ 188.772	-€ 336.228	-€ 861.228
	€ 375	€ 2.274.956	€ 1.959.956	€ 1.644.956	€ 1.224.956	€ 699.956	€ 174.956
	€ 400	€ 3.311.140	€ 2.996.140	€ 2.681.140	€ 2.261.140	€ 1.736.140	€ 1.211.140
	€ 425	€ 4.347.325	€ 4.032.325	€ 3.717.325	€ 3.297.325	€ 2.772.325	€ 2.247.325
	€ 450	€ 5.383.509	€ 5.068.509	€ 4.753.509	€ 4.333.509	€ 3.808.509	€ 3.283.509
	€ 475	€ 6.419.693	€ 6.104.693	€ 5.789.693	€ 5.369.693	€ 4.844.693	€ 4.319.693
	€ 500	€ 7.455.877	€ 7.140.877	€ 6.825.877	€ 6.405.877	€ 5.880.877	€ 5.355.877

(C)	Prijs groene fractie (€/ton)	Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
		€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 8.625.702	-€ 8.940.702	-€ 9.255.702	-€ 9.675.702	-€ 10.200.702	-€ 10.725.702
	€ 175	-€ 7.589.517	-€ 7.904.517	-€ 8.219.517	-€ 8.639.517	-€ 9.164.517	-€ 9.689.517
	€ 200	-€ 6.553.333	-€ 6.868.333	-€ 7.183.333	-€ 7.603.333	-€ 8.128.333	-€ 8.653.333
	€ 225	-€ 5.517.149	-€ 5.832.149	-€ 6.147.149	-€ 6.567.149	-€ 7.092.149	-€ 7.617.149
	€ 250	-€ 4.480.965	-€ 4.795.965	-€ 5.110.965	-€ 5.530.965	-€ 6.055.965	-€ 6.580.965
	€ 275	-€ 3.444.781	-€ 3.759.781	-€ 4.074.781	-€ 4.494.781	-€ 5.019.781	-€ 5.544.781
	€ 300	-€ 2.408.596	-€ 2.723.596	-€ 3.038.596	-€ 3.458.596	-€ 3.983.596	-€ 4.508.596
	€ 325	-€ 1.372.412	-€ 1.687.412	-€ 2.002.412	-€ 2.422.412	-€ 2.947.412	-€ 3.472.412
	€ 350	-€ 336.228	-€ 651.228	-€ 966.228	-€ 1.386.228	-€ 1.911.228	-€ 2.436.228
	€ 375	€ 699.956	€ 384.956	€ 69.956	-€ 350.044	-€ 875.044	-€ 1.400.044
	€ 400	€ 1.736.140	€ 1.421.140	€ 1.106.140	€ 686.140	€ 161.140	-€ 363.860
	€ 425	€ 2.772.325	€ 2.457.325	€ 2.142.325	€ 1.722.325	€ 1.197.325	€ 672.325
	€ 450	€ 3.808.509	€ 3.493.509	€ 3.178.509	€ 2.758.509	€ 2.233.509	€ 1.708.509
	€ 475	€ 4.844.693	€ 4.529.693	€ 4.214.693	€ 3.794.693	€ 3.269.693	€ 2.744.693
	€ 500	€ 5.880.877	€ 5.565.877	€ 5.250.877	€ 4.830.877	€ 4.305.877	€ 3.780.877

(B)	Prijs groene fractie (€/ton)	Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
		€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 4.066.491	-€ 4.381.491	-€ 4.696.491	-€ 5.116.491	-€ 5.641.491	-€ 6.166.491
	€ 75	-€ 3.030.307	-€ 3.345.307	-€ 3.660.307	-€ 4.080.307	-€ 4.605.307	-€ 5.130.307
	€ 100	-€ 1.994.123	-€ 2.309.123	-€ 2.624.123	-€ 3.044.123	-€ 3.569.123	-€ 4.094.123
	€ 125	-€ 957.938	-€ 1.272.938	-€ 1.587.938	-€ 2.007.938	-€ 2.532.938	-€ 3.057.938
	€ 150	€ 78.246	-€ 236.754	-€ 551.754	-€ 971.754	-€ 1.496.754	-€ 2.021.754
	€ 175	€ 1.114.430	€ 799.430	€ 484.430	€ 64.430	-€ 460.570	-€ 985.570
	€ 200	€ 2.150.614	€ 1.835.614	€ 1.520.614	€ 1.100.614	€ 575.614	€ 50.614
	€ 225	€ 3.186.798	€ 2.871.798	€ 2.556.798	€ 2.136.798	€ 1.611.798	€ 1.086.798
	€ 250	€ 4.222.983	€ 3.907.983	€ 3.592.983	€ 3.172.983	€ 2.647.983	€ 2.122.983
	€ 275	€ 5.259.167	€ 4.944.167	€ 4.629.167	€ 4.209.167	€ 3.684.167	€ 3.159.167
	€ 300	€ 6.295.351	€ 5.980.351	€ 5.665.351	€ 5.245.351	€ 4.720.351	€ 4.195.351

(D)	Prijs groene fractie (€/ton)	Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
		€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 5.641.491	-€ 5.956.491	-€ 6.271.491	-€ 6.691.491	-€ 7.216.491	-€ 7.741.491
	€ 75	-€ 4.605.307	-€ 4.920.307	-€ 5.235.307	-€ 5.655.307	-€ 6.180.307	-€ 6.705.307
	€ 100	-€ 3.569.123	-€ 3.884.123	-€ 4.199.123	-€ 4.619.123	-€ 5.144.123	-€ 5.669.123
	€ 125	-€ 2.532.938	-€ 2.847.938	-€ 3.162.938	-€ 3.582.938	-€ 4.107.938	-€ 4.632.938
	€ 150	-€ 1.496.754	-€ 1.811.754	-€ 2.126.754	-€ 2.546.754	-€ 3.071.754	-€ 3.596.754
	€ 175	-€ 460.570	-€ 775.570	-€ 1.090.570	-€ 1.510.570	-€ 2.035.570	-€ 2.560.570
	€ 200	€ 575.614	€ 260.614	-€ 54.386	-€ 474.386	-€ 999.386	-€ 1.524.386
	€ 225	€ 1.611.798	€ 1.296.798	€ 981.798	€ 561.798	€ 36.798	-€ 488.202
	€ 250	€ 2.647.983	€ 2.332.983	€ 2.017.983	€ 1.597.983	€ 1.072.983	€ 547.983
	€ 275	€ 3.684.167	€ 3.369.167	€ 3.054.167	€ 2.634.167	€ 2.109.167	€ 1.584.167
	€ 300	€ 4.720.351	€ 4.405.351	€ 4.090.351	€ 3.670.351	€ 3.145.351	€ 2.620.351

Figuur 10: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 2b) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde van interval uit RUSTICA rapport, B en D = ondergrens van interval uit RUSTICA rapport).

Bij een stijging van de aankoop prijs van de groene fractie naar €30 per ton, wijzigt de minimale verkoops prijs van de meststof niet en blijft dus €350 of €175 per ton. Bij verdere stijgingen, neemt deze minimale verkoops prijs wel toe. Wanneer de kost van de bruine fractie stijgt naar €50 per ton, zien we dat voor een aankoop prijs van de groene fractie van €30 per ton de hub voor de bio-gebaseerde meststof €400 of €€225 per ton moet ontvangen om niet verlieslatend te zijn voor respectievelijk een gemiddelde en lagere aankoop prijs van de overige bouwstenen. Dit is zo'n €50 per ton duurder dan wanneer de groene fractie gratis ter beschikking is. Bovendien zijn deze minimale verkoops prijzen lager dan voor eenzelfde aanname maar zonder de transformatiestap (scenario 2a). Daar bedroeg de minimale verkoops prijs voor de bio-gebaseerde meststof immers €475 of €300 per ton bij €50 per ton voor de bruine fractie en €30 per ton voor de groene fractie.

Scenario 3:

Tot slot beschouwen we in deze gevalstudie het scenario waar drie van de bouwstenen van de bio-gebaseerde meststof op de hub zelf worden geproduceerd: compost, insecten frass en biochar. De hub bestaat naast een composteerinstallatie en installatie voor insectenkweek dus ook uit een pyrolyse installatie om biochar te produceren. Hierbij gaan we verder op vorig scenario waarbij ook de transformatiestap op de hub plaatsvindt. Net als bij de insectenkweek levert de pyrolyse ook een bijproduct (restwarmte) dat kan worden verkocht om extra inkomsten te genereren. Het transport van de reststromen naar de hub gebeurt nog steeds door een loonwerker.

Figuur 11 toont de resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen voor dit scenario. De noodzakelijke investeringskosten in dit scenario zijn groter aangezien een pyrolyse installatie dient worden opgezet. Op basis van de gerapporteerde investeringskost van een grootschaligere pyrolyse installatie binnen het RUSTICA project, nemen wij hier aan dat de totale investeringskosten voor de pyrolyse installatie in deze studie €4.500.000 bedragen. Met een levenstijd van 20 jaar, komt dit neer op een jaarlijkse investeringskost (afschrijvingskost) van €225.000 per jaar (waarbij geen rekening wordt gehouden met de tijds waarde van geld). De totale investeringskost van de hub (inclusief composteerinstallatie, installatie voor insectenkweek en pyrolyse installatie) is dan €591.286 per jaar. Op basis van deze waarde en figuur 11 zien we dat omschakelpunt tussen verlieslatend en niet verlieslatend voor een gemiddelde aankoop prijs van de microbiële massa daalt van €350 tot €400 per ton (afhankelijk van de aankoop prijs van de groene fractie) in scenario 2b naar €325 tot €375 per ton. Desondanks daalt de minimale verkoops prijs niet voor elke aankoop prijs van de groene fractie. Wanneer deze €30 per ton bedraagt, is de minimale verkoops prijs van de bio-gebaseerde meststof in dit en vorig scenario namelijk gelijk aan €350 per ton. De overeenkomstige maximale investeringskost ligt wel wat hoger in dit scenario in vergelijking met scenario 2b.

Voor de lagere aankoop prijs van de overige bouwsteen vinden we enigszins andere resultaten. De minimale verkoops prijs van de meststof ligt over alle aankoop prijzen van de groene fractie heen tussen €175 en €225 per ton, net als in scenario 2b. Voor sommige aankoop prijzen van de groene fractie, stijgt de minimale verkoops prijs van de bio-gebaseerde meststof echter in vergelijking met scenario 2b omwille van de relatief hogere stijging in vaste kosten ten opzichte van de daling in variabele kosten en de hogere geschatte werkelijke investeringskost. Voor een aankoop prijs van de bruine en groene fractie van respectievelijk €0 en €30 per ton, bedraagt de minimale verkoops prijs van de bio-gebaseerde meststof in dit geval €200 per ton, terwijl dit in scenario 2b slechts €175 per ton bedroeg. Desondanks stijgt de maximale investeringskost voor eenzelfde verkoops prijs van de bio-gebaseerde meststof licht.

(A)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 6.528.831	-€ 6.843.831	-€ 7.158.831	-€ 7.578.831	-€ 8.103.831	-€ 8.628.831
	€ 175	-€ 5.492.647	-€ 5.807.647	-€ 6.122.647	-€ 6.542.647	-€ 7.067.647	-€ 7.592.647
	€ 200	-€ 4.456.463	-€ 4.771.463	-€ 5.086.463	-€ 5.506.463	-€ 6.031.463	-€ 6.556.463
	€ 225	-€ 3.420.278	-€ 3.735.278	-€ 4.050.278	-€ 4.470.278	-€ 4.995.278	-€ 5.520.278
	€ 250	-€ 2.384.094	-€ 2.699.094	-€ 3.014.094	-€ 3.434.094	-€ 3.959.094	-€ 4.484.094
	€ 275	-€ 1.347.910	-€ 1.662.910	-€ 1.977.910	-€ 2.397.910	-€ 2.922.910	-€ 3.447.910
	€ 300	-€ 311.726	-€ 626.726	-€ 941.726	-€ 1.361.726	-€ 1.886.726	-€ 2.411.726
	€ 325	€ 724.458	€ 409.458	€ 94.458	-€ 325.542	-€ 850.542	-€ 1.375.542
	€ 350	€ 1.760.643	€ 1.445.643	€ 1.130.643	€ 710.643	€ 185.643	-€ 339.357
	€ 375	€ 2.796.827	€ 2.481.827	€ 2.166.827	€ 1.746.827	€ 1.221.827	€ 696.827
	€ 400	€ 3.833.011	€ 3.518.011	€ 3.203.011	€ 2.783.011	€ 2.258.011	€ 1.733.011
	€ 425	€ 4.869.195	€ 4.554.195	€ 4.239.195	€ 3.819.195	€ 3.294.195	€ 2.769.195
	€ 450	€ 5.905.379	€ 5.590.379	€ 5.275.379	€ 4.855.379	€ 4.330.379	€ 3.805.379
	€ 475	€ 6.941.564	€ 6.626.564	€ 6.311.564	€ 5.891.564	€ 5.366.564	€ 4.841.564
	€ 500	€ 7.977.748	€ 7.662.748	€ 7.347.748	€ 6.927.748	€ 6.402.748	€ 5.877.748

(C)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 150	-€ 8.103.831	-€ 8.418.831	-€ 8.733.831	-€ 9.153.831	-€ 9.678.831	-€ 10.203.831
	€ 175	-€ 7.067.647	-€ 7.382.647	-€ 7.697.647	-€ 8.117.647	-€ 8.642.647	-€ 9.167.647
	€ 200	-€ 6.031.463	-€ 6.346.463	-€ 6.661.463	-€ 7.081.463	-€ 7.606.463	-€ 8.131.463
	€ 225	-€ 4.995.278	-€ 5.310.278	-€ 5.625.278	-€ 6.045.278	-€ 6.570.278	-€ 7.095.278
	€ 250	-€ 3.959.094	-€ 4.274.094	-€ 4.589.094	-€ 5.009.094	-€ 5.534.094	-€ 6.059.094
	€ 275	-€ 2.922.910	-€ 3.237.910	-€ 3.552.910	-€ 3.972.910	-€ 4.497.910	-€ 5.022.910
	€ 300	-€ 1.886.726	-€ 2.201.726	-€ 2.516.726	-€ 2.936.726	-€ 3.461.726	-€ 3.986.726
	€ 325	-€ 850.542	-€ 1.165.542	-€ 1.480.542	-€ 1.900.542	-€ 2.425.542	-€ 2.950.542
	€ 350	€ 185.643	-€ 129.357	-€ 444.357	-€ 864.357	-€ 1.389.357	-€ 1.914.357
	€ 375	€ 1.221.827	€ 906.827	€ 591.827	€ 171.827	-€ 353.173	-€ 878.173
	€ 400	€ 2.258.011	€ 1.943.011	€ 1.628.011	€ 1.208.011	€ 683.011	€ 158.011
	€ 425	€ 3.294.195	€ 2.979.195	€ 2.664.195	€ 2.244.195	€ 1.719.195	€ 1.194.195
	€ 450	€ 4.330.379	€ 4.015.379	€ 3.700.379	€ 3.280.379	€ 2.755.379	€ 2.230.379
	€ 475	€ 5.366.564	€ 5.051.564	€ 4.736.564	€ 4.316.564	€ 3.791.564	€ 3.266.564
	€ 500	€ 6.402.748	€ 6.087.748	€ 5.772.748	€ 5.352.748	€ 4.827.748	€ 4.302.748

(B)		Prijs bruine fractie: € 0 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 4.041.989	-€ 4.356.989	-€ 4.671.989	-€ 5.091.989	-€ 5.616.989	-€ 6.141.989
	€ 75	-€ 3.005.805	-€ 3.320.805	-€ 3.635.805	-€ 4.055.805	-€ 4.580.805	-€ 5.105.805
	€ 100	-€ 1.969.621	-€ 2.284.621	-€ 2.599.621	-€ 3.019.621	-€ 3.544.621	-€ 4.069.621
	€ 125	-€ 933.436	-€ 1.248.436	-€ 1.563.436	-€ 1.983.436	-€ 2.508.436	-€ 3.033.436
	€ 150	€ 102.748	-€ 212.252	-€ 527.252	-€ 947.252	-€ 1.472.252	-€ 1.997.252
	€ 175	€ 1.138.932	€ 823.932	€ 508.932	€ 88.932	-€ 436.068	-€ 961.068
	€ 200	€ 2.175.116	€ 1.860.116	€ 1.545.116	€ 1.125.116	€ 600.116	€ 75.116
	€ 225	€ 3.211.300	€ 2.896.300	€ 2.581.300	€ 2.161.300	€ 1.636.300	€ 1.111.300
	€ 250	€ 4.247.485	€ 3.932.485	€ 3.617.485	€ 3.197.485	€ 2.672.485	€ 2.147.485
	€ 275	€ 5.283.669	€ 4.968.669	€ 4.653.669	€ 4.233.669	€ 3.708.669	€ 3.183.669
	€ 300	€ 6.319.853	€ 6.004.853	€ 5.689.853	€ 5.269.853	€ 4.744.853	€ 4.219.853

(D)		Prijs bruine fractie: € 50 / ton					
	Prijs groene fractie (€/ton)	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Verkoops prijs (€/ton BBM)	€ 50	-€ 5.616.989	-€ 5.931.989	-€ 6.246.989	-€ 6.666.989	-€ 7.191.989	-€ 7.716.989
	€ 75	-€ 4.580.805	-€ 4.895.805	-€ 5.210.805	-€ 5.630.805	-€ 6.155.805	-€ 6.680.805
	€ 100	-€ 3.544.621	-€ 3.859.621	-€ 4.174.621	-€ 4.594.621	-€ 5.119.621	-€ 5.644.621
	€ 125	-€ 2.508.436	-€ 2.823.436	-€ 3.138.436	-€ 3.558.436	-€ 4.083.436	-€ 4.608.436
	€ 150	-€ 1.472.252	-€ 1.787.252	-€ 2.102.252	-€ 2.522.252	-€ 3.047.252	-€ 3.572.252
	€ 175	-€ 436.068	-€ 751.068	-€ 1.066.068	-€ 1.486.068	-€ 2.011.068	-€ 2.536.068
	€ 200	€ 600.116	€ 285.116	-€ 29.884	-€ 449.884	-€ 974.884	-€ 1.499.884
	€ 225	€ 1.636.300	€ 1.321.300	€ 1.006.300	€ 586.300	€ 61.300	-€ 463.700
	€ 250	€ 2.672.485	€ 2.357.485	€ 2.042.485	€ 1.622.485	€ 1.097.485	€ 572.485
	€ 275	€ 3.708.669	€ 3.393.669	€ 3.078.669	€ 2.658.669	€ 2.133.669	€ 1.608.669
	€ 300	€ 4.744.853	€ 4.429.853	€ 4.114.853	€ 3.694.853	€ 3.169.853	€ 2.644.853

Figuur 11: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub om niet verlieslatend te zijn (scenario 3) voor verschillende prijzen van de houtige fractie (A en B = €0/ton, C en D = €50/ton) en verschillende aannames over de kostprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub (A en C = gemiddelde uit RUSTICA rapport, B en D = laagste uit RUSTICA rapport).

