

Auteur

Elise Rebecca Bilardie
1328115

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Technische Universiteit Delft
Sectie Structural & Building Engineering

Afstudeercommissie

Prof.dr.ir. E.M. Haas

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Technische Universiteit Delft

Ir. R.H. Wiltjer

IMd Raadgevende Ingenieurs

Dr.ir. A. van Timmeren

Faculteit Bouwkunde
Technische Universiteit Delft

Ir. S. Pasterkamp

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Technische Universiteit Delft

Buildings, too, are children of Earth and Sun.

Frank Lloyd Wright

WOORD VOORAF

Dan ligt nu voor u het eindrapport van mijn MSc. thesis. Hieraan heb ik vanaf februari 2010 bij IMd Raadgevende Ingenieurs met zeer veel plezier gewerkt. De MSc. thesis is uitgevoerd in het kader van de Master Building Engineering, *Structural Design* aan de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft.

Aanvankelijk was mijn ambitie voor de MSc. thesis om mijn interesse in het ingenieursvak alsmede mijn voorliefde voor monumentale industriële gebouwen met elkaar te combineren. Hier is op aanraden van IMd Raadgevende Ingenieurs het thema Duurzaam Bouwen aan toegevoegd. Zo ontstond een actueel en interessant onderzoeksthema, 'Milieubewust herbestemmen – Nieuw leven voor monumentaal industrieel erfgoed'.

Na elf maanden is uiteindelijk het onderzoek afgerond en is het rapport gereedgekomen. Het rapport start met een aantal hoofdstukken waarin diverse thema's worden besproken die relevant zijn voor het onderzoeksthema. Vervolgens is er een scenariostudie uitgevoerd voor een drietal case studies. Het laatste hoofdstuk 'Conclusies en oplossingsrichtingen' is gebaseerd op de bevindingen uit de case studies, op de bevindingen uit de praktijk en de literatuurbevindingen die in de eerste hoofdstukken zijn beschreven.

Komende tot een besluit van dit woord vooraf wil ik graag de leden van mijn afstudeercommissie bedanken, waaronder Michiel Haas, Sander Pasterkamp en Arjan van Timmeren van de Technische Universiteit Delft en Remko Wiltjer van IMd Raadgevende Ingenieurs. Zij hebben mij gedurende het hele proces voorzien van opbouwende kritiek en aanbevelingen ten aanzien van het onderzoek. Ik heb dit alles als zeer positief ervaren! In het bijzonder wil ik Remko Wiltjer en mijn andere collega's van IMd Raadgevende Ingenieurs bedanken. Vanaf de eerste dag heeft de positieve werksfeer een zeer goede invloed op mij gehad waardoor ik met veel genoegen kan terugkijken op deze periode.

Uiteindelijk rest mij niets, maar dan ook niets meer, dan u veel leesplezier toe te wensen!

Elise Bilardie

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Technische Universiteit Delft

IMd Raadgevende Ingenieurs

EXTRACT

INTRODUCTIE

In deze MSc. thesis is de volhoudbaarheid van de Nederlandse bestaande bouwvoorraad besproken. Binnen deze bestaande bouwvoorraad vormen de monumentale industriële gebouwen een interessante categorie omdat zij een zekere authenticiteit en uitstraling bezitten. De omvorming van deze groep gebouwen naar alledaagse bouwfuncties is een steeds vaker voorkomend fenomeen. Door op een duurzame manier met deze gebouwen om te gaan kan veel winst worden behaald op diverse facetten zoals energiegebruik en materiaalgebruik. In deze MSc. thesis is vanuit een groot scala aan invalshoeken de volhoudbaarheid van monumentale industriële gebouwen benaderd, waarvan het constructieve materiaalgebruik een belangrijk deel uitmaakt. Hiertoe is gebruik gemaakt van reeds bestaande literatuur en onderzoeksrapporten en is een drietal case studies uit de projectportefeuille van IMd Raadgevende Ingenieurs geanalyseerd. Tevens is voor de case studies een nieuwbouw scenario onderzocht en is een verdiepingsdeel toegevoegd, zodoende een herbestemmingsvariant te optimaliseren. Het rapport besluit met diverse conclusies aangaande een duurzame wijze van herbestemmen en de te hanteren uitgangspunten. Deze uitgangspunten zijn algemeen gedefinieerd, voor een ieder die te maken heeft met herbestemmingen. Er ligt een focus op de constructieve aspecten van het herbestemmen. Hierdoor is het MSc thesis rapport relevant voor elke constructief ontwerper wiens interesse uitgaat naar het milieubewust herbestemmen.

DUURZAME ONTWIKKELINGEN

Het duurzaam bouwen is een relatief jonge wijze van bouwen die nog geheel in ontwikkeling is. Het credo 'duurzaam' is in de bouwbranche veel gebruikt, echter is de betekenis ervan niet evident. Duurzaam duidt op alles wat langdurig en onvergankelijk is en is afkomstig van het Engelse begrip 'durable' of 'volhoudbaar'. Het dient niet te worden verward met het begrip 'sustainable' dat duidt op de vervulling van onze wensen en behoeften zonder daarbij de wensen en behoeften van toekomstige generaties te schaden. In de Nederlandse taal kan de term duurzaamheid zowel onvergankelijkheid betekenen als volhoudbaarheid. Daarbij is het begrip tegenwoordig ook verweven met termen zoals 'energiezuinig', 'recyclebaar' en 'milieuvriendelijk'. Een term die tegelijkertijd met het duurzaam bouwen op kwam is de levenscyclusanalyse. De term behelst een methode om gedurende de totale levenscyclus van een product de milieubelasting te bepalen. De levenscyclus van een product begint bij de winning van de grondstoffen en eindigt via productie, transport en gebruik na de afvalverwerking.

Algemeen gesteld kunnen de effecten van een gebouw op het milieu worden uitgedrukt in schaduwpreizen, onderverdeeld in materiaalgebruik, energiegebruik en watergebruik. Voor de groep constructief ontwerpers zijn de milieueffecten veroorzaakt door materiaalgebruik de meest relevante. Deze zijn onderverdeeld in milieueffecten ten aanzien van emissies en uitputting. Deze gegevens worden bepaald door middel van een levenscyclusanalyse; van een bouwproduct worden de milieueffecten gedurende de gehele levenscyclus, van inning grondstoffen tot afvalverwerking berekend. Vervolgens is per milieueffect een schaduwprijs vastgesteld. Dit zijn de kosten die gemaakt moeten worden om de milieueffecten te compenseren; bijvoorbeeld de schaduwprijs voor de emissie CO₂ bedraagt € 0,05 per kg.

De materiaalgebonden milieubelasting wordt over de totale theoretische levensduur van een gebouw afgeschreven. Het herbestemmen van bestaande gebouwen welke de theoretische levensduur hebben



overschreden, is zeer gunstig ten aanzien van de materiaalgebonden milieubelasting indien er zo min mogelijk nieuwe bouwmaterialen worden toegevoegd en er zo min mogelijk wordt gesloopt.

HERGEBRUIK VAN BESTAANDE BOUWWERKEN

Hergebruik van bestaande bouwwerken is een zichtbare trend in Nederland en wordt ook wel omschreven als een herontwikkeling, transformatie of een herbestemming indien er bij dit hergebruik ook sprake is van een functiewijziging. Vele aspecten spelen een rol bij een mogelijke herbestemming; van stedenbouwkundige mogelijkheden tot specifieke gebouweigenschappen en de vraag vanuit de markt. Een actueel thema waarin herbestemming naar voren komt is het overschot aan kantoorgebouwen in Nederland. Herbestemming naar woningen lijkt een voor de hand liggende oplossing maar niet alle kantoorgebouwen zijn hiertoe geschikt. Daarbij hebben lange procedurele trajecten en gebrek aan ervaring een negatieve invloed op de welwillendheid van projectontwikkelaars om dergelijke projecten te initiëren. In tegenstelling tot voorgaande ontstaat er door herbestemming een uniek gebouw, indien ook nog monumentaal, met een rijke geschiedenis.

CONSTRUCTIEVE VEILIGHEID VAN BESTAANDE BOUWWERKEN

In maart 2009 is de NEN 8700 – *‘Grondslagen van de beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk – Gebouwen – Het minimum veiligheidsniveau’* gereed gekomen. Een belangrijke hoofdgedachte bij de vorming van deze norm voor bestaande gebouwen is dat economische aspecten bij de veiligheidsbeoordeling van bestaande bouw van grotere invloed zijn in tegenstelling tot nieuwbouw. Dit is van invloed op het vereiste veiligheidsniveau. Voor nieuwbouw en bestaande bouw zijn er voor het bepalen van het veiligheidsniveau diverse te onderscheiden uitgangspunten. Zo wordt er voor nieuwbouw uitgegaan van een ontwerplevensduur van 50 jaar. Indien het veiligheidsniveau enkel op basis van economische motieven berust, is deze ontwerplevensduur van belang omdat de te investeren kosten om het veiligheidsniveau te behalen over deze levensduur verdeeld kunnen worden. Het is echter rationeler om de kans op falen per jaar gelijk te houden, ongeacht de levensduur van de constructie. Voor bestaande bouw brengt het verhogen van het veiligheidsniveau relatief gezien meer kosten met zich mee dan voor een nieuwbouwproject. Daarbij wijkt de resterende levensduur af van die van een nieuwbouwproject, waarvan de ontwerplevensduur 15 of 50 jaar is. Dit laatste geldt overigens niet voor monumentale gebouwen. Hiervan is de ontwerplevensduur van de ingreep veel langer.

Het is dan ook niet economisch om alle bestaande gebouwen en civiele werken te laten voldoen aan het volgens de Eurocode gestelde veiligheidsniveau voor nieuwbouw. Er is daarom in de NEN 8700 een onderverdeling gemaakt. Er is een minimaal veiligheidsniveau voor nieuwbouw, voor bestaande bouw en een minimaal veiligheidsniveau wanneer reparatie is vereist (een gemeentelijke aanschrijving). Op basis van eerder omschreven motieven wordt er voor bestaande bouwwerken een lager veiligheidsniveau geaccepteerd, bepaald op basis van economische aspecten en op basis van menselijke veiligheid. Waarbij de menselijke veiligheid niet ten koste mag gaan van een economische optimalisatie. De belastingsfactoren die volgens het Bouwbesluit en de NEN 8700 gehanteerd mogen worden voor bestaande bouwwerken zijn op de volgende pagina weergegeven.



Belastings- combinatie	Permanente belasting		Veranderlijke belasting	Wind- belasting	Brand
	<i>Ongunstig</i>	<i>Gunstig</i>			
STR/GEO (6/10a)					
Gevolgklasse 1	1,10 (1,20)	0,9	1,00 ψ_0 (1,35)	1,10 ψ_0 (1,35)	-
Gevolgklasse 2	1,20 (1,35)	0,9	1,15 ψ_0 (1,50)	1,30 ψ_0 (1,50)	-
Gevolgklasse 3	1,30 (1,50)	0,9	1,30 ψ_0 (1,65)	1,50 ψ_0 (1,65)	-
STR/GEO (6/10b)					
Gevolgklasse 1	1,00 (1,10)	0,9	1,00* (1,35)	1,10* (1,35)	-
Gevolgklasse 2	1,10 (1,20)	0,9	1,15* (1,50)	1,30* (1,35)	-
Gevolgklasse 3	1,20 (1,30)	0,9	1,30* (1,65)	1,50* (1,35)	-
Brand (6.11)					
Alle gevolklassen	1,0	1,0	1,0		1,0
* Indien 'niet dominant' vermenigvuldigen met ψ_0					

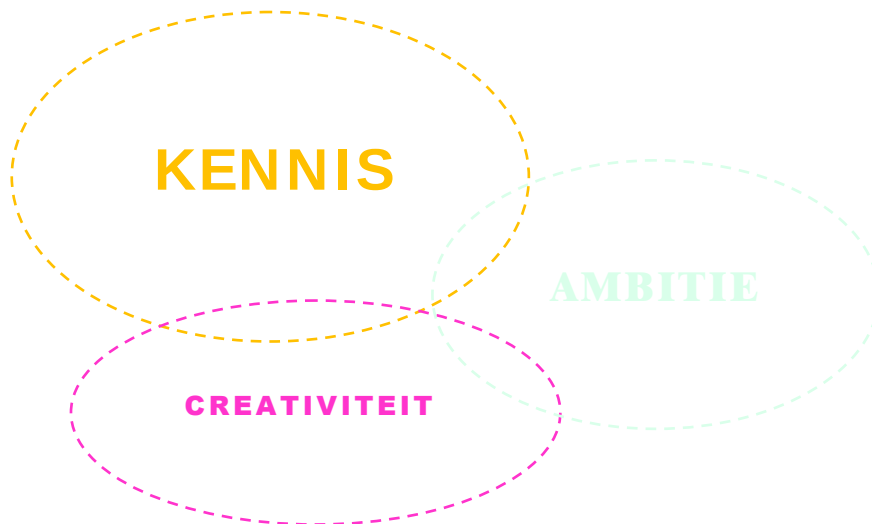
Tabel 1. Belastingsfactoren ULS bestaande bouw volgens NEN 8700 (als aanvulling op de NEN-EN 1990)

De waarden in rood tussen de haken duiden de belastingsfactoren voor nieuwbouw aan.



CONCLUSIES & OPLOSSINGSRICHTINGEN

Na het bestuderen van diverse literatuur, praktijkvoorbeelden en het uitwerken van de case studies bleek al vrij snel dat het niet eenvoudig is om een eenduidig antwoord te geven op de vooraf gestelde onderzoeksvragen. In tegenstelling tot nieuwbouw, waarbij in de afgelopen decennia veel ervaring is opgedaan en er steeds meer sprake is van een standaardisering en industrialisering, blijkt dat het herbestemmen op duurzame wijze een jonge ontwikkeling is. De conclusies zijn samen te vatten in drie hoofdthema's: kennis, ambitie en creativiteit.



KENNIS

Om op een efficiënte en milieubewuste wijze om te gaan met de bestaande bebouwing, is het zeker als het monumentale gebouwen betreft, voor zowel architecten als constructief ontwerpers relevant dat de waarde van het object door hen wordt erkend. Voor constructieve ontwerpers is een gedegen interpretatie van het gebouw, met betrekking tot de werking van de krachtsafdracht en de stabiliteit, belangrijk om constructieve aanpassingen te kunnen doen. Daarbij vormt, voornamelijk bij oude ijzer- en staalconstructies, de brandveiligheid een belangrijk aandachtspunt. In tegenstelling tot de vrij conservatieve aanpak, waarbij renovatie en herbestemming als nieuwbouw worden beschouwd en dus ook de bestaande constructie wordt getoetst aan de voor nieuwbouw geldende normen, kan de NEN 8700 worden gehanteerd. Wellicht zijn zodoende minder constructieve aanpassingen aan een bestaande constructie noodzakelijk. De toegepaste normen sinds 1949 (T.G.B. 1949) zijn conservatiever dan de huidige. Dit kan er toe leiden dat een draagconstructie enige overcapaciteit bezit. Een gedegen inschatting van de kwaliteit en de draagcapaciteit van een casco en een fundering leidt tot een efficiënte benutting van het bestaande.



AMBITIE

Om een herbestemmingsproject op een duurzame wijze te realiseren en ook daadwerkelijk te laten slagen, is naast vakinhoudelijke kennis, ambitie een relevante factor. Een belangrijke ambitie zou moeten zijn ‘het niet bouwen’ gaat voor ‘het bouwen’. Tevens zou het (constructief) ontwerp van bijvoorbeeld de invulling van een (monumentale) industriële hal met kantoren niet specifiek moeten zijn gericht op de gebruiksfunctie kantoren, maar flexibel moeten zijn zodat een functiewijziging in de toekomst eenvoudiger gerealiseerd kan worden. Laat als (constructief) ontwerper duidelijk het onderscheid tussen oude en nieuwe bouwdelen zien. Het ‘namaken’ van oude bouwdelen is zeer kostbaar en is tevens in strijd met de filosofie van het renoveren. Daarbij zijn de eisen ten aanzien van gebouwen met een hoge monumentale waarde zodanig dat aanpassingen veelal reversibel moeten zijn. Bij een functiewijziging kunnen de lichte constructiedelen worden verwijderd en worden hergebruikt of verplaatst; dit is een duurzame oplossing. Reversibiliteit bij renovatie is altijd gewenst maar in de praktijk vrijwel nooit volledig haalbaar.

Het milieubewuste herbestemmen is meer dan alleen een cijfermatige uitkomst van duurzaamheidinstrumenten zoals Greencalc⁺, BREEAM NL of GPR gebouw. Het dient als een denkwijze te worden verstaan waarbij het behouden van hetgeen er al is, een hoofdgedachte vormt. Beschouw elk herbestemmingsproject als een uniek project, trek lering uit eerder gedane ervaringen maar probeer voor elk project passende ontwerp oplossingen uit te werken.

CREATIVITEIT

In deze MSc. thesis zijn diverse projecten belicht waarbij op een creatieve wijze een nieuwe gebruiksfunctie in een bestaand bouwwerk is ingepast. Deze creativiteit komt tot uiting door constructieve oplossingen evenals klimatologische ontwerp oplossingen. Klimatologische ontwerp creativiteit komt bijvoorbeeld tot uiting door verwarmde en onverwarmde zones te creëren door de toepassing van zogenaamde doos-in-doos constructies of door het bijstellen van de comforteisen in publieke ruimten en verkeerszones. Het combineren van een bestaand gebouw met een nieuwbouw gedeelte is een mogelijke creatieve ontwerp oplossing als de gewenste gebruiksfunctie niet direct kan worden ingepast in het bestaande gebouw. Een voorbeeld van een herbestemmingsproject waarbij veel milieuwinst is behaald door klimatologische oplossingen is de Watertoren Bussum. Dit gebouw maakt na herbestemming veelvuldig gebruik van duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie en Betonkern-activering.

De constructieve creativiteit bij het herbestemmen komt tot uiting door efficiënt gebruik te maken van een bestaande draagconstructie en de overcapaciteit welke wellicht aanwezig is. Een voorbeeld hiervan is de benutting van de draagcapaciteit van een oude kraanbaan in een oude zuiveringshal van de Westergasfabriek. De aanwezige draagcapaciteit is volledig benut door er een theaterzaal aan op te hangen. De constructieve creativiteit komt niet alleen tot uitdrukking door complexe oplossingen maar juist door eenvoud, door zo min mogelijk wijzigingen aan te brengen in de bestaande krachtsafdracht.



DEFINITIES

Milieubewust

De term *milieubewust* kan worden verondersteld in de meest brede zin van het woord. Met de term 'milieu', wat letterlijk 'midden' betekent, wordt bedoeld de omgeving ofwel environment. De term milieubewust richt zich op de verantwoordelijkheid voor het milieu en zodanig (ontwerp)beslissingen te nemen dat het milieu zo min mogelijk schade wordt toegebracht. Het kan gezien worden als een denk- en werkwijze die kan worden gehanteerd gericht op het milieu. Vele aspecten kunnen hierbij aan de orde komen, van materiaalgebruik, energiegebruik, energiebesparing en hergebruik, etc.

Duurzaamheid

Iets kan als duurzaam worden verondersteld als het onvergankelijk is. Het dient niet te worden verward met het begrip 'volhoudbaar' ofwel *durable*. In Engelse taal is er duidelijk onderscheid tussen de begrippen *durable* en *sustainable*, in de Nederlandse taal is dit onderscheid echter niet evident. Als er in dit rapport wordt gesproken over duurzaamheid, kan dat duiden op de onvergankelijkheid, evenals de volhoudbaarheid. Waar mogelijk, is er door de auteur gekozen voor een meer specifieke aanduiding zoals energiezuinig of milieuvriendelijk. Zie ook hoofdstuk 2 'Duurzame ontwikkelingen'.

Aanraakbaarheid

Hiermee wordt bedoeld de mogelijkheid tot fysieke ingrepen aan een historisch gebouw. De term richt zich op monumenten die onderling in aanraakbaarheid verschillen. Een monument met een geringe aanraakbaarheid staat weinig aanpassingen toe vanwege bijvoorbeeld een hoge mate van zeldzaamheid. Daarentegen zijn er ook monumenten met een redelijke tot goede aanraakbaarheid, bij deze monumenten is het mogelijk om ingrepen te doen. In dit rapport wordt er ook gesproken over een Mo-coëfficiënt. Deze hangt sterk samen met de aanraakbaarheid van het gebouw. Geringe aanraakbaarheid betekent een hoge Mo-coëfficiënt en vice versa [Nusselder, et al., 2008].

Milieueffecten

De veranderingen in het milieu ten gevolge van een handeling. De milieueffecten die door een gebouw worden veroorzaakt kunnen worden onderverdeeld in een milieubelasting door materiaal, energie en water. Er wordt bij de bepaling van de milieueffecten gebruik gemaakt van een levenscyclusanalyse (LCA). Zie hiervoor hoofdstuk 2 'Duurzame ontwikkelingen'. Een milieueffect betreft alle invloeden aan het milieu gedurende de gehele levenscyclus van grondstofwinning tot aan het einde van de levensduur. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen onttrekking van grondstoffen, emissies, landgebruik en hinder.

Herbestemming

De invulling van een bestaand bouwwerk met een nieuwe gebruiksfunctie. Bijvoorbeeld het *herbestemmen* van een voormalig klooster tot appartementen. In dit rapport worden ook de begrippen *transformatie* en *herontwikkeling* gebruikt; in principe hebben deze begrippen dezelfde betekenis.



Schaduw prijzen en preventiekosten

De schaduw prijzen, ook wel omschreven als monetariserings- of milieukostengetallen, zijn een weerspiegeling van de preventiekosten die nodig zijn om het desbetreffende milieueffect te vereffenen. Door middel van de monetariserings- of milieukostengetallen vindt er een weging van diverse milieueffecten plaats waardoor er een totaal milieukostenplaatje ontstaat. De preventiekosten kunnen worden omschreven als de kosten die door het nemen van preventieve maatregelen gemaakt worden om zodoende een belasting aan het milieu te voorkomen.

Milieukosten

De milieukosten kunnen worden omschreven als de kosten die voor een project gemaakt worden om de door het project veroorzaakte belasting aan het milieu te reduceren. Deze kosten zijn in de prijzen van de producten verwerkt. De milieukosten zijn feitelijk in de bouwsom inbegrepen omdat de maatregelen al zijn getroffen.

Verborgene milieukosten

De verborgen milieukosten zijn de kosten die voor een project extra gemaakt dienen te worden zodoende werkelijk alle aan het milieu toegedane milieueffecten te compenseren. De verborgen milieukosten worden berekend op basis van de preventiekosten en maken uiteindelijk inzichtelijk in hoeverre een project daadwerkelijk als duurzaam kan worden verondersteld. Door voor elk product de verborgen milieukosten in kaart te brengen kunnen de producten onderling worden vergeleken op het aspect duurzaamheid.

Volhoudbaarheid

Eén van de definities waarmee de term 'duurzaam' kan worden omschreven is 'volhoudbaar'. Een product is volhoudbaar als het voor lange tijd in staat is zichzelf in stand te houden, daarbij gebruik makend van herwinbare bronnen.



INTRO VAN HET THEMA

MILIEUBEWUST HERBESTEMMEN

Het maatschappelijk besef dat een reductie van de CO₂-uitstoot en het energiegebruik noodzakelijk is groeit. Het ministerie van M&I (voormalig VROM) heeft zichzelf ambitieuze doelen gesteld, te noemen een vermindering van het energieverbruik en de CO₂-uitstoot in 2020 met 30 % ten opzichte van 1990 daarbij gebruik makend van duurzame energiebronnen. De door de overheid gestelde doelen kunnen worden behaald door in diverse sectoren maatregelen te nemen. Een deel hiervan kan behaald worden door een hervorming in de bouwsector door te voeren. Deze hervormingen in de bouwbranche hebben het afgelopen decennium geleid tot verscheidende ontwikkelingen die zich onder andere richten op de toepassing van recyclebare materialen, energiezuinige klimaatsystemen en maatregelen om het energieverlies van gebouwen te beperken. Naast deze ontwikkelingen op het gebied van nieuwbouw kan een groter resultaat worden behaald door ook in de bestaande bouwvoorraad te investeren. Hergebruik en duurzaam bouwen vormen dan ook belangrijke en veelgenoemde thema's in de huidige bouwsector. Het renoveren en herbestemmen van gebouwen is van alle tijden maar de aandacht ervoor is vooral het afgelopen decennium gestegen. Dit is het gevolg van een groeiend besef dat bestaande bebouwing zowel sociaal, economisch als cultureel relevant kan zijn. Vele herbestemmingen zijn denkbaar van school tot appartementen, van kerk tot kantoren of van kantoorgebouw tot woningen. Door duurzaamheid en hergebruik te combineren ontstaat een actueel thema, zowel voor gebruikers, architecten, ingenieurs als voor investeerders.

Vanuit IMd Raadgevende Ingenieurs is een vraagstuk voortgekomen met betrekking tot het renoveren van bestaande gebouwen en de vaak daarmee gepaard gaande functiewijziging. Het vraagstuk is gebaseerd op opgedane ervaringen door IMd Raadgevende Ingenieurs dat bij hergebruik van bestaande gebouwen lang niet altijd efficiënt en milieubewust te werk wordt gegaan. De hoofdgedachte achter het vraagstuk is dat *hergebruik van de bestaande bouwvoorraad bewuster kan door optimaal gebruik te maken van hetgeen al aanwezig is.*



ACHTERGROND

Vanuit gerealiseerde projecten kan worden geconcludeerd dat de bestaande draagconstructie van een bouwwerk lang niet altijd optimaal wordt benut. Dit is in strijd met het gegeven dat de technische eigenschappen van de draagconstructie van een bouwwerk van grote invloed zijn op de mogelijkheden tot herbestemming en transformatie. Door de bestaande draagconstructie optimaal te benutten kan de duurzaamheid van een renovatieproject worden vergroot. Het nauwkeurig onderzoeken van de draagconstructie kan een positieve uitwerking hebben op het resultaat. Bijvoorbeeld doordat de eerder toegepaste rekenmethoden veel conservatiever zijn dan de huidige. Een belangrijk aspect is dat gebouwen verschillende gebouweigenschappen bezitten, deze zijn onder andere afhankelijk van de tijd waarin het gebouw ontworpen is. De gebouweigenschappen die hieronder worden benoemd bepalen in grote mate de mogelijkheid tot een functiewijziging en de kosten die gepaard gaan bij het aanbrengen van wijzigingen.

- Conditie
- Materiaalgebruik
- Ruimte
- Geveleigenschappen
- Hoeveelheid en plaats stijpunten
- Gebouwtoegangen
- Omgeving
- Monumentenstatus

Renovatieprojecten die gepaard gaan met herbestemming zijn veelal multidisciplinair en zeer complex. De filosofie, werkwijze en technieken die hierbij gehanteerd worden zijn verschillend. Een analyse van eerder gerealiseerde projecten zal inzicht bieden in de verschillende werkwijzen. Zodoende kan een aanbeveling worden gedaan naar IMd Raadgevende Ingenieurs. IMd is sinds 2009 aangesloten bij de Dutch Green Building Council en is actief op het gebied van duurzaam bouwen en duurzaam construeren.



AANPAK MSC. THESIS

Deze MSc thesis bestaat uit een onderzoek waarin de duurzaamheid wordt beschouwd van projecten die gepaard gaan met herbestemming van monumentale bouwwerken. Door middel van een literatuurstudie is gerapporteerd welke zaken belangrijk zijn bij de uitwerking van een dergelijk project. Deze kennis is vervolgens gebruikt bij de uitwerking van het tweede deel van de MSc thesis, de scenariostudie van een aantal case studies. De scenariostudie bestaat uit de vergelijking van een nieuwbouw scenario met de herbestemmingsvariant. De vergelijking heeft plaatsgevonden op basis van hoeveelheden nieuw te bouwen constructieve bouwdelen.

Om de case studies onderling op basis van duurzaamheid met elkaar te kunnen vergelijken is een milieu-index bepaald met behulp van de rekenprogramma's Greencalc⁺ [Zie hoofdstuk 2 Duurzame Ontwikkelingen] en het DuMo-rekenmodel [Zie hoofdstuk 3 Monumenten]. Het DuMo-rekenmodel is gebruikt voor de invoering van de bestaande situatie en de herbestemmingsvariant. Het programma Greencalc⁺ is gebruikt voor de uitwerking van de nieuwbouwvarianten maar ook voor de nieuw te bouwen bouwdelen van de herbestemmingsvarianten. Omdat de aanpassingen met betrekking tot klimaat huishouding van een gebouw ook van invloed zijn op de duurzaamheid van een project en bepaling ervan al een onderzoek op zich is, is een bestaand klimaatconcept, afkomstig van een referentiegebouw uit 1990, aan het gebouw toegevoegd. De focus van het onderzoek gaat in plaats van klimaattechnische aanpassingen meer uit naar een zorgvuldige analyse van het materiaalgebruik, de te slopen onderdelen en monumentwaarden e.d.

CASE STUDIES

Er zijn diverse soorten gebouwen die zich goed lenen voor hergebruik. Om een goede vergelijking te kunnen maken richt de analyse zich op een vooraf bepaald gebouwtype: *industriële gebouwen* die gebouwd zijn tussen *eind 19e eeuw en 1950*. De reden die voor deze keuze wordt aangedragen is dat deze gebouwen vaak een culturele waarde bezitten omdat zij stammen uit de periode dat de industrialisatie in opkomst was maar dat zij door de tijd heen hun originele functie hebben verloren. Omdat deze gebouwen vaak hebben bijgedragen aan de economische en maatschappelijke ontwikkelingen is het niet gewenst om deze te slopen en te vervangen door nieuwbouw. De volgende projecten zijn voor de analyse geselecteerd. De projecten zijn afkomstig uit de projectportefeuille van IMd Raadgevende Ingenieurs en zij voldoen aan de bovengenoemde criteria. Al deze gebouwen zijn, of worden herbestemd tot een culturele functie.

- Voormalige energiecentrale *Energiehuis Dordrecht (cultuurhuis)*
- Voormalige gasfabriek *MC Theater Amsterdam (Cosmic), onderdeel Westergasfabriek (theater)*
- Voormalige fabriekshal *De Nobel Leiden (muziekcentrum)*

Een omschrijving van deze projecten is opgenomen in hoofdstuk 8 'Scenariostudie'. De focus ligt in dit onderzoek op monumentale gebouwen. Dit is in feite een lastige groep gebouwen omdat zij over een zekere 'onaanraakbaarheid' beschikken.



UITGANGSPUNTEN VOOR DE ANALYSE

Als er een functiewijziging plaatsvindt zijn er vele aspecten die een rol spelen bij het succes en het slagen van een dergelijk project. De diverse thema's kunnen als volgt worden omschreven volgens het boek *Transformaties van Kantoorgebouwen*¹:

- Technisch
- Functioneel
- Cultureel & emotioneel
- Financieel
- *Juridisch*
- *Organisatorisch*
- *Markttechnisch*

Bij de uitwerking van de case studies zijn de eerste vier genoemde aspecten in ogenschouw genomen. Uitgangspunt bij deze MSc thesis is dat de gewenste transformatie legitiem is en conform de vraag vanuit de markt en dat de financiële haalbaarheid is vastgesteld. De juridische aspecten bij een functiewijziging van een gebouw komen tot uiting in de wijziging van het bestemmingsplan. Deze blijkt in de praktijk geheel afhankelijk van de medewerking van de gemeente² en wordt bij deze Thesis buiten beschouwing gelaten.

PROBLEEMSTELLING

“De gehanteerde denk- en werkwijze bij renovatie- en herbestemmingsprojecten is niet altijd onderscheidbaar ten opzichte van nieuwbouwprojecten. Het bestaande gebouw staat niet centraal waardoor belangrijke uitgangspunten zoals de beschikbare ruimte en de constructieve mogelijkheden worden genegeerd. Een gevolg is dat enerzijds dergelijke projecten zeer complex worden, anderzijds komt de duurzaamheid niet volledig tot uiting.”

¹ Afkomstig uit: Voordt, D.J.M. van der (Red.), Geraedts, R., Remøy, H., Oudijk, C. (2007). *Transformatie van kantoorgebouwen*. Rotterdam: 010 Publishers.

² De juridische haalbaarheid van een project die gepaard gaat met herbestemming leidt in veel gevallen tot een zogenaamde artikel-19-procedure. Dit houdt in dat er een wijziging in het bestemmingsplan moet worden aangebracht. De gemeente heeft hierop een zeer grote invloed. [Van der Voort et al., 2007]



DOELSTELLINGEN

“Het analyseren van de huidige aanpak die wordt gehanteerd bij renovatieprojecten met een functiewijziging. Daarbij de toegepaste renovatietechnieken te beschrijven.

“Door de uitwerking van een aantal case studies een vergelijking maken op basis van duurzaamheid (milieu-index) en kosten. De vergelijking vindt plaats tussen de bestaande situatie, een nieuwbouw scenario en de uitgevoerde herbestemmingsvariant.”

Door bovengestelde doelstellingen te behalen kan vastgesteld worden waar de verbeterpunten zich bevinden op het gebied van duurzaamheid en behoud van de bestaande constructie en karakteristieke gebouweigenschappen. Deze verbeterpunten kunnen worden vertaald in een algemene aanpak, resulterend in een oplossing die de duurzaamheid van een bestaand bouwwerk vergroot door, onder andere, de bestaande constructie optimaal te benutten.

