

---

Intreerede

Uitgesproken op 7 mei 2004  
aan de Technische Universiteit Eindhoven

# slimbouwen<sup>©</sup>

een herbezinning op  
bouwen, een strategie  
voor productontwikkeling

prof.dr.ir. J.J.N. Lichtenberg

# Inleiding

## **Mijnheer de rector Magnificus, dames en heren,**

In een inaugurele rede wordt doorgaans de richting aangegeven waarbinnen de leerstoel wordt ontwikkeld. Productontwikkeling wordt binnen de bouw het meest bedreven in de toeleverende industrie. In die zin zou de kern van deze rede gevormd kunnen worden door de aanpak van productontwikkeling op bedrijfsniveau, dus gezien vanuit de positie van bijvoorbeeld een deurenfabrikant, een fabrikant voor isolatiemateriaal, een producent van dakelementen, etc. In dat veld heb ik en is door derden veel onderzoek verricht en het is zeker een terrein dat binnen de leerstoel de aandacht krijgt. Ik kom er aan het eind van mijn rede ook nog op terug.

Ik wil u in deze rede echter primair confronteren met iets wat qua impact daar ver bovenuit steekt. Het betreft een visie op innovatie in de bouw of misschien juist wel het gebrek aan innovatie in de bouw. Ik zal u proberen deelgenoot te maken van een persoonlijke bewustwording, door bouwinnovatie in een historisch perspectief te plaatsen. Ik kondig nu al aan dat deze bewustwording voor deelnemers in het bouwproces confronterend zal zijn, maar ik zeg er bij voorbaat bij dat ik er louter opbouwende bedoelingen mee heb.

U mag van mij trouwens ook verwachten dat ik niet alleen problemen aandraag, maar dat ik ook met oplossingen kom. Voor vandaag beperkt zich dat tot oplossingsrichtingen waarop het onderzoek binnen mijn leerstoel zich zal concentreren. De visie is overigens ook al omgezet in tastbare resultaten die in de nabije toekomst zeker nog fors zullen worden uitgebreid

Om te beginnen wil ik u met een stelling confronteren.

De stelling is dat de hedendaagse bouw de veranderde marktvraag niet volgt.

Er zijn zeker de laatste twee eeuwen weliswaar interessante pogingen gedaan om weer eens helemaal op een oorspronkelijke wijze over het bouwen na te denken, maar deze pogingen ten spijt is de bulkmarkt ook vandaag nog steeds gebaseerd op zeer oude bouwtradities.



## Innovatiehistorie

Er is wel innovatie, maar dit betreft overwegend toevoegingen op componentniveau. Zelden worden de historisch bepaalde bouwprincipes ter discussie gesteld.

Om daar iets aan te kunnen doen is het van belang te begrijpen waarom de bouwwereld, enkele incidentele vernieuwingen daargelaten, zo traditioneel is. Als de markt om andere oplossingen vraagt die bij de veranderende tijdgeest passen, waarom houdt de bouw dan zo vast aan tradities? Ook daarop zal ik ingaan.

Aannemende dat u zich kunt vinden in mijn pleidooi is wellicht een nog belangrijkere vraag: hoe kan het beter? Vooropgesteld dat er meer wegen naar Rome leiden, kan ik u in ieder geval wel een oplossingsrichting aanreiken. Ik heb het over Slimbouwen®, de titel van deze inleidende rede.

Ik zal in deze rede eerst een korte historische schets geven die laat zien dat innovatie in de bouw pas laat en met een beperkte omvang op gang is gekomen. Ik zal ook een verklaring geven voor de ten opzichte van de vraag achterblijvende innovatie in de bouw. Vervolgens zal ik een aantal vaststellingen met u delen die duidelijk maken dat er inmiddels wel een dringende maatschappelijke innovatievraag is ontstaan. Als een oplossingsrichting zal ik daarbij het Slimbouwen® presenteren. Zoals ik zal toelichten bepaalt dit voor een groot gedeelte mijn onderzoeksdomein. Aan het slot zal ik ook nog ingaan op de daarop aansluitende onderzoeksambities die ik binnen de leerstoel heb.

De Romeinen hebben de stapelbouw, het bouwen met steen, op grote schaal toegepast. Bouwen met steen was al tientallen eeuwen daarvoor bekend, maar de technieken zijn door de Romeinen verder ontwikkeld en geëxploreerd. Het bekendst zijn de Romeinse hoogstandjes, zoals de voorzieningen voor waterdistributie, waaronder veel tunnels en aquaducten, de theaters, zoals het Colosseum, badhuizen en andere civiele werken. Het Pantheon hoort ook in dat rijtje thuis. De koepelconstructie met een doorsnede van 43 m, is uiteindelijk pas in de 20e eeuw in beton overtroffen en ook de Romeinse verwarmingstechniek (vloer- en wandverwarming) is alom bekend. Interessant is ook om kennis te nemen van het bouwen voor de 'gewone burger', waarover ons in historische geschriften (o.a. Tacitus en Vitruvius) en door archeologen inzicht wordt verschaft.

Aan het begin van de jaartelling had Rome ca. één miljoen inwoners, van wie de meesten tot de werkende klasse behoorden. De huisvesting van die inwoners vond hoofdzakelijk plaats in zogenaamde insulae, zeg maar woonblokken, die meestal in het vierkant rondom een binnenruimte werden geschakeld. Het waren in wezen flatgebouwen van drie tot vijf verdiepingen hoog, verticaal ontsloten met een trappenhuis en verdeeld in kamertjes. Elk kamertje was in feite een woning. Door muuropeningen viel hetzij van de binnenplaats, hetzij van de straatzijde, daglicht naar binnen.

Soms werd in de raamopeningen mica of zelfs al glas als transparante afdichting toegepast, maar meestal bleef het bij de opening, die dan wel met blinden kon worden gedicht. De Romeinen worden geroemd om hun sanitaire voorzieningen, inclusief (loden) leidingen. In de insulae was overigens geen stromend water. Men kon wel water halen op de binnenplaats of bij een naburige fontein. Ook voor het toilet moest men naar buiten, naar een openbaar toilet. Koken deed men beperkt en dan vaak op houtskoolvuur in de woning.

