

Circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie

Een overzicht van strategieën

Hamida, Mohammad B.; Gruis, Vincent

Publication date

2024

Document Version

Final published version

Published in

Transformatie naar Woningen

Citation (APA)

Hamida, M. B., & Gruis, V. (2024). Circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie: Een overzicht van strategieën. In H. Remøy, G. van Bortel, E. Heurkens, & R. van Venrooij (Eds.), *Transformatie naar Woningen* (pp. 207-218). Delft University of Technology, Faculteit Bouwkunde.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Trans- for- matie naar woning- geen

Transformatie
naar woningen

Hilde Remøy
Gerard van Bortel
Erwin Heurkens
Roeli van Venrooij

Transformatie naar woningen

Redactie: Hilde Remøy, Gerard van Bortel, Erwin Heurkens en Roeli van Venrooij

© 2024 De auteurs

ISBN 978-94-6366-838-5

Naamsvermelding 4.0 Internationaal (CC BY 4.0)

U bent vrij om:

Het werk te delen — te kopiëren, te verspreiden en door te geven via elk medium of bestandsformaat

Het werk te bewerken — te remixen, te veranderen en afgeleide werken te maken voor alle doeleinden, inclusief commerciële doeleinden.

Deze licentie is goedgekeurd voor Free Cultural Works. De licentiegever kan deze toestemming niet intrekken zolang aan de licentievoorwaarden voldaan wordt.

Onder de volgende voorwaarden:

Naamsvermelding — De gebruiker dient de maker van het werk te vermelden, een link naar de licentie te plaatsen en aan te geven of het werk veranderd is. U mag dat op redelijke wijze doen, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat de licentiegever instemt met uw werk of uw gebruik van het werk.

U mag geen juridische voorwaarden of technologische voorzieningen toepassen die anderen er juridisch in beperken om iets te doen wat de licentie toestaat.

Voor het gebruik van beeldmateriaal is getracht zoveel mogelijk toestemming te vragen aan de rechtmatige eigenaren.

Onze excuses voor de gevallen waarin het ons niet is gelukt. Deze rechtmatige eigenaren worden vriendelijk verzocht contact op te nemen met de auteurs.

Voor elementen van het materiaal die zich in het publieke domein bevinden, en voor vormen van gebruik die worden toegestaan via een uitzondering of beperking in de Auteurswet, hoeft u niet aan de voorwaarden van de licentie te houden. Er worden geen garanties afgegeven. Het is mogelijk dat de licentie u niet alle gebruiksvrijheden geeft die nodig zijn voor het beoogde gebruik. Bijvoorbeeld, andere rechten zoals publiciteits-, privacy- en morele rechten kunnen het gebruik van een werk beperken.

Circulaire en aanpasbare gebouw- transformatie

Een overzicht van strategieën

Mohammad B. Hamida en Vincent Gruis

Bevolkingsgroei, marktdynamiek, vastgoedleegstand en veroudering van gebouwen zijn enkele aanleidingen voor transformatie van gebouwen. De laatste decennia zijn er al veel transformatieprojecten uitgevoerd, mede als oplossing voor leegstand (zie 11. Transformatiometer kantoren). Sinds kort wordt gebouwtransformatie ook als een veelbelovend onderdeel van de transitie naar een circulaire economie gezien, omdat er per definitie sprake is van hergebruik van materialen en producten en dit de noodzaak om nieuwe materialen in de kringloop te brengen vermindert. Om een optimale bijdrage te leveren aan de circulaire economie, zullen de gebouwtransformaties zelf evenwel ook circulair moeten worden uitgevoerd. Dit hoofdstuk presenteert daarom een conceptueel model voor praktische en toepasbare strategieën voor circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie. Dit model is een handig en informatief hulpmiddel voor beleggers, ontwerpers, ontwikkelaars en bouwers.

Inleiding

Er zijn veel aanleidingen voor gebouwtransformatie, zoals bevolkingsgroei, marktdynamiek, leegstand en veroudering van gebouwen (Ross, 2016). Gebouwtransformatie is een onvermijdbaar onderdeel van de bouweconomie (Wilkinson, 2014). Ook in Nederland zijn al veel gebouwen getransformeerd ten behoeve van nieuwe functies (Remøy, 2014).

