



Hergebruik bestaande betonnen constructie-elementen goedkoper en beter voor milieu

# Betonskelet als donor



1 Om de mogelijkheid en de voordelen van hergebruik van bestaande betonnen constructie-elementen te demonstreren, is een casestudie uitgevoerd naar twee kantoorgebouwen in Amsterdam; hier het kantoor aan de Karspeldreef

ir. Alexandros Glias<sup>1)</sup>,

ir. Sander Pasterkamp

TU Delft, fac. CiTG, Pieters Bouwtechniek BV

ir. Pim Peters

IMd Raadgevende Ingenieurs

<sup>1)</sup> Alexandros Glias is afgestudeerd aan de TU Delft met het onderzoek 'The Donor Skelet – Designing with reused structural concrete elements'. Het onderzoek werd uitgevoerd bij IMd Raadgevende Ingenieurs. In de begeleidingscommissie hadden zitting prof.ir. A.Q.C. van der Horst, prof.dr.ir. E.M. Haas, ir. S. Pasterkamp en ir. P. Peters.

De leegstand van kantoorgebouwen in Nederland bedroeg eind 2013 15,7%. De bekende oplossingen om deze leegstand aan te pakken, zijn herbestemming en sloop. Herbestemming is vanuit milieuoogpunt het beste, maar is vaak lastig te realiseren door de hoge kosten die ermee gepaard gaan. Sloop van betonconstructies resulteert in herbruikbaar betonpuingranulaat. Dit is echter een proces dat veel energie vraagt. Bovendien leidt de productie van nieuwe elementen, ook bij gebruik van granulaat, nog altijd tot uitputting van grondstoffen en tot versterking van het broeikas effect. Genoemde verschijnselen kunnen worden voorkomen door een gebouw te demonteren en de vrijkomende betonnen constructie-elementen als geheel te hergebruiken.

### Gesloten kringloop

Hergebruik van constructie-elementen past heel goed in het streven naar het sluiten van de kringloop en de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot. De top drie van oplossingen in de zogenaamde Ladder van Lansink om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen, het gebruik van ruwe grondstoffen te beperken en de afvalstroom te verkleinen, zijn preventie, hergebruik en recycling (fig. 2). Het voorkomen van bouw- en sloopafval is vanuit milieuoogpunt het beste, maar niet elk leegstaand gebouw leent zich voor renovatie of herbestemming. Recycling is op dit moment het meest gebruikelijk in Nederland. Het is mogelijk 100% van de betonconstructies te recyclen. Helaas is het momenteel vrijkomende volume sloopafval veel meer dan de recyclingstechnieken aankunnen. Er is bovendien ook een grote hoeveelheid energie nodig voor het verwerken van het te recyclen materiaal. Hergebruik van constructie-elementen voorkomt dat er afval vrijkomt en vraagt veel minder energie dan recycling (fig. 3). Het probleem is echter dat deze vorm van hergebruik een nog onbekend proces is dat nader onderzoek behoeft.

### Proces van hergebruik

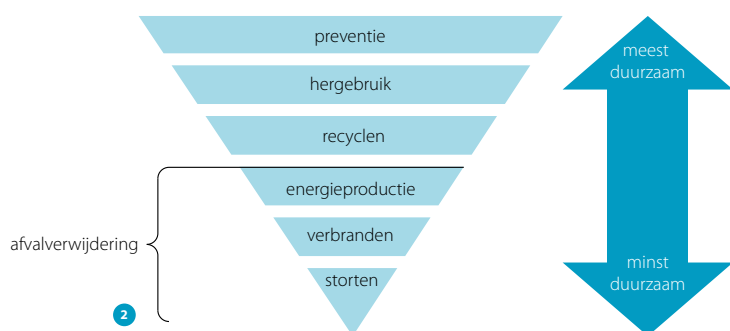
Om hergebruik goed in de vingers te krijgen en potentiële obstakels te identificeren, is in de afstudeerstudie het gehele

#### Afstudeerrapport

Het volledige afstudeerrapport 'The Donor Skelet – Designing with reused structural concrete elements' is bij het artikel beschikbaar op [www.cementonline.nl](http://www.cementonline.nl).