De insulae werden tot de derde verdieping opgetrokken uit steenachtige constructies en daarboven werd met hout verder gebouwd. De kwaliteit was beperkt en instortingen kwamen ook regelmatig voor. Zo was er in de eerste eeuw onder Augustus een verordening waarin de maximum

bouwhoogte op 21 meter (70 voet) was vastgesteld, maar omstreeks het jaar 100 werd deze onder Keizer Trajanus tot 18 meter (60 voet) teruggebracht.

Ook de brandveiligheid was een zwak punt. Bij een brand was het met de houten tussenvloeren en de houten bovenbouw in combinatie met de smalle straatjes, moeilijk om belendingen te beschermen. Het is al met al niet vreemd dat van de insulae alleen nog funderingen met hoogstens iets van de onderste verdiepingen is terug te vinden. Insulae zijn in elke Romeinse stad gebouwd, maar resten zijn vooral te vinden in Ostia, de havenstad bij Rome.

figuur 1

Reconstructie van  
een insula



Bijzonder in de Romeinse bouwtechniek is de ontwikkeling van het metselwerk. De Romeinen kenden reeds cementmortels, waarmee in de vroeg-Romeinse periode werd gemetseld, maar later werd om efficiency redenen overgestapt naar een soort gietbouw, waarbij gebakken stenen of tegels dan wel lavasteen dienst deden als verloren bekisting. Deze methode werd Opus Caementicium genoemd.

figuur 2

Opus Caementicium



Daken bestonden uit sporenkappen, afgewerkt met Tegulae, een onderpan met afdekelement. Een ook nu nog steeds toegepast afwateringsprincipe.

Opgemerkt moet worden, dat hetgeen we nu nog van de Romeinse bouwtechniek terugvinden de werkelijkheid vertekent. Ook in het Romeinse rijk werd veel met hout gebouwd, maar door de vergankelijkheid is daar veel minder van terug te vinden. Het bouwen met hout was (ook al vele eeuwen voor de Romeinen) gebaseerd op een houten skelet met een opvulling met planken of twijgen of stro met leem, leemblokken, etc. De houtskeletbouw was dus ook al ruimschoots bekend.

Met het verdrijven van de Romeinen uit West-Europa is ook de stapeltechniek weer op de achtergrond geraakt. In de vroege middeleeuwen is het bouwen met steenconstructies en zeker met cementmortels weer verloren gegaan. Tijdens het ontstaan van steden tijdens de late middeleeuwen, waar binnen ommuringen zo compact mogelijk werd gebouwd, veroorzaakten stadsbranden discussie over de gewenste bouwtechniek. Metselwerk, maar nu met kalkmortel, won weer terrein.

De bouw van verdedigingswerken, kastelen, kathedralen, stadshuizen, etc. laat zien, dat men ook in de middeleeuwen in staat was om spectaculaire projecten te realiseren. De torens werden hoger, maar in de kern werd er in de bouwtechniek niet echt veel toegevoegd. Natuurlijk zijn er steeds incidenten te melden, maar zeker gelet op de tijdspanne (we zijn bijna 15 eeuwen verder) moeten deze worden gezien als kleine-stap-innovaties. Zo'n incident is het fenomeen Leonardo da Vinci. Door hem en een aantal tijdgenoten is omstreeks 1500 wel degelijk een ander soort denken op gang gekomen, zoals bijvoorbeeld met betrekking tot werkwijzen (materieel) en nieuwe constructieprincipes. Hout en steen bleven als constructiemateriaal ook in die tijd domineren.

De industriële revolutie bracht in de 18<sup>e</sup> en 19<sup>e</sup> eeuw gietijzer respectievelijk staal als constructiemateriaal voort. Gietijzer bestond al, maar Abraham Darby had in 1709 in Coalbrookdale ontdekt dat je met Cokes in staat bent hogere temperaturen, grotere ovens en dus grotere gietstukken te realiseren. Zijn kleinzoon Abraham Darby III produceerde en bouwde in 1779 bij Coalbrookdale een ijzeren brug

over de rivier de Severn. De brug bestaat uit vijf spanten met een overspanning van ca. 33 meter. Elk spant bestaat uit bogen, die elk in twee gietstukken zijn opgedeeld. Het duurde wel bijna 20 jaar voor deze nieuwe technologie een breder draagvlak kreeg, maar met Ironbridge is wel degelijk een basis gelegd voor het industrieel bouwen en kreeg de skeletbouw een enorme boost.

figuur 3

Ironbridge



Een beroemd voorbeeld is natuurlijk Crystal Palace van Joseph Paxton, een tentoonstellingsgebouw gerealiseerd in 1851 in Hyde Park London en ontworpen op de noodzaak om het binnen een paar jaar weer te verplaatsen. Het is in 1853 in Sydenham herbouwd en helaas in 1936 door brand verwoest. Er zijn overigens veel voorbeelden van staal- en glasarchitectuur uit met name de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw. Denk maar aan de vele kasgebouwen in botanische tuinen, stationshallen en tentoonstellingsgebouwen. De afbeelding is van een dakspant in een industriegebouw uit 1859 te Maastricht.

figuur 4

IFD Detail uit 1859 van een dakconstructie van het Molengebouw op het Ceramique terrein te Maastricht



In de Verenigde Staten waar men onder andere vanwege ruimtegebrek de hoogte in ging en logistiek gezien slechts over krappe bouwplaatsen kon beschikken, werd staalskeletbouw de meest gangbare methode. De Eiffeltoren, binnen een jaar gerealiseerd, was in 1889 hét Europese staaltje van industriële hoogbouw geweest.

figuur 5

Vroege hoogbouw in de V.S.: Times Building 1904



In de 20<sup>e</sup> eeuw is de skeletbouw als industriële methode verder uitgebouwd. Houtskeletbouw heeft in Nederland weliswaar een minderheidsaandeel, maar is Europees gezien en in de rest van de wereld toch een zeer belangrijke bouwtechniek.

Als variant is in de 20<sup>e</sup> eeuw met merknamen als Dorlonco, Lustron, Polynorm, Maison Phenix en later Surebuild en Starframe ook de steelframe-bouw op basis van koudgevormde staalprofielen tot ontwikkeling gekomen. Naast hout en staal werd in de 20<sup>e</sup> eeuw ook beton een steeds belangrijker bouw materiaal. Het succes van beton is te danken aan de combinatie van een solide eindresultaat (steenachtig) vervaardigd met een industrieel gietproces.