Voor een verkoopprijs van de meststof van €200 per ton en aankooprijzen van de bruine en groene fractie van respectievelijk €0 en €30 per ton, is de maximale investeringskost in dit scenario €1.545.116, terwijl dit in scenario 2b €1.520.614 bedraagt. Deze stijging is echter onvoldoende om de bijkomende werkelijke investeringskosten te dekken.

Bovendien geldt opnieuw dat bij een hogere aankooprijzen van de bruine fractie, de economische haalbaarheid van de hub daalt. Bij €50 per ton voor de bruine fractie, dient de verkoopprijs van de meststof voor een gemiddelde aankooprijzen van de overige bouwsteen tussen €375 en €425 per ton te bevinden om niet verlieslatend te zijn. Dit is hoger dan het interval voor €0 per ton bruine fractie (€325-€375 per ton). Eenzelfde observatie geldt voor een lagere aankooprijzen van de overige bouwsteen.

3.1.7 Besluit

De economische haalbaarheidsberekeningen voorgesteld in sectie 3.1.6 suggereren dat de economische haalbaarheid van een biomassahub die inzet op de productie van een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof uit groente- en fruitreststromen beïnvloed wordt door de bestudeerde eigenschappen. Tabellen 16 en 17 tonen voor twee aankooprijzen van de bruine fractie en de beschouwde aankooprijzen van de groene fractie per scenario de minimale verkoopprijs die de hub voor de meststof moet ontvangen om niet verlieslatend te zijn voor respectievelijk de gemiddelde en laagste aankooprijzen van de bouwstenen die niet op de hub worden geproduceerd. Op basis van deze tabel, kunnen we afleiden dat de hub beter scoort op economische haalbaarheid als:

- De schaalgrootte toeneemt (scenario's 1a en 1c);
- De hub zelf instaat voor het transport (scenario's 1b en 1c);
- Wordt ingezet op technologieën die hoogwaardige bijproducten leveren die aan relatief hoge prijzen verkocht kunnen worden zoals insectenkweek, op voorwaarde dat hiervoor een afzet gevonden wordt (scenario's 1c, 2a en 2b). Zoals hierboven besproken wordt er op mondiaal niveau een groei in deze markten voorspeld dus lijkt het vinden van een afzet mogelijk.

Bovendien wordt de minimale verkoopprijs sterk beïnvloed door de aankooprijzen van de bouwstenen van de bio-gebaseerde meststof die niet op de hub worden geproduceerd (tabel 16 en tabel 17). Hierbij belichten we uiteraard enkel het economische standpunt en beschouwen we geen andere aspecten die een belangrijke rol kunnen spelen zoals praktische en logistieke overwegingen, milieu-impacten, etc. Bovendien brengen we in scenario 3 niet in rekening dat de geproduceerde restwarmte ook op de hub zelf kan worden gebruikt, maar gaan we ervan uit dat deze wordt verkocht.

Tabel 16 toont dat de minimale verkoopprijs die moet worden verkregen voor de bio-gebaseerde meststof opdat de hub niet verlieslatend is, €325 per ton bedraagt voor een gemiddelde aankooprijzen van de bouwstenen van de meststof die niet op de hub worden geproduceerd. Dit gebeurt in scenario 3 wanneer de groene en bruine fractie van de compost gratis ter beschikking worden gesteld. Anderzijds is de minimale verkoopprijs van de meststof het hoogst (hoger dan €500 per ton) in scenario 1a bij een aankooprijzen van de bruine fractie van €50 per ton en vanaf een aankooprijzen van de groene fractie van €50 per ton. Over het algemeen geldt dat scenario's 1a en 2a het slechtst scoren op economische haalbaarheid terwijl scenario's 2b en 3 het best scoren. Bovendien kunnen we opmerken dat de economische haalbaarheid het meest toeneemt bij een opschaling van de composteerinstallatie (scenario's 1a en 1c) en het vermarkten van de bijkomende hoogwaardige producten uit de insectenkweek en/of pyrolyse (scenario's 2a, 2b en c).

Tabel 16: Minimale verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof voor de zes scenario's, gemiddelde aankoopprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub, twee aankooprijzen van de bruine fractie en verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is. Hierbij wordt de werkelijke jaarlijkse investeringskost aangenomen zoals gespecificeerd bij de verschillende scenario's.

Scenario	Aankoopprijs groene fractie (€/ton)					
	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Aankoopprijs bruine fractie: €0/ton						
1a	€ 450	€ 450	€ 450	€ 475	€ 500	€ 500
1b	€ 375	€ 375	€ 400	€ 400	€ 425	€ 425
1c	€ 400	€ 400	€ 425	€ 425	€ 425	€ 450
2a	€ 400	€ 425	€ 425	€ 425	€ 450	€ 450
2b	€ 350	€ 350	€ 350	€ 375	€ 375	€ 400
3	€ 325	€ 350	€ 350	€ 350	€ 375	€ 375
Aankoopprijs bruine fractie: €50/ton						
1a	€ 500	€ 500	€ 500	> € 500	> € 500	> € 500
1b	€ 425	€ 425	€ 425	€ 450	€ 450	€ 475
1c	€ 425	€ 450	€ 450	€ 450	€ 475	€ 475
2a	€ 450	€ 450	€ 450	€ 475	€ 475	€ 500
2b	€ 375	€ 375	€ 400	€ 400	€ 425	€ 425
3	€ 375	€ 375	€ 375	€ 400	€ 400	€ 425

Overheen de hele analyse, toont tabel 17 dat de minimale verkoopprijs die verkregen moet worden voor de bio-gebaseerde meststof om niet verlieslatend te zijn bij de laagste aankoopprijs van de bouwstenen niet geproduceerd op de hub gelijk is aan €175 per ton en dit in scenario 2b en 3 en wanneer de bruine fractie voor de compost gratis ter beschikking wordt gesteld en de aankooprijzen van de groene fractie respectievelijk maximaal €30 per ton en €15 per ton bedraagt. Anderzijds, leert tabel 17 ons dat voor de beschouwde aankooprijzen van de houtige fractie de hoogste minimale verkoopprijzen meer dan €300 per ton bedragen. Dit is het geval in scenario 1a bij een aankoopprijs van de houtige biomassa van €50 per ton alsook bij een aankoopprijs van de bruine fractie van €0 per ton vanaf een aankoopprijs van de groene fractie van €70 per ton. Bovendien is dit ook het geval in scenario's 1c en 2a bij een aankoopprijs van de groene fractie van respectievelijk €100 per ton en minimaal €75 per ton. Over het algemeen geldt dat de economische haalbaarheid van de hub het laagst is in scenario 1a en 2a. Anderzijds neemt de economische haalbaarheid het meest toe wanneer de schaal van de composteerinstallatie verhoogd wordt (scenario 1a en 1c) en wanneer de andere hoogwaardige producten uit de insectenkweek worden vermarkt (scenario 2a en 2b). Anderzijds zien we dat het toevoegen van de pyrolyse installatie op de hub in dit geval economisch minder interessant is in vergelijking met het aankopen van de biochar omdat de minimale aankoopprijs gelijk blijft of stijgt (scenario 2b en 3), wat niet het geval was in tabel 16.

Tabel 17: Minimale verkoopprijs van de bio-gebaseerde meststof voor de zes scenario's, laagste aankoopsprijs van de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub, twee aankoopsprijzen van de bruine fractie en verschillende aankoopsprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is. Hierbij wordt de werkelijke jaarlijkse investeringskost aangenomen zoals gespecificeerd bij de verschillende scenario's.

Aankoopsprijs groene fractie (€/ton)						
Scenario	€ 0	€ 15	€ 30	€ 50	€ 75	€ 100
Aankoopsprijs bruine fractie: €0/ton						
1a	€ 275	€ 275	€ 300	€ 300	> € 300	> € 300
1b	€ 200	€ 200	€ 225	€ 225	€ 250	€ 250
1c	€ 225	€ 225	€ 250	€ 250	€ 250	€ 275
2a	€ 225	€ 250	€ 250	€ 275	€ 275	€ 300
2b	€ 175	€ 175	€ 175	€ 200	€ 200	€ 225
3	€ 175	€ 175	€ 200	€ 200	€ 200	€ 225
Aankoopsprijs bruine fractie: €50/ton						
1a	> € 300	> € 300	> € 300	> € 300	> € 300	> € 300
1b	€ 250	€ 250	€ 250	€ 275	€ 275	€ 300
1c	€ 250	€ 275	€ 275	€ 275	€ 300	> € 300
2a	€ 275	€ 275	€ 300	€ 300	> € 300	> € 300
2b	€ 200	€ 225	€ 225	€ 225	€ 250	€ 250
3	€ 200	€ 225	€ 225	€ 250	€ 250	€ 275

De hierboven besproken minimale verkoopprijzen houden niet expliciet rekening met de investeringen en kosten nodig voor het mengen en opslaan van de bouwstenen en/of de bio-gebaseerde meststof. Zoals besproken in sectie 3.1.4 nemen we dit niet mee in de berekeningen omwille van het ontbreken van inzichten hierrond. Uit het RUSTICA project blijkt wel dat het voornamelijk zou gaan om het luchtdicht opslaan van de bouwstenen en het ter plekke mengen van de bouwstenen tot de bio-gebaseerde meststof. In de resultaten was duidelijk dat voor veel combinaties van aankoopsprijzen van de groene en bruine fractie voor de meststof de maximale jaarlijkse investeringskost hoger was dan de werkelijke jaarlijkse investeringskost van de hub. Omdat we verwachten dat deze laatste stap in het proces voornamelijk gepaard gaat met extra investeringskosten en het effect op de operationele kosten relatief beperkt is, verwachten we gelijkaardige intervallen minimale verkoopprijzen van de bio-gebaseerde meststof als gerapporteerd in tabellen 16 en 17. Bovendien zijn we uitgegaan van een openlucht OBA-compostering. Indien de oogstresten eerder naar een GFT-compostering zouden gaan (samen met andere groente- en fruitreststromen), zou dit de kosten van de composteerinstallatie kunnen beïnvloeden. Concreet verwachten we dat dit een hogere investeringskost met zich meebrengt aangezien GFT-compostering gesloten hallen vereist. Anderzijds is de procestijd van de GFT-compostering korter. Dit betekent dat er minder oppervlakte nodig is voor een gelijkaardige jaarlijkse capaciteit en kan het effect van de verhoogde investeringskost dus reduceren. Om het netto effect te kennen zijn dus extra berekeningen nodig maar dit valt buiten het doel van deze studie.

Aangezien de marktprijzen voor meststoffen sterk afhankelijk zijn van de samenstelling en het type bio-gebaseerde meststof dat hier wordt bestudeerd nog niet op de markt is, is het niet eenvoudig om de minimale verkoopprijzen in perspectief te plaatsen. De marktprijzen van meststoffen in het algemeen verschillen aanzienlijk, tussen organische en minerale meststoffen, de samenstelling van de meststoffen, e.d. De marktprijs van een groencompost in bulk bedraagt bijvoorbeeld ongeveer €8/ton

(Ecowerf⁹) wat uiteraard aanzienlijk lager is dan de minimale verkoopprijs voor de hoogwaardige bio-gebaseerde meststof in deze gevalstudie. Door het mengen van de verschillende bouwstenen is het doel van het RUSTICA project om een meststof te produceren die op vlak van prestatie beter is dan een standaard groencompost en zowel de organische stof in de bodem kan verbeteren als essentiële voedingsstoffen en componenten kan leveren. Daarom is het ook plausibel aan te nemen dat de verkoopprijs die de hub kan vragen voor de bio-gebaseerde meststof aanzienlijk hoger is dan de marktprijs voor een groencompost. Prijzen van andere organische meststoffen bieden bijvoorbeeld een ander perspectief. Zo bedragen de prijzen van de aangerijkte organische meststoffen van Terrial (in Frankrijk) bijvoorbeeld ongeveer tussen €400 en €600 per ton¹⁰. Het is dus moeilijk om de minimale verkoopprijzen uit onze analyse in perspectief te plaatsen ten opzichte van de huidige markt. Een verkoopprijs tussen €175 per ton en €300 per ton lijkt in ieder geval niet onmogelijk voor de bio-gebaseerde meststof afgaande op de totale meststoffenmarkt. Dit komt overeen met tabel 17 waar lagere aankooprijzen worden gehanteerd voor de bouwstenen die niet worden geproduceerd op de hub. Wanneer we echter een gemiddelde aankooprijzen gebruiken, stijgt de minimaal benodigde verkoopprijs van de meststof opdat de hub niet verlieslatend is naar €325 per ton tot €500 per ton. Dit komt overeen met de marktprijs van de aangerijkte organische meststof van Terrial.

Het lijkt dus strikt genomen niet onmogelijk om deze verkoopprijs te bekomen, op voorwaarde dat de meststof aanzienlijk beter presteert dan een standaard compost. Eerste inzichten uit veldproeven met preiteelt in Vlaanderen in het RUSTICA project geven aan dat er wat problemen zijn met de hoge vochtigheidsgraad van de meststof maar dat de bio-gebaseerde meststof beter presteert dan wanneer er geen meststof wordt toegediend (op vlak van opbrengst en bodemkwaliteit) en gelijkaardig presenteert als behandelingen met minerale meststoffen. Er werd ook minder stikstof in de diepere bodemlagen teruggevonden wat wijst op een lager risico op stikstofuitspoeling. Dit gaat echter om korte termijn proeven en inzichten in het lange termijn effect zijn nog niet beschikbaar. Bovendien wordt verwacht dat de prestatie van de meststof afhankelijk is van de teelt en er bijvoorbeeld voor bloemkoolteelt meer microbiële massa nodig is om voldoende stikstof te leveren wat de kostprijs aanzienlijk verhoogd. Zoals besproken in sectie 3.1.5 draagt de microbiële massa in grote mate bij tot een hogere benodigde verkoopprijs van de meststof omwille van de hoge kost. Het verlagen van de kost van de microbiële massa door bijvoorbeeld het aankopen aan relatief lagere prijzen of eventueel het zelf produceren van de microbiële massa, zou kunnen helpen om de minimale verkoopprijs te reduceren. De laatste inzichten uit het RUSTICA project leren dat de installatie voor het produceren van de microbiële massa (op zichzelf) enkel economisch haalbaar als de bijproducten als extra inkomsten worden verkocht. Bovendien is momenteel de markt voor hoogwaardige bio-gebaseerde meststoffen relatief niche dus zal ook de vraag van de boeren naar zulke meststoffen moeten worden aangewakkerd om de benodigde minimale verkoopprijzen te kunnen bekomen.

⁹ <https://www.ecowerf.be/compost-afhalen-bij-ecowerf>

¹⁰ <https://azurcomptoir.fr/brand/100-terrial>

3.2 Gevalstudie 2: Valorisatie van verse groente- en fruitreststromen tot sappen, smoothies of een basis voor soepen en sauzen

3.2.1 Beschrijving

In de tweede gevalstudie beschouwen we een kleinschaligere valorisatie van eetbare groente- en fruitreststromen tot verwerkte producten voor humane consumptie zoals sappen, smoothies en purees die als basis kunnen dienen voor soepen en sauzen. Deze gevalstudie beschouwt dus een valorisatie hoger op de cascade van waardebehoud (zie sectie 6 van hoofdstuk 1) maar houdt ook in dat een kleiner deel van de totale groente- en fruitreststromen in aanmerking komen voor dit valorisatiepad. Hiervoor maken we gebruik van de data verzameld in het “FOod processing in a boX” (FOX) project¹¹, een vierjarig EU-gefinancierd project dat eindigde in november 2023. Het FOX project had als doel om korte ketens voor groenten en fruit te ondersteunen door kleine, innovatieve en flexibele milde verwerkingstechnologieën voor groenten en fruit te ontwikkelen en te testen. Hierbij lag de focus op het produceren van gezonde en duurzame voedingsproducten door in te zetten op technologieën die flexibel zijn en langer houdbare producten opleveren maar ook de fysische en nutritionele kwaliteit zo veel mogelijk bewaren. Bovendien werd ingezet op korte ketens door het definiëren van ‘voedselcirkels’ binnen Europa waarin lokale productiehubbs werden opgezet om de technologieën te testen op locaties waar voldoende productie van groente en fruit plaatsvindt. In deze gevalstudie beschouwen we één van deze voedselcirkels: zuurstofarme sap-extractie en milde conservering. Dit proces maakt gebruik van twee technologieën:

1. Spiraalfilterpers¹²: deze pers laat toe om onder vacuüm sappen of purees te extraheren in een zuurstofarm proces, met hoge rendementen. Dit gaat oxidatie tegen waardoor de producten een intensere kleur, aroma en smaak hebben en een betere nutritionele samenstelling hebben dan bij traditionele methoden. Het eenvoudig aanpassen van de zeefgrootte laat toe om naast sappen ook andere producten te produceren zoals smoothies en purees.
2. Gepulseerd elektrisch veld¹³: dit is een milde bewaringstechnologie onder een lage warmtebehandeling. Hierdoor heeft deze technologie een lagere energiebehoefte en een hogere efficiëntie dan de standaardmethode (pasteurisatie). Bovendien blijven hierdoor het verse karakter, de originele kleur en smaak en de nutritionele componenten zo veel mogelijk bewaard.

Naast de individuele voordelen van deze technologieën resulteert het combineren van beiden in een product waar geen bewaarmiddelen, kleurstoffen of aroma’s aan moeten worden toegevoegd en dus een natuurlijk, clean label eindproduct. Meer informatie over deze technologieën en het proces ontwikkeld in het FOX project is terug te vinden op de project website¹⁴ of de websites van de producenten van de technologieën die in een voetnoot worden vermeld.