*De grote leegstand van kantoorgebouwen is voor de Nederlandse vastgoedmarkt een enorme uitdaging. Nieuwe technieken voor het herontwerpen en hergebruiken van deze gebouwen zijn nodig om de huidige situatie te verbeteren. Een van de oplossingen zou kunnen zijn het hergebruik van betonnen constructie-elementen. In een afstudeeronderzoek aan de TU Delft is gekeken naar de technische en financiële mogelijkheden.*

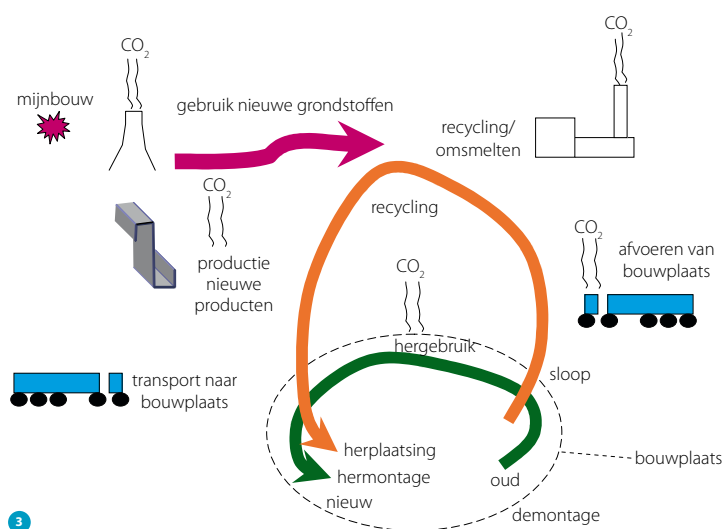


proces geanalyseerd. Het proces kan worden opgedeeld in een aantal stappen.

- 1 *Inventarisatie.* De inventarisatie moet een overzicht geven van de eigenschappen van de verschillende constructie-elementen van een gebouw. De inventarisatie wordt opgesteld aan de hand van een grondige analyse van de bestaande bouwtekeningen. Dit is een tijdrovend proces, maar een complete inventarisatie voorkomt later veel problemen.
- 2 *Kwaliteitscontrole.* Met de kwaliteitscontrole wordt de conditie van de elementen onderzocht. Er wordt zo goed mogelijk gekeken of het gebouw inderdaad is gebouwd zoals op de bestaande tekeningen is aangegeven. Het eindresultaat van deze stap is een soort certificatie per element, de element-identiteit (EID), die alle benodigde eigenschappen van het element bevat en kan worden gebruikt om zekerheid te bieden over de conditie van het element.
- 3 *Demontage.* Demontage moet zeer zorgvuldig worden uitgevoerd om zo veel mogelijk elementen met zo hoog mogelijke

kwaliteit en zo weinig mogelijk beschadigingen uit het bestaande gebouw terug te winnen.