Geïnspireerd door de lucht- en ruimtevaart en mede mogelijk gemaakt door nieuwe materialen (zoals kunststoffen en aluminium) en geautomatiseerde teken- en engineeringshulpmiddelen, hebben de laatste jaren de schaal- en membraantechnieken een duidelijke positie veroverd. De zogenaamde blobarchitectuur past ook in die

## Innovation by addition

ontwikkelingslijn. Het blijft vooralsnog echter bij een nichemarkt.

Alle genoemde ontwikkelingen zijn eigenlijk terug te voeren op specifieke omstandigheden die reden gaven om op een industriële wijze te produceren. Waren het bij de skyscrapers vooral het plaatsgebrek, de bouwsnelheid en de hoogte, die de industrialisatie afdwongen, bij de woningvoorbeelden draaide het vooral om massaproductie. De woningmarkt was immers in aantallen woningen dermate groot, dat een industriële aanpak uit economische overwegingen te verantwoorden was. Het genoemde Dorlonco heeft bijvoorbeeld in de 20-er jaren alleen al meer dan 10.000 woningen in de markt afgezet.

Terugkijkend op 2000 jaar bouwen kun je verbaasd staan over wat de Romeinen allemaal al konden. Het feit dat het verleden tot verbazing leidt, zegt echter ook iets over het heden. De gemakkelijkste weg is immers om heel erg trots te zijn op onze eigen prestaties, maar is dat wel terecht? Ik vermoed dat een archeoloog die in het jaar 2500 terugkijkt op de 20<sup>e</sup> eeuw zal vaststellen, dat er in de bouw op componentniveau heel veel innovatie heeft plaatsgevonden, dat het comfort- en kwaliteitsniveau enorm zijn toegenomen, dat er veel aandacht is geweest voor geluidsisolatie, voor brandveiligheid, dat het energieverbruik is afgenomen, dat de communicatietechniek en domotica hun intrede hebben gedaan etc., maar dat dit alles niet heeft geleid tot een wezenlijk andere manier van bouwen. Wij hebben de bouwtechniek gehandhaafd en hebben alleen maar toegevoegd. Innovation by addition derhalve. Ik zal dit met twee voorbeelden staven.

Het eerste voorbeeld heeft betrekking op isolatie van buitenwandconstructies. In Noordwest-Europa is de spouwconstructie begin 20<sup>e</sup> eeuw ontstaan, om vochtindringing van buiten te voorkomen. Toen na de energiecrisis in 1973 de behoefte ontstond om thermisch te gaan isoleren werd bij bestaande woningen de spouw gevuld met isolatiemateriaal. Opmerkelijk is dat dit ook in de nieuwbouw gebeurde. We ontwikkelden geen nieuwe buitenwandconstructie maar telden het isolatiemateriaal op bij hetgeen we hadden. In het grootste deel van de Duitse markt kent men de spouwconstructie niet en daar heeft men het isolatiemateriaal aan de buitenzijde geplaatst, afgewerkt met een pleisterlaag. In Frankrijk, waar men overwegend eveneens gewend is om massief te bouwen, heeft men juist voor isolatie aan de binnenzijde gekozen. In alle landen werd dus vertrokken van de bouwtraditie en werd de nieuwe eis (isoleren) vertaald naar een optelling bij het bestaande.

Het tweede voorbeeld heeft betrekking op installatietechniek. De 20<sup>e</sup> eeuw wordt namelijk gekenmerkt door een enorme toename van



installaties in gebouwen. Omstreeks 1900 bestond de installatietechniek uit een riolering, een waterleiding en een schoorsteen. Nu, 100 jaar later, is de installatietechniek verantwoordelijk voor een derde van de bouwkosten. Ook bij de installatietechniek is er geen sprake van integratie geweest. Voor de bron zijn installatieruimtes en voor verticaal transport zijn leidingkokers geïntroduceerd. Voor het horizontaal transport was er geen andere keuze dan om de leidingen onder vloeren te hangen en elektraleidingen en waterleidingen op wanden aan te brengen. In de tweede helft van de 20<sup>e</sup> eeuw werden leidingen in het zicht niet meer geaccepteerd. We verstopten ze inmiddels in vooraf gefreesde sleuven, die later worden dichtgesmeerd of we hangen ze nog steeds onder vloeren, maar onttrekken ze aan het oog met een verlaagd plafond. Ook dat zijn in feite addities. Een complicatie daarbij is het flankerend geluid via de plafondsponw naar buurruimtes, hetgeen ertoe heeft geleid dat wanden in feite door het plafond dienen door te lopen en moeten aansluiten op de vloer die zich daarboven bevindt. Echter, de verplaatsbaarheid van de wanden wordt daarmee gefrustreerd en dat heeft weer geleid tot de ontwikkeling van bandrasters. Deze conflicteren weer met de leidingen die daar doorheen moeten lopen en weer voor geluidslekken zorgen. Inspelend op die problematiek zijn vervolgens weer manchetten en zgn. plofpakketten ontwikkeld. In dit geval dus additie op additie.

Anno 2004 bestaat de bouwmethode, afhankelijk van de lokale bouwtraditie, nog steeds hoofdzakelijk uit stapelbouw of skeletbouw. In West-Europa voornamelijk stapelbouw. Bij beide methoden zijn ten gevolge van veranderde omstandigheden en eisen geleidelijk allerlei toevoegingen gerealiseerd. Vóór 1900 was met het realiseren van de ruwbouw de bouw vrijwel gereed. De afbouw bestond slechts uit het afwerken van vlakken. Tegenwoordig is met het voltooiën van de ruwbouw slechts 20% van het bouwproces gerealiseerd. Het zwaartepunt ligt nu juist op de afbouw. In die zin is het merkwaardig te noemen dat in het kader van de innovatie de bouwmethode zelf nooit ter discussie staat.

Om dat te ondersteunen maak ik een paar analogieën:

Bij software is het bijvoorbeeld heel gebruikelijk, dat deze op basis van nieuwe klantwensen regelmatig wordt aangepast. Na een aantal

aanpassingen ervaart men het product steeds meer als een gedrocht en wordt besloten om vanuit het nieuwe programma van eisen geheel opnieuw te beginnen.

