



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Dynamic material flow analysis to support sustainable built environment development

Hu, M.

### Citation

Hu, M. (2010, May 18). *Dynamic material flow analysis to support sustainable built environment development*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/15545>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/15545>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

## Samenvatting

In dit proefschrift wordt de ontwikkeling beschreven van een voorraad-gestuurd model voor dynamische materiaalstroomanalyse (*materials flow analysis*, MFA) dat kan worden gebruikt voor het analyseren van het langetermijn-metabolisme van de woningvoorraad in snel verstedelijkende opkomende regio's.

### Inleiding

Veel van de duurzaamheidsproblemen die ontstaan door de huidige ontwikkelingen in de gebouwde omgeving hebben te maken met de grootscheepse mobilisering van materialen, die twee soorten problemen met zich meebrengt. Aan de instroomzijde gaat het hierbij om uitputting van de voorraden hulpbronnen en emissieproblemen als gevolg van de productie van bouwmaterialen, terwijl het aan de uitstroomzijde gaat om problemen met het bouw- en sloopafval (BSA). Met name de opkomende economieën zien zich geconfronteerd met ernstige problemen, aangezien naar verwachting bijna de gehele toename van de wereldbevolking in de volgende 50 jaar zal moeten worden opgenomen door de verstedelijkte gebieden in deze landen. Ondertussen is de theorievorming over de duurzame ontwikkeling van de gebouwde omgeving nog in ontwikkeling. Hoewel de concepten en doelstellingen nog niet voldoende zijn gedefinieerd, is er een duidelijke behoefte aan een langetermijn systeemvisie ter ondersteuning van de ontwikkeling van een duurzame gebouwde omgeving. Een dergelijke visie kan alleen worden ontwikkeld op basis van inzicht in het langetermijn-metabolisme van de voorraden in de gebouwde omgeving, door toepassing van dynamische materiaalstroomanalyse. Bij eerder onderzoek naar woningvoorraden in ontwikkelde landen met behulp van dynamische materiaalstroomanalyse is reeds met succes gebruik gemaakt van een aanpak op basis van voorraaddynamiek, maar deze benadering is nog niet toegepast op opkomende landen, waar rekening moet worden gehouden met de gecombineerde effecten van zeer snelle economische ontwikkeling en urbanisatie.

## Onderzoeksopzet

De toegevoegde waarde van het hier beschreven onderzoek ten opzichte van de bestaande benaderingen is gelegen in het gebruiken van algemene sociaal-economische en specifieke urbanisatie-gerelateerde factoren in China. Het onderzoek omvatte drie opeenvolgende stadia, in de vorm van drie case studies (Case I ~ Case III in Hoofdstuk 2 ~ 4) betreffende woningvoorraden in China, die elk reeds als afzonderlijk artikel zijn gepubliceerd. Daarnaast wordt in Hoofdstuk 1 een algemene inleiding gegeven, terwijl in Hoofdstuk 5 de resultaten worden besproken, conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan voor het gebruik van dynamische MFA ter ondersteuning van de duurzame ontwikkeling van de gebouwde omgeving.

- In Case I (Hoofdstuk 2) zijn de langetermijn-gevolgen van de economische groei van Beijing op de vraag naar bouwmaterialen en de productie van sloopafval bestudeerd met behulp van een model voor voorraaddynamiek.
- In Case II (Hoofdstuk 3) zijn de langetermijn-gevolgen van de verstedelijking van China op de vraag naar woning-vloeroppervlakte in urbane en rurale gebieden onderzocht met behulp van een model voor vloeroppervlakedynamiek in deze twee systemen.
- In Case III (Hoofdstuk 4) is ingegaan op de langetermijn-dynamiek van het in China voor woningbouw gebruikte ijzer en staal, in het licht van de voortgaande verstedelijking, door het twee-systemen model voor vloeroppervlakte uit te breiden tot het niveau van de materialen.

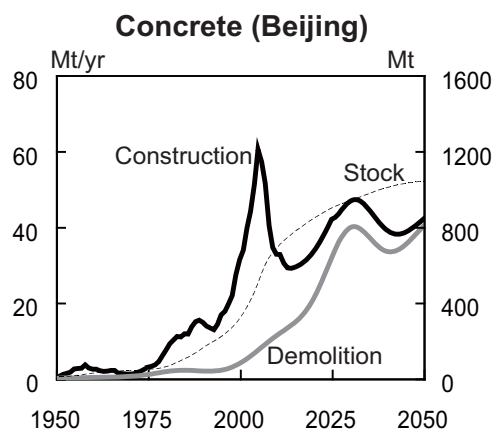
## Case studies

De ontwikkelde modellen zijn gebruikt ter beantwoording van vier onderzoeksvragen: ‘*Welke tendensen kunnen worden onderscheiden voor wat betreft de instroom?*’; ‘*Welke tendensen kunnen worden onderscheiden voor wat betreft de uitstroom?*’; ‘*Wat zijn de milieueffecten?*’ en ‘*Welke gevolgen hebben deze tendensen voor de industrie?*’, dit alles in relatie tot de toekomstige ontwikkelingen in de woningvoorraden in China.