Gebouwtransformatie is ook geheel in lijn met de principes van een circulaire economie (Kaya *et al.*, 2021), want hiermee wordt de levensduur van bestaande gebouwen verlengd en wordt (sloop)afval vermeden (Foster, 2020). De transformatie zelf moet echter ook op circulaire wijze worden uitgevoerd om de maximale voordelen voor ons milieu te behalen. De combinatie van circulariteit en aanpasbaarheid in gebouwtransformatie heeft veel voordelen, zoals langdurige functionaliteit en efficiënt gebruik van hulpbronnen in de gebouwde omgeving (Hamida *et al.*, 2023a).

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van strategieën voor circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie. Ten eerste geeft het een overzicht van het concept van 'circulaire aanpasbaarheid van gebouwen' en de determinanten daarvan volgens Hamida *et al.* (2023b). Ten tweede presenteert het een conceptueel model voor de meest praktische en toepasbare strategieën, afgeleid uit literatuur en casestudies (Hamida *et al.*, 2023a, b). Tabel 16.1 geeft een overzicht van de vijf casestudies die in dit hoofdstuk worden gebruikt.

TABEL 16.1 Overzicht van de vijf casestudies

ASPECT	CASESTUDIES				
	CASESTUDY 1	CASESTUDY 2	CASESTUDY 3	CASESTUDY 4	CASESTUDY 5
Locatie	Den Haag	Harderwijk	Amsterdam	Bodegraven	Rijswijk
Oude functie	Kantoorgebouw	Kantoorgebouw	Kantoorlorens voormalige bank	Gymzaal	Kantoorgebouw
Nieuwe functie	Gemengd woongebouw	Woon-zorgcentrum	Gebouwen voor gemengd gebruik	Kantoorgebouw	Studentenwoningen
Aanleiding voor transformatie	Leegstand	Leegstand en veroudering	Verandering van eigenaar en gebruiker	Onderbenutting	Leegstand

Gebouwtransformatie is geheel in lijn met de principes van een circulaire economie. De levensduur van bestaande gebouwen wordt verlengd en (sloop)afval vermeden.

Circulariteit en aanpasbaarheid in gebouwen

Hamida *et al.* (2023b) definiëren circulaire aanpasbaarheid als ‘het vermogen om de gebouwde omgeving fysiek en contextueel te veranderen, terwijl het ruimtegebruik van gebouwen in een gesloten waardeketen blijven’. Ze identificeerden daarbij tien determinanten van circulaire aanpasbaarheid van een gebouw (fig. 16.1).

- **Flexibiliteit van de gebouwconfiguratie:** de mogelijkheid om ruimtes te herconfigureren zonder externe hulpbronnen te gebruiken of afval te produceren.
- **Demonteerbaarheid van producten:** de mogelijkheid om gebouwcomponenten te demonteren zonder schade en afval te veroorzaken, zodat hergebruik ervan mogelijk is in hetzelfde of in een ander gebouw.
- **Multifunctionaliteit van activa:** de mogelijkheid om componenten en ruimtes voor meerdere functies te gebruiken.
- **Regelmaat in het gebouwo ontwerp:** de mogelijkheid om een regelmatig patroon in het gebouw (ruimtes en componenten) te brengen, wat later hergebruik vergemakkelijkt.
- **Aanpasbaarheid van de functie:** de mogelijkheid om een gebouwfunctie te veranderen, wat bijdraagt aan de levensduur en waardebehoud.
- **Herbruikbaarheid van producten en materialen:** de mogelijkheid om bouwproducten te hergebruiken en materialen te recyclen.
- **Onderhoudsgemak:** het gemak waarmee de functionele en technische levensduur van het gebouw en de componenten zijn te verlengen.
- **Hernieuwbaarheid van hulpbronnen:** de mogelijkheid om in het gebouw hernieuwbare bronnen voor water, energie, lucht en materiaal te integreren.
- **Aanpasbaarheid van de omvang:** de mogelijkheid om de grootte van het gebouw en de ruimtes te verkleinen en vergroten, om problemen met tekorten aan en overtoolligheid van ruimte te voorkomen.
- **Technische aanpasbaarheid:** de mogelijkheid om het gebouw van nieuwe technologieën te voorzien, zonder afvalproductie.