Bij groeiende organisaties ontstaat een soortgelijk fenomeen. De afdelingsstructuur wordt in stand gehouden, maar er worden nieuwe functies aan bestaande structuren gekoppeld. Op den duur zitten mensen niet meer op een logische plek, zijn binnen allerlei afdelingen vergelijkbare functies geïntroduceerd, etc. De organisatie is een moloch en er vindt een reorganisatie plaats.

Ook bedrijfsgebouwen ondergaan een dergelijke ontwikkeling. Kort na oplevering functioneert alles precies zoals het hoort, maar met de groei vinden uitbreidingen en interne verbouwingen plaats die steeds tot een momentane oplossing leiden. Na een paar aanpassingen ervaart men het gebouw als een moloch en wordt tot nieuwbouw besloten.

# Complexe bouwketen

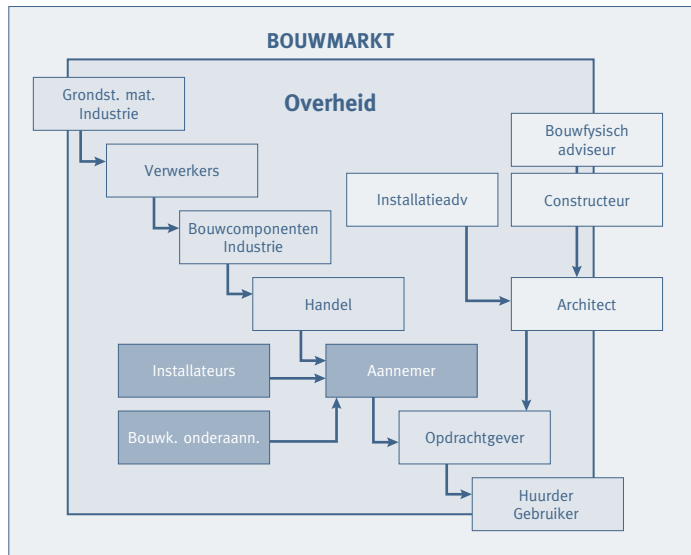


De vraag is nu of het, gelet op de vele veranderingen, niet hoog tijd is voor een integrale herbezinning en zo ja, waarom dat dan nog niet is gebeurd?

Op de vraag of een herbezinning in de lucht hangt, kom ik zodadelijk terug. Het feit dat het nog niet is gebeurd mag in ieder geval niet als tegenargument gelden. Het is namelijk heel goed verklaarbaar waarom innovatie in de bouw slechts moeizaam doorwerkt en vooral is gebaseerd op het principe 'innovation by addition'.

figuur 6

bouwketen



Zoals het bovenstaande schema laat zien is de bouwketen nogal complex. De afstanden vanaf de grote grondstofgebonden multinationals tot de eindconsument, bijvoorbeeld een huurder, zijn groot en in het bouwproces zijn veel bedrijven betrokken, die wel beslisser kunnen

zijn zonder zelf direct klant te zijn. Ik doel daarbij met name op de ontwerpende groep, rechtsboven in de figuur en op de overheid die op allerlei niveaus en via allerlei loketten een rol speelt. Bovendien bestaat de markt uit relatief kleinschalige bedrijven die alle slechts een deelbelang vertegenwoordigen.

Innovaties komen uit allerlei hoeken, maar steeds vanuit de eigen bedrijfssituatie en voor zover de risico's van inmenging en remmende invloed door derden niet te dominant worden. Men wil wel innoveren, maar het moet niet zo zijn dat externe factoren een te groot risico vormen. Bij voorwaartse integratie bijvoorbeeld wordt men al snel concurrent van partijen waarvan men op een ander front weer afhankelijk is. Zo zal een leverancier van plaatmateriaal aarzelen om een binnenwand te ontwikkelen, omdat andere afnemers van het plaatmateriaal al op die markt zitten. Men zou aldus de eigen klanten concurrentie aandoen. Innovaties zijn dientengevolge vaak eerder een additie op het bestaande dan een integratie.





## Is het traditionele bouwen nog wel houdbaar?

Ik heb in het voorgaande getracht duidelijk te maken dat de bouw nooit een structurele innovatie heeft doorgemaakt, maar dat er met name in de 20<sup>e</sup> eeuw in de vorm van installatietechniek veel innovation by addition heeft plaatsgevonden, waardoor gedurende de eeuw de bouw als geheel en met name de afbouw geleidelijk zeer complex is geworden. De participanten in het proces hebben dat leren aanvaarden, maar is het wel gezond en zou het niet anders moeten? Is het niet tijd voor een integrale herbezinning?

Mijn antwoord hierop is bevestigend en ik zal dat onderbouwen met een aantal eye-openers.

1. De bouw zorgt voor 35% van alle afval in Nederland. Nederland produceert jaarlijks ca. 65 miljoen ton afval. Met meer dan 22 miljoen ton bouw- en sloopafval drukt de bouw een fors stempel op ons afvalprobleem;
2. Voor de realisatie van 1 m<sup>2</sup> vloeroppervlak is in Nederland 1000 tot 1500 kg aan bouw materiaal nodig. Ter vergelijking: een caravan weegt ca. 80 kg per m<sup>2</sup>;
3. Met het kiezen voor bouw massa wordt een flinke wissel op de toekomst getrokken. Een betonnen vloer van ca. 500 kg per m<sup>2</sup> kost geplaatst in het werk ca. € 60,- per m<sup>2</sup>. Na sloop kost het storten (excl. slopen en transport) € 47,50 per m<sup>2</sup>;
4. 25% van alle goederentransport over de weg is bouwgerelateerd. Bouw materiaal wordt gedolven, naar een productieplaats getransporteerd en vervolgens als halffabrikaat weer verder vervoerd. Uiteindelijk belandt het op de bouwplaats. Het meeste materiaal wordt verwerkt, maar een fors deel verdwijnt weer als bouwafval. Als het gebouw is opgeleverd vormen onderhoud en renovatie een belangrijke transportgenererende factor en tot slot moet aan het eind van de levenscyclus het materiaal weer worden afgevoerd. Al met al een forse bijdrage aan de wegbezetting, de CO<sub>2</sub>-emissie en het

fileprobleem. Dematerialisering en meer flexibiliteit zouden een forse reductie op het transport geven;