- 4 *Aanpassing.* Na demontage worden de elementen aangepast op de plek waar ze worden gewonnen (het sloopterrein) om te kunnen worden toegepast in een nieuw gebouw. Dit betreft bijvoorbeeld opvullen van oude sparingen, op lengte zagen, nieuwe sparingen boren enzovoort.
- 5 *Opslag.* Ten behoeve van opslag van elementen kan het bestaande gebouw zo lang mogelijk blijven staan en zo een virtuele opslagplaats zijn. Ook kan het gebouw worden afgebroken en kunnen de vrijkomende elementen worden opgeslagen op een aparte opslagplaats. Aangezien er op dit moment nog geen actieve markt is voor het hergebruik van betonnen constructie-elementen en de vraag naar bouwgrond en kantoorruimte laag is, kunnen de oude gebouwen blijven staan totdat er een project is waarin de oude elementen kunnen worden hergebruikt.
- 6 *Transport.* Het transport heeft binnen het proces van hergebruik de grootste milieu-impact en bepaalt een groot deel van de totale kostprijs. Het is belangrijk het transport en de af te leggen routes zo efficiënt mogelijk te organiseren om de kosten en de CO<sub>2</sub>-uitstoot zo veel mogelijk te minimaliseren.
- 7 *Montage.* Tot slot worden de elementen gemonteerd. Het is belangrijk dat de elementen zodanig worden aangeleverd dat ze direct geschikt zijn voor montage als geprefabriceerde elementen. Het wordt aangeraden dezelfde mensen te gebruiken voor demontage en montage.



### Casestudie

Om de mogelijkheid en de voordelen van het hergebruik van bestaande betonnen constructie-elementen te demonstreren, is een casestudie uitgevoerd. Het doel hierbij was constructie-elementen van een bestaand kantoorgebouw te gebruiken voor het bouwen van nieuwe appartementen. In deze casestudie zijn elementen gebruikt uit twee kantoorgebouwen op het bedrijventerrein Amstel III. Dit terrein heeft een leegstand van 26%. De gemeente Amsterdam wil de wijk transformeren tot een multifunctioneel gebied, waarbij de prioriteit ligt bij het realiseren van woonruimte. Deze nieuwe functie is gekozen op basis van lokale vraag en het brengen van variatie in de functies binnen het bedrijventerrein.

De gebouwen die gekozen zijn voor demontage liggen aan de Hogehilweg 18 en de Karspeldreef 2 (foto 1 en 4). Ze zijn gekozen op basis van leegstand, beschikbare informatie, de hoofddragconstructie en het type elementen daarin. Beide gebouwen bevatten een prefab betonskelet, en alle elementen zijn in principe geschikt voor hergebruik.

Het doel is woningen van 100 m<sup>2</sup> te ontwerpen voor gezinnen van vier personen. De woningen maken deel uit van een appartementengebouw en hebben een karakteristieke L-vorm. De

- 4 Kantoor aan de Hogehilweg; een van de twee panden die zijn gekozen voor demontage in de casestudie
- 5 Ontwerp woningen op basis van hergebruikte elementen

eisen, wensen en randvoorwaarden zijn hetzelfde als bij een conventioneel ontwerp, aangevuld met de beperkingen die voortkomen uit de afmetingen van de beschikbare elementen. Bij een traditioneel ontwerp is het mogelijk de afmetingen van de elementen in het ontwerp stadium aan te passen zonder dat dit noemenswaardige invloed heeft op de kosten. Maar bij het ontwerp met hergebruikte elementen is dit niet mogelijk, aangezien de afmetingen van de elementen vooraf vast liggen. De beschikbare elementen en het programma van eisen en wensen leidden tot een definitief ontwerp voor dertig appartementen (5432 m<sup>2</sup>) in drie blokken van tien woningen (fig. 5). Het percentage hergebruik op elementniveau was 73%, en gemeten naar de massa van de constructie was het percentage hergebruik 65%. De herbruikbaarheid van de elementen bleek dus aanzienlijk, al is er nog steeds ruimte voor verbetering. Zo waren de gevelbalken niet herbruikbaar. Zij zijn specifiek ontworpen voor toepassing in een kantoorgebouw, en hun potentiële toepasbaarheid is erg laag in vergelijking met de andere elementen.