Factoren die bepalend zijn voor de mate van circulaire aanpasbaarheid zijn te realiseren door toepassing van passieve, actieve en operationele strategieën. Passieve strategieën zijn ontwerp-gebaseerde oplossingen, toegepast op een gebouw waarvan de ruimtelijke configuratie na de transformatie geen nadere interventie of investering vergt. Actieve strategieën gaan over oplossingen die in de toekomst aanpassingen in het ontwerp en/of gebruikersinterventies vergen, zoals het gebruik van demontabele producten. Operationele strategieën betreffen procesoplossingen, zoals de toepassing van een materiaalpaspoort, die de toepassing van passieve en actieve strategieën bevorderen. De meeste strategieën kunnen meer dan één determinant bevorderen (zie fig. 16.2).



FIG. 16.1 Determinanten van circulaire aanpasbaarheid van gebouwen volgens Hamida et al. (2023b)
Bron: Hamida et al. (2023b)

FIG. 16.1

16.3

Strategieën voor circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie

In deze paragraaf presenteren we een conceptueel model voor praktische, toepasbare strategieën om circulariteit en aanpasbaarheid bij een gebouwtransformatie te implementeren (zie fig. 16.2). In totaal omvat dit model 25 strategieën, waaronder elf passieve, vijf actieve en negen operationele strategieën.

Strategieën voor flexibiliteit van de gebouwconfiguratie

In het conceptuele model worden vier strategieën voor de flexibiliteit van de gebouwconfiguratie onderscheiden: standaardisatie van ontwerp, scheiding van gebouwlagen, gebruik van aanpasbare bouwcomponenten en gebruik van demontabele producten. De eerste twee strategieën zijn effectief voor circulariteit én aanpasbaarheid, omdat ze de herbruikbaarheid van componenten en materialen in de waardeketen faciliteren (Geldermans, 2016). Deze strategieën zijn toepasbaar voor verschillende bouwproducten en bouwcomponenten, zoals gestandaardiseerde demonteerbare muren. Zo is in een tot kantoor getransformeerde gymzaal in Bodegraven een demontabel systeem van binnenmuurpanelen toegepast (fig. 16.3). De gebruikte muurpanelen hebben een geïntegreerd verwarmingssysteem met daaronder flexibele plinten met elektrische bedrading. Hierdoor kunnen gebruikers de indeling van bijvoorbeeld een kantoor gemakkelijk veranderen (Hamida *et al.*, 2023a).

Strategieën voor demonteerbaarheid van producten

Zoals weergegeven in fig. 16.2, is demonteerbaarheid van producten te bevorderen door drie strategieën: standaardisatie van ontwerp, scheiding van gebouwlagen, en gebruik van demontabele producten. Dezelfde strategieën kunnen de flexibiliteit van de gebouwconfiguratie bevorderen. Gebruik van droge verbindingen in plaats van natte verbindingen is bevorderlijk voor de demonteerbaarheid van bouwproducten (Geldermans, 2016).

Strategieën voor circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie	Determinanten van circulaire aanpasbaarheid									
	Determinanten van aanpasbaarheid			Onderling samenhangende determinanten				Determinanten van circulariteit		
	Aanpasbaarheid van de functie	Aanpasbaarheid van de omvang	Technische aanpasbaarheid	Flexibiliteit van de gebouwconfiguratie	Demonteerbaarheid van producten	Multi-functionaliteit van activa	Regelmaat in het gebouwontwerp	Herbruikbaarheid van producten en materialen	Onderhoudsgemak	Hernieuwbaarheid van hulpbronnen
Passieve strategieën	Standaardisatie van ontwerp									
	Scheiding van gebouwlagen (Zoals gescheiden muren)		X		X	X				
	Het Voorzien in multifunctionele ruimten						X			
	Modularisatie van de ruimtelijke configuratie	X						X		
	Gebruik van gestandaardiseerd bouwproducten							X		
	Ontwerpen voor overtollige capaciteit	X	X	X						
	Compartmentering van het ontwerp	X		X						
	Ontwerp voor multifunctionaliteit	X								
	Gebruik van tweedehands (hergebruikte/recyclede) producten							X		
	Gebruik van bio-based (biologische) materialen							X		
Actieve strategieën	Gebruik van circulaire (herbruikbare/recyclebare) materialen							X		
	Gebruik van aanpasbare bouwcomponenten		X		X					
	Gebruik van demontabele producten		X	X	X	X		X		
	Het voorzien in deelbare ruimten						X			
	Gebruik van hernieuwbare energievoorzien									X
	Optimaliseren van natuurlijke ventilatie/verlichting en verlichting									X
	Het voorzien in deelbare faciliteiten						X			
	Implementatie van materiaalpassoorten							X		
	Inkoop van bouwproducten als een dienst			X				X	X	
	Het 'terugsturen' van oude materialen voor hergebruik/recycling							X		
Operationele strategieën	Hergebruik van oude producten voor een ander gebruik							X		
	Uitvoering van producten							X		
	Implementatie van proactief onderhoud								X	
	Reparatie van oude bouwcomponenten								X	
	Behoud van monumentale elementen								X	