5. 25% van een gebouwwolume is verpakking. Klanten huren bruto ruimte, waarvan een kwart wordt ingenomen door bouw materiaal en loze ruimtes. Binnen vooraf bepaalde rooilijnen zou dus meer nuttig oppervlak gerealiseerd kunnen worden, als het volume van de verpakking zou kunnen worden teruggebracht;
6. Woningprijzen zijn t.o.v. consumptiegoederen aanzienlijk gestegen. Sinds 1970 is een woning een factor vier tot vijf in prijs gestegen. Auto's, wasmachines en koelkasten zijn over die periode een factor twee duurder geworden;
7. Gebouwen worden gebouwd met een technische levensduur van 100 jaar of meer, maar ze worden vaak al binnen 35 jaar gesloopt. De markt blijkt steeds weer dynamischer dan de flexibiliteit toelaat;
8. Met 65.000 woningen per jaar is de bestaande voorraad (in Nederland 6.500.000 woningen) pas op z'n vroegst over 100 jaar vervangen. Een deel van de nieuwbouw is echter uitbreidingsnieuwbouw en met dat gegeven komen we op een vervangingsperiode van 150-200 jaar. We moeten de voorraad dus koesteren en bij nieuwbouw omzichtig omgaan met aanpasbaarheid en flexibiliteit. De hedendaagse bouwpraktijk (bijv. VINEX) houdt hier nog nauwelijks rekening mee;
9. Flexibiliteit geldt ook voor energetische en geluidsisolerende maatregelen. Achteraf aanbrengen is vaak niet economisch haalbaar, toch bouwen we de gebouwen met de normen van nu en niet met die van morgen. Er wordt flexibiliteit gevraagd die het toestaat dat ook toekomstige ontwikkelingen achteraf economisch verantwoord zijn te realiseren;
10. Het traditionele bouwproces vraagt veel bouwplaatspersoneel en vakmanschap, dat onvoldoende beschikbaar is. Het bouwvak staat laag op de sociale ladder en mede daardoor blijft de instroom laag. Dit beperkt de bouwcapaciteit, waardoor de bouw prijzen zullen stijgen. Alleen industriële processen kunnen op termijn concurreren;

11. In de bouw wordt gesproken over 5-15% faalkosten. Het is op zich al vreemd dat een preciezer getal niet genoemd kan worden en dat onderzoeken uitkomsten over deze bandbreedte opleveren, maar het niveau ligt in ieder geval ruimschoots hoger dan de gangbare industriële normen;
12. De rendementen in de bouw kunnen worden geschat op slechts 1 à 2 %. In innovatietheorieën wordt een structureel laag rendement gezien als een indicatie dat een dienst of product aan het eind van de levenscyclus zit.

De genoemde eye-openers kunnen worden beschouwd als symptomen die tezamen de noodzaak van een herbezinning op het bouwen ondersteunen.

De bouw en ik bedoel daarmee zowel de techniek, het proces als de organisatie, is als het ware na een optelling van veel stap voor stap innovaties, misvormd tot wat deze nu is, waarbij de deelnemers die er volop deel van uitmaken zo zeer deelgenoot zijn geworden van de traditie, dat zij deze als normaal zijn gaan ervaren.

Op zich is het dus confronterend om vast te moeten stellen dat de bouw tot een moloch is vergroeid, maar vanuit de helikopterview kan ik niet tot een andere vaststelling komen. De knuppel moet dus maar in het hoenderhok en dit is een gelegenheid bij uitstek om dat te doen. De genezing van veel ziektes begint trouwens bij de bewustwording. Er moet primair een bereidheid zijn om het probleem te erkennen. In beperkte kring is dat ook wel het geval. Het IFD programma zoals dat de afgelopen jaren in Nederland is uitgevoerd, was in feite een gevolg van dit bewustzijn. In die context is nu ook de discussie over oplossingen op gang gekomen. Maar het draagvlak moet worden verbreed.

Slimbouwen<sup>©</sup> is een strategie die reageert op de genoemde problematiek. Het is een open gedachtegoed en in ieder geval geen bouwsysteem. Wel kan Slimbouwen<sup>©</sup> leiden tot concrete producten die de realisatie mogelijk maken of binnen deze strategie tot optimalisaties zullen leiden. In die zin is Slimbouwen<sup>©</sup> ook een kapstok voor de industrie en andere betrokkenen om de anders zo gefragmenteerde ontwikkelingsinspanningen een onderlinge coherentie te geven. De basisgedachte is, om het bouwproces terug te brengen tot een volgorde van uitvoering van een beperkt aantal relatief grote deelprocessen. Laat ik dit toelichten.

Het traditionele proces wordt vaak verdeeld in slecht gedefinieerde deelprocessen, waarbij termen als ruwbouw en afbouw, drager en inbouw of casco en invulling worden gebruikt. De ruwbouw of het casco is doorgaans relatief snel gerealiseerd. De top van het gebouw wordt bereikt, de vlag wordt geplant en het pannenveld wordt genoten. Daarna volgt de afbouw, waarbij de gemiddelde voorbijganger zich afvraagt of er nog wel wat gebeurt. Hoe komt dat? Welnu, het afbouwproces is een proces, waarbij veel verschillende partijen en disciplines in hoge mate van elkaar afhankelijk zijn, waardoor de onderaannemers ook meerdere keren op het bouwterrein dienen te verschijnen. De planning vereist dan dat hiertoe buffertijden worden ingepland, maar dan nog werken vertragingen vaak een kettingreactie in de hand. Onderaannemers worden gebeld om hun bijdrage uit te stellen, maar die kunnen op hun beurt daardoor ook in planningsproblemen komen in relatie tot andere werken. Voorts is er in de bouw weliswaar een onderlinge afhankelijkheid van disciplines, maar de cultuur is dat men weinig onderling respect toont.

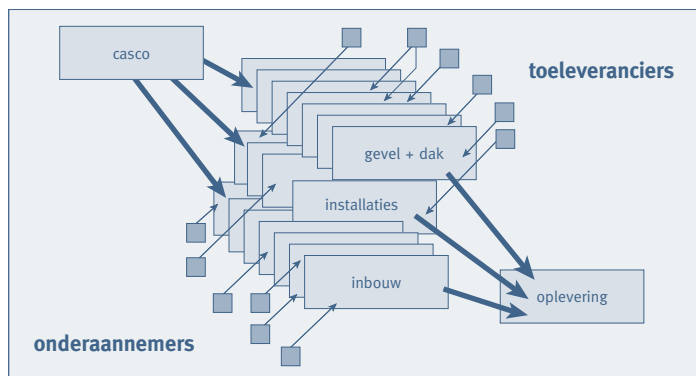
De verwarmingsmonteur die de net geschilderde trap oploopt, de installateur die met leidingen, vaak in afwijking van het bestek, de kortste weg tussen twee punten kiest, daarmee problemen voor derden veroorzakend, etc.