In deze gevalstudie beschouwen we dus een relatief nieuw proces voor het produceren van sappen en purees dat voornamelijk voordelen biedt op vlak van duurzaamheid, nutritionele kwaliteit en de mate van natuurlijkheid van de voedselproducten. De aanname hierbij is dat omwille van deze eigenschappen de sappen en purees aan hogere prijzen in de markt kunnen worden geplaatst dan conventionele producten die gebruik maken van traditionele industriële extractie en pasteurisatie. Bovendien gebruikt de hub eetbare groente- en fruitreststromen als grondstof zoals tweede klasse

¹¹ <https://www.fox-foodprocessinginabox.eu/>

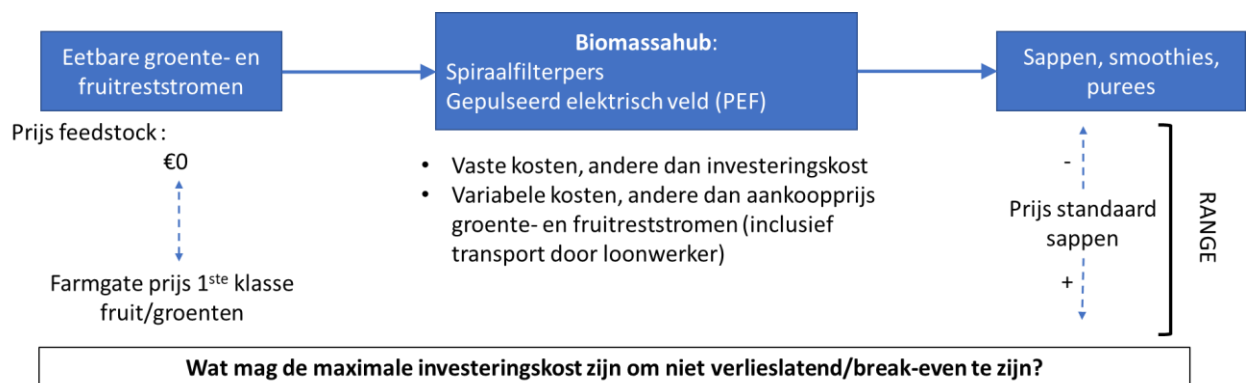
¹² <https://www.gea.com/nl/products/centrifuges-separation/vaculiq-vacuum-spiral-filter/>

¹³ <https://elea-technology.com/>

¹⁴ <https://www.fox-foodprocessinginabox.eu/food-circle-1/>

groenten en fruit of rebut-groenten en -fruit die bij de veilingen beschikbaar zijn wanneer er een overaanbod is. Aangezien de beschikbaarheid van deze stromen moeilijk voorspelbaar en seizoensgebonden is, moet de hub hier flexibel mee kunnen omgaan. Het positioneren van de voedselproducten in de duurdere segmenten van de markt laat hogere kosten toe om hiermee om te gaan en toch economisch niet verlieslatend te zijn.

Figuur 12 toont een schematische voorstelling van deze gevalstudie, gelijkaardig aan figuur 5 voor gevalstudie 1. Opnieuw beschouwen we een bereik aan prijzen die de hub moet betalen om de eetbare groente- en fruitreststromen te verkrijgen (exclusief transport). Deze prijs varieert tussen €0 waarbij de hub de reststromen gratis ter beschikking krijgt en de prijs die de boeren ontvangen voor 1^{ste} klasse groenten en fruit. Op de biomassahub worden de eetbare groente- en fruitreststromen verwerkt tot sappen, smoothies en purees door het proces hierboven beschreven op basis van het FOX project dat gebruik maakt van een spiraalfilterpers en de gepulseerd elektrisch veld technologie. Voor dit proces berekenen we de vaste en variabele kosten op basis van de gegevens over het operationeel en technologisch profiel beschikbaar in het FOX project, met de unitaire kostprijzen aangepast voor Vlaanderen. De vaste kosten houden geen rekening met de investeringskost aangezien we deze berekenen in de economische haalbaarheidsberekeningen. De variabele kosten omvatten ook het transport van de eetbare groente- en fruitreststromen naar de hub, uitgevoerd door een loonwerker. Tot slot berekenen we de inkomsten op jaarbasis door gebruik te maken van een bereik verkoopprijzen rond de gemiddelde marktprijs voor een standaard sap. Op basis van deze kosten en inkomsten, kunnen we dan berekenen wat de maximale jaarlijkse investeringskost voor de hub mag zijn om niet verlieslatend te zijn. Hierbij houden we geen rekening met de tijds waarde van geld. Wanneer de maximale (berekende) investeringskost hoger is dan of gelijk aan de werkelijke (aangenomen) investeringskost, kunnen we besluiten dat de biomassahub economisch niet verlieslatend is. We kunnen dan ook nagaan voor welke combinaties van feedstock en product prijs dit het geval is.



Figuur 12: Schematisch overzicht van de benadering in gevalstudie 2: een hub die sappen, smoothies en purees produceert uit eetbare groente- en fruitreststromen.

In de volgende secties schetsen we eerst het operationeel profiel van de biomassahub in gevalstudie 2 (sectie 3.2.2). Hierbij beschouwen we vier types die verschillen in de tijdsduur waarin ze operationeel zijn doorheen het jaar en/of de efficiëntie waarmee ze reststromen omzetten. Daarna bespreken we het technologisch profiel van de hub die de benodigde variabele inputmiddelen (energie, verpakking, etc.) beschrijft (sectie 3.2.3). Op basis van deze profielen, stellen we zeven scenario's voor waarvoor de economische haalbaarheidsberekeningen worden uitgevoerd (sectie 3.2.4). Sectie 3.2.5 geeft voor elk van deze scenario's een overzicht van de variabele en vaste kosten, waarna sectie 3.2.6 de resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen voorstelt.

3.2.2 Operationeel profiel

Tabel 18 geeft een overzicht weer van de operationele profielen van de hub. Hierbij beschouwen we vier types die verschillen in het aantal maanden per jaar dat ze actief zijn en/of de netto efficiëntie van het proces om sappen of andere producten te produceren uit eetbare groente- en fruitreststromen. Hiervoor bouwen we verder op het operationeel profiel van een installatie voor de productie van appelsap opgesteld in het FOX project. Het eerste type hub kan jaarlijks tot 240 ton eetbare groente- en fruitreststromen verwerken. De aanname hierbij is dat de hub 8u per dag draait en dit 4 maanden per jaar. De netto efficiëntie van het proces is 72,7% wat betekent dat uit 1 kg reststroom, 0,727 L product wordt gegenereerd. Een deel gaat verloren voornamelijk in de vorm van perskoek (wat overblijft na het persen) maar ook een beperkt aandeel product dat niet kan worden afgevuld (3% van het totaal geproduceerde volume). Hub type A is zo in staat om jaarlijks 180.720 L product te produceren. Hub type B is evenveel uren per dag operationeel onder dezelfde efficiëntie, maar voor dit type nemen ze aan dat de hub acht maanden per jaar operationeel is in plaats van 4 maanden in type A. Dit kan bijvoorbeeld door in te zetten op het verwerken van verschillende groente- en/of fruitsoorten die op verschillende momenten in het jaar beschikbaar zijn. Bijgevolg is hub type B in staat om jaarlijks 480 ton eetbare groente- en fruitreststromen te verwerken tot 361.440 L product. Bij hub type C verhoogt de capaciteit verder tot een hub die jaarrond kan produceren aan 8u per dag en hierdoor een jaarlijkse capaciteit van 720 ton verse groente- en fruitreststromen heeft. Dit houdt in dat de hub een productgamma ontwikkelt dat afgestemd is op de periode waarin groente- en fruitreststromen beschikbaar zijn en zo twaalf maanden per jaar operationeel kan zijn. Dit is een relatief optimistische assumptie en de haalbaarheid hiervan in de praktijk dient verder te worden onderzocht. Hierbij geldt dezelfde efficiëntie als bij vorige types overeenkomstig het FOX project, namelijk 72,7%, en dus een jaarlijkse productie van 542.160 L product. Tot slot, stelt hub type D een wat gematigder scenario voor waarbij de hub jaarrond operationeel is, maar een lagere efficiëntie (65%; 1 kg reststroom levert 0,65 L product) behaalt in vergelijking met type C. Hub type D kan zo jaarlijks tot 720 ton reststromen verwerken tot 484.737 L product.

Tabel 18: Operationeel profiel van de hub met spiraalfilterpers en gepulseerd elektrisch veld (PEF) technologie. Vier types hub werden gedefinieerd die verschillen in de capaciteit en/of efficiëntie van de installatie (Type A, type B, type C en type D).

OPERATIONEEL PROFIEL HUB SPIRAALFILTERPERS EN PEF					
Variabele	Eenheid	Type			
		A	B	C	D
Jaarlijkse capaciteit groente- en fruitreststromen	ton/jaar	240	480	720	720
Uren actief per dag	uren/dag	8	8	8	8
Maanden actief per jaar	maanden/jaar	4	8	12	12
Netto efficiëntie	L/kg	72,7	72,7	72,7	65
Jaarlijks volume product	L/jaar	180.720	361.440	542.160	484.737

3.2.3 Technologisch profiel

Tabel 19 toont het technologisch profiel van de hub met de hoeveelheid variabele inputmiddelen nodig per L product. Dit omvat de volledige hub dus combineert de inputmiddelen van de spiraalfilterpers en de gepulseerd elektrisch veld installatie. De hub heeft naast elektriciteit en kraanwater ook een kleine hoeveelheid onderhoudsproducten nodig voor het reinigen van de

installatie. Daarnaast worden de arbeidsuren voor het operationaliseren van de hub in rekening gebracht, alsook het transport van de eetbare groente- en fruitreststromen. Dit transport wordt uitbesteed aan een loonwerker waarbij gerekend wordt aan een gemiddeld transport van 10 ton per rit en 30 km radius rond de hub. Tot slot bleek uit het FOX project en uit de interviews die werden afgenomen in kader van deze studie dat de verpakkingskost erg is gestegen de voorbije jaren en een grote kostenpost is in de variabele kosten. Daarom werden drie opties beschouwd voor de verpakking van het product: 1 L glazen flessen of bag-in-box verpakkingen van respectievelijk 3 en 5 L. In de volgende secties worden deze opties meegenomen in het definiëren van de scenario's waarvoor de economische haalbaarheidsberekeningen werden uitgevoerd.

Tabel 19: Technologisch profiel: variabele inputmiddelen van de hub met spiraalfilterpers en PEF. Als verpakking kunnen glazen flessen van 1L worden gebruikt of bag-in-box van 3 of 5L. (Bron: FOX project + eigen aannames)

TECHNOLOGISCH PROFIEL HUB SPIRAALFILTERPERS EN PEF				
Variabele inputmiddelen		Eenheid	Hub type A/B/C	Hub type D
Elektriciteit		kWh/L	0,11	0,13
Kraanwater		L/L	1,05	1,21
Onderhoudsproducten:				
Zure schoonmaakmiddelen		kg/L	$1,33 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^{-5}$
Basische schoonmaakmiddelen		kg/L	$1,33 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^{-5}$
Stikstofgas		L/L	0,00073	0,00085
Arbeid		uren/L	0,0053	0,0062
Transport grondstof		km/L	0,0083	0,0092
Verpakking				
Optie 1:	1L glazen fles	stuks/L	1	1
Optie 2:	3L bag-in-box	Stuks/L	0,33	0,33
Optie 3:	5L bag-in-box	stuks/L	0,20	0,20

3.2.4 Scenario's

Tabel 20 stelt zeven scenario's voor van de hub in deze gevalstudie op basis van de operationele en technologische profielen geschetst in vorige secties. Scenario 1, 2, 3 en 4 verwijzen respectievelijk naar operationeel profiel type A, B, C en D uit tabel 18 die verschillen naargelang de tijdspanne waarin ze operationeel zijn en/of de efficiëntie. Verder verschillen de scenario's ook in de verpakking die op de hub wordt gebruikt om het product dat wordt gemaakt uit de reststromen op de markt te brengen. In scenario's 1, 2a, 3 en 4a worden 1L glazen flessen gebruikt, terwijl in scenario 2b 3L bag-in-box verpakkingen worden gebruikt. Tot slot, hanteren scenario 2c en 4b grotere bag-in-box verpakkingen van 5L. Dit zijn uiteraard hypothetische scenario's die aangeven hoe de economische haalbaarheid van de hub wordt beïnvloed door de verpakkingsgrootte die wordt gebruikt. In werkelijkheid zal een hub wellicht steeds meerdere verpakkingsgroottes moeten kunnen voorzien om op de vraag van de klant te kunnen inspelen. Door het vergelijken van combinaties van scenario's zijn we in staat om het effect van verschillende karakteristieken te vergelijken:

- Een vergelijking tussen scenario's 1, 2a en 3 laat toe om te bestuderen wat het effect is van een capaciteitsverhoging op de economische haalbaarheid.
- Een vergelijking tussen enerzijds scenario's 2a, 2b en 2c en anderzijds scenario's 4a en 4b kan ons leren wat het effect is van de verpakkingsgrootte op de economische haalbaarheid.
- Een vergelijking tussen scenario's 3 en 4a laat ons toe te achterhalen wat het effect is van een verlaging van de efficiëntie op de economische haalbaarheid.

Hierbij werden in eerste instantie dus de drie opties voor de verpakking bestudeerd voor scenario 2 aangezien het operationeel profiel in dit scenario beschouwd werd als het meest realistische profiel voor een hub die zich toelegt op het verwerken van eetbare groente- en fruitreststromen maar toch dient rekening te houden met de seizoensgebonden en onvoorspelbare beschikbaarheid van de reststromen. Daarnaast werden inzichten uit deze vergelijkingen gebruikt om het profiel van een hub te bepalen die het best scoort op de economische haalbaarheid, binnen de types die hierboven werden gedefinieerd.

Tabel 20: Overzicht van de zeven scenario's voor een biomassahub die eetbare groente- en fruitreststromen verwerkt tot producten voor humane consumptie zoals sappen, smoothies en purees.

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	Scenario 4	
		Scenario 2a	Scenario 2b	Scenario 2c		Scenario 4a	Scenario 4b
Type hub ^a	A	B	B	B	C	D	D
Capaciteit reststromen	240 ton/jaar	480 ton/jaar	480 ton/jaar	480 ton/jaar	720 ton/jaar	720 ton/jaar	720 ton/jaar
Efficiëntie	72,7%	72,7%	72,7%	72,7%	72,7%	65%	65%
Volume product	180.720 L/jaar	361.440 L/jaar	361.440 L/jaar	361.440 L/jaar	542.160 L/jaar	484.737 L/jaar	484.737 L/jaar
Verpakking ^b	1L fles	1L fles	3L BIB	5L BIB	1L fles	1L fles	5L BIB

^a Overeenkomstig tabel 18: **Type A**: operationeel 8u per dag, 4 maanden per jaar; **Type B**: operationeel 8u per dag, 8 maanden per jaar; **Type C**: operationeel 8u per dag, 12 maanden per jaar; **Type D**: operationeel 8u per dag, 12 maanden per jaar, lagere efficiëntie.

^b BIB = Bag-in-box

3.2.5 Vaste en variabele kosten

In tabel 21 wordt een overzicht getoond van de totale vaste en variabele kosten voor elk scenario gedefinieerd in tabel 20. Hiervoor werden de data uit het FOX project gebruikt waarbij de prijzen voor arbeid, water en elektriciteit werden aangepast aan Vlaanderen. De vaste kosten omvatten communicatiekosten, administratieve en verkoopkosten, kosten voor kwaliteitscontrole en kosten voor de verzekeringspremie. Hierbij werd de aannahme gemaakt dat de vaste kosten hetzelfde zijn doorheen de scenario's aangezien deze niet afhangen van de capaciteit van de hub. De totale variabele kosten werden berekend aan de hand van het technologisch profiel voor de verschillende scenario's uit tabel 19 en gemiddelde prijzen voor elektriciteit, water en arbeid in Vlaanderen. Voor het transport van de groente- en fruitreststromen naar de hub werd een kostprijs van €0,5 per km per ton reststroom aangenomen op basis van eerdere studies en inzichten uit de interviews. Verder werd een radius van 30 km rond de hub gebruikt om de reststromen op te halen op basis van het FOX project en de interviews. De kostprijs voor de verpakkingen werd bepaald op basis van de prijzen gehanteerd in het FOX project en input uit de interviews. De variabele kost van de onderhoudsproducten is verwaarloosbaar aangezien de hoeveelheid hiervan nodig (uitgedrukt per liter product) erg beperkt is. Zoals verwacht toont tabel 21 dat de variabele kost hetzelfde is bij een gelijke efficiëntie en zelfde type verpakking, onafhankelijk van de capaciteit van de hub (scenario 1, 2a en 3). Daarnaast lijkt de variabele kost van de 3L bag-in-box verpakkingen vergelijkbaar met deze van de 1L glazen flessen (scenario 2a en 2b), terwijl het gebruiken van 5L bag-in-box verpakkingen een aanzienlijke daling in de variabele kosten lijkt op te leveren (scenario 2a/2b en 2c, alsook scenario 4a en 4b). Een afname in de efficiëntie van de hub zorgt zoals verwacht voor een stijging van de variabele kosten (scenario 3 en 4a). Wanneer echter een lagere efficiëntie wordt gecombineerd met 5L bag-in-box verpakkingen, daalt de variabele kost en is deze lager dan bij een hogere efficiëntie maar 1L glazen flessen of 3L bag-in-box verpakkingen (scenario 1, 2a, 2b en 3 versus 4b). De variabele kosten per L product zijn het laagst voor scenario 2c waarin de hub een middelmatige capaciteit heeft met relatief hogere

efficiëntie en waarin 5L bag-in-box verpakkingen worden gebruikt. Dit wordt gevolgd door scenario 4b waarin de hub de grootste capaciteit maar lagere efficiëntie heeft, en waarin 5L bag-in-box verpakkingen worden gebruikt.

Tabel 21: Overzicht van de vaste (€/jaar) en variabele (€/L product) kosten voor elk scenario uit tabel 20.