FIG. 16.2 Conceptueel model met strategieën voor circulaire en aanpasbare gebouwtransformatie

FIG. 16.2

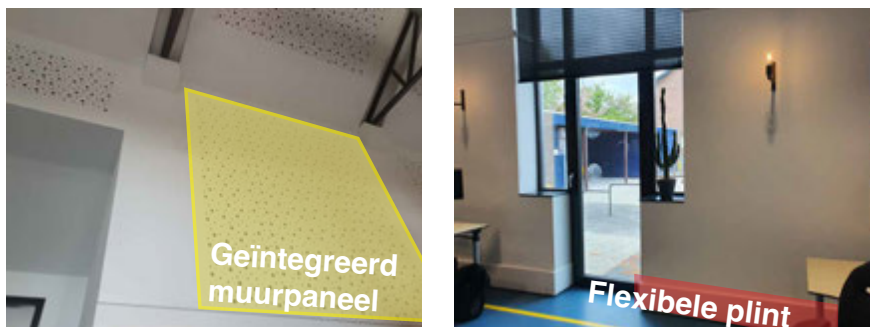


FIG. 16.3 Muurpanelen met een geïntegreerd verwarmingssysteem met daaronder flexibele plinten

FIG. 16.3

Een vastgoedontwikkelaar van twee transformatieprojecten gebruikte gestandaardiseerde en demontabele bouwproducten en organiseerde deze producten volgens hun verwachte levensduur (Hamida *et al.*, 2023a). Hierbij werd het concept van gebouwlagen van Brand (1994) gebruikt (zie 'Strategieën voor aanpasbaarheid van de functie'). Alle muren en gevels zijn in beide projecten demontabel.

Strategieën voor multifunctionaliteit van activa

Ten behoeve van multifunctionaliteit zijn er verschillende oplossingen, zowel voor de producten als voor de ruimtes (Hamida *et al.*, 2023b). Dit kan bijvoorbeeld door het voorzien in deelbare en/of multifunctionele ruimtes (Zimmann *et al.*, 2016), of het voorzien in deelbare faciliteiten (Foster, 2020). Zo zijn er voorbeelden van (circulaire) transformatieprojecten waarin ruimtes als keukens, toiletten en ook co-working-ruimtes kunnen worden gedeeld. Deelbare co-workingruimtes en vergaderruimtes zijn bijvoorbeeld geïntegreerd in de torens van een bank die zijn getransformeerd naar gebouwen voor gemengd gebruik (casestudy 3) (Hamida *et al.*, 2023a).

Strategieën voor regelmaat in het gebouwontwerp

Er zijn drie passieve strategieën voor het brengen van regelmaat in een gebouwontwerp (Hamida *et al.*, 2023b): standaardisatie van het ontwerp, modularisatie van de ruimtelijke configuratie en het gebruik van gestandaardiseerde bouwproducten. De eerste twee strategieën kunnen moeilijk toepasbaar zijn in transformatieprojecten als het oorspronkelijke gebouw niet modulair of gestandaardiseerd ontworpen is (Hamida *et al.*, 2023a). Een vastgoedontwikkelaar paste bij de transformatie van een leegstaand kantoor naar een gemengd woongebouw alle drie de strategieën toe (fig. 16.4). Het ontwerp van de appartementen en de componenten is gestandaardiseerd. De ruimtelijke configuratie is ook modulair. De nieuwe gevel is geprefabriceerd en gestandaardiseerd, en ook demontabel.