De laatste twee weken is het op zo'n bouw dan opvallend druk. Iedereen moet zijn deel nog afmaken en dat leidt natuurlijk tot botsingen.

figuur 7

Ik noem dat een parallel proces, waarbij de onderlinge afhankelijkheid groot is. Dit proces is geschematiseerd in onderstaande figuur.

parallel bouwproces



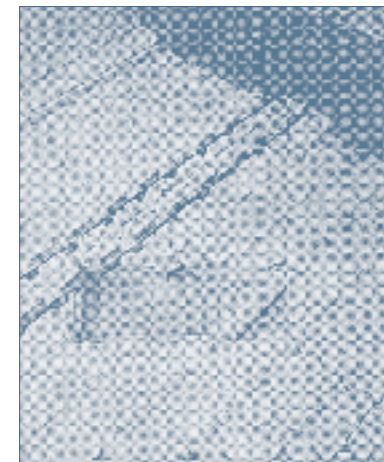
Het streven is nu echter om een sequentieel proces te creëren. Pas dan is het namelijk mogelijk om het gebouw op te delen in grotere brokken of bouwdelen en die als totaal uit te besteden aan enkele belangrijke toeleveranciers, die daarmee niet alleen de toelevering maar ook de montage en de kwaliteitsverantwoording kunnen overnemen. Om dat te bereiken is het belangrijk dat het opdelen zodanig gebeurt, dat de onderlinge afhankelijkheid tot een minimum wordt beperkt. Om dit te kunnen bereiken is het met name noodzakelijk organisatorische oplossingen te vinden voor de installatietechniek. Ter vergelijking: in de auto-industrie kan de elektrische bedrading in één arbeidsgang worden aangebracht, omdat daarmee in het auto-ontwerp en in de detaillering integraal rekening is gehouden. Mede daardoor is het onderdeel elektrische bedrading ook als een deellevering te definiëren en is deze ontwikkeld als een kabelboom. Door ook in de bouw de verwevenheid van leidingstechniek met de bouwkundige delen op een organisatorisch niveau te ontrafelen en los te koppelen wordt een vergelijkbare situatie gecreëerd.

Dat kan op allerlei manieren gestalte krijgen en dat is in het verleden ook op allerlei manieren gebeurd, zoals al in 1914 door Le Corbusier met zijn Dom-ino concept. Die gedachte was overigens toen nog niet zo op

installatietechniek gebaseerd. Prof. John Habraken heeft met zijn boek "De dragers en de Mensen. Het einde van de massawoningbouw" in 1961 en de periode daarna veel teweeggebracht. Met de oprichting van de faculteit Bouwkunde aan de TU/e (destijds nog TH) en de S.A.R. is hij inmiddels een levende legende geworden. De modulaire coördinatie, die door de S.A.R. werd gepropageerd, is inmiddels door de technologie en de principes van flexibele productie ingehaald, maar de ideeën over scheiding van drager en inbouw (oftewel vast en variabel) zijn nog steeds valide. Aansluitend is tot ver in de 90-er jaren een stichting Open Bouwen op een gelijksoortig terrein actief geweest met prof. Age van Randen als boegbeeld. Habraken en Van Randen hadden natuurlijk als geen ander al door, dat de sleutel voor het ontkoppelen van drager en inbouw in de leidingproblematiek lag opgesloten. Zij hebben in de 80-er jaren de krachten gebundeld en samen het roemruchte product Matura ontwikkeld.

figuur 8

Matura



In de tachtiger jaren is ook aan deze universiteit ervaring opgedaan met scheiding van leidingen, zoals in het ISB-project, een project gedragen door prof. Harry Rutten, ir. Jan Bats en ir. Jan Janssen, allen van deze faculteit, waarbij ik zelf als extern projectmanager overigens nog zeer actief betrokken ben geweest.

Innovatief systeem van bouwen

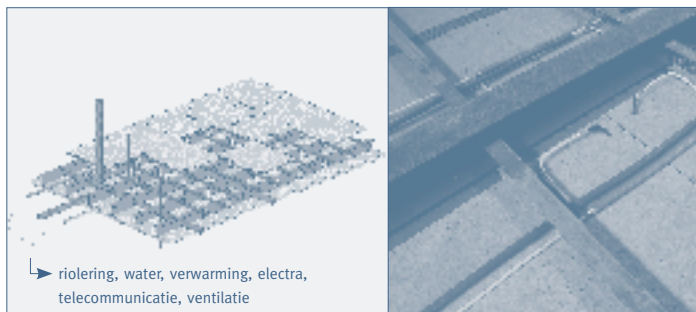


figuur 9

Voorts zijn ook projecten als STEW van prof. Jan Westra, IFD-today van prof. Jan Kerstens, prof. Nico Hendriks en prof. Paul Rutten, allen van deze faculteit, alsmede het project de Kameleon onderzoeksprojecten van deze faculteit. U treft ze alle aan op het DUBO park op het TU-terrein. Ook in Delft is prof. Mick Eekhout onder de naam Maison d'Artiste met een groep actief om tot industrialisatie te komen. Zelf ben ik als productontwikkelaar samen met collega's bij A+ aan de slag gegaan met het vloerproduct INFRA+, waarbij wordt uitgegaan van horizontale verdeling en ontsluiting van leidingen in de constructieve vloerzone. Dit product heeft inmiddels veel toepassing gevonden en heeft bij veel producenten navolging gekregen, hetgeen ik bij deze uitleg als een vorm van erkenning.