### **Case I:** Dynamische materiaalstroomanalyse voor strategisch beheer van bouw- en sloopafval in Beijing

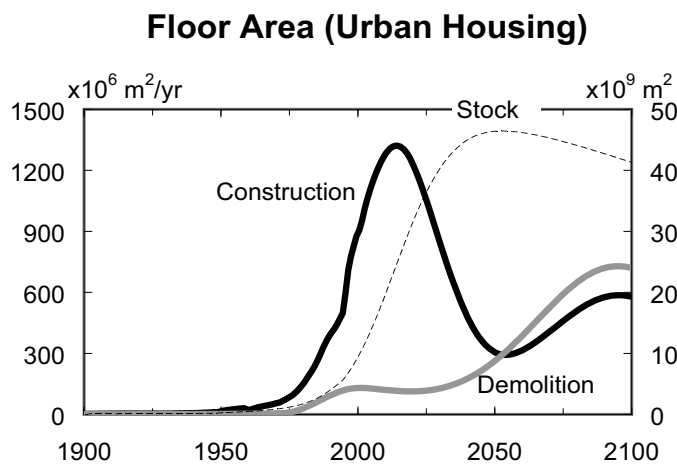
In dit onderzoek werd een dynamisch MFA-model op basis van het bruto binnenlands product (BBP) per hoofd van de bevolking ontwikkeld ter bestudering van de verspreiding van beton in het stedelijke woningbouwsysteem in Beijing. Uit vergelijkingen met andere landen werd een sterke correlatie afgeleid tussen de vloeroppervlakte per hoofd van de bevolking en het lokale BBP per hoofd van de bevolking. Op basis van de historische correlatie kan het model vervolgens het effect van een groei van

het BBP op toekomstige veranderingen in de woningvoorraad voorspellen. Bij dit onderzoek lag de nadruk op inzicht in de ‘tendensen voor wat betreft de uitstroom’, aangezien het onderzoek was gericht op het ondersteunen van het beheer van bouw- en sloopafval (BSA). De resultaten van het model geven aan dat de hoeveelheid beton die vrijkomt uit de sloop van woningen in Beijing de komende 50 jaar zeer sterk zal toenemen. Verder geven de resultaten aan dat de hoeveelheid BSA die in de nabije toekomst zal worden gegenereerd, sterk afhangt van de levensduur van de gebouwen; een sterke groei van de vloeroppervlakte per hoofd van de bevolking als gevolg van voortdurende stijging van het BBP zal leiden tot een groei van de hoeveelheid BSA, met name op langere termijn. De strategie voor de middellange termijn zou derhalve gericht moeten zijn op het verlengen van de bruikbare levensduur van de gebouwen. Dit kan worden bereikt door renovatie en het stellen van hoge kwaliteitseisen aan nieuwbouw. Alle scenarioberekeningen geven echter aan dat een stijging van de geproduceerde hoeveelheid BSA onvermijdelijk is. Daarom dient de langetermijn-strategie vooral gericht te zijn op recycling, teneinde de druk op stortplaatsen en de vraag naar grondstoffen in de toekomst te beperken.



(ontleend aan Figuur 2.10, Hoofdstuk 2)

## Case II: Dynamiek van woningvoorraden in urbane en rurale gebieden in China



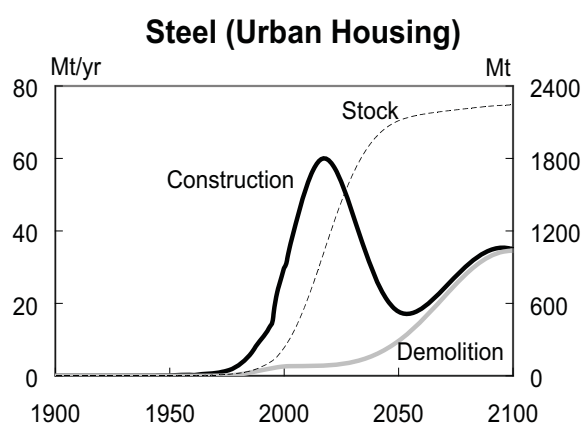
(ontleend aan Figuur 3.4, Hoofdstuk 3)

In dit onderzoek werd een dynamisch MFA-model voor twee systemen ontwikkeld, met inbegrip van de verstedelijking als drijvende kracht, ter bestudering van de vloeroppervlakte-dynamiek van de totale woningvoorraad in urbane zowel als rurale gebieden in China. Hierin wordt op basis van de mate van verstedelijking de Chinese bevolking onderverdeeld in rurale en

urbane bevolking, om de woningvoorraad in termen van vloeroppervlakte voor de twee systemen afzonderlijk te kunnen afleiden. Het onderzoek richtte zich vooral op het verkrijgen van inzicht in de 'tendensen voor wat betreft de instroom'. De met het model verkregen resultaten duiden op aanzienlijke schommelingen in de vraag naar nieuwe woningbouw in de stedelijke gebieden in de komende decennia. De onderzoeksresultaten vormen een waarschuwing dat er veranderingen te verwachten zijn in de vraag naar woningbouw in China. Ondanks de voortgaande verstedelijking zal het huidige hoge volume van de woningbouw in de Chinese stedelijke gebieden niet blijvend zijn. Het keerpunt in de groei is wellicht al bereikt of zal in de nabije toekomst worden bereikt. Uit onze gevoeligheidsanalyse blijkt dat de schommeling in de nieuwbouw vooral afhangt van de levensduur van de gebouwen. Alleen voor het scenario dat uitgaat van een zeer korte levensduur (minder dan 30 jaar) levert de simulatie een minimale schommeling op. Beter inzicht in de levensduur van gebouwen is dan ook van essentieel belang om te kunnen anticiperen op de toekomstige dynamiek in de woningvoorraad.