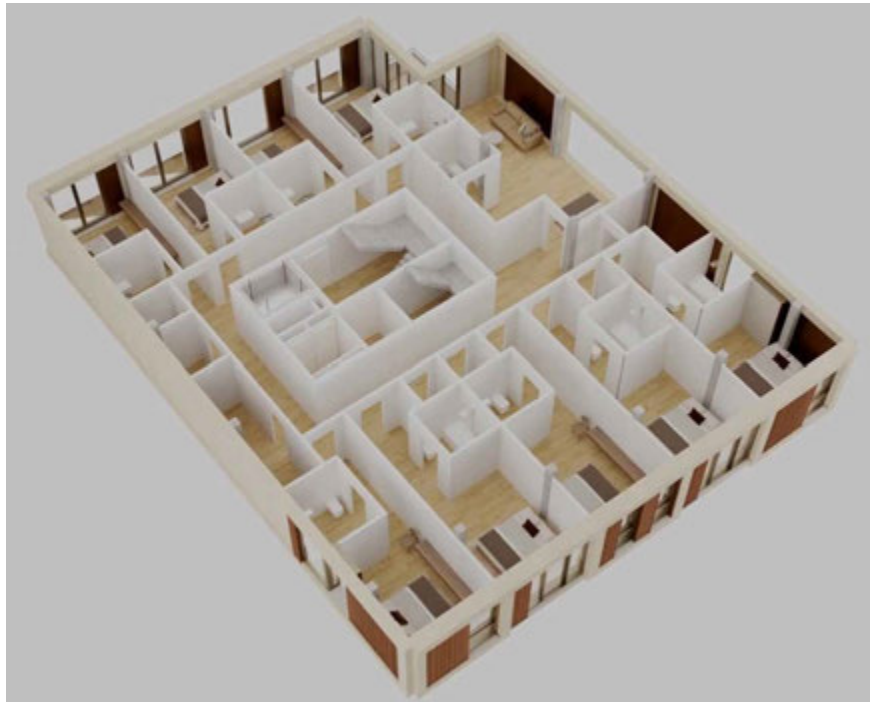


FIG. 16.4 Een 3D-weergave van de plattegrond van een tot gemengd woongebouw getransformeerd kantoor in Den Haag

Bron: Oneplanetcrowd, 2022

FIG. 16.4

Strategieën voor aanpasbaarheid van de functie

Net zoals het brengen van regelmaat in het gebouwontwerp is aanpasbaarheid van de functie een ‘passieve strategie’ die betrekking heeft op de ruimtelijke en geometrische eigenschappen. Er zijn vier strategieën om aanpasbaarheid van de functie te vergroten: modularisatie van de ruimtelijke configuratie, ontwerpen voor overtollige capaciteit, compartimentering van het ontwerp en ontwerp voor multifunctionaliteit.

De vastgoedontwikkelaar van casestudy 1 heeft al deze strategieën geïmplementeerd, in lijn met het concept van gebouwlagen van Brand (1994). De vastgoedontwikkelaar identificeerde alle mogelijke toekomstige gebouwfuncties (waaronder school, hotel en gezondheidszorg) en de eisen hiervan. De aanpasbaarheid van de functie is vervolgens bevorderd door het ontwerp van de eerste drie lagen (locatie, draagconstructie en gebouwschil) vorm te geven volgens de maximale eisen van de mogelijke functies, terwijl het ontwerp voor de andere drie lagen (installatie, inbouwpakket en inrichting) op de nieuwe functie werd afgestemd (fig. 16.5). Daardoor worden eventuele gebouwveranderingen ten behoeve van toekomstige functies mogelijk gemaakt.

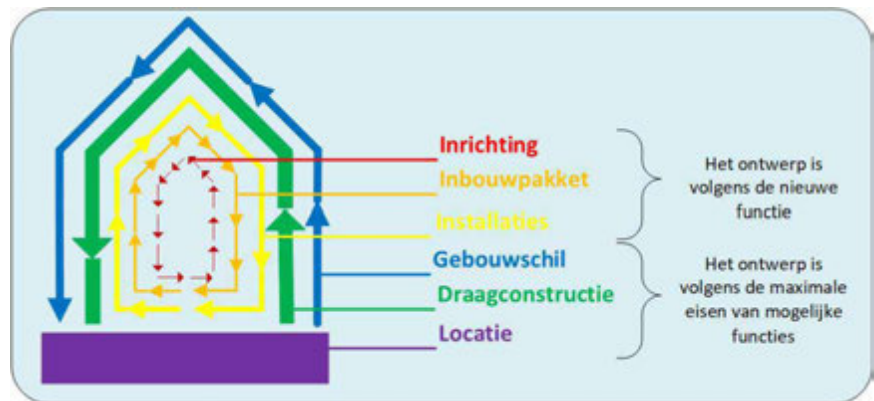


FIG. 16.5 Ontwerp voor aanpasbaarheid van de functie door toepassing van het concept van gebouwlagen van Brand (1994)

Bron: Hamida et al., 2023a

FIG. 16.5

Compartimentering van het ontwerp is een strategie om toekomstige transformaties en functieveranderingen makkelijker te maken. In deze strategie worden de configuratie en de systemen van een gebouw opgedeeld in compartimenten die ook onafhankelijk van elkaar zijn te gebruiken en aan te passen, waarbij elk deel zijn eigen leiding-schachten, systemen en hulpbronnen heeft. Deze strategie is ook geïmplementeerd in casestudy 1 (Hamida *et al.*, 2023).