### Constructieve beoordeling

Om de mogelijkheden tot hergebruik van de elementen te kunnen vaststellen, was een constructieve analyse van de elementen nodig (fig. 6). Dit is gedaan op basis van de bestaande tekeningen. Omdat de elementen worden gebruikt voor de bouw van nieuwe appartementen, zijn voor de berekeningen de Eurocodes gebruikt in plaats van de oorspronkelijke normen. De eigenschappen van de elementen die uit de tekeningen zijn gehaald, zijn behalve de vorm ook de betonsterkteklasse, dekking op de wapening, verankering lengte, hoofdwapening, dwarskrachtwapening en detaillering. Het was goed mogelijk de liggers, kolommen en wandelementen volledig te beoordelen. Dit gold niet voor de kanaalplaten aangezien de originele tekeningen hiervan ontbraken. Hergebruik was toch mogelijk omdat de oorspronkelijke kantoorfunctie een hogere veranderlijke belasting had dan de nieuwe woningfunctie. De resultaten van de beoordeling werden per element vastgelegd in de elementidentiteit (EID), tezamen met de overige eigenschappen van het element. Het idee was de elementen opnieuw te verbinden met bekende verbindingsmethoden voor prefab beton, zonder nieuwe constructiematerialen te hoeven gebruiken. Het resultaat van de constructieve beoordeling toonde aan dat de elementen in principe allemaal geschikt waren voor hergebruik aangezien de constructieve capaciteit van de elementen veel groter was dan benodigd.

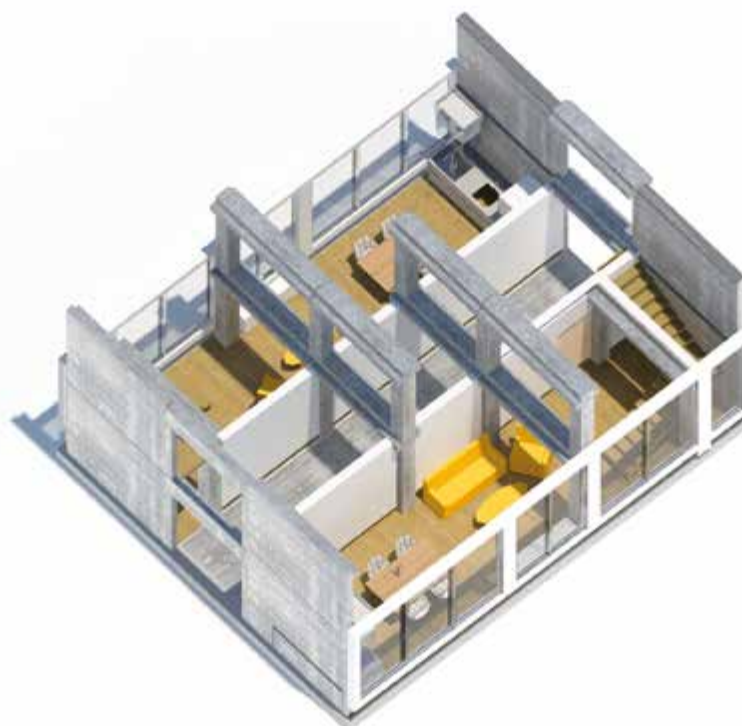
### Kostenanalyse

Een van de belangrijkste redenen waarom demontage en hergebruik van constructie-elementen nog geen veel voorkomende



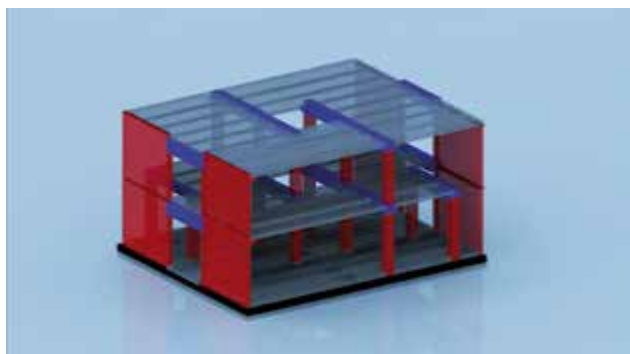
4

oplossing is, is onzekerheid over de kosten. Om dit aspect goed in beeld te brengen, is een vergelijking gemaakt tussen de kosten voor demontage en hergebruik enerzijds, en die voor sloop en het produceren van nieuwe elementen anderzijds. De kosten voor de hergebruikte elementen bestaan uit de kosten voor de demontage plus die voor aanpassing, transport, opslag en montage. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de bestaande kantoorgebouwen geen boekwaarde meer hebben waardoor geen geld nodig is voor de aankoop van de elementen. De vergelijking tussen demontage en sloop liet zien dat de