ONDERZOEKSVRAGEN

- Hoe komen beslissingen met betrekking tot het ontwerp tot stand; wie maakt die keuzes? Het gaat hierbij vooral om beslissingen die van invloed zijn op de draagconstructie.
- Welke filosofieën en denkwijzen voeren de boventoon bij herbestemmingen; wat zijn de consequenties hiervan op de duurzaamheid van een gebouw?
- Welke methoden en technieken dragen bij aan de verduurzaming van bestaande gebouwen?
- Is hergebruik van gebouwen ook interessant ten aanzien van de bouwkosten in vergelijking met nieuwbouw?
- Welke uitgangspunten zijn belangrijk als het gaat om herbestemming van bestaande gebouwen, in tegenstelling tot nieuwbouw?
- Wat is de invloed van de Nederlandse wetgeving op de herbestemming van bestaande gebouwen, in het bijzonder de monumentenwet?



TE ONDERZOEKEN VARIABLE

Duurzaamheid

Van de drie case studies is een duurzaamheidsanalyse op basis van diverse scenario's gemaakt. Deze analyse heeft plaatsgevonden door de scenario's herbestemming en nieuwbouw te vergelijken. Een herbestemmingsvariant en de bijbehorende milieu-index is met het DuMo-rekenmodel bepaald. Deze is vergeleken met het DuMo-profiel van de bestaande situatie. Van de nieuwbouwvarianten worden de hoeveelheden constructieve bouwdelen bepaald, deze worden vergeleken met de hoeveelheden constructieve bouwdelen van de herbestemmingsvariant.

DE VERDIEPING

Om de MSc thesis een extra dimensie te geven is er een ontwerpdeel aan het onderzoeksdeel toegevoegd. Hoe dit deel is opgebouwd en hoe het zich verhoudt tot het onderzoeksdeel is op de volgende pagina in het werkschema schematisch weergegeven. De volgende onderzoeksvragen maken deel uit van dit ontwerpdeel uit de verdieping en hebben betrekking op de case studie 'Het Energiehuis'.

- Welke aspecten van het project zijn niet duurzaam, dan wel, welke hebben negatieve milieueffecten?
- Welke oplossingen dragen bij aan een verbetering van deze aspecten ten aanzien van de milieueffecten?
- Wat zijn de voor- en nadelen ten aanzien van deze oplossingen? (milieueffecten, bouwkosten, esthetica, uitvoerbaarheid, monumentwaarden, etc.)
- Hoeveel dragen de oplossingen bij aan de milieueffecten van het project in tegenstelling tot het ontwerp van de architect?

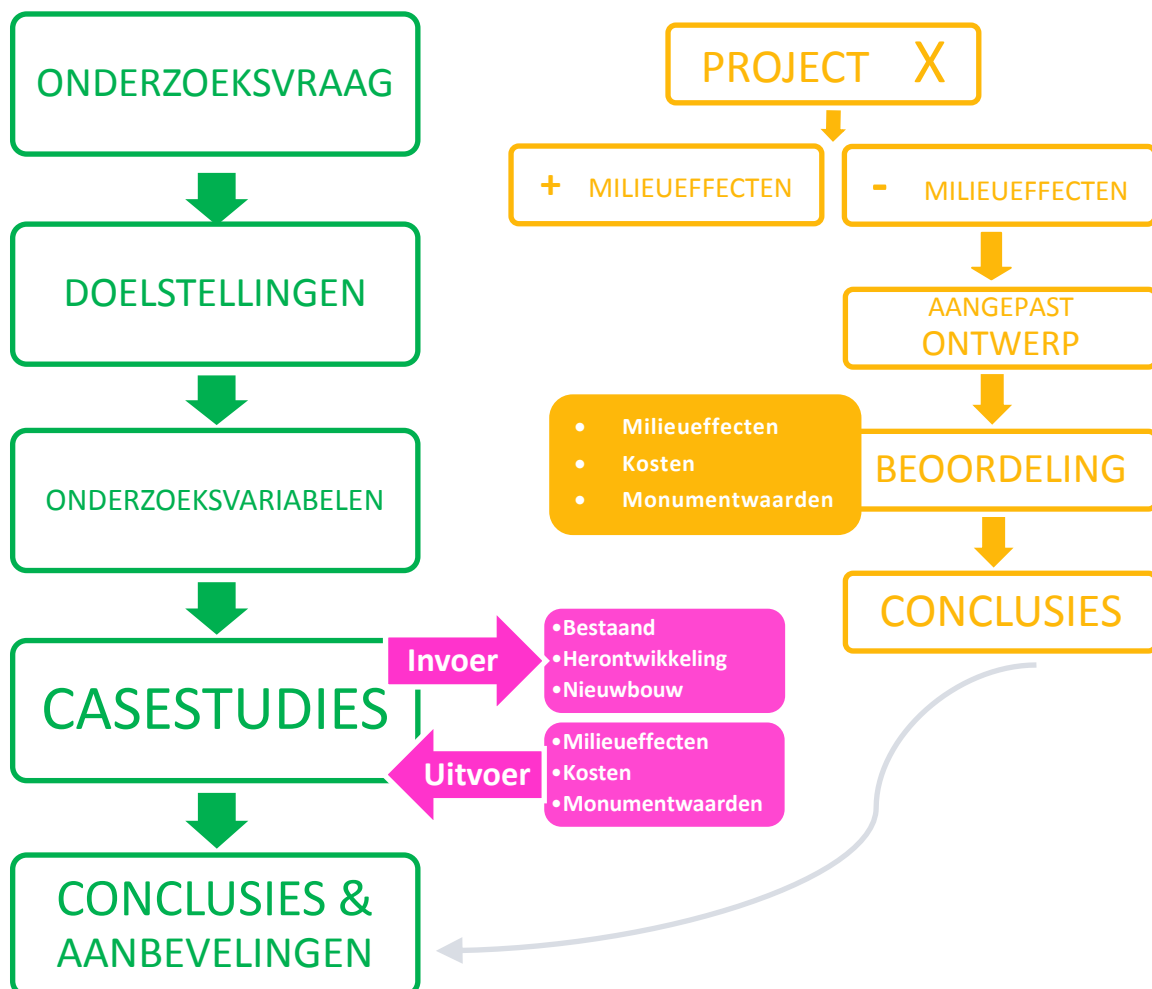
De oplossingen richten zich zowel op de constructieve aspecten als op de bouwkundig aspecten. Beide hangen sterk samen met de invulling van de fysieke ontwerpruimte met het Programma van Eisen. Deze invulling is daarom ook beschouwd.



WERKSCHEMA MSc. THESIS

ONDERZOEK

VERDIEPING



INHOUD

Woord vooraf	V
Extract	I
Definities	VI
Intro van het thema	VIII
Aanpak MSc. thesis	X
Inhoud	1
1 Bouwhistorie in Nederland	2
1.1 <i>Bouwstijlen en bouwmethodiek</i>	2
1.2 <i>De opkomst van diverse bouwmaterialen</i>	4
1.3 <i>Rolverdeling architect en ingenieur</i>	5
1.4 <i>Ten besluit</i>	6
2 Duurzame ontwikkelingen	8
2.1 <i>De levenscyclusanalyse</i>	10
2.2 <i>Meetinstrumenten</i>	11
2.2.1 <i>Greencalc⁺</i>	11
2.2.2 <i>BREEAM NL</i>	11
2.2.3 <i>GPR gebouw</i>	12
2.3 <i>Beoordeling milieueffecten</i>	12
2.3.1 <i>Verhoudingen energie- en materiaalgebruik</i>	13
2.4 <i>Cradle to Cradle</i>	13
2.5 <i>Renoveren & duurzaam bouwen</i>	14
2.6 <i>Duurzaam ontwerpen</i>	14
2.7 <i>Energieneutraal bouwen</i>	15
2.8 <i>Duurzame klimaatbeheersing</i>	19
2.9 <i>Ten besluit</i>	20
3 Monumenten	22
3.1 <i>Regelgeving</i>	22
3.2 <i>Duurzame Monumentenzorg</i>	23
3.3 <i>Ten besluit</i>	26
4 Slopen of hergebruiken	30
4.1 <i>Maatschappelijke bedreigingen</i>	30
4.2 <i>Regelgeving & leegstand</i>	31
4.3 <i>Ten besluit</i>	32

5	Herbestemming	34
5.1	<i>Toetsing en besluitvorming</i>	35
5.2	<i>Kansen en bedreigingen</i>	36
5.3	<i>Invloed draagconstructie en gevel</i>	37
5.4	<i>Flexibiliteitsrelaties</i>	38
5.5	<i>Transformatie naar woningen</i>	39
5.6	<i>Ten besluit</i>	40
6	Renovatie	42
6.1	<i>Filosofie</i>	43
6.2	<i>Technische gebouwanalyse</i>	44
6.3	<i>Renovatie door isolatie</i>	45
6.3.1	Voorzetwanden	45
6.3.2	Vochttransport	47
6.3.3	Kozijnen	49
6.3.5	Koudebruggen	50
6.4	<i>Ten besluit</i>	51
7	Constructief Hergebruik	54
7.1	<i>Materiaal afhankelijke mogelijkheden</i>	56
	Hout	56
	Beton	57
	IJzer en staal	58
7.1.1.1	Stabiliteit en sterkte van ijzer en staalconstructies	58
7.2	<i>Overcapaciteit van bestaande constructies</i>	59
7.2.1	Technische grondslagen voor bouwvoorschriften 1949	60
7.2.2	De constructieve veiligheid volgens de EN 1990 en NEN 8700	63
7.2.2.1	Veiligheidsbeoordeling van gebouwen	64
7.2.3	Constructieve Veiligheid van bestaande bouwwerken	66
7.2.3.1	Belastingcombinaties nieuwbouw en bestaande bouw	68
7.3	<i>Brandveiligheid van bestaande bouwwerken</i>	69
7.3.1	Het realiseren van een tweede draagweg	70
7.3.2	Het omkleden met een brandwerend materiaal	70
7.3.3	Het vullen van de kolommen met beton	70
7.3.4	Het vullen van de kolommen met water	71
7.3.5	Het aanbrengen van een sprinklerinstallatie	72
7.4	<i>Ten besluit</i>	72
8	Scenariostudie	74
8.1	<i>De DuMo-uitkomsten</i>	74

Energiehuis Dordrecht	77
8.2 <i>Herbestemming</i>	78
8.3 <i>Dumo profiel voor en na de ingreep</i>	78
Zuiveringshal Westergasfabriek	79
8.4 <i>Herbestemming</i>	80
8.5 <i>Dumoprofiel voor en na de ingreep</i>	80
Fabriekspand De nobel	81
8.6 <i>Herbestemming</i>	82
8.7 <i>Dumo profiel voor en na de ingreep</i>	83
8.8 <i>Nieuwbouwsценario</i>	84
8.8.1 Energiehuis bouwdeel M2	85
8.8.2 Zuiveringshal Westergasfabriek	85
8.8.3 Fabriekspand De Nobel	85
8.8.4 Vergelijking van scenario's	86
8.8.5 Resultaten vergelijking per case studie	87
8.9 <i>Ten besluit</i>	89
9 De verdieping	91
9.1 <i>Machinehuis 2 Energiehuis Dordrecht</i>	91
9.1.1 Ontwerp architect	92
9.1.2 Verduurzaming door materiaalbehoud	93
9.2 <i>Milieukosten bepaald met Greencalc⁺</i>	99
9.2.1.1 Uitgangspunten voor Greencalc ⁺	101
9.3 <i>Ten besluit</i>	107
10 Conclusies & oplossingsrichtingen	109
10.1 <i>Kennis</i>	110
10.2 <i>Ambitie</i>	111
10.3 <i>Creativiteit</i>	112
Referenties	113
Literatuur	113
Artikelen	114
Brochures e.d.	115
Websites	115
Contactgegevens	119

1 BOUWHISTORIE IN NEDERLAND



1 BOUWHISTORIE IN NEDERLAND

Er is in Nederland een groot aantal gebouwen met een rijke geschiedenis. Sommige daarvan zijn al honderden jaren oud. Kennis van de bouwgeschiedenis is belangrijk voor elke architect en ingenieur die zich bezig houdt met het behoud van historische bouwwerken. De bouwtechniek en bouwstijlen zijn door de geschiedenis heen sterk beïnvloed door economische, maatschappelijke en technologische ontwikkelingen [Stenvert & Tussenbroek, 2007]. De technologische ontwikkelingen uiteten zich voornamelijk in het materiaalgebruik door de eeuwen heen. Daarom is in dit hoofdstuk een korte uiteenzetting over toegepaste bouwmaterialen opgenomen en volgt er een uiteenzetting over hoe deze bouwmaterialen de bouwtechniek door de eeuwen heen hebben beïnvloed. De technologische ontwikkelingen hebben ook zo hun uitwerking gehad op de organisatie van het bouwproces. Hoe deze organisatiestructuur zich verder ontwikkeld heeft is mede beïnvloed door de opleidingsinstituten en een veranderende vraag naar type gebouwen [Pfammatter, 2000].

1.1 BOUWSTIJLEN EN BOUWMETHODIEK

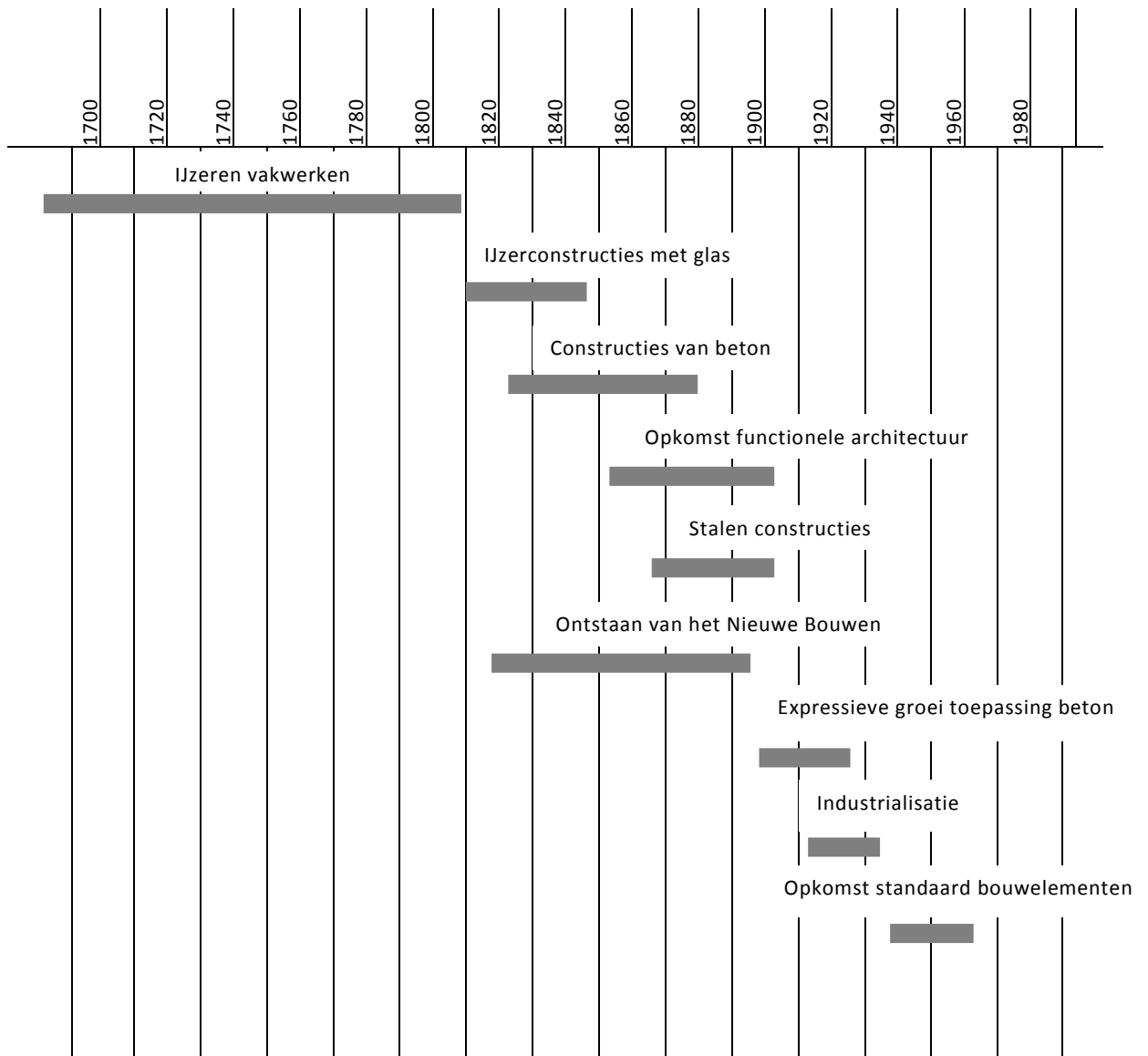
Lange tijd ging men ervan uit dat middeleeuwse bouwwerken bestonden uit houten constructies en dat deze inmiddels door stadsbranden verloren zouden zijn gegaan. Door bouwhistorisch onderzoek is bekend geworden dat sinds 1300 regelmatig woonhuizen in baksteen zijn gebouwd. Het betrof hier dure en uitzonderlijke gebouwen. Vanaf 1400 worden zij- en achtergevel vrijwel altijd opgetrokken uit baksteen, de gevel bestaat hier nog wel uit hout. De houten gevel kon toen eenvoudig gecombineerd worden met ramen. In de zeventiende eeuw doet de bakstenen voorgevel massaal zijn intrede en worden ook bestaande houten voorgevels vervangen. Een gebouwanalyse enkel aan de hand van een voorgevel kan hierdoor leiden tot een onjuiste datering [Tussenbroek, 2000].

Een chronologische ordening van de toepassing van materialen en belangrijke bouwtechnische ontwikkelingen is in een tabel op volgende pagina weergegeven. De ontplooiing van de textielhandel, mede onder invloed van nieuwe afzetgebieden in de verworven koloniën en de ontwikkelingen van de ijzerindustrie en de mijnbouw zijn sterk van invloed geweest op de industriële revolutie. De industriële revolutie leidde tot een vraag naar grotere gebouwen, bestemd voor fabricage en opslag die in korte tijd gebouwd konden worden. Vanaf de 18^e eeuw hebben technologische ontwikkelingen de bouwconstructies en architectuur sterk beïnvloed [Oosterhof, 2002].

Bouwconstructies hebben afzonderlijk van de bouwkunst een eigen ontwikkeling doorgemaakt, sterk beïnvloed door economische en politieke ontwikkelingen. Daarnaast heeft de industriële revolutie geleid tot de toepassing van nieuwe constructiematerialen zoals ijzer, staal en beton. Door innovaties op het gebied van materiaalwinning, -verwerking en fabricage zijn de technische eigenschappen van deze materialen verbeterd. Zo werd het bijvoorbeeld mogelijk om grotere overspanningen te maken en steeds hoger te bouwen [Oosterhof, 2002].



Werden gebouwen allereerst op ambachtelijke wijze vervaardigd en werd er veel aandacht besteed aan detaillering, met de opkomst van de industrialisatie die omstreeks 1750 in Engeland begon, werden bouwelementen steeds vaker op industriële wijze vervaardigd. Deze industriële manier van bouwen was noodzakelijk geworden omdat de vraag naar gebouwen enorm was toegenomen. Bij dit Nieuwe Bouwen werd de uitgebreide detaillering vervangen door een simpele detaillering en afwerking. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van materialen en hun toepassing hebben duidelijk hun sporen nagelaten op onze architectuur [Oosterhof,2002].



1.1 Chronologische volgorde bouwtechnologische ontwikkelingen vanaf 1700 na Chr.
Bron: Oosterhof, J. (2002). *Momenten uit de geschiedenis van het overspannen en ondersteunen*. Delft.



1.2 DE OPKOMST VAN DIVERSE BOUWMATERIALEN

Er is door de auteur een opsomming van de meest relevante bouwmaterialen gemaakt. De relevante bouwmaterialen zijn de veelvuldig toegepaste materialen in de bouwperiode van de case studies - zoals eerder omschreven in het Intro van het thema – tussen eind 19^e eeuw en 1950.

HOUT werd in Nederland tot de 18^e eeuw in combinatie met steen veelvuldig toegepast voor zowel de constructie als voor de afwerking en decoratie van gebouwen. Globaal gezien kan hout worden opgedeeld in loofhout en naaldhout. De soorten onderscheiden zich voornamelijk in structuur, waarbij naaldhout tamelijk zacht is en heeft een grove structuur met brede jaarringen. Loofhout heeft daarentegen een fijne structuur en is donkerder van kleur. De loofhoutsoort eiken is van oudsher een populair constructiemateriaal. Eikenhout bezit een grote hardheid, daardoor is deze houtsoort vaak niet aangetast door ongedierte. Daarnaast is eiken goed bestand tegen vuur en vocht en goed te bewerken. Voornamelijk loofhout werd in Nederland in de eerste eeuwen na Christus gebruikt omdat het in overvloed in Nederland aanwezig was. In de loop van de zestiende eeuw slonk de houtvoorraad in Nederland en daarmee ook de toepassing van het materiaal. Laat in de middeleeuwen werd hout geïmporteerd en daarmee vonden ook de tropische houtsoorten hun toepassing. Aan de hand van de gebruikte houtsoort en de bewerkingstechniek is de bouwperiode van een bouwwerk herleidbaar. Hulpmiddel hierbij is een analyse aan de hand van dendrochronologie; door jaarringen in het hout te analyseren kan men tot op het seizoen nauwkeurig vaststellen wanneer een boom is gekapt [Stenvert & Tussenbroek, 2007].

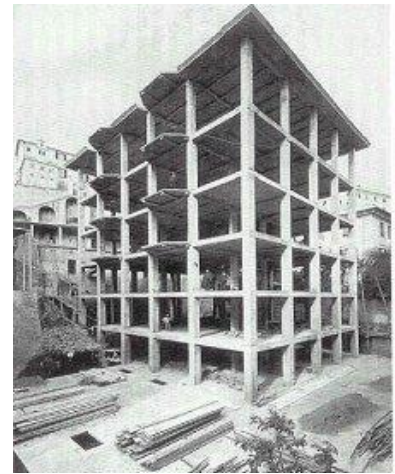
NATUURSTEEN werd zelden als constructiemateriaal toegepast maar werd tot de dertiende eeuw veelvuldig als bekleding van wanden toegepast. Er werd dan een dunne laag tegen een muur opgemetseld aan zowel de buitenzijde als de binnenzijde van een wand met af en toe een steen ter verankering naar binnen gericht. De wand zelf bestond uit een mengsel van puin, grind en mortel. Deze bouwwijze wordt omschreven als kistwerk. De winning en bewerking van natuursteen vergde veel arbeid en kosten, en werd om die reden als secundair bouw materiaal beschouwd. Enkel hele oude en belangrijke gebouwen zijn grotendeels uit natuursteen opgetrokken. Met de opkomst van baksteen halverwege de dertiende eeuw vervult natuursteen enkel nog een decoratieve functie. Nederlandse natuurstenen zijn vuursteen, ijzeroer en mergel. Daarnaast werd natuursteen geïmporteerd uit omringende landen zoals België, Duitsland en Groot-Brittannië. Soorten natuursteen onderscheiden zich in de wijze van ontstaan en kunnen worden ingedeeld in stollingsgesteenten, afzettingsgesteenten en uitvloeiingsgesteenten [Stenvert & Tussenbroek, 2007].

IJZER verdrong de toepassing van steen en hout in de 19^e eeuw. Een belangrijke uitvinding die de toepassing van ijzer sterk heeft beïnvloed was het smelten van ijzererts met behulp van cokes. Het werd hiermee praktisch en economisch mogelijk om grote hoeveelheden ruwijzer te winnen en bruikbaar te maken. Technologische uitvindingen volgen elkaar op. Zo ontstond in 1855 het Bessemerproces waarbij het koolstofgehalte kon worden verlaagd en daarmee de kwaliteit significant verbeterde (staal). Vervolgens kwam in de eerste helft van de 19^e eeuw het walsproces in ontwikkeling. Omstreeks 1800 werd het ijzer voor het eerst toegepast voor de bouw van fabrieken. Maar ook in bestaande fabrieken met stenen binnen- en buitenmuren en houten vloeren vond het ijzer zijn toepassing. Hier werden de stenen buitenmuren gehandhaafd en binnenmuren werden vervangen voor ijzeren kolommen en liggers waartussen vloeren van een steenachtig materiaal werden geplaatst. Een dergelijke grote ingreep kon de brandveiligheid en de bruikbaarheid van deze fabrieken enorm doen vergroten. In de Verenigde Staten ontstonden omstreeks 1850 de zogenaamde 'Iron Fronts'. Deze gietijzeren gevelconstructies waren zeer geschikt om grote raamopeningen te creëren. Deze gevels vonden vooral hun toepassing in kantoren en



winkels. De eerste verdiepingsgebouwen bestaande uit een staalskelet zijn de chocoladefabriek Menier in Noisiel-sur Marne (1872) en het Chrystal Palace in Londen (1851) [Oosterhof, 2002].

BETON was al eerder in de geschiedenis uitgevonden door de Romeinen maar met de val van het Romeinse Rijk was de betontechniek verloren gegaan. De uitvinding van de vervaardiging van het portlandcement door Joseph Aspdin omstreeks 1825 maakte het sindsdien mogelijk om beton te vervaardigen dat bestand was tegen water. Rond 1850 ontdekte de tuinman Joseph Monier dat hij sterke manden verkreeg als hij een vlechtwerk van ijzer combineerde met een cementmortel. De eerste grote toepassing van gewapend beton vond plaats bij het gebouw voor de Rijksdag in Berlijn in 1894. De monoliete bouwwijze bestaande uit vloerplaten, balken en kolommen die één geheel vormen werd omstreeks 1890 ontwikkeld door François Hennebique. Deze bouwmethode was tot het begin van de 20^e eeuw toonaangevend; de bouwtijd werd verkort en er ontstond een nieuwe manier van ontwerpen van constructies van gebouwen die tot aan de dag van vandaag wordt toegepast [Oosterhof, 2002].



1.2 Principe monoliete bouwmethode, ontwikkeld door François Hennebique

1.3 ROLVERDELING ARCHITECT EN INGENIEUR

In 1795 werd in Frankrijk de Parisien Ecole Polytechnique opgericht. Een onderwijsinstituut waar toekomstige architecten en ingenieurs werden opgeleid en waar wetenschappelijk onderzoek verricht kon worden. Een dergelijke onderwijsvorm werd in die tijd voor het eerst noodzakelijk geacht met de opkomst van nieuwe bouwtechnieken en de groeiende vraag naar grotere en complexere bouwwerken. Na Frankrijk volgden Oostenrijk, Amerika en later ook Duitsland met een onderwijstraject voor ingenieurs en architecten [Pfammatter, 2000.].

Er zijn in Nederland inmiddels verschillende opleidingstrajecten waarin een groot onderscheid bestaat tussen de opleiding tot constructeur en architect. In de geschiedenis van het bouwen werden de architect en de ingenieur gezamenlijk verantwoordelijk geacht voor een gebouwontwerp. Pas vanaf 1900 komt de constructieve veiligheid en de daadwerkelijke berekening ervan volledig bij de ingenieur te liggen [Rabun, 2000]. Tegenwoordig kan in grote lijnen worden verondersteld dat de architect verantwoordelijk is voor de vorm en de constructeur voor de constructie. Bij de meeste projecten is er sprake van een lineaire werkwijze waarbij de architect een ontwerp maakt, de constructeur daar een draagconstructie in ontwerpt en het gebouw vervolgens door een aannemer wordt gebouwd. Hoewel beide disciplines een gemeenschappelijk doel nastreven, is er in dit geval van een integrale samenwerking nauwelijks sprake.



De kloof tussen architectuur en constructie wordt al veroorzaakt in het onderwijs waarin architectuur studenten weinig sympathie hebben voor techniek studenten en vice versa. Door diverse technologische ontwikkelingen (BIM³) en een groeiende wens naar meer diversiteit in gebouwen en steeds complexere gebouwen is een lineaire werkwijze, waarbij architect en constructeur werkzaam zijn op hun eigen eilandje, vaak niet meer mogelijk. De architect wint al op een eerder tijdstip tijdens het ontwerpproces expertise in van diverse adviseurs. Deze integrale werkwijze kan voor diverse disciplines voordeel opleveren doordat eventuele knelpunten in een ontwerp in een vroeg stadium kunnen worden opgemerkt en worden opgelost. De architect ontwikkelt in dit geval enkel een ontwerpvisie en een ruimtelijk plan. Deze worden in samenwerking met bouwkundig adviseurs en constructeurs omgevormd tot een gebouwonwerp. In het huidige onderwijssysteem is deze trend inmiddels ook overgenomen. Aan de Technische Universiteit Delft zijn diverse multidisciplinaire projecten opgezet waar Bouwkunde studenten en Civiele techniek studenten gezamenlijk een project uitwerken.

De noodzaak om een integrale samenwerking tot stand te laten komen is voornamelijk van toepassing op complexe projecten. De woningbouw is dermate gestandaardiseerd dat een lineaire werkwijze weinig problemen oplevert. Complexe projecten zijn bijvoorbeeld hoogbouwprojecten, grote publieke gebouwen en projecten waarbij nieuwe technieken worden toegepast maar ook projecten die gepaard gaan met herbestemming zijn veelal uniek en multidisciplinair. Dergelijke complexe projecten behoeven een nauwe samenwerking tussen architect, installateur en constructeur. Het is voor de verschillende disciplines dan ook noodzakelijk dat zij elkaars vakgebied begrijpen en respecteren.

1.4 TEN BESLUIT

Aan de bestaande bebouwing zijn de technologische ontwikkelingen goed herkenbaar; in materiaalgebruik, detaillering en constructie. Kennis en inzicht zijn relevant om op een goede wijze met het historisch en cultureel erfgoed om te gaan en zodoende het behoud ervan te waarborgen. Hoe hiermee om te gaan en wat de invloed is van een monumentenstatus op de 'aanraakbaarheid' van een gebouw, wordt verderop in dit rapport besproken.

De organisatie van het bouwen heeft opzichzelfstaand een eigen ontwikkeling doorgemaakt. Over het algemeen is er op dit moment redelijk sprake van een integrale samenwerking waarbij een architect vroeg in de ontwerpfase, technisch advies inwint bij een ingenieur.

³ BIM staat voor Building Information Model. Dit is een 3D-model van een object waar meerdere gebruikers gelijktijdig wijzigingen kunnen aanbrengen. Tijd en geld kunnen ook aan dit model worden gekoppeld waardoor een 4D- of 5D-model ontstaat. Het BIM is gericht op een verbetering van het bouwproces door het verminderen van de foute informatievoorziening, veroorzaakt door een constante doorvoering van wijzigingen.



2 DUURZAME ONTWIKKELINGEN



2 DUURZAME ONTWIKKELINGEN

Duurzaam Bouwen, duurzame energie, duurzame materialen en duurzame ontwikkelingen; dit zijn allemaal veel genoemde begrippen in de huidige bouwsector. Duurzaam duidt op alles wat langdurig en onvergankelijk is en is afkomstig van het Engelse begrip 'durable' of 'volhoudbaar'. Het dient niet te worden verward met het begrip 'sustainable' dat duidt op de vervulling van onze wensen en behoeften zonder daarbij de wensen en behoeften van toekomstige generaties te schaden. In de Nederlandse taal kan de term duurzaamheid zowel onvergankelijkheid betekenen als volhoudbaarheid. Daarbij is het begrip tegenwoordig ook verweven met termen zoals 'energiezuinig', 'recyclebaar' en 'milieuvriendelijk'.

Hoe alle ontwikkelingen op het gebied van duurzaamheid tot stand zijn gekomen hangt sterk samen met de maatschappelijke ontwikkelingen sinds het begin van de 20^e eeuw. Dit is het punt in de geschiedenis waarop in Nederland een wet werd geïntroduceerd met betrekking op de gezondheidsaspecten in de bouw, de Woningwet uit 1901. Middels deze wet werden er door de overheid minimale eisen gesteld aan woningen, gericht op de gezondheid. Aanleiding voor de wet was het steeds voller en viezer raken van de Nederlandse grote steden door een groeiende industrie. De wet zorgde voor een centraal systeem voor de drinkwatervoorziening en een verplichte aansluiting hierop. Later werden ook afvalwater en energie centraal geregeld [Van Timmeren, 2006]. In dit hoofdstuk volgt een uiteenzetting hoe deze gebeurtenis maar ook daaropvolgende gebeurtenissen uiteindelijk tot een algemeen maatschappelijk besef hebben geleid dat wij bewuster met onze aarde moeten omgaan, te noemen 'duurzame ontwikkelingen'.