Strategieën voor herbruikbaarheid van producten en materialen

Het circulaire-economiemodel van de Ellen MacArthur Foundation, het ‘vlinderdiagram’ (2019), onderscheidt technische en biologische kringlopen van materialen. Voor een technische kringloop van bouwmaterialen kunnen tweedehands (hergebruikte/gerecyclede) producten en circulaire (herbruikbare/recyclebare) materialen worden gebruikt; voor een biologische kringloop is het gebruik van biobased materialen nodig.

Ook voor de bevordering van de herbruikbaarheid is het gebruik van demontabele producten aan te bevelen, omdat het verwijdering en hergebruik van producten en gebouwveranderingen zonder onnodige afvalproductie mogelijk maakt (Akhimien *et al.*, 2021; Eberhardt *et al.*, 2022; Geldermans, 2016).

Operationele strategieën zijn belangrijk voor de ondersteuning van herbruikbaarheid en recycling van producten en materialen (Hamida *et al.*, 2023b). Vijf operationele strategieën die herbruikbaarheid bevorderen zijn: implementatie van materiaalpaspoorten, inkoop van bouwproducten als een dienst, het ‘terugsturen’ van oude materialen voor hergebruik/recycling, hergebruik van oude producten voor een ander gebruik, en uitwisseling van producten. Behalve toepassing van de eerste strategie (implementatie van materiaalpaspoorten), hebben we voorbeelden gevonden van toepassing van de vier andere strategieën in verschillende transformatieprojecten (Hamida *et al.*, 2023a). Verschillende tweedehands bouwproducten zijn hergebruikt voor andere toepassingen bij de transformatie van een gymzaal naar kantoor (casestudy 4) (fig 16.6). De pijpen van het verwarmingssysteem zijn hergebruikt als trapleuning, terwijl het hout van het dak is hergebruikt in de constructie van een kleine tussenverdieping en in afwerkingen (fig. 16.6). Ook is hout van het dak hergebruikt in meubilair. In casestudy 4 is de vloerisolatie hergebruikt van een eerder project.



FIG. 16.6 Tweedehands bouwproducten hergebruikt voor andere toepassingen bij de transformatie van gymzaal naar kantoor in Bodegraven

FIG. 16.6

De inkoop van bouwproducten als een dienst (zoals operationele lease) kan de technische kringloop van bouwmaterialen bevorderen, doordat de leverancier rekening gaat houden met terugname van producten (Ploeger *et al.*, 2019). Een vastgoedontwikkelaar van een leegstaand kantoorgebouw huurde de gevel als een dienst na de transformatie naar een gemengd woongebouw (casestudy 1). De gevel is flexibel en demontabel en de ontwikkelaar kan in de toekomst de gevel teruggeven aan de aanbieder of vervangen (Hamida *et al.*, 2023a).

Strategieën voor onderhoudsgemak

Er zijn vier operationele strategieën voor het bevorderen van het onderhoudsgemak van een gebouw: inkoop van bouwproducten als een dienst, implementatie van proactief onderhoud, reparatie van oude bouwcomponenten, en behoud van monumentale elementen. De inkoop van bouwproducten als een dienst kan positief uitwerken op het onderhoudsgemak omdat de leverancier er dan (nog meer) baat bij heeft om deze te vergroten (Ploeger *et al.*, 2019).

Reparatie van oude bouwcomponenten en het behoud van monumentale elementen zijn al toegepast in twee circulaire transformatieprojecten (Hamida *et al.*, 2023a). In casestudy 3 zijn er oude liften gerenoveerd (fig. 16.7 links). In de tot kantoor getransformeerde gymzaal (casestudy 4) is de vloer bewaard (fig. 16.7 rechts).



