

FutuREuse

De stad als materiaal- reserve

*Een blik op de studie van stedelijke
materiaalstromen*



Leefmilieu Brussel voor

Interreg 
North-West Europe
FCRBE
European Regional Development Fund

HERGEBRUIK IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

In de Europese Unie en in de rest van de wereld is de productie van bouwmaterialen in grote mate mee verantwoordelijk voor de klimaatverandering, de ineenstorting van ecosystemen, de overconsumptie van natuurlijke grondstoffen en de productie van afval. Hergebruik is hiertegen een efficiënte en zinvolle strategie.

Maar ondanks dit potentieel wordt de hergebruiksector grotendeels over het hoofd gezien, vooral in de context van formele bouwprojecten. Meer aandacht voor deze praktijk binnen de instrumenten die op grote schaal door de bouwsector worden gebruikt zou van grote invloed kunnen zijn op de bevordering, ondersteuning en ontwikkeling van hergebruik.

HET FCRBE-PROJECT

FCRBE is de afkorting van *Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements* en heeft als doel de hoeveelheid gerecupereerde bouwmaterialen die in omloop worden gebracht tegen 2032 met 50% te verhogen voor het projectgebied. Bij het project zijn 7 partners betrokken: Rotor (BE) als projectleider, Bellastock (FR), Leefmilieu Brussel (BE), de Universiteit van Brighton (UK), Salvo (UK), de Confederatie Bouw (BE), het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (BE) en het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (FR)

Voor meer informatie over FCRBE: <http://www.nweurope.eu/fcrbe>

FUTUREUSE: 7 KORTE INLEIDINGEN IN DE WERELD VAN HERGEBRUIK

Dit is één van de zeven korte publicaties die een antwoord bieden op enkele van de courante vragen omtrent hergebruik. De onderwerpen hebben betrekking op kwesties voor, tijdens en na een hergebruikoperatie, en worden geïllustreerd met vele inspirerende voorbeelden. De publicaties beschrijven ook de milieuvoordelen van de praktijk, verduidelijken enkele grijze zones, belichten positieve en constructieve manieren van aanpak en ze schetsen een toekomst waarin hergebruik de norm is.

DISCLAIMER

Dit document geeft enkel de visie van de auteurs weer. Het dient niet ter vervanging van persoonlijk juridisch of technisch advies. De auteurs en de financierende instanties van het FCRBE-project zijn niet aansprakelijk voor het eventuele gebruik van de hier opgenomen informatie.

INHOUD

1. Het stedelijke metabolisme om de huidige en toekomstige uitdagingen van steden aan te gaan	5
2. Inzicht in de voorraden	8
Definitie en kenmerken	8
Hoe om te gaan met het dynamische karakter van de stedelijke voorraden	9
3. Bestaande studies over voorraden	11
Kort overzicht	11
Geselecteerde voorbeelden van voorraadstudies in de bebouwde omgeving en hun effect	12
Vergelijkende methodieken	20
4. Mogelijkheden en beperkingen	26
Een opkomend onderzoeksgebied	26
Een data-intensief onderzoeksgebied	26
De noodzaak om actoren te integreren	27
5. Stedelijke voorraden hergebruiken?	28
6. Bibliografie	30

Lijst van figuren

Figuur 1. Stedelijk metabolisme in een lineair patroon	6
Figuur 2. Urban Mining in een circulair perspectief	7
Figuur 3. Milieueffecten in verband met het stedelijk metabolisme	7
Figuur 4. Retrospectieve of prospectieve aanpak van UM-studies	9
Figuur 5. Stedelijk metabolisme van Plaine Commune	12
Figuur 6. Het stedelijk metabolisme van Brussel	14
Figuur 7. Materiaalbalans die 3 strategieën van energie-efficiënt renoveren vergelijkt op een specifiek archetypisch gebouw	16
Figuur 8. Materiële voorraad en opgeslagen energie van de stad Melbourne	17
Figuur 9. BTPFLUX: modelstructuur	19
Figuur 10. Verschillende benaderingen voor de analyse van materiaalvoorraden en -stromen: combinaties zijn mogelijk	20
Figuur 11. Analyseschalen	24
Figuur 12. Prospectie van herbruikbare materialen in de stad: schematisch diagram	24

Lijst van tabellen

Tabel 1. In UM-studies gebruikte instrumenten om gegevens te verwerken	22
Tabel 2. Materiaalvoorraad per vierkante meter en per hoofd van de bevolking: verschillen tussen nationale en stedelijke schalen	23
Tabel 3. Verschillende eenheden in verband met de schaalanalyse	25

Lijst van acroniemen

BU	Bottom-Up
GIS	Geografisch Informatiesysteem
LCA	Levenscyclusanalyse
MFA	Material Flow Analysis [analyse van de materiaalstroom]
MSA	Material Stock Analysis [analyse van materiaal voorraden]
NTL	Night-Time Lights [nachtelijke verlichting]
TD	Top-Down
UM	Urban Metabolism [stedelijk metabolisme]

Deze brochure licht toe wat onderzoek naar stromen en voorraden inhoudt, hoe het tot stand komt en hoe het gebruikt kan worden voor de invoering van een meer circulaire economie met betrekking tot hergebruik. De brochure richt zich tot overheden, beleidsmakers, stadsplanners of andere geïnteresseerden.

1.

Huidige en toekomstige uitdagingen in steden aangaan met het stedelijk metabolisme¹

De menselijke bevolking groeit snel, en meer dan de helft ervan woont in stedelijke gebieden. Deze groei zal de komende jaren naar verwachting aanhouden. Naar schatting zal 60% van de wereldbevolking tegen 2030 in steden wonen [1]. Steden zijn altijd sterk afhankelijk geweest van het omringende platteland voor de levering van hulpbronnen die niet rechtstreeks in de stad kunnen worden geproduceerd (d.w.z. energie, voedsel, water, materialen enz.). En ook stedelijke lozingen (afval, rioolwater, vervuiling enz.) worden voor hun verwerking teruggestuurd naar deze gebieden. De demografische groei en de verdichting van de stedelijke gebieden hebben zo geleid tot een intensivering van zowel de invoer van goederen en energie als de uitvoer van afval, waardoor de druk op het milieu toeneemt (winning van natuurlijke hulpbronnen, afvalproductie) en vaker dezelfde afstand overbrugd moet worden. Deze vaststelling en een besef dat de grenzen van onze planeet eindig zijn hebben sommige onderzoekers ertoe gebracht een vergelijking te trekken tussen steden en het functioneren van levende organismen. Hoewel de toepassing van de term 'metabolisme' op samenlevingen reeds in de negentiende eeuw in sociaal-wetenschappelijke werken (zoals Marx e.a.) werd geformuleerd, is de concrete toepassing ervan in kwantitatief onderzoek van steden en hun relatie met het milieu van recentere datum. De term 'metabolisme van steden' dook in 1965 op in het werk van Abel Wolman, een Amerikaans ingenieur. In 1977 bracht de Belgische botanicus Paul Duvigneaud één van de eerste studies naar 'stedelijke ecosystemen' uit over de stad Brussel. Tot dan toe was de studie van het stedelijk milieu betrekkelijk versnipperd en bood zij weinig overzicht van de vervuiling en de ontginning van hulpbronnen waarmee stedelijk leven gepaard gaat.

Door een stad te vergelijken met een levend organisme, gaat het stedelijk metabolisme (UM) ervan uit dat steden afhankelijk zijn van externe hulpbronnen die zij consumeren, transformeren, opslaan en afstoten. Maar

in tegenstelling tot het stofwisselingsproces van levende wezens, dat als 'optimaal' kan worden beschouwd omdat het betrekkelijk 'cyclisch' is (het afval van sommigen kan dienen als hulpbron voor anderen), lijken steden niet even efficiënt of duurzaam te zijn. De aard van hun stromen is immers totaal verschillend²: de stromen zijn hoofdzakelijk van antropogene aard (brandstof en elektriciteit, waterleiding, voedsel, industrieproducten, afval en vervuilende emissies enz.) en volgen een lineair patroon (weinig circulatie van stromen door hergebruik of recycling in de stad of via synergieën tussen bedrijven).

Met UM willen we inzicht krijgen in de stromen en voorraden en de daarmee samenhangende gevolgen voor dit metabolisme evalueren. Vervolgens kunnen UM-studies deel uitmaken van strategieën voor circulaire economie (CE) of duurzame ontwikkeling, om efficiënte, veerkrachtige en circulaire steden tot stand te brengen. Hiervoor zijn boekhoudkundige methoden ontwikkeld, zoals de materiaalstroomanalyse [Material Flow Analysis, MFA]. Op basis van het beginsel van behoud van massa stelt MFA voor om een massa- (en energie-) balans op te stellen voor een bepaalde context (bijv. een stad). Volgens dit model zou de input (extractie + import) gelijk moeten zijn aan de output (consumptie + export + accumulatie + afval). Dit soort analyse vereist nauwgezet werk om gegevens uit verschillende en uiteenlopende bronnen (openbare gegevensbank, de verschillende sectoren enz.) te verzamelen en te harmoniseren. Maar UM is meer dan simpelweg boekhouden. Het is een rijk concept dat vele methoden samenbrengt op het kruispunt van verschillende disciplines en wetenschapsgebieden³: technologische ontwikkeling, stedenbouw, milieustudies maar ook sociale disciplines [2].

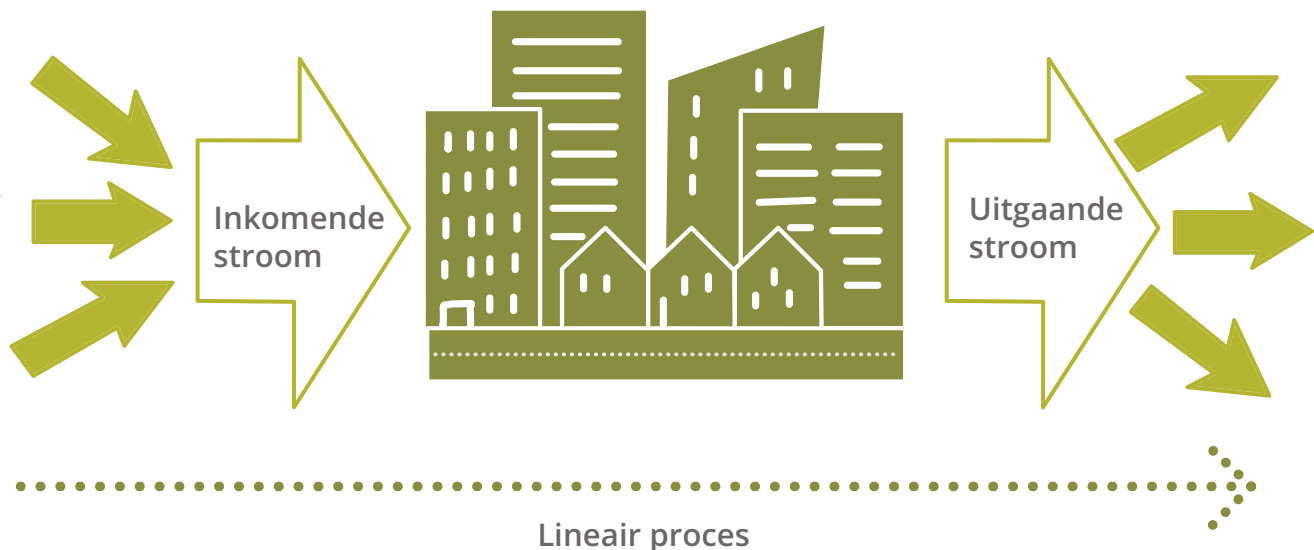
Hulpbronnen die in de stad worden ingevoerd, worden voor allerlei doeleinden gebruikt en voor variabele perioden 'opgeslagen' voordat zij de stad verlaten, meestal in de vorm van afval. Het voorbeeld van de bebouwde omgeving is hier zeer illustratief. Bouwmaterialen en -elementen worden naar de stad vervoerd, waar ze worden samengevoegd tot

1. In het vervolg van de tekst afgekort aangeduid als 'UM'.

2. Zie meer op : <https://leefmilieu.brussels/het-leefmilieu-een-stand-van-zaken/verslag-over-de-staat-van-het-leefmilieu/verslag-2011-2014-20>

3. Zie meer op (FR) : <https://www.sciencepresse.qc.ca/blogue/liride/2019/05/30/metabolisme-urbain-transition-ecologique>

Verbruik, behandeling, opslag



Figuur 1: Stedelijk metabolisme in een lineair patroon

samenhangende entiteiten zoals gebouwen, infrastructuur, openbare ruimten. Stedelijke gebieden vertonen inderdaad een hoge intensiteit van materialen in gebouwen en infrastructuren [3]. Uit onderzoek in Brussel blijkt dat gebouwen 84% van alle in de stad aanwezige materialen vertegenwoordigen [4]. Steeds meer 'voorraadstudies' analyseren deze opeenhoping van materialen in de stedelijke bebouwde omgeving om te anticiperen op hun latere gebruik en valorisatie [5]. Ondanks hun relatief lange levensduur en onder invloed van diverse technische en sociaal-economische factoren komen de materialen waaruit deze bebouwde omgeving bestaat op een dag toch 'vrij'.

In deze context impliceert de huidige behoefte aan energie-efficiënt renoveren [6] het gebruik van nieuwe materialen en impliceert het (volledige of gedeeltelijke) sloopwerken, waarbij de samenstellende delen van een gebouw worden gescheiden en opnieuw in omloop worden gebracht - gewoonlijk in de vorm van bouw- en sloopafvalstromen (B&S-afval). Ook de voorraden zullen door deze interventies worden beïnvloed. De opties voor valorisatie van de vrijkomende stromen hangen altijd in zeer grote mate af van de context, maar ook van de oorspronkelijke samenstelling, d.w.z. de materialen die werden (en worden) gebruikt en de wijze waarop zij in gebouwen worden geassembleerd.