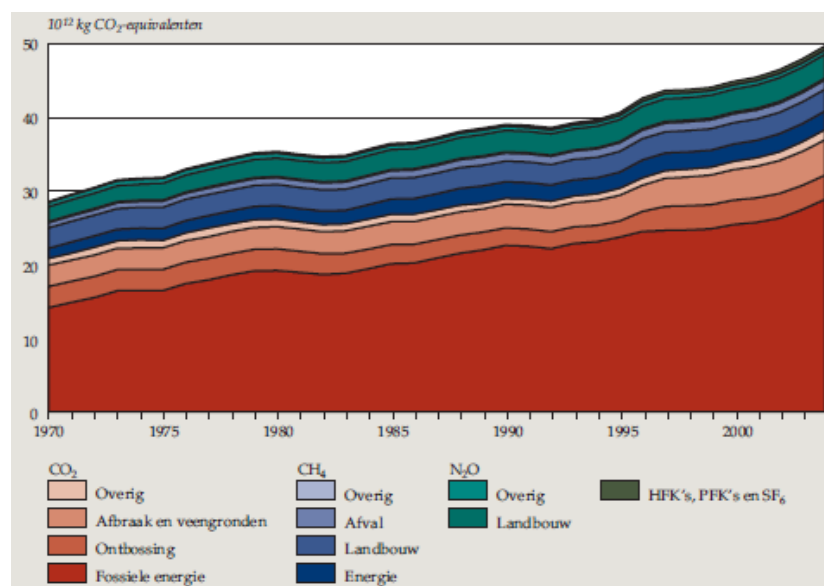
Het gebruik van fossiele brandstoffen en de CO₂-uitstoot is sinds de industriële revolutie in de twintigste eeuw significant toegenomen, met als belangrijkste oorzaak een stijging van de mondiale vraag naar fossiele brandstoffen [zie afbeelding 2.1]. De afgelopen decennia is veel onderzoek gedaan naar de effecten van het opraken van de fossiele brandstoffen en de explosief gestegen CO₂-uitstoot. Onderzoek van het Internationale Energie Agentschap (IEA)⁴ in 2004 heeft uitgewezen dat de bijdrage van de uitstoot van broeikasgassen aan de wereldwijde stijging van de temperatuur 60 % bedraagt. Deze uitkomsten en de tijdelijke olieschaarste die optrad in de jaren zeventig, hebben onder andere bijgedragen aan het besef dat een duidelijk beleid om energie te besparen en uitstoot van CO₂ te reduceren noodzaak is. Doel hierbij is te voorkomen dat toekomstige generaties niet in staat zijn om in hun energiebehoefte te voorzien en schade ondervinden van onze activiteiten. Vanuit dit beleid zijn begin jaren tachtig veel technologische ontwikkelingen ontstaan. De duurzame ontwikkelingen richten zich op een reductie in het gebruik van fossiele brandstoffen en het terugdringen van het energieverlies en de CO₂-uitstoot van gebouwen. Tevens speelt hergebruik van materialen een belangrijke rol om zodoende het milieu zo min mogelijk te belasten. Het zogenaamde 'Brundtland-rapport' ligt aan deze ontwikkelingen ten grondslag. De officiële titel van dit rapport is: '*Our Common Future*' (1987). Het rapport is geschreven door de Wereld Commissie voor Milieu en Ontwikkeling. De commissie is in 1987 ingesteld door de Algemene Vergadering van de Verenigde Naties [website: I&M, voorheen VROM].

⁴ Het IEA, officieel: International Energy Agency, bestaat uit een clustering van Westerse landen. De organisatie is in 1973 opgericht met als doel het mondiale gebruik van aardolie te coördineren en eventuele dreigende schaarste vroegtijdig te voorkomen. Het IEA is een adviesorgaan maar onderhoudt ook contacten met de olieleveranciers zoals China en Rusland.



Het Duurzaam Bouwen richt zich op het besparen van energie (materiaal en geld), het reduceren van de milieubelasting en tegelijkertijd het vergroten van het comfort voor de gebruiker. Daarbij speelt de toekomstwaarde van een gebouw ook een belangrijke rol. Immers is levensduurverlenging een zeer effectieve duurzaam-bouwen-strategie. Om de toekomstwaarde van een bouwwerk te vergroten zijn flexibiliteit, recyclebaarheid en klimaatbestendigheid belangrijke aspecten. Door bij het ontwerp van een gebouw rekening te houden met deze aspecten kan de levensduur aanzienlijk worden vergroot. Het Duurzaam Bouwen gaat gepaard met investeringskosten. In de praktijk is echter gebleken dat de kosten in de gebruiksfase lager zijn en dat de investeringskosten zichzelf terugverdienen [Van der Voordt, et al., 2007].

De Nederlandse overheid speelt een actieve en stimulerende rol in de ontwikkelingen op het gebied van Duurzaam Bouwen. Zij loopt hierdoor voorop in 'duurzame' bedrijfsvoering middels een 'duurzaam inkoopbeleid' en stimuleert zij de bouwsector en huiseigenaren middels subsidiëring van de aanschaf van energiezuinige klimaatsystemen en het isoleren van woningen. De invoering van verplichte energielabels voor woningen is ook een voorbeeld van een overheidsinitiatief gericht op het terugdringen van het energieverbruik van woningen [website: I&M, voorheen VROM].

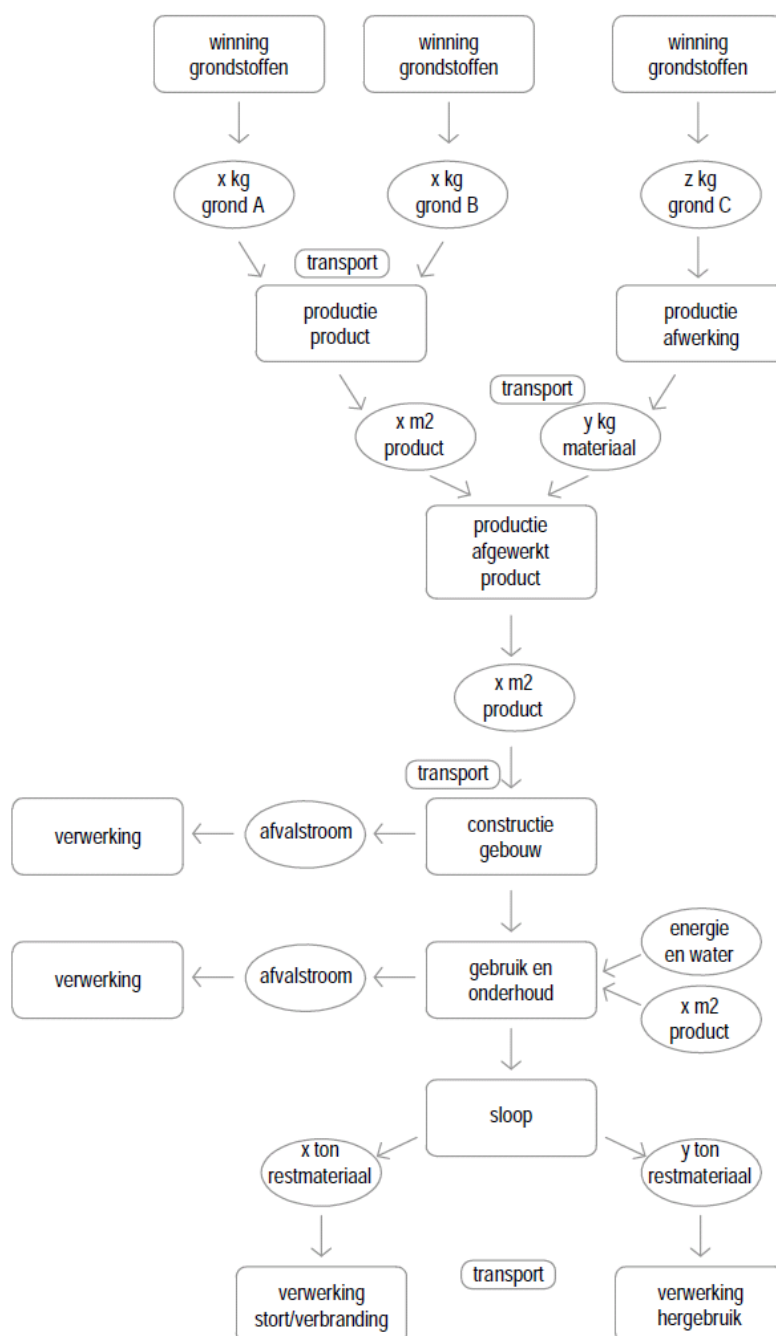


2.1 Toename van de CO₂ uitstoot in Nederland sinds 1970
Afbeelding: CBS



2.1 DE LEVENSCYCLUSANALYSE

Een term die tegelijkertijd met het Duurzaam Bouwen op kwam is de levenscyclusanalyse. De term behelst een methode om gedurende de totale levenscyclus van een product de milieubelasting te bepalen, hierbij gebruikmakend van speciale rekenmodellen. De levenscyclus van een product begint bij de winning van de grondstoffen en eindigt, via productie, transport en gebruik, na de afvalwerking. Een standaardprocedure voor een LCA is vastgelegd in ISO 14040 en omvat diverse stappen, waarvan de belangrijkste een *Life Cycle Inventory* en een *Life Cycle Impact Assessment*. Bij de inventarisatie (LCI) wordt informatie verzameld over de gebruikte grondstoffen en de uitstoot van schadelijke stoffen tijdens de levenscyclus. Vervolgens vindt een beoordeling plaats van de inventarisatiegegevens (LCIA). Uiteindelijk kunnen de milieueffecten die zowel direct als indirect kunnen zijn, in kaart worden gebracht middels een milieuprofiel; een scorelijst met milieueffecten. Tevens kan de effectiviteit van eventueel te nemen maatregelen worden getoetst met behulp van een LCA [Haas, et al., 2010].



2.2 Voorbeeld procesboom met diverse fasen van de levenscyclus van bouwmaterialen
Afbeelding: Bepalingsmethode milieuprestaties gebouwen en GWW-werken



2.2 MEETINSTRUMENTEN

Door alle ontwikkelingen op het gebied van duurzaam bouwen is de behoefte ontstaan om de milieuprestaties van gebouwen meetbaar te maken. Zodoende zijn diverse meetinstrumenten ontwikkeld om de duurzaamheid en de milieuprestaties van gebouwen in kaart te brengen. De volgende meetinstrumenten zijn onder andere voorhanden:

- Greencalc⁺
- BREEAM NL
- GPR Gebouw

De uitkomsten kunnen inzicht bieden in de effecten van bepaalde keuzes op lange termijn wat betreft de milieuprestaties. Als gevolg van verschillende invoermogelijkheden en meetaspecten kunnen de uitkomsten van de verschillende meetinstrumenten onderling verschillen. Standaardisatie van diverse meetinstrumenten heeft plaats gevonden in 2008 en is aangevuld in 2010, in de *Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken*. Deze berekeningsmethode dient als basis voor de bepaling van de milieuprestaties en milieueffecten van een gebouw binnen de bestaande instrumenten. Aan de milieuprestaties van een gebouw wordt een bepaalde score toegekend op basis van een sommatie van de scores van gebouwcomponenten. De scores van gebouwcomponenten worden bepaald door het milieueffect per eenheid van een materiaal en de toegepaste hoeveelheid te sommeren. Een geharmoniseerde database met milieudata van basisprocessen en gebouwcomponenten is onlangs gereedgekomen en zal tevens dienen als normatieve input voor milieueffectberekeningen conform de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken [Haas, et al., 2007].

2.2.1 GREENCALC⁺

Met het programma Greencalc⁺ wordt op basis van een LCA-berekening een Milieu-Index-Gebouw (MIG) bepaald. Daarmee wordt de duurzaamheid uitgedrukt in een getalswaarde en kunnen diverse projecten en scenario's met elkaar worden vergeleken. De berekening werkt als volgt: een gebouw wordt vergeleken met een referentiegebouw uit 1990 welke een MIG van 100 heeft. Als het berekende project duurzamer is dan het referentieproject dan zal de MIG hoger zijn dan 100. Als het project niet duurzamer is in vergelijking tot het referentieproject zal de MIG lager zijn dan 100. De huidige projecten die gerealiseerd worden hebben een MIG die varieert van 150 en 185 [One number says it al³, 2007]. Koplopers zoals de watertoren in Bussum halen een MIG rond de 1000, daarbij gebruikmakend van de modernste duurzame energietechnieken zoals warmte-koude opslag, warmtepompen en warmtekrachtkoppeling [website: watertorenbussum].

2.2.2 BREEAM NL

BREEAM staat voor Building Research Establishment Environmental Assessment Method en is ontwikkeld door het Engelse BRE. Dit is een onderzoeksinstituting vergelijkbaar met TNO in Nederland. Voor de Nederlandse bouwbranche is er een aparte versie van het programma uitgebracht, BREEAM NL. Het programma beoordeelt het duurzaamheidsniveau van een gebouw door het te vergelijken met een door BREEAM bepaalde standaard. Zodoende kan het prestatieniveau worden geanalyseerd en verbeterd. Voor de bepaling van de milieubelasting door materiaalgebruik maakt BREEAM NL gebruik van de instrumenten Greencalc⁺ en GPR gebouw. Gebouwen kunnen door de invoer in het programma BREEAM NL een certificaat behalen voor de duurzaamheid van het bouwproces en het gebouw zelf. In het programma kunnen diverse gebouwfuncties worden ingevoerd zoals woningen, kantoren, scholen,



winkels en ziekenhuizen. Er zal in de toekomst een versie gereedkomen welke geschikt is voor bestaande bouw om gebouwen op drie niveaus te beoordelen: het gebouw, de gebouwexploitatie en het gebouwmanagement. Een invoer in het programma kan alleen door experts worden uitgevoerd.

2.2.3 G P R G E B O U W

Het instrument GPR gebouw is ontwikkeld door W/E adviseurs en gemeente Tilburg en dient als hulpmiddel bij het voeren van een duurzaam beleid en maakt daarbij de duurzaamheidsprestatie van een gebouw inzichtelijk. GPR gebouw kan in de VO fase meerde ontwerpvarianten op basis van milieubelasting met elkaar vergelijken. Het programma wordt opgebouwd uit diverse modules: energie, milieu, gezondheid, gebruikerskwaliteit en toekomstwaarde. Op dit moment is het instrument beschikbaar voor woningbouw, scholen en kantoren voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Het instrument is via het internet te gebruiken.

2.3 B E O O R D E L I N G M I L I E U E F F E C T E N

Een milieueffect kan worden omschreven als een verandering in het milieu ten gevolge van een handeling. De milieueffecten die door een gebouw worden veroorzaakt kunnen worden onderverdeeld in een milieubelasting door materiaal, energie en water. Er wordt bij de bepaling van de milieueffecten gebruik gemaakt van de eerder in dit hoofdstuk omschreven LCA methode. Een milieueffect betreft alle invloeden aan het milieu gedurende de gehele levenscyclus. Er wordt hierin een onderscheid gemaakt tussen onttrekking van grondstoffen, emissies, landgebruik en hinder [Haas, et al., 2008].

Om de milieueffecten te kwantificeren zijn er per milieueffect schaduw prijzen vastgesteld. De schaduw prijzen, ook wel omschreven als monetariserings- of milieukostengetallen, zijn een weerspiegeling van de preventiekosten die nodig zijn om het desbetreffende milieueffect te vereffenen. Door middel van de monetariserings- of milieukostengetallen vindt er een weging van diverse milieueffecten plaats waardoor er een totaal milieukostenplaatje ontstaat. De preventiekosten kunnen worden omschreven als de kosten die door het nemen van preventieve maatregelen gemaakt worden zodoende een belasting aan het milieu te voorkomen [Haas, et al., 2008].

De milieukosten kunnen worden omschreven als de kosten die voor een project gemaakt worden om de door het project veroorzaakte belasting aan het milieu te reduceren. Deze kosten zijn in de prijzen van de producten verwerkt. De verborgen milieukosten zijn de kosten die voor een project extra gemaakt dienen te worden zodoende werkelijk alle aan het milieu toegedane milieueffecten te compenseren. De verborgen milieukosten worden berekend op basis van de te maken preventiekosten en maken uiteindelijk inzichtelijk in hoeverre een project daadwerkelijk als duurzaam kan worden verondersteld. Door voor elk product de verborgen milieukosten in kaart te brengen kunnen de producten onderling worden vergeleken op het aspect duurzaamheid [Haas, et al., 2008].



2.3.1 VERHOUDINGEN ENERGIE- EN MATERIAALGEBRUIK

Over het algemeen kan verondersteld worden dat het aspect 'energie' een groter aandeel heeft in de duurzaamheid van een gebouw dan het aspect 'materialen'. Respectievelijk 75% tot 85% voor energie en 15% tot 20% voor materialen. Deze verhouding zal in de toekomst gaan veranderen indien gebouwen veel energiezuiniger worden. Het aandeel van het materiaalgebruik zal dan een belangrijkere rol gaan vervullen. De verwachting is dat rond 2040 ongeveer 60% tot 80% van de verborgen milieukosten zal bestaan uit materiaalkosten doordat de energiegebonden verborgen milieukosten zijn afgenomen. De materiaalgebonden verborgen milieukosten worden voor circa 45 % veroorzaakt door de draagconstructie en voor circa 35% veroorzaakt door de schil. Door in de toekomst grootschaliger de bestaande gebouwen te hergebruiken kunnen wellicht de gewenste milieudoelstellingen behaald worden [One number says it al³, 2007]. Ontwerpers kunnen hier nu al op inspelen door flexibele gebouwen te ontwerpen die relatief eenvoudig van gebruiksfunctie kunnen transformeren en daarmee de gebouwlevensduur te verlengen.

2.4 CRADLE TO CRADLE

In 1995 is in Nederland door architect W. McDonough en chemicus M. Braungart deze ontwerpfilosofie geïntroduceerd in het boek *Cradle to Cradle: Remaking the Way we Make Things*. Het Cradle to Cradle (C2C) ontwerpprincipe is in 2002 in Nederland geïntroduceerd en is gebaseerd op het ecosysteem: de wisselwerking tussen alle levende organismen en haar omgeving. Door producten te ontwerpen zodat deze na gebruik als voeding of grondstof kunnen dienen voor nieuwe producten, ontstaat er geen afval meer en gaat er geen kwaliteit verloren. Gebouwen die volgens het C2C-principe zijn ontworpen vormen een meerwaarde voor hun omgeving. Dit kan tot uiting komen in de energieprestaties van een gebouw of door de toepassing van volledig recyclebare materialen [website: [cradletocradle](http://cradletocradle.com)].



2.5 RENOVEREN & DUURZAAM BOUWEN

De materiaalgebonden milieubelasting die aan een gebouw kan worden toegekend wordt gedurende de gebouwlevensduur afgeschreven. Indien de theoretische levensduur wordt verkort kan een deel van de milieubelasting niet worden afgeschreven en ontstaat er een restschuld. Dit resulteert in een hoge milieubelasting voor het gebouw. Door een gebouw te renoveren en bepaalde gebouwdelen te vervangen kan een restlevensduur ontstaan. De ontstane restschuld kan vervolgens over deze restlevensduur worden afgeschreven. Hierbij dient de milieubelasting van de nieuwe bouwdelen ook te worden meegenomen. Door een verlenging van de restlevensduur wordt de jaarlijkse afschrijving lager. Dit komt uiteindelijk de milieubelasting van een gebouw ten goede [Nusselder, et al., 2008]. Als de materiaalgebonden milieubelasting van een gebouw wordt beschouwd is renovatie minder schadelijk voor het milieu dan nieuwbouw. Renovatie behelst op dit moment een groot deel van de omzet in de bouw, als gevolg van grootschalige renovatie van naoorlogse wijken (1945-1968). Dit heeft als gevolg dat er veel ontwikkelingen gaande zijn op het gebied van sneller, goedkoper en milieuvriendelijker renoveren [website: senternovem]. De volgende duurzame ontwikkelingen ten aanzien van het aspect 'energie' zijn te onderscheiden:

- Energiebesparende maatregelen
- Duurzame energiebronnen
- Waterbesparende maatregelen
- Duurzaam materiaalgebruik

2.6 DUURZAAM ONTWERPEN

De milieubelasting van gebouwen is op te delen in energie- en watergebruik en materiaalgebruik. Hoe deze zich onderling verhouden is voor kantoorgebouwen onderzocht en gepubliceerd in een rapport met als titel *The sustainable office*⁵. Hiertoe zijn 12 kantoorgebouwen vergeleken. Er wordt geconcludeerd dat voor een kantoorgebouw met een levensduur van 75 jaar het grootste deel van de milieubelasting (80%) wordt veroorzaakt door het energiegebruik. In de praktijk blijkt echter dat de verwachte levensduur voor kantoorgebouwen van 75 jaar niet wordt gehaald. Gevolg hiervan is het totale energiegebruik van een gebouw afneemt. Het materiaalgebruik blijft gelijk, deze is onafhankelijk van de levensduur. Hoe korter de levensduur van een gebouw hoe groter het aandeel van het materiaalgebruik is ten aanzien van de milieubelasting [Dobbelsteen, 2004].

Als de milieubelasting door materiaalgebruik apart wordt beschouwd kan worden verondersteld dat de draagconstructie een groot aandeel levert. Voor zowel voor nieuwbouw als voor renovatie kan de milieulast van een gebouw significant verlaagd worden door de draagconstructie te optimaliseren en door gebruik te maken van duurzame en recyclebare materialen. Door een gebouwplattegrond flexibel te houden zijn eventuele functiewijzigingen in de toekomst niet uitgesloten hetgeen de levensduur van een gebouw kan vergroten.

Door met de volgende genoemde aspecten rekening te houden, zowel bij nieuwbouw als renovatie, kan de duurzaamheid van een gebouw geoptimaliseerd worden:

⁵ Dobbelsteen, A.A.J.F. van den, (2004)., *The sustainable office* (Delft, Copie Sjob, 2004)



- Het gebouw kan verandering in de tijd goed verwerken, flexibiliteit
- De ontwerp- en materiaalkeuze zijn afgestemd op de levensduur van het gebouw
- Investeer in energiebesparende maatregelen en pas duurzame energiebronnen toe
- Pas materialen toe met een lage milieubelasting, zowel in gebruiksfase als in afvalfase

2.7 ENERGIENEUTRAAL BOUWEN

Dit is een bouwconcept dat nog volop in ontwikkeling is en dat in verschillende vormen en benamingen op de markt voorkomt, op dit moment nog specifiek gericht op de woningmarkt. Voorbeelden zijn de balanswoning, de nulwoning en het passief huis. Over het algemeen omvatten deze concepten hetzelfde principe: een hoogwaardig binnenklimaat binnen een volledige dichte gebouwschil, resulterend in een zeer laag en efficiënt energiegebruik. Door een volledige kierdichting en een goed uitgebalanceerd klimaatsysteem is verwarming in de winter nauwelijks noodzakelijk en door gebruik te maken van zonne-energie wordt energie opgewekt voor het gebruik van bijvoorbeeld huishoudelijke apparaten. De dichte schil en een goede zonwering houden de woning in de zomer koel [website: naarenergieneutraal.nl].

De volgende omschrijving kan worden gegeven aan een energieneutraal gebouw [Bosch, et al, 2010]:

- Het gebouw bezit een EPC van 0, het gebouw gebruikt niet meer energie dan dat het genereert.
- Het energiegebruik is zoveel mogelijk gereduceerd, waarbij er zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van duurzame energie, er wordt hergebruikt en/of lokaal energie wordt opgewekt.
- De afvalstromen die worden gegenereerd door drinkwaterzuivering, afvalwaterzuivering en organisch afval dienen meegenomen te worden in de berekening. Voor deze afvalstromen geldt ook een maximale reductie en zoveel mogelijk te hergebruiken en/of lokaal op te wekken.
- Reduceer de CO₂-uitstoot door energie uit hernieuwbare energiebronnen te benutten.

Er bestaan verschillende mogelijkheden om tot een energieneutraal gebouw te komen. Over het algemeen kunnen de volgende strategieën worden aangehouden volgens de Nieuwe TRIAS Energetica Strategie, ontwikkeld aan de TU Delft [Bosch, et al., 2010]:

1. Een vermindering van de vraag
2. Hergebruik van de reststromen
3. Vul de resterende vraag op een duurzame wijze aan

Binnen het energieneutraal bouwen zijn diverse variaties en verbeteringen mogelijk in de vorm van isolatie, kozijnen, klimaatsysteem etc. om de prestigieuze EPC⁶ = 0 waarde te halen. Echter, onderzoek toont aan dat de tot uitvoering gebrachte passieve woningen niet altijd het prestatieniveau behalen dat aanvankelijk berekend was. Oorzaken hiertoe zijn fouten in het gebouwontwerp of het ontwerp van de installatie, een slechte detaillering van koudebruggen e.v.a. of uitvoeringsfouten. Het achteraf uitvoeren van metingen is om bijvoorbeeld luchtlekken in de gebouwschil op te sporen, daarbij komende ook een aspect wat achterwege wordt gelaten [Gommans, 2009].

⁶ De EPC waarde van een gebouw, ofwel energieprestatiecoëfficiënt, drukt de energetische efficiëntie van een gebouw uit in een getalswaarde. De eisen ten aanzien van de EPC waarde zijn vastgelegd in de Nederlandse Normen, NEN2916 voor woningbouw en NEN5128 voor utiliteitsbouw. Sinds 2006 geldt voor woningbouw een minimale EPC-waarde van 0,8. De verwachting is dat deze eis binnen een afzienbare tijd zal worden verzwakt naar een waarde van 0,6.



Een recent onderzoek van Proper Stok Groep in samenwerking met TU Delft, DKV Architecten en Grontmij heeft de haalbaarheid van het energieneutraal bouwen onderzocht. Daarbij is een bestaand appartementsgebouw, de Schutterstoren in Amsterdam, als een case studie uitgewerkt tot een energieneutraal gebouw. Hiertoe zijn verschillende bestaande technieken toegepast op het gebouw en zijn de uitkomsten met elkaar vergeleken. Eén belangrijke conclusie van het onderzoek is dat het haalbaar is om een energieneutraal appartementsgebouw te realiseren en dat er geen afbreuk wordt gedaan aan de duurzame architectuur en het wooncomfort. Naast deze hoofdconclusie wordt er een aantal belangrijke randvoorwaarden genoemd om in de toekomst energieneutraal te kunnen bouwen. De belangrijkste conclusies zijn [Bosch, et al, 2010]:

- Betrokkenheid, ervaring en input van alle partijen in de bouwwereld is nodig om de reeds bestaande technieken te verbeteren en daadwerkelijk toe te passen in de praktijk.
- De werkelijke EPC waarde van een gebouw wordt door het energieneutraal bouwen sterk beïnvloed door het energiegebruik. In de rekenkundige bepaling van deze EPC-waarde in de ontwerpfase wordt dit gebruik niet meegenomen omdat deze onbekend is. Nader onderzoek is hiervoor noodzakelijk.
- Meer bewustwording bij de gebruikers (bewoners) is noodzakelijk om zodoende de vraag naar en het gebruik van energie te reduceren.



2.3 Schutterstoren Amsterdam
Afbeelding: DKV Architecten



Passieve renovatie rijksmonument Latijnse School

Er valt nog veel terrein te winnen op het vlak van energiegebruik en de ontwikkeling van energieneutrale gebouwen. Dit bouwconcept, oorspronkelijk gericht op nieuwbouw, vindt langzamerhand ook zijn toepassing in de renovatie. Het eerste rijksmonument is onlangs gerenoveerd volgens het passief bouwen concept [bouwwereld.nl]. Deze voormalige Latijnse school in het centrum van Middelburg bestaat uit drie bouwdelen stammend uit de 14^e eeuw, eind 19^e eeuw en begin 20^e eeuw. De laatste twee bouwdelen zijn onlangs gerenoveerd tot woon-werkgebouw. Het uiterlijk van de gevel mocht aan de tuinzijde niet veranderd worden, evenals het zinken dak uit 1878. Aan de binnenzijde zijn voorzetkozijnen geplaatst en in de spouw tussen de kozijnen is een zonwering geplaatst. Daarbij is er aan de binnenzijde een isolerende schil aangebracht. Aan de tuinzijde (zuidzijde) zijn extra grote ramen aangebracht zodat er in de winter optimaal gebruik kan worden gemaakt van de instralende warmte. Ondanks de monumentale status van het gebouw bezit het gebouw een zekere aanraakbaarheid. Hierdoor was het mogelijk om de grote kozijnen te plaatsen en het platte dak te vervangen voor een kapconstructie met een lichtstraat die is afgewerkt met zink. Het klimaatsysteem van dit gebouw bestaat uit een energieopwekking door middel van zonnecollectoren en aardwarmte in combinatie met een mechanisch ventilatiesysteem.



2.3 Tuinzijde Latijnse school Middelburg
Afbeelding: Bouwwereld.nl



2.4 Binnenzijde Latijnse school Middelburg
Afbeelding: Bouwwereld.nl



WarmBouwen



2.5 Principe Warm Bouwen
Afbeelding: www.warmbouwen.nl

Een nieuwe duurzame ontwikkeling op het gebied van klimaatbeheersing is het principe 'WarmBouwen'. Op 20 januari 2010 is het octrooi met als titel "Method for controlling the climate in a building, and respective building" toegekend aan Architect E. Karthaus van architectenbureau KBnG. Het concept 'WarmBouwen' behelst een methode voor de klimaatbeheersing van een bouwwerk en maakt gebruik van reeds bestaande technieken. Hierbij worden warmtevoerende lagen in de wanden en vloeren toegepast die in contact staan met een warmteopslag onder het bouwwerk. De wanden en vloeren geven in de winter warmtestraling en in de zomer koudestraling af.



2.6 De Tempel, Den Haag
F.A. Bodde, 1902

Het principe kan worden toegepast op zowel nieuwbouw als op bestaande bouwwerken. Het vindt op dit moment zijn toepassing op het Rijksmonument de Tempel in Den Haag uit 1902, waarbij de CO₂ wordt gereduceerd met 50%. Interessant aan dit project is de enorme verduurzaming van het bouwwerk maar daarbij in stand houdende de karakteristieke architectonische details zoals de marmeren vloeren, lambrisering en de stalen kozijnen.



2.8 DUURZAME KLIMAATBEHEERSING

De ontwikkelingen op het gebied van duurzame klimaatbeheersing volgen elkaar in razend tempo op. De ontwikkelingen richten zich onder andere op energiebesparing, gebruik van duurzame energiebronnen en het reduceren van de energie-uitstoot en het energieverlies. Hieronder is een aantal van deze technieken beschreven. Dit is geen volledige uiteenzetting van alle duurzame technieken en concepten welke er op dit moment op de markt zijn, maar slechts een aantal van deze worden belicht.

Warmtepomp

Een populaire en duurzame vorm van warmteopwekking is een warmtepomp. Een warmtepomp, aangedreven door elektriciteit kan een gebouw in de winter verwarmen en in de zomer koelen. Het rendement van een warmtepomp kan oplopen tot 140%. Een warmtepomp zet door middel van compressie laagwaardige warmte om in hoogwaardige warmte, die gebruikt kan worden voor warm tap water en voor de verwarming van ruimten. Een warmtepomp kan goed gecombineerd worden met lage temperatuursverwarming. Van lage temperatuursverwarming (LTV) is sprake indien de temperatuur van het aangevoerde water om een ruimte te verwarmen lager is dan 55 graden Celsius. De lagere aanvoertemperatuur is mogelijk doordat de warmte wordt afgegeven door een groot oppervlak. LTV verwarmt ruimten door middel van stralingswarmte afkomstig van leidingen verwerkt in vloeren en wanden of van lagetemperatuur-radiatoren. Het principe van LTV is energiezuiniger dan traditionele verwarmingssystemen omdat door de directe straling de luchttemperatuur lager (bijv. 18°C) is zonder verlies aan warmtecomfort.

Warmtekoudeopslag

Warmtekoudeopslag (WKO) slaat het overschot aan warmte in de zomer en het overschot aan kou in de winter, op in een watervoerende zandlaag onder een gebouw. Vervolgens kan deze warmte of kou naar behoefte worden benut.

Duurzame energie

Er zijn diverse energieopwekkende systemen waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurlijke of hernieuwbare bronnen. Voorbeelden van duurzame energie zijn windenergie, zonne-energie, waterkracht energie en bio-energie, aardenergie en kernenergie.

Tweeleidingensysteem

Nieuwbouw wordt steeds vaker voorzien van een tweeleidingensysteem. Hierbij wordt het hemelwater en waswater opgevangen en na zuivering gebruikt als zogenaamd 'grijswater'. Dit kan dienen als bijvoorbeeld toiletpoelwater en waswater voor auto's. Hierdoor treedt een besparing op van het reguliere gezuiverde water.



2.9 TEN BESLUIT

Het credo 'duurzaam' is in de bouwbranche veel gebruikt, daarentegen is de betekenis ervan niet evident. Duurzaamheid duidt op onvergankelijkheid maar wordt ook vaak gebruikt om de volhoudbaarheid aan te geven (sustainable) of de energiezuinigheid. Met behulp van rekensoftware zoals Greencalc⁺ en GPR Gebouw is de duurzaamheid van een bouwwerk meetbaar en kunnen diverse scenario's met elkaar worden vergeleken. Duurzaam Bouwen zou niet alleen gezien moeten worden als een begrip maar ook als een denkwijze die door ontwerpers gehanteerd kan worden. Door markt- en overheidspartijen is in 2008 het 'LenteAkkoord' ondertekend. Aedes, Bouwend Nederland, NEPROM, NVB, de minister van VROM (tegenwoordig I&M) en de minister van WWI hebben als doelstelling een energiereductie van de nieuwbouw in 2015 gesteld. Het actieplan behelst de volgende aspecten:

- Bestaande kennis en ervaringen toegankelijk maken
- De toepassing van energiebesparende pakketten en concepten bevorderen
- Het instellen van implementatieplatforms
- Energiebesparende projecten in beeld brengen
- Een kenniscampagne gericht op de eindgebruiker (consument)

De overheid speelt een belangrijke rol in de ontwikkelingen op het gebied van duurzaam bouwen. Men richt zich naast nieuwbouw ook op bestaande bouw. Voornamelijk de kantorenleegstand krijgt de komende jaren meer aandacht door onder andere een halt toe te roepen aan de nieuwbouw van kantoren als er in de betreffende gemeente nog kantoren leeg staan en daarnaast de mogelijke functiewijzigingen van leegstaande kantoren te onderzoeken.