### **Case III:** IJzer en staal in Chinese woongebouwen: een dynamische analyse

In deze studie werd het dynamische twee-systemen MFA-model voor vloeroppervlakte dat was ontwikkeld voor het onderzoek naar de dynamiek van de Chinese woningvoorraad in urbane en rurale gebieden, uitgebreid ten behoeve van een analyse van veranderingen in de hoeveelheid ijzer en staal die worden gebruikt in de woningvoorraad in China. Daartoe werden de historische ontwikkelingen en de potentiële toekomstige ontwikkelingen in de staalintensiteit van de Chinese woningbouw bestudeerd. Bij dit onderzoek lag de nadruk op het verkrijgen van inzicht in de ‘milieueffecten’ en de ‘gevolgen voor de industrie’. De met het model verkregen resultaten geven aan dat de schommelingen die waren gevonden op het niveau van woningbouw ook optreden op het niveau van materialen, voor wat betreft de vraag naar ijzer en staal voor woningbouw. Hoe langer de levensduur van de gebouwen en hoe lager de totaal beschikbare vloeroppervlakte, des te heviger zullen de relatieve schommelingen zijn. In tegenstelling tot de meeste ramingen blijkt uit onze resultaten dat de vraag naar staal vanuit de woningbouwsector in China, die nu nog goed is voor 20% van de nationale staalconsumptie, de komende decennia significant zal afnemen. Dankzij het gebruik van dynamische MFA is het mogelijk ook de veroudering van de bestaande woningvoorraad, die in de meer trendgerichte voorspellingen buiten beschouwing wordt gelaten, mee te nemen in de analyse. Dit is van primair belang. De verwachte daling in de vraag naar staal biedt uiteraard voordelen voor wat betreft zowel milieueffecten als het beperken van het grondstoffenverbruik. Op lange termijn geldt dat een langere levensduur van de gebouwen leidt tot minder CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van bouwactiviteiten, en tot een lager verbruik van potentieel schaarse hulpbronnen. Als de Chinese staalproductie echter op het huidige niveau door zou gaan, zou de daling in de vraag naar staal voor de woningbouw leiden tot het ontstaan van een grote overcapaciteit in de Chinese staalindustrie. Gezien de omvang van deze industrie zou dit een substantiële invloed hebben op de desbetreffende wereldmarkt.



(ontleend aan Figuur 4.4, Hoofdstuk4)

## **Voornaamste conclusies**

5. Modellen voor voorraaddynamiek vormen een geschikt middel voor het onderzoeken van het langetermijn-metabolisme van de gebouwde omgeving; dit geldt ook voor snel groeiende economieën in landen met een sterke tendens tot verstedelijking.
6. De levensduur van gebouwen, die bepalend is voor de toekomstige ontwikkeling van de vraag naar woningbouw en -sloop, is de meest cruciale factor bij het voorspellen van de langetermijn-dynamiek van het metabolisme van de woningvoorraad.
7. De omvang van de sloopwerken in China zal in de loop van de 21ste eeuw onvermijdelijk toenemen. Voor wat betreft het terugdringen van de milieueffecten kan worden geconcludeerd dat het hergebruik van secundaire materialen uit bouw- en sloopafval des te crucialer zal zijn naarmate de levensduur van de gebouwen korter is.
8. In de loop van de komende decennia kan een daling van de vraag naar nieuwe woningbouw worden verwacht. Als de staalproductie op het huidige niveau wordt gehandhaafd, is te voorzien dat er een grote overcapaciteit zal ontstaan in de Chinese staalindustrie. Deze zal grote gevolgen hebben voor de wereldmarkt, in de vorm van een afname van de mondiale staalconsumptie met misschien wel 10%.

## **Aanbevelingen voor verder onderzoek**

De volgende aspecten van dynamische materiaalstroomanalyse ter ondersteuning van strategieën voor duurzaam bouwen vormen interessante onderwerpen voor verder onderzoek:

- inzicht in de factoren die de levensduur van gebouwen bepalen;
- het combineren van dynamische MFA-modellen met economische modellen;
- het analyseren van de dynamiek van andere subsystemen van de gebouwde omgeving (zoals niet voor bewoning bestemde gebouwen en stedelijke infrastructuur);
- het gebruik van dynamische MFA in combinatie met LCA;
- het vertalen van de uit dynamische MFA verkregen systeemkennis naar praktische kennis die kan worden benut door de bouwsector.