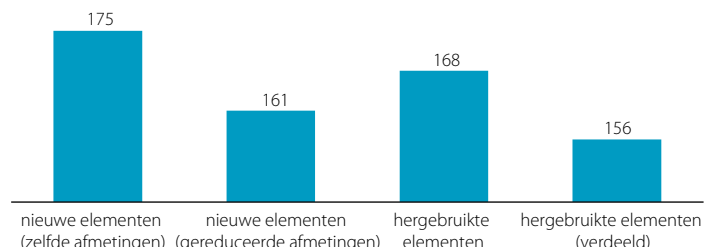


5

- 6 Constructief model van het nieuwe pand
- 7 De kosten voor demontage zijn ongeveer 3,5 keer zo groot als die voor sloop
- 8 De kosten (€/m<sup>2</sup>) voor de hergebruikte elementen zijn ongeveer 10% lager dan voor nieuwe elementen



6



8

kosten voor demontage ongeveer 3,5 keer zo groot zijn als die voor sloop (fig. 7). Aan de andere kant zijn de kosten voor de hergebruikte elementen ongeveer 10% lager dan die voor nieuwe elementen (fig. 8).

De resultaten laten zien dat, ook al is er een hogere initiële investering nodig voor de demontage, de totale kosten minder zijn dan bij toepassing van nieuwe elementen. Dit is een positief resultaat dat investeerders kan interesseren. Het kan nog beter worden als meer ervaring is opgedaan met demontage. Om een zo hoog mogelijke kostenreductie te krijgen, is een zo hoog mogelijk percentage hergebruik gewenst, met zo weinig mogelijk aanpassingen en op zodanige posities dat de benodigde constructieve capaciteit de oorspronkelijke eigenschappen zo dicht mogelijk benadert.

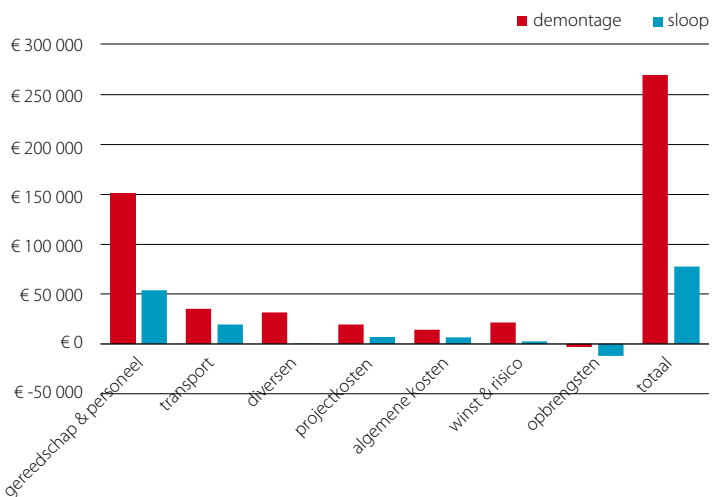
### Milieuanalyse

Het belangrijkste argument voor het hergebruik van bestaande constructie-elementen is de milieuwinst die hierbij kan worden