figuur 10

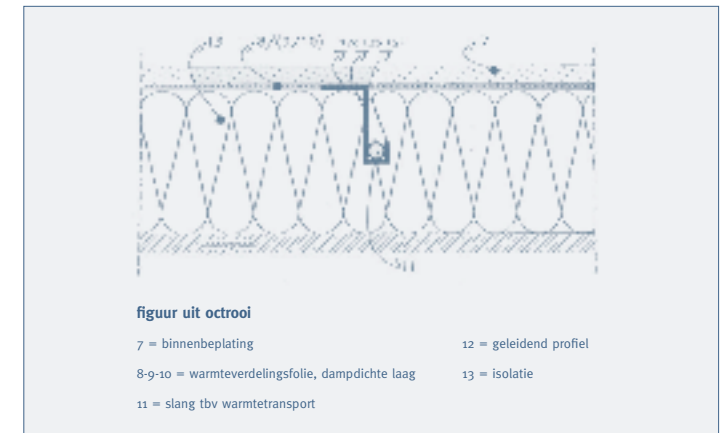
Infra+



figuur 11

Comfort+

Ook nu nog wordt binnen het IFD-programma van de SEV en door een promovendus en studenten aan de faculteit Bouwkunde onderzoek gedaan naar oplossingen binnen hetzelfde c.q. aangrenzende gedachtegoed. Opmerkelijk is dat veel ontwikkelingen primair gericht zijn op de nieuwbouw, maar ook in de renovatie is behoefte aan industriële en flexibele oplossingen. Comfort+ is een concept gericht op de renovatiemarkt dat ook binnen mijn leerstoel onderwerp van onderzoek zal zijn. Ook hier gaat het in wezen om het scheiden van leidingen.



Met betrekking tot de renovatie is ook het net opgestarte initiatief REFLEX van TNO met een groep bedrijven uit zowel de vraag- als aanbodzijde een interessante ontwikkeling.

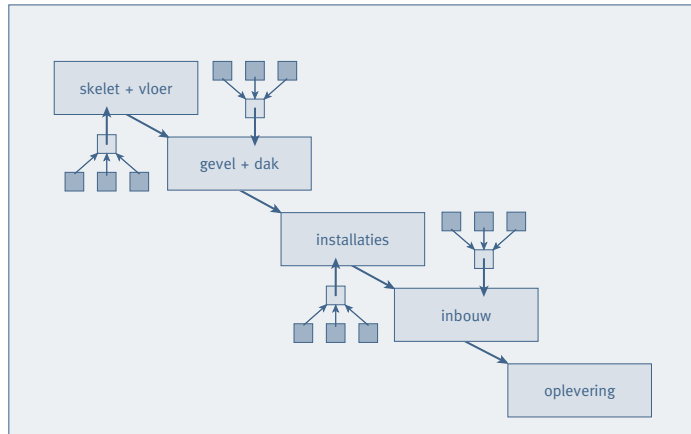
De essentie bij de meeste van deze ontwikkelingen is, dat door het scheiden van leidingen een sequentieel proces wordt gefaciliteerd, waarbij grotere procesdelen op een eenduidige wijze kunnen worden uitbesteed en volgordelijk worden uitgevoerd. Het bouwproces wordt beheersbaar en aanzienlijk korter en daardoor concurrerend, er kan aanzienlijk lichter worden geconstrueerd bij een aanzienlijk hoger en voorspelbaar kwaliteitsniveau en de gebruiker of eigenaar beschikt over een flexibele oplossing waarin veranderingen

## Het onderzoek

haalbaar worden gemaakt. Zo wordt het voor iedereen aantrekkelijk gemaakt, een belangrijke randvoorwaarde voor haalbaarheid.

figuur 12

sequentieel  
bouwproces



Het onderzoek zal zich de komende jaren richten op de consequenties en mogelijkheden van Slimbouwen<sup>®</sup> voor zowel de nieuwbouwmarkt als de renovatiemarkt (Comfort+). Daarbij zal het onderzoek vooral gericht zijn op integraal niveau om de knopen te definiëren en op bouwdeelniveau om de optimalisatiekansen te onderzoeken. Voorbeelden van deelonderwerpen binnen deze kaders zijn: flexibele installatietechniek, flexibele topvloervarianten, trillingsgedrag van lichte vloeren, regelbare bouwdeelactivering, verplaatsbare constructiedelen, maar ook aanpasbare woningconcepten, de inpassing van energie, de aansluiting bij blobarchitectuur, etc.

Ik heb deze rede vooral gewijd aan het Slimbouwen<sup>®</sup>, dat zoals ik al heb toegelicht geen systeem is, maar een visie of strategie. Slimbouwen<sup>®</sup> gaat dus niet alleen over technologie. En dat is terecht want productontwikkeling dient ook in een bredere context te worden geplaatst. Cobbenhagen geeft aan dat innovatief succes van ondernemingen samenhangt met een drietal kerncompetenties. Te weten technologische, marketing en organisatorische competenties.

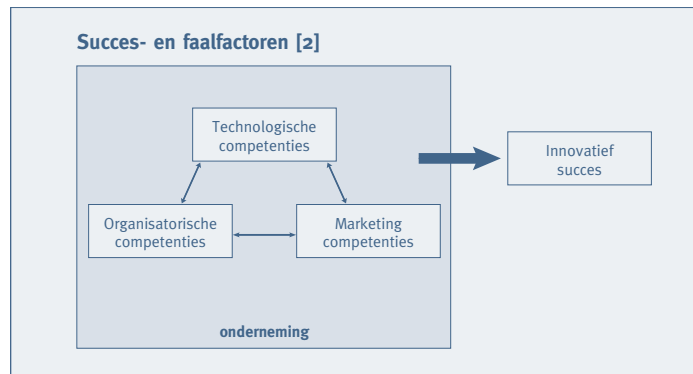
De technologische aspecten zullen in de TU/e omgeving wel het zwaartepunt krijgen. Deze zijn met de toelichting op Slimbouwen<sup>®</sup> en Comfort+ ook al voldoende richting gegeven. Echter, ook de organisatorische aspecten zijn van groot belang. Daarbij vormen het productontwikkelingsproces en het zoeken naar succes- en faalfactoren bij ontwikkelingsprojecten input voor onderzoek. Een gestructureerde aanpak blijkt immers van grote invloed te zijn op de succeskansen bij ontwikkelingstrajecten. Ook bouwmarketing, dat in feite nog een vrijwel onontgonnen terrein is, zal mijn aandacht hebben. Bij het begrip marketing wordt heel snel een verkeerd beeld opgeroepen. Het gaat hier niet zozeer om verkoop, maar veel meer om alle activiteiten die zijn gericht op het doorgronden van en vervolgens inspelen op marktbehoeftes. Dat kan alleen door problemen te ontrafelen en te begrijpen en dat grenst in de bouw toch al

# Dankwoord

heel snel aan de techniek. Techniek en marketing kunnen juist binnen een technische universiteit tot integratie komen [Van der Hart]. In die zin past bijvoorbeeld een initiatief als boosting, dat is ontstaan vanuit een behoefte bij architecten om rechtstreeks in contact te komen met de industrie, ook in mijn marketing denkraam.

figuur 13

Innovatief succes  
(naar Cobbenhagen  
e.a.)