Scenario	1	2a	2b	2c	3	4a	4b
Vaste kosten (€/jaar)							
	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Variabele kosten (€/L product)							
	1,06	1,06	1,04	0,86	1,06	1,13	0,93

3.2.6 Resultaten

Scenario 1:

In scenario 1 beschouwen we een hub met relatief beperkte capaciteit waarbij het product wordt verpakt in glazen 1L flessen. Figuur 13 geeft de resultaten van de break-even analyse van dit scenario weer. Afhankelijk van de aankoop prijs (exclusief transport) van de eetbare groente- en fruitreststromen, moet de hub het eindproduct (sap, puree, e.d.) kunnen verkopen aan €1,20 tot €2,60 per liter om een positieve maximale investeringskost te verkrijgen. In het FOX project, werd de werkelijke investeringskost in de FOX container met spiraalfilterpers en PEF technologie geschat op €500.000 met een levensduur van 20 jaar. Dit komt neer op een jaarlijkse investeringskost van €25.000. Dit cijfer laat ons toe om de eerdere bevindingen verder te interpreteren. Specifiek leert dit ons dat wanneer de eetbare groente- en fruitreststromen gratis ter beschikking worden gesteld, de hub in dit scenario economisch haalbaar is vanaf een verkoops prijs van het eindproduct van €1,40. Bij deze verkoops prijs is de maximaal mogelijke jaarlijkse investeringskost (€58.100) namelijk groter dan €25.000.

Bovendien werden in het FOX project aannames gedaan over realistische prijzen voor de eetbare groente- en fruitreststromen en het product in hun gevalstudie, namelijk de productie van appelsap uit reststromen van de appelteelt. Voor de appels werd een aankoop prijs van €0,20 per kg aangenomen. Voor deze prijs, dient de minimale verkoops prijs van het eindproduct in onze studie €1,60 per liter te zijn opdat de hub economisch haalbaar is. Het verschil tussen de maximale investeringskost uit de tabel en de werkelijk investeringskost komt dan overeen met mogelijke winsten. Afhankelijk van het type eetbare groente- en fruitreststroom kan een realistische aankoop prijs echter hoger liggen. Wanneer de aankoop prijs van de reststroom verder stijgt naar bijvoorbeeld €0,60 per kg of €0,90 per kg, wordt de minimaal noodzakelijke verkoops prijs van het product respectievelijk €2,20 of €2,60 per liter.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoops prijs (€/L product)	€ 0,60	-86.500	-110.500	-134.500	-158.500	-182.500	-206.500	-230.500	-254.500	-278.500	-302.500	-326.500
	€ 0,80	-50.300	-74.300	-98.300	-122.300	-146.300	-170.300	-194.300	-218.300	-242.300	-266.300	-290.300
	€ 1,00	-14.200	-38.200	-62.200	-86.200	-110.200	-134.200	-158.200	-182.200	-206.200	-230.200	-254.200
	€ 1,20	22.000	-2.000	-26.000	-50.000	-74.000	-98.000	-122.000	-146.000	-170.000	-194.000	-218.000
	€ 1,40	58.100	34.100	10.100	-13.900	-37.900	-61.900	-85.900	-109.900	-133.900	-157.900	-181.900
	€ 1,60	94.300	70.300	46.300	22.300	-1.700	-25.700	-49.700	-73.700	-97.700	-121.700	-145.700
	€ 1,80	130.400	106.400	82.400	58.400	34.400	10.400	-13.600	-37.600	-61.600	-85.600	-109.600
	€ 2,00	166.500	142.500	118.500	94.500	70.500	46.500	22.500	-1.500	-25.500	-49.500	-73.500
	€ 2,20	202.700	178.700	154.700	130.700	106.700	82.700	58.700	34.700	10.700	-13.300	-37.300
	€ 2,40	238.800	214.800	190.800	166.800	142.800	118.800	94.800	70.800	46.800	22.800	-1.200
	€ 2,60	275.000	251.000	227.000	203.000	179.000	155.000	131.000	107.000	83.000	59.000	35.000
	€ 2,80	311.100	287.100	263.100	239.100	215.100	191.100	167.100	143.100	119.100	95.100	71.100
	€ 3,00	347.300	323.300	299.300	275.300	251.300	227.300	203.300	179.300	155.300	131.300	107.300

Figuur 13: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 1) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopsrijzen van het product.

Scenario 2a:

Scenario 2a omvat een hub die dubbel zoveel maanden per jaar actief is als de hub in scenario 1 en daardoor in staat is een groter volume reststromen te verwerken. Opnieuw worden 1L glazen flessen gebruikt om het eindproduct te verpakken. In figuur 14 worden de resultaten van de break-even analyse voor dit scenario getoond. Rekening houdend met de geschatte jaarlijkse investeringskost van €25.000, dient de minimale verkoops prijs van het product tussen €1,20 en €2,60 per liter te liggen. Deze prijs is dus over het algemeen lichtjes lager dan in scenario 1, afhankelijk van de aankoop prijs van de reststroom die wordt beschouwd. Bovendien zijn de potentiële winsten voor eenzelfde combinatie van aankoop prijs en verkoops prijs in dit scenario hoger dan in scenario 1.

Indien we opnieuw een aankoop prijs van de reststroom van €0,20 per kg beschouwen, dient de minimale verkoops prijs van het product €1,60 per liter te zijn opdat de hub niet verlieslatend is. Hoewel dit dezelfde prijs is als in scenario 1, stijgen de potentiële winsten van €21.300 per jaar in scenario 1 (i.e. €46.300 - €25.000) naar €71.500 per jaar in dit scenario (i.e. €96.500 - €25.000). Wanneer we opnieuw hogere aankoop prijzen beschouwen van bijvoorbeeld €0,60 per kg of €0,90 per kg, stijgt de minimaal noodzakelijke verkoops prijs naar respectievelijk €2,00 of €2,40 per liter opdat de hub niet verlieslatend is. Deze prijzen zijn wat lager dan in scenario 1. Anderzijds kunnen we ook opmerken dat de negatieve waardes voor de maximale investeringskost ook hoger zijn in dit scenario dan in scenario 1. Dit betekent dat wanneer een hub onder die condities zou worden opgezet, de verliezen groter zijn in dit scenario dan in scenario 1. Het effect van het verhogen van de operationele duur van de hub heeft dus over het algemeen een positief effect op de economische haalbaarheid van een hub, van zodra de maximaal mogelijke investeringskost positief wordt. Dit is het geval wanneer de verkoops prijs voldoende stijgt ten opzichte van de stijging van de kosten door een toegenomen volume product.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoops prijs (€/L product)	€ 0,60	-168.900	-216.900	-264.900	-312.900	-360.900	-408.900	-456.900	-504.900	-552.900	-600.900	-648.900
	€ 0,80	-96.600	-144.600	-192.600	-240.600	-288.600	-336.600	-384.600	-432.600	-480.600	-528.600	-576.600
	€ 1,00	-24.400	-72.400	-120.400	-168.400	-216.400	-264.400	-312.400	-360.400	-408.400	-456.400	-504.400
	€ 1,20	47.900	-100	-48.100	-96.100	-144.100	-192.100	-240.100	-288.100	-336.100	-384.100	-432.100
	€ 1,40	120.200	72.200	24.200	-23.800	-71.800	-119.800	-167.800	-215.800	-263.800	-311.800	-359.800
	€ 1,60	192.500	144.500	96.500	48.500	500	-47.500	-95.500	-143.500	-191.500	-239.500	-287.500
	€ 1,80	264.800	216.800	168.800	120.800	72.800	24.800	-23.200	-71.200	-119.200	-167.200	-215.200
	€ 2,00	337.100	289.100	241.100	193.100	145.100	97.100	49.100	1.100	-46.900	-94.900	-142.900
	€ 2,20	409.400	361.400	313.400	265.400	217.400	169.400	121.400	73.400	25.400	-22.600	-70.600
	€ 2,40	481.700	433.700	385.700	337.700	289.700	241.700	193.700	145.700	97.700	49.700	1.700
	€ 2,60	553.900	505.900	457.900	409.900	361.900	313.900	265.900	217.900	169.900	121.900	73.900
	€ 2,80	626.200	578.200	530.200	482.200	434.200	386.200	338.200	290.200	242.200	194.200	146.200
	€ 3,00	698.500	650.500	602.500	554.500	506.500	458.500	410.500	362.500	314.500	266.500	218.500

Figuur 14: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2a) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopsrijzen van het product.

Scenario 2b:

In scenario 2b nemen we aan dat de hub van hetzelfde type als in scenario 1 maar vervangen we de 1L glazen flessen door een bag-in-box verpakking van 3L. De resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen worden weergegeven in figuur 15. Wanneer we deze figuur vergelijken met de resultaten van scenario 2a, zien we dat de condities waarin de hub niet verlieslatend is grotendeels overeenkomen met de resultaten in scenario 2a. Opnieuw dient de minimale verkoops prijs van het product zich tussen €1,20 en €2,60 per liter te situeren, afhankelijk van de aankoop prijs van de reststroom. Als we aannemen dat deze aankoop prijs €0,20 per kg is overeenkomstig de assumptie in het FOX project, zien we weliswaar dat de minimale verkoops prijs van het eindproduct in dit scenario €1,40 per liter is terwijl dit in scenario 2a €1,60 bedroeg. Dit is echter het gevolg van het net kleiner zijn dan de benodigde investeringskost van €25.000 per jaar in scenario 2a. Wanneer we voor eenzelfde combinatie aankoop prijs en verkoops prijs de maximale investeringskost vergelijken tussen beide scenario's, zien we slechts een klein verschil. Voor een aankoop prijs van €0,20 per kg en een verkoops prijs van €1,60 per liter bijvoorbeeld is de maximale investeringskost ietwat hoger in dit scenario (€102.500) dan in scenario 2a (€96.500), al is het verschil beperkt. Eenzelfde observatie geldt bij hogere aankoop prijzen van de groente- en fruit reststroom waarbij de minimaal benodigde verkoops prijs vaak hetzelfde is in beide scenario's. Aangezien het effect van de verpakking is opgenomen in de variabele kost, is het effect hiervan op de economische haalbaarheid rechtlijnig voor zowel negatieve als positieve maximale investeringskosten. Dit was niet het geval bij een vergelijking tussen scenario 1 en 2a waar de operationele duur en dus capaciteit van de hub worden verhoogd.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoops prijs (€/L product)	€ 0,60	-162.900	-210.900	-258.900	-306.900	-354.900	-402.900	-450.900	-498.900	-546.900	-594.900	-642.900
	€ 0,80	-90.600	-138.600	-186.600	-234.600	-282.600	-330.600	-378.600	-426.600	-474.600	-522.600	-570.600
	€ 1,00	-18.300	-66.300	-114.300	-162.300	-210.300	-258.300	-306.300	-354.300	-402.300	-450.300	-498.300
	€ 1,20	54.000	6.000	-42.000	-90.000	-138.000	-186.000	-234.000	-282.000	-330.000	-378.000	-426.000
	€ 1,40	126.200	78.200	30.200	-17.800	-65.800	-113.800	-161.800	-209.800	-257.800	-305.800	-353.800
	€ 1,60	198.500	150.500	102.500	54.500	6.500	-41.500	-89.500	-137.500	-185.500	-233.500	-281.500
	€ 1,80	270.800	222.800	174.800	126.800	78.800	30.800	-17.200	-65.200	-113.200	-161.200	-209.200
	€ 2,00	343.100	295.100	247.100	199.100	151.100	103.100	55.100	7.100	-40.900	-88.900	-136.900
	€ 2,20	415.400	367.400	319.400	271.400	223.400	175.400	127.400	79.400	31.400	-16.600	-64.600
	€ 2,40	487.700	439.700	391.700	343.700	295.700	247.700	199.700	151.700	103.700	55.700	7.700
	€ 2,60	560.000	512.000	464.000	416.000	368.000	320.000	272.000	224.000	176.000	128.000	80.000
	€ 2,80	632.300	584.300	536.300	488.300	440.300	392.300	344.300	296.300	248.300	200.300	152.300
	€ 3,00	704.500	656.500	608.500	560.500	512.500	464.500	416.500	368.500	320.500	272.500	224.500

Figuur 15: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2b) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopsrijzen van het product.

Scenario 2c:

In scenario 2c gaan we na wat het effect is van het verder opschalen van de verpakking tot bag-in-box verpakkingen van 5L. De resultaten van de break-even analyse voor dit scenario zijn weergegeven in figuur 16. Terwijl het verschil in economische haalbaarheid beperkt was tussen 1L glazen flessen en 3L bag-in-box verpakkingen, zien we in dit scenario een positief effect op de economische haalbaarheid. De verkoops prijs die de hub moet ontvangen voor het eindproduct om niet verlieslatend te zijn schommelt in dit scenario tussen €1,00 en €2,40 per liter, afhankelijk van de aankooprijzen van de reststroom. Dit is lager dan in scenario's 2a en 2b.

Wanneer we een aankooprijzen van de reststroom van €0,20 per kg aannemen op basis van het FOX project, zien we dat de hub in dit scenario net als in scenario 2b niet verlieslatend is vanaf een verkoops prijs van €1,40. De maximaal mogelijke jaarlijkse investeringskost is in dit scenario echter €96.500 terwijl dit in scenario 2b slechts €30.200 bedroeg. Bij een toenemende aankooprijzen van bijvoorbeeld €0,60 of €0,90 per kg, moet de minimale verkoops prijs van het eindproduct gelijk zijn aan respectievelijk €1,80 of €2,20 per liter. Ter vergelijking, bedroeg dit in scenario's 2a en 2b nog respectievelijk €2,00 en €2,40 per liter.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoops prijs (€/L product)	€ 0,60	-96.600	-144.600	-192.600	-240.600	-288.600	-336.600	-384.600	-432.600	-480.600	-528.600	-576.600
	€ 0,80	-24.400	-72.400	-120.400	-168.400	-216.400	-264.400	-312.400	-360.400	-408.400	-456.400	-504.400
	€ 1,00	47.900	-100	-48.100	-96.100	-144.100	-192.100	-240.100	-288.100	-336.100	-384.100	-432.100
	€ 1,20	120.200	72.200	24.200	-23.800	-71.800	-119.800	-167.800	-215.800	-263.800	-311.800	-359.800
	€ 1,40	192.500	144.500	96.500	48.500	500	-47.500	-95.500	-143.500	-191.500	-239.500	-287.500
	€ 1,60	264.800	216.800	168.800	120.800	72.800	24.800	-23.200	-71.200	-119.200	-167.200	-215.200
	€ 1,80	337.100	289.100	241.100	193.100	145.100	97.100	49.100	1.100	-46.900	-94.900	-142.900
	€ 2,00	409.400	361.400	313.400	265.400	217.400	169.400	121.400	73.400	25.400	-22.600	-70.600
	€ 2,20	481.700	433.700	385.700	337.700	289.700	241.700	193.700	145.700	97.700	49.700	1.700
	€ 2,40	553.900	505.900	457.900	409.900	361.900	313.900	265.900	217.900	169.900	121.900	73.900
	€ 2,60	626.200	578.200	530.200	482.200	434.200	386.200	338.200	290.200	242.200	194.200	146.200
	€ 2,80	698.500	650.500	602.500	554.500	506.500	458.500	410.500	362.500	314.500	266.500	218.500
	€ 3,00	770.800	722.800	674.800	626.800	578.800	530.800	482.800	434.800	386.800	338.800	290.800

Figuur 16: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 2c) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopsrijzen van het product.

Scenario 3:

Scenario 3 omvat opnieuw een hub met een hogere capaciteit dan in scenario's 1 en 2a waarbij de hub jaarrond operationeel is. De efficiëntie wordt aangenomen hetzelfde te zijn en het eindproduct wordt in 1L glazen flessen verpakt. De resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen in dit scenario zijn weergegeven in figuur 17. We kunnen zien dat de minimale verkoopprijs van het eindproduct tussen €1,20 en €2,60 per liter ligt, rekening houdend met een werkelijke jaarlijkse investeringskost van €25.000. Dit interval is hetzelfde als in scenario 2a. We kunnen echter ook zien dat de maximale jaarlijkse investeringskost in dit scenario voor een zo laag mogelijke verkoopprijs aanzienlijk hoger ligt in dit scenario dan in scenario 2a. Overeenkomstig het interval verkoopprijzen schommelt deze in dit scenario tussen €73.900 en €112.900, terwijl dit in scenario 2a in het interval €47.900 - €73.900 ligt.

Bij een aankoop prijs van de eetbare groente- en fruitreststromen van bijvoorbeeld €0,20 per kg, bedraagt de maximale investeringskost in dit scenario €38.300 per jaar bij een zo laag mogelijk verkoopprijs van het product van €1,40. In scenario 2a was een minimale verkoopprijs van €1,60 nodig maar was ook de maximale investeringskost hoger (€96.500). In scenario 1 en dus een hub die slechts 4 maanden per jaar operationeel is, was de minimale verkoopprijs net als in scenario 2a €1,60 per liter maar was de maximale investeringskost lager (€46.300/jaar).

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoopprijs (€/L product)	€ 0,60	-251.400	-323.400	-395.400	-467.400	-539.400	-611.400	-683.400	-755.400	-827.400	-899.400	-971.400
	€ 0,80	-143.000	-215.000	-287.000	-359.000	-431.000	-503.000	-575.000	-647.000	-719.000	-791.000	-863.000
	€ 1,00	-34.500	-106.500	-178.500	-250.500	-322.500	-394.500	-466.500	-538.500	-610.500	-682.500	-754.500
	€ 1,20	73.900	1.900	-70.100	-142.100	-214.100	-286.100	-358.100	-430.100	-502.100	-574.100	-646.100
	€ 1,40	182.300	110.300	38.300	-33.700	-105.700	-177.700	-249.700	-321.700	-393.700	-465.700	-537.700
	€ 1,60	290.800	218.800	146.800	74.800	2.800	-69.200	-141.200	-213.200	-285.200	-357.200	-429.200
	€ 1,80	399.200	327.200	255.200	183.200	111.200	39.200	-32.800	-104.800	-176.800	-248.800	-320.800
	€ 2,00	507.600	435.600	363.600	291.600	219.600	147.600	75.600	3.600	-68.400	-140.400	-212.400
	€ 2,20	616.100	544.100	472.100	400.100	328.100	256.100	184.100	112.100	40.100	-31.900	-103.900
	€ 2,40	724.500	652.500	580.500	508.500	436.500	364.500	292.500	220.500	148.500	76.500	4.500
	€ 2,60	832.900	760.900	688.900	616.900	544.900	472.900	400.900	328.900	256.900	184.900	112.900
	€ 2,80	941.400	869.400	797.400	725.400	653.400	581.400	509.400	437.400	365.400	293.400	221.400
	€ 3,00	1049.800	977.800	905.800	833.800	761.800	689.800	617.800	545.800	473.800	401.800	329.800

Figuur 17: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 3) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankoop prijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.