FIG. 16.7 Voorbeelden van reparatie van oude bouwproducten en behoud van monumentale elementen in twee transformatieprojecten

FIG. 16.7

Strategieën voor hernieuwbaarheid van hulpbronnen

Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen en het optimaliseren van natuurlijke ventilatie/verlichting zijn strategieën die de toepassing van hernieuwbare hulpbronnen bevorderen. Het gebruik van zonnepanelen is een voor de hand liggend voorbeeld (Hamida *et al.*, 2023). De ontwikkelaar van de getransformeerde gymzaal gebruikte efficiënte zonnepanelen die meer elektriciteit opwekken dan het gebouw nodig heeft (fig. 16.8). De extra energie wordt vervolgens gebruikt voor andere functies, zoals het opladen van elektrische auto's.

FIG. 16.8 Zonnepanelen op de tot kantoor getransformeerde gymzaal in Bodegraven



FIG. 16.8

Strategieën voor aanpasbaarheid van de omvang

Scheiding van gebouwlagen, ontwerp voor overtollige capaciteit, gebruik van aanpasbare bouwcomponenten en gebruik van demontabele producten zijn vier strategieën voor schaalbaarheid. Het scheiden van muren van de draagconstructie is een voorbeeld van scheiding van gebouwlagen (Hamida *et al.*, 2023a), want de muren kunnen dan makkelijker, onafhankelijk van de draagconstructie, verplaatst worden (Alhefnawi, 2018). Ontwerp voor overtollige capaciteit opent de weg voor functieaanpassingen en uitbreidingen (Pinder *et al.*, 2017). Gebruik van verstelbare bouwcomponenten en demontabele producten (plug-and-play) maakt het ook eenvoudiger om aanpassingen, verkleiningen en uitbreidingen te realiseren (Scuderi, 2019). Zo gebruikte de ontwikkelaar van casestudy 1 een flexibele gevel die het veranderen, toevoegen of samenvoegen van balkons mogelijk maakt (Hamida *et al.*, 2023a) (fig. 16.9).

FIG. 16.9 Flexibele gevel in een transformatieproject
Bron: Website vastgoedontwikkelaar casestudy 1



FIG. 16.9

Strategieën voor technische aanpasbaarheid

Op een gegeven moment kan de behoefte ontstaan om nieuwe installaties, systemen of andere bouwcomponenten toe te passen (Webb *et al.*, 1997). Strategieën die deze mogelijkheid bevorderen zijn ontwerp voor overtollige capaciteit, compartimentering van het ontwerp, gebruik van demontabele producten en inkoop van bouwproducten als een dienst. Het ontwerp voor overtollige capaciteit maakt het makkelijker om nieuwe of extra installaties of systemen in te brengen (Kyrö *et al.*, 2019). Het eerdergenoemde ontwerp van de eerste drie gebouwlagen volgens de maximale eisen van mogelijk toekomstige functies is hier een voorbeeld van. Compartimentering van het ontwerp maakt het mogelijk om de toevoegingen alleen te doen waar nodig. In case-studies 1 en 2 is dit mogelijk door het aanbrengen van meerdere leidingschachten (Hamida *et al.*, 2023a). Toepassing van demontabele producten maakt vervanging technisch eenvoudig en inkoop van bouwproducten als een dienst maakt het mogelijk om de dienst na afloop van een contract te ‘upgraden’ (Webb *et al.*, 1997).

16.4

Conclusies en aanbevelingen

Transformatie van gebouwen is niet alleen een goede manier om het bestaande zo goed mogelijk te gebruiken voor het nieuwe, maar ook een uitgelezen kans om de aanpasbaarheid en circulariteit van gebouwen te vergroten. De combinatie van strategieën die de circulariteit en de aanpasbaarheid van een gebouw door transformatie vergroten, brengt verschillende voordelen mee, zoals levensduurverlenging, efficiënt gebruik van onze aardse bronnen en het vermijden van afval nu en in de toekomst. Onze aanbeveling is dan ook om niet alleen bij nieuwbouw, maar ook bij renovatie en transformatie systematisch alle verschillende strategieën langs te lopen om zodoende de veerkracht en daarmee toekomstbestendigheid van onze gebouwenvoorraad te vergroten, en verdere aanbevelingen:

- **Implementeer strategieën** die meer dan één determinant van circulariteit en aanpasbaarheid bevorderen, zoals: het gebruik van demontabele producten, standaardisatie van het ontwerp, en scheiding van gebouwlagen;
- **Faciliteer toekomstige gebouwtransformatie** en veranderingen door ontwerp voor overtollige capaciteit, modularisatie van de ruimtelijk configuratie, compartimentering van het ontwerp en ontwerp voor multifunctionaliteit;
- **Sluit de materiaalketen en verminder afval** door gebruik van tweedehands (hergebruikte/gerecyclede) producten, gebruik van biobased materialen, gebruik van circulaire (herbruikbare/recyclebare) materialen, faciliteren van natuurlijke ventilatie/verlichting, deelbare ruimtes, inkoop van bouwproducten als een dienst, behoud van monumentale elementen en reparatie van oude bouwcomponenten.