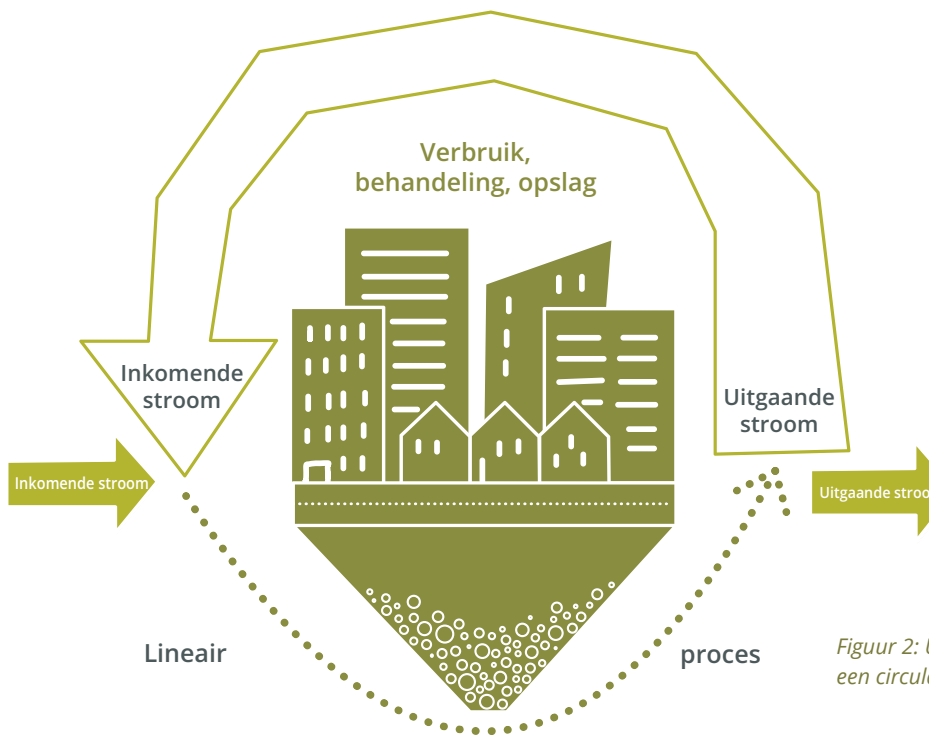
Het is vanuit dit perspectief dat sommige organisaties en onderzoekers de term 'urban mining' hebben voorgesteld. In deze benadering wordt de stad gezien als een enorme voorraad aan potentiële hulpbronnen die wachten om later (aan het eind van hun nuttige levensduur) te worden geëxploiteerd. Meer concreet wil

men hiermee voorkomen dat potentiële hulpbronnen als afval worden verwijderd en de druk op de natuurlijke hulpbronnen verminderen door de levenscyclus van reeds gewonnen materialen te verlengen en lokale economische activiteiten ontwikkelen die verband houden met de ontwikkeling van de 'stadsmijn'.

Aangezien zij rechtstreeks bijdragen tot deze doelstellingen, spelen hergebruikpraktijken een belangrijke rol in de regelgevings- en stimuleringskaders rond de transitie van steden, regio's en staten naar de beginselen van circulariteit⁴. Hergebruikpraktijken blijven echter vrij marginaal in vergelijking met de logica van recycling (die vaak echter neerkomt op downcycling). Tegenwoordig wordt naar schatting minder dan 1% van de bouwmaterialen hergebruikt⁵. In dit verband kan de studie van de samenstelling van het stedelijke gebouwenbestand en de vernieuwingsmechanismen daarvan een belangrijke rol spelen bij het consolideren, stimuleren en versterken van het hergebruik van bouwmaterialen. Tot op heden zijn UM-studies die specifiek gericht zijn op hergebruik echter schaars.

4. Om meer over dit onderwerp te weten te komen, kunt u de booklet *Het opmaken van een stappenplan: hoe de bouwsector een weg te laten vinden naar hergebruik* van de futuREuse-booklets reeks raadplegen (door Emilie Gobbo voor Leefmilieu Brussel, 2021), gepubliceerd in het kader van het Interreg FCRBE-project.

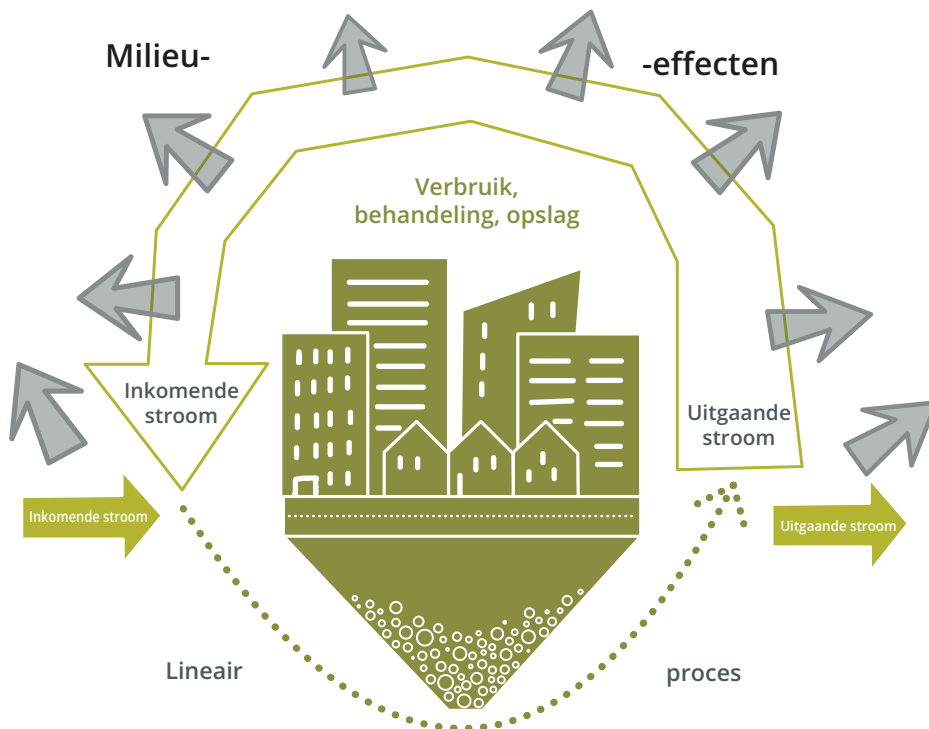
5. Dit cijfer is een schatting in het kader van het FCRBE-project en met name gebaseerd op de cijfers van de laatste door Salvo uitgevoerde BigRec-enquêtes en op verscheidene variabelen, waaronder bevolkingscijfers en het aantal bedrijven dat actief is op het gebied van hergebruik als functie van de productie van B&S-afval. Verschillende beoordelingen op de bouwplaats hebben deze raming bevestigd en de statistische studie die ook in het kader van het FCRBE-project is uitgevoerd, zou dit resultaat moeten consolideren (<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/#tab-1>).



Figuur 2: Urban Mining in een circulair perspectief

Meer in het algemeen zijn UM-studies ook gericht op het evalueren van de milieueffecten van steden met het oog op de vermindering daarvan. Zij koppelen MFA en Material Stock Analysis (MSA) aan methoden zoals de levenscyclusanalyse (Life Cycle Assessment of LCA).

Wanneer hergebruik vanuit deze geïntegreerde optiek wordt bekeken, worden ook de voordelen aangetoond van het besparen van hulpbronnen en het verminderen van de afvalproductie⁶.



Figuur 3: Milieueffecten in verband met het stedelijk metabolisme

6. Om meer over dit onderwerp te weten te komen, kunt u de booklet *De milieu-impact van hergebruik in de bouwsector* van de futuREuse-booklets reeks raadplegen (door Etienne Douguet en Florence Wagner, 2021), gepubliceerd in het kader van het Interreg FCRBE-project.

2.

Inzicht in de voorraden

Definitie en kenmerken⁷

Wereldwijd bestaan de voorraden van de bebouwde omgeving uit materialen en producten die gedurende een bepaalde periode in de antroposfeer⁸ blijven [7, p.5].

Ondanks de hierboven gesuggereerde analogie met de term 'urban mining' zijn er echter wezenlijke verschillen tussen de stad als 'depot' van potentiële hulpbronnen en de klassieke geologische afzettingen die de mijnbouwindustrie gewoon is te exploiteren. De belangrijkste kenmerken en specifieke aspecten van het stedelijk gebouwenbestand zijn:1)

- 1 Het **heterogene karakter** van de stad, dat een grote verscheidenheid aan opgeslagen materialen vertoont.
- 2 Het **gebrek aan toegankelijkheid** van de materialen door **grond- en eigendomsstructuren**: de materialen zijn verspreid over gebouwen die aan verschillende eigenaars toebehoren. Een samenhangend en eenvormig beheer ligt dan ook moeilijk, hoewel beleidsinstrumenten kunnen helpen, bijvoorbeeld door het gebruik van bepaalde materialen te verbieden of te beperken of door te eisen dat ze op een specifieke manier worden beheerd;
- 3 Het **dichtbebouwde karakter** van steden leent zich niet goed voor de toepassing van grotendeels gemechaniseerde industriële winningsmethoden: als gevolg van de concentratie van mensen moet bijzondere aandacht worden besteed aan het minimaliseren van emissies (bv. stof en lawaai), vrachtwagenverkeer e.a.
- 4 Het **dynamische karakter** van de stad, waarvan de vernieuwing zich voltrekt in een variabel en onvoorspelbaar ritme. Stedelijke voorraden nauwkeurig kwalificeren en kwantificeren is een uitdaging omdat ze zo veranderlijk zijn in de tijd.
- 5 De lange levensduur van gebouwen en infrastructuur verhoogt de onzekerheid en onvoorspelbaarheid van de **toekomstige beschikbaarheid** van voorraden in de bebouwde

omgeving en maakt de studie ervan complexer. Ook al is de gemiddelde sloopleeftijd van gebouwen gedaald van meer dan 200 jaar naar 70 jaar (of zelfs minder), het blijft een lange levensduur [3, p. 3] waarin wel degelijk verschillende veranderingen en wijzigingen kunnen plaatsvinden: verandering van gebruik of bestemming, zware/lichte renovatie, afbraak, uitbreidingen, aanpassing aan technische voorschriften, verbeterde prestaties;

- 6 Stedelijke voorraden kunnen een verschillende **status** hebben. Voorraden kunnen **'opgebruikt'** worden, d.w.z. na gebruik weggegooid of verdwenen zijn en niet herbruikbaar. Een andere mogelijkheid is dat zij **'in gebruik' zijn**, waardoor deze voorraden niet toegankelijk zijn. Er bestaan nog twee andere soorten voorraden, namelijk 'slapende' of verouderde voorraden die niet worden verwijderd of opgeruimd wanneer zij niet meer worden gebruikt. Het gaat onder meer om verouderde ondergrondse technische leidingen of materialen die ondergronds zijn opgeslagen en daar zijn achtergebleven nadat de bovengrondse structuur was verwijderd (funderingen) of zelfs leegstaande gebouwen en installaties [8, 2006]. Slapende voorraden kunnen worden meegeteld als 'opgebruikte' voorraad of als voorraad 'in gebruik'. Dit relativeert het ontbreken van een echte consensus, op dit moment, over de precieze definitie van voorraden en hun status [7].

Uiteindelijk zou men ook kunnen aanvoeren dat de metafoor van de mijn misschien niet de meest geschikte is om te verwijzen naar een goed beheer van hulpbronnen en het beperken van milieueffecten, twee centrale bekommernissen in een circulaire benadering. Elke activiteit die bijdraagt tot het behoud van de gebruikswaarde van goederen (zoals het beschermen, repareren, hergebruiken of reviseren van een product) geniet steeds de voorkeur boven afval verwerkingsstrategieën.

7. Dit deel gaat over twee recente publicaties met een stand van zaken in het onderzoek naar stedelijke stromen en voorraden: [7] en [3]

8. 'Antroposfeer' is een term die de totale massa van de menselijke productie omschrijft, met inbegrip van de menselijke bevolking en haar interactie met de systemen van de Aarde.

Hoe omgaan met het dynamische karakter van de stedelijke voorraden

Zoals in de vorige paragrafen is opgemerkt, is een van de specifieke kenmerken van de voorraden van stedelijke bebouwing dat zij in de loop van de tijd van statuut veranderen. In dit opzicht zijn er twee manieren om de dynamiek van stedelijke gebieden te bestuderen en te begrijpen: de retrospectieve aanpak, die zich bezighoudt met veranderingen uit het verleden, en de prospectieve, die mogelijke toekomstige veranderingen bestudeert. Zij kunnen ook complementair werken, als retrospectieve studies een aanvullende analytische basis bieden om van daaruit scenario's voor een prospectieve aanpak te ontwikkelen. Zo'n studie begint vaak met een 'momentopname' van het gebouwenbestand op een bepaald tijdstip 't' (bijvoorbeeld op basis van de beschikbare informatie voor een referentiejaar). Ook al maakt de snelheid waarmee deze voorraad evolueert het praktisch onmogelijk om volledig accurate en actuele gegevens te verkrijgen en te simuleren, deze benaderingen zijn niettemin interessant om de evolutie van de bouwvoorraad in de tijd te begrijpen, vooral gezien de lange levensduur van gebouwen.

Ook bij hergebruik klinkt die tweeledige temporele aanpak door. Het verzamelen van gegevens, informatie, kennis van de evolutie van de bouwtechnieken en

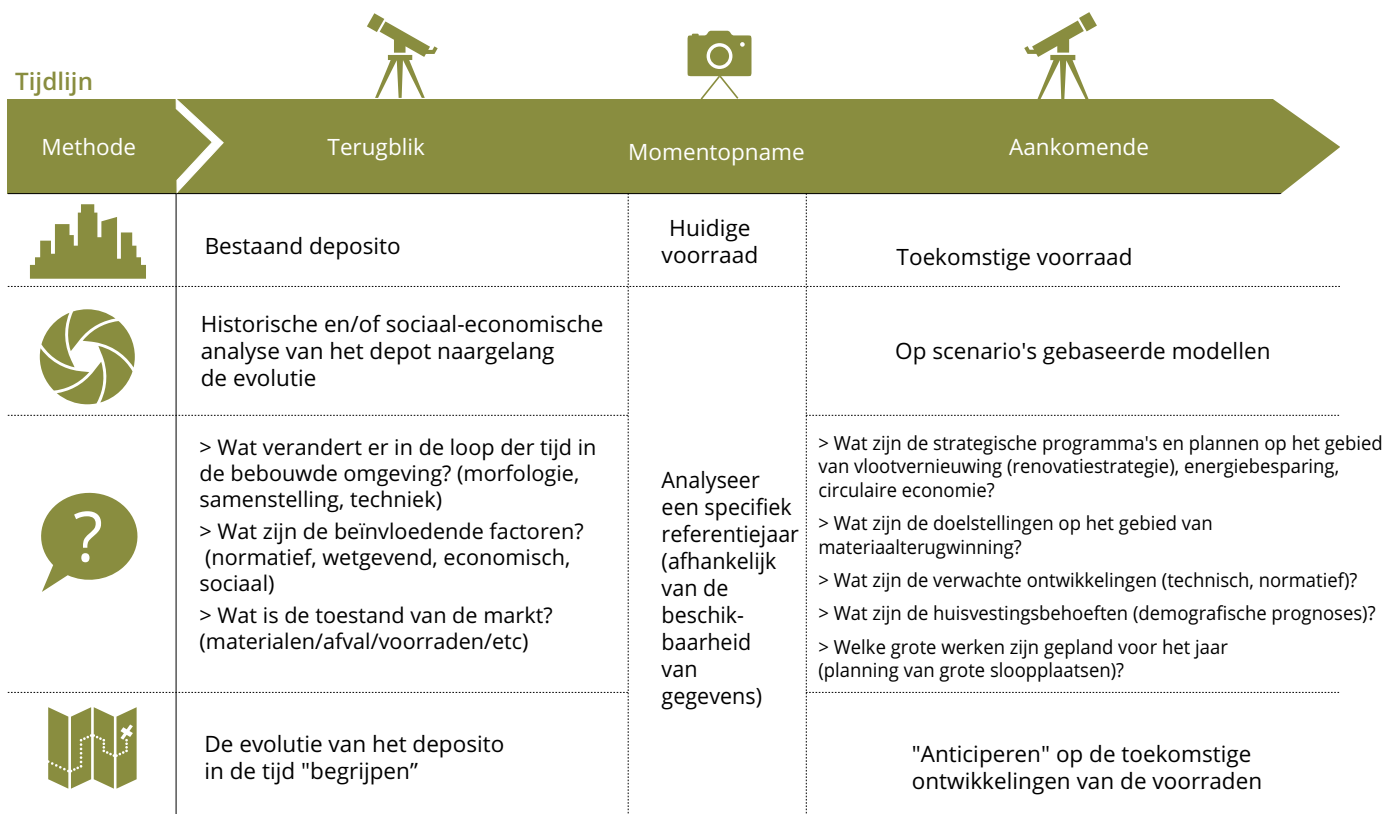
materialen doorheen de tijd (retrospectieve aanpak) wordt doeltreffend gebruikt om de herbruikbaarheid van bepaalde bouwelementen vast te stellen en te evalueren. Dit moet echter worden aangevuld met een beoordeling ter plaatse om er zeker van te zijn dat het hergebruik van onderdelen in de praktijk haalbaar is⁹.