behaald. Met hergebruik wordt de uitstoot van CO<sub>2</sub> vermindert en de productie van afval en het gebruik van grondstoffen voorkomen. De methode die is gebruikt om de milieubelasting van een appartementengebouw gebouwd met hergebruikte elementen te vergelijken met die van een appartementengebouw met nieuwe elementen, is de Life Cycle Analysis (LCA). Voor de berekening van de milieubelasting van nieuwe elementen is de belangrijkste invoer de totaal benodigde hoeveelheid materiaal en de transportafstand. Voor de hergebruikte elementen is dit de energie die nodig is voor demontage en aanpassing en opnieuw de transportafstand. Transport is een variabele die grote invloed blijkt te hebben op de uitstoot bij hergebruik van elementen. Daarom is het aan te raden de elementen in de directe omgeving te hergebruiken. De vergelijking is gemaakt met de Global Warming Potential (CO<sub>2</sub>) en de Abiotic Depletion (Sb). Zoals te zien is in figuur 9 en 10 worden beide milieubelastingen gereduceerd door het hergebruik van elementen. Om alle milieubelastingen mee te nemen, zijn de schaduwkosten – gebruikt om de MilieuPrestatie Gebouw (MPG) te berekenen – van zowel nieuwe als hergebruikte elementen vergeleken. De schaduwkosten van bestaande elementen zijn 75% lager dan die van nieuwe elementen (fig. 11). Dit toont de grote milieuvordelen aan van het hergebruik van bestaande constructie-elementen.

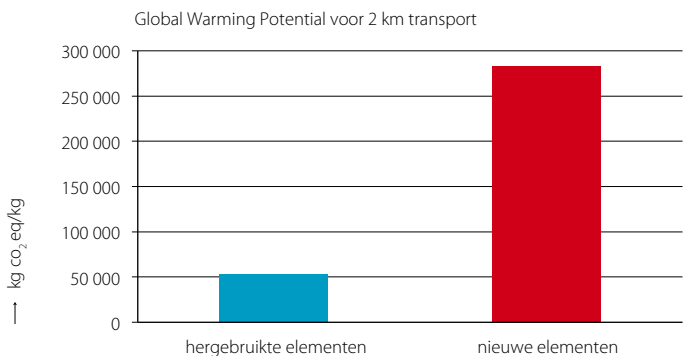
### Conclusies

De resultaten van de studie tonen aan dat het technisch haalbaar is bestaande constructie-elementen te hergebruiken met de bestaande methoden voor demontage en montage van prefab-betonelementen. Zolang de elementen zich nog in goede staat bevinden, kunnen ze worden hergebruikt voor de bouw van nieuwe woningen. Het grootste voordeel van het bouwen met hergebruikte elementen is de gereduceerde milieubelasting. Maar ook in financiële zin zijn er voordelen ten opzichte van sloop en nieuwbouw.



7

- 9 CO<sub>2</sub>-uitstoot nieuwe versus bestaande elementen volgens het Global Warming Potential
- 10 CO<sub>2</sub>-uitstoot nieuwe versus bestaande elementen volgens de Abiotic depletion
- 11 De schaduwkosten van bestaande elementen zijn 75% lager dan die van nieuwe elementen



9

Dit proces wordt echter enigszins ontmoedigd door de relatief hoge initiële kosten van de demontage en de boekwaarde van de leegstaande kantoorgebouwen. Desondanks tonen de resultaten aan dat demontage en hergebruik het verdienen als serieuze extra optie te worden meegenomen bij het aanpakken van de kantorenleegstand. Door betere samenwerking tussen de betrokken partijen en verdere kennisontwikkeling op dit gebied, zal het in de nabije toekomst mogelijk blijken daadwerkelijk projecten te realiseren met op grote schaal hergebruikte elementen.