Scenario 4a:

Scenario 4a omvat een hub met hetzelfde operationele profiel en verpakking als in scenario 3 maar een lagere efficiëntie van de omzetting van reststroom tot product (i.e. sap, puree, e.d.). De resultaten van de break-even analyse worden getoond in figuur 18. De minimale verkoopprijzen van het eindproduct die de hub moet ontvangen om niet verlieslatend te zijn voor een werkelijke jaarlijkse investeringskost van €25.000 bevinden zich in het interval €1,20 tot €2,80 afhankelijk van de aankoop prijs van de reststroom. Terwijl de laagste waarde in dit interval hetzelfde is als in scenario 3, stijgt de minimale verkoopprijs voor de hoogste aankoop prijzen van €2,60 naar €2,80 per liter. Een afname in efficiëntie houdt in dat er meer reststroom nodig is voor eenzelfde volume product. Hoe duurder de reststroom is, hoe groter dit effect doorweegt in de totale berekening. Vandaar zien we voornamelijk een groot effect op de economische haalbaarheid bij hogere aankoop prijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen.

Bij een aankoopprijs van €0,20 per kg dient de hub een minimale verkoopprijs van €1,60 per liter te bekomen om niet verlieslatend te zijn. Dit is hoger dan in scenario 3 (€1,40 per liter). Wanneer hogere aankoopsprijzen worden beschouwd van bijvoorbeeld €0,60 of €0,90 per kg, bedragen de minimale verkoopprijzen respectievelijk €2,20 of €2,60. Dit is hoger dan in scenario 3, waar deze respectievelijk €2,00 of €2,40 per liter bedroegen.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoopprijs (€/L product)	€ 0,60	-263.300	-335.300	-407.300	-479.300	-551.300	-623.300	-695.300	-767.300	-839.300	-911.300	-983.300
	€ 0,80	-166.300	-238.300	-310.300	-382.300	-454.300	-526.300	-598.300	-670.300	-742.300	-814.300	-886.300
	€ 1,00	-69.400	-141.400	-213.400	-285.400	-357.400	-429.400	-501.400	-573.400	-645.400	-717.400	-789.400
	€ 1,20	27.600	-44.400	-116.400	-188.400	-260.400	-332.400	-404.400	-476.400	-548.400	-620.400	-692.400
	€ 1,40	124.500	52.500	-19.500	-91.500	-163.500	-235.500	-307.500	-379.500	-451.500	-523.500	-595.500
	€ 1,60	221.500	149.500	77.500	5.500	-66.500	-138.500	-210.500	-282.500	-354.500	-426.500	-498.500
	€ 1,80	318.400	246.400	174.400	102.400	30.400	-41.600	-113.600	-185.600	-257.600	-329.600	-401.600
	€ 2,00	415.300	343.300	271.300	199.300	127.300	55.300	-16.700	-88.700	-160.700	-232.700	-304.700
	€ 2,20	512.300	440.300	368.300	296.300	224.300	152.300	80.300	8.300	-63.700	-135.700	-207.700
	€ 2,40	609.200	537.200	465.200	393.200	321.200	249.200	177.200	105.200	33.200	-38.800	-110.800
	€ 2,60	706.200	634.200	562.200	490.200	418.200	346.200	274.200	202.200	130.200	58.200	-13.800
	€ 2,80	803.100	731.100	659.100	587.100	515.100	443.100	371.100	299.100	227.100	155.100	83.100
	€ 3,00	900.100	828.100	756.100	684.100	612.100	540.100	468.100	396.100	324.100	252.100	180.100

Figuur 18: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 4a) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankoopsprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopprijzen van het product.

Scenario 4b:

Aangezien uit scenario's 2a, 2b en 2c bleek dat 5L bag-in-box verpakkingen een positief effect hadden op de economische haalbaarheid van de hub, gaan we tot slot in scenario 4b één stap verder en beschouwen we een relatief grootschalige hub die jaarrond operationeel is, een lagere efficiëntie heeft en het eindproduct verpakt in 5L bag-in-box verpakkingen. De resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen voor dit scenario worden weergegeven in figuur 19. Hierbij zien we dat, in vergelijking met scenario 4a, de minimale verkoopprijs daalt naar een interval tussen €1,00 en €2,60. Terwijl de laagste waarde in dit interval overeenkomstig lage aankoopsprijzen hetzelfde is als in scenario 2c, is de waarde overeenkomstig hogere aankoopsprijzen wat hoger dan in scenario 2c (€2,40/L).

Bij een aankoopprijs van de eetbare groente- en fruitreststroom van €0,20 per kg, bedraagt de minimale verkoopprijs die de hub moet ontvangen om niet verlieslatend te zijn in dit scenario €1,40. De maximale jaarlijkse investeringskost hierbij bedraagt €77.500 wat hoger is dan de jaarlijkse (geschatte) werkelijke investeringskost van €25.000. Dit komt overeen met de minimale verkoopprijs in scenario 2c maar is lager dan deze in scenario 4a (€1,60 per kg). Ook voor hogere aankoopsprijzen van de reststromen zijn de minimale verkoopprijzen in dit scenario lager dan in scenario 4a maar hoger dan in scenario 2c.

Prijs groente- en fruit reststroom(€/kg)		€ 0,00	€ 0,10	€ 0,20	€ 0,30	€ 0,40	€ 0,50	€ 0,60	€ 0,70	€ 0,80	€ 0,90	€ 1,00
Verkoopsprijs (€/L product)	€ 0,60	-166.300	-238.300	-310.300	-382.300	-454.300	-526.300	-598.300	-670.300	-742.300	-814.300	-886.300
	€ 0,80	-69.400	-141.400	-213.400	-285.400	-357.400	-429.400	-501.400	-573.400	-645.400	-717.400	-789.400
	€ 1,00	27.600	-44.400	-116.400	-188.400	-260.400	-332.400	-404.400	-476.400	-548.400	-620.400	-692.400
	€ 1,20	124.500	52.500	-19.500	-91.500	-163.500	-235.500	-307.500	-379.500	-451.500	-523.500	-595.500
	€ 1,40	221.500	149.500	77.500	5.500	-66.500	-138.500	-210.500	-282.500	-354.500	-426.500	-498.500
	€ 1,60	318.400	246.400	174.400	102.400	30.400	-41.600	-113.600	-185.600	-257.600	-329.600	-401.600
	€ 1,80	415.300	343.300	271.300	199.300	127.300	55.300	-16.700	-88.700	-160.700	-232.700	-304.700
	€ 2,00	512.300	440.300	368.300	296.300	224.300	152.300	80.300	8.300	-63.700	-135.700	-207.700
	€ 2,20	609.200	537.200	465.200	393.200	321.200	249.200	177.200	105.200	33.200	-38.800	-110.800
	€ 2,40	706.200	634.200	562.200	490.200	418.200	346.200	274.200	202.200	130.200	58.200	-13.800
	€ 2,60	803.100	731.100	659.100	587.100	515.100	443.100	371.100	299.100	227.100	155.100	83.100
	€ 2,80	900.100	828.100	756.100	684.100	612.100	540.100	468.100	396.100	324.100	252.100	180.100
	€ 3,00	997.000	925.000	853.000	781.000	709.000	637.000	565.000	493.000	421.000	349.000	277.000

Figuur 19: Maximale jaarlijkse investeringskost voor een biomassahub (Scenario 4b) om niet verlieslatend te zijn voor een interval aankooprijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen en een interval verkoopsrijzen van het product.

3.2.7 Besluit

De resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen voorgesteld in sectie 3.2.6 geven ons inzichten in de economische haalbaarheid van een biomassahub die inzet op het produceren van voedingsproducten uit eetbare groente- en fruitreststromen. Tabel 22 geeft voor elk scenario een overzicht van de minimale verkoopsrijzen van het eindproduct die de hub moet ontvangen om niet verlieslatend te zijn en dit voor verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom. Een groene kleur komt overeen met lagere minimale verkoopsrijzen, terwijl een rode kleur hogere minimale verkoopsrijzen aanduidt. Op basis van deze tabel kunnen we concluderen dat volgende eigenschappen een positief effect hebben op de economische haalbaarheid van de hub:

1. Het verhogen van de tijdspanne waarin de hub operationeel is, onafhankelijk van de aankoopprijs van de groente- en fruitreststromen (scenario 1, 2a en 3). Dit geldt vanaf een positieve maximale investeringskost van de hub.
2. Het gebruiken van 5L bag-in-box verpakkingen in plaats van 1L glazen flessen of 3L bag-in-box verpakkingen, onafhankelijk van de aankoopprijs van groente- en fruitreststromen (scenario 2a, 2b en 2c). Hierbij dient te worden opgemerkt dat in werkelijkheid de hub wellicht steeds meerdere verpakkingsgroottes dient te moeten voorzien om op de vraag van de klant te kunnen inspelen. De economische haalbaarheid van een hub die bijvoorbeeld zowel 1L glazen flessen als 5L bag-in-box verpakkingen gebruikt zal dan ook tussen deze van de overeenkomstige scenario's hier voorgesteld liggen.
3. Het verhogen van de efficiëntie van het omzettingsproces van reststroom tot product, zeker bij hogere aankooprijzen van de groente- en fruitreststromen (scenario 3 en 4a).

De tabel leert ons ook welk van deze condities het grootste effect heeft. Dit is het geval wanneer de minimale verkoopsprijs het meest daalt over de verschillende aankooprijzen van de reststroom. We kunnen zo zien dat het effect van een hogere capaciteit kleiner is dan het effect van het gebruiken van 5L bag-in-box verpakkingen, althans voor de capaciteiten die wij hier hebben bekeken (verdubbelen en verdriedubbelen). Eerstgenoemde resulteerde namelijk minder vaak in een daling van de minimale verkoopsprijs maar resulteerde wel steeds in een hogere maximaal mogelijke investeringskost wanneer de minimale verkoopsprijs niet wijzigde. Anderzijds, ging laatstgenoemde vaker gepaard met lagere minimale verkoopsrijzen. Een daling van de efficiëntie leidde tot hogere minimale verkoopsrijzen vanaf een aankoopprijs van de reststroom van €0,20/kg.

Tabel 22: Minimale verkoopprijs van het eindproduct (sap, puree, e.d.) voor de zeven scenario's en verschillende aankooprijzen van de groente- en fruitreststroom opdat de biomassahub niet verlieslatend is. Hierbij wordt aangenomen dat de werkelijke jaarlijkse investeringskost €25.000 bedraagt.

Scenario	Aankooprijzen reststroom (€/kg)										
	€0,00	€0,10	€0,20	€0,30	€0,40	€0,50	€0,60	€0,70	€0,80	€0,90	€1,00
1	€1,40	€1,40	€1,60	€1,80	€1,80	€2,00	€2,20	€2,20	€2,40	€2,60	€2,60
2a	€1,20	€1,40	€1,60	€1,60	€1,80	€2,00	€2,00	€2,20	€2,20	€2,40	€2,60
2b	€1,20	€1,40	€1,40	€1,60	€1,80	€1,80	€2,00	€2,20	€2,20	€2,40	€2,60
2c	€1,00	€1,20	€1,40	€1,40	€1,60	€1,80	€1,80	€2,00	€2,00	€2,20	€2,40
3	€1,20	€1,40	€1,40	€1,60	€1,80	€1,80	€2,00	€2,20	€2,20	€2,40	€2,60
4a	€1,20	€1,40	€1,60	€1,80	€1,80	€2,00	€2,20	€2,40	€2,40	€2,60	€2,80
4b	€1,00	€1,20	€1,40	€1,60	€1,60	€1,80	€2,00	€2,20	€2,20	€2,40	€2,60

Verder levert de tabel inzicht in hoe de minimale verkoopprijzen veranderen overheen de scenario's en verschillende aankooprijzen van de reststromen. Overheen alle scenario's is de hoogste minimale verkoopprijs nodig om niet verlieslatend te zijn gelijk aan €2,80 per liter. Dit is het geval bij een aankooprijzen van €1,00 per kg voor de reststroom, bij een jaarrond productie aan lagere efficiëntie en wanneer het eindproduct verpakt wordt in 1L glazen flessen. Anderzijds bedraagt de laagste minimale verkoopprijs €1,00 per liter. Dit treedt op wanneer de reststroom gratis ter beschikking wordt gesteld en 5L bag-in-box verpakkingen worden gebruikt, zowel voor een middelmatige capaciteit met hogere efficiëntie als hogere capaciteit met lagere efficiëntie. Welk(e) scenario(s) het meest economisch haalbaar is (zijn), is afhankelijk van de aankooprijzen van de reststroom. Voor lage aankooprijzen (tussen €0/kg en €0,20/kg) zijn scenario's 2c en 4b het meest economisch haalbaar. Voor aankooprijzen tussen €0,30/kg en €0,60/kg is dit scenario 2c en in mindere mate 4b. Bij hogere aankooprijzen, is scenario 2c duidelijk het meest economisch haalbare. Ook de rangschikking van de scenario's volgens minimale verkoopprijs is afhankelijk van de aankooprijzen van de reststroom die wordt beschouwd. Overheen alle aankooprijzen resulteert scenario 2c dus in de laagste minimale verkoopprijzen, gevolgd door scenario 4b maar voor bepaalde aankooprijzen van de reststroom (bijvoorbeeld €0,50/kg) zijn er meerdere scenario's met eenzelfde minimale verkoopprijs van het product.

Het vergelijken tussen de scenario's onderling is voornamelijk interessant ten opzichte van scenario's 4a en 4b. De minimale verkoopprijzen in het scenario met een jaarrond operationele hub aan lagere efficiëntie en 1L glazen flessen (scenario 4a) komen ongeveer overeen met deze in het scenario bij een hogere efficiëntie maar de laagste capaciteit waarbij de hub slechts vier maanden per jaar operationeel is (scenario 1). De maximale investeringskosten die horen bij deze minimale verkoopprijzen, zijn in scenario 4a wel steeds aanzienlijk hoger dan in scenario 1. Wanneer de hub met jaarrond productie en lagere efficiëntie 5L bag-in-box verpakkingen gebruikt (scenario 4b), dalen de minimale verkoopprijzen. Voor lage aankooprijzen van de reststroom (tot €0,20/kg) worden ze gelijk aan deze voor het scenario met een hub die acht maanden per jaar operationeel is, een hogere efficiëntie heeft en 5L bag-in-box verpakkingen gebruikt (scenario 2c). Voor hogere aankooprijzen van de reststroom, ligt de minimale verkoopprijs in scenario 4b hoger dan in 2c en is deze gelijkaardig aan de minimale verkoopprijs in scenario 2b waar 3L bag-in-box verpakkingen worden gebruikt.

Om in te schatten of zulke verkoopprijzen realistisch zijn, kunnen we deze vergelijken met huidige marktprijzen voor de producten (sappen, purees, e.d.). In het FOX project wordt een prijs van €1,40 per liter voorgesteld als een competitieve prijs. Dit komt overeen met de lichtgroene vakjes in tabel

22. We kunnen zien dat elk scenario zulke vakjes heeft en er dus in elk scenario een aankoop prijs voor de reststroom bestaat waarvoor de hub deze verkoops prijs zou kunnen verkrijgen en niet verlieslatend is. Wat deze aankoop prijs van de reststroom precies is, verschilt wel overheen de scenario's. Zo bedraagt deze in scenario's 1, 2a en 4a maximaal €0,10/kg; in scenario's 2b, 3 en 4b maximaal €0,20/kg en in scenario 2c maximaal €0,30/kg. Onder de aanname van een aankoop prijs van €0,20/kg zoals in het FOX project, betekent dit dat de biomassahub in scenario's 1, 2a en 4a niet economisch haalbaar is.

Aangezien de technologieën in de FOX container verwacht worden positieve gezondheidseffecten te hebben in vergelijking met conventionele producten, kunnen echter misschien ook hogere verkoops prijzen worden bekomen. Zo verkoopt bijvoorbeeld Fructus in Borgloon kwalitatief hoogstaand natuurzuiver appelsap dat ze zelf persen aan €2,65 per liter¹⁵. Andere bedrijven verkopen hun vers appelsap (niet uit concentraat) aan prijzen tussen €1,79 per liter (5L bag-in-box, Fruit Vervisch in Leper¹⁶) tot prijzen boven €3,00 per liter (1L glazen fles en 5L bag-in-box van Appelino¹⁷), en alles daartussen (bijvoorbeeld Pipo appelsap 5L bag-in-box: €2,38 per liter¹⁸). Kohl¹⁹ uit Italië verkoopt bijvoorbeeld zelfs premium appelsappen aan €7,60 per glazen fles van 1L. Wanneer de hub het eindproduct zou kunnen verkopen aan hogere prijzen, bijvoorbeeld in lijn met de sappen van Fructus aan meer dan €2,60 per liter zien we in tabel 22 dat de hub in elk van de scenario's niet verlieslatend is, zelfs bij aankoop prijzen van de eetbare groente- en fruitreststromen van €1 per kg. Ter referentie, de huidige marktprijs van appels voor directe consumptie lag in februari 2024 rond €0,70 per kg²⁰, afhankelijk van de soort. De prijs voor rebut appels in dezelfde periode lag rond €0,25 per kg¹¹.