Een prospectieve benadering van materialen voor hergebruik voegt een extra dimensie toe aan de kennis van de bestaande voorraden en de evolutie daarvan. Men dient vanaf de ontwerpfase en over de verschillende schalen van het gebouwenbestand heen de hergebruiksmogelijkheden in rekening te brengen:

- in het ontwerp van producten/elementen en hun assemblagesystemen om ze duurzaam, compatibel en gemakkelijk demonteerbaar te maken,
- in het ontwerp van gebouwen om flexibiliteit, aanpasbaarheid en veelzijdigheid te waarborgen en de vernieuwing van de onderdelen te ondersteunen, rekening houdend met hun respectievelijke levensduur¹⁰.

9. Zie de Gids voor de identificatie van het hergebruikpotentieel van bouwproducten geproduceerd door het Interreg FCRBE-project (2021).

10. Deze overwegingen worden verder ontwikkeld in enkele andere Europese projecten, zoals het H2020-BAMB-project (<https://www.bamb2020.eu/>) en het EFDR-BBSM-project (<https://www.bbsm.brussels/en/productions-en/>)



Figuur 4: Retrospectieve of prospectieve aanpak van UM-studies

Daarnaast kan een prospectieve aanpak vanuit hergebruikooptpunt:

- het mogelijk maken te anticiperen op de stromen van bepaalde elementen die vaak moeten worden vervangen en die kunnen worden hergebruikt (bijvoorbeeld kantoorelementen zoals scheidingswanden, deuren, verlaagde plafonds of verhoogde vloeren).
- het mogelijk maken om het effect van bepaalde ingrepen en, algemener, de potentiële winst door het hergebruik van elementen te beoordelen (economische waarde, milieuvoordelen, impact op arbeid).

3.

Bestaande studies over voorraden

Kort overzicht

Voor de ontwikkeling van de circulaire economie en dus voor het verminderen van ons grondstoffenverbruik en de productie van afval is het van groot belang de herkomst van materialen in bestaande gebouwen te kennen. Terwijl er reeds veel is geïnvesteerd in modellen om het energieverbruik en de broeikasgasemissies van gebouwen in kaart te brengen, zijn initiatieven voor modelvorming van materiaalvoorraden en -stromen beperkt gebleven. Niettemin blijkt uit de recente evolutie van het onderzoek hierover dat er een groeiende belangstelling bestaat voor kennis van en inzicht in de voorraden van de bebouwde omgeving.

Enkele recente wetenschappelijke artikels maken een balans op van het actuele onderzoek (bijna 250 publicaties) naar de gebouwen voorraad¹¹. Uit één van de overzichten blijkt dat veel bestaande studies gericht zijn op specifieke materiaalvoorraden, voornamelijk metalen [7]. Mogelijke toekomstige schaarste en de economische waarde van dit soort hulpbronnen kunnen deze vaststelling verklaren. Wat niet-metaalhoudende minerale secundaire materialen betreft, blijkt uit studies dat deze ontoereikend zouden zijn om volledig aan de toekomstige vraag te voldoen [9]. Ongeveer een kwart van de bestaande studies is gericht op gebouwen [7]. Die met betrekking tot infrastructuur zijn minder talrijk, hoewel infrastructuur het leeuwendeel uitmaakt van de voorraad in de Europese Unie¹².

Aangezien een groot deel van de infrastructuur zich onder de grond bevindt, is het verzamelen van gegevens moeilijker en zijn methoden zoals teledetectie (remote sensing) niet mogelijk. In het algemeen kan een fenomeen van voorraadopbouw worden waargenomen, maar tot op welk niveau? Sommige studies bieden inzicht in de factoren die deze accumulatie beïnvloeden: bevolking, levensduur van gebouwen, verkeer, technologie [9] [10]. Terwijl een groot deel van de

bestaande studies gericht is op de kwantificering van de voorraden, blijven de gevolgen, de sociaal-economische drijfveren en de kansen die zij kunnen bieden bij de ontwikkeling van een relevant beleid inzake hulpbronnen en milieu grotendeels onbenut [9] [7]. Ook is het belangrijk erop te wijzen dat een stabilisatie van bestaande voorraden door de levensduur van bestaande infrastructuur en gebouwen te verlengen, het gemakkelijker kan maken om minder materiaal te gebruiken [12].

Helaas zijn er maar heel weinig bestaande studies die in hun analyses rekening houden met hergebruik, temeer daar hergebruik vaak wordt verward met recyclage. Deze situatie vormt een uitdaging, want hergebruik is een belangrijk onderdeel van strategieën voor een circulaire economie¹³. De redenen voor deze relatieve afwezigheid kunnen ten dele worden verklaard door de beperkt beschikbare en moeilijk te verzamelen gegevens, te meer in het geval van hergebruik [3]. Deze leemte houdt rechtstreeks verband met de schaal van de studie (is het stedelijk niveau te groot voor een focus op hergebruik?), het gebruik van maateenheden en de kwantificering (niet volledig geschikt voor hergebruik?). Om strategieën voor een circulaire economie te implementeren, is het bovendien noodzakelijk de aard en hoeveelheden van materialen te beschouwen vanuit een economisch perspectief die waarde toekent aan secundaire hulpbronnen.

In het deel over 'vergelijkende methodes' overlopen we de diverse methodes en de wijze waarop zij kunnen worden ingezet om het hergebruik van de stedelijke gebouwen voorraad te bestuderen. Het volgende deel behandelt verschillende MSA's om de doelstellingen en methoden ervan te belichten en na te gaan hoe ze een meer circulaire economie kunnen bevorderen, met name wat hergebruik betreft (als de analyse dit mogelijk maakt).

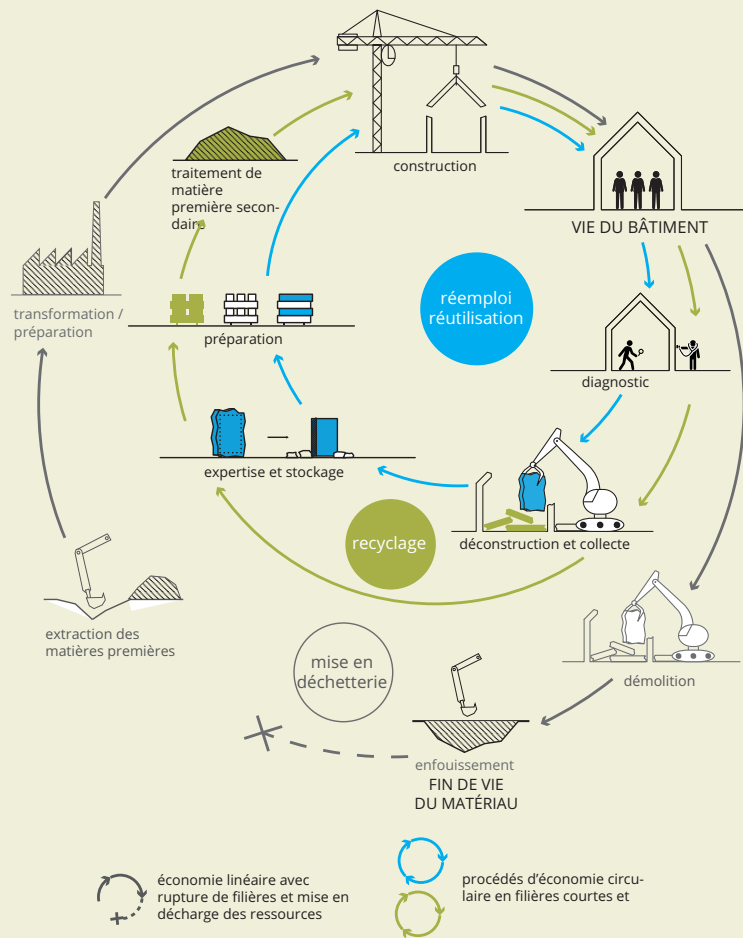
11. [7] [3] [9]

12. [9] [7] [10] [11]

13. Om meer over dit onderwerp te weten te komen, kunt u de booklet *Het opmaken van een stappenplan: hoe de bouwsector een weg te laten vinden naar hergebruik* van de futuREuse-booklets reeks raadplegen (door Emilie Gobbo voor Leefmilieu Brussel, 2021), gepubliceerd in het kader van het Interreg FCRBE-project.

Voorbeelden van voorraad studies in de bebouwde omgeving en hun effect

HET STEDELIJK METABOLISME VAN PLAINE COMMUNE, PARIJS, FRANKRIJK (2021)



Figuur 5: Stedelijk metabolisme van Plaine Commune (bron: Plaine Commune)

CONTEXT

Het project Urban Metabolism onder leiding van Plaine Commune is een circulaire benadering van de bouwsector en infrastructuurwerken. Het beoogt hergebruik en recyclage van bouwmaterialen te implementeren en sectoren te ontwikkelen die een circulaire economie bevorderen door de lokale economie en materiële hulpbronnen te mobiliseren. Deze experimentele aanpak streeft ernaar het beheer van de hulpbronnen op 30 proeflocaties te optimaliseren om onderlinge synergieën tot stand te brengen en gegevens te verzamelen die de hergebruik/recyclagekanalen van de stedelijke mijn kenmerken. Dit project is ontwikkeld rond 5 werkpunten¹⁴:

- Experimenteren met strategieën voor hergebruik van bouwmaterialen op 30 proeflocaties.
- Platforms opzetten voor het sorteren, opslaan en recyclen van de in situ aanwezige hulpbronnen.
- Ondersteuning bij het opzetten van lokale kanalen voor hergebruik/recyclage van bouwmaterialen.
- Een digitaal instrument ontwikkelen om de voorraden te kunnen raadplegen en rekening te houden met de niet in de prijs opgenomen kosten van de toegepaste circulaire benadering.
- Ondersteuning van de competentieontwikkeling bij de lokale actoren, van projectbeheerders tot bedrijven, via opleidingen, conferenties, bezoeken en het stimuleren van een hergebruikcultuur van onder de verschillende actoren en gebruikers in het gebied.

14. Zie meer op (FR) : <https://www.bellastock.com/projets/metabolisme-urbain-de-plaine-commune/>

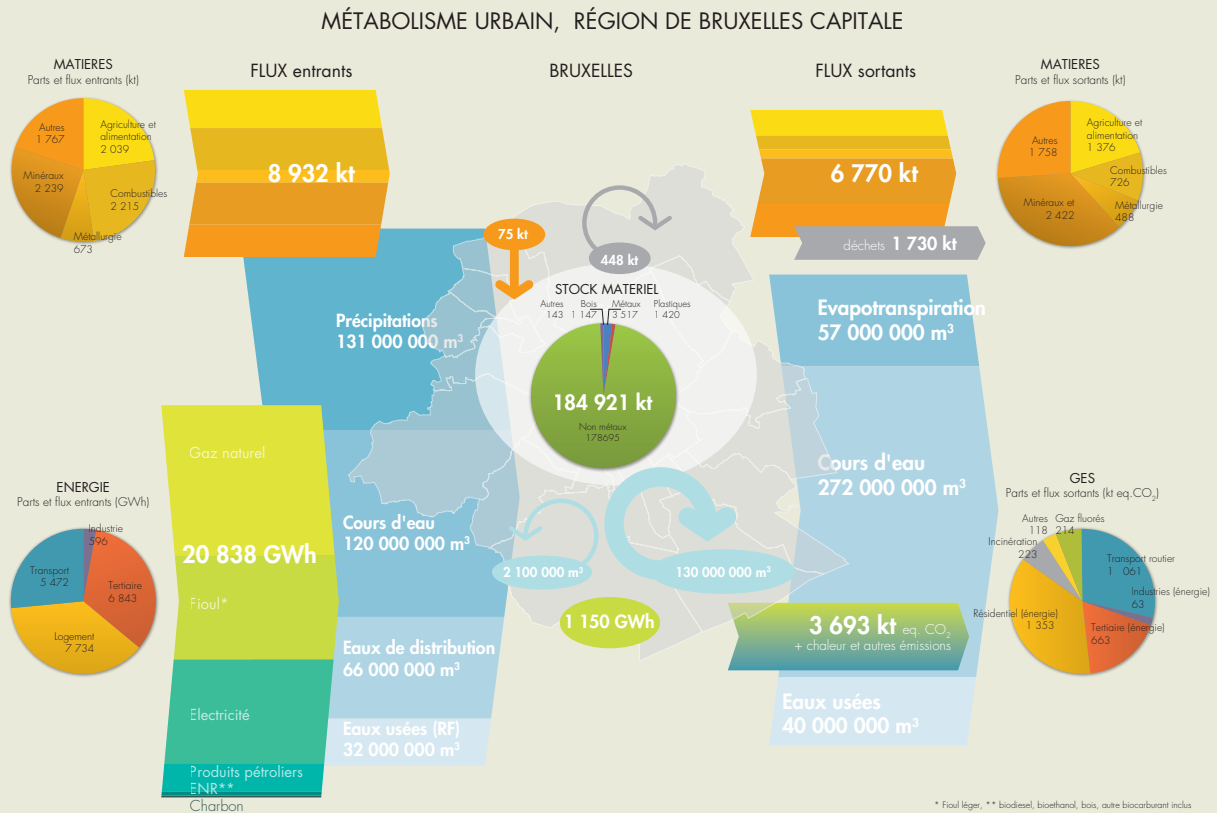
WAAR HEEFT DEZE STUDIE TOE GELEID?

Dit project loopt nog in 2021. Eén van de grootste sterktes van het project is de combinatie van onderzoek en experimenten in de praktijk. Dit laat toe de concrete resultaten van het project na te gaan. Die bestaan uit:

- de karakterisering van de stedelijke mijn en de identificatie van de materialen die in aanmerking komen voor hergebruik en recycling in het gebied via de hulpbronnendiagnose van de 30 pilootprojecten (representatieve steekproef van het gebied);
- het operationeel invoeren van hergebruik via verschillende vormen van actieplanning, door clausules over het 'stedelijk metabolisme' op te nemen in de kaderdocumenten en ruimtelijke verordeningen en door steun aan projecteigenaars om mogelijkheden voor synergieën te creëren;
- het opstellen van documenten en algemene methodes voor de verschillende actoren om aan het einde van het drie jaar lopende project een concrete aanpak uit te rollen.