3

MONUMENTEN



3 MONUMENTEN

Nederland telt ongeveer 93.000 monumenten. Respectievelijk 60.000 rijksmonumenten, circa 3.000 provinciale monumenten en circa 30.000 gemeentelijke monumenten. Een monument kan omschreven worden als een bouwwerk met een grote cultuurhistorische en architectonische waarde [Boeder, et al., 1998]. Het vertelt iets over onze geschiedenis, vanuit zowel sociaal, economisch, als cultureel perspectief. Het behoud en onderhoud van monumenten vergt veel kennis, zodat een historisch bouwwerk niet onherstelbaar beschadigd raakt. Een trend is zichtbaar dat monumenten een nieuwe functie krijgen, op die manier blijft het bouwwerk in gebruik en wordt verval voorkomen. Om als ingenieur of architect of als eigenaar op respectvolle wijze met monumentale bouwwerken om te gaan is enige kennis noodzakelijk.

Het behoud van monumenten is in 1961 vastgelegd in een Monumentenwet. Deze wet is aangepast in 1988. Een bouwwerk beschermd door de monumentenwet bezit zogenaamd 'minstens vijftig jaar oude zaken' die een aantoonbare 'schoonheid', 'wetenschappelijke betekenis' of 'cultuurhistorische waarde' vertegenwoordigt. Deze wet biedt bescherming aan deze gebouwen met een grote cultuurhistorische en architectonische waarde, zodat het behoud en onderhoud ervan gewaarborgd blijft [Boeder, et al., 1998].

3.1 REGELGEVING

Voor gemeentelijke en provinciale monumenten gelden in principe dezelfde rechten en plichten als voor rijksmonumenten. Echter voor rijksmonumenten geldt dat eigenaren gebruik kunnen maken van een fiscale aftrek.

De overheid heeft door middel van haar regelgeving het streven om het karakteristieke uiterlijk van monumentale bouwwerken te behouden. Dit neemt niet weg dat een dergelijk bouwwerk niet aangepast kan worden aan de maatstaven van deze tijd. Een optimalisatie van beide is ideaal.

Om een wijziging aan te brengen aan een monument dient de eigenaar een vergunning te hebben. Het artikel 11 van de Monumentenwet bepaalt dat het verboden is een beschermd monument te beschadigen, zonder vergunning af te breken, te verstoren, te verplaatsen of te wijzigen, dan wel te herstellen en te gebruiken op een wijze die het monument ontsiert of in gevaar brengt. Monumentenzorg streeft ernaar om ingrepen en aanpassingen relatief eenvoudig terug te brengen, ofwel reversibiliteit.

De onderhoudsplicht is uit de Monumentenwet geschrapt. Deze plicht is wel van toepassing indien een eigenaar gebruik maakt van de restauratiesubsidie [Volkers, et al., 1998].



3.2 DUURZAME MONUMENTENZORG

Met de opkomst van Duurzaam bouwen en tal van energiezuinige ontwikkelingen, is over monumenten een beeld ontstaan dat deze zeer zeker niet duurzaam zijn. Uitgangspunt hierbij is de gedachte dat monumenten niet energiezuinig zijn en het gebruiksoppervlakte en de verdiepingshoogte niet meer aansluiten aan de huidige maatstaven. Maar naast energieverbruik en de inhoud van een gebouw spelen andere aspecten ook een rol als het duurzaamheid betreft. Niet bouwen is altijd duurzamer dan bouwen en vanuit deze opvatting volgt dat het behoud van historische gebouwen in zeker opzicht wel als duurzaam kan worden verondersteld. Door de hoge leeftijd van monumenten is de milieubelasting ‘per tijdseenheid’ aanzienlijk lager dan wanneer het nieuwbouw betreft. Dit is een gevolg van de verspreiding van de milieubelasting, afkomstig van gebruikte materialen over de tijd. Tegenwoordig wordt de materiaallast van een gebouw afgeschreven over een periode van 25 jaar. Monumenten kunnen meer dan 100 jaar oud zijn en hebben in tegenstelling tot nieuwbouw een veel hogere milieu-index als het materiaalgebruik betreft [Nusselder, et al., 2007].

De doelstellingen en ambities van Monumentenzorg en Duurzaam bouwen hebben veel raakvlakken. Beide ambiëren het behoud van leefomgeving en materiaal en hebben behoefte aan een individuele aanpak en een lange termijn visie. Een instrument om beide thema's samen te brengen is in september 2008 gepubliceerd in het *Handboek duurzame monumentenzorg*. Hierin wordt het ‘DuMo-rekenmodel’ geïntroduceerd. Het DuMo-rekenmodel dient als bepalinginstrument voor de duurzame monumentenzorg door hiertoe verschillende strategieën op hun geschiktheid en haalbaarheid te toetsen en tegen elkaar af te wegen. Het DuMo-Handboek omschrijft 20 DuMo strategieën die zowel een positief effect kunnen hebben op duurzaamheid als op monumentenbehoud. Elk renovatieproject behoeft een eigen aanpak. De strategieën kunnen dan ook op een passende wijze worden uitgewerkt.

De uitkomst van het rekenmodel levert een ‘DuMo-coëfficiënt’. Deze coëfficiënt dient als hulpmiddel bij de beslissingen en afwegingen die de betrokken partijen betreffende het project moeten maken, gericht op duurzaamheid. De mogelijke verduurzaming van een monument is in grote mate afhankelijk van de ‘aanraakbaarheid’ van een monument. De aanraakbaarheid van een monument wordt bepaald door de hoeveelheid cultuurwaarden die in een monument te onderkennen zijn. Voor het DuMo-rekenmodel is de aanraakbaarheid van een gebouw onderverdeeld in vier ‘aanraakbaarheidscategorieën’, te noemen A, B, C en X. Er worden op de volgende pagina per categorie karakteristieken en referentiegebouwen gedefinieerd. Voor de aanraakbaarheid van een bouwwerk geldt, *hoe hoger en talrijker of omvangrijker de in en aan het monument te onderkennen cultuurwaarden, hoe geringer zijn aanraakbaarheid*.⁷ De DuMo-coëfficiënt bestaat uit een Du-index vermenigvuldigd met een Mo-index. De Du-index is de duurzaamheidsprestatie van een monument uitgedrukt in een getalswaarde. De Mo-index indexeert de mate van aanraakbaarheid van een monument. De Mo-index is hoger naarmate de aanraakbaarheid afneemt en varieert van waarde 1 voor aanraakbaarheidscategorie C tot waarde 3 voor aanraakbaarheidscategorie A. Criteria bij de bepaling van de aanraakbaarheid en de Mo-coëfficiënt zijn [Nusselder, et al., 2007]:

- Kwaliteit en zeldzaamheid van de bouwstijl en architectuur
- Uitvoeringskwaliteit
- Betekenis van het gebouw binnen het oeuvre van de architect of bouwer

⁷ Nusselder, E.A.(Red.).et al..(2008)., *Handboek Duurzame Monumentenzorg* (Rotterdam, SBR, 2008), p. 17



- Historische context
- Relatie met een historisch persoon of gebeurtenis
- Technische staat
- Waarde gebouw voor omgeving

Een beoordeling op deze criteria van monumenten wordt gerelateerd aan andere bouwwerken uit de omgeving en uit dezelfde bouwperiode. Hierbij wordt niet alleen het bouwwerk op zich beschouwd maar ook de afzonderlijke delen. Uitgangspunt bij de beoordeling van de afzonderlijke onderdelen is het waardeniveau van het monument zelf. Zo kan het voorkomen dat een monument dat geclassificeerd is als Categorie A, bepaalde onderdelen met Categorie C bezit en er dus aanpassingen mogelijk zijn.

Het DuMo-rekenmodel is gebaseerd op Greencalc⁺, een in opdracht van de Rijksgebouwendienst ontwikkeld programma om de duurzaamheidsprestatie van gebouwen (nieuwbouw) in kaart te brengen. De duurzaamheidsprestatie van een gebouw kan hiermee worden uitgedrukt in één waarde, de zogenaamde Milieu Index Gebouw (MIG). De uitkomst van het DuMo-rekenmodel is een DuMo-profiel. Bij de bepaling wordt er onderscheid gemaakt tussen de duurzaamheidsthema's energie, materialen, water, binnenklimaat/comfort en divers. Om de duurzaamheidsprestatie van een monument in kaart te brengen wordt een vergelijking gemaakt met een referentiegebouw. Dit referentiegebouw heeft overeenkomsten met het te onderzoeken gebouw zoals de functie en het bruto vloeroppervlak. Het referentiegebouw voldoet aan de geldende eisen van het bouwbesluit van 1990 en heeft index van 100. Een project kan in vergelijking tot het referentiegebouw hoger of lager scoren. Er geldt dat hoe duurzamer een project hoe hoger de Du-index. Belangrijke verschillen tussen Greencalc⁺ en het DuMo-rekeninstrument zijn de uitgangspunten. Voor nieuwbouwprojecten wordt een gemiddelde levensduur variërend van 35 jaar voor kantoorgebouwen en 75 jaar voor woningen aangenomen. Een monument heeft een veel langere levensduur en heeft daarnaast veelal te maken met een piekbelasting. In vergelijking tot nieuwbouw zijn de eisen met betrekking tot klimaat en comfort soepeler.

De uitkomst van het DuMo-rekeninstrument is slechts indicatief. Het dient als hulpmiddel om verschillende duurzaamheidsstrategieën tegen elkaar af te wegen. Het wordt aanbevolen om ook voor de huidige situatie een berekening uit te voeren en zodoende de effecten van de te nemen maatregelen beter in kaart te brengen [Nusselder, et al., 2007].



De indeling van aanraakbaarheidscategorieën is als volgt:

Categorie A – Museaal Documentair

Het handhaven van de cultuurhistorische waarden dient als uitgangspunt, waarbij de hoofddraagstructuur tot en met de afwerkingdetails onaangetast dienen te blijven. Functionele aanpassingen worden veelal door het gebouw zelf bepaald en zijn alleen mogelijk indien deze niet schadelijk zijn voor de historiciteit. Belangrijke ingreepgronden zijn publiekstoegankelijkheid en het behoud van het monument. Zie afbeelding 3.1.



3.1 Villa Sonneveld, Rotterdam
Brinkman en Van der Vlugt (1933)

Categorie B – Museaal Functioneel

Functionele aanpassingen en ingrepen zijn mogelijk zolang cultuurhistorische waarden behouden blijven. De cultuurwaarde is zeer hoog. Er zijn echter onderdelen aan het gebouw waar relatief ruime ingreepmogelijkheden zijn. Zie afbeelding 3.2.



3.2 Mauritshuis, Den Haag
Jacob van Campen & Pieter Post (17e eeuw)

Categorie C – Monumentaal Flexibel

Ingrepen en aanpassingen uit het verleden zijn duidelijk zichtbaar. Aanpassingen zijn toelaatbaar indien binnen de randvoorwaarden van cultuurbehoud en dienstbaar aan de functionele prestatie. Zie afbeelding 3.3.



3.3 Het Arsenaal, Naarden
(1688)

Categorie X – Functioneel Flexibel

Gebouwen binnen deze categorie zijn niet beschermd. Architect en eigenaar bepalen zelf het ingreepniveau. Deze gebouwen bezitten (nog) niet de officiële monumentale status maar kunnen wel een A-, B- of C- kwaliteit hebben. Zie afbeelding 3.4.



3.4 Watertoren, Bussum
H.P.N. Halbertsma (1897)



3.3 TEN BESLUIT

Vele wetten en regels dienen de monumenten in Nederland bescherming te bieden. Echter, als er sprake is van herbestemming als gevolg van leegstand, vormen deze wetten en regels een grote belemmering. In november 2009 heeft de Tweede Kamer ingestemd met de moderniseringsplannen voor de monumentenzorg van (toenmalige) Minister Plasterk. De veranderingen richting zich op:

- De cultuurhistorische belangen laten meewegen in de ruimtelijke ordening.
- Krachtiger en eenvoudiger regels
- Het herbestemmen van monumenten die hun functie verliezen

Het nieuwe beleidsplan richt zich nog steeds voornamelijk op het behoud van de monumenten. De monumentenzorg vormt door de nieuwe wet een onderdeel van de ruimtelijke plannen. Gemeenten worden hierdoor verplicht om cultuurhistorische waarden op te nemen in hun bestemmingsplan. Deze wet kan een monument bescherming bieden maar kan ook een gebiedsontwikkeling belemmeren. Cultuurhistorische waarden en ruimtelijke plannen dienen goed tegen elkaar te worden afgewogen. De overheid stimuleert daarnaast de herbestemming van leegstaande monumenten door een nieuwe en passende functie voor het gebouw en de omgeving te zoeken. Het procedurele traject van het herbestemmen van monumentale bouwwerken zal door de hervormingen van de monumentenzorg in de toekomst eenvoudiger worden [Snodijk, 2010].

Het op Greencalc⁺ gebaseerde DuMo-rekenmodel is speciaal ontwikkeld om de duurzaamheidsprestatie van monumenten in kaart te brengen. De duurzaamheidsprestatie wordt uitgedrukt in een getalswaarde welke bestaat uit een Du-index en een Mo-coëfficiënt. Het vertekende beeld van monumenten dat deze niet duurzaam zijn omdat ze niet energiezuinig zijn wordt gecompenseerd door de lange levensduur van het object en cultuurhistorische of architectonische waarde. De uitkomst van het rekenmodel zou getalsmatig vergeleken kunnen worden met de uitkomst van een Greencalc⁺ berekening van een nieuwbouw variant. Dit komt doordat de relatief lage Du-index van een monument wordt vermenigvuldigd met een waarde van 1 tot 3 (de Mo-coëfficiënt).

De Du-index wordt samengesteld uit een milieubelasting door het materiaalgebruik, energie- en waterverbruik van een gebouw. Ten aanzien van het deel 'materialen' kan globaal worden aangegeven wat de afmetingen van het gebouw zijn en welke materialen er zijn toegepast. Indien het gebouw ouder is dan 75 jaar zal de milieubelasting veroorzaakt door het aspect 'materiaal' vrijwel nul zijn. Op basis van de oppervlakte gegevens wordt het standaard aantal gebruikers berekend door het programma. Door een invoer van de gebruiksfunctie en de gebruikerstijden van een gebouw overdag en 's avonds wordt de hoeveelheid gebruikte energie van het gebouw geschat. Op basis van deze gegevens en door aan te geven wat de isolatiewaarden (R_c)⁸ zijn van de gevels, de vloer en het dak en een aanduiding van het verwarmings- en koelingssysteem wordt het energieverlies bepaald. Het energiegebruik en het energieverlies bepalen beide de milieubelasting van het gebouw voor het aspect 'energie'. Het aandeel 'water' wordt gebaseerd op het waterverbruik en de eventueel aanwezige waterbesparende maatregelen. Het aandeel 'water' ten aanzien van de Du-index is echter gering. De

⁸ De R_c - waarde van een gevel of een dak kan omschreven worden als de thermische weerstand tegen geleiding van dat constructiedeel. Hoe hoger de R_c -waarde, hoe beter de thermische weerstand. De thermische weerstand (R_c [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]) is afhankelijk van de dikte van de constructiedelen (d [m]) en de thermische geleidbaarheid (λ [$W \cdot K^{-1} \cdot m^{-1}$]) van die afzonderlijke delen. " $R_c = d/\lambda$ "



Mo-coëfficiënt wordt bepaald aan de hand van de kwaliteit en de zeldzaamheid van de bouwstijl, architectuur en uitvoeringskwaliteit en de relatie van het gebouw met een historische gebeurtenis of ontwikkeling. Als het gebouw een belangrijke betekenis heeft voor de omgeving zal dit ook mede de Mo-coëfficiënt bepalen. De Mo-coëfficiënt heeft een waarde variërend van 1 tot 3. Hoe geringer de aanraakbaarheid van een gebouw, hoe hoger de Mo-coëfficiënt.



4 SLOPEN OF HERGEBRUIKEN



4 SLOPEN OF HERGEBRUIKEN

VOORoorlogse en Naoorlogse Bouwkunst

Behoud van belangrijke Nederlandse bouwwerken is van groot belang vanuit cultuurhistorisch perspectief maar ook voor toekomstige generaties ontwerpers en opdrachtgevers voor wie deze bouwwerken een belangrijke bron van inspiratie zijn. Helaas komt het met enige regelmaat voor dat een bouwwerk een grote hedendaagse architectonische waarde bezit, maar desondanks toch in aanmerking komt voor sloop. Deze gebouwen kunnen niet beschermd worden door de Monumentenwet omdat deze bepaalt dat een bouwwerk minimaal '50 jaar oude zaken' dient te bezitten. Vanuit cultuurhistorisch perspectief is de verdwijning van de naoorlogse architectuur een slechte ontwikkeling. Er dreigt een gat te ontstaan tussen de klassieke vooroorlogse monumenten en de meer industriële hedendaagse architectuur [Back, et al., 2004].

Voorafgaande aan de beslissing tot sloop of hergebruik van een bouwwerk ondergaat het tal van analyses en overwegingen op het gebied van economie, logistiek en comfort. Indien het een monument betreft zal de afweging tot sloop in eerste instantie niet zo zeer meespelen. Inmiddels is het besef van de cultuurhistorische waarde van deze vooroorlogse bouwwerken doorgedrongen in de maatschappij. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet welke factoren van invloed zijn op het besluit tot sloop of hergebruik van bouwwerken - in het algemeen - en van 'jonge monumenten'.

4.1 MAATSCHAPELIJKE BEDREIGINGEN

Zoals Winston Churchill ooit beschreef: *"We shape our buildings; thereafter our buildings shape us."* Zo is de afspiegeling van onze consumptiemaatschappij in de bebouwing zichtbaarder dan ooit. Gebouwen worden afgeschreven als gevolg van weinig kennis van cultureel en historisch erfgoed en de steeds hoger gestelde eisen door de gebruiker.

Als het bouwwerken betreft worden beslissingen vrijwel altijd gemaakt op basis van economische aspecten. Bij de afweging sloop of hergebruik spelen deze aspecten ook een belangrijke rol. Een volledige afweging is noodzakelijk bij de afweging sloop of hergebruik. Hierbij spelen overwegingen op het gebied van economie, logistiek en comfort een belangrijke rol maar ook dienen de historische en architectonische waarde van een gebouw vastgesteld te worden. Indien de huidige gebouwfunctie niet meer volstaat, kan onderzocht worden welke functiewijzigingen mogelijk zijn.



4.2 REGELGEVING & LEEGSTAND

De ingevoerde bouwregelgeving op het gebied van arbeidsomstandigheden, milieu, brandpreventie, volkshuisvesting en klimaatbeheersing heeft vaak een negatief effect op de instandhouding van de bestaande bebouwing. Soms is het mogelijk dat er voor bepaalde artikelen uit het Bouwbesluit een vrijstelling wordt verleend. Hierdoor is het mogelijk dat de herontwikkeling van een 'jong monument' zijn doorgang kan vinden en toch zijn karakteristieke uiterlijk kan behouden [Back, et al., 2004].

Leegstand vormt een grote bedreiging voor de hedendaagse architectuur en kan verschillende oorzaken hebben. Bijvoorbeeld een overschot aan een bepaald type bebouwing, het gebouw voldoet niet meer aan de huidige maatstaven of door industriële en maatschappelijke ontwikkelingen is een gebouw in zijn huidige functie overbodig geworden. Het is de taak van opdrachtgevers, architecten en de Nederlandse overheid om deze bouwwerken, zeker wanneer er sprake is van architectonische en/of cultuurhistorische waarden, niet direct af te schrijven. Door de vraag vanuit de markt te onderzoeken en de omgeving in ogenschouw te nemen kan een bouwwerk een andere functie krijgen. Hierbij speelt het creatieve en oplossende denkvermogen een belangrijke rol.

Inspirerende Bouwkunst

Door diverse bedreigingen van voornamelijk de 'jonge bouwkunst', is de Rijksgebouwendienst een initiatief gestart om deze bouwwerken een bescherming te bieden. Het betreft een lijst van 16 bijzondere, naoorlogse gebouwen van diverse architectuurstromingen die van invloed waren op de ontwikkeling van de Nederlandse architectuur. De lijst is in 2004 samengesteld en gepubliceerd in het boek *'Gesloopt, gered, bedreigd'* op initiatief van toenmalig Rijksbouwmeester Jo Coenen, in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Rijksgebouwendienst. In principe heeft elke Rijksbouwmeester het recht om bij zijn vertrek vijf nieuwe bouwwerken voor te dragen voor deze lijst. De kenmerkende waarden van de Nederlandse architectuur vormen een belangrijk thema bij onderhoud of aanpassing van de lijst Inspirerende Bouwkunst.



4.1 Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag
Gijsbert Friedhoff en Mart Bolten, 1963



4.2 Uitbreiding Rijksmuseum Kröller-Müller, Otterlo
Wim Quist, 1977



4.3 TEN BESLUIT

De werkelijke waarde van een object is lastig te bepalen. Er bestaat een verschil tussen de boekwaarde van een object en de marktwaarde ervan. Een object kan bijvoorbeeld een hele lage boekingswaarde hebben maar voor een hoge prijs worden verkocht. Gevolg hiervan is dat de overweging sloop niet altijd optimaal is. Om sloop ten gevolge van langdurige leegstand te voorkomen, dient een optimalisatie van de economische aspecten niet zozeer hoofdthema te zijn, maar het bouwwerk zelf, de omgeving en de mogelijkheden van beide [Back, et al., 2004].

Bij de economische overwegingen dient men de volgende aspecten in ogenschouw te nemen:

- De sloop en vernietigingskosten
- De betaling van rente en/of erfpacht bij braakliggend terrein
- De aanvraag van vergunningen
- Een wijziging bestemmingsplan
- De optie 'sloop' heeft een hoge milieubelasting

Een gedegen gebouw- en locatieanalyse kunnen tot verrassende uitkomsten leiden. Door niet een percentage van de bouwsom te nemen maar de exacte bouwplaatskosten te berekenen en een strikte planning te maken is het mogelijk dat renovatie en herbestemming van een bouwwerk een positieve uitwerking hebben. Sloop kan hiermee voorkomen worden.

Niet alle waardeoordelen die aan een gebouw worden toegekend zijn in geld uitdrukbaar. Voorbeelden hiervan zijn de cultuurhistorische waarden, de maatschappelijke waarden of architectonische waarden. Deze zijn door een object in de loop der tijd ontwikkeld. Zo wordt de historische en/of architectonische waarde van vooroorlogse architectuur over het algemeen wel erkend maar is dit nog niet altijd het geval bij de jonge, naoorlogse architectuur [Back, et al., 2004].

Te allen tijde vormen de stedenbouwkundige aspecten ook een belangrijke wegingsfactor. Het is aan de overheid, opdrachtgevers en architecten om alle bovengenoemde overwegingen in ogenschouw te nemen. Historische bouwwerken maar ook nieuwe ontwikkelingen in een dorp of stad kunnen zo zichtbaar met elkaar verweven zijn.



5 HERBESTEMMING



5 HERBESTEMMING

Hergebruik van bouwwerken is een zichtbare trend in Nederland en wordt ook wel omschreven als een herontwikkeling, transformatie of een herbestemming, indien er bij dit hergebruik ook sprake is van een functiewijziging. De situatie doet zich voor dat een bouwwerk al een aantal decennia in een stad gelegen is maar zijn oorspronkelijke functie heeft verloren. De optie sloop krijgt veel tegenstand van omwonenden omdat het bouwwerk al jaren deel uitmaakt van het stadsgezicht en daardoor een aanzienlijke culturele en maatschappelijke waarde heeft ontwikkeld. Het geven van een andere functie aan een gebouw behoort in dit geval tot de oplossingsmogelijkheden. Belangrijk is om bij een dergelijke functiewijziging het gebouw zelf maar ook de stedenbouwkundige aspecten in ogenschouw te nemen. Om te bepalen welke nieuwe functie geschikt is, kan gekeken worden naar de vraag vanuit de markt. Zo kunnen oude industriële gebouwen en kantoorgebouwen omgevormd worden tot woongebouwen als er in het betreffende gebied een grote vraag is naar extra woonvoorzieningen. Maatschappelijk draagvlak bij herbestemming van gebouwen is een belangrijke factor en kan zelfs het proces van initiatie tot oplevering bespoedigen [Van der Voordt, et al., 2007]. De transformatie van kantoorgebouwen naar woningen wordt door het ministerie van I&M (voormalig VROM) gestimuleerd. In de doelstellingen voor de woningproductie tussen 2005 en 2010 worden 25.000 woningen gerekend die niet door nieuwbouw ontstaan, maar door bijvoorbeeld het verbouwen van kantoorpanden [website: I&M (voormalig VROM)].

Westergasfabriek

Een voorbeeld van geslaagde herontwikkeling is de Westergasfabriek (1883) te Amsterdam. Het bouwwerk had zijn voormalige functie als steenkolengasfabriek in de jaren zestig verloren. Wat over bleef was een vervuild terrein van 14 hectare welke door het Gemeentelijk Energiebedrijf werd gebruikt als opslag en werkplaats. Begin jaren negentig werden de gebouwen gebruikt voor creatieve en culturele activiteiten, hierdoor kreeg de Westergasfabriek een nieuwe impuls. Uiteindelijk heeft het gebied een definitieve culturele bestemming gekregen en vormt het nog steeds een belangrijke culturele hotspot van Amsterdam.



5.1 Westergasfabriek te Amsterdam



5.1 TOETSING EN BESLUITVORMING

Voorafgaande aan de transformatie van een bouwwerk vindt er een toetsing plaats. Belangrijk is om hierbij het bouwwerk zelf maar ook de omgeving in ogenschouw te nemen. De volgende aspecten van een gebouw kunnen worden getoetst. Dit gebeurt op basis van conditie, kwaliteit en regelgeving:

- Draagconstructie
- Gebouwschil en toegangen
- Installaties
- Ruimte

De herontwikkeling van bouwwerken is multidisciplinair en goede besluitvorming is daardoor zeer complex. Om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen dienen in de besluitvorming vele aspecten tegen elkaar te worden afgewogen. In de onderstaande matrix zijn de transformatiethema's voor onderzoek en besluitvorming weergegeven. Door de auteur is ter indicatie een invulling van de tabel gedaan. De nummers in de kolom van het betreffende besluitvormingsniveau – voorraad, gebouw, locatie of markt – verwijzen naar de mogelijke transformatiethema's zoals genoemd is in de desbetreffende rij. Bijvoorbeeld voor rij 1, waar het transformatiethema '3 – toekomstwaarde' wordt beïnvloed door het gebouw, door de locatie en door de markt.

TRANSFORMATIETHEMA'S VOOR ONDERZOEK EN BESLUITVORMING	Vraag en aanbod op verschillende besluitvormingsniveaus			
	Voorraad	Gebouw	Locatie	Markt
1. Functioneel				
1. Afstemming aanbod – vraag	1	2, 3	3	1, 3
2. Functionele inpassing				
3. Toekomstwaarde				
2. Technisch				
1. Renovatietechniek		1, 2, 3		
2. Bruikbaarheid casco/gevel				
3. Milieu/Arbo				
3. Cultureel				
1. Architectonisch		1, 2, 3, 4	2, 3, 4	
2. Historisch				
3. Symbolisch				
4. Emotioneel				
4. Financieel				
1. Kosten	6	1, 2, 3, 4, 5	2, 3	2, 3, 4, 6
2. Opbrengsten				
3. Toekomstwaarde				
4. Financiering				
5. Subsidiereregelingen				
6. Werving/aankoop				
5. Juridisch				
1. Bouwbesluit		1, 3, 4	2, 3	
2. Bestemmingsplan				
3. Overige wetgeving				
4. Eigendomsverhoudingen				
6. Organisatorisch				
1. Stappen in de besluitvorming	1, 2	1, 3	2	1, 2
2. Stakeholders				
- Initiatiefnemer				
- Aanbieder				
- Vragers				
- Overheid, marktpartijen				
3. Beleid				

Tabel 5.1 Transformatiethema's voor onderzoek en besluitvorming

Bron: Geraedts, R.P. & D.J.M. van der Voordt (2005), 'Van leegstand naar herbestemming', *Real Estate Magazine*, nr. 39, november 2005, p. 12-17.



5.2 KANSEN EN BEDREIGINGEN

In Nederland zijn de afgelopen jaren veel historische bouwwerken getransformeerd tot bijvoorbeeld een woongebouw, cultureel centrum of kantoorgebouw. Uit die projecten en ervaringen is veel lering getrokken. Zoals de financiële haalbaarheid van een project, die vergroot kan worden door gebruik te maken van fiscale voordelen die kunnen optreden bij een functiewijziging. Dit kan het geval zijn wanneer een bouwwerk wordt omgevormd tot appartementsgebouw. Door voorafgaande aan de verbouwing een bouwwerk op te splitsen in appartementsrechten geldt een overdrachtsbelasting van 6 % in plaats van 19 %, omdat het bestaande bebouwing betreft. Als de koper de appartementsrechten binnen zes maanden doorverkoopt is hij geen overdrachtsbelasting verschuldigd. Andere mogelijkheden om de financiële haalbaarheid te vergroten is het aanwenden van subsidies en het vergroten van de gebouwcapaciteit. Het vergroten van de gebouwcapaciteit is mogelijk door een bouwwerk uit te breiden door bijvoorbeeld extra verdiepingen op het gebouw te plaatsen. Het optoppen van een gebouw behoort tot de mogelijkheden wanneer de draagconstructie van een fundering een zekere overcapaciteit bezit [Van der Voordt, et al., 2007].

Graansilo Korthals Altes

De situering van een gebouw in zijn omgeving zal bij een functiewijziging ook in ogenschouw moeten worden genomen. Hierbij kan gedacht worden aan de veranderende behoefte aan parkeervoorzieningen. Hiervan kan sprake zijn als een gebouw wordt getransformeerd van pakhuis naar bijvoorbeeld woningen. Een geslaagd voorbeeld is transformatie project de Graansilo Korthals Altes te Amsterdam, gelegen aan het IJ. Er zijn 181 woningen in aangebracht waarbij de benodigde parkeervoorzieningen zijn weggewerkt onder de kade in twee ondergrondse parkeergarages met een mechanisch parkeersysteem. Het gevelbeeld blijft hierdoor onaangetast.



5.2 Graansilo Korthals Altes, Amsterdam
J.F. Klinkhamer en A.L. van Gendt (1896)
J. van Stigt (2001)



5.3 INVLOED DRAAGCONSTRUCTIE EN GEVEL

De draagconstructie van een bouwwerk kan als het meest permanente gebouwdeel worden verondersteld. De kwaliteit en kwantitatieve eigenschappen van een draagconstructie kunnen van grote invloed zijn op de mogelijkheden tot herbestemming. De onafhankelijkheid van een constructie, de draagcapaciteit en ruimte die wordt geboden door een constructie zijn de meest elementaire gebouweigenschappen die de transformatiecapaciteit van een bouwwerk direct beïnvloeden. De gevel is voornamelijk een beeldbepalende factor en daarom van grote invloed op de transformatiecapaciteit. Veranderende eisen ten aanzien van het binnenklimaat veroorzaken veelal ingrijpende aanpassingen aan een gevel. Om de transformatiecapaciteit van een bouwwerk te onderzoeken kan een analyse worden gemaakt op basis van de volgende gebouwaspecten:

- Constructie
- Gebouwschil
- Installaties
- Ruimteplan
- Ontsluiting

Door voor een gebouw te onderzoeken hoe deze gebouwaspecten zich onderling verhouden en hoe deze de onafhankelijkheid, draagcapaciteit en ruimte beïnvloeden, kan een waarde worden toegekend aan deze gebouwaspecten. Indien hieraan een grote waarde kan worden toegekend bezit het gebouw een grote mate van passieve flexibiliteit. Passieve flexibiliteit kan worden omschreven als het vermogen om veranderingen aan gebouwonderdelen aan te brengen zonder dat het noodzakelijk is om hierbij de constructie aan te passen. Een voorbeeld van passieve flexibiliteit is het vermogen om een ruimteplan te wijzigen; lichte scheidingswanden worden verwijderd en de ruimte wordt opnieuw ingedeeld. Hierbij worden nieuwe lichte scheidingswanden aangebracht. Indien de bestaande constructie niet aangepast hoeft te worden kan worden verondersteld dat het gebouw ten aanzien van het ruimteplan een zekere passieve flexibiliteit bezit [Van der Voordt, et al., 2007].

Onafhankelijkheid van een constructie zegt iets over de functiedeling van een gebouw ten aanzien van andere gebouwaspecten. De functiedeling ontstaat door een combinatie van de draagconstructie en het ruimteplan. Indien er sprake is van dragende wanden en/of gevels, is er veel samenhang tussen de constructie en de functiedeling van een bouwwerk. Aanpassingen aan de gevel en de functiedeling zijn dan gecompliceerd.

Draagcapaciteit beïnvloedt de mogelijkheden tot het transformeren naar een gebruiksfunctie met een hogere variabele belasting. Tevens beïnvloedt de draagcapaciteit in zekere mate de mogelijkheid tot het vrij verplaatsen en wijzigen van scheidingswanden, het wijzigen van installaties of het aanbrengen van een nieuwe afwerklaag etc. Daarbij komt ook beïnvloedt de draagcapaciteit de flexibiliteit van de constructie zelf, zoals de mogelijkheid tot het aanbrengen van sparringen of het aanbrengen van extra verdiepingen op een gebouw.

Ruimte in een gebouw is gerelateerd aan mogelijke aanpassingen aan een gebouw. Zowel voldoende oppervlakte als verdiepingshoogte binnen een gebouw hebben beide een positieve uitwerking op de transformatiecapaciteit. Voldoende ruimte is nodig om extra installaties op te nemen of het creëren van extra stijgpunten in een gebouw.