### Aanbevelingen

Dit onderzoek richtte zich op de demontage van kantoorgebouwen en het hergebruik van elementen om woningen met een hoogte van twee verdiepingen te bouwen. De resultaten toonden aan dat vanuit constructief oogpunt het goed mogelijk is de elementen te hergebruiken door hun hoge constructieve capaciteit. Nader onderzoek wordt aanbevolen om na te gaan of met bestaande elementen ook hoger kan worden gebouwd en of er ook gebouwen met een andere functie mee kunnen worden ontworpen. Verder zou een pilotproject moeten worden opgestart om meer praktijkervaring op te doen met demontage en hergebruik, en mogelijke nog onontdekte (bijvoorbeeld organisatorische) problemen te verkennen. Gemeenten die baat hebben bij de aanpak van leegstand zouden hierin het voortouw kunnen nemen, eventueel geholpen met rijks- en Europese subsidies.

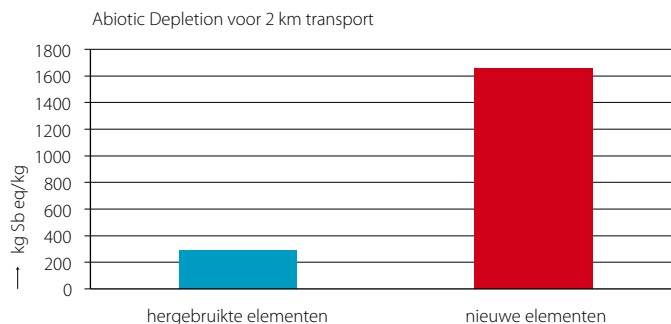
Naast het pilotproject zou nog eens goed moeten worden gekeken naar de beschikbare methoden voor demontage. Bij uitbreiding van de verschillende beschikbare technieken kunnen de kosten worden geminimaliseerd en kan schade aan de elementen zo veel mogelijk worden beperkt.

Om efficiënter gebruik te kunnen maken van het hergebruik van bestaande constructie-elementen is het ook aan te bevelen te kijken naar andere bouwtypen. Daarnaast moet een 'toolbox' worden ontwikkeld waarmee snel kan worden

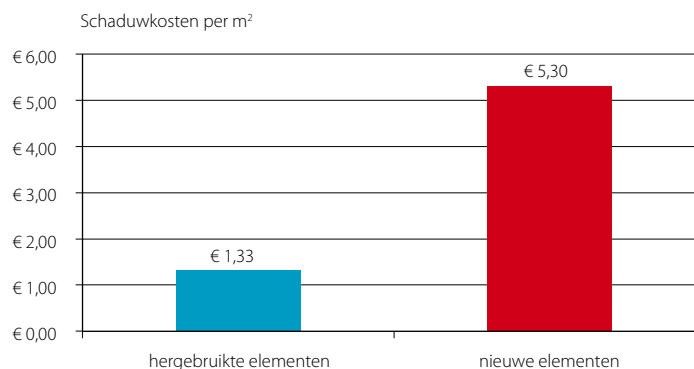
bepaald of een gebouw geschikt is voor demontage en wat de meest efficiënte manier is om de vrijkomende elementen te hergebruiken.

### LITERATUUR

- 1 Asam, C., Recycling Prefabricated Building Components for Future Generations. *IEMB*, 1, 2006.
- 2 Fujita, M., Iwata, M., Reuse system of building steel structures. *Structural and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, Vol. 4, No. 3, 2008, pp. 207-220.
- 3 Gorgolewski, M., Designing with reused building components: some challenges. *Building Research & Information*, Vol. 36, No. 2, 2008, pp. 175 – 188.
- 4 Naber, N., Reuse of Hollow Core Slabs from Office Buildings to Residential Buildings. Master Thesis, Technical University of Delft, 2012.
- 5 Strategiebesluit Amstel III van monofunctioneel werkgebied naad multifunctionele stadswijk. Projectbureau Zuidooitlob, Gemeente Amsterdam, 2011.
- 6 Remøy, H., Out of Office – A Study on the Cause of Office Vacancy and Transformation as a Means to Cope and Prevent. IOS Press, Amsterdam, 2010.



10



11