KENMERKEN VAN DE STUDIE: Bottom-up, stromen (en in mindere mate voorraden), momentopname De studie richt zich rechtstreeks op hergebruik en past het concreet toe in projecten waarbij de verschillende actoren zijn betrokken.

HET STEDELIJK METABOLISME VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST, BELGIË (2015)



Figuur 6: Het stedelijk metabolisme van Brussel (Bron: ICEDD – ECORES – BATir, 2014)

CONTEXT

In 2015 vond een studie plaats naar het stedelijk metabolisme van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest¹⁵. Op basis van statistische gegevens en enkele veronderstellingen heeft deze studie de aanzienlijke impact van de bouwsector aangetoond door ECORES:

- het grootste deel van de energie- (75%) en waterstromen (98%), alsook van de broeikasgasemissies (65%), is afkomstig van het gebruik van gebouwen, terwijl de bouwphase zeer weinig energie en water verbruikt;
- de bouwsector is verantwoordelijk voor meer dan een derde van het uitgaande afval en een derde van de inkomende materialen;
- de stedelijke voorraad werd geraamd op ongeveer 185.000 kt, waarvan 84% bestaat uit gebouwen en 15% uit infrastructuur.

Een vervolgonderzoek belichtte specifiek de bouwsector en identificeerde enkele belangrijke stromen met betrekking tot potentiële circulaire winsten (zoals modulaire scheidingswanden, tapijttegels, technische vloertegels en verlaagde plafonds). Elk jaar verdwijnt 8.500 ton van deze materialen uit de Brusselse voorraad. Als een kwart daarvan tegen een kwart van de oorspronkelijke prijs zou worden verkocht, zou dat meer dan 8 000 000 euro en ongeveer 50 niet-delokaliseerbare VTE's kunnen opleveren. Het economisch potentieel van het hergebruik van technische apparatuur in tertiaire gebouwen wordt geraamd op ongeveer 12 miljoen euro per jaar, wat 70 niet-delokaliseerbare VTE's zou kunnen opleveren.

15. Zie meer op (FR) : http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_20150715_Metabolisme_RBC_rapport_compile.pdf.

WAAR HEEFT DEZE STUDIE TOE GELEID?

De studie van het stedelijk metabolisme werd gebruikt als basis voor de ontwikkeling van de visie rond circulaire economie in de Brusselse bouwsector¹⁶ en voor de uitwerking van het gewestelijk programma voor circulaire economie¹⁷, dat een stappenplan bevat voor de actoren in de bouwsector¹⁸. De studie kent echter ook enkele beperkingen. Nauwkeurige gegevens over de activiteiten van de bouwsector en de bestaande voorraad zijn vaak onvolledig, moeilijk te vinden of zelfs onbestaand. De 'boekhouding' van de materiaalstroom is derhalve gebaseerd op uiteenlopende veronderstellingen en ramingen. Bij gebrek aan precieze gegevens is het dan ook moeilijk om het potentieel voor hercirculatie van deze stromen binnen het Brussels Hoofdstedelijk Gewest te meten.

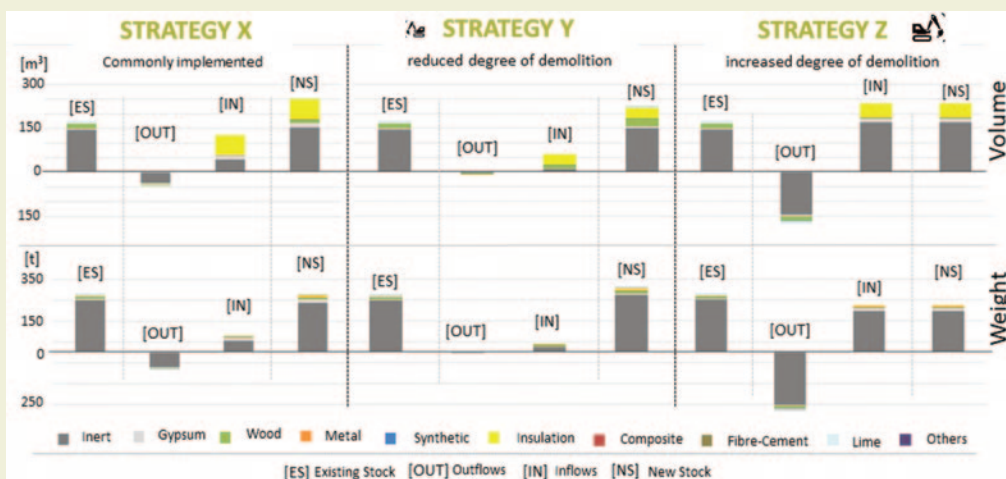
KENMERKEN VAN DE STUDIE: Top-down, stromen (en in mindere mate voorraden), momentopname. Niet rechtstreeks op hergebruik gericht, maar de aanvullende studie noemt enkele centrale stromen als potentiële circulaire besparingen.

16. Zie meer op (FR): https://www.circulareconomy.brussels/wp-content/uploads/2017/10/RAP_2017_Economie-Circulaire-Construction.pdf.

17. Zie meer op (FR): http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_FR.

18. Zie meer op (FR): https://www.circulareconomy.brussels/wp-content/uploads/2019/06/BE_beCircular_feuille-de-route-CD_def_FR1.pdf.

EEN URBAN MINING-STUDIE VOOR DE BOUWSECTOR IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST, BELGIË (2021)



Figuur 7: Materiaalbalans die 3 strategieën van energie-efficiënt renoveren vergelijkt op een specifiek archetypisch gebouw

CONTEXT

Het door het EFRO gefinancierde BBSM-project ('Brussels Building Stock as new Material resources'), heeft tot doel de potentiële waarde van de materialen in gebouwen in een circulair perspectief te evalueren. Het onderzoekt de kansen die de waardeketen en de kanalen voor recuperatie bieden, de technische en juridische aspecten van recuperatie (wat hergebruik en recyclage betreft) en de impact van circulair ontwerpen en de mogelijkheden van het ontwerpen met hergebruik materialen. Maar de studie wil met name ook een antwoord bieden op het gebrek aan gegevens over het gebouwenbestand die uit de eerdere studie over het stedelijk metabolisme naar voren kwam. Op basis van een bottom-up benadering en het definiëren van gebouwtypes ontwikkelt het project een prospectieve benadering om te anticiperen op mogelijke voorraden en stromen die vrijkomen bij de energetische renovatie van het Brusselse gebouwenbestand.

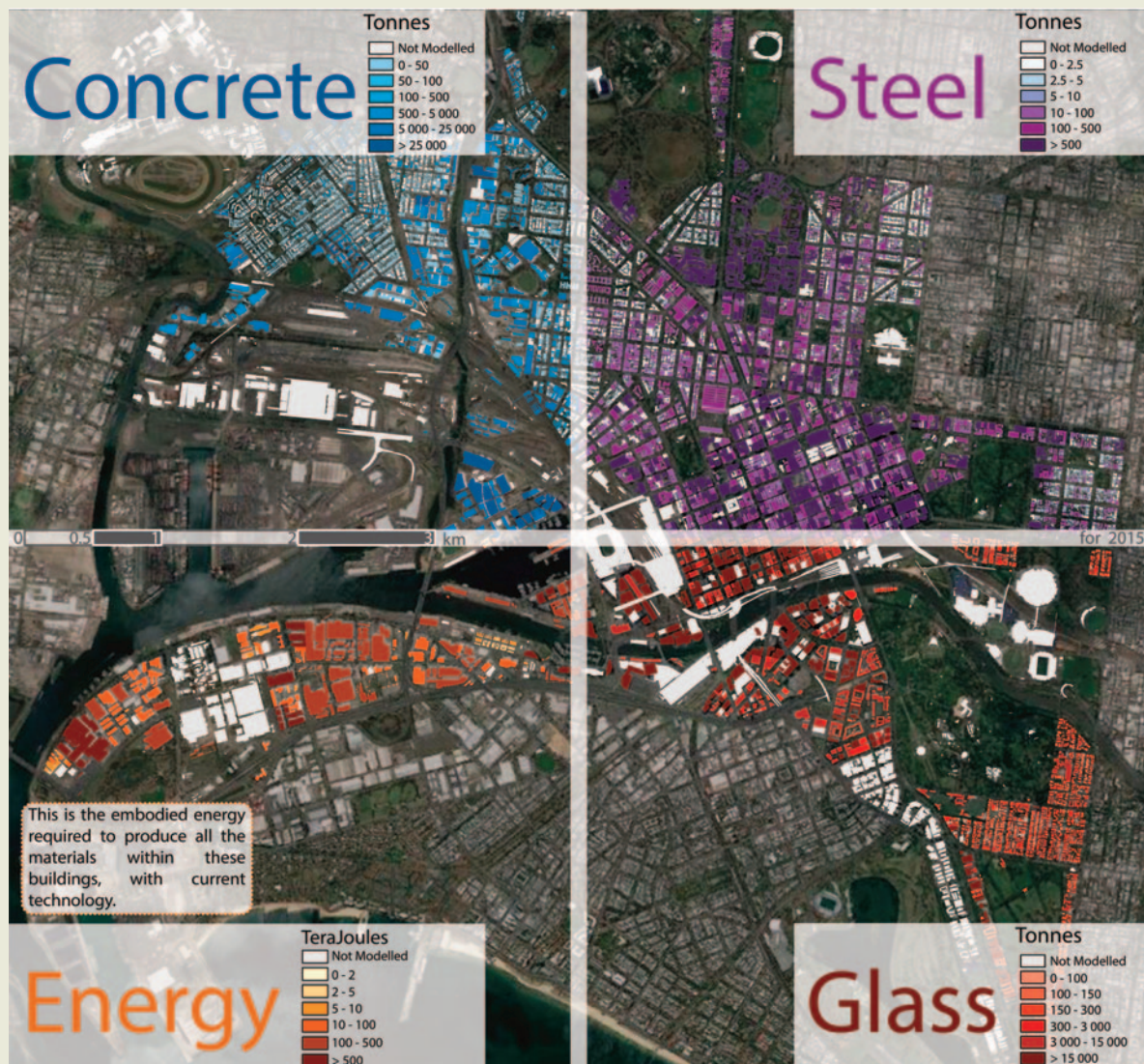
In 2021 moet een instrument beschikbaar zijn waarmee tot 3 strategieën van energie-efficiënte renovatie kunnen worden gesimuleerd en vergeleken. Codering gebeurt op de schaal van het gebouw, zodat de gebruiker de verbeterde wandcombinaties voor een bepaald gebouwtype kan kiezen. De resultaten leveren materiaal balansen van de strategieën op, hun effect in termen van CO₂ en opgeslagen energie en hun potentieel in termen van circulariteit (door hergebruik en recyclage). De gecombineerde kwantitatieve en kwalitatieve beoordeling levert resultaten op die kunnen worden opgeschaald om het effect van bepaalde strategieën op stedelijke schaal te simuleren.

WAAR HEEFT DEZE STUDIE TOE GELEID?

De studie wordt wellicht in de eerste helft van 2021 afgerond. Ze heeft tot dusver dan ook nog niet geleid tot concrete maatregelen op het gebied van beleid of stadsplanning. De studie baseert zich voor het ontwikkelen van scenario's op de verwachte strategieën en vereisten van de regio. Door te anticiperen op stromen en strategieën te vergelijken, zou deze studie een besluitvormingsinstrument kunnen zijn voor een efficiënt beheer van hulpbronnen en afval, maar ook voor de ontwikkeling van beleid inzake renovatie en circulaire economie.

KENMERKEN VAN DE STUDIE: Bottom-up, voorraden & stromen, retrospectief en prospectief. Hergebruik is in deze studie opgenomen als onderdeel van de kwalitatieve beoordeling.

DE GEBOUWENVOORRAAD VAN DE STAD MELBOURNE, AUSTRALIË (2018)



Figuur 8: Materiële voorraad en opgeslagen energie van de stad Melbourne (overgenomen met toestemming van A. Stephan A. Stephan, 2017) [21]

CONTEXT

De studie van het bestaande gebouwenbestand was een eerste stap in het streven naar twee doelstellingen: de evaluatie van hun impact op het milieu en de raming van de materiaalstromen die worden veroorzaakt door de vervanging van niet-structurele materialen aan het einde van hun nuttige levensduur, van 2018 tot 2030. De voorgestelde methode is gebaseerd op een bottom-up benadering en definieert 48 bouwtypes, waarmee 13.075 verschillende gebouwen gemodelleerd worden om een model van de stedelijke gebouwenvoorraad uit te werken. Om dit te bereiken, was een reeks datasets nodig, waaronder het grondgebruik per gebouw, de grondoppervlakten en geometrie van gebouwen, een databank van materiaalstromen en een databank van definities van bouwelementen (levensduur, materiaaltype, functionele eenheid enz.). Resultaten worden op verschillende manieren gepresenteerd: de verschillende intensiteiten van gebruik van bepaalde materialen, rekening houdend met de aanvankelijk opgeslagen energie en de uitstoot van broeikasgassen; inzoomen op een geschatte accumulatie van opgeslagen energie voor een specifiek materiaal (gipsplaat, hout, aluminium, tapijt, keramiek, glas, staal, isolatie), of zelfs een leeftijdspiramide van materialen die de accumulatie van materialen in de voorraad weergeeft, afhankelijk van hun levensduur.

WAAR HEEFT DEZE STUDIE TOE GELEID?

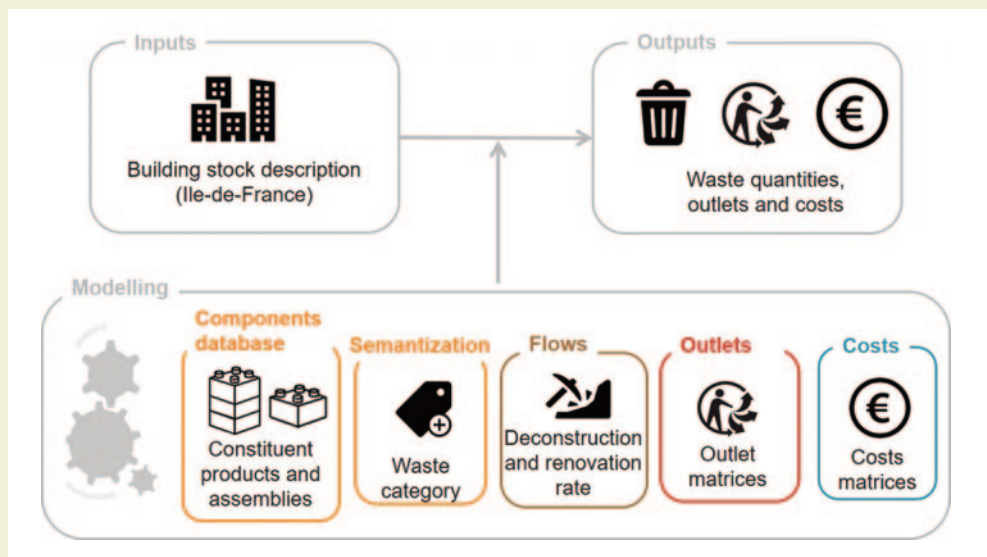
De studie heeft sinds 2020 nog niet geleid tot beleidsmaatregelen of acties die rechtstreeks door de stad Melbourne of de bouwsector in Victoria of Australië zijn ondernomen. In tegenstelling tot de andere studies over Genève en Brussel werd de studie van Melbourne niet door de overheid gefinancierd, wat ook kan verklaren waarom de bevindingen niet rechtstreeks door de plaatselijke overheden werden overgenomen. De staat Victoria heeft onlangs besloten om een budget vrij te maken voor de ontwikkeling van de circulaire economie¹⁹; de studie zou in dat verband nuttig kunnen blijken. Dit soort ruimtelijk en temporeel onderzoek biedt namelijk aanzienlijke mogelijkheden om informatie te verschaffen voor besluitvormings- en stadsplanningsinstrumenten die leiden tot een beter beheer van materiaalvoorraden en -stromen. Vanuit de analyse kunnen de belangrijkste (grootste) materiaalstromen worden geïdentificeerd en kan men anticiperen op periodes van intensieve materiaalvervanging. Een belangrijk element dat moet worden onderstreept en dat de uitvoering van deze studie heeft vergemakkelijkt, is het bestaan en de toegankelijkheid van de nodige datasets, die vrij toegankelijk zijn gemaakt door het stadsbestuur van Melbourne²⁰.