5.4 FLEXIBILITEITSRELATIES

Constructieve Flexibiliteits- relaties	Gebouwlaag					
	Ruimteplan	Gebouwschil	Installaties	Ontsluiting		
CONSTRUCTIE	Onafhankelijkheid Laagfunctie Laagverbindingen					R Onafhankelijk- heid
	Draagcapaciteit					R Draag- capaciteit
	Ruimte Hoogte Oppervlakte					R ruimte
	Resulterende scores	R ruimteplan	R gebouwschil	R installaties	R ontsluiting	

Tabel 5.2 Flexibiliteitsrelaties

Bron: D.J.M. van der Voordt, et al., (2007), *Transformaties van kantoorgebouwen*, p. 247.

In bovenstaande tabel kunnen van een constructie de flexibiliteitsrelaties ten aanzien van de overige gebouwaspecten worden aangegeven. In de tabel kan per onderdeel een score worden toegekend, bijvoorbeeld van 1 tot en met 9. De score is gebaseerd op de capaciteit van de draagconstructie en in hoeverre deze voldoet aan de vereiste capaciteit. Hoe hoger de score, hoe groter de flexibiliteit ten aanzien van de transformatie. Een gebouw met dragende wanden, of een korte vloeroverspanning kan bijvoorbeeld een redelijke draagcapaciteit bezitten (een hoge score) maar de ruimte is daardoor minder flexibel (een lage score). Indien er sprake is van ondercapaciteit kan worden onderzocht welke maatregelen mogelijk zijn om de capaciteit te vergroten en welke kosten deze met zich meebrengen. De te maken kosten hangen in grote mate samen met de wijziging van de krachtswerking in een constructie. Grote variabelen hierin zijn de grootte van de om te leiden krachten en de afstand waarover de krachten verplaatst worden. Bij aanpassingen aan de draagconstructie is een oplossing waarin de krachtswerking, zowel verticaal als horizontaal, zo min mogelijk wordt gewijzigd wellicht de meest effectieve. Uiteindelijk dienen het ruimtelijke plan van de architect en de constructieve aanpassingen, bedacht door de constructeur goed op elkaar te worden afgestemd. Zo ontstaat een integrale oplossing waarbij de functionele, esthetische en constructieve aspecten goed tegen elkaar zijn afgewogen. Zodoende kunnen hoge aanpassingskosten bespaard blijven en zal de oplossing duurzamer zijn dan wanneer enkel naar de functionele en esthetische aspecten gekeken wordt.



De gevel heeft een fysiek sterke koppeling met de hoofddraagconstructie. Alle krachten die op de gevel werken en het eigen gewicht worden afgedragen naar de achterliggende constructie. De hoofdlijnen van de gevel worden hierdoor in grote mate bepaald door de constructieve structuur van een bouwwerk. Als de gevel nog in goede staat verkeert zijn enkel isolerende maatregelen van toepassing. Isolatie vindt doorgaans plaats door het plaatsen van extra isolatie aan de binnen- of buitenzijde van een gevel of door het plaatsen van nieuwe kozijnen met dubbel glas. Andere mogelijke ingrepen die het gevelbeeld doorgaans meer aantasten zijn het plaatsen van zonwering of een tweedehuid façade of zelfs het vervangen van de bestaande gevel door een nieuwe gevel. De laatste ingreep geeft tevens de mogelijkheid om de nieuwe gevel volledig af te stemmen op de nieuwe gebouwfunctie in plaats van andersom. Evenals de draagconstructie heeft ook de gevel een duidelijke relatie met de verschillende bouwlagen. De gevel heeft naast de functie als gebouwschil ook een esthetische functie en vaak zijn ingrepen uit het verleden aan de gevel duidelijk zichtbaar. Aan de gevel kan de bouwperiode, en de bouwstijl worden afgeleid aan de hand van materialen en technieken. De flexibiliteit ten aanzien van de gevel is hierdoor voor elk project uniek en eventueel aan te brengen wijzigingen dienen voor elk project opnieuw te worden afgewogen.

5.5 TRANSFORMATIE NAAR WONINGEN

Het lijkt een voor de hand liggende ontwikkeling, het transformeren van kantoren naar woningen door een overschot op de kantorenmarkt, ongeveer 13% in 2009 [Van Elp & Zuidema, 2010] en een tekort op de woningmarkt, ongeveer 2,5 %. [Van der Voordt, et al., 2007] Het overschot op de kantorenmarkt heeft diverse oorzaken waarvan een laagconjunctuur en een constante uitbreiding van de voorraad zonder vraag vanuit de markt hoofdzakelijk ten grondslag liggen. Daarbij heeft tevens een verschuiving plaatsgevonden van kantoren aan de rand van de stad naar de binnenstad. In de jaren zestig werden veel kantoren op buitenstedelijke locaties gebouwd en waren zo goedkoop en tevens goed bereikbaar per auto. Tegenwoordig wenst men een werkplek op een binnenstedelijke locatie met diverse voorzieningen en levendigheid omgeven en die daarbij goed bereikbaar is met het openbaar vervoer. De verwachting is dat de kantorenleegstand structureel is en dat zelfs in een periode van sterke economische groei de kantorenleegstand zal blijven bestaan.

De kans op een geslaagde transformatie van kantoorgebouw naar woongebouw is van een aantal zaken afhankelijk; de locatie, de marktwaarde van het kantoorpand en de welwillendheid van de gemeente spelen in dit proces een belangrijke rol. Daarbij is er diverse regelgeving beschikbaar in de vorm van het bestemmingsplan, het Bouwbesluit en de NEN normen die bij een functiewijziging van grote invloed zijn. Het bestemmingsplan legitimeert de functiewijziging terwijl in het Bouwbesluit de minimale oppervlakte- en hoogte-eisen zijn vastgelegd per functie. In de normen zijn eisen vastgelegd met betrekking tot de geldende belastingen voor diverse gebruiksfuncties.

Tot 2008 moest er voor een geplande herbestemming van een gebouw een zogenaamde Artikel-19 procedure gestart worden. Deze procedure bestaat inmiddels niet meer; er zijn nu twee mogelijkheden om de gewenste herbestemming legitiem te laten zijn. Men kan hiertoe een nieuw bestemmingsplan maken of een zogenaamd projectbesluit nemen. Een projectbesluit lijkt enigszins op een artikel-19 procedure maar wordt in de praktijk nauwelijks toegepast vanwege het langdurige traject van procedures en beslissingen. Bovendien zou in het geval van een projectbesluit binnen twee jaar een bestemmingsplan moeten worden vastgesteld. In het kader van de Crisis- en Herstelwet is deze laatstgenoemde verplichting komen te vervallen. Onlangs is de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (WABO) in werking getreden. Deze wet zal waarschijnlijk ook de herbestemming gaan regelen. Dit houdt in dat een projectbesluit-wijziging door middel van een



omgevingsvergunningsprocedure kan worden aangevraagd. Dit traject zal waarschijnlijk korter duren dan een projectbesluit-procedure [winst met de Wabo, 2009].

Ten aanzien van de eisen geldende vanuit het Bouwbesluit heeft een gemeente de bevoegdheid om op bepaalde aspecten vrijstelling te verlenen. Bijvoorbeeld voor een minimale verdiepingshoogte of een Rc-waarde van een gevel waaraan niet wordt voldaan. In principe wordt een te transformeren gebouw eerst getoetst aan de regelgeving geldende voor bestaande bouw en dient het inbouwpakket vervolgens te voldoen aan de voor nieuwbouw geldende eisen. Bij een transformatie van kantoren naar woningen zijn voornamelijk de Bouwbesluit eisen op het gebied van brandveiligheid, geluidsbelasting, daglicht en ventilatie afwijkend en op dat vlak bevinden zich dan ook de knelpunten.

Door een functiewijziging kunnen veel gebouweisen veranderen hetgeen een herbestemming zeer complex kan maken. Desalniettemin heeft het transformeren van kantoren naar woningen substantieel gezien slechts een geringe bijdrage aan de leegstand in de kantorenmarkt en het tekort op de woningmarkt. De verwachtingen variëren van 4% tot 10% van het totale kantorenaanbod dat geschikt is voor een eventuele herbestemming [Van der Voordt, et al., 2007].

5.6 TEN BESLUIT

Aan de mogelijkheden tot een transformatie liggen vele gebouweigenschappen en invloeden van buitenaf ten grondslag. Door al in de ontwerpfase enige flexibiliteit op te nemen in het ontwerp kunnen de kansen ten aanzien van een mogelijke functiewijziging in de toekomst, significant vergroot worden. Buiten de technische eigenschappen van een gebouw om zijn er ook andere aspecten die de transformatie kunnen beïnvloeden. Dit zijn onder andere de omgeving, cultuurhistorische waarde, wet- en regelgeving, etc.

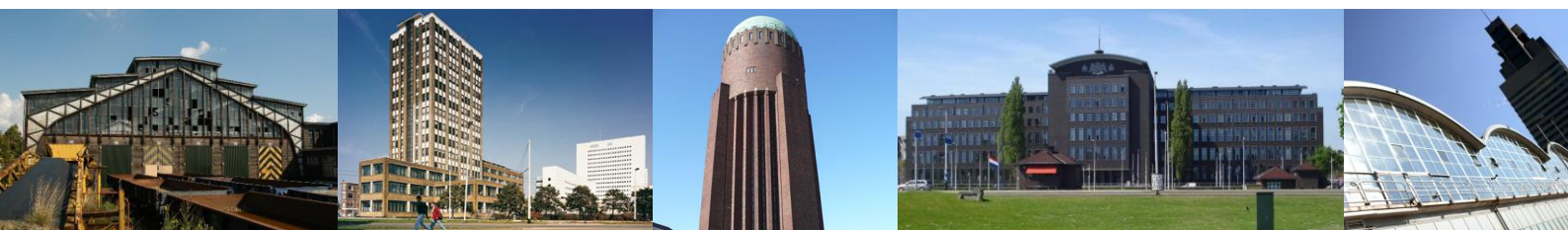
Voornamelijk het overschot op de kantorenmarkt is een actueel vraagstuk. Herbestemming naar woningen lijkt een voor de hand liggende oplossing maar niet alle kantoorgebouwen komen hiervoor in aanmerking. Daarbij hebben lange procedurele trajecten en de hoge transformatiekosten een negatieve invloed. Omdat projectontwikkelaars weinig ervaring hebben met het transformeren van gebouwen durven zij het risico niet altijd te nemen. Het gevolg is langdurige leegstand en een waardedaling van de desbetreffende gebouwen.

Ondanks de vele tegenwerpingen zijn er ook veel goede aspecten te benoemen van een herbestemmingsproject. Zo ontstaat er veelal een uniek gebouw, met een rijke historie. Daarbij wordt een groot deel van het gebouw ook nog eens hergebruikt, hetgeen als duurzaam kan worden verondersteld.



6

RENOVATIE



6 RENOVATIE

Van de totale omzet in de bouwsector is het aandeel 'renovatie en onderhoud' ten aanzien van 'nieuwbouw' de afgelopen jaren gestegen. De grootste financier van het Nederlands onroerend goed, de FGH Bank, heeft haar verwachting uitgesproken dat deze trend zich de komende jaren verder zal voortzetten. Deze trend wordt grotendeels veroorzaakt door de aandacht voor duurzaam bouwen die zich voornamelijk afspeelt op gebouwniveau. Financiële cijfers van het Economisch Instituut van de Bouwnijverheid (EIB) onderschrijven die trend, zie figuur 6.1 en 6.2.

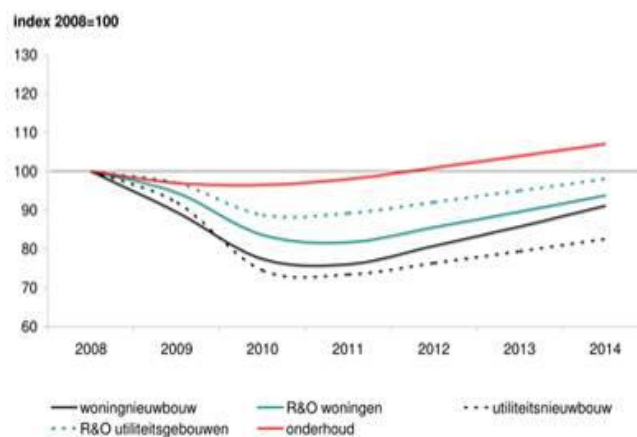
	Jaarlijkse mutatie (%)			
	2009	2010	2011	2014 ¹
Utiliteitsbouw (<i>nieuw</i>)	-8,0	-19,0	-1,5	4,0
Woningbouw (<i>nieuw</i>)	-10,5	-13,5	-2,0	6,0
Utiliteitsbouw (<i>renovatie & onderhoud</i>)	-3,5	-5,0	1,5	3,5
Woningbouw (<i>renovatie & onderhoud</i>)	-4,0	-7,0	-1,0	4,0
Totaal B & U	-7,0	-11,0	-1,0	4,5

¹ De gemiddelde jaarlijkse mutatie in de periode 2012-2014

6.1 Vooruitzichten burgerlijke en utiliteitsbouw, Procentuele volumemutaties, 2009-2014

Gegevens: EIB

Noodzaak tot onderhoud aan een gebouw kan verschillende oorzaken hebben. De mogelijke aanleidingen tot onderhoud zijn verval veroorzaakt door leegstand, degradatie van een gebouw veroorzaakt door biologische, chemische, fysische en mechanische processen en aanpassingen aan een gebouw uit het verleden die tot schade hebben geleid. Het onderhoud van gebouwen verspreidt zich van bouwkundige aanpassingen tot verbouwingen aan het interieur maar ook kunnen aanpassingen aan de draagconstructie en de fundering zich voordoen. In dit hoofdstuk volgt een uiteenzetting over de mogelijke aanpassingen die gepleegd kunnen worden, op zowel bouwkundig als op constructief niveau.



6.2 Prognose van het omzetvolume in de B&U per subsector, 2008=100

Afbeelding: EIB



6.1 FILOSOFIE

De richtlijnen met betrekking tot het behoud van historische bouwwerken zijn in 1964 vastgelegd in het *Charter of Venice*. De richtlijnen zijn als volgt vastgesteld:

- Conserveren → Restaureren → Reconstrueren
- Reversibiliteit
- Gebruikte technieken berusten op wetenschappelijk onderzoek
- Compatibiliteit
- Herhaalbaarheid van een behandeling

Proosdij te Deventer

Een Nederlands bouwwerk waarbij men heeft getracht rekening te houden met de richtlijnen van het Charter of Venice is de Proosdij te Deventer. Dit historische bouwwerk is bekend als het oudste stenen woonhuis van Nederland, ca. 1130 [Tussenbroek, et al., 2000]. Om de tufstenen gevel te beschermen tegen regen is een glazen kap boven de gevel geplaatst. De architect heeft hier voor een oplossing gekozen die voldoet aan de normen met betrekking tot monumentale en historische bouwwerken. De oplossing brengt het oude bouwwerk geen schade toe, is omkeerbaar en de overgang van de oud naar nieuw is duidelijk zichtbaar. De toepassing van nieuwe technieken gericht op het behoud en onderhoud historische gebouwen zal de authenticiteit ervan beïnvloeden. Het behoud van deze historische authenticiteit en de te maken concessies vormen een telkens terugkerend punt van discussie.



6.3 Proosdij, Deventer
1130, 1995



6.2 TECHNISCHE GEBOUWANALYSE

Alvorens een renovatieplan wordt gemaakt zal de bestaande situatie in kaart moeten worden gebracht. Het vastleggen van de bouwgeschiedenis van een bouwwerk vindt plaats door middel van metingen en het documenteren van het gebouw en de afzonderlijke gebouwonderdelen.

Afhankelijk van de historische waarde van een gebouw kan het onderzoek plaats vinden in de vorm van een bouwhistorische inventarisatie of verkenning, maar ook gedetailleerder onderzoek is mogelijk. Veelal wordt gebruik gemaakt van tekeningen uit het gemeentelijk archief. Deze zijn niet altijd meer aanwezig. Zoals in Rotterdam, waar een groot deel van het gemeentelijk archief in de 2^e Wereldoorlog verloren is gegaan. Als er geen documentatie meer aanwezig is zal het hele gebouw door metingen in kaart moeten worden gebracht. Al eeuwen lang worden gebouwen gedocumenteerd. In 1570 trok Andrea Palladio naar Rome om de klassieke ruïnes op te meten. De resultaten zijn door hem opgenomen in zijn architectuurtraktaat. De aandacht en belangstelling voor klassieke bouwstijlen uit Egypte en later uit Griekenland en Italië hebben geleid tot de ontwikkeling van diverse systematische en gestructureerde onderzoekssystemen [Stenvert & Tussenbroek, 2007]].

Tot in de jaren zestig werd de bouwdatum van een bouwwerk vastgesteld aan de hand van uiterlijkheden van de gevel zoals decoratie, metselwerk, kozijnen en dergelijke en eventueel bewaard gebleven documentatie. Het betrof een snelle manier van werken die noodzakelijk was om tot een snelle inventarisatie te komen. Al in de jaren vijftig werd een nieuwe methode van bouwhistorisch onderzoek geïntroduceerd die zich naast de gevel ook richt op andere gebouwaspecten zoals de constructie en het materiaalgebruik. De datering van een bouwwerk vindt tegenwoordig plaats aan de hand van een analyse van toegepaste materialen. Bijvoorbeeld een type baksteen, natuursteen en houtsoorten. Een materiaalsoort kan vervolgens gekoppeld worden aan een tijdperk of geografische verspreiding. Naast de toepassing van materialen hebben de bouwwijze en de bewerking hiervan tevens een sterke ontwikkeling doorgemaakt. De ontwikkelingen betreffende de toegepaste bouwmethoden komen onder andere tot uiting in verbindingen, funderingen, kapconstructies en materiaalgebruik. Toegepaste technieken kunnen zich bijvoorbeeld onderscheiden in de bewerking van het hout of de vervaardiging van een type baksteen [Stenvert & Tussenbroek, 2007]].



6.3 RENOVATIE DOOR ISOLATIE

Afhankelijk van de bouwkundige staat en de aanraakbaarheid van een bouwwerk zijn er diverse ingrepen mogelijk. De ingrepen richten zich bijvoorbeeld op het isoleren van een gebouw en zodoende energieverliezen te doen afnemen en het comfort te verbeteren. Daarnaast hebben wind, regen en zonlicht voor degradatie van de gevel en de dakconstructie gezorgd. Herstelwerkzaamheden aan de gevel en het dak zijn dan ook veel voorkomende maatregelen. Het na-isoleren van bestaande gebouwen is een relatief eenvoudig middel voor een verduurzaming, gericht op energiebesparing. Er volgt een korte uiteenzetting over de bouwfysische aspecten die hiermee gepaard gaan. Deze uiteenzetting is echter niet volledig, alleen de voor dit onderzoek relevante onderwerpen wordt hier belicht. De bouwfysische eisen vormen een integraal onderdeel van een gebouwontwerp, zeker als het renovatie en herbestemming betreft omdat er dan veel aanpassingen noodzakelijk zijn. De bouwfysische prestaties van een gebouw worden in de praktijk doorgerekend door een bouwfysisch adviesbureau.

6.3.1 VOORZETWANDEN

De warmte of koude die door een constructie gaat is afhankelijk van de thermische weerstand tegen geleiding, de R_c -waarde. Hoe hoger de R_c -waarde, hoe beter de thermische weerstand. De thermische weerstand (R_c [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]) is afhankelijk van de dikte van de constructiedelen (d [m]) en de thermische geleidbaarheid (λ [$\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]) van die afzonderlijke delen.

$$R_c = d/\lambda$$

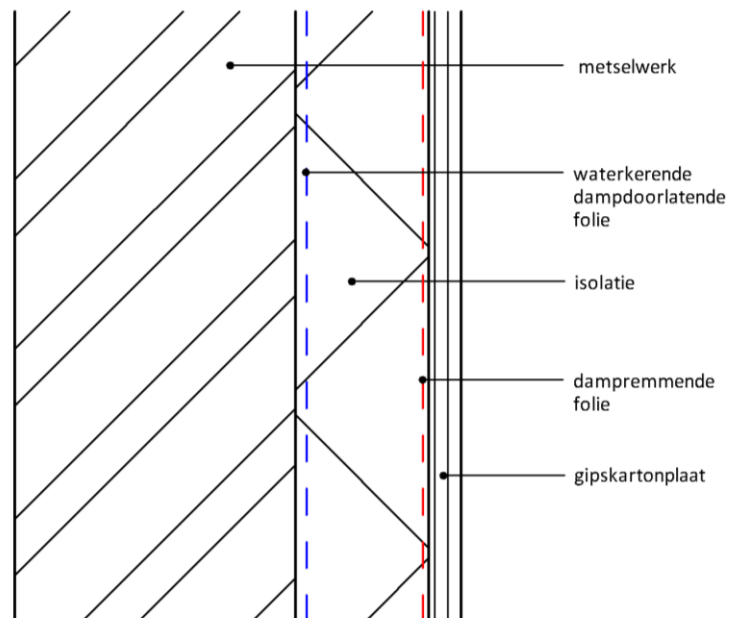
Door aan een bestaande halfsteensmuur extra isolerende materialen toe te voegen, zoals minerale wol of steenwol of een luchtsponw, kan de R_c -waarde worden vergroot en daarmee ook de thermische weerstand. Voor nieuwbouw geldt vanuit het Bouwbesluit⁹ een minimale R_c -waarde van $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ voor dichte geveldelen, begane grondvloeren en daken. Voor bestaande bouwwerken worden ten aanzien van energiezuinigheid op dit moment nog geen eisen gesteld.

⁹ Het Bouwbesluit vermeldt de minimale eisen waar alle bouwwerken in Nederland aan moeten voldoen. Er worden eisen gesteld aan nieuwbouw en bestaande bouw die zich onderscheiden in eisen met betrekking tot veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu. Het Bouwbesluit is van kracht sinds 1992 en is in 2003 vernieuwd. Het VROM stelt de eisen in het Bouwbesluit regelmatig bij, de laatste wijziging is gedaan in 2010.

Van een bestaande halfsteensmuur met na-isolatie door middel van een voorzetwand aan de binnenzijde kan de R_c -waarde en het temperatuurverloop als volgt worden bepaald.

Materiaal	d [m]	λ [W·K ⁻¹ ·m ⁻¹]	R_c [m ² ·K·W ⁻¹]	$\Delta T_n = R_n/R_1 \cdot \Delta T$ [°C]	T_n [°C]
Lucht buiten			$r_e = 0,04$	0,78	-10
Metselwerk	0,105	1,2	0,09	1,75	-9,22
Isolatie	0,05	0,04	1,25	24,35	-7,47
Gipskarton	0,012	0,4	0,03	0,58	16,88
Lucht binnen			$r_i = 0,13$	2,54	17,46
TOTAAL			1,54		30

Tabel 6.1 De R_c -waarde en het temperatuurverloop van een gevelconstructie zoals in afbeelding 6.4



6.4 Voorbeeld wandopbouw: halfsteensmuur met na-isolatie aan de binnenzijde



6.3.2 VOCHTTRANSPORT

Vochtproblemen vormen een kritiek punt bij oude gebouwen. Ze kunnen zich in verschillende vormen doen voorkomen, veroorzaakt door binnendringend regenwater, optrekkend vocht of doortrekkend horizontaal vocht. Deze laatste twee worden veroorzaakt door de capillariteit van bijvoorbeeld het metselwerk. Een verschil in luchtvochtigheid tussen binnen en buiten kan resulteren in horizontaal vochttransport, zichtbaar aan condensvorming aan de binnenzijde van een constructie. Het vochttransport in een constructie is ook afhankelijk van de vochtweerstand van de afzonderlijke delen. Deze wordt bepaald door de dikte en de dichtheid van de materialen. Belangrijk is dat vocht altijd een constructie moet kunnen verlaten. Door voldoende ventilatie van een spouwmuur kan het vocht sneller uit de constructie verdwijnen.

Vroeger werden gebouwen niet voorzien van een geïsoleerde spouwmuur. Vaak was er sprake van een steens of een halfsteens¹⁰ bakstenen gevel. Het regenwater dat in dit geval tegen de gevel slaat kan door de poreuze baksteen naar de binnenzijde trekken. Bij dergelijke gevels is het raadzaam om bij plaatsing van een voorzetwand aan de binnenzijde de volgende opbouw aan te houden: baksteen – waterkerende dampdoorlatende folie – isolatie – dampremmende folie – gipsplaat [Zie afbeelding 6.4]. Door een aantal stootvoegen¹¹ open te boren kan de constructie worden geventileerd. Indien er sprake is van een steensmuur¹² is de waterkerende dampdoorlatende folie niet noodzakelijk.

Damp in een constructie gaat over in condens indien de dampspanning (p_n [p]) in een materiaal groter is dan de maximaal toelaatbare dampspanning in dat materiaal. De optredende dampspanning in een samengestelde constructie kan met de Methode van Glaser benaderd worden. Deze methode gaat uit van een statische toestand en een homogeen oppervlak. In de praktijk is situatie echter dynamisch en bestaat het oppervlak ook uit stijl- en regelwerk en ankers. Daarom is de Methode van Glaser slechts een benadering maar geeft deze wel een goede indicatie van de mogelijke risico's. De dampspanning wordt per constructiedeel bepaald bij een gegeven binnen- en buitentemperatuur.

De hoeveelheid gecondenseerd vocht wordt bepaald door de duur van de gegeven condities. In tabel 6.2 is een voorbeeld uitgewerkt waarin de optredende dampspanning wordt bepaald. De condities zijn een buitentemperatuur van $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en een binnentemperatuur van $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ waarbij respectievelijk een luchtvochtigheid $\varphi_{\text{extern}} = 80\%$ en $\varphi_{\text{intern}} = 40\%$ kunnen worden aangehouden.

De vorming van condens hoeft niet noodzakelijk schadelijk te zijn voor een constructie indien de hoeveelheid gevormde condens in de winter gering is en in de zomer weer volledig kan verdampen. Daarbij moet de hoeveelheid gecondenseerd vocht in de winter wel opgenomen kunnen worden door het materiaal.

¹⁰ Een halfsteensmuur bestaat uit een enkele steen zoals in afbeelding 6.4. De breedte van de muur is gelijk aan de breedte (kop) van de steen.

¹¹ Een stootvoeg is de verticale voeg in een gevel bestaande uit metselwerk.

¹² Een steensmuur bestaat uit twee maal de breedte van een steen, ongeveer gelijk aan de lengte (strek) van een steen.

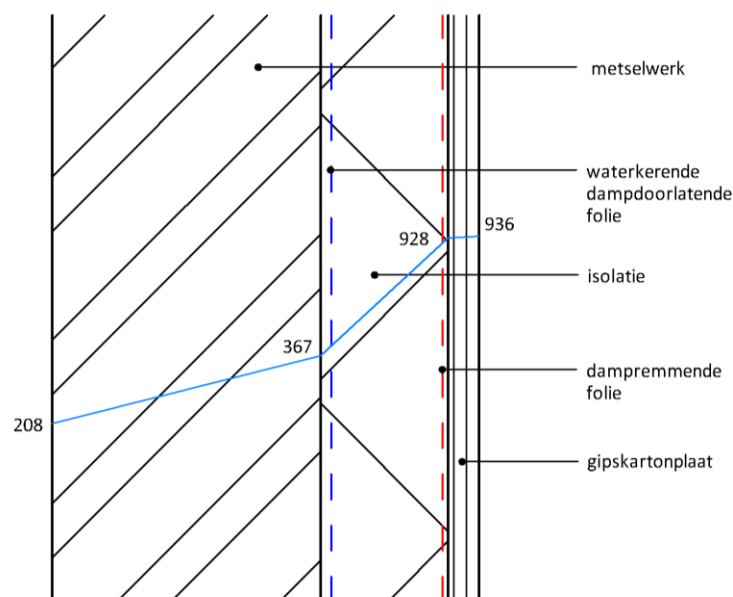


Materiaal	d [m]	λ [W·K· 1·m ⁻¹]	R_c [m ² ·K·W· 1]	μ^{13} [-]	$\mu_n \cdot d_n$ [m]	Δp $= \Delta p_n \cdot \frac{\mu_n \cdot d_n}{(\mu \cdot d)_{tot}}$ [p]	p_n [p]	p_{max} [p]
Lucht buiten			0,04				208	260
Metselwerk	0,105	1,20	0,09	13,5	1,42	159	367	1030
Isolatie	0,050	0,04	1,25	100	5,00	561	928	1926
Gipskarton	0,012	0,40	0,03	6	0,07	8	936	2001
Lucht binnen			0,13				936	2001
TOTAAL			1,54		($\mu \cdot d$)_{tot} = 6,49		Δp_n = 728	

Tabel 6.2 Dampspanning in een gevelconstructie zoals in afbeelding 6.4 en 6.5

¹³ De μ -waarde is het dampdiffusieweerstandsgetal van een materiaal. Het geeft de graad van de diffusieweerstand van waterdamp door een materiaal laag aan in tegenstelling tot lucht.





6.5 Dampspanningsverloop in een gevel zoals bepaald in tabel 6.2

6.3.3 KO ZIJNEN

Raampartijen van oude bouwwerken bestaan vaak uit enkel glas waardoor een groot energieverlies en koudeval¹⁴ optreedt. Door dit enkel glas te vervangen door dubbel glas gaan de originele kozijnen in veel gevallen verloren. Vaak is het wenselijk om het karakteristieke uiterlijk van een gevel te behouden en daarom zijn er tegenwoordig diverse soorten renovatieglas op de markt. Deze glassoorten zijn relatief dun (8mm) maar hebben evengoed een redelijk isolerend vermogen. Tevens kan het glas worden voorzien van een folie waardoor warmte-instraling door zonlicht wordt verminderd. Naast deze genoemde oplossingen is het ook mogelijk om voorzetramen aan de binnenzijde te plaatsen. Het gevelbeeld blijft hierdoor onaangetast en het isolerend vermogen van het raam wordt vergroot. Er zijn ook voorbeeldprojecten gerealiseerd waarbij de raampartijen in originele staat zijn behouden. Een nadeel van enkelglas is de zogenaamde koudeval die optreedt in de winter. Door bijvoorbeeld werkplekken niet direct naast een raam te plaatsen of door een radiator onder een raam te plaatsen kan deze koudeval aanzienlijk worden verminderd.

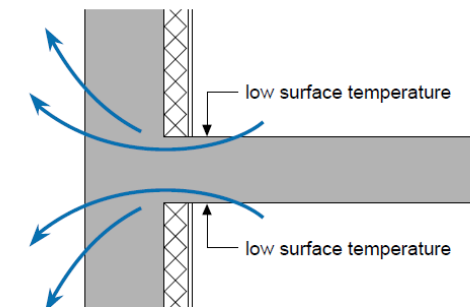
¹⁴ Koudeval kan worden omschreven als het verschijnsel dat warme (binnen)lucht ter plaatse van het koude oppervlak van een raam afkoelt en als het ware 'valt'. Dit wordt veroorzaakt doordat de koude lucht compacter is dan de warme lucht en dus daalt ten opzichte van de warme lucht. Koudeval wordt over het algemeen ervaren als een onaangename tochtstroom die over de vloer loopt.



6.3.5 KOUDEBRUGGEN

Een koudebrug in een constructie kan worden omschreven als een plaatselijke onderbreking van de bouwfysische schil om een gebouw. Ter plaatse van die onderbreking vindt een grotere warmtetransmissie plaats dan elders in de constructie, als gevolg van een lagere warmteweerstand.

In de praktijk komen koudebruggen altijd voor, noodzaak is om het oppervlak en de frequentie ervan tot een minimum te beperken. Zo vormen bijvoorbeeld consoles, stalen ankers, lateien en gevelbalken een koudebrug als zij de belastingen van de gevelelementen moeten overbrengen op de achterliggende draagconstructie. Een koudebrug kan naast optredend warmteverlies ook leiden tot condensatie van waterdamp en zelfs schimmelvorming aan de binnenzijde van een constructie, veroorzaakt door een lagere oppervlaktetemperatuur.



6.6 Principe van een koudebrug
Afbeelding: Book building physics

De invloed van een koudebrug is uit te drukken in een zogenaamde temperatuurfactor f . Deze karakteriseert de thermische kwaliteit van een constructie. Hoe hoger deze f -factor, hoe beter de thermische kwaliteit. Volgens het Bouwbesluit geldt ten aanzien van nieuwbouw een minimale binnenoppervlakte temperatuurfactor van 0,65 voor woningbouw en 0,5 voor niet tot woning bestemde gebouwen.

$$f = \frac{T_o - T_e}{T_i - T_e}$$

waarbij $0 < f < 1$

T_o = binnenoppervlaktetemperatuur

T_i = binnenluchttemperatuur

T_e = buitenluchttemperatuur

Met behulp van speciale software kunnen koudebruggen worden geoptimaliseerd. Een bouwkundig detail kan driedimensionaal worden ingevoerd en de verschillende oppervlaktetemperaturen kunnen vervolgens worden geanalyseerd. Deze berekeningen worden in de praktijk uitgevoerd door een bouwfysisch adviesbureau.



6.4 TEN BESLUIT

Renovatie betreft het conserveren van hetgeen al aanwezig is, zodoende de levensduur ervan te waarborgen. Als er sprake is van een herbestemming van een gebouw, maakt de renovatie ervan een groot deel uit. Het renoveren houdt in dat er verbeteringen worden aangebracht, bijvoorbeeld isolatie of worden er grote aanpassingen gedaan, bijvoorbeeld het aanbrengen van een extra verdiepingsvloer. Renovatie is een specialistische aangelegenheid. Als men onvoldoende kennis bezit of onnauwkeurig te werk gaat kunnen ingrepen meer onherstelbaar kwaad dan goed veroorzaken. Dit betreft de bouwkundige verbeteringen maar ook de constructieve verbeteringen.