Tot slot kunnen we opmerken dat in deze studie een stijging in de capaciteit van de hub het gevolg was van een verandering in de tijdsduur waarin de hub operationeel is. Aangezien de totale jaarlijkse capaciteit wordt gebruikt in de berekeningen kan een verhoging van de capaciteit van de hub per dag een gelijkaardig effect hebben. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met een potentieel hogere werkelijke investeringskost wanneer de capaciteit van de installatie zelf toeneemt. Afhankelijk van het scenario, kan dit al dan niet nog steeds lager zijn dan de berekende maximale jaarlijkse investeringskost. Bovendien gaan we ervan uit dat er voldoende reststromen beschikbaar zijn binnen een straal van 30 km rond de hub om aan de nodige capaciteiten te voldoen. In verder onderzoek kan nagegaan worden of dit ook daadwerkelijk het geval is. Zo zou je in een spatiale analyse kunnen nagaan hoeveel leveranciers van de benodigde biomassa reststromen in een straal van 30 km rond een voor de hub interessante locatie (bijvoorbeeld fruitveiling) beschikbaar zijn en hoeveel van de benodigde reststromen zij genereren. Dit valt echter buiten het doel van deze verkennende studie.

¹⁵ <https://fructus.be/verkoop/>

¹⁶ <https://www.fruitvervisch.be/product/appelsap-5l/>

¹⁷ <https://www.destreekboetiek.be/appelino-appelsap-75cl>

¹⁸ <https://www.pipoappelsappen.be/webshop/product/pipo-natuurzuiver-appelsap-5l-4x-5l>

¹⁹ <https://www.kohl.bz.it/en/shop/>

²⁰ <https://www.boerenbond.be/markten/fruit/appelen?sort=asc&order=Datum>

Hoofdstuk 3:

Verdienmodellen, struikelblokken en opportuniteiten van een biomassahub voor de valorisatie van groente- en fruitreststromen in Vlaanderen

1. Verdienmodellen

In deze sectie bouwen we verder op de resultaten van de economische haalbaarheidsberekeningen voorgesteld in hoofdstuk 2. Specifiek reflecteren we hier kort over het effect van verschillende verdienmodellen voor een hub op deze economische haalbaarheid. We definiëren vier verdienmodellen ervan uitgaande dat de biomassahub een privaat bedrijf is:

1. De hub koopt groente- en fruitreststromen en verkoopt (half)fabricaten op de spot market.
2. De hub sluit een overeenkomst of contract af met een afnemer van de (half)fabricaten die op de hub worden gegenereerd.
3. De hub sluit een overeenkomst of contract af met een toeleverancier van groente- en fruitreststromen.
4. De hub sluit een overeenkomst of contract af met zowel een toeleverancier van groente- en fruitreststromen als een afnemer van (half)fabricaten.

Deze verdienmodellen hebben een invloed op enkele parameters in de economische haalbaarheidsberekeningen, met name de aankooprijzen van de groente- en fruitreststromen en de verkoopsrijzen van de (half)fabricaten. Dit bepaalt dus de combinatie aankoop prijs en verkoops prijs die in de twee gevalstudies hierboven besproken kunnen worden bekomen en dus de economische haalbaarheid van de hub. Bovendien gaat ook elk verdienmodel gepaard met logistieke voor- en nadelen. Hieronder bespreken we kort voor elk verdienmodel wat de implicaties hiervan zijn. Hierbij focussen we op de economische haalbaarheid van de hub. Uiteraard hebben de verdienmodellen daarnaast ook andere implicaties die hier slechts in beperkte mate worden aangehaald. Uit de interviews bleek zo bijvoorbeeld dat voor toeleveranciers niet enkel het economische van tel is maar ook het logistieke aspect een rol speelt. Een overeenkomst met een hub garandeert bijvoorbeeld aan de toeleverancier de afname van zijn reststromen. De producent van reststromen dient dus niet telkens zelf op zoek te gaan partners om deze reststromen te verkopen. Hieronder lichten we een aantal van deze voor- en nadelen ook kort toe.

Verdienmodel 1 – Aankopen en verkopen op de spot market:

De hub is in dit verdienmodel onderhevig aan de markt. De prijs die de hub zal betalen voor de reststromen en ontvangen voor de (half)fabricaten fluctueert dus mee met de markt. Dit komt overeen met het perspectief gehanteerd tijdens de bespreking van de resultaten in sectie 3. Het voordeel van dit verdienmodel is dat de hub niet vasthangt aan overeenkomsten die moeten worden nageleefd. De hub is dus relatief vrij in het bepalen van hoeveel reststromen (van deze beschikbaar op de markt) worden verwerkt en van het verkopen van de (half)fabricaten. De hub heeft zo de mogelijkheid om af te wachten bij het aankopen van groente- en fruitreststromen wanneer de

marktprijzen hoog zijn en (indien het product dit toelaat) bij het verkopen van de (half)fabricaten wanneer de marktprijzen relatief laag zijn. Uiteraard dient de hub hierbij wel rekening te houden met de benodigde capaciteiten om de economische haalbaarheid te garanderen. Wanneer er bijvoorbeeld onvoldoende toelevering is van inputmaterialen om de installatie operationeel te houden omwille van een hoge marktprijs van de inputstromen, daalt de tijdsduur waarin de hub operationeel is. Dit kan een negatief effect hebben op de economische haalbaarheid waardoor het interessanter kan zijn om toch inputstromen aan hogere marktprijzen aan te kopen. Daarom is in dit verdienmodel het investeren in stockagevoorzieningen wellicht cruciaal wat bijkomende investeringskosten met zich meebrengt. Anderzijds is het nadeel in dit verdienmodel dat de hub de toelevering van reststromen niet kan garanderen en ook de afzet van de (half)fabricaten niet kan garanderen. Dit brengt dus een risico met zich mee.

Verdienmodel 2 – Overeenkomst met afnemer:

Om het risico besproken in verdienmodel 1 te reduceren, kan de hub een overeenkomst of contract afsluiten met een afnemer van de geproduceerde (half)fabricaten. Dit heeft als voordeel dat de hub een gegarandeerde afzet heeft van zijn producten. Anderzijds is de verkoopprijs hier over het algemeen wat lager dan wanneer de (half)fabricaten worden verkocht op de spot market. Bovendien moet de hub ook steeds de (half)fabricaten volgens de afspraken in de overeenkomst beschikbaar hebben. We kunnen hiervan het effect op de economische haalbaarheid van de hub voorgesteld in sectie 3 bespreken. Aangezien de inschatting van de marktprijs van de bio-gebaseerde meststof in gevalstudie 1 erg onzeker is, beschouwen we hiervoor gevalstudie 2. Een gelijkaardige redenering kan echter worden toegepast op gevalstudie 1.

Tabel 22 toonde ons doorheen de scenario's en voor verschillende aankooprijzen van de reststromen wat de minimale verkoopprijs van het fabricaat (sap, puree, etc.) moet zijn opdat de hub niet verlieslatend is. Wanneer we de marktprijs van €1,40 per liter beschouwen zoals in het FOX project, nemen we hier dus aan dat de verkoopprijs opgenomen in de overeenkomst met de afnemer lager is, bijvoorbeeld €1,20 per liter. In dit geval kunnen we dan concluderen dat de economische haalbaarheid van de biomassahub over het algemeen daalt. Bij verkoop op de spot market bestond er bijvoorbeeld voor elk scenario een aankoopprijs van de reststroom waarvoor de hub niet verlieslatend was. Bij een verkoopprijs van €1,20 per liter daarentegen zien we dat de hub in scenario 1 niet meer economisch haalbaar is, zelfs niet wanneer de reststroom gratis ter beschikking wordt gesteld. Het hangt uiteraard af van het scenario en de werkelijke aankoopprijs van de groente- en fruitreststroom of de biomassahub in realiteit ook niet meer economisch haalbaar is. Zo blijft bij een verkoopprijs van €1,20 per liter en aankoopprijs van de reststroom van €0,20 per kg, de hub net als bij verkoop op de spot market niet verlieslatend in scenario 4b, terwijl de hub onder deze specificaties wel verlieslatend is in de overige scenario's. In het eerste verdienmodel zou de hub daarentegen onder deze specificaties wel economisch haalbaar zijn in scenario's 2b, 2c, 3 en 4a. Voor welke scenario's de haalbaarheid door dit verdienmodel wijzigt, hangt echter af van de aankoopprijs van de groente- en fruitreststromen, de marktprijs van het product en de relatieve daling van deze marktprijs die wordt opgenomen in de overeenkomst.

Verdienmodel 3 – Overeenkomst met toeleverancier:

Een andere manier om het risico aangekaart bij verdienmodel 1 te reduceren is door het aangaan van een overeenkomst met de toeleverancier van de groente- en fruitreststroom. Hierdoor is de aanlevering van de reststromen gegarandeerd. Anderzijds kan de hub ook geen reststromen weigeren

indien deze worden aangeleverd volgens de afspraken in de overeenkomst. De invloed van dit verdienmodel op de prijs kan werken in twee richtingen, afhankelijk van vraag naar en aanbod van de groente- en fruitreststroom, en bijgevolg ook van de oorsprong van de reststroom.

Wanneer het aanbod van een groente- en fruitreststroom groter is dan de vraag, kan door middel van een overeenkomst een aankoopprijs worden vastgelegd die typisch lager is dan wanneer reststromen op de spot market worden aangekocht. De overeenkomst verzekert de toeleverancier van de reststroom een afzet van zijn reststromen terwijl dit bij verkoop op de spot market voor de toeleverancier niet gegarandeerd is. Wanneer, anderzijds, de vraag naar een reststroom groter is dan het aanbod, zorgt het sluiten van een overeenkomst voor een gegarandeerde toelevering van reststromen voor de hub. Omwille van de schaarste van reststromen op de markt zal de biomassahub hiervoor wel een hogere aankoopprijs moeten aanbieden in de overeenkomst dan de marktprijs. Hieraan gerelateerd speelt ook de oorsprong van de reststroom een rol en meer bepaald of de toeleverancier verplicht zijn groente- en fruitreststromen dient te verwijderen van het bedrijf (bijvoorbeeld in geval van serreteelt of bij retailers en supermarkten) of in staat is deze zelf te verwerken (bijvoorbeeld door onderploegen). Supermarkten en grote cateraars bijvoorbeeld hebben organische reststromen die ze niet zelf kunnen verwerken en waar ze dus een oplossing voor dienen te vinden. Zij betalen dan ook om van deze reststromen af te geraken en zoeken hiervoor de goedkoopste mogelijkheid beschikbaar. In dit geval zou de aankoopprijs van de reststroom voor de hub dus zelfs negatief kunnen zijn. Dit is echter een gemengde reststroom, waardoor het nodig is om deze (bij de bron) te scheiden wat extra aanpassingen en investeringen vraagt. Dit gebeurt momenteel nog niet voor groenten en fruit en tijdens het interview gaf de supermarkt aan dat dit niet eenvoudig is. Daarom gaan we hier niet verder op in bij het bespreken van alternatieve verdienmodellen voor de gevalstudies die we hierboven hebben toegelicht en beschouwen we in dit geval lagere aankooprijzen dan de marktprijs.

Opnieuw kunnen we bestuderen wat de impact hiervan is op de economische haalbaarheid van de hub. We beschouwen hiervoor gevalstudie 2. In de eerste piste waar een overaanbod aan reststromen leidt tot een lagere aankoopprijs in de overeenkomst, kunnen we bijvoorbeeld aannemen dat de aankoopprijs in dit verdienmodel is vastgelegd op €0,10 per kg (in plaats van de marktprijs van €0,20 per kg). Voor een verkoopprijs van €1,40 per liter toont tabel 22 dat de hub in dit verdienmodel economisch haalbaar is scenario's 1 en 2a terwijl dit niet het geval was wanneer aankoop gebeurt op de spot market. De economische haalbaarheid van de hub stijgt dus ten opzichte van verdienmodel 1. In de tweede piste waar de vraag naar een reststromen groter is dan het aanbod, wordt in de overeenkomst een hogere prijs afgesproken dan de marktprijs. Nemen we bijvoorbeeld aan dat deze prijs stijgt naar €0,30 per kg, toont tabel 22 bijvoorbeeld dat de hub niet meer economisch haalbaar is in scenario 2b. Haalbaarheid van de overige scenario's wijzigt niet. Onder deze specificaties lijkt het positieve effect van een lagere prijs in de overeenkomst dus groter dan het negatieve effect bij een hogere prijs.

Hierbij dienen we echter een belangrijke kanttekening te maken. Op basis van tabel 22 zien we namelijk dat de relatieve grootte van het effect in beide pistes afhangt van de marktprijzen van de groente- en fruitreststroom en het product dat wordt verkocht, alsook de grootte van de stijging of daling ten opzichte van de marktprijs. Bij bijvoorbeeld een marktprijs van €0,80 per kg voor de reststroom en €2,00 per liter voor het product, heeft een daling van de aankoopprijs naar €0,70 per kg bijvoorbeeld geen effect op de economische haalbaarheid van de hub. Bij een stijging van de aankoopprijs naar €0,90 per kg daarentegen is de hub niet meer economisch haalbaar in scenario's 2c en 4a. Wanneer echter de lagere prijs €0,60 per kg bedraagt en de hogere prijs €1,00 per kg, zien we

dat in het eerste geval de hub in scenario's 2a, 2b en 3 wel economisch haalbaar wordt, terwijl voor het tweede geval hetzelfde geldt als bij een stijging naar €0,90 per kg.

Verdienmodel 4 – Overeenkomst met afnemer en toeleverancier:

Tot slot beschouwen we in dit verdienmodel een biomassahub die zowel met de toeleverancier van de groente- en fruitreststroom als de afnemer van de (half)fabricaten een overeenkomst afsluit. De voordelen hiervan zijn dat de hub een verzekerde aanvoer van reststromen heeft en een verzekerde afzet van (half)fabricaten. Anderzijds is de hub minder flexibel en moeten steeds de aangeboden reststromen worden aangenomen en de gecontracteerde hoeveelheden (half)fabricaten worden geleverd. We nemen hier net als in verdienmodel 2 aan dat de verkoopprijs van de fabricaten lager ligt dan bij aan- en verkoop op de spot market. Daarnaast beschouwen we de twee pistes voor het effect op de aankoopprijs van de reststroom toegelicht in verdienmodel 3.

We kunnen dan opnieuw bekijken wat het effect is op de economische haalbaarheid van de hub in gevalstudie 2. We gaan hierbij uit van een marktprijs van €0,20 per kg voor de groente- en fruitreststroom en van €1,40 per liter voor het product. Tabel 22 leert ons dat bij een aankoopprijs van €0,10 per kg (daling) en een verkoopprijs van €1,20 per liter (daling), de hub in dit verdienmodel verlieslatend is in scenario's 2 en 3b terwijl dit niet het geval was bij aan- en verkoop op de spot market. Het positieve effect van een lagere aankoopprijs op de economische haalbaarheid van de hub wordt in dit geval dus tenietgedaan door de daling van de verkoopprijs van het product. Beschouwen we een aankoopprijs van de reststroom van €0,30 per kg (stijging) en een verkoopprijs voor het product van €1,20 per liter (daling), zien we dat de hub verlieslatend wordt in scenario's 2b, 2c, 3 en 4a. De hub was daarentegen niet verlieslatend in deze scenario's wanneer de marktprijzen worden gehanteerd. Hier zien we dus dat beide negatieve effecten elkaar versterken en de hub enkel nog economisch haalbaar is in scenario 4b (grootste capaciteit, hogere efficiëntie en 5L bag-in-box verpakkingen). Hoewel de trends in het algemeen gelden, kunnen de precieze effecten wijzigen bij andere marktprijzen.

2. Struikelblokken en opportuniteiten

In hoofdstuk 2 bespraken we de economische haalbaarheid van een biomassahub in twee concrete gevalstudies. Uiteraard belicht deze analyse slechts één invalshoek waar rekening mee moet gehouden worden bij het installeren van een biomassahub in Vlaanderen. In deze sectie willen we op basis van de experten interviews besproken in sectie 2.1 van hoofdstuk 1 ook andere aspecten belichten. Hierbij lichten we de struikelblokken en opportuniteiten toe die tijdens de interviews werden geïdentificeerd.

Over het algemeen varieerde de perceptie van de relevantie en het potentieel van een biomassahub in Vlaanderen tussen de respondenten. Waar sommigen er zeker de voordelen van inzagen, waren anderen sceptischer en zagen vooral struikelblokken. Bovendien was er voornamelijk interesse in het concept van een biomassahub maar de concrete implementatie van een hub stond voor de meeste respondenten nog wat veraf. Meerdere respondenten haalden ook aan dat er in het verleden reeds studies zijn gebeurd en pogingen zijn gedaan om groente- en fruitreststromen hoogwaardiger te valoriseren maar dat deze na het wegvallen van subsidies steeds gestopt werden omdat ze niet financieel haalbaar waren. Anderen volgden dan weer de redenering dat indien het interessant zou zijn om hoogwaardiger te valoriseren in een hub, dit reeds zou gebeuren door bestaande bedrijven.

Ook het concept van een biomassahub werd anders ingevuld door verschillende respondenten. Sommige zagen vooral potentieel in een hub die geografisch verspreide reststromen samenbrengt en stabiliseert maar hier geen verdere verwerking op toepast. Anderen zagen dan weer meer potentieel in een hub die ook inzet op verwerking, hetzij via specialisatie in een hoogwaardige toepassing, hetzij in een flexibele opstelling waarmee verschillende groente- en fruitreststromen kunnen worden verwerkt.

Daarnaast werden tijdens de interviews struikelblokken geïdentificeerd om het potentieel van een hub te realiseren. We onderscheiden vijf domeinen waarbinnen deze struikelblokken kunnen worden gecategoriseerd, in lijn met eerdere studies: (1) financiën en markt, (2) logistiek en organisatie, (3) beleid, (4) kennis en technologie, en (5) informatie en gedrag. Figuur 20 geeft een overzicht weer van de struikelblokken die naar voren kwamen tijdens de interviews in elk van de vier domeinen.

Financiën en markt:

Een eerste struikelblok dat in dit domein werd geïdentificeerd zijn de grote investeringen die noodzakelijk zijn in de technologieën om groente- en fruitreststromen te valoriseren. Dit is zeker het geval wanneer een hub op een nieuwe locatie zou worden opgezet. Het vermarkten van het (de) eindproduct(en) van een biomassahub werd door sommige respondenten ook als een struikelblok beschouwd. Opdat de hub financieel rendabel kan zijn, moet er een vraag zijn naar het product dat de hub genereert. De hub dient dus zorgvuldig in te zetten op valorisatie tot producten die een meerwaarde genereren en waar er een vraag voor is vanuit de markt.