KENMERKEN VAN DE STUDIE: Kenmerken van de studie: Bottom-up, voorraden & stromen, retrospectief en prospectief. In deze studie wordt niet rechtstreeks op hergebruik gefocust.

19. Zie meer op (FR): <https://engage.vic.gov.au/circulareconomy>

20. Zie meer op (FR): <https://data.melbourne.vic.gov.au>

MATERIAALVOORRAAD EN MATERIAALSTROOM IN DE REGIO ÎLE-DE-FRANCE, FRANKRIJK (2021)



Figuur 9: Belangrijkste resultaten van de BTP-fluxstudie (source: CSTB, 2021)

CONTEXT

BTPFLUX is een bottom-up evaluatiemethode voor materiaalvoorraden en -stromen, toegepast op een eerste experimentele geografische schaal: de regio Île-de-France. Het model bekijkt vijf soorten gebruik (eengezinswoningen, collectieve woningen, kantoren, onderwijs en industrie) en de afvalstromen die samenhangen met renovatie en afbraak. Voor de studie werden 101.352 gebouwen gemodelleerd. De geometrie van de gebouwen is afkomstig van geografische informatie en de kenmerken van de gebouwen uit een database van macrocomponenten en samenstellingen van 117 bestaande typen. Elk gebouw is dus een combinatie van meer dan tien macrocomponenten, hetgeen grote flexibiliteit biedt bij de beschrijving van gebouwen.

Er zijn renovatie- en sloopsce­nario's ontwikkeld om een schatting te maken van het afval dat per categorie wordt geproduceerd (bv. beton en steen, pleisterwerk, platen en tegels, keramiek). Het afval werd verdeeld over verschillende afzetmogelijkheden (bv.: recyclage/hergebruik, opvulling van steengroeven, opslag) volgens scenario's waarbij het ofwel op het terrein werd gesorteerd ofwel als mengsel werd behandeld. Ook werden de milieueffecten en de verwerkingskosten van elke afvalcategorie in de verschillende afzetgebieden geraamd. Er werd een prijsvork gebruikt om de heterogeniteit van de situaties weer te geven. Ten slotte werden door extrapolatie resultaten voor de hele regio verkregen. De voornaamste resultaten staan in figuur 9.

WAAR HEEFT DEZE STUDIE TOE GELEID?

De ontwikkelde methode biedt de mogelijkheid om deze in andere gebieden en op een andere schaal toe te passen: (1) om te anticiperen op de afvalstromen als gevolg van operaties in ruimtelijke ordening, (2) om een beeld te krijgen van de gebruikelijke nuttige toepassing van dit afval (percentage en soort terugwinning, milieu- en economische effecten), (3) om op een bepaald grondgebied de geproduceerde stromen en afvalstoffen te vergelijken met de toekomstige behoeften aan materialen en (4) om toekomstige materiaalstromen te identificeren voor de ontwikkeling van nieuwe oplossingen voor hergebruik of recyclage.

KENMERKEN VAN DE STUDIE: Bottom-up, beschrijving van macrocomponenten, voorraden & stromen, prospectief. In deze studie zijn scenario's voor hergebruik opgenomen.

Vergelijkende methodieken

Dit deel is voornamelijk gebaseerd op verschillende wetenschappelijke artikels waarnaar reeds is verwezen in het korte overzicht in deze brochure²¹. Aarzel niet deze te raadplegen voor meer informatie.

1. Benaderingen

Er zijn verschillende methoden en benaderingen ontwikkeld om materiaalstromen en -voorraden te evalueren. Deze methoden maken schattingen van stromen en/of voorraden met inachtneming van een referentiejaar (statisch) of een langere tijdschaal (dynamisch), retrospectief of prospectief [9]. De methodes worden in onderstaand schema voorgesteld. Deze kunnen afzonderlijk worden gebruikt, maar ze kunnen ook worden gecombineerd om met onzekerheid om te gaan. Zo worden door AUGISEAU in 31 bestaande artikels [9] zes belangrijke gecombineerde methoden geïdentificeerd: statische BU- of TD-stroomanalyse, BU-voorraadanalyse, dynamische (retrospectieve of prospectieve) stroomanalyse met stroom- of voorraadgestuurde modellen, TD-voorraadanalyse (retrospectief of prospectief) met een stroomgestuurd model.

De keuze van de aanpak hangt af van het nagestreefde doel, maar ook van de kwaliteit en de toegankelijkheid van de gegevens, die van land tot land, van regio tot regio of zelfs van stad tot stad sterk verschillen [7]. Als gevolg daarvan kunnen de resultaten van de ene tot de andere

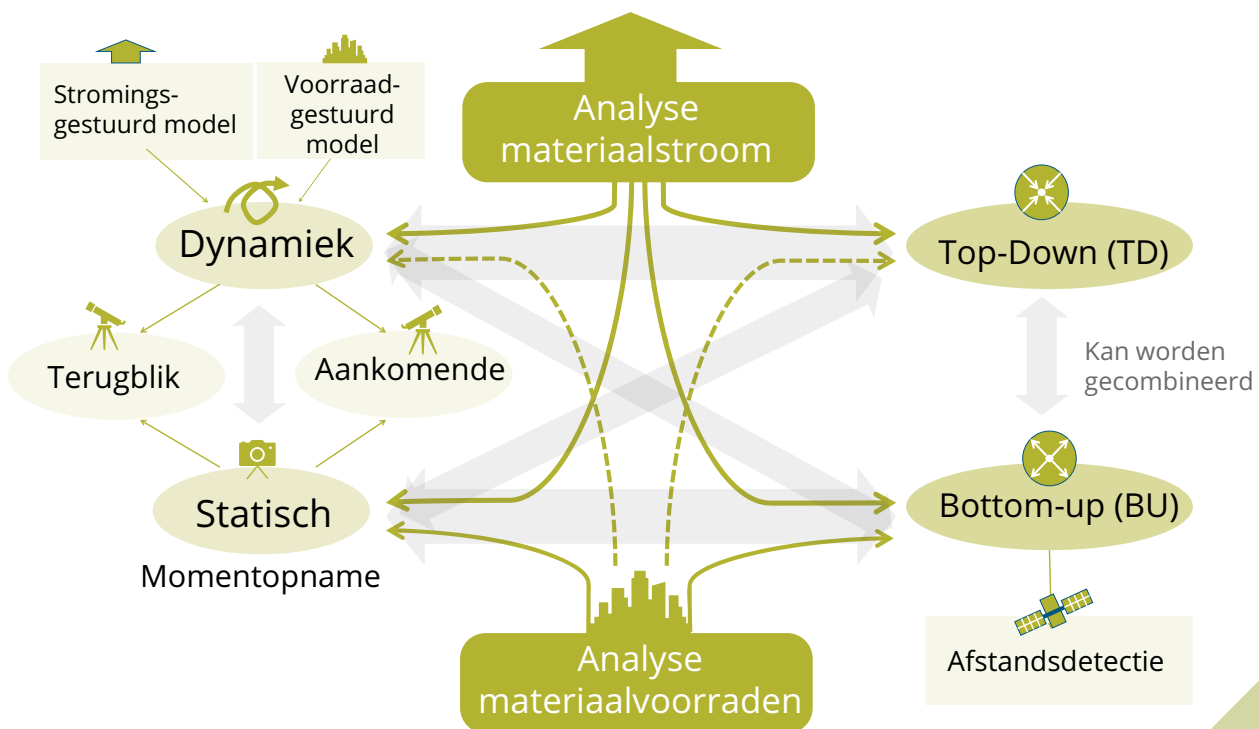
aanpak sterk uiteenlopen. Een gestandaardiseerde methode lijkt in dit stadium dan ook moeilijk denkbaar, hoewel eenmaking op het vlak van definitie, indicatoren en methodologische aanpak aan te bevelen is [9]. De verschillende benaderingen worden hieronder toegelicht, met uitzondering van de statische en dynamische, prospectieve en retrospectieve benaderingen, die hierboven reeds zijn besproken.

Wat hergebruik betreft, zou het gebruik van gebouwtypes in een bottom-up benadering de meest geschikte methode kunnen zijn om bepaalde voorraden te evalueren met het oog op hun potentieel hergebruik. Het aanvullende gebruik van GIS-instrumenten kan ook interessant zijn om de verspreiding van potentieel herbruikbare elementen in een gebied in kaart te brengen. Vraag- of stroomgestuurde modelvorming is ook een mogelijkheid, aangezien deze gebruikmaakt van sociaal-economische indicatoren om de toekomstige vraag te modelleren en zo duurzame trajecten kunnen worden voorgesteld via de analyse van interventiestrategieën.

Top-down benadering (TD-benadering):

Dit soort benadering wordt voornamelijk toegepast door middel van een stroomgestuurde methode en op basis van macro-economische of samengevoegde gegevens. Informatie over de instroom is gemakkelijker te verkrijgen dan gegevens over de uitstroom, die vaak het resultaat zijn van ramingen. Statistieken zijn meestal

21. [7] [3] [9] [10]



Figuur 10: Verschillende benaderingen voor de analyse van materiaalvoorraden en -stromen: combinaties zijn mogelijk

(Gebaseerd op [7] and [9])

beschikbaar op nationaal of globaal niveau, waardoor de kwaliteit en de exacte locatie van de voorraden per materiaal op stedelijke schaal niet nauwkeurig zijn. Top-down is de gebruikelijke methode in studies over het stedelijk metabolisme die in- en uitgaande stromen in rekening brengen. Eurostat (2001) heeft een definitie gegeven van de top-down benadering van MFA. Bestaande top-down benaderingen die op voorraadanalyses worden toegepast, zijn in wezen dynamische studies. De helft daarvan is retrospectief, 10% is gericht op een prospectieve aanpak en de rest combineert retrospectieve en prospectieve benaderingen [7].

Bottom-up benadering (BU-benadering):

Een bottom-upbenadering is gestoeld op de informatie die vergaard wordt bij het **inventariseren van de voorraden**. Het verzamelen van gegevens is dus betrekkelijk gedetailleerd en arbeidsintensief. De resultaten zijn bijgevolg ook nauwkeuriger wat samenstelling, intensiteit en geografische spreiding betreft. Deze aanpak heeft echter de neiging de schaal en/of het tijdsbestek van de analyse te verkleinen en neemt de onzekerheid niet weg, met name wanneer met de resultaten van het onderzoek uitspraken worden gedaan over grotere gebieden. De meeste bottom-up studies (69%) zijn gericht op een vrij statische karakterisering van de voorraden [7]. De rest (31%) kiest voor een dynamische aanpak en analyseert de verandering van de voorraden in de loop van de tijd door de resultaten over een aantal jaar te compileren. In deze dynamische BU-studies is 50% retrospectief, 30% is prospectief en 20% maakt een combinatie van retrospectieve en prospectieve benaderingen [7]. BU-benaderingen reageren doorgaans op verschillende manieren op lacunes in de inventaris van materialen en de data over gebruiksintensiteit:



Gebouwtypes rangschikken gebouwen naar type en ouderdom en zijn vaak gebaseerd op steekproeven van gebouwen. Op voorwaarde dat de steekproef representatief is, maken zij het mogelijk meer gedetailleerde en dichter bij de werkelijkheid staande resultaten te verkrijgen, met name wat de samenstelling (samenstellende materialen en elementen) en het bouwsysteem betreft. Hoe gedetailleerder de gebouwtypes echter zijn, hoe meer representatieve gegevens en informatie nodig zullen zijn. Dit vraagt meer



werk om de gegevens te verzamelen en te verwerken, terwijl een zekere mate van onzekerheid kan blijven bestaan²².

Een **Geografisch Informatiesysteem (GIS)** is een instrument dat gebruikmaakt van geo-informatie om de locatie van een bepaald gebouwenbestand nauwkeuriger te bepalen. Het type (gebruik), de voetafdruk, de bouwlagen (of soms de hoogte) en het bouwjaar zijn de belangrijkste kenmerken die bij een GIS-gebaseerde bottom-up analyse worden gebruikt. Deze zijn vrij gemakkelijk op te zetten, terwijl de materiaalintensiteit en de specifieke samenstelling van gebouwen en infrastructures nog niet in GIS-databanken zijn opgenomen. Vandaar dat de definitie en de analyse van archetypes gebruikt worden om gemiddelde materiaalintensiteitscoëfficiënten te bekomen. Gewoonlijk resulteert dit echter in onzekerheden in verband met de geometrische eigenschappen van elk gebouw²³.



Geometrische specificaties (hoogte, diepte, breedte) van gebouwen zijn dan ook belangrijk en noodzakelijk om GIS-databanken te vervolledigen. Zij moeten informatie verschaffen over de morfologie, samenstelling en locatie van de samenstellende materialen van de constructies [13]. Bovendien is het raadzaam om voor elk gebouw in een land een systematische materiaallijst op te stellen om gedetailleerde studies van de samenstelling van de materiaalvoorraad in de bebouwde omgeving te vergemakkelijken [7 p.18].

Een bottom-up aanpak is doorgaans gebaseerd op veronderstellingen zoals de homogeniteit van de materiaalsamenstelling en de levensduur binnen gebouwcategorieën. Casestudies en gecombineerde top-down en bottom-up benaderingen zouden de betrouwbaarheid van de ramingen ten goede komen [9].

22. Enkele bronnen van onzekerheden zijn: de definitie van MI-coëfficiënten (materiaalintensiteit). Vervolgens zijn er onzekerheden over de manier waarop de archetypes worden gebruikt (materiaal-eigenschappen toegepast op geometrische kenmerken van een echt park of de hoeveelheid gebouwen van een bepaald materiaal op basis van MI-coëfficiënten en het percentage bebouwde oppervlakte voor elk segment van de gebouwvoorraad).