Om de Rc-waarde van een gevel te vergroten worden bestaande gevels geïsoleerd door aan de binnenzijde voorzetwanden te plaatsen. Deze wanden bestaan uit een stijl- en regelwerk van metalstud of hout, een isolatiemateriaal, een dampremmende laag en gipsplaten. Nadelen van deze manier van isoleren zijn de risico's op condensvorming aan de binnenzijde van de voorzetwanden en het verlies van authentieke details. Een andere methode van gevelisolatie is het inspuiten van de gevelspouw met een isolerend materiaal.

Het bouwfysisch verbeteren van een bestaand gebouw is een specialistische aangelegenheid en dient door experts te worden uitgevoerd. De rol van de installateur en de bouwfysisch adviseur bij het renoveren, maar ook bij nieuwbouw, wordt door alle toenemende eisen en wensen op het gebied van duurzaam bouwen steeds belangrijker.





7 CONSTRUCTIEF HERGEBRUIK



7 CONSTRUCTIEF HERGEBRUIK

Door een optredende functiewijziging van een bouwwerk kan de belasting wijzigen. Een vaak onvermijdelijk gevolg is dat er aanpassingen aan de draagconstructie plaats moeten vinden. In industriële gebouwen die een nieuwe functie krijgen zijn sommige draagelementen wellicht overbodig geworden zoals kraanbanen e.d. Soms worden deze delen gesloopt maar soms is het mogelijk om deze elementen op een slimme manier in een nieuw ontwerp in te passen. Naast een optredende functiewijziging kunnen degradatie en schade aan de constructie door eerdere aanpassingen ook een aanleiding vormen voor het versterken van de draagconstructie. Door bij het ontwerpen rekening te houden met de bestaande krachtsafdracht en deze zo min mogelijk te wijzigen kunnen aanpassingen aan de draagconstructie beperkt blijven.

Aanpassingen aan een gebouw en dan voornamelijk aan de draagconstructie zijn van veel factoren afhankelijk. Hieronder zijn deze invloedsfactoren genoemd.

- Bouwjaar
- Oorspronkelijke functie
 - Aanwezigheid dragende wanden
 - Kwaliteit
 - Materiaal (steen of beton)
 - Capaciteit t.a.v. belasting en brandwerendheid
 - Geluidwerendheid
 - Mogelijkheden tot sparingen
 - Aanwezigheid kolommen
 - H.o.h. afstand (grid)
 - Kwaliteit
 - Materiaal (steen, ijzer, staal, hout of beton)
 - Capaciteit t.a.v. belasting en brandwerendheid
 - Aanwezigheid dragende gevel
 - Kwaliteit
 - Materiaal (steen, staal, hout of beton)
 - Capaciteit t.a.v. belasting en brandwerendheid
 - Thermische en akoestische capaciteit
 - Mogelijkheid tot sparingen
 - Overcapaciteit vloeren (momentcapaciteit)
 - Materiaalgebruik (beton of hout)
 - Dikte (met het oog op geluidwering)
 - Overcapaciteit fundering
 - Vrije overspanning
 - Verdiepingshoogte
 - Aanwezigheid kelder
 - Aanwezigheid stijgpunten
 - Algemene kwaliteit constructiedelen



- Belastingen werkend op de constructie
- Stabiliteit van de constructie
- Monumentenstatus
- Geldende regelgeving

Door voorgenoemde aspecten te beoordelen op de gewenste niveaus kan worden vastgesteld in hoeverre een voorgestelde transformatie haalbaar en nuttig is. Het gewenste niveau kan worden vastgesteld voor verschillende functies, zodoende heeft een woonfunctie andere eisen ten aanzien van bijvoorbeeld vrije overspanningen en thermisch comfort dan een winkelfunctie. Afhankelijk van de aanraakbaarheid van een gebouw, die bijvoorbeeld gering is als het een monument betreft, zijn constructieve aanpassingen mogelijk.

Poptahof te Delft

Een matige beoordeling van de bestaande constructie kan in de uitvoeringsfase tot veel problemen leiden. De transformatie van een reeks flatgebouwen uit de jaren '60 aan de Poptahof in Delft krijgt geen vervolg na uitvoering van de transformatie van de eerste uit de reeks. Uitgangspunt bij het ontwerp was weliswaar het behoud van het casco en zodoende kosten te besparen. Maar door een onjuiste inschatting en analyse bleek het bestaande betonskelet tijdens de uitvoering in uiterst slechte staat te verkeren. De toevoeging van extra staal en stabiliteitswanden zijn het gevolg en daarmee ook een enorme stijging van de kosten. De woningbouwvereniging heeft besloten de overige bestaande flats te slopen en te vervangen voor nieuwbouw.



7.1 Poptahof, Delft
Molenaar & Van Winden Architecten
Bron: Bouwwereld nr. 5, 2010



7.1 MATERIAAL AFHANKELIJKE MOGELIJKHEDEN

Over het algemeen kan worden verondersteld dat de aanpassingen aan de draagconstructie afhankelijk zijn van het materiaal en de functiewijziging die plaatsvindt. Een constructiedeel kan worden versterkt, of worden vervangen. Hieronder staan enkele methoden voor diverse constructiematerialen omschreven. Er is hier gekozen voor de materialen hout, beton en staal/ijzer omdat deze materialen in het verleden veelvuldig als constructiemateriaal zijn toegepast.

HOUT is een relatief licht constructiemateriaal en is in oude gebouwen veelvuldig terug te vinden in vloeren, daken en funderingen. Het hout dat is aangetast door ongedierte of vocht kan worden vervangen door een nieuw deel. Dit gebeurt door het opklampen van delen en verbinden met kramplaten en bouten. Tegenwoordig kan ook het oorspronkelijke balkdeel aan het nieuwe balkdeel worden gekoppeld door middel van vier hoekstalen. De grote dwarskracht die optreedt ter plaatse van de koppeling wordt dan overgedragen door nagels of bouten. Zware balkkoppelen in monumentale panden die zijn aangetast door houtrot behoeven vaak een andere aanpak. Het rottende deel kan worden afgezaagd en indien er sprake is van een schimmel, dient de balk tot 30 cm op het gezonde hout te worden afgezaagd. Het verwijderde deel wordt vervangen door een epoxy hars. Door een bekisting om de bestaande balk aan te brengen en glasfiber staven ($\varnothing$ 20 mm) in de bestaande doorsnede te boren, kan het ontbrekende balkdeel worden aangegoten. Door in de bekisting de bestaande houtnerf te reconstrueren is de overgang van het bestaande balkdeel naar het nieuwe balkdeel minder zichtbaar. Ter plaatse van de koppeling ontstaan ten gevolge van de dwarskracht schuifspanningen, deze worden volledig opgenomen door de glasfiberstaven. Deze berekening is relatief eenvoudig doordat de bijdrage van het epoxy hars buiten beschouwing wordt gelaten. Deze aanpassing is erg kostbaar vanwege de grote hoeveelheid arbeid en hars en wordt alleen toegepast indien de lengte van het aangetaste balkdeel niet groter is dan 1/5 van de overspanning tot een maximum van 1,20 meter. Soms is een balkconstructie wel aangetast door ongedierte maar is het mogelijk om deze te behouden door de balken te injecteren met een kunsthars. Een periodieke inspectie is in dit geval noodzakelijk om degradatie van de balk tijdig op te merken. Indien er sprake is van rottende balken onder een begane grondvloer ten gevolge van bijvoorbeeld een dalende grondwaterstand is het gebruikelijker om de houten balken te vervangen door een betonnen constructievloer [website: veldmanrietbroeksmit].

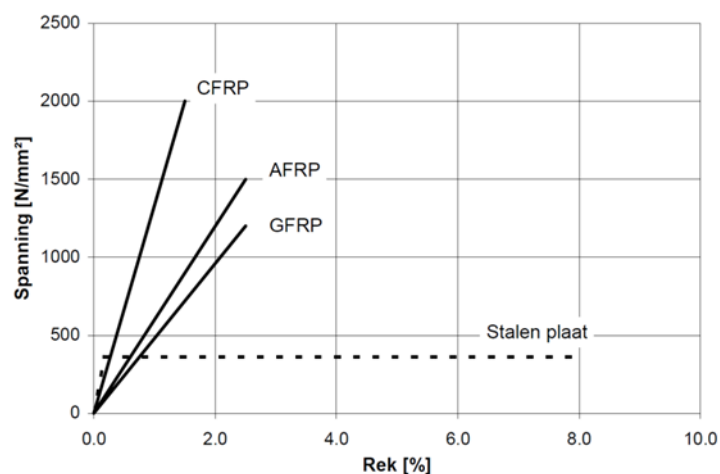
Indien de belasting op een houten vloer ten gevolge van een functiewijziging toeneemt, is het mogelijk om de houten balken ter plaatse van de trekzone te versterken met opgelijmde staalplaten of vezel versterkt kunststof (CFRP). Er is al veel onderzoek verricht naar de mogelijkheden van het versterken van bestaande houten constructies met CFRP en voorgespannen CFRP. De behandeling heeft een gunstig effect op de momentcapaciteit van een houten ligger alsmede op de doorbuiging.



BETON is vanaf het begin van de 20^e eeuw een veelvuldig toegepast materiaal in draagconstructies. Het versterken van betonconstructies kan op diverse wijzen plaatsvinden en is afhankelijk van de bestaande situatie en de nieuwe situatie. De verschillende oplossingen om een bestaande draagconstructie te versterken variëren van het wijzigen van de betondoorsnede tot het toevoegen van voorspanelementen en het wijzigen van de krachtsafracht:

- Het vergroten van de betondoorsnede door toevoeging van spuitbeton of opgegoten betonzones
- Vervanging of toevoeging van wapening in bestaande doorsnede of in een extra betonlaag
- Uitwendig gelijmde wapening toevoegen
- Toevoeging geprefabriceerde gewapende of voorgespannen betonnen elementen
- toevoeging van na gerekte uitwendige voorspanwapening
- stabilisatie met behulp van injectie e.d.
- toevoegen van draagelementen

Het toevoegen van uitwendig gelijmde wapening is een efficiënte wijze om de draagkracht van bestaande constructies te vergroten en/of te herstellen. De wapening wordt door middel van een epoxy hars op de bestaande constructie gelijmd. Naast het versterken van betonnen constructies wordt de techniek ook toegepast op stalen, houten en stenen constructiedelen zoals kolommen, vloeren, wanden en liggers. Aanvankelijk werden stalen platen opgelijmd maar tegenwoordig zijn ook andere materialen beschikbaar die zich goed lenen voor het versterken van bestaande draagconstructies zoals koolstofvezelwapening (CFRP) en glasvezelwapening (GFRP). Deze vezelcomposiet wapeningen zijn opgebouwd uit sterke vezels die zijn ingebed in een matrix van harsbinder, vulstoffen en additieven. Grote voordelen van deze vezelcomposieten zijn de corrosiebestendigheid, een vergelijkbare E-modulus met staal maar met een lager soortelijk gewicht en een hoge treksterkte. Het spanning-rekdiagram van diverse vezelcomposieten is hieronder weergegeven [Brosens & Matthys, 2001].



7.2 Spanning-rek gedrag vezelcomposieten

Afbeelding: Structurele versterking van betonconstructies, Stijn Matthys en Kris Brosens, 2001



IJZER EN STAAL vinden hun intrede als constructiemateriaal sinds begin 19^e eeuw. Het gietijzer deed allereerst zijn intrede waarmee vrije overspanningen tot wel 19 meter gerealiseerd konden worden. De constructieve toepassing van smeedijzer dat door een laag koolstofgehalte smeedbaar is, heeft plaatsgevonden sinds 1900 in bruggen, hallen en verdiepingsgebouwen. Sinds de opkomst van het staal, welke door een andere productiemethode van hoogwaardiger kwaliteit was, werd het ijzer steeds minder toegepast. Na 1940 is het ijzer vrijwel verdwenen als constructiemateriaal. De brandveiligheid van gietijzeren constructies vormt een kritiek punt omdat de sterkte eigenschappen sterk afnemen naarmate de temperatuur stijgt. Daarbij zal gietijzer gaan scheuren wanneer het na een brand in contact komt met bluswater [Kruit, 1995]. Inmiddels zijn veel gebouwen bestaande uit ijzeren constructies uit Nederland verdwenen. Op last van bouwverordeningen moesten zij met het oog op brandveiligheid worden bekleed met beton of metselwerk of zelfs worden afgebroken.

Bij de renovatie van een gebouw bestaande uit een staalconstructie zijn er twee mogelijkheden; de staalconstructie dient slechts voor het aanzicht of de staalconstructie blijft zijn oorspronkelijke functie vervullen als draagconstructie. In het eerste geval kunnen de aangetaste constructiedelen worden vervangen door stalen elementen. Als de constructie zijn constructieve functie blijft vervullen is nader onderzoek noodzakelijk naar mogelijke corrosievorming en scheurvorming. Daarbij moet worden nagegaan of de constructie voldoet aan de tegenwoordig geldende eisen met betrekking tot sterkte, stabiliteit, vervormingen en brandwerendheid.

Voor het constructief verbeteren en repareren van een ijzeren constructie zijn er diverse technieken beschikbaar. Het is mogelijk om breuken te herstellen met behulp van pennen of deuvels en ontstane scheuren kunnen worden gelast of worden hersteld door het zogenaamde 'metal stitching'. Dit laatstgenoemde, het 'hechten' van het metaal, is het haaks op de scheur aanbrengen van deuvels van een nikkelverbinding en het vervolgens dichten van de scheur door tapbouten in te draaien die elkaar overlappen [Kruit, 1995].

7.1.1.1 STABILITEIT EN STERKTE VAN IJZER EN STAALCONSTRUCTIES

Er was vroeger nog niet veel bekend over de werking van de windbelasting op een gebouw en daarom is de stabiliteit van een oude constructie niet altijd even duidelijk. Oorspronkelijk werden veel ijzeren constructies opgevuld met bakstenen gevels en stijve dakvlakken bestaande uit een houten beplating of glas.

Om de constructieve veiligheid van bestaande constructies te waarborgen zal het bezwijkmechanisme moeten worden geanalyseerd. De verschillende soorten ijzer hebben ieder een eigen bezwijktraject; zo heeft staal een duidelijk plastisch vervormtraject dat een signaal kan zijn van overbelasting. Smeedijzer heeft een vloeigebied welke minder duidelijk is en gietijzer heeft de negatieve eigenschap plotseling te breken bij het ontstaan van trekkrachten. Ook wel omschreven als brosse breuk.

Het aanpassen van een bestaande ijzer- of staalconstructie kan op verschillende wijzen plaatsvinden:

- versterking van bestaande elementen
- wijziging van verbindingen
- toevoeging van elementen
- vervanging van elementen

Daarbij zijn er twee te onderscheiden strategieën waarop men te werk kan gaan; de nieuwe constructie zoveel mogelijk in oorspronkelijke staat repliceren of de nieuwe constructie in 'nieuwe' stijl, afwijkend



van de oude constructie, aanbrengen zodat het verschil tussen origineel en nieuw duidelijk zichtbaar is [Nieuwmeijer, 2004].

7.2 OVERCAPACITEIT VAN BESTAANDE CONSTRUCTIES

Een onderwerp waarover in de huidige literatuur vrij weinig te vinden is, is de overcapaciteit die een oude draagconstructie kan bezitten. Door een draagconstructie nauwkeurig te analyseren met behulp van de huidige normen kan soms enig voordeel behaald worden. Dit heeft te maken met de oude rekenmethoden die een stuk conservatiever zijn dan de huidige of doordat een draagconstructie voor een functie is ontworpen die nu niet meer van toepassing is. De normen met betrekking tot constructieve veiligheid vinden hun oorsprong in de Verenigde Staten. De normen, gericht op een gegarandeerde veiligheid voor de gebruiker van een bouwwerk, werden tot ongeveer 1880 eerst op empirische wijze en later op mathematische en analytische wijze bepaald door wiskundigen, wetenschappers en ingenieurs. De normen richtten zich op de eisen met betrekking tot de dikte van een constructie, gebaseerd op de maximaal toegestane spanningen in het materiaal. Zo werden er tabellen gemaakt voor bijvoorbeeld steen of metselwerk waarin, afhankelijk van de gebouwhoogte, de benodigde dikte werd gegeven. In deze normen die tegelijkertijd in zowel de Verenigde Staten als in Engeland werden gepubliceerd, werd al een onderscheid gemaakt tussen de permanente belasting en de veranderlijke belasting. De aanbevolen veranderlijke belastingen voor vloeren varieerden van $3,5 \text{ kN/m}^2$ voor woningen tot wel 12 kN/m^2 voor magazijnen afhankelijk van het type opgeslagen materiaal. Verondersteld wordt dat de architecten en ingenieurs van deze periode aannamen dat deze waarden als conservatief konden worden aangenomen en dat deze waarden dus niet altijd daadwerkelijk in rekening zijn gebracht. Op basis van constructieve afmetingen kan achterhaald worden wat de daadwerkelijk aangenomen waarde voor de veranderlijke belasting is geweest [Rabun, 2000].

Vroegere functies met een hoge belasting zijn bijvoorbeeld fabrieken, watertorens en pakhuizen. Door deze typen bouwconstructies om te vormen tot bijvoorbeeld een woonfunctie of kantoorfunctie kunnen deze typen gebouwen behouden blijven. Door goed te kijken naar de bestaande structuur van een gebouw is het mogelijk om met minimale aanpassingen aan de fundering en draagconstructie extra vloeren aan te brengen en zodoende extra gebruiksoppervlak te creëren. Bij een analyse van de constructie is de dimensionering van de dragende elementen belangrijk en daarbij ook de kwaliteit en status van het materiaal. Op basis van de dimensies van de constructiedelen kan de rekenwaarde van de veranderlijke belasting geschat worden. Dit gebeurt door de capaciteit van de constructiedelen te bepalen en de rekenwaarde van de permanente belasting hiervan af te trekken. Als niet bekend is of en hoeveel wapening er is aangebracht in een betonconstructie dan kan dit door middel van metingen en breekwerk worden achterhaald. De materiaaleigenschappen en de maximale toegestane spanningen zijn lastig te achterhalen. Ervaring en constructieve kennis zijn daarom belangrijke aspecten bij het analyseren van een bestaande constructie.

Een heikel punt bij bouwwerken waar weinig documentatie van voorhanden is, is hoe de stabiliteit gewaarborgd is. Als constructeur zal men een inschatting moeten kunnen maken hoe de stabiliteit in een draagconstructie wordt gecreëerd. Bij oude gebouwen wordt de stabiliteit veelal ook verleend door aanliggende gebouwen of zelfs door metselwerk constructies. Richtlijnen en rekenregels voor de bepaling van de sterkte of de stabiliteit van een constructie waren vroeger niet voorhanden. De dimensies van de constructiedelen werden bepaald door eigen inzicht van de ingenieur en ervaring. Mede hierdoor werden de constructies over gedimensioneerd. Daarbij werden er ter plekke proefbelastingen op een constructie



geplaatst om te onderzoeken of de constructie sterk genoeg was. Het betrof hier enkel verticale belastingen, windbelasting werd meestal achterwege gelaten.

7.2.1 TECHNISCHE GRONDSLAGEN VOOR GEBOUWVOORSCHRIFTEN 1949

Om te onderzoeken hoe conservatief de oude belastingsvoorschriften waren in vergelijking tot de huidige NEN 6702 en de in de toekomst geldende Eurocode EN 1990 is een vergelijking gemaakt. In onderstaande tabel zijn de waarde voor de veranderlijke belasting weergegeven.

Gebruiksfunctie	Representatieve waarde veranderlijke belasting	Representatieve waarde veranderlijke belasting	Representatieve waarde veranderlijke belasting
	T.G.B. 1949	NEN 6702	Eurocode EN 1990
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
woningen	1,5 $\psi=0,4$	1,75 $\psi=0,4$	1,75 $\psi=0,4$
woongebouwen	2,0 $\psi=0,5$	1,75 $\psi=0,4$	1,75 $\psi=0,4$
kantoren	2,5 $\psi=0,5$	2,5 $\psi=0,4$	2,5 $\psi=0,5$
winkels	2,5 $\psi=0,4$	4,0 $\psi=0,4$	4,0 $\psi=0,4$
horeca	5,0 $\psi=0,25$	5,0 $\psi=0,4$	5,0 $\psi=0,25$
scholen	2,0 $\psi=0,4$	2,5 $\psi=0,4$	
sportzalen	5,0 $\psi=0,4$	5,0 $\psi=0,4$	



De representatieve waarden vanuit de T.G.B. 1949 zijn op zichzelf niet conservatiever te noemen dan de waarden vanuit de NEN 6702 en de Eurocode EN 1990. Voor sommige gebruiksfuncties zijn de huidige geldende waarden zelfs groter dan in 1949. Een belangrijk verschil bevindt zich in de gestapelde constructies. In de T.G.B. 1949 geldt de volgende reductieregel voor de vloerbelasting. Overigens was deze rekenregel niet van toepassing op opslagplaatsen en pakhuizen e.d.

- Dak 100 %
- Bovenste vloer 100 %
- Op 1 na bovenste vloer 90 %
- Op 2 na bovenste vloer 80 %
- Op 3 na bovenste vloer 70 %
- Etc.

Voor de huidige bepaling van een kolombelasting met behulp van de NEN 6702 is een onderverdeling gemaakt in een extreme veranderlijke vloerbelasting en een momentane (ψ) veranderlijke vloerbelasting. Beide waarden, extreem en momentaan verschillen per gebruiksfunctie. Er geldt voor een verdiepingsgebouw over het algemeen dat voor één vloer de extreme veranderlijke vloerbelasting van toepassing is en voor de overige verdiepingsvloeren mag de momentane waarde worden aangehouden. De momentane waarde van het dak is altijd gelijk aan nul. De Eurocode EN 1990 heeft een soortgelijke reductieregeling voor de bepaling van de totale belasting van een gebouw. Men dient hier van twee verdiepingsvloeren de extreme waarde van de veranderlijke belasting in rekening te brengen. In het bijlage rapport is een overzicht gegeven van de bepaling van een kolombelasting volgens de T.G.B. 1949 en de NEN 6702. Hierin is een deel van een case studie, het Energiehuis Dordrecht, beschouwd. De volledige bepaling is opgenomen in het bijlage rapport.

De uitkomsten zijn gegeven in kN/m^2 omdat de grootte van het rustende vloeroppervlak per kolom voor beide normen gelijk is.

TGB 1949 11,75 kN/m^2

NEN 6702 9,75 kN/m^2

VERSCHIL 2,00 kN/m^2

De veiligheid van een constructie werd volgens de T.G.B. 1949 gewaarborgd door een lage materiaalspanning aan te nemen. De maximaal toelaatbare staalspanning van St.37 ($\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$) was $\sigma_t = 140 \text{ N/mm}^2$ [T.G.B. 1949]. In de huidig geldende normen wordt de veiligheid gewaarborgd door een materiaalfactor en een belastingsfactor toe te passen. De rekenwaarde van de treksterkte ligt daarbij ook hoger dan in 1949, bijvoorbeeld voor FeE 360 ($S235 f_{td} = 360 \text{ N/mm}^2$). Voor de rekenwaarde van de belastingen wordt een belastingsfactor van 1,2 voor permanente belasting en 1,3 of 1,5 voor veranderlijke belasting gerekend.

De rekenwaarde van de totale belasting was in dit geval 2 kN/m^2 hoger dan volgens de huidige NEN 6702. Het kan zijn dat voor andere gebruiksfuncties de overcapaciteit in mindere mate naar voren komt. Het is



dan aan te bevelen om op basis van de constructieve afmetingen en materiaaleigenschappen de rekenwaarden van de belasting te bepalen. In de volgende paragraaf wordt er dieper ingegaan op de constructieve veiligheidsbeoordeling van bestaande bouwwerken volgens de Eurocode.



7.2.2 DE CONSTRUCTIEVE VEILIGHEID VOLGENS DE EN 1990 EN NEN 8700

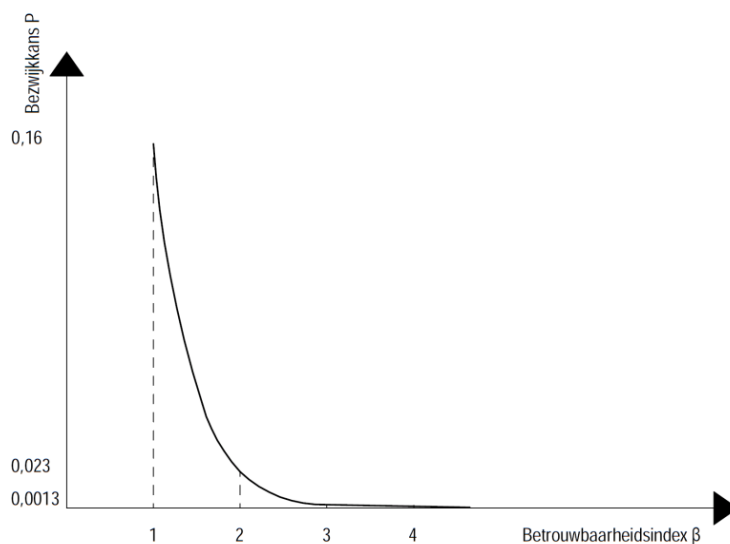
De in dit hoofdstuk aangedragen theorie en argumenten zijn afkomstig uit diverse recente rapporten en artikelen, waaronder:

Scholten, N.P.M. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. (2008). *Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw – Achtergrondrapport bij NEN 8700*. Delft: TNO.

Steenbergen, R.D.J.M. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. (2010). *Safety philosophy for existing structures and partial factors for traffic loads on bridged*. HERON Vol. 55 No. 2, 123-140.

In maart 2009 is de NEN 8700 – ‘Grondslagen van de beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk – Gebouwen – Het minimum veiligheidsniveau’ gereed gekomen. Een belangrijke hoofdgedachte bij de vorming van deze norm voor bestaande gebouwen is dat de economische aspecten bij de veiligheidsbeoordeling van bestaande bouw van grotere invloed zijn in tegenstelling tot nieuwbouw. Dit is van invloed op het vereiste veiligheidsniveau. In het achtergrondrapport van *NEN 8700 – veiligheidsbeoordeling bestaande bouw* worden deze uitgangspunten en resultaten toegelicht en onderbouwd.

Het minimum veiligheidsniveau voor gebouwen kan theoretisch worden vastgelegd in een kans op bezwijken gedurende een relevante tijdsperiode, de levensduur. In de Eurocode EN 1990 wordt deze kans op bezwijken gegeven in de vorm van een betrouwbaarheidsindex β . Deze staan in directe relatie tot elkaar, zoals hieronder weergegeven in figuur 7.3 en tabel 7.1. De verhouding tussen P en β is ongeveer gelijk aan $P \approx 10^{-\beta}$.



7.3 Verhouding bezwijkkans P t.a.v. betrouwbaarheidsindex β

Betrouwbaarheids- index β	Kans op bezwijken P
1,0	0,16
2,0	0,023
3,0	0,0013
4,0	0,000032

Tabel 7.1
Verhouding bezwijkkans P
t.o.v. betrouwbaarheidsindex β



Omdat voor de probabilistische methode om het veiligheidsniveau te bepalen veel specifieke kennis vereist is, wordt in Nederland de praktische methode toegepast om het gewenste veiligheidsniveau te bepalen. De veiligheids- en belastingsfactoren zijn in de NEN 8700 en Eurocode EN 1990 gebaseerd op het gewenste veiligheidsniveau bij de desbetreffende gevolgklasse. Dit wordt verderop in dit hoofdstuk nader toegelicht. De volgende grootheden worden achtereenvolgens bepaald:

- De gevolgklasse van het bouwwerk
- Karakteristieke belastingen
- Belastingsfactoren en combinatiefactoren
- Genormeerde rekenregels en materiaaleigenschappen en materiaalfactoren

7.2.2.1 VEILIGHEIDSBEOORDELING VAN GEBOUWEN

Om de veiligheidsfilosofie achter bestaande bouw te kunnen onderscheiden van nieuwbouw wordt er eerst een korte uiteenzetting gegeven over de bepaling van het veiligheidsniveau van nieuwbouw.

Het veiligheidsniveau van bouwconstructies is in Nederland aan strenge eisen onderhevig. Het veiligheidsniveau wordt bepaald aan de hand van de kans op het bezwijken van de constructie gedurende een tijdsperiode. Het veiligheidsniveau is voor drie gevolgklassen afzonderlijk vastgelegd door de maximale faalkans, ofwel de kans op bezwijken per jaar. De gevolgklassen kunnen als volgt worden omschreven:

Gevolgklasse 1 – Agrarische gebouwen waarbinnen zich gebruikelijk geen personen bevinden

Gevolgklasse 2 – Woon- en kantoorgebouwen

Gevolgklasse 3 – Publieke gebouwen en stadions

In tabel 7.2 is de betrouwbaarheidsindex voor nieuwbouw per gevolgklasse weergegeven, gebaseerd op de Eurocode, NEN-EN 1990, tabel B2. Daarbij is er ook een onderscheid gemaakt tussen ‘windbelasting maatgevend’ en ‘windbelasting niet maatgevend’. De betrouwbaarheidsindexen in onderstaande tabel zijn gerelateerd aan individuele personen die zich regelmatig in een gebouw bevinden, gegeven de kans dat één bouwdeel bezwijkt.

Gevolgklasse	<u>Gevolgen van bezwijken</u>		Windbelasting niet maatgevend	Windbelasting maatgevend
	<i>Kans op levensgevaar</i>	<i>Kans op economische schade</i>		
1	Uitgesloten/klein	Klein	$\beta_n=3,3$	$\beta_n=2,3$
2	Aanzienlijk	Aanzienlijk	$\beta_n=3,8$	$\beta_n=2,8$
3	Zeer groot	Zeer groot	$\beta_n=4,3$	$\beta_n=3,3$

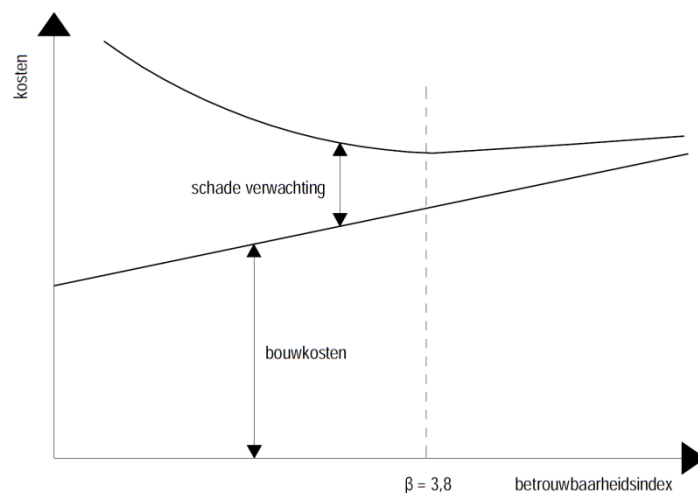
Tabel 7.2 De betrouwbaarheidsindex per gevolgklasse gegeven voor nieuwbouw



Voor een nieuwbouw bouwwerk, gevolgklasse 2, geldt een factor $\beta = 3,8$ voor een periode van vijftig jaar. Dit komt overeen met een kans op bezwijken van ongeveer $P = 10^{-4}$. Indien het belastingsgeval wind maatgevend is, is een lager veiligheidsniveau toegestaan $\beta = 2,8$.

De betrouwbaarheidseis voor draagconstructies berust op twee overwegingen; een economische overweging en een overweging op basis van menselijke veiligheid. Indien de betrouwbaarheid van een bouwwerk enkel op basis van economische aspecten zou berusten dan neemt de kans P op bezwijken lineair toe in de tijd. Dit houdt in dat bij een langere levensduur de jaarlijkse kans op bezwijken afneemt. Het is rationeler om de jaarlijkse kans van bezwijken gelijk te houden, ongeacht de levensduur van een gebouw. De kans op een ongeval ten gevolge van het bezwijken van een bouwwerk is gesteld op 10^{-5} . Deze kans is vele malen kleiner dan de kans die men in Nederland loopt om slachtoffer te worden van een dodelijk ongeval in het verkeer e.d.

In onderstaande figuur is voor een bouwwerk weergegeven hoe de betrouwbaarheidsindex zich verhoudt ten aanzien van de bouwkosten en de verwachte kosten na bezwijken. Hierin is te zien dat vanaf $\beta = 0$ de schadeverwachting afneemt als de bouwkosten stijgen, totdat er een zogenaamd optimum is bereikt. Na dit optimum neemt de schadeverwachting bijna niet meer af maar blijven de bouwkosten lineair stijgen. De vereiste betrouwbaarheidsindex is een optimum tussen de bouwkosten, de verwachte schade kosten en de kans op bezwijken.