Een respondent haalde aan dat het gebruiken van “reststromen” voor valorisatie tot producten voor humane voeding bij consumenten de connotatie oproept dat de producten die hieruit voortkomen niet veilig of vers zouden zijn. Dit heeft uiteraard een negatieve invloed op de vraag en dus de prijs voor de producten geproduceerd door een hub. Er is dus een mentaliteitswijziging nodig bij de consument opdat deze bereid is om de (hogere) prijs te betalen die nodig is om voedingsproducten uit een hub aan te kopen. De hub kan namelijk niet opboksen tegen de lage prijzen waaraan internationale spelers hun producten kunnen aanbieden. De hub kan dan wel inzetten op kwaliteitsvollere producten (bijvoorbeeld niet ultra-processed) om zo bepaalde consumentengroepen te overtuigen een meerprijs te betalen. Een andere respondent haalde ook aan dat in het verleden pogingen werden gedaan om specifieke groente- en fruitreststromen zoals spruitstokken te valoriseren naar veevoeder maar dat dit niet van de grond kwam omdat er geen vraag was van de veetelers om hiervoor een vergoeding te betalen. Verder stelde een respondent dat een vraag naar niet enkel fabricaten maar ook halffabricaten een meerwaarde zou zijn voor een hub zodat meer inkomsten kunnen worden gegenereerd. Daarnaast werden ook toegenomen grondstofprijzen genoemd als struikelblokken omwille van hun effect op de totale productiekost en dus rendabiliteit van een hub. Zo haalde een respondent aan dat prijzen voor verpakking van voedingsproducten de laatste jaren verdubbeld zijn.

Financiën en markt	Logistiek en organisatie	Beleid	Kennis en technologie	Informatie en gedrag
1. Grote investeringen noodzakelijk	1. Beperkte houdbaarheid van reststromen vereist kostelijke voorbehandeling	1. Afvalwetgeving beperkt wat kan gebeuren met bepaalde reststromen	1. Onvoldoende kennis van oplossingen voor gewas-specifieke valorisatieproblemen	1. Mentaliteitswijziging nodig bij bedrijven en consumenten
2. Onvoldoende vraag naar halffabricaten en fabricaten uit biomassahub	2. Seizoensale, onvoorspelbare en variabele beschikbaarheid van reststromen	2. Bestaande wetgeving werkt valoriseren van reststromen tegen	2. Gebrek aan inzichten in financiële haalbaarheid van technologieën	2. Samenwerkingsverband opbouwen met heel veel partners is niet eenvoudig
3. Het creëren van een product dat je succesvol kan positioneren in de markt is niet eenvoudig	3. Transport is kostelijk door hoge watergehaltes en variabele beschikbaarheid van reststromen	3. Complexe regelgeving: combinatie van bevoegdheden	3. Gebrek aan kennis over optimale combinatie van technologieën	3. Specifieke opleiding nodig
4. Toegenomen materiaalprijzen doen verwerkingskosten stijgen	4. Gebrek aan geïntegreerd IT-systeem	4. Complexe regelgeving: (voedsel)veiligheidsnormen en kwaliteitsnormen		
	5. Afnemers vragen garanties vs. gebrek aan voorspelbaarheid			

Figuur 20: Overzicht van de struikelblokken voor het succesvol opzetten van een biomassahub in Vlaanderen geïdentificeerd tijdens de experten interviews. Struikelblokken werden gecategoriseerd volgens vijf domeinen: (1) financiën en markt, (2) logistiek en organisatie, (3) beleid, (4) kennis en technologie en (5) informatie en gedrag.

Logistiek en organisatie:

Struikelblokken behorende tot dit domein werd het vaakst aangehaald tijdens de interviews. Het is logistiek niet eenvoudig om groente- en fruitreststromen te verzamelen en tot bij een hub te transporteren. Dit is in de eerste plaats te wijten aan de beperkte houdbaarheid van deze reststromen waardoor meerdere respondenten een behandeling noodzakelijk achtten om deze te kunnen bewaren, voornamelijk wanneer de reststroom bestemd is voor humane consumptie. Dit kan bijvoorbeeld door middel van koeling, invriezen en drogen, maar brengt uiteraard ook extra kosten met zich mee.

Ten tweede, werden ook door vele respondenten de seizoensgebonden, onvoorspelbare en variabele beschikbaarheid van de reststromen naar voren geschoven als struikelblokken. Dit bemoeilijkt namelijk de organisatie van de hub (opmaak planning, afspraken met afnemers etc.) en is zeker relevant in Vlaanderen omwille van de beperkte oppervlakte en dus beperkte beschikbaarheid van specifieke groente- en fruitreststromen. Bovendien kan de hub zo niet garanderen steeds operationeel te kunnen zijn wat nadelig is voor het afschrijven van de installaties en dus de rendabiliteit. Verder haalde een respondent aan dat bij valorisatie naar toepassingen voor humane voeding de kwaliteit toch ook een rol speelt om de processen efficiënt te laten verlopen en uit de kosten te komen. Dit beperkt dan weer welke groente- en fruitreststromen in aanmerking komen voor deze toepassingen. Daarnaast haalde deze respondent aan dat bij de insectenkweek en bepaalde specifieke afleidingen richting bijvoorbeeld suikers er ook vereisten zijn voor de reststroom waarbij bijvoorbeeld een min of meer constante samenstelling en pH nodig is. Bij reststromen van supermarkten, retailers en grote cateraars komen bovendien nog andere struikelblokken naar boven. Organische reststromen van supermarkten en retailers werden aangegeven beschikbaar te zijn in grote tonnages terwijl het aantal spelers dat hiermee om kan gaan beperkt is. Opdat supermarkten en retailers dus bereid zouden zijn om hun organische reststromen via een biomassahub te valoriseren, is dus een voldoende grote schaal nodig om afname van de reststromen te garanderen. Bovendien vormen voor deze oorsprong van reststromen, de verpakking en de diversiteit aan soorten organische reststromen (groenten en fruit, zuivel, vlees, etc.) in het mengsel een logistieke uitdaging om hoogwaardiger te valoriseren. Een respondent vermeldde dat dit ook geldt voor grote cateraars.

Een derde logistiek struikelblok dat door meerdere respondenten werd genoemd is het transport. Dit hangt samen met de onvoorspelbare en periodieke beschikbaarheid van de groente- en fruitreststromen enerzijds, en anderzijds het hoge watergehalte van verse groente- en fruitreststromen en de beperkte toegevoegde waarde van de producten. Hierdoor werd het transport van groente- en fruitreststromen door enkele respondenten beschouwd als te kostelijk om rendabel te zijn. Andere respondenten zagen dan weer voordelen in het centraliseren van reststromen om kosten te drukken. Centralisatie zou bovendien volgens een respondent een oplossing kunnen bieden aan het momenteel versnipperd gebruik van IT-systemen dat het logistieke en organisatorische aspect van het valoriseren van groente- en fruitreststromen bemoeilijkt. Dit werd dan ook benoemd als een vierde struikelblok binnen dit domein.

Een laatste logistiek struikelblok dat werd geïdentificeerd is gerelateerd aan het tweede struikelblok dat hierboven besproken werd. Afnemers van de producten die worden geproduceerd in de hub verwachten garanties dat zij de producten kunnen aankopen wanneer zij die nodig hebben zoals afgesproken in een overeenkomst. De beschikbaarheid van de reststromen die dienen als inputstromen van de hub is daarentegen vaak variabel en seizoenaal. Het vormt dus een logistieke

uitdaging om deze vraag en aanbod op elkaar af te stemmen aangezien de hub dit niet geheel in eigen handen heeft.

Beleid:

Ook beleidsaspecten werden door de meeste respondenten aangehaald als struikelblokken om een biomassahub te doen slagen. Zo werden verscheidene wetgevingen vermeld die restricties leggen op wat er met groente- en fruitreststromen kan gebeuren.

Ten eerste bepaalt de afvalwetgeving wanneer een reststroom beschouwd wordt als afval en bijgevolg ook wat er met een reststroom kan gebeuren. Dit kan voor sommige groente- en fruitreststromen in de praktijk leiden tot beperkingen op waarvoor ze nog kunnen worden gebruikt. Zo mag een reststroom die volgens de wetgeving wordt beschouwd als afval niet meer naar voeding of veevoeder gaan, dit mag enkel worden vergist. Dit is bijvoorbeeld van belang voor supermarkten en retailers. Wanneer hun organische (groente- en fruit-) reststromen op het bedrijf zelf worden ontpakt, wordt dit beschouwd als afval en mag dit dus enkel naar vergisting.

Ook andere wetgevingen werden vernoemd. Zo is voor de groente- en fruitveilingen de Gemeenschappelijke Marktverordening van toepassing die een compensatie voorziet voor boeren wanneer producten uit de markt worden genomen omwille van een overaanbod. De restrictie hierbij is dat het valoriseren van deze producten voor humane voeding enkel is toegelaten onder vorm van schenkingen aan sociale organisaties en dat de producten niet worden verwerkt. Anderzijds haalde een respondent aan dat sommige wetgeving het (hoogwaardiger) valoriseren van groente- en fruitreststromen tegenwerkt. Er bestaan bijvoorbeeld nog steeds subsidies voor het verbranden van serreloof. Dit motiveert telers uiteraard niet om het serreloof te gaan valoriseren door bijvoorbeeld te investeren in biodegradeerbare of ijzeren clips om verontreinigingen te beperken. Daarnaast worden overschotten die optreden op het veld bij de telers vaak niet geoogst omdat het financieel niet interessant is. De kostprijs om deze producten te oogsten is momenteel namelijk hoger dan de prijs die de teler voor deze overschotten kan krijgen. Hier bestaan volgens een respondent momenteel geen steunmaatregelen of verplichtingen voor om boeren aan te zetten dit te valoriseren. Sommige boeren nemen hierbij wel het initiatief om particulieren en organisaties uit te nodigen om zelf deze overschotten te plukken.

Daarnaast benoemde een respondent de complexe regelgeving waarbij bevoegdheden versnipperd zijn op Federaal en Vlaams niveau als struikelblok. Verder haalde een respondent met betrekking tot regulering van voeding, de complexe regelgeving aan als struikelblok om reststromen hoogwaardig te valoriseren tot producten voor humane voeding. Een andere respondent haalde ook de complexe (voedsel)veiligheidsnormen en kwaliteitsnormen aan bij valorisatie tot diervoeder en humane voeding, bijvoorbeeld voor het gebruiken van reststromen van retailers als voeder in de insectenweek.

Kennis en technologie:

De kennis van en het onderzoeken naar technologieën en processen om groente- en fruitreststromen te valoriseren kende de laatste decennia en jaren een sterke toename. Desondanks botsen we regelmatig nog op problemen waar geen eenduidige oplossing voor bestaat. Zo werd serreloof door enkele respondenten naar voren geschoven als een interessante reststroom om te composteren. Het probleem hierbij is dat serreloof verontreinigingen bevat van plastic clips en touwen. Momenteel zijn

er onderzoeken lopende om composteerbare clips te gebruiken als oplossing voor dit probleem. Verder werd ook aangehaald dat het nog niet voor alle technologieën duidelijk is of ze ook economisch rendabel zijn.

Er is ook nog weinig kennis over hoe precies te bepalen welke combinatie van technologieën het interessantst is voor een biomassahub. Enerzijds werd het combineren van een brede waaier aan technologieën en valorisatietoepassingen door enkele respondenten beschouwd als een manier om een cascade te volgen waarin de reststromen zo goed mogelijk in hun totaliteit worden hergebruikt. Bijproducten uit een bepaald proces kunnen dan als input dienen in een ander proces. Een respondent haalde aan dat het hierbij interessant is om flexibele installaties te voorzien die zowel kleinere als grotere volumes kunnen verwerken, alsook technologieën te gebruiken die een breed gamma aan groente- en fruitreststromen kunnen verwerken om de seizoensgebonden beschikbaarheid en onvoorspelbaarheid van de reststromen op te vangen. Anderzijds opperden andere respondenten dat het combineren van vele toepassingen leidt tot moeilijkheden met betrekking tot regelgeving waaraan je moet voldoen wanneer je op één locatie zowel voeding als afval hebt. Enkele respondenten zagen anderzijds ook de voordelen van het specialiseren in een doordacht gekozen specifiek proces om meer opbrengsten te genereren.

Informatie en gedrag:

Hoewel er steeds meer aandacht en animo is voor het conceptueel hoger valoriseren van groente- en fruitreststromen, haalden meerdere respondenten aan dat er momenteel onvoldoende steun is bij verschillende spelers in de hele keten om er ook in de praktijk mee aan de slag te gaan. Er is nood aan een verdere mentaliteitswijziging om ook in de praktijk hiermee aan de slag te gaan en succesvol te zijn. Een respondent benoemde dit als een nood aan een mindshift waarbij terug naar een circulair verhaal wordt gegaan en biomassa eerder wordt gezien als een bio-grondstof. Soortgelijk benoemden een aantal respondenten de vele spelers die dienen samen te werken om van een biomassahub een succesvol concept te maken als struikelblok. Iedereen moet met zijn neus in dezelfde richting staan maar dit gaat moeizaam. Verder haalden meerdere respondenten aan dat een biomassahub het best zou worden opgezet op een bestaande locatie waar groente- en fruitreststromen reeds gecentraliseerd worden zoals bijvoorbeeld bij een fruitveiling of intercommunale. Zij hebben immers al terrein en machines beschikbaar. Op basis van de interviews bleek dat de geïnterviewde bedrijven echter momenteel geen voorstander zijn om zelf een hub op te zetten specifiek om reststromen te valoriseren omdat dit volgens hen niet tot hun activiteitenportfolio behoort of omdat ze denken over onvoldoende kennis te beschikken om hierin te investeren. Ook hier zou dus een mentaliteitsverandering en/of extra ondersteuning de kansen op slagen voor een biomassahub kunnen verhogen. Verder werd ook een personeels- en opleidingskost geassocieerd met het opzetten van een hub. Personeel moet bijvoorbeeld voldoende worden opgeleid worden om met het voedselveiligheidsaspect om te gaan bij de sterk uiteenlopende oorsprongen en types groente- en fruitreststromen en technologieën die deel uitmaken van de hub. Het combineren van voedingstoepassingen en bijvoorbeeld compostering werd daarom door sommige respondenten gezien als complex en uitdagend.

Opportunities:

Doorheen de bespreking van de struikelblokken, werden al een aantal opportuniteiten naar voren geschoven om een biomassahub in Vlaanderen succesvol op te zetten. Bovendien is er, naast de beperkingen die beleid oplegt zoals hierboven beschreven, binnen het beleid steeds meer aandacht

voor het valoriseren van reststromen. Zo bestaat er wetgeving die de valorisatie van groente- en fruitreststromen stimuleert. Boeren mogen als eerste voorbeeld geen reststromen onderwerken op hun veld die niet van hun eigen bedrijf afkomstig zijn. Dit is onder andere relevant voor serreteelten. Voor de valorisatie hiervan wordt dan gekeken naar dierenvoeding of vergisting. Een tweede voorbeeld is het verbod op het verspreiden en onderploegen van overschotten bij de veilingen op het veld. Een derde voorbeeld is het ter beschikking stellen van subsidies voor investeringen in biodegradeerbare of ijzeren clips voor de serreteelt waardoor het serreloof hoogwaardiger kan worden gevaloriseerd dan door vergisting. Een vierde voorbeeld dat tijdens de interviews werd genoemd is de recent ingevoerde verplichting voor alle bedrijven om organische reststromen apart te verzamelen en niet samen met het restafval. Dit kan ervoor zorgen dat deze reststromen kunnen worden gevaloriseerd al zijn dit vaak complexe mengsels wat een hoogwaardige valorisatie sterk bemoeilijkt.

Verder werd met betrekking tot logistiek ook vernoemd dat een biomassahub in staat is om op grotere schaal te werken met grotere volumes waar bepaalde spelers momenteel geen oplossing voor kunnen vinden om hoogwaardig te valoriseren. Hieraan gerelateerd werd de hub ook geacht beter te kunnen omgaan met de seizoenale beschikbaarheid van reststromen. Een hub is wellicht niet in staat om pieken helemaal op te vangen maar werd wel geacht de beschikbaarheid van groente- en fruitreststromen beter te kunnen spreiden. Tot slot vernoemden enkele respondenten de MOOV-tool van VITO die zou kunnen helpen in het zoeken naar een optimale inplanting van een biomassahub in Vlaanderen. De MOOV-tool is namelijk een model dat de logistieke keten optimaliseert en zo aangeeft waar een hub best kan worden geïnstalleerd om de logistiekkost zo laag mogelijk te houden.

Algemeen besluit

In deze studie voerden we een verkennende analyse uit van de economische haalbaarheid van een biomassahub in Vlaanderen die zich toelegt op de valorisatie van groente- en fruitreststromen. Op basis van de literatuurstudie concluderen we dat er aanzienlijke hoeveelheden van zulke reststromen vrijkomen in Vlaanderen doorheen de hele agro-voedingsketen. Deze reststromen worden deels reeds gevaloriseerd maar niet altijd naar hoogwaardige toepassingen onder andere afhankelijk van de schakel in de keten. Hier lijken dus zeker nog verbeteringen mogelijk. Bovendien gebeurt er ook steeds meer onderzoek en worden er nieuwe technologieën ontwikkeld om hoogwaardiger te valoriseren, bijvoorbeeld voor de valorisatie tot producten voor humane consumptie en in kader van bio-raffinage. Op de vraag of een biomassahub in Vlaanderen hiertoe zou kunnen bijdragen kunnen we geen eenduidig antwoord geven. De berekeningen uit de analyse leren ons dat de economische haalbaarheid van de biomassahub zoals gedefinieerd in de gevalstudies afhankelijk is van een aantal factoren zoals de capaciteit of schaalgrootte van hub, welke technologieën op de hub worden geïntegreerd, de efficiëntie van de processen, en de verpakkingsgrootte en het verpakkingstype van de eindproducten. Daarnaast is uiteraard ook de verkoopprijs van het eindproduct en de aankoopprijs van de inputreststromen van belang.