23. Die hangen samen met verschillende stappen in een MFA-model.

Modelvorming op basis van stromen of voorraden

Dynamische analyse kan zowel op inputstromen als op voorraden gebaseerd zijn. Modellen die doorgaans worden aangeduid als 'stroomgestuurde' of 'vraaggestuurde' modelvorming [14] kunnen zowel bottom-up als top-down zijn. Ze combineren economische gegevens met fysieke gegevens over producten en materialen. Op die manier extrapoleren ze stroomgegevens naar een jaargemiddelde. Vraaggestuurde modelvorming gebruikt dus sociaal-economische indicatoren en maakt gebruik van de bevolkingsgegevens in plaats van historische gegevens om de bebouwde voorraad te modelleren [3].

De andere benadering van dynamische analyse ontwikkelt voorraadgestuurde modellen. De veronderstelling van deze modellen is dat de voorraad en de 'diensteenheden' (service units) de drijvende kracht zijn achter de materiaalstromen. In dit verband kunnen verschillende parameters worden gebruikt om de voorraad in te schatten: 'ontwikkelingsmodel' [..], 'tempo van de voorraauditbreiding' [..], bevolking en levensstijl [15].

Teledetectiebenadering

Deze laatste benadering maakt gebruik van meettechnieken om vanop afstand de materiaalvoorraden in te schatten. Doorgaans wordt deze aanpak, in combinatie met het GIS-instrument, gebruikt in gebieden waarover niet veel gegevens

beschikbaar zijn. In China zijn bijvoorbeeld verschillende studies uitgevoerd met deze aanpak om de voorraad metaal te identificeren die wordt gebruikt in civieltechnische werken en gebouwen [16] [17]. Teledetectie kan worden gekoppeld aan een bottom-up benadering omdat hij gebaseerd is op gemodelleerde gegevens zoals een steekproef van gebouwen [3].

2. Verzameling en verwerking van gegevens

Gegevensverzameling

Het gebrek aan gegevens is vaak het grootste obstakel voor voorraadstudies. Een top-down benadering maakt doorgaans gebruik van statistische en macro-economische gegevens. Wat bottom-upstudies betreft, zijn de gegevensbronnen veelvuldig en vaak gecombineerd (kadaster, bouwvergunning, plannen, metingen, bestekken, geospatiale informatie en andere). De belangrijkste informatie bestaat uit gegevens over bouwjaar, locatie, gebruik en grondoppervlakte van het gebouw, evenals de hoogte of het aantal bouwlagen. Ze worden over het algemeen gebruikt om gebouwtypes te definiëren, d.w.z. 'families' van gebouwen met dezelfde kenmerken wat morfologie en samenstelling betreft. Er blijft echter een gebrek aan precieze gegevens bestaan over de materiaalsamenstelling van voorraden in de bebouwde omgeving en hun potentieel om te worden gerecycleerd. Het verstrekken van dit soort informatie (materiaalsoorten en samenstellingen, levensduur enz.) vereist bouwkundige kennis die momenteel ontbreekt in

Tabel 1: In UM-studies gebruikte instrumenten om gegevens te verwerken (gebaseerd op [3] and [7])

MFA	Materiaal-stroomanalyse	MFA heeft tot doel alle inkomende en uitgaande stromen van een specifiek geografisch gebied, gedefinieerd als een systeem ²⁴ (steden, stedelijke gebieden, regio, land..), in aanmerking te nemen volgens het principe van behoud van massa. Het is een nuttige tool voor het modelleren van ruimtelijk dynamische materiaalstromen [3] [18].
MSA	Materiaal-voorraadanalyse	MSA wil de accumulatie (en samenstelling) van de materiaalvoorraad (met inbegrip van gebouwen en infrastructuur) van een specifiek geografisch gebied, gedefinieerd als een systeem, in kaart brengen.
LSA	Levenscyclus-analyse	LCA wordt gebruikt om de milieueffecten van producten, processen, gebouwen, steden enz. te beoordelen. Ze kan op verschillende schalen worden uitgevoerd en beschouwt gewoonlijk de fasen 'van wieg tot graf' [3].
GIS	Geografisch Informatie-systeem	GIS is een instrument dat steeds vaker wordt gebruikt bij de evaluatie van materiaalvoorraden. Het kan zeer grote volumes gegevens (inclusief de effecten van levenscycli) op verschillende niveaus verwerken en in kaart brengen, en vormt daarmee een essentieel instrument om een beter inzicht te krijgen in de samenstelling van de voorraden. GIS is een cruciaal instrument om de ruimtelijke dynamiek van bestanden en stromen mee op te nemen. [3].
NTL	Nachtelijke verlichting	Dit instrument produceert beelden die voor de hele wereld beschikbaar zijn, gedurende vele jaren. Het kan nuttig zijn voor de analyse van voorraadintensieve gebieden of infrastructuur. Deze techniek levert echter geen robuuste informatie op over de voorraad (de resultaten zijn statisch) en heeft inherente beperkingen (ten gevolge van nachtelijke lichtverzadiging en schaaleffecten). Ze moet voorzichtig worden geïnterpreteerd [7].

24. MFA kan ook worden uitgevoerd op de schaal van ondernemingen, industrieën of industriële zoning, maar dat is minder het onderwerp van deze brochure en blijft een industriële-ecologische benadering.

bestaande studies [7]. In Europa stellen de landen en steden geen systematische statistieken op over hergebruik, hetgeen de exploitatie van dergelijke gegevens bemoeilijkt en de relatieve afwezigheid van hergebruik in bestaande UM-studies kan verklaren. Bovendien zouden nuttige gegevens voor de studie van hergebruik op grotere schaal geëxploiteerd kunnen worden indien hun inventaris²⁵ geïntegreerd was in de bestaande administratieve procedures, en hun boekhoudkundige methode zou kunnen worden geharmoniseerd.

Gegevensverwerking

Het is echter van belang te onderstrepen dat de analyses van de voorraden meestal berusten op een bottom-up benadering, voornamelijk door de definitie van gebouwtypes. Gegevens verzamelen en verwerken vereist in dit geval veel werk voordat inzicht kan worden verkregen in de samenstelling van deze voorraden en de wijze waarop zij in de loop der tijd zijn opgebouwd. Bij gebrek aan geconsolideerde statistische gegevens zal het uitwerken van het aspect hergebruik bij de analyse in de analyse van de stedelijke voorraden hoogstwaarschijnlijk een dergelijke aanpak vereisen.

3. Geografische grenzen

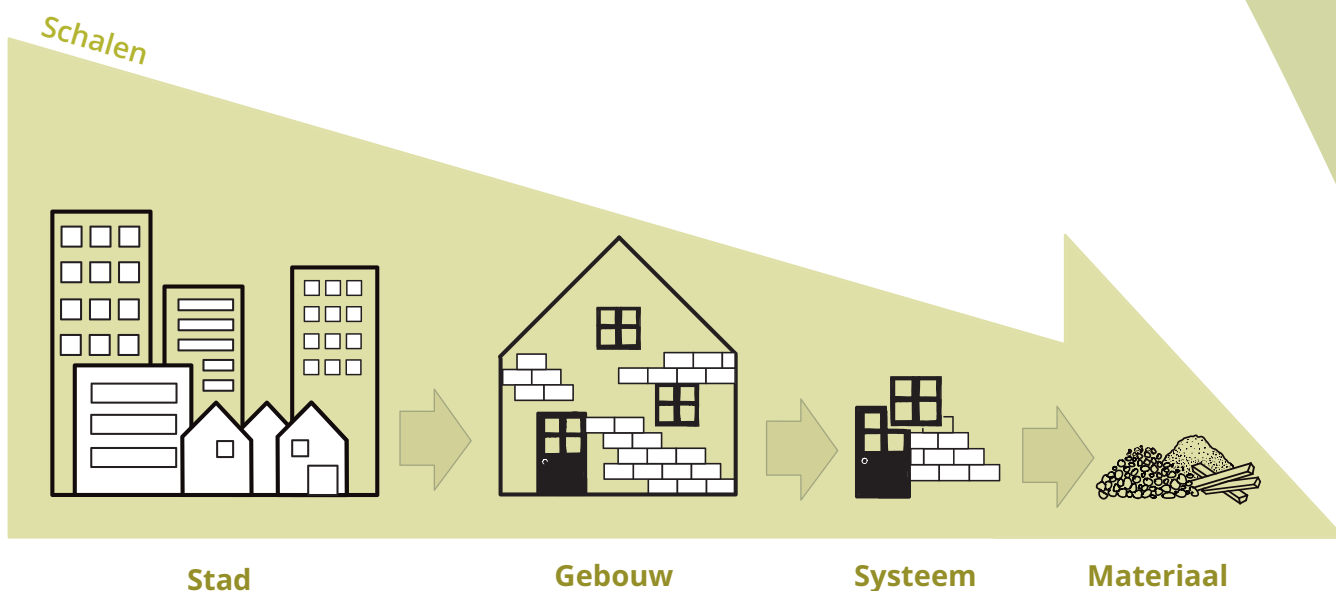
De geografische en territoriale reikwijdte van voorraadstudies van de bebouwde omgeving is variabel. Ze kunnen worden uitgevoerd op het niveau van een district, maar ook op het niveau van een stad, een gewest, een land of grotere geopolitieke/geografische entiteiten. Momenteel focust het merendeel van de bestaande studies²⁶ op een nationale schaal. Ongeveer een derde wordt uitgevoerd op stedelijke schaal en ruim een tiende op een ruimere schaal (multinationaal). Er zijn minder studies naar het gebouwenbestand op regionaal niveau. De schaal van de wijk en het gebouw zijn doorgaans het minst vertegenwoordigd [7]. Gewoonlijk blijkt uit studies dat de massa-intensiteit van de voorraad bouwmaterialen (kt/km²) op stedelijk niveau hoger is dan op nationale of regionale schaal. Dit is te verklaren door de bevolkings- en bebouwingsdichtheid in de steden, die aanzienlijk hoger is dan op het platteland. Ook zijn de niveaus hoger in ontwikkelde economieën dan in ontwikkelingseconomieën, zowel op nationaal als op stedelijk niveau. Afhankelijk van de geografische reikwijdte, de beschikbaarheid en de kwaliteit van de gegevens kunnen de studies verschillende resoluties hebben [7].

Tabel 2: Materiaalvoorraad per vierkante meter en per hoofd van de bevolking: verschillen tussen nationale en stedelijke schalen (gebaseerd op [7])

Nationaal niveau	Stadsniveau	Materiaalvoorraad per vierkante km [kt/km ²]	Materiaalvoorraad per hoofd van de bevolking [t/cap]
Oostenrijk		20	
	Wenen	1000-1200	200-300
Japan		100	
	Wakayama	+/- 1000	200-300
VS		10	
	Philadelphia (op 2,6 km ²)	1400	
China	Gemiddelde voor de bestudeerde steden (voor 2012, 2013)		< 50

25. Zie bijvoorbeeld https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en en de Gids voor de identificatie van het hergebruikpotentieel van bouwproducten van het FCRBE-project.

26. Meer dan de helft op basis van de 250 door Lanau et al. beoordeelde studies [7].



Figuur 11: Analyseschalen

4. Analyseschalen

Wat de algemene modelbenadering betreft, varieert ook de schaal van de analyse. De nadruk kan liggen op materiaal of zelfs een stof, maar ook op producten, componenten, elementen, tot en met een volledig gebouw of een volledige infrastructuur. Deze verschillende schalen kunnen ook worden gecombineerd. Wat hergebruik betreft, moet bij de studies ten minste rekening worden gehouden met de schaal van de producten of de bouwelementen (de studie van stoffen is in dit geval niet echt relevant).

Sommige bottom-up studies analyseren de spreiding van verschillende gebouwtypes over stedelijke zones om hun materiaalsamenstelling te karakteriseren [19] [13]. Deze samenstelling is soms moeilijk exact vast te stellen. Het vereist over het algemeen meer werk en technische kennis van het gebouw en zijn onderdelen (materialen en bouwtechnieken, afhankelijk van de bouwperiodes). Residentiële gebouwen zijn gewoonlijk beter vertegenwoordigd in bottom-up studies dan niet-residentiële gebouwen. Niet-residentiële gebouwen zijn immers diverser wat functies en samenstelling betreft, waardoor het verzamelen van gegevens complexer wordt [7]. Tegelijk is het verloop in de residentiële sector vaak lager dan in kantoor- of commerciële gebouwen. Het type functie en gebruik is dus van invloed kunnen zijn op de dynamiek van de stromen en de manier waarop ze in de tijd optreden. De **infrastructuur** houdt in het algemeen verband met de ruimtelijke organisatie van de stad. Het aandeel van de infrastructuur in verhouding tot het gebouwenbestand zal lager zijn in dichtbebouwde gebieden, omdat deze gebieden over het algemeen een hoger bebouwd aandeel per m²

grondgebruik hebben. Ook het aandeel van ondergrondse materiaalvoorraden is niet verwaarloosbaar (funderingen, ondergrondse parkeergarages, vervoersinfrastructuur, netwerken enz.) [7].

Bouwelementen en de schaal van componenten worden in de bestaande studies minder besproken en geanalyseerd [19] [13]. Kwantificering wordt vaker uitgevoerd voor materialen van een specifieke aard of gegroepeerd per type. Bouwelementen zoals ramen, deuren en sanitaire toestellen bestaan echter uit verschillende soorten materialen, hetgeen hun inventarisering complexer maakt. Het is echter precies de schaal van (de toepassing van) een bouwelement die het potentieel voor recuperatie door hergebruik bepaalt. Sommige bestaande studies zijn reeds toegespitst op specifieke bouwelementen met hergebruikpotentieel, hetzij wegens hun zeldzaamheid (historisch karakter, erfgoed, beperkte oplage, ontwerp), hetzij door hun relatieve overvloed of door het bestaan van een markt en/of vraag²⁷. Een studie uit Toronto onderzocht bijvoorbeeld de voorraad bakstenen in eengezinswoningen om informatie te bekomen over het hergebruikpotentieel van het materiaal op de schaal van de stad. Uit de studie blijkt dat elk jaar gemiddeld

27. Wat de markt voor hergebruik betreft, kan het interessant zijn te verwijzen naar de online catalogus die in het kader van het FCRBE-project is ontwikkeld en waarin een selectie wordt gepresenteerd van gerecupereerde materialen die courant beschikbaar zijn op de hergebruikmarkt en die aangepast zijn aan grootschalige projecten. Met deze catalogus kunnen eveneens de belangrijkste technische eigenschappen van reeds de op de markt courante gerecupereerde elementen worden geïdentificeerd. De bedrijvengids Opalis is ook een nuttige bron van informatie (<https://opalys.eu/en>), evenals de site van salvoweb (<https://www.salvoweb.com/>).

2.523-4.542 m³ bakstenen beschikbaar zouden zijn voor hergebruik, wat overeenkomt met 20-36% van het volume nieuwe bakstenen dat in 2012 bij de bouw van nieuwe huizen werd gebruikt. Het geraamde hergebruikpotentieel is lager dan het recyclagepotentieel (6.187 m³), voornamelijk als gevolg van het gebruik van cementmortel, dat de terugwinning van bakstenen bemoeilijkt [20].