7.4 De schadeverwachting en de bouwkosten t.o.v. de betrouwbaarheidsindex voor nieuwbouw

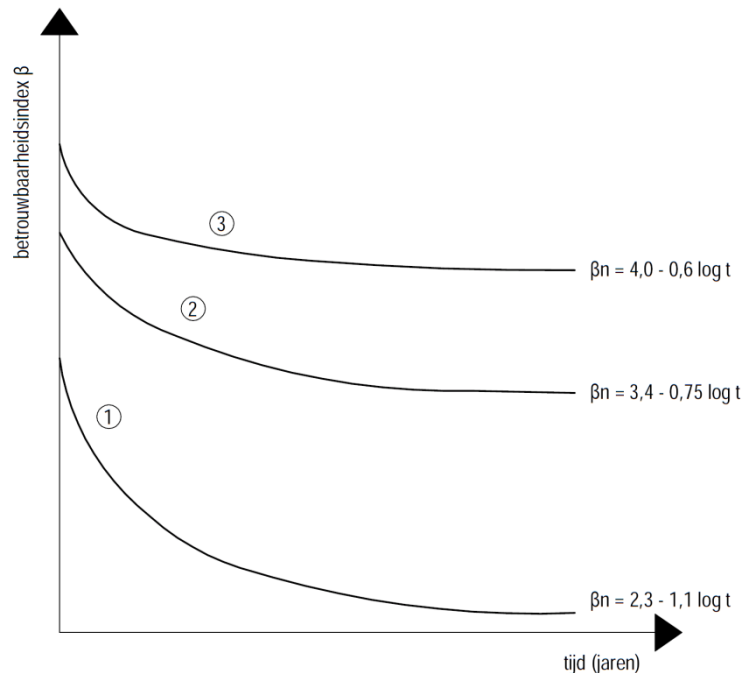


7.2.3 CONSTRUCTIEVE VEILIGHEID VAN BESTAANDE BOUWWERKEN

Ten aanzien van nieuwbouw en bestaande bouw zijn er voor het bepalen van het veiligheidsniveau diverse te onderscheiden uitgangspunten. Zo wordt er voor nieuwbouw uitgegaan van een ontwerplevensduur van 50 jaar. Indien het veiligheidsniveau enkel op economische motieven berust, is deze ontwerplevensduur van belang omdat de te investeren kosten om het veiligheidsniveau te behalen over deze levensduur verdeeld kunnen worden. Zoals eerder besproken is het rationeler om de kans op falen per jaar gelijk te houden, ongeacht de levensduur van de constructie. Dit houdt in dat hoe langer de ontwerplevensduur, hoe lager de betrouwbaarheidsindex β en vice versa. Voor bestaande bouw brengt het verhogen van het veiligheidsniveau relatief gezien meer kosten met zich mee dan voor een nieuwbouwproject. Daarbij wijkt de resterende levensduur af van die van een nieuwbouwproject, waarbij de ontwerplevensduur 15 of 50 jaar is. Dit laatste geldt overigens niet voor monumentale gebouwen. Hiervan is de ontwerplevensduur van de ingreep veel langer.

Het is dan ook niet economisch om alle bestaande gebouwen en civiele werken te laten voldoen aan het volgens de Eurocode gestelde veiligheidsniveau voor nieuwbouw. Er is daarom in de Eurocode een onderverdeling gemaakt. Er is een minimaal veiligheidsniveau voor nieuwbouw, voor bestaande bouw en een minimaal veiligheidsniveau voor wanneer er reparatie is vereist (een gemeentelijke aanschrijving.)

Onderstaande grafiek is van toepassing op bestaande bouwwerken. Hier wordt de betrouwbaarheidsindex op basis van economische aspecten en menselijke veiligheid gegeven. Hierin wordt het effect van een langere levensduur ook meegenomen door de betrouwbaarheidsindex β per gevolgklasse te verlagen met een factor $C \log t$.



7.5 De betrouwbaarheidsindex t.o.v. de tijd per gevolgklasse



Voor gevolgklasse 2 en 3 schrijft de Eurocode een minimale levensduur van 15 jaar voor omdat de kans op bezwijken anders de waarde van de minimale eis ten aanzien van menselijke veiligheid overschrijdt.

Uit voorgaande blijkt dat er diverse argumenten bestaan om voor bestaande gebouwen een lagere betrouwbaarheidsindex te hanteren. In de normen wordt de betrouwbaarheidsindex zodanig geformuleerd dat er vrijwel geen tegenstrijdigheden kunnen ontstaan met de gebouwvoorraad waarvoor al in het verleden een bouwvergunning is verleend. Dat wil zeggen dat het reparatieniveau, het niveau van aanschrijving niet hoger is dan voorheen. De te hanteren betrouwbaarheidsindex voor bestaande gebouwen mag per gevolgklasse als volgt worden bepaald, waarbij de indexering b staat voor bestaande bouw en de indexering n voor nieuwbouw.

$$\beta_b \geq \beta_n - 1,5$$

Dit houdt in dat er voor bestaande bouwwerken een faalkans van 0,01 voor de nog resterende gebruikslevensduur aangehouden mag worden. De verlaging van β met een factor van 1,5 is gekozen naar aanleiding van een uitgebreide studie naar de economische optimalisatie van bestaande bouwwerken en komt overeen met het over het algemeen geaccepteerde veiligheidsniveau voor bestaande bouwwerken.

In de volgende paragraaf worden de belastingsfactoren gegeven per gevolgklasse die volgens de Eurocode gehanteerd mogen worden voor bestaande bouw. Deze mogen gehanteerd worden zolang de resterende levensduur van het bouwwerk minimaal 15 jaar beslaat, klasse 1A uitgezonderd.



7.2.3.1 BELASTINGCOMBINATIES NIEUWBOUW EN BESTAANDE BOUW

ULS - Bestaande bouwwerken

Belastingscombinatie	Permanente belasting		Veranderlijke belasting	Windbelasting	Brand
	Ongunstig	Gunstig			
STR/GEO (6/10a)					
Gevolgklasse 1	1,10 (1,20)	0,9	1,00 ψ_0 (1,35)	1,10 ψ_0 (1,35)	-
Gevolgklasse 2	1,20 (1,35)	0,9	1,15 ψ_0 (1,50)	1,30 ψ_0 (1,50)	-
Gevolgklasse 3	1,30 (1,50)	0,9	1,30 ψ_0 (1,65)	1,50 ψ_0 (1,65)	-
STR/GEO (6/10b)					
Gevolgklasse 1	1,00 (1,10)	0,9	1,00* (1,35)	1,10* (1,35)	-
Gevolgklasse 2	1,10 (1,20)	0,9	1,15* (1,50)	1,30* (1,35)	-
Gevolgklasse 3	1,20 (1,30)	0,9	1,30* (1,65)	1,50* (1,35)	-
Brand (6.11)					
Alle gevolgklassen	1,0	1,0	1,0		1,0

* Indien 'niet dominant' vermenigvuldigen met ψ_0

ULS – Reparatie van bestaande bouwwerken

Belastingscombinatie	Permanente belasting		Veranderlijke belasting	Windbelasting	Brand
	Onguns	Gunstig			
STR/GEO (6/10a)					
Gevolgklasse 1	1,10	0,9	1,10 ψ_0	1,10 ψ_0	-
Gevolgklasse 2	1,30	0,9	1,30 ψ_0	1,30 ψ_0	-
Gevolgklasse 3	1,40	0,9	1,50 ψ_0	1,50 ψ_0	-
STR/GEO (6/10b)					
Gevolgklasse 1	1,10	0,9	1,10*	1,10*	-
Gevolgklasse 2	1,20	0,9	1,30*	1,30*	-
Gevolgklasse 3	1,30	0,9	1,50*	1,50*	-
Brand (6.11)					
Alle gevolgklassen	1,0	1,0	1,0		1,0

* Indien 'niet dominant' vermenigvuldigen met ψ_0

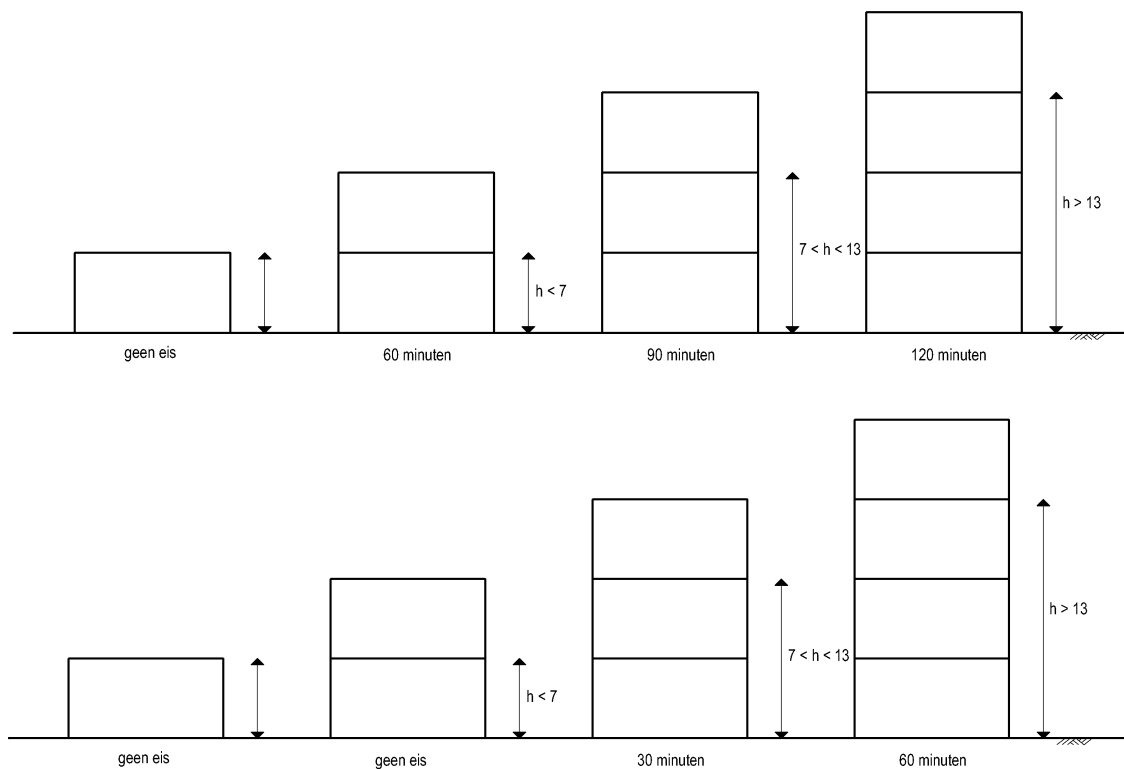
Tabel 7.3 Belastingsfactoren ULS bestaande bouw volgens NEN 8700 (als aanvulling op de NEN-EN 1990)

De waarden in rood tussen de haken duiden de belastingsfactoren voor nieuwbouw aan.



7.3 BRANDVEILIGHEID VAN BESTAANDE BOUWERKEN

De eisen met betrekking tot de brandveiligheid van bestaande bouwwerken zijn evenals voor nieuwbouw vastgelegd in het Bouwbesluit. Hieronder zijn schematisch de eisen weergegeven geldende voor utiliteitsbouw.



7.6 Brandwerendheidseisen voor woningbouw nieuwbouw (boven) en bestaande bouw (onder) volgens het Bouwbesluit 2003.

De eisen ten aanzien van brandveiligheid hebben betrekking op de constructieve veiligheid en omdat de eisen de afgelopen decennia zijn aangescherpt is het vaak een complexe opgave om bestaande constructies, in het bijzonder de ijzeren- en staalconstructies, aan de geldende regelgeving te laten voldoen. Er zijn diverse maatregelen om de brandveiligheid van een bestaande constructie te verbeteren. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.



7.3.1 HET REALISEREN VAN EEN TWEEDE DRAAGWEG

Door het aanbrengen van nieuwe constructiedelen aan een bestaand gebouw, die de belastingen kunnen overnemen als een bestaand constructiedeel ten gevolge van bijvoorbeeld brand bezwijkt, kan aan de eisen ten aanzien van brandwerendheid worden voldaan. Bijvoorbeeld een constructie bestaande uit ijzeren kolommen en liggers, voldoet niet aan de huidige brandveiligheidseisen. Door dragende wanden te plaatsen onder de liggers wordt een tweede draagweg gerealiseerd en blijft de ijzeren constructie in het zicht. Overigens gaat deze oplossing wel ten koste van de indelingsvrijheid van de ruimte [Nieuwmeijer, 2004].

7.3.2 HET OMKLEDEN MET EEN BRANDWEREND MATERIAAL

De sterkte van een draagconstructie bij brand is gerelateerd aan de temperatuur waaraan de constructie wordt blootgesteld en aan het gedrag van het materiaal bij deze temperatuur. De opwarming van het constructiedeel zelf is afhankelijk van de warmtecapaciteit, de warmtegeleiding, de dichtheid en de afmetingen van het element. Er geldt dat hoe groter het blootgestelde oppervlak, hoe sneller het element zal opwarmen. Door de constructie te bekleden met een materiaal dat minder geleidt, zal deze minder snel opwarmen en kan de brandwerendheid worden vergroot. Een nadeel van het bekleden van een staalconstructie met beton is dat de oorspronkelijke staalconstructie niet meer zichtbaar is. Het gebruik van opschuimende verf is niet altijd toegestaan vanwege de uitvoeringsgevoeligheid en is zeker niet toegestaan in woonfuncties [Kruit, 1995].

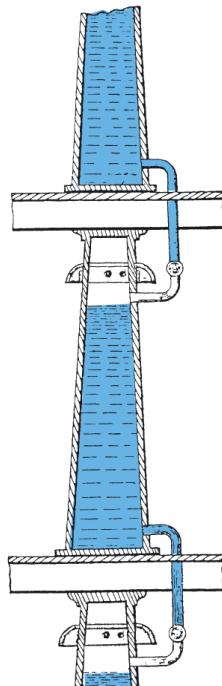
7.3.3 HET VULLEN VAN DE KOLOMMEN MET BETON

Het is mogelijk om kokervormige kolomprofielen te vullen met beton zodoende de brandwerendheid te vergroten. Het effect van deze methode is echter afhankelijk van de profielfactor en de kolomafmetingen. Indien een gietijzeren kolom wordt gevuld met beton in combinatie met staal (staalvezels) neemt de brandwerendheid van deze kolommen aanzienlijk toe. Dit is onderzocht door het British Steel Corporation Research Centre Tubes Division in Corby. Het effect was een toename van de brandwerendheid van 14 naar 50 minuten voor de met beton gevulde gietijzeren kolommen en nog eens een toename naar 111 minuten brandwerendheid indien er staalvezels aan het mengsel werden toegevoegd. Het effect van de betonvulling op de brandwerendheid neemt af, vooral bij gietijzer, naarmate de wanddikte groter wordt en de kolomafmeting kleiner. Een nadeel van deze methode is dat het water in het betonmengsel dat verdampt in het geval van brand, de constructie moet kunnen verlaten. Een oplossing hiertoe is het aanbrengen van enkele gaten in een kolom [Nieuwmeijer, 2004].



7.3.4 HET VULLEN VAN DE KOLOMMEN MET WATER

Het concept om kolommen te vullen met water stamt al uit 1884 toen er het patent voor werd verleend. Het principe is in afbeelding 7.7 weergegeven. Het is een gesloten systeem bestaande uit kolommen die zijn gevuld met water. Het systeem is in Nederland toegepast in een brandweerkazerne in Breda en een soort gelijk principe is toegepast in het Centre Pompidou in Parijs. Indien er een brand ontstaat, begint het water te stromen zodat de warmte kan worden afgevoerd. Zolang de temperatuur beneden een kritische waarde blijft, ongeveer 400 °C, zal de sterkte van de kolom slechts met geringe mate afnemen. Bij een langdurige brand zijn ook bij dit systeem voorzieningen in de vorm van ontsnappingsgaten noodzakelijk om de ontstane stoom af te voeren. Vroeger werden deze ontsnappingsgaten gevuld met was [Nieuwmeijer, 2004].



7.7 Principe van een met water gevulde gietijzeren kolomconstructie



7.3.5 HET AANBRENGEN VAN EEN SPRINKLERINSTALLATIE

De sprinkler techniek is afkomstig uit 1870 en bestaat uit een netwerk van leidingen waaraan diverse sprinklers zijn geplaatst. Deze sprinklers, zie afbeelding 7.8, bestaan uit een glazen met vloeistof gevulde kop voorzien van een smeltzekering. Zodra de smeltzekering bij een bepaalde temperatuur kapot springt, breekt direct het glas en begint het water te stromen. Een dergelijke installatie kan een beginnende brand blussen, de rookontwikkeling beperken of een gevorderde brand beheersen. Een sprinklerinstallatie heeft een positief effect op de brandcompartimentering omdat grotere oppervlakten zijn toegestaan. Een nadeel zijn de hoge kosten die gepaard gaan met het aanbrengen van een sprinklerinstallatie en het noodzakelijke periodieke onderhoud [Nieuwmeijer, 2004].



7.8 Voorbeeld van een sprinkler

7.4 TEN BESLUIT

Voor de constructieve toetsing van bestaande bouwwerken zal er door de inwerkingtreding van de Eurocode het één en ander gaan veranderen. De huidige situatie is dat bestaande gebouwen worden getoetst aan de normen geldende voor nieuwbouw. Zo wordt er in de Nederlandse versie van de Eurocode een duidelijk onderscheid gemaakt tussen nieuwbouw en bestaande bouw. Het onderscheid bevindt zich op de volgende aspecten:

- De kosten die gepaard gaan bij het verhogen van het veiligheidsniveau van bestaande bouw in tegenstelling tot een nieuwbouwproject dat zich nog in de ontwerpfase bevindt.
- De verwachte levensduur van bestaande bouw is vaak anders dan voor nieuwbouw.
- De materiaaleigenschappen van een bestaande constructie zijn in tegenstelling tot een nieuwbouw project niet altijd evident.
- De constructieve afmetingen en indien bekend, de materiaaleigenschappen, zijn bij bestaande bouw een vaststaand gegeven.

Als gevolg hiervan wordt er voor bestaande gebouwen een lager veiligheidsniveau geaccepteerd, bepaald op basis van economische aspecten en op basis van menselijke veiligheid. Waarbij de menselijke veiligheid niet ten kosten mag gaan van een economische optimalisatie. De kans op een menselijk ongeval ten gevolge van het bezwijken van een gebouw, ook voor een bestaand gebouw, is altijd nog vele malen kleiner dan de kans die in Nederland bestaat om slachtoffer te worden van bijvoorbeeld een dodelijk ongeval in het verkeer.



8 SCENARIOSTUDIE

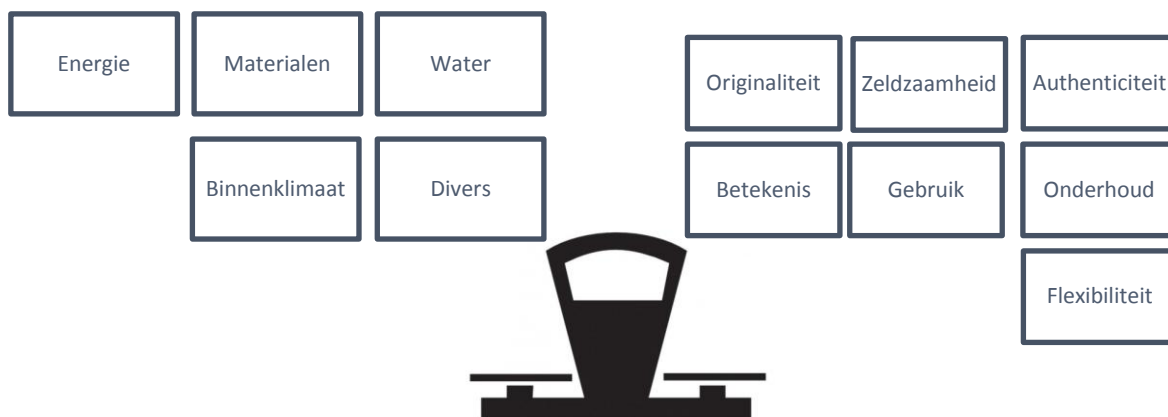


8 SCENARIOSTUDIE

In dit hoofdstuk is de uitgevoerde scenariostudie beschreven die is uitgevoerd voor een drietal case studies. Allereerst is een beknopte uitleg gegeven van het DuMo-rekenmodel waarin de uitkomsten van de berekening worden uitgelegd. Vervolgens is van elke case studie een omschrijving gegeven van het project, besluitend met de uitkomsten van het DuMo-rekenmodel. Het hoofdstuk is vervolgens aangevuld met een onderzoek naar een nieuwbouw scenario voor de desbetreffende case studies. Dit deel van de scenariostudie bestaat uit de vergelijking van een nieuwbouw scenario met de herbestemmingsvariant. De vergelijking heeft plaatsgevonden op basis van de hoeveelheden nieuw te bouwen constructieve bouwdelen.

8.1 DE DUMO -UITKOMSTEN

Met behulp van het DuMo-rekenmodel is op indicatieve wijze een DuMo profiel opgesteld van de bestaande situatie van de drie case studies. Een beschrijving van dit rekenmodel is tevens gegeven in hoofdstuk 3 Monumenten. Dit rekenmodel dient als basis voor de duurzame monumentenzorg en hiertoe verschillende strategieën op hun geschiktheid en haalbaarheid te toetsen en tegen elkaar af te wegen. De uitkomst van het rekenmodel levert een 'Dumo-coëfficiënt'. Deze coëfficiënt dient als hulpmiddel bij de beslissingen en afwegingen die de betrokken partijen betreffende het project moeten maken, gericht op duurzaamheid.



8.1 DuMo weegschaal



De mogelijke verduurzaming van een monument is in grote mate afhankelijk van de ‘aanraakbaarheid’ van een monument. De aanraakbaarheid van een monument wordt bepaald door de hoeveelheid cultuurwaarden die in een monument te onderkennen zijn. Voor het DuMo-rekenmodel is de aanraakbaarheid van een gebouw onderverdeeld in vier ‘aanraakbaarheidscategorieën’, te noemen A, B, C en X. Voor de aanraakbaarheid van een bouwwerk geldt, *hoe hoger en talrijker of omvangrijker de in en aan het monument te onderkennen cultuurwaarden, hoe geringer zijn aanraakbaarheid*.¹⁵ De DuMo-coëfficiënt bestaat uit een Du-index vermenigvuldigd met een Mo-index. De Du-index is de duurzaamheidsprestatie van een monument uitgedrukt in een getalswaarde. De Mo-index indexeert de mate van aanraakbaarheid van een monument en is hoger naarmate de aanraakbaarheid afneemt. De Du-index varieert van waarde 1 voor aanraakbaarheidscategorie C tot waarde 3 voor aanraakbaarheidscategorie A. Criteria bij de bepaling van de aanraakbaarheid en de Mo-coëfficiënt zijn:

- Kwaliteit en zeldzaamheid van de bouwstijl en de architectuur
- Uitvoeringskwaliteit
- Betekenis van het gebouw binnen het oeuvre van de architect of bouwer
- Historische context
- Relatie met een historisch persoon of gebeurtenis
- Technische staat
- Waarde gebouw voor omgeving

Een beoordeling op deze criteria van monumenten wordt gerelateerd aan andere bouwwerken uit de omgeving en uit dezelfde bouwperiode. Hierbij wordt niet alleen het bouwwerk op zich beschouwd maar ook zijn onderdelen. Uitgangspunt bij de beoordeling van de afzonderlijke onderdelen is het waardeniveau van het monument zelf. Zo kan het voorkomen dat een monument dat geclassificeerd is als Categorie A, bepaalde onderdelen met Categorie C bezit en er dus aanpassingen mogelijk zijn.

Het DuMo-rekenmodel is gebaseerd op Greencalc⁺, een in opdracht van de Rijksgebouwendienst ontwikkeld programma om de duurzaamheidsprestatie van gebouwen in kaart te brengen. De duurzaamheidsprestatie van een gebouw kan hiermee worden uitgedrukt in één getal, de zogenaamde Milieu Index Gebouw (MIG). De uitkomst van het DuMo-rekeninstrument is een DuMo-profiel. Bij de bepaling wordt er onderscheid gemaakt tussen de duurzaamheidsthema’s energie, materialen, water, binnenklimaat/comfort en divers. Om de duurzaamheidsprestatie van een monument in kaart te brengen wordt een vergelijking gemaakt met een referentiegebouw. Dit referentiegebouw heeft overeenkomsten met het te onderzoeken gebouw zoals de functie en het bruto vloeroppervlak. Het referentiegebouw voldoet aan de geldende eisen van het bouwbesluit van 1990 en heeft index van 100. Een project kan in vergelijking tot het referentiegebouw hoger of lager scoren. Er geldt dat hoe duurzamer een project, hoe hoger de index.

Belangrijke verschillen tussen Greencalc⁺ en het DuMo-rekenmodel zijn de uitgangspunten. Voor nieuwbouwprojecten wordt een gemiddelde levensduur variërend van 35 jaar voor kantoorgebouwen en 75 jaar voor woningen aangenomen. Een monument heeft een veel langere levensduur en heeft

¹⁵ Nusselder, E.A.(Red.) et al..(2008)., *Handboek Duurzame Monumentenzorg* (Rotterdam, SBR, 2008), p. 17



daarnaast veelal te maken met een piekbelasting. In vergelijking tot nieuwbouw zijn de eisen met betrekking tot het klimaat en het comfort soepeler. De uitkomst van het DuMo-rekenmodel is slechts indicatief en het dient als hulpmiddel om verschillende duurzaamheidsstrategieën tegen elkaar af te wegen.

Na elke omschrijving van een casestudie is de DuMo-index gegeven van de bestaande situatie en het (gerealiseerde) scenario herbestemming. Het uitvoerblad is in het bijlage rapport opgenomen.



ENERGIEHUIS DORDRECHT

De bouw van de energiecentrale is gestart in 1908 en is in de daarop volgende jaren steeds verder uitgebreid. De bestaande bouwdelen zijn een administratiegebouw (1910), machine- en ketelhuis I (1910), machine- en ketelhuis II (1915) en machine- en ketelhuis III (1928). Doordat de bouwdelen afkomstig zijn uit verschillende tijdperken, zijn verschillende bouwstijlen herkenbaar. De bouwstijlen het Rationalisme, de Amsterdamse School en het Zakelijk Expressionisme volgen elkaar hier op, duidelijk herkenbaar aan de verschillende gevels van de afzonderlijke bouwdelen. Zie afbeelding 8.2.

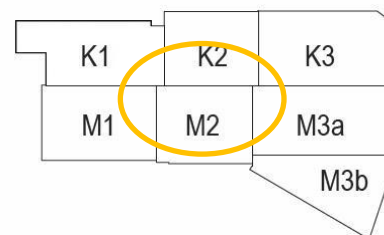


8.2 Elektriciteitscentrale, Dordrecht 1908 – 1928
Afbeelding: Jonkman en Klinkhamer

In de jaren vijftig heeft het gebouw zijn functie als elektriciteitscentrale verwisseld voor bedrijfsruimten en magazijnen. Het gebouw heeft hierdoor de nodige aanpassingen moeten ondergaan. In diverse ruimten zijn verdiepingvloeren aangebracht en zijn sparingen dichtgezet. Desondanks zijn de cultuurhistorische en architectonische waarden goed bewaard gebleven.

De voormalige elektriciteitscentrale heeft de status Gemeentelijk Monument. Het gebouw is van hoge cultuurhistorische waarde omdat het zowel maatschappelijk als economisch een belangrijke rol heeft gespeeld bij de ontwikkeling van de energievoorziening op lokaal en regionaal niveau. Het gebouw bezit een architectonische waarde omdat er drie stromingen uit de utilitaire architectuur zichtbaar zijn. Er is een 'expliciete esthetische kwaliteit' aan het bouwwerk toegekend op basis van vormgeving en detaillering. De voormalige elektriciteitscentrale wordt als industrieel erfgoed beschouwd. Het bezit in zowel functioneel als architectonisch opzicht een hoge zeldzaamheidswaarde.

Het energiehuis bestaat uit drie bouwdelen, respectievelijk bouwdeel I, bouwdeel II en bouwdeel III. Voor de casestudie is alleen bouwdeel M2 beschouwd met als uitgangspunt de situatie na de verbouwing in de jaren vijftig, zie afbeelding 8.3. Het betreft een bouwdeel dat oorspronkelijk bestond uit een grote hal. Naderhand zijn hier in de jaren vijftig drie verdiepingvloeren in aangebracht. Het bouwdeel heeft sinds deze verbouwing de gebruiksfunctie 'kantoren' vervuld.

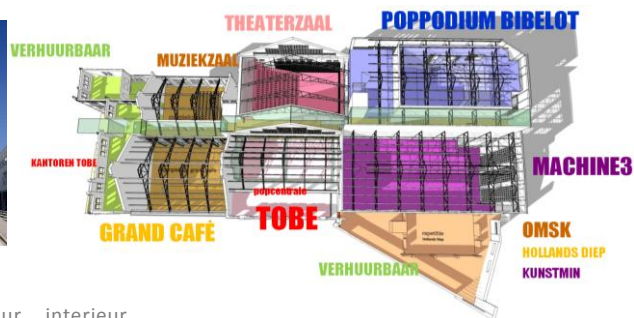


8.3 Overzicht van Het Energiehuis



8.2 HERBESTEMMING

De gemeente Dordrecht is al enige tijd bezig om het gebied Stadswerven, waarin ook de voormalige elektriciteitscentrale zich bevindt, te herstructureren. In 2005 heeft de gemeenteraad ingestemd met de herontwikkeling van het Energiehuis. Het betreft de huisvesting van diverse culturele instellingen waaronder Stichting ToBe met kunstopleidingen, poppodium Bibelot, Kunstatelier OMSK, Muziektheater Hollands Diep en Schouwburg Kunstmin in de voormalige machinehallen. De gemeente Dordrecht heeft bbn Adviseurs (bureau bouwcoördinatie Nederland) ingeschakeld om de verschillende programma's van eisen op elkaar af te stemmen. Uiteindelijk is gekomen tot een haalbaar Programma van Eisen voor het hele complex en is er een berekening gemaakt van de investerings- en exploitatiekosten. De nieuwe ontwikkeling zal een nieuwe impuls aan het gebied Stadswerven gaan geven en het nieuwe culturele hart van de stadsregio vormen. De gemeente heeft voor het Energiehuis en het bijbehorende programma van eisen een prijsvraag uitgeschreven. Het winnende ontwerp van Jonkman en Klinkhamer Architecten, welke is uitgewerkt tot een definitief ontwerp, is eind 2009 gepresenteerd, zie afbeelding 8.4. Begin 2010 heeft de gemeenteraad een besluit over het DO Energiehuis genomen. Op het moment van schrijven bevindt dit project zich in de uitvoeringsfase.



8.4 DO Energiehuis Dordrecht

Afbeeldingen: Jonkman en Klinkhamer architectuur interieur

Het historische en industriële karakter van het gebouw zijn duidelijk aanwezig in het ontwerp van Jonkman en Klinkhamer architecten. De gevel mag niet worden gewijzigd en zal in oorspronkelijke staat worden gerestaureerd. Om de gebruiksfuncties met elkaar te verbinden is een verkeersstraat met een glazen dak over de volle lengte van het gebouw ontworpen. Alle verblijfsruimten zijn gekoppeld aan deze verkeersstraat en hierdoor zijn muurdoorbrekingen onvermijdelijk. Om de toegankelijkheid van het gebouw te vergroten zijn er twee toegangen aan het gebouw toegevoegd.

Bij het ontwerpen en het indelen van de ruimten zijn de bestaande constructie, de nieuwe constructie en de ruimteafscheidings op verscheidene plaatsen met elkaar geïntegreerd. Het industriële karakter van het bouwwerk blijft behouden, zichtbaar aan materiaalgebruik (vloeren) en de oude stalen spanten die in het zicht blijven. In sommige bouwdelen worden de in de jaren '50 aangebrachte verdiepingvloeren verwijderd en komen er nieuwe verdiepingvloeren voor in de plaats. In het bouwdeel K2 worden twee extra verdiepingvloeren aangebracht. Hierin komen diverse oefenruimtes voor muziek, theater en dans en bovenin het bouwdeel is een theaterzaal gelegen.

8.3 DUMO PROFIEL VOOR EN NA DE INGREEP



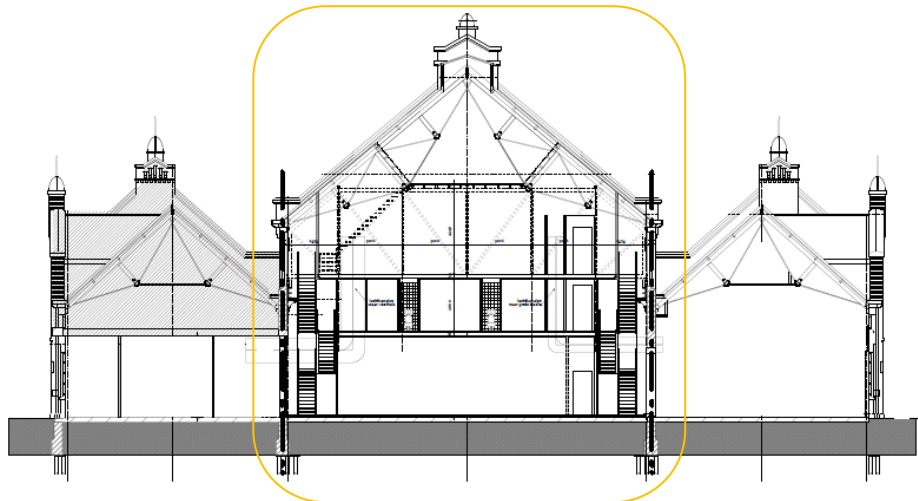
ZUIVERINGSHAL WESTERGASFABRIEK



8.5 Aanzicht zuiveringshal Westergasfabriek Amsterdam

In het casco van een voormalige zuiveringshal van de Westergasfabriek in Amsterdam is een theater gerealiseerd. Het bouwwerk is een rijksmonument en stamt uit 1885. Het bouwwerk is één van de vele gebouwen op het terrein van de Westergasfabriek, zie afbeelding 8.5 en 8.6.