Aan het einde van deze rede wil ik graag enkele instanties en mensen bedanken.

Om te beginnen dank ik de TU/e, het faculteitsbestuur en de benoemingscommissie bestaande uit prof.ir. Jan Westra, prof.ir. Jouke Post, prof.dr.ir. Mick Eekhout en prof.dr. Matthias Rauterberg voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik ben dankbaar dat ik de kans krijg een betekenisvolle rol te spelen bij het op de kaart zetten van het vakgebied productontwikkeling binnen de bouw. Dankbaar ook dat ik vanuit die positie mogelijk een bijdrage kan leveren aan de zo noodzakelijke veranderingsprocessen.

Ik dank mijn collega's binnen de faculteit en alle vloergenoten (Vertigo vloer 7) die mij buitengewoon warm hebben ontvangen. Ik ben ook erg ingenomen met de goede band die ik inmiddels met veel studenten heb opgebouwd en ik ben aangenaam verrast door de actieve betrokkenheid van de studieverenigingen. In het bijzonder heb ik vanuit de capaciteitsgroep Bouwtechniek inmiddels SupPort goed leren kennen, waarmee ik recent een zinvolle, door hen georganiseerde reis naar de V.S. heb gemaakt.

Ik dank mijn ouders die mij aan het begin van mijn curriculum vitae volop hebben gestimuleerd om toch vooral te studeren. Zeker in die tijd was dat niet zo vanzelfsprekend. Ik weet dat jullie van deze dag genieten en ik ben dankbaar dat jullie dit in goede gezondheid mogen meemaken.

Mick Eekhout, hoogleraar Productontwikkeling aan de TU Delft, dank ik voor een beslissende invloed op mijn keuze om een wetenschappelijk pad te gaan bewandelen. Zonder jouw enthousiaste pleidooi zou ik waarschijnlijk nooit mijn promotieonderzoek uitgevoerd hebben. We hadden soms vliegende afspraken, d.w.z. we peilden vanuit de auto waar we beiden zaten en kozen dan pas de plek van handeling uit. De afspraken waren niet talrijk maar wel lang en swingend. Wat mij betreft klikte de samenwerking prima en ik hoop deze ook in de





toekomst vanuit deze nieuwe positie voort te kunnen zetten.

Mijn gehele loopbaan met de promotie als hoogtepunt zou ik ook nooit hebben kunnen uitvoeren als mijn gezin niet vierkant achter mij gestaan zou hebben. Karin, Vincent en Sebastiaan, ik dank jullie voor het geduld dat jullie met mij hebben gehad als ik mij weer in mijn werkkamer terugtrok tussen de stapels papier en ook nu weer zijn jullie heel tolerant. Ook het hoogleraarschap blijkt immers meer te zijn dan een gewone baan.

In die zelfde context dank ik ook mijn compagnons bij A+ te weten Ger van der Zanden en Harry Koolen. Ook zij hebben mij gesteund in de keuzes die ik heb gemaakt.

Ik sluit af door u, hier allen aanwezig, te bedanken voor uw komst en uw belangstelling.

Ik heb gezegd.

Cobbenhagen Jan, Friso den Hertog en Hans Pennings (1995): “Koplopers in bedrijfsvernieuwing, Merrit Maastricht, Beleidsstudies Technologie Economie no 29 i.o.v. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Habraken, N.J. (1961): “De dragers en de mensen. Het einde van de massawoningbouw”, Amsterdam, Scheltema en Holkema NV.

Hart, Prof.dr. H.W.C. van der (2001): “Techniek en Marketing, van polarisatie naar integratie”, tekst afscheidscollege, TU/e, Eindhoven, 6 april 2001.

Leopold, prof.dr. H.M.R.(1968): “Uit de leerschool van de spade”, Hilversum, Nederlands Uitgeverscentrum.

Lichtenberg, J.J.N. (2002): “Ontwikkelen van Projectongebonden Bouwproducten”, ISBN 90-9015599-6, Proefschrift, 282 pagina's.

## Curriculum Vitae

Aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) is per 1 juli 2003 prof.dr.ir. J.J.N. Lichtenberg benoemd tot deeltijd hoogleraar Productontwikkeling aan de faculteit Bouwkunde. Op 7 mei 2004 houdt hij zijn intrede.

Jos Lichtenberg (1951) studeerde Bouwkunde aan de TU/e (1970–1976). Aansluitend was hij tot 1982 bij Rockwool Lapinus, daarna tot 1986 bij DSM-Research verantwoordelijk voor R&D voor de bouwmarkt en werkte hij aan vernieuwende bouwproducten, zoals dak- en gevelsystemen. Bij DSM was hij tevens verantwoordelijk voor de ontwikkeling van een brandstofcel. Hij is mede-oprichter van A+, bureau voor bouwproductontwikkeling BV, waar hij in 1986 is ingetreden. Tot zijn meest opvallende werkzaamheden voor A+ behoort de ontwikkeling van het Infra+ vloersysteem, ontstaan vanuit een visie op het hedendaagse bouwen.

Vanaf 1996 tot januari 2004 was hij bestuurslid van de stichting Boosting, waarvan de laatste 4½ jaar als voorzitter. In 2002 promoveerde hij bij prof.dr.ir. A.C.J.M. Eekhout (TU Delft) op het onderwerp 'Ontwikkelen van Projectongebonden Bouwproducten'. Binnen zijn leerstoel Productontwikkeling legt hij zich toe op bouwinnovatie en met name op het thema Slimbouwen®.





---

## **Colofon**

Productie:  
Communicatie Service Centrum TU/e

Fotografie cover:  
Rob Stork, Eindhoven

Ontwerp:  
Plaza ontwerpers, Eindhoven

Druk:  
Drukkerij Lecturis, Eindhoven

ISBN: 90-386-1273-7

Digitale versie:  
[www.tue.nl/bib/](http://www.tue.nl/bib/)