Studies naar de voorraden in de bebouwde omgeving kunnen hun analyses toespitsen op **specifieke materialen of producten**, op een reeks welomschreven en gedifferentieerde materialen of op samengevoegde resultaten voor een reeks materialen zoals al dan niet 'metaalhoudende' materialen, al dan niet 'minerale' materialen of meer in het algemeen 'bouwmaterialen'. Deze aanpak is het meest geschikt voor terugwinning door recyclage. Zoals eerder vermeld, zijn de studies over metalen goed vertegenwoordigd, gevolgd door studies over minerale hulpbronnen. De meest geanalyseerde materialen zijn staal, koper en aluminium, maar ook beton en hout. Onderzoek naar afzonderlijke materialen vindt minder plaats. Naast de meest bestudeerde materialen die reeds zijn genoemd, richten sommige zich bijvoorbeeld op kunststoffen, cement, klei of andere soorten metalen zoals zink, lood, ijzer. [7]. Andere soorten materialen zijn niet zo consequent vertegenwoordigd. Studies combineren vaak verschillende materialen in een en dezelfde analyse.

Eenheden

De voorraad kan worden gekwantificeerd in verschillende eenheden. Deze worden ook beïnvloed door de schaal van de analyse, het soort beschikbare gegevens, het

voorwerp en het doel van de studie. Wat hergebruik betreft, lijkt een inventarisering per bouwelement meer aangewezen. Aangezien het om een aaneenschakeling kan gaan van verschillende materialen die tot één geheel zijn samengevoegd (een raam heeft bijvoorbeeld een houten, aluminium of pvc-kozijn en een glazen ruit), zullen de bij voorkeur gebruikte eenheden betrekking hebben op de oppervlakte, het aantal stuks, strekkende meters of zelfs het volume. Op dit moment hebben de bestaande UM-studies echter de neiging om bijna alleen massa als meeteenheid te beschouwen (met inbegrip van massa/inwoner of gebruiker, massa/m² enz.). Dit vergemakkelijkt de vergelijking tussen studies [7], maar is wat hergebruik betreft niet het meest geschikt. Het kan ook leiden tot een ondervertegenwoordiging van belangrijke materiaalgroepen, zoals isolatiemateriaal, dat een laag gewicht heeft maar grote volumes vertegenwoordigt omdat het steeds meer wordt toegepast in energetisch efficiënte gebouwen [4] [19]. Tenslotte wordt in bestaande studies zelden aandacht besteed aan de sociaal-economische waarde, ondanks het feit dat deze bijzonder relevant is voor het bestuderen van de implementatie van urban mining en een meer circulaire economie. Bovendien moeten, wat hergebruik betreft, bepaalde sociaal-economische indicatoren (aantal gecreëerde arbeidsplaatsen, economische doorverkoopwaarde enz.) in aanmerking worden genomen als aanvulling op de gewichtseenheid die meer gebruikelijk is in studies betreffende de gebouwenvoorraad. Om de analyse aan een milieueffectbeoordeling te kunnen koppelen, zal de gewichtseenheid noodzakelijk zijn.

Tabel 3: Verschillende eenheden in verband met de schaalanalyse

v Schaal	Eenheid	Massa (kg, ton)	Lineair (m)	Oppervlakte (m ²)	Volume (m ³)	Aantallen (#)
Materiaal		X			(X)	
Producten			X	X		X
Componenten/elementen			X	X		X
Gebouwen				X	(X)	X
Afgeleide eenheid / Indicatoren		massa/m ²			m ³ /m ²	
(grotere analyseschaal)		massa/hoofd van de bevolking		m ² /hoofd van de bevolking	m ³ /hoofd van de bevolking	

4.

Mogelijkheden en beperkingen

UM-studies zijn waardevol voor de verbetering van het beheer van hulpbronnen door een beter begrip van het gebouwenbestand. Voor overheden dragen ze bij tot de ondersteuning van strategieën en beleid: verbetering van het afvalbeheer, bevordering van hergebruikpraktijken, anticiperen op stedelijke operaties enz. Voor de economische actoren, met name in de bouwsector, maken zij ontwikkelingsmogelijkheden zichtbaar: de ontwikkeling van terugwinningskanalen (door derden of door de producenten zelf), de invoering van nieuwe selectieve slooppraktijken (voor de slopaannemers), de keuze voor bouwmethodes die de latere terugwinning van gebouwen vergemakkelijken (voor investeerders en ontwerpers) enz. UM-studies hebben echter ook beperkingen.

Een opkomend onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied is nog betrekkelijk jong en vereist verdere harmonisering van de terminologie en gestandaardiseerde methoden. Ondanks de toenemende ontwikkeling van UM-studies hebben er maar weinigen al aanleiding gegeven tot concrete beleidsmaatregelen²⁸, met name rond hergebruik op grotere schaal. Ook zijn ze nog weinig geïntegreerd in processen voor stadsontwikkeling. De studie van hergebruik op stedelijke schaal lijkt daarom op het eerste zicht nog niet voor de hand te liggen. Het feit dat hergebruik in de praktijk nog weinig courant is en vaak enkel op de schaal van het project op een ad hoc en niet-systematische manier plaatsvindt, kan een verklaring zijn voor dit gebrek aan belangstelling. De voornaamste lacune voor de integratie van hergebruik van bouwmaterialen in UM-studies betreft het gebrek aan kennis van de samenstelling van de bebouwde omgeving. Deze kennis dient te bestaan uit de aard, de hoeveelheid en de beschikbaarheid van materialen en componenten en niet op de uitgaande afvalgroepen. Daarnaast is ook de staat van de

materialen van essentieel belang omwille van technische eisen en normen (veiligheid, comfort, thermische of structurele weerstand). Deze informatie is niet gemakkelijk te verkrijgen; soms zijn studies in laboratoria nodig om deze eigenschappen te na te gaan en vaak worden deze uitgevoerd op specifieke elementen en op de schaal van het project. Aangezien hergebruik een belangrijke rol speelt in circulaire economie-strategieën, zou het niettemin interessant zijn om meer UM-studies te ontwikkelen waarin hergebruik is opgenomen. Een bottom-up benadering zal het meest geschikt zijn om de specifieke eigenschappen van herbruikbare materialen te onderzoeken: uitgaande van de bestaande bouwtypes en de karakterisering daarvan met het oog op hergebruik (soorten materialen en bouwtechnieken enz.) of door beoordeling van monostromen (specifieke producten die op de hergebruikmarkt worden aangeboden, zoals bakstenen). Tegelijk zou het combineren van deze methode met een top-down benadering enkele onzekerheden kunnen elimineren. De toenemende ontwikkeling van strategieën voor een circulaire economie moet echter de uitvoering van nieuwe studies die de uitdagingen en belemmeringen van de huidige methoden aanpakken, aanmoedigen. Hergebruik kan in dit verband een sleutelrol spelen²⁹.

Een data-intensief onderzoeksgebied

UM-studies zijn fundamenteel afhankelijk van gegevens die vaak moeilijk te verkrijgen zijn (in termen van toegankelijkheid, betrouwbaarheid, kwaliteit), doordat sommige belangrijke stromen niet op een systematische en geharmoniseerde manier gemonitord worden. Dit is nog meer het geval voor stromen van hergebruikmaterialen. Met uitzondering van enkele initiatieven zoals BigREc van Salvo in het Verenigd Koninkrijk³⁰ en de statistische werkzaamheden van FCRBE³¹, werken de Europese lidstaten niet met systematische statistieken over hergebruik. Toegang tot gecentraliseerde gegevens is van essentieel belang om

28. Zelfs al hebben bepaalde studies, vooral naar stedelijk metabolisme en industriële ecologie in opdracht van overheden, kunnen leiden tot de concrete invoering van maatregelen (zoals degenen besproken in 3. Bestaande studies over voorraden).

29. Om meer over dit onderwerp te weten te komen, kunt u de booklet Het opmaken van een stappenplan: hoe de bouwsector een weg te laten vinden naar hergebruik van de futuREuse-booklets reeks raadplegen (door Emilie Gobbo voor Leefmilieu Brussel, 2021), gepubliceerd in het kader van het Interreg FCRBE-project.

30. De BigREc-enquête is een door Salvo uitgevoerde bedrijfsenquête over de sector van hergebruikmaterialen.

31. Zie de statistische analyse die in het kader van het Interreg FCRBE-project is uitgevoerd.

de terugwinning van bouwelementen door hergebruik (en in mindere mate recyclage) te vergemakkelijken. In de praktijk worden materialen reeds gedocumenteerd (technische fiches, prestatieverklaringen voor materialen die bij de Verordening Bouwproducten worden ingediend³², catalogi van producenten enz.) en deze documentatie wordt reeds verzameld (met name via as-builtplannen en postinterventiedossiers, kadastrale registers, bouwvergunningen enz.) Het gebruik van deze bestaande gegevensbronnen zou kunnen worden verbeterd om het verzamelen en verwerken van gegevens te vergemakkelijken (eventueel door herstructurering). Er kunnen echter ook zorgen ontstaan over de betrouwbaarheid en de veiligheid van het beheer en de toegankelijkheid van deze gegevens (ruimere toegang tot zeer precieze informatie over de aard van het afval dat zal worden geproduceerd).

Aanvullend zijn ook de ontwikkeling en aanmoediging van 'nieuwe' instrumenten zoals inventarisaties vóór sloop of hergebruik, gebouwenpaspoorten of materiaalpaspoorten en andere instrumenten relevant. De moeilijkheid ligt dus veeleer in het optimaliseren van het documentatieproces en het systematiseren en centraliseren van de informatie. Of het nodig is elk materiaal een paspoort te verstrekken opdat het geïdentificeerd kan worden, is een kwestie apart. Ook al zijn de materiaalpaspoorten in de eerste plaats bedoeld om de overdracht van actuele informatie te garanderen, het gevaar bestaat dat zij tot een zekere dualiteit op de materialenmarkt leiden: enerzijds materialen die een paspoort hebben - en dus vrij kunnen circuleren - en anderzijds materialen die dat niet hebben - en dus zonder meer worden uitgesloten of in de marge belanden. Het gebruik van herbruikbare materialen zou daardoor kunnen worden ondermijnd, wat niet de bedoeling is van het streven naar een optimaal gebruik van hulpbronnen. De niet-homogene en diffuse aard van de voorraden, in combinatie met de onvoorspelbare vraag naar en toegang tot deze voorraden (verschillende eigenaars, behoefte aan consolidatie) zijn uitdagingen die moeten worden aangegaan voor de prospectie en ontwikkeling van de markt voor herbruikbare bouwelementen.

De noodzaak om actoren te integreren

Het is belangrijk op te merken dat een inventaris van stromen niet voldoende is om het beheer van hulpbronnen op stedelijke schaal te optimaliseren. Territoriale organisaties en actoren op verschillende niveaus (overheid, bedrijven, verenigingen, burgers) beslissen welke stromen circuleren. Een aanvullende studie van de actoren die deze stromen beheren en consumeren, is dan ook essentieel om de transitie van steden naar meer circulariteit te verzekeren. Het lijkt van essentieel belang om deze actoren te mobiliseren rond de kwestie van hulpbronnenefficiëntie, met name door hen te informeren over het nut (en de beperkingen) van voorraadstudies (zoals degenen die in dit verslag worden genoemd) en door hen bewust te maken van de mogelijkheden die hergebruik in deze context biedt. Een betere kennis van de samenstelling van de stedelijke voorraden heeft veel voordelen voor verschillende actoren in de waardeketen. In dit verband lijkt goed bestuur van essentieel belang voor het implementeren van CE-strategieën.

Het is duidelijk dat UM-studies een inspiratiebron kunnen vormen voor methoden en benaderingen die kunnen worden gebruikt voor de kwantificering en karakterisering van partijen materialen die men vandaag en in de nabije toekomst waarschijnlijk zal aantreffen. Hoewel deze instrumenten noodzakelijk zijn, zijn zij op zichzelf niet voldoende. Voor een goede evaluatie van het hergebruikpotentieel, hetzij op de schaal van een gebouw, hetzij op de schaal van een stad, moeten deze benaderingen worden gekoppeld aan begrippen uit de kunst- en architectuurgeschiedenis, de evolutie van de bouwtechnieken, de economie, inzicht in de specifieke kenmerken van de markt en de hergebruikpraktijken enz. Daarnaast lijkt het ook van belang om de parameters vast te stellen die de stedelijke voorraden kunnen beïnvloeden (economische, technische, regelgevende hefboomen enz.), de onderlinge relaties binnen de voorraad, de verbanden met andere energie (energie-efficiëntie, opgeslagen energie) en de gevolgen voor het milieu. Uiteindelijk zouden deze studies naar het gebouwenbestand kunnen leiden tot de ontwikkeling van indicatoren voor duurzaamheid/circulariteit en actief kunnen bijdragen aan de uitrol van een beleid voor duurzame stedelijke ontwikkeling, circulair en efficiënt gebruik van hulpbronnen [7].

32. Zie meer op : https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation_en

5.

Stedelijke voorraden hergebruiken?

Als we verwijzen naar het begrip UM, kan de stad worden gezien als een accumulatie van middelen, gerangschikt en samengevoegd tot verschillende gebouwen, wegen en netwerken. Deze 'accumulatie' kan worden gezien als een reeks lagen die het resultaat zijn van opeenvolgende bouw- en sloopprocessen, waarvan sommige oude sporen bewaard zijn gebleven. Op zich is het idee niet nieuw³³. De term 'palimpsest' werd eind jaren zeventig in de architectuur en de stedenbouw geïntroduceerd om dit proces te illustreren: terwijl steden en gebouwen worden aangepast en heringericht, blijven sporen van hun vorige leven achter. Deze analogie met het 'schrapen' van perkament om het opnieuw te gebruiken als drager voor een nieuw geschrift, houdt echter geen rekening met de mogelijkheid om de samenstellende delen van de verwijderde lagen te recupereren.