Bronnen

- Akhimien, N.G., E. Latif en S.S. Hou (2021), 'Application of circular economy principles in buildings: A systematic review', *Journal of Building Engineering*, Vol. 38, p. 102041.
- Alhefnawi, M.A.M. (2018), 'Sustainability in deconstructivism: A flexibility approach', *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 43 nr. 10, pp. 5091-5099
- Brand, S. (1994), *How Buildings Learn: What Happens after They're Built*, Penguin Books, New York, NY
- Eberhardt, L.C.M., M. Birkved en H. Birgisdóttir (2022), 'Building design and construction strategies for a circular economy', *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 18 nr. 2, pp. 93-113
- Ellen MacArthur Foundation (2019), *The butterfly diagram: Visualising the circular economy*, Ellen MacArthur Foundation, available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram> (accessed 25 September 2023).
- Foster, G. (2020), 'Circular economy strategies for adaptive reuse of cultural heritage buildings to reduce environmental impacts', *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 152, p. 104507.
- Geldermans, R.J. (2016), 'Design for change and circularity: Accommodating circular material and product flows in construction', *Energy Procedia*, Vol. 96, pp. 301-311
- Hamida, M.B., H. Remøy, V. Gruis en T. Jylhä (2023a), 'Circular building adaptability in adaptive reuse: multiple case studies in the Netherlands', *Journal of Engineering, Design and Technology*, juli 2023.
- Hamida, M.B., T. Jylhä, H. Remøy en V. Gruis (2023b), 'Circular building adaptability and its determinants – a literature review', *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, Vol. 41 nr. 6, pp. 47-69.
- Kaya, D.I., Dane, G., Pintossi, N. and Koot, C.A.M. (2021), 'Subjective circularity performance analysis of adaptive heritage reuse practices in The Netherlands', *Sustainable Cities and Society*, Vol. 70, p. 102869.
- Kyrö, R., Peltokorpi, A. and Luoma-Halkola, L. (2019), 'Connecting adaptability strategies to building system lifecycles in hospital retrofits', *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 26 nr. 4, pp. 633-647.
- Oneplanetcrowd (2022), 'WALDEN, RE:BORN | Duurzaam en functievrij stadspand', Oneplanetcrowd International B.V., Amsterdam, The Netherlands. <https://www.oneplanetcrowd.com/nl/project/200418/description>
- Pinder, J.A., Schmidt, R., Austin, S.A., Gibb, A. and Saker, J. (2017), 'What is meant by adaptability in buildings?', *Facilities*, Vol. 35 Nos 1/2, pp. 2-20.
- Ploeger, H., Prins, M., Straub, A. and Van den Brink, R. (2019), 'Circular economy and real estate: the legal (im)possibilities of operational lease', *Facilities*, Vol. 37 Nos 9-10, pp. 653-668
- Remøy, H. (2014), 'Building obsolescence and reuse', In Wilkinson, S.J., Remøy, H. and Langston, C. (Eds), *Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making*, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, Chapter 5, pp. 95-120.
- Ross, B.E. (2017), 'The learning buildings framework for quantifying building adaptability', Resilience of the Integrated Building, In *Proceedings of the Architectural Engineering National Conference 2017, Oklahoma City, Oklahoma, United States, April 11-13, 2017*, pp. 1067-1077.
- Scuderì, G. (2019), 'Designing flexibility and adaptability: The answer to integrated residential building retrofit', *Designs*, Vol. 3 nr. 1, p. 3.
- Webb, R.S., Kelly, J.R. and Thomson, D.S. (1997), 'Building services component reuse: an FM response to the need for adaptability', *Facilities*, Vol. 15 nr. 12-13, pp. 316-322
- Wilkinson, S.J. (2014), 'Drivers and barriers for adaptation', In Wilkinson, S.J., Remøy, H. and Langston, C. (Eds), *Sustainable Building Adaptation: Innovations in Decision-Making*, John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, Chapter 2, pp. 18-41.
- Zimmann, R., O'Brien, H., Hargrave, J. and Morrell, M. (2016), *The Circular Economy in the Built Environment*, ARUP, London.