In de gevalstudies die wij bekeken hebben, lijkt het mogelijk een profiel op te stellen voor een biomassahub die potentieel economisch haalbaar is. In de eerste gevalstudie waar een biomassahub voor het produceren van een hoogwaardige bio-gebaseerde meststof uit groente- en fruitreststromen werd bestudeerd, was dit potentieel het hoogst voor een hub die naast een grootschaligere composteerinstallatie ook de installatie voor insectenkweek met transformatie tot hoogwaardige producten bevatte. Deze laatste laat toe om ook andere en hoogwaardige producten op de markt te brengen. Een relevante piste om de economische haalbaarheid van een biomassahub te verhogen, lijkt dus het inzetten op productdifferentiatie met specifiek aandacht voor hoogwaardige producten. In de tweede gevalstudie werd een relatief kleinschaligere biomassahub bestudeerd dan in de eerste gevalstudie waarbij de focus lag op het valoriseren van groente- en fruitreststromen tot producten voor humane consumptie zoals sappen en een basis voor sauzen of purees. In deze gevalstudie lijkt het meeste potentieel aanwezig te zijn voor een biomassahub die ofwel een middelmatige capaciteit heeft met hogere efficiëntie, ofwel een hogere capaciteit met lagere efficiëntie maar die steeds 5L bag-in-box verpakkingen aanbiedt.

Uiteraard zijn deze bevindingen sterk afhankelijk van de assumpties die gedaan werden in de berekeningen. Zo werd er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de aankoop van een perceel voor het opzetten van de hub maar werd er eerder van uitgegaan dat deze hub op een bestaande locatie zou worden toegevoegd. Bovendien beschouwen we hier enkel de economische haalbaarheid en houden we geen rekening met praktische belemmeringen zoals het jaarrond voldoende beschikbaar zijn van de reststromen en de noodzaak om een voldoende hoge vraag te hebben voor de producten geproduceerd op de hub. Deze struikelblokken kwamen namelijk naar voren tijdens de interviews met stakeholders. Over het algemeen geloofden de stakeholders in de noodzaak om hoogwaardiger reststromen te valoriseren maar waren ze niet volledig overtuigd of een biomassahub zou toelaten om dit te verwezenlijken. Bestaande aanzetten tot biomassahubs in Europa tonen deels het potentieel van een hub terwijl anderen worstelen met de balans tussen inkomsten en kosten, afhankelijk van het specifieke geval. Samengevat leert deze verkennende economische haalbaarheidsstudie voor een

biomassahub in Vlaanderen ons dat er potentieel zou kunnen zijn voor een biomassahub om groente- en fruitreststromen (hoogwaardig) te valoriseren maar dat vooraf steeds moet worden nagegaan wat de kosten en inkomsten zijn en welke producten en reststromen relevant zijn.

Referentielijst

- Agentschap Landbouw & Zeevisserij. 2022a. Landbouwareaal. Beschikbaar op:
<https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/landbouw/totale-landbouw/landbouwareaal>
- Agentschap Landbouw & Zeevisserij. 2022b. Productiewaarde van de land- en tuinbouw. Beschikbaar op:
<https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/landbouw/totale-landbouw/productiewaarde-van-de-land-en-tuinbouw>
- Agneessens, L., Vandecasteele, B., Van De Sande, T., Goovaerts, E., Crappé, S., Elsen, A., Willekens, K., De Neve, S. 2014. Onderzoek naar het beheer van oogstresten bij vollegrondsgroenten en mogelijkheden van vanggewassen en teeltrotaties met het oog op de waterkwaliteitsdoelstellingen van het Actieprogramma 2011-2014 (MAP4): Hoofdrapport, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM), 149p. Beschikbaar op:
https://www.vlm.be/nl//SiteCollectionDocuments/Mestbank/Studies/Studie%20oogstresten%20groenten/Project_Oogstresten_Hoofdrapport.pdf
- Agneessens, L., Viaene, J., Nest, T., Vandecasteele, B., De Neve, S. 2015. Effect of ensilaged vegetable crop residue amendments on soil carbon and nitrogen dynamics. *Scientia Horticulturae*, 192, 311–319.
<https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2015.06.034>
- Albizzati, P.F., Tonini, D., Fruergaard Astrup, T. 2021. High-value products from food waste: An environmental and socio-economic assessment. *Science of The Total Environment* 755(1), 142466.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142466>
- Alexandri, M., Demichelis, F., Fiore, S., Lübeck, M., Pleissner, D. 2020. Biorefineries in Germany. *Waste Biorefinery: Integrating Biorefineries for Waste Valorisation*, 601–629.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818228-4.00022-8>
- Alexandri, M., Kachrimanidou, V., Papapostolou, H., Papadaki, A., Kopsahelis, N. 2022. Sustainable Food Systems: The Case of Functional Compounds towards the Development of Clean Label Food Products. *Foods*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/FOODS11182796>
- Annevelink, B., Garcia Chavez, L., van Ree, R., Vural Gursel, I. 2022. Global biorefinery status report 2022. *IEA Bioenergy*, 89p. Beschikbaar op <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/09/IEA-Bioenergy-Task-42-Global-biorefinery-status-report-2022-220712.pdf>
- Annevelink, E., Van Gogh, J.B., Van Dam, J.E.G., Bartels, P.V. 2013. Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Betuwse Bloem - Deel 1: Stakeholder analyse & biomassabeschikbaarheid. www.wur.nl
- Basri, N.E.A., Azman, N.A., Ahmad, I.K., Suja, F., Jalil, N.A.A., Amrul, N.F. 2022. Potential Applications of Frass Derived from Black Soldier Fly Larvae Treatment of Food Waste: A Review. *Foods*, 11(17).
<https://doi.org/10.3390/FOODS11172664>
- Beierlein, J.G., Schneeberger, K.C., Osburn D.D. 2008. Principles of agribusiness management (4th ed). Waveland Press.

- Bernaert, N., Van Droogenbroeck, B., Roels, K. 2018. Monitoring van voedselreststromen en voedselverliezen in de Vlaamse tuinbouw. ILVO mededeling 239. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek. Beschikbaar op:
https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/documents/Mededelingen/239_voedselverliezen.pdf
- Boerenbond, FEVIA Vlaanderen, Comeos Vlaanderen, Unie Belgische Catering, Horeca Vlaanderen, Unizo, Buurtsuper.be, OIVO, Vlaamse overheid. 2015. Ketenroadmap Voedselverlies 2015-2020. 28 p. Beschikbaar op: https://vmn-vmt.imgix.net/uploads/2019/05/attachment-2015_03_19_ketenroadmap_definitief.pdf
- Braekevelt, A., Sonneveld, E., Vervaet, M., Roels, K., Storms, S., Van Bogaert, T., Vanhee, M., Van Loo, M. 2023. Monitor voedselverlies 2020. OVAM & Departement Landbouw en Visserij. 98 p. Beschikbaar op: <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/56709>
- Braekevelt, A., Vanaken, N. 2017. Aanbod en bestemming biomassa(rest)stromen voor de circulaire economie in Vlaanderen. OVAM. 113 p. Beschikbaar op:
https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/310282/marktanalyse+Biomassa%28rest%29stromen-volledig_LR.pdf
- Caldeira, C., Vlysidis, A., Fiore, G., De Laurentiis, V., Vignali, G., Sala, S. 2020. Sustainability of food waste biorefinery: A review on valorisation pathways, techno-economic constraints, and environmental assessment. *Bioresource Technology*, 312, 123575.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2020.123575>
- Candio, P., Frew, E. 2023. How much behaviour change is required for the investment in cycling infrastructure to be sustainable? A break-even analysis. *PLOS ONE*, 18(4), e0284634.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0284634>
- Comeos. 2019. Preventie en valorisatie van onverkochte levensmiddelen in de Belgische handelssector. 9 p. Beschikbaar op: https://static.comeos.be/Study_food_waste_retail_2015-2018_NL.docx
- Cristóbal, J., Caldeira, C., Corrado, S., Sala, S. 2018. Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level. *Bioresource Technology*, 259, 244–252.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2018.03.016>
- Cuypers, D., Belderbos, E. 2022. Eindrapport - Specifieke opdracht in het kader van de opvolging van de Vlaamse bio-economie. 217 p. Beschikbaar op: https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/documents/PB/2022-SCT-R-2684_MONBIO_eindrapport_final5.pdf
- Ekren, O., Ekren, B.Y., Ozerdem, B. 2009. Break-even analysis and size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage – A case study. *Applied Energy*, 86(7–8), 1043–1054.
<https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2008.09.024>
- Esparza, I., Jiménez-Moreno, N., Bimbela, F., Ancín-Azpilicueta, C., Gandía, L.M. 2020. Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. *Journal of Environmental Management*, 265, 110510. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110510>
- Freitas, L.C., Barbosa, J.R., da Costa, A.L.C., Bezerra, F.W.F., Pinto, R.H.H., Carvalho Junior, R.N. 2021. From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new

products? Resources, Conservation and Recycling, 169, 105466.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105466>

Gellynck, X., Lambrecht, E., De Pelsmaecker, S., Vandenhoute, H. 2017. De impact van cosmetische kwaliteitseisen op voedselverlies: casestudie Vlaamse sector groenten en fruit. Departement Landbouw & Visserij. 43 p. Beschikbaar op: <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/23452>

Kaur, G., Wong, J.W.C., Kumar, R., Patria, R.D., Bhardwaj, A., Uisan, K., Johnravindar, D. 2020. Value Addition of Anaerobic Digestate From Biowaste: Thinking Beyond Agriculture. Current Sustainable/Renewable Energy Reports, 7(2), 48–55. <https://doi.org/10.1007/S40518-020-00148-2/FIGURES/1>

Kips, L., Van Droogenbroeck, B. 2014. Valorisatie van groente- en fruitreststromen: opportuniteiten en knelpunten. ILVO mededeling 165. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek. Beschikbaar op: https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/migration/public/Mediatheek/Mededelingen/165_genesis.pdf

Loayza-Salazar, S., Siche, R., Vegas, C., Chávez-Llerena, R.T., Encina-Zelada, C.R., Calla-Florez, M., Comettant-Rabanal, R. 2024. Novel Technologies in the Freezing Process and Their Impact on the Quality of Fruits and Vegetables. Food Engineering Reviews 2024, 1–25.
<https://doi.org/10.1007/S12393-024-09371-9>

Lucarini, M., Durazzo, A., Bernini, R., Campo, M., Vita, C., Souto, E.B., Lombardi-Boccia, G., Ramadan, M.F., Santini, A., Romani, A. 2021. Fruit Wastes as a Valuable Source of Value-Added Compounds: A Collaborative Perspective. Molecules, 26(21). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26216338>

Meena, R.A.A., Ghosh, A., Sathishkumar, P., Jayabalan, R. 2020. Scaling up of food waste valorization market outlooks: key concerns. Food Waste to Valuable Resources: Applications and Management, 401–416. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818353-3.00019-5>

Miserez, A. 2022. Spruitkoolstokken als grondstof voor chemie, papier en kunststof. Inagro. Beschikbaar op: <https://inagro.be/nieuws/spruitkoolstokken-als-grondstof-voor-chemie-papier-en-kunststof>

Morano, P., Tajani, F. 2017. The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private investors. Habitat International, 59, 10–20. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2016.11.004>

NICE. z.d. Diepvriesgroenten en groenten in blik. Voedingsinformatiecentrum. Beschikbaar op <https://www.nice-info.be/voedingsmiddelen/groenten-en-fruit/soorten-groenten/diepvriesgroenten-en-groenten-blik>

Noens, P., Lamote, A., Vanacker, W. 2018. Advies Wijziging 7 VLAREMA. Minaraad. Beschikbaar op <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/28278>.

Nugus, S. 2008. Financial Planning Using Excel: Forecasting, Planning and Budgeting Techniques. Financial Planning Using Excel: Forecasting, Planning and Budgeting Techniques, 1–224.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-551-7.X0001-8>

OVAM. 2024. Sorteerverplichting voor keukenafval en etensresten. Beschikbaar op <https://ovam.vlaanderen.be/keukenafval>

- OVAM & Departement Landbouw en Visserij. 2021. Actieplan voedselverlies en biomassa(rest)stromen circulair 2021-2025. 158 p. Beschikbaar op: <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/56077>
- OVAM & Departement Landbouw en Visserij. 2023. Actieplan Voedselverlies en Biomassareststromen 2021-2025: voortgang en realisaties kringloop voedselverlies 2021-2022. 54 p. Beschikbaar op: <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/56707>
- Paini, J., Benedetti, V., Ail, S.S., Castaldi, M.J., Baratieri, M., Patuzzi, F. 2021. Valorization of Wastes from the Food Production Industry: A Review Towards an Integrated Agri-Food Processing Biorefinery. *Waste and Biomass Valorization* 2021 13:1, 13(1), 31–50. <https://doi.org/10.1007/S12649-021-01467-1>
- Parisi, C. 2018. Biorefineries distribution in the EU. Beschikbaar op: <https://doi.org/10.2760/126478>
- Pergola, M., Persiani, A., Pastore, V., Palese, A.M., D'Adamo, C., de Falco, E., Celano, G. 2020. Sustainability Assessment of the Green Compost Production Chain from Agricultural Waste: A Case Study in Southern Italy. *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 230, 10(2), 230. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10020230>
- Proefstation voor de Groenteteelt vzw. Z.j. Blueprint for local compost production. 7 p. Beschikbaar op: https://vb.northsearegion.eu/public/files/repository/20230929005840_Results_20230830233235_Blueprintlocalcompostingfinal.pdf
- Ranjbari, M., Shams Esfandabadi, Z., Quatraro, F., Vatanparast, H., Lam, S.S., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M. 2022. Biomass and organic waste potentials towards implementing circular bioeconomy platforms: A systematic bibliometric analysis. *Fuel*, 318, 123585. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2022.123585>
- Rashwan, A.K., Bai, H., Osman, A.I., Eltohamy, K.M., Chen, Z., Younis, H.A., Al-Fatesh, A., Rooney, D.W., Yap, P.S. 2023. Recycling food and agriculture by-products to mitigate climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters* 2023 21:6, 21(6), 3351–3375. <https://doi.org/10.1007/S10311-023-01639-6>
- Rozendaal, J. 2024. Haalbaarheid klimaatdoelstellingen Ardo onder druk na afschaffing groenestroomcertificaten. Vilt. Beschikbaar op: <https://vilt.be/nl/nieuws/klimaatdoelstellingen-ardo-onder-druk-na-afschaffing-groenestroomcertificaten>
- Sarlee, W., Van Cuyck, J., Andries, A., Huygh, K., Roels, K. 2012. Voedselverlies in ketenperspectief. OVAM. Beschikbaar op <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/11472>
- Scaglia, B., D'Incecco, P., Squillace, P., Dell'Orto, M., De Nisi, P., Pellegrino, L., Botto, A., Cavicchi, C., Adani, F. 2020. Development of a tomato pomace biorefinery based on a CO₂-supercritical extraction process for the production of a high value lycopene product, bioenergy and digestate. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118650. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118650>
- Singh, R., Das, R., Sangwan, S., Rohatgi, B., Khanam, R., Peera, S.K.P.G., Das, S., Lyngdoh, Y.A., Langyan, S., Shukla, A., Shrivastava, M., Misra, S. 2021. Utilisation of agro-industrial waste for sustainable green production: a review. *Environmental Sustainability* 2021 4:4, 4(4), 619–636. <https://doi.org/10.1007/S42398-021-00200-X>

- SoilCom, Rievierenland Regionaal Landschap, Proefstation voor de groenteteelt, VLM en Provincie Antwerpen. Z.j. Opstart van een lokaal composteringsnetwerk - Bevindingen en aanbevelingen op basis van een pilootproject te Sint-Katelijne-Waver. 36 p. Beschikbaar op: <https://northsearegion.eu/media/21946/blauwdrukpluslogo.pdf>
- United Nations. 2015. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. A/RES/70/1. Beschikbaar op: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- Van den Abeele, L., Vanassche, S., Weltens, R., Huybrechts, D. 2015. Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor aardappel-, groente- en fruitverwerkende nijverheid (AGF). VITO. 252 p. Beschikbaar op: https://emis.vito.be/sites/emis/files/pages/1125/2016//VITO_BBT_AGF_06-2015_boekversie.pdf
- Van Droogenbroeck, B., De Man, S., Skudzlarski, J., Vlaemynck, G., Vanherpe I., Rigole F., Callens, A. 2019. BioBoost - Report Stabilisation Methods and Techniques. 71 p. Beschikbaar op: https://www.bioboost-platform.com/media/nprlolsj/report-stabilisation-methods-and-techniques_final.pdf
- Van Kerckhove, Y., Desmet, R., Peeters, K., Snellinx, S., Van Meensel, J., Versyck, J. 2023. Monitor van de Vlaamse bio-economie: update 2019-2020. 238 p. Beschikbaar op: https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/images/MONBIO2.0_rapport_FINAAL_2023-10-26-093333_wndy.pdf
- Viaene, J., Agneessens, L., Capito, C., Ameloot, N., Reubens, B., Willekens, K., Vandecasteele, B., De Neve, S. 2017. Co-ensiling, co-composting and anaerobic co-digestion of vegetable crop residues: Product stability and effect on soil carbon and nitrogen dynamics. *Scientia Horticulturae*, 220, 214–225. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.03.015>
- Viaene, J., Van Lancker, J., Vandecasteele, B., Willekens, K., Bijttebier, J., Ruysschaert, G., De Neve, S., Reubens, B. 2016. Opportunities and barriers to on-farm composting and compost application: A case study from northwestern Europe. *Waste Management*, 48, 181–192. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2015.09.021>
- Vilas-Franquesa, A., Casertano, M., Tresserra-Rimbau, A., Vallverdú-Queralt, A., Torres-León, C. 2023. Recent advances in bio-based extraction processes for the recovery of bound phenolics from agro-industrial by-products and their biological activity. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2227261>
- Vlaams Ketenplatform Voedselverlies. 2019. Voedselreststromen en voedselverliezen: preventie en valorisatie. 48 p. Beschikbaar op: <https://ovam.vlaanderen.be/web/kostwinners/publicaties1>
- Vlaamse Regering. 2024. Besluit van de Vlaamse Regering van 17 februari 2012 tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalcringlopen en afvalstoffen, versie van 2024. Beschikbaar op <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=43991>
- Vlaco. 2024. Cmartlife actie 12.1 (Extracting/recycling plastics from agricultural and horticultural practices) - Deliverable D2: online eindrapport/handleiding (WP3). 45 p. Beschikbaar op: <https://vlaco.be/sites/default/files/generated/files/page/c12-1-d2-handleiding-finaal.pdf>