In de praktijk hebben UM-studies tot doel de dynamische aard van de evolutie van steden te analyseren, inclusief hun gebouwen. Maar het idee van de stad als reservoir van materialen houdt in dat de verwijderde lagen en samenstellende delen van een gebouw een zekere waarde behouden en dragen, waardoor zij hergebruikt kunnen worden of in een nieuwe cyclus kunnen worden opgenomen. Het is ongetwijfeld deze notie die het concept onderscheidt van wat werd voorgesteld en gedacht in reeds bestaande theorieën en analogieën. De uitdaging bestaat er dus in enerzijds na te gaan hoe gebouwen en hun samenstellende delen zo lang mogelijk in stand kunnen worden gehouden en in de praktijk kunnen worden gebruikt tijdens opeenvolgende transformaties in de loop van de tijd, en anderzijds te voorkomen dat zij hun waarde verliezen. Immers, een afname van het materiaalgebruik kan het gemakkelijkst worden bereikt door een stabilisatie van de bestaande voorraden en een inspanning om de levensduur van

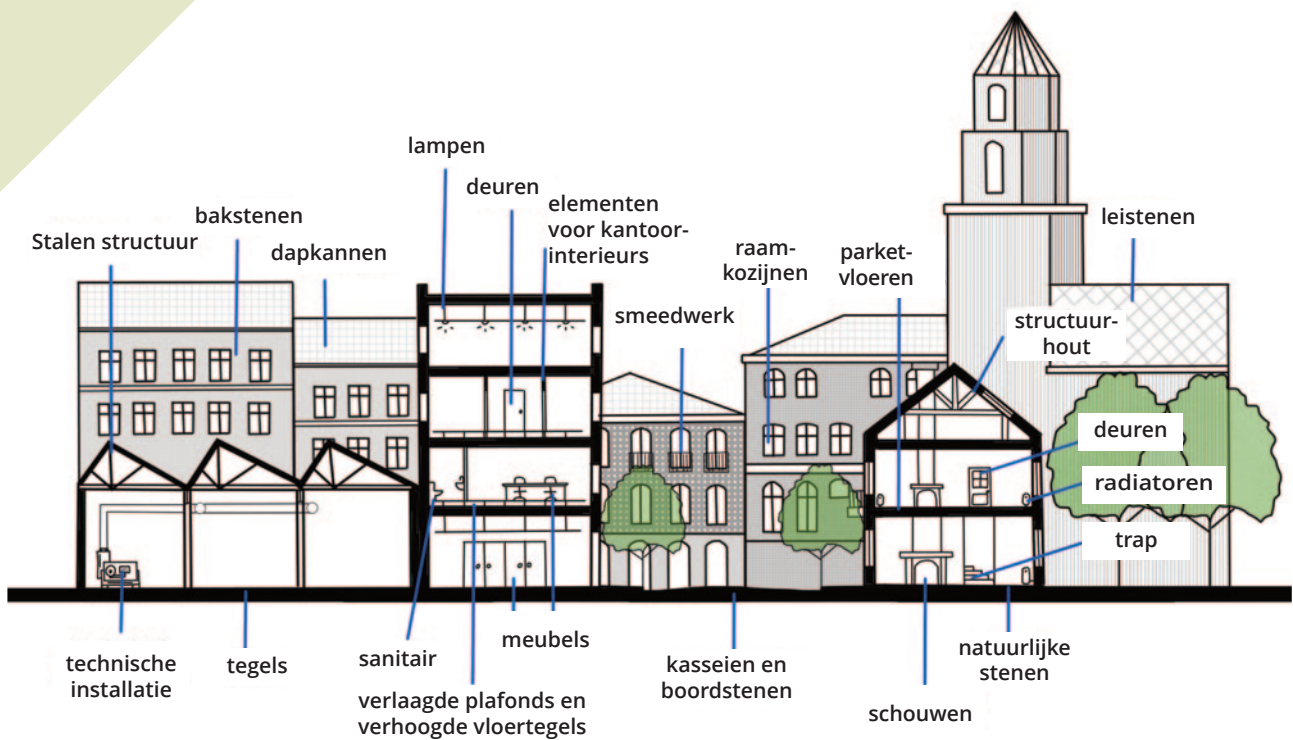
bestaande infrastructuur en gebouwen te verlengen. Voorlopige resultaten voor Europese wegen tonen dat deze voorraden een belangrijke drijvende kracht zijn achter het gebruik van hulpbronnen en dat hun onderhoud en netto-uitbreiding kritisch bekeken moeten worden [12, p. 12].

In die zin is het referentiesysteem dat door de circulaire economie wordt voorgesteld, en dat algemeen aan UM ten grondslag ligt, veelbelovend. Er wordt namelijk een overgang voorgesteld naar een economie waarin zorg, onderhoud, reparaties en inspanningen om de levensduur van bestaande hulpbronnen te verlengen waarde genereren (en veroudering en verbruik voorkomen). Vanuit dit oogpunt dient recycling, wat gaat om een transformatie van materialen en niet om een verlenging van de levensduur van bouwcomponenten, eerder te worden beschouwd als een 'tweede keuze' ten opzichte van hergebruik. Ondanks de ambitieuze doelstellingen van het circulaire model nemen de initiatieven voor recycling. Zo zijn er reeds spelers die erin slagen de levensduur van bouwmaterialen te verlengen door deze bij sloop- of verbouwingswerkzaamheden weer in omloop te brengen. Voortgaande op de analogie zou men ze de 'goudzoekers' van de 'stadsmijn' kunnen noemen. Hun werkwijzen kunnen ons reeds veel leren over de wijze waarop bepaalde 'depots' geïdentificeerd en geëxploiteerd worden.

Hoewel het circulaire model hergebruik aanmoedigt, moet worden opgemerkt dat:

- veel herbruikbare items ontsnappen aan het oog van deze 'goudzoekers', door gebrek aan systematische identificatie, door prestatie-eisen ter plaatse (tijd en budget), sterk gemechaniseerde processen (die elke concurrentie omwille van arbeidskosten elimineert), door het verlies van een cultuur van hergebruik enz.
- niet alle materiaalgroepen van de 'stedelijke voorraad' die als herbruikbaar zijn aangemerkt, zullen tot daadwerkelijk hergebruik leiden. Hier zijn

33. Léon Krier verdedigde reeds in de jaren zeventig het idee van 'accumulatie' in steden. In de stedenbouw heeft André Corboz in 1983 de metafoer van het palimpsest voorgesteld in zijn tekst 'het territorium als palimpsest'. De term komt ook voor in de architectuur en de landschapsanalyse.



Figuur 12: Prospectie van herbruikbare materialen in de stad: schematisch diagram

verschillende verklaringen voor, waarvan rentabiliteit de voornaamste is (ontmanteling te duur, nieuwe gelijkwaardige materialen te goedkoop in vergelijking, aanzienlijke voorbereiding enz.), naast meer technische overwegingen (vervuiling, destructieve uitvoering en ontmanteling enz.)

Bij hergebruikpraktijken gaat het om plaatselijke materiële hulpbronnen die 'overvloedig' en reeds vervaardigd zijn, en waarvan de nuttige toepassing niet-delokaliseerbare arbeid vereist. Gezien de kansen die hergebruik biedt op het gebied van circulariteit, wordt het potentieel dan ook duidelijk onderschat en onderbenut. Bovendien kan het gemakkelijk worden gecombineerd met andere terugwinningsmethoden, zoals recyclage. In die zin kunnen UM-studies helpen bij het identificeren van nieuwe mogelijkheden en het ondersteunen van een ambitieus beleid ter bevordering van hergebruik, inclusief het vaststellen van streefdoelen voor hergebruik en toezicht op de inspanningen en

verwezenlijkingen in die richting (en het aanleveren van statistische gegevens). In zekere zin zou dit de cultuur van hergebruik nieuw leven kunnen inblazen en de transitie ten goede komen.

Ten slotte ligt dit in de lijn van de ambities van de Europese Commissie, die zich voornemt de vastgestelde doelstellingen voor de nuttige toepassing van materialen voor sloop- en bouwafval in de Europese wetgeving tegen 2024 te herzien. De invoering van maatregelen ter ondersteuning en ontwikkeling van hergebruik- en recyclageplatforms om de interne markt voor secundaire grondstoffen te stimuleren, is ook een van de assen van de Commissie in haar strategie voor de renovatiegolf. Die strategie is niet alleen gericht op een verdubbeling van het vernieuwingspercentage, maar legt ook de link met de integratie van de principes van de circulaire economie in het ontwerp van gebouwen en het EU-protocol inzake het beheer van bouw- en sloopafval [6].

Bibliografie

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, *The World's Cities in 2018 – Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417)*, 2018.
- [2] Newell, Joshua & Cousins, Joshua, *The boundaries of urban metabolism: Towards a political-industrial ecology - Progress in Human Geography* (12. 1–27), 2014.
- [3] Göswein, Verena & Silvestre, José & Habert, Guillaume & Freire, Fausto, *Dynamic Assessment of Construction Materials in Urban Building Stocks: A Critical Review*, published in *Environmental Science & Technology*. 53. 10.1021/acs.est.9b01952, 2019.
- [4] E. Gobbo, *Déchets de construction, matières à conception : analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale*, Presses Universitaires de Louvain (PUL). ISBN 978-2-87558-434-2, 2015.
- [5] E. Gobbo, S. Trachte, C. Massart, *Influence of energy retrofit on material flows: comparison between various strategies*, published in *Journal of Physics: Conference Series* (Print), Vol. 1343, no. 012175, p. 6 (20 9). 10.1088/1742-6596/1343/1/012175, 2019.
- [6] European Commission, *Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Renovation Wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives*, COM (2020) 662 final, 2020.
- [7] M. Lanau, G. Liu, U. Kral, D. Wiedenhofer, E. Keijzer, C. Yu, C. Ehlert, *Taking Stock of Built Environment Stock Studies: Progress and Prospects*, published in *Environmental Science & Technology*. 53. 10.1021/acs.est.8b06652, 2019.
- [8] A. Kapur, T. Graedel, *Copper Mines Above and Below the Ground*, published in *Environmental Science & Technology*. 40. 3135–41. 10.1021/es0626887, 2006.
- [9] V. Augiseau, S. Barles, *Studying construction materials flows and stock: A review*, published in *Resources, Conservation and Recycling*. 123. 10.1016/j.resconrec.2016.09.002, 2006.
- [10] H. Tanikawa, T. Fishman, K. Okuoka, K. Sugimoto, *The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945–2010: The Construction Material Stock of Japan*, published in *Journal of Industrial Ecology*. 19. 10.1111/jiec.12284, 2015.
- [11] T. Fishman, H. Schandl, H. Tanikawa, P. Walker, F. Krausmann, *Accounting for the material stock of nations*, published in *Journal of Industrial Ecology* 18(3): 407–420, 2015.
- [12] D. Wiedenhofer, J. Steinberger, N. Eisenmenger, W. Haas, *Maintenance and Expansion: Modeling Material Stocks and Flows for Residential Buildings and Transportation Networks in the EU25*, published in *Journal of Industrial Ecology*. 10.1111/jiec.12216, 2015.
- [13] A. Stephan, A. Athanassiadis, *Quantifying and mapping embodied environmental requirements of urban building stocks*, published in *Building and Environment*. 114. 10.1016/j.buildenv.2016.11.043, 2017.
- [14] T. Fishman, H. Schandl, H. Tanikawa, *The socio-economic drivers of material stock accumulation in Japan's prefectures*, published in *Ecological Economics* 113: 76–84, 2015.
- [15] M. Hu, E. Van Der Voet, G. Huppes, *Dynamic material flow analysis for strategic construction and demolition waste management in Beijing*, published in *Journal of Industrial Ecology* 14(3): 440–456, 2010.
- [16] H. Liang, H. Tanikawa, Y. Matsuno, L. Dong, *Modeling In-Use Steel Stock in China's Buildings and Civil Engineering Infrastructure Using Time-Series of DMSP/OLS Nighttime Lights*, published in *International Journal of Remote Sensing*, 6. 4780–4800. 10.3390/rs6064780, 2014.
- [17] F-C. Hsu, C. Elvidge, Y. Matsuno, *Exploring and estimating in-use steel stocks in civil engineering and buildings from night-time lights*, published in *International Journal of Remote Sensing*. 34. 490–504. 10.1080/01431161.2012.712232, 2013.
- [18] Eurostat (European Statistical Office), *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*, 2001.
- [19] E. Gobbo, S. Trachte, C. Massart, *Energy retrofit scenarios: material flows and circularity*, published in *IOP Conf, Series: Earth and Environmental Science* 225 (2019) 012029 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/225/1/012029, 2019.
- [20] D. Ergun, M. Gorgolewski, *Inventorying Toronto's single detached housing stocks to examine the availability of clay brick for urban mining*, published in *Waste management (New York, N.Y.)*. 45. 10.1016/j.wasman.2015.03.036, 2015.
- [21] A. Stephan and A. Athanassiadis, *With the right tools, we can mine cities*, published in [The Conversation](#), December 3th 2017.
- A. Bastin, *Vers une politique locale du métabolisme urbain ? Le cas des matériaux de (dé)construction à Plaine Commune*, published in *Urbanités, #12 / La ville (s)low tech*, 15 October 2019.

- A. Stephan, A. Athanassiadis, *Towards a more circular construction sector: Estimating and spatialising current and future non-structural material replacement flows to maintain urban building stocks*, published in *Resources, Conservation and Recycling*. 129. 248–262. 10.1016/j.resconrec.2017.09.022, 2018.
- A-S. Nordby, B. Berge, F. Hakonsen, A. Hestnes, *Criteria for salvageability: The reuse of bricks*, published in *Building Research & Information*. 37. 55–67. 10.1080/09613210802476023, 2009.
- A. Tanguy (Université de Sherbrooke), *Le métabolisme urbain dans la transition écologique*, published in [Agence Science Press](#), 30 July 2019.
- Bureau for Standardisation (NBN, Belgium), standards EN15978 and EN15804 (<https://www.nbn.be/fr>)
- European Environmental Agency, *Urban sustainability issues - What is a resource-efficient city?*, [Technical Report No23/2015](#), December 10th 2015.
- Metabolism of cities online platform (<https://metabolismofcities.org/>)
- Minea website (<https://www.minea-network.eu/mission.php>)
- New Horizon website (<https://newhorizon.nl/>)
- P. Beurskens, E. Durmisevic, *Increasing reuse potential by taking a whole life-cycle perspective on the dimensional coordination of building products*, 2017.
- R. Androsevic, E. Durmisevic, M. Brocato, Maurizio, *Measuring reuse potential and waste creation of wooden façades*, published in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 225. 012017. 10.1088/1755-1315/225/1/012017, 2019.
- R. Androsevic, E. Durmisevic, M. Brocato, Maurizio, *Measuring reuse potential and waste creation of wooden façades*, published in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 225. 012017. 10.1088/1755-1315/225/1/012017, 2019.
- S. Erkman, G. Massard, S. Cariage, A. Bussard, *Les nouvelles ressources de Genève, 15 ans de travaux en écologie industrielle : résultats et perspectives*, Geneva, 2015.
- S. Huuhka, I. Vestergaard, *Building conservation and the circular economy: a theoretical consideration*, published in *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*. ahead-of-print. 10.1108/JCHMSD-06-2019-0081, 2019.
- W. Galle, N. Temmerman, C. Cambier, S. Elsen, P. Herthogs, W. Lanckriet, J. Poppe, I. Tavernier, C. Vandervaeren, *Building a Circular Economy. Buildings, a Dynamic Environment*, 2019.

Bron van illustraties: Emilie Gobbo, 2021, tenzij anders aangegeven.

AUTRICE

Emilie Gobbo voor Leefmilieu Brussel (België)

DANK AAN DE VOLGENDE MEDEWERKERS

André Stephan van UCLouvain (België), Rafaela Tirado van *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (Frankrijk) et Martial Vialleix van *Institut Paris Région* (Frankrijk) voor hun proeflezen en inbreng op de inhoud

DANK AAN

Tom Schoonjans van Rotor (België), Leen Van Lishout en Jennifer Timmermans van Leefmilieu Brussel (België) voor hun werk aan de Nederlandse versie

Interreg 
North-West Europe
FCRBE

PARTNERS



MEDEFINANCIERS