De zuiveringshal is langwerpig van vorm (40 m. x 17 m.) en omvatte twee grote zuiveringsruimten. In deze ruimten werd het gas door middel van grote met zand gevulde ketels gezuiverd van zwavel. In de hal is een kraanbaan aanwezig, opgelegd op metselwerkpenanten en ijzeren consoles in de gevel [zie afbeelding 8.7]. Uitgaande van het gegeven dat de kraan op elke positie van de baan gepositioneerd kon worden, bezit de fundering een zekere overcapaciteit. Daarbij vormt de kraanbaan een belangrijk onderdeel van de monumentenstatus en kan niet worden vervangen. De grond onder de begane grondvloer is vervuild waardoor het aanbrengen van extra funderingspalen erg kostbaar zal zijn.



8.6 Doorsnede zuiveringshal (40 m x 17 m)

Afbeelding: Architectenbureau Koldewij



8.4 HERBESTEMMING

Het theater Cosmic is in 2010 opgeleverd. Het ontwerp van architectenbureau Koldewey behelst een zogenaamde doos-in-doos constructie waarvan de inwendige constructie is opgehangen aan spanten die in de breedte overspannen van kraanbaan tot kraanbaan. Op deze wijze is de overcapaciteit van de fundering optimaal benut. De bestaande kraanbanen bleken niet voldoende sterk om de krachten vanuit de spanten over te dragen naar de gevel en fundering. Daarom is achter deze kraanbaan een nieuwe ligger geplaatst die overspant van penant naar penant. De spanten rusten op deze nieuwe ligger. Naast de constructieve voordelen van deze constructie is de doos-in-doos constructie ook gunstig ten aanzien van de geluidseisen. Ondanks de toepassing van mobiele wanden met een voldoende akoestisch vermogen zijn de authentieke details van het gebouw niet verloren gegaan.



8.7 Monumentale kraanbaan in de zuiveringshal met nieuw spanten
Afbeelding: EB

8.5 DUMOPROFIEL VOOR EN NA DE INGREEP



FABRIEKSPAND DE NOBEL

Dit project in Leiden omvat een verzameling gebouwen waarvan een deel gepland staat om gesloopt te worden en een ander deel behouden zal blijven. De oudste panden van het Nobelcomplex stammen uit 1850 en dienden als Tras- en Pleisterfabriek. In 1886 zijn de panden overgenomen door een dekenfabriek en is er een extra gebouw aan het complex toegevoegd. De gebouwen werden met elkaar verbonden door middel van een luchtbrug, zie afbeelding 8.8. Inmiddels is deze afgebroken. In 1893 heeft het complex een grote renovatie ondergaan. Sinds 1958 zijn de panden in het bezit geweest van de firma De Nobel. Zij vestigde hier een handel in oude metalen en lompen. Op aandringen van de Gemeente Leiden heeft het bedrijf de gebouwen moeten verlaten in 1987. Een duidelijke en passende bestemming is er sindsdien niet meer voor de panden geweest. De tijdelijke leegstand van het gebouw heeft een zeer grote invloed op de Du-index van het gebouw, zichtbaar aan de lage uitkomsten van het DuMo-rekenmodel. Het niet gebruiken van bouwwerken is feitelijk een verspilling van materiaal en leidt tot een toename van verval doordat leegstaande gebouwen doorgaans slecht worden onderhouden.



8.7 Huidige situatie fabriekspand De Nobel
Afbeelding Ector Hoogstad Architecten



8.8 Nobelcomplex met luchtbrug
Afbeelding: Gemeente Leiden

Het bouwdeel gevestigd aan de Marktsteeg [zie afbeelding 8.7] is één van de bouwdelen dat een nieuwe functie krijgt en maakt deel uit van de case studie. Het gebouwencomplex wordt omgeven door woningen. Dit heeft een nadelig effect op een mogelijke herbestemming, zeker ten aanzien van de geluidseisen. Het project biedt diverse uitdagingen door de monumentale waarde van de gebouwen, de binnenstedelijke locatie en geluidsproblematiek.

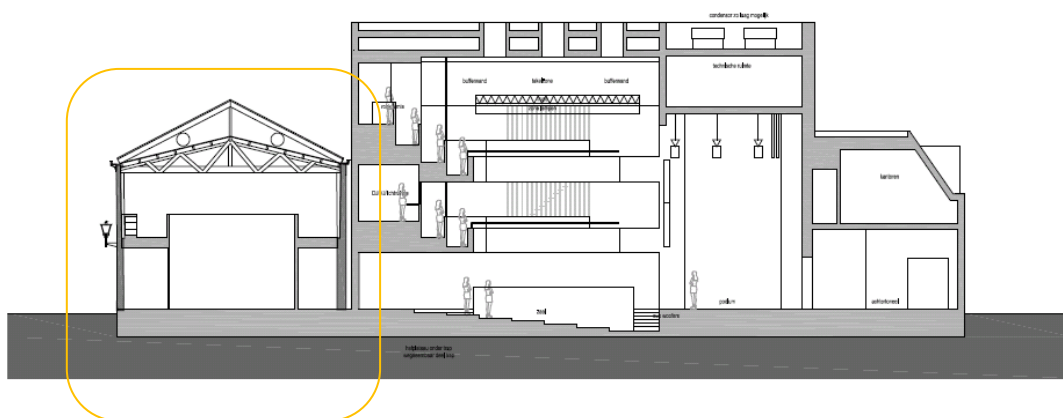


8.6 HERBESTEMMING

De gemeente Leiden heeft in 2008 besloten om het Nobelcomplex te herbestemmen tot een muziekcentrum. Door middel van een Europese openbare aanbesteding is het ontwerp van Ector Hoogstad Architecten gekozen tot winnend ontwerp. Dit ontwerp behelst enkel een structuurontwerp dat nog een redelijke flexibiliteit bezit. In overleg met de gebruikers, de opdrachtgevers en met adviseurs is het structuurontwerp verder uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp waarin tal van knelpunten efficiënter zijn opgelost dan in het structuurontwerp. Het programma van eisen bestaat uit de volgende functies:

- grote zaal
- kleine zaal
- foyers (incl. Grand-café, toiletten, lockers, etc.)
- kleedkamers
- kantoren
- facilitair
- extra ruimte

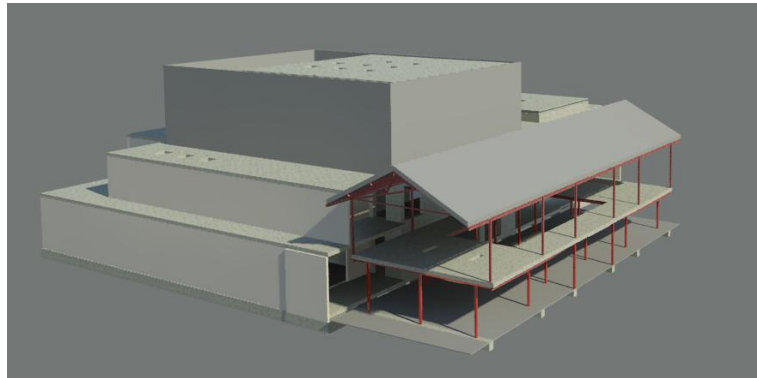
De grote en de kleine zaal en de expeditieruimte kunnen niet worden ingepast in de bestaande gebouwen en dus zullen deze functies worden ondergebracht in een nieuwbouw gedeelte. De inpassing in één van de bestaande bouwdelen bleek onmogelijk door de gestelde oppervlakte eisen en door de vanuit het Bouwbesluit geldende geluidseisen. Het monumentale pand zal de entree gaan vormen van het muziekcentrum, zie het oranje kader afbeelding 8.9. Op de begane grond zal een grand café komen en op de verdiepingen zullen mogelijk kantoren worden gerealiseerd. Dit bouwdeel van het project maakt deel uit van de case studie.



8.9 Herbestemming en nieuwbouw fabriekspand de Nobel
Afbeelding Ector Hoogstad Architecten



Het monumentale pand aan de Marktsteeg heeft een rechthoekige plattegrond van 10 meter bij 40 meter en bestaat uit twee bouwlagen. De dragende structuur bestaat uit metselwerk wanden met een betonnen begane grondvloer op grondslag en een houten verdiepingsvloer. Het pand verkeert in uiterst slechte staat, waaronder voornamelijk de gevel. Verondersteld wordt dat de scheuren in de gevel hersteld dienen te worden en dat de kozijnen in dermate slechte staat verkeren dat deze vervangen dienen te worden. Het dak bestaat uit een mansarde kap met keramische pannen welke in een totale slechte staat verkeren.



8.10 Herbestemming en nieuwbouw fabriekspand De Nobel
Afbeelding: IMd Raadgevende Ingenieurs

8.7 DUMO PROFIEL VOOR EN NA DE INGREEP



8.8 NIEUWBOUWSCENARIO

Voorafgaand aan de bepaling van de nieuwbouwvarianten zijn de te hanteren uitgangspunten vastgesteld. De volgende uitgangspunten zijn van belang om de resultaten ten aanzien van de milieubelasting op een valide wijze te kunnen vergelijken met de herbestemmingsvariant.

1. Er wordt voor het nieuwbouwscenario uitgegaan van de situatie dat het bestaande pand gesloopt wordt en dat deze locatie vrij komt om een nieuwbouw te realiseren. Dit scenario is voor monumenten wellicht niet de meest realistische maar hierdoor blijven de binnenstedelijke randvoorwaarden voor herbestemming en nieuwbouw gelijk.
2. Het te bouwen BVO is voor de nieuwbouwvariant gelijk aan de herbestemmingsvariant. Dit kan zowel gunstig als ongunstig werken omdat er bij herbestemming sprake kan zijn van ruimte tekort of juist een ruimte overschot.
3. De nieuwbouwvarianten zijn ontworpen op basis van functionaliteit, geen complexe vormen maar een eenvoudig concept.
4. Het bouwsysteem wordt zo veel mogelijk afgestemd op de afmetingen van het gebouw, de bouwlocatie en de functie.

De gebouwcontouren van de bestaande gebouwen zijn als uitgangspunt gehanteerd voor de nieuwbouwvarianten. De nieuwbouwvarianten zijn niet tot in detail uitgewerkt maar er is een zogenaamd concept ontwerp gemaakt. Dit houdt in dat de nieuwbouwvarianten niet tot in detail zijn uitgewerkt. De hoofddraagconstructie is zodanig uitgewerkt dat van de constructieve bouwdelen de afmetingen zijn bepaald. Deze gegevens zijn vervolgens vergeleken met de hoeveelheden constructieve bouwdelen van de herbestemmingsvarianten. Per nieuwbouwvariant zijn de volgende gebouwaspecten bepaald. Het inbouwpakket wordt buiten beschouwing gelaten omdat deze vergelijkbaar zal zijn aan de herbestemmingsvariant.

- Fundering
- Begane grondvloer
- Verdiepingsvloeren
- Dakvloer
- Hoofddraagconstructie

Voor alle ontwerpvarianten is een gelijksoortige constructie ontworpen. Deze bestaat uit de volgende elementen.

- Fundering bestaande uit betonnen palen met betonnen balken een betonvloer i.h.w.g. op zand.
- Staalskelet bestaande uit kokerprofielen (kolommen en THQ-liggerprofielen (primaire liggers) en UNP-liggerprofielen (secundaire liggers).
- Kanaalplaten met een druklaag 60 mm.
- Stabiliteitsvoorzieningen in de vorm van windverbanden.

Alle tekeningen zijn opgenomen in het bijlage rapport.



8.8.1 ENERGIEHUIS BOUWDEEL M2

Dit bouwdeel maakt deel uit van een groter geheel zoals is omschreven in paragraaf 8.1. De functies welke in dit bouwdeel zijn ondergebracht worden voor dit deel van de scenariostudie ondergebracht in een nieuwbouw. Er is gekozen voor een vergelijkbare vorm zoals bouwdeel M2. Het energiehuis beschikt over een kelder waarin ook diverse functies zijn ondergebracht. Voor de nieuwbouwvariant wordt geen kelder opgenomen in het ontwerp maar kan een extra verdieping worden aangenomen. De tekeningen zijn opgenomen in het bijlage rapport.

8.8.2 ZUIVERINGSHAL WESTERGRASFABRIEK

Het MC theater, dat is ondergebracht in de voormalige zuiveringshal, beslaat slechts een deel van het totale gebouw. Evenals voor het Energiehuis geldt dat ook hier een vergelijkbare nieuwbouw is ontworpen voor het MC theater op basis van de in werkelijkheid gerealiseerde oppervlakten. Daarbij is de bestaande indeling als uitgangspunt genomen en heeft een optimalisatie plaatsgevonden. De ophangconstructie aan de spanten was bij het herbestemmen van het gebouw noodzakelijk omdat de fundering niet kon worden aangepast wegens de aanwezigheid van vervuilde grond. Bij het ontwerpen van een nieuwbouw is het realistisch om aan te nemen dat de grond eerst wordt gesaneerd en de beperking wat betreft het niet kunnen ontgraven hierbij niet van toepassing is. Een dergelijke constructie waarbij de grote theaterzaal is opgehangen aan veertien meter overspannende vakwerkspanten is dan ook niet noodzakelijk.

8.8.3 FABRIEKSPAND DE NOBEL

Het Nobelcomplex bestaat uit meerdere bouwdelen waarvan één bouwdeel wordt gehandhaafd en de overige bouwdelen worden gesloopt en worden vervangen door een nieuwbouw gedeelte. Het bouwdeel dat gehandhaafd blijft zal als entree dienen voor het muziekcentrum. Een vervanging van dit bouwdeel door een nieuwbouw gedeelte kan vanwege de binnenstedelijke situatie alleen plaatsvinden indien de gebouwcontouren gelijk zijn aan de huidige. Ook hier is voor een gelijksoortige gebouwstructuur gekozen.



8.8.4 VERGELIJKING VAN SCENARIO'S

Het vergelijken van diverse scenario's, waaronder herbestemmen en nieuwbouw heeft enkel plaatsgevonden op basis van nieuw te bouwen constructieve bouwdelen. De volgende argumenten worden hiertoe aangedragen.

- De hoofddraagconstructie maakt tot 60% deel uit van de totale milieubelasting door gebouwen ten aanzien van het totale materiaalgebruik.
- De hoeveelheden nieuw te bouwen bouwdelen voor de nieuwbouwvariant alsmede de herbestemmingsvariant zijn vergelijkbare gegevens.
- Het inbouwpakket voor nieuwbouw alsmede voor de nieuwbouwvariant zullen enigszins gelijk zijn aan elkaar, daarom zijn deze gegevens niet meegenomen in de vergelijking.

De scenario's zijn vergeleken op basis van milieubelasting veroorzaakt door constructief materiaalgebruik. De volgende gegevens zijn met elkaar vergeleken:

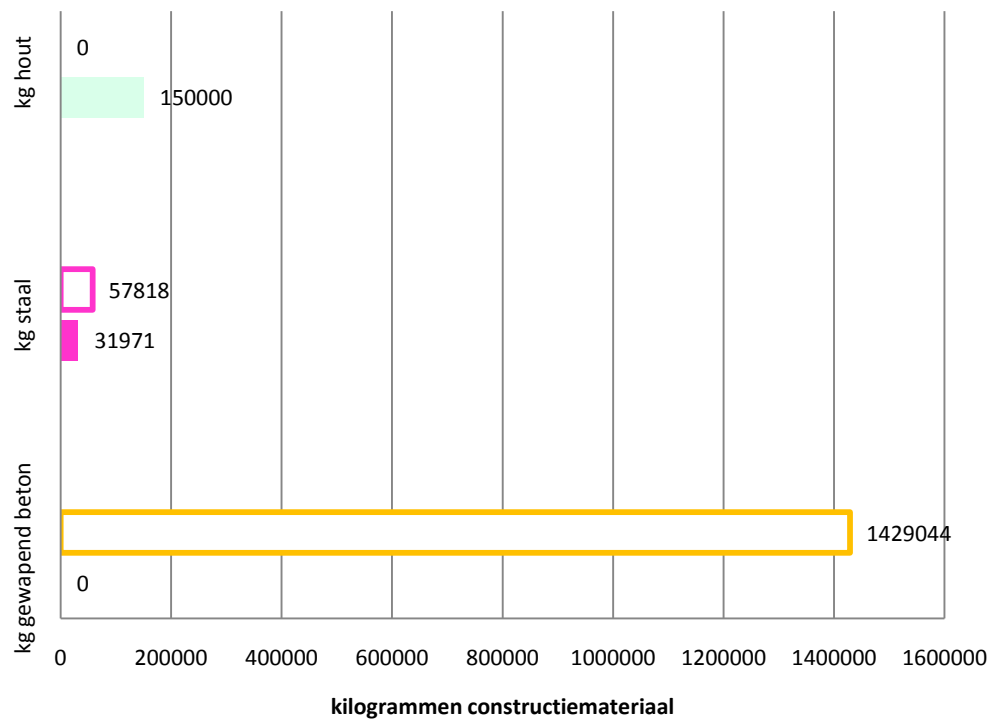
- Nieuw te bouwen constructieve bouwdelen herbestemmingsvariant
- Te bouwen constructieve bouwdelen nieuwbouwvariant

De voorlopige nieuwbouw ontwerpvarianten zijn voor deze scenariostudie zoveel mogelijk afgestemd op de binnenstedelijke randvoorwaarden die ook geldig waren voor de herbestemmingsvariant. Tevens is het mogelijk om een vergelijking te maken van diverse vergelijkbare gebouwen die elders in Nederland zijn gebouwd. Er kan dan een vergelijking worden gemaakt op basis van milieukosten per m2 BVO. Deze analyse is tijdens dit onderzoek echter niet uitgevoerd.

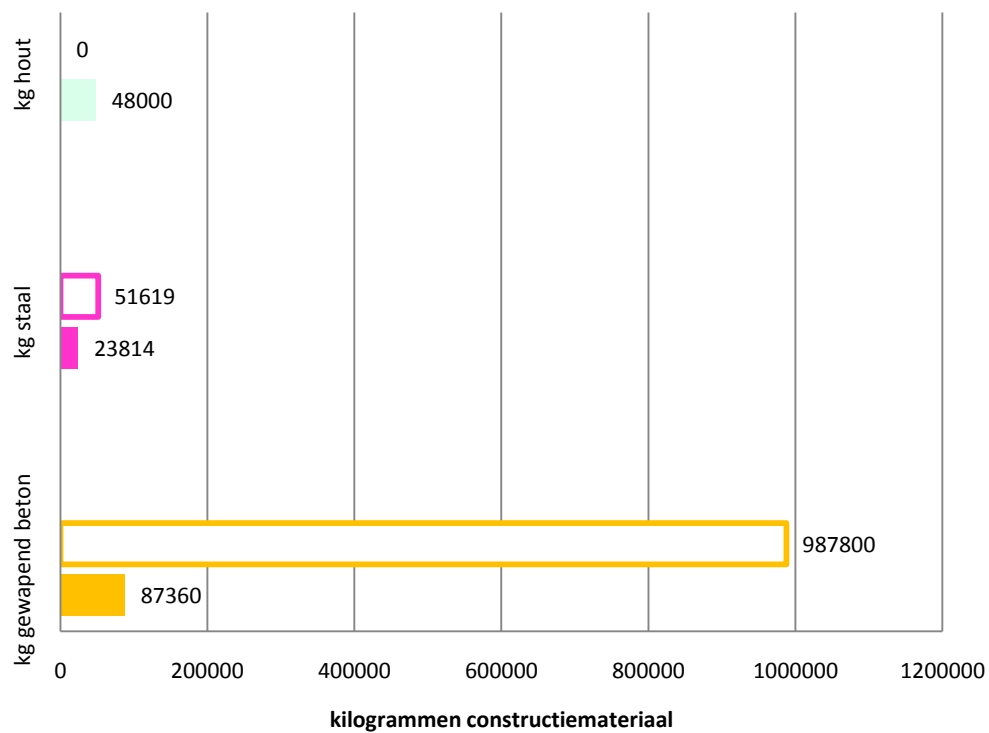
	Herbestemming Het Energiehuis	Nieuwbouw Het Energiehuis	Herbestemming De Nobel	Nieuwbouw De Nobel	Herbestemming Cosmic	Nieuwbouw Cosmic
Gewapend beton	0 kg	1429044 kg	556818 kg	645884 kg	87360 kg	987800 kg
staal	31971 kg	57818 kg	13386 kg	35930 kg	23814 kg	51619 kg
hout	150000 kg	0 kg	64800 kg	0 kg	48000 kg	0 kg



8.8.5 RESULTATEN VERGELIJKING PER CASE STUDIE

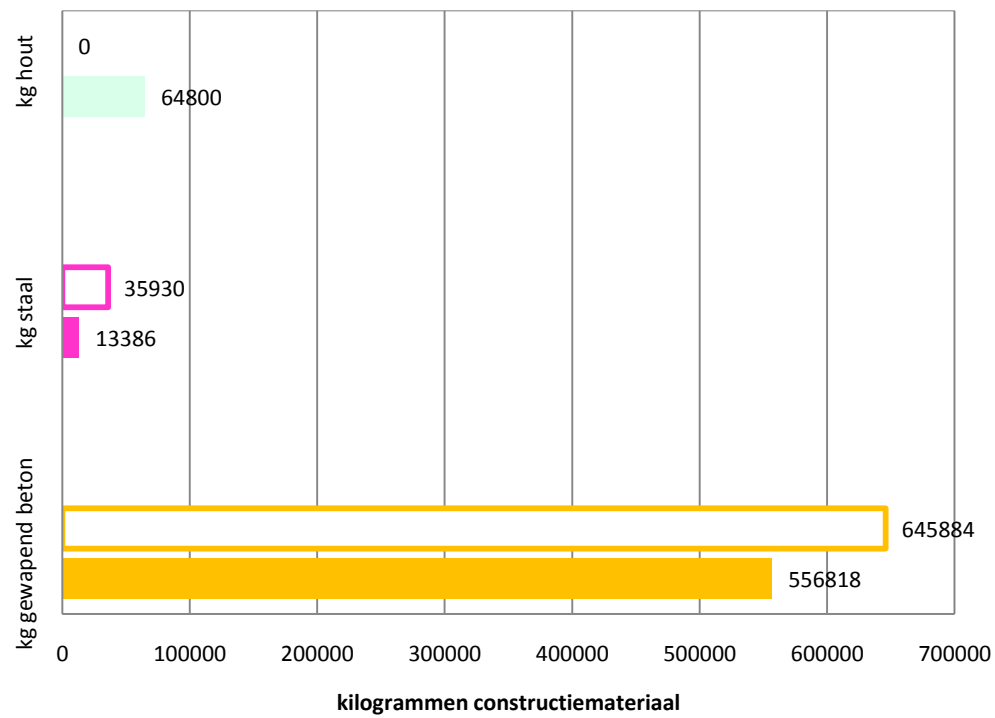


Het Energiehuis



Theater Cosmic





De Nobel



8.9 TEN BESLUIT

Bepalingsmethoden duurzaamheid

Ten aanzien van de rekensoftware om de duurzaamheid in kaart te brengen is er een aantal obstakels als het herbestemming betreft. Er is gewerkt met het programma Greencalc⁺ en met het DuMo-rekenmodel welke een Greencalc⁺ achtergrond heeft. Het programma Greencalc⁺ is oorspronkelijk ontwikkeld voor nieuwbouw. Het programma kan worden gebruikt bij een herbestemmingsproject omdat er dan doorgaans ook sprake is van nieuwbouw.

Het DuMo-rekenmodel

Aan het DuMo-rekenmodel zitten enige beperkingen. Indien er in een monument naast renovatie ook sprake is van nieuwbouw zal van deze nieuwe delen een milieubelasting met behulp van Greencalc⁺ gedaan moeten worden. De invoer van de case studies in het DuMo-rekenmodel zijn nagegaan door NIBE, de ontwikkelaar van het rekenmodel. De uitkomsten van de Du-score zijn redelijk hoog maar dit heeft te maken met het verouderde klimaatssysteem. Er is bij alle gebouwen geen sprake van koeling, welke een positieve invloed heeft op de Du-score van het gebouw. Echter, in het geval van leegstand, zoals bij het Nobel complex, daalt de Du-index van het bestaand gebouw enorm. Dit is gerelateerd aan het niet benutten van het gebouw en het verval dat optreedt door de leegstand.

Het nieuwbouwscenario

Het resultaat van de vergelijking 'hoeveelheden constructief materiaal' laat zien dat nieuwbouw nadeliger is ten aanzien van het constructieve materiaalgebruik ten opzichte van het herbestemmen. De case studies laten zien dat zelfs als er sprake is van een intensieve wijziging van de hoofddraagconstructie, waarbij constructieve oplossingen noodzakelijk zijn om de hoofddraagconstructie in te passen in het bestaande, nieuwbouw toch nadeliger is. In het geval van herbestemming waarbij de nieuwe functie, enkel door middel van bouwkundige verbeteringen gerealiseerd kan worden, zal het milieuvoordeel ten aanzien van het materiaalgebruik nog groter zijn. Hiervan is bijvoorbeeld sprake als er leegstaande kantoorgebouwen uit de jaren '70 tot '90 worden getransformeerd en er geen grootschalige constructieve aanpassingen noodzakelijk zijn,



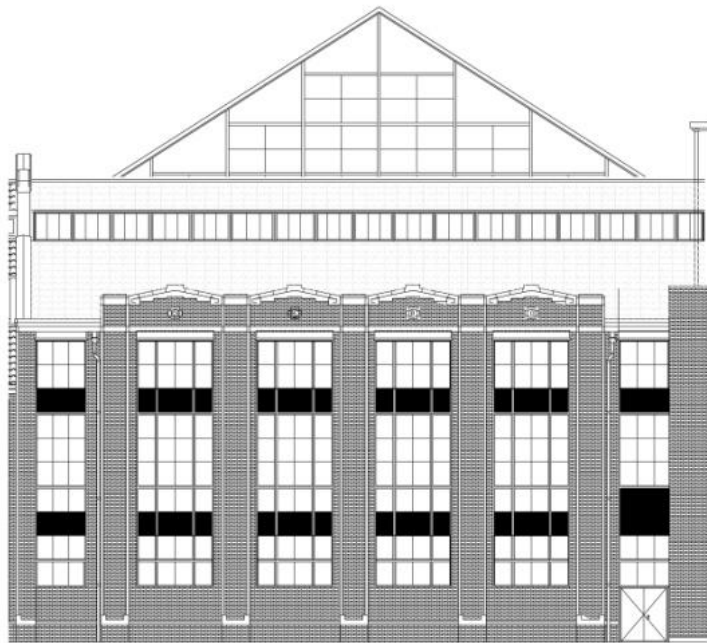
9 DE VERDIEPING



9 DE VERDIEPING

Om de MSc thesis een extra dimensie te geven is er een ontwerpdeel aan het onderzoeksdeel toegevoegd. De uitkomsten van de verdieping zijn gebruikt worden bij de vorming van de conclusies van het onderzoek. De oplossingen richten zich zowel op de constructieve aspecten als op de bouwkundig aspecten. Beide hangen sterk samen met de invulling van de fysieke ontwerpruimte met het Programma van Eisen. Deze invulling is daarom ook beschouwd.

9.1 MACHINEHUIS 2 ENERGIEHUIS DORDRECHT



9.1 Zuidgevel bouwdeel M2, het Energiehuis
Afbeelding: Jonkman en Klinkhamer architecten

Het totale project Energiehuis Dordrecht omvat meerdere bouwdelen die onderling sterk verschillen doordat sommige bouwdelen later zijn omgebouwd tot kantoren en sommige in hun originele toestand zijn gebleven. De vele sparingen en niveauverschillen maken het ontwerp en de invulling van de ontwerpruimte met het vooraf vastgelegde programma van eisen voor de architect een zeer uitdagende maar ook complexe opgave. In dit deel van het onderzoek – de verdieping – wordt voor bouwdeel M2 onderzocht of er ruimte is voor verbeteringen in de huidige plannen voor het energiehuis. De verbeteringen richten zich in dit geval voornamelijk op de milieueffecten veroorzaakt door materiaalgebruik.



In de jaren vijftig zijn in dit bouwdeel, zoals afgebeeld op bovenstaande gevelafbeelding, drie verdiepingvloeren aangebracht zodoende er kantoren in te vestigen. Het betreft een constructie bestaande uit stalen HEA kolomprofielen waarover stalen HEA liggerprofielen en een houten vloerconstructie overspannen. De begane grondvloer heeft een verdiepingshoogte van 2750 mm en de verdiepingen daaropvolgend hebben een verdiepingshoogte van 2950 mm en 3520 mm. In de kantoren zijn de nodige voorzieningen aangebracht zoals een CV installatie en een lift. De oorspronkelijke stalen kozijnprofielen met enkelglas zijn gehandhaafd.

In de toekomst zal Stichting Tobe Kunstopleidingen in dit bouwdeel Machinehuis 2 (M2) gevestigd worden. Het programma van eisen behelst diverse oefen- en lesruimten en de daarbij benodigde voorzieningen zoals toiletten en kleed- en bergruimten. Daarbij gelden voor het bouwdeel M2 eisen met betrekking tot geluid, vrije hoogte en ventilatie e.d. volgens het Bouwbesluit.

9.1.1 ONTWERP ARCHITECT

Het programma van eisen van de Stichting Tobe Kunstopleidingen is door de architect ingepast in bouwdeel M2. Door een overschot aan vloeroppervlakte en om extra verdiepingshoogte te creëren is door de architect gekozen om de bestaande verdiepingvloeren uit de jaren vijftig te slopen. Vervolgens worden er twee nieuwe houten verdiepingvloeren in het bouwdeel aangebracht, zie afbeelding 8.13. Deze nieuwe houten vloeren hebben een speciale opbouw ten behoeve van de geluidsisolatie van de les- en oefenruimten. Evenals de vloeren zullen ook de stalen HEA kolommen worden gesloopt. De nieuwe HEA kolommen zijn dusdanig geplaatst dat zij niet te midden van een ruimte staan maar in een scheidingswand. De verbeteringen ten aanzien van het aspect 'energie' zijn onder andere het aanbrengen van een vloerverwarmingssysteem en het plaatsen van voorzetramen en voorzetwanden aan de binnenzijde van de gevel. De warmteopwekking voor het gebouw geschiedt middels een Hr-ketel, de ventilatie van het gebouw vindt plaats middels een mechanisch toe- en afvoer systeem inclusief warmteterugwinning.



9.1.2 VERDUURZAMING DOOR MATERIAALBEHOUD

Het bestaande ontwerp is geanalyseerd en er is gekeken of er materiaal bespaard kan worden. Hiertoe is getracht een vergelijkbaar ontwerp te maken van bouwdeel M2 [zie afbeelding 8.5 t/m 8.9]. De ontsluiting van de verdiepingen van bouwdeel M2 vindt plaats via een trappenhuis in bouwdeel K2. Corresponderend met het oorspronkelijke ontwerp van de architect, aan de noordzijde (bovenzijde) van de plattegronden. In het bijlage rapport is een vergelijkingsstaat opgenomen met daarin de oppervlakten van de verblijfsruimten en de overige ruimten van het ontwerp van de architect en het nieuwe ontwerp waarbij de bestaande vloeren behouden blijven. Ter vergelijking zijn de tekeningen van het ontwerp van de architect tevens in het bijlage rapport opgenomen.

De uitgangspunten die bij geoptimaliseerde ontwerpvariant gehanteerd zijn:

- Behoud van zoveel mogelijk hetgeen al aanwezig is, het ontwerp is ondergeschikt aan het bestaande gebouw.
- Het zo min mogelijk slopen van de bestaande constructie.
- De bestaande liftschacht dient als leidingschacht.
- De wanddiktes zijn overgenomen uit het ontwerp van de architect, daar waar aan elkaar grenzende verblijfsruimten met elkaar corresponderen.

Er wordt één vloer gesloopt ten behoeve van het verkrijgen van een grotere vrije hoogte. Daarbij is gekeken welke verdiepingvloer dit het beste kan zijn; de eerste of de tweede verdiepingvloer komen hiervoor in aanmerking omdat de zolder al een redelijk grote verdiepingshoogte heeft. Bij het slopen van een tussenvloer moet ook gekeken worden naar de stijfheid van de kolommen omdat de kniklengte groter wordt. Hiertoe zal worden onderzocht of een kolomverzwaring noodzakelijk is of enkel een koppeling door middel van het aanlassen van schotten. Een nadeel van het behouden van de vloeren is dat niet alle ruimten kolomvrij zijn. Echter, bij de ruimten waar dit noodzakelijk is, is hier wel rekening mee gehouden zoals de dansruimten.

Bij het ontwerp is getracht zoveel mogelijk de ruimten hetzelfde te laten als in het ontwerp van de architect. Het ontwerp dient niet zozeer ter verbetering maar om aan te tonen dat door een andere denk- en werkwijze te hanteren veel winst gemaakt kan worden op het gebied van materiaalbesparing en werkzaamheden.

Het ontwerp sluit op de volgende aspecten aan op het Bouwbesluit:

- Minimaal 2 vluchtroutes per verblijfsruimte (niet via een andere verblijfsruimte).
- Verkeersroutes zijn minimaal 1200 mm breed.
- Een minimale vrije hoogte van de verblijfsruimten van 2600 mm.

Na uitwerking van de verdieping door middel van de eerder genoemde uitgangspunten bleek dat een redelijk vergelijkbaar ontwerp gemaakt kon worden voor bouwdeel M2 met daarin Stichting Tobe Kunstopleidingen. Daarbij is door middel van het programma Greencalc⁺ de behaalde winst op het gebied van materiaalbesparing uit te drukken in een verlaging van de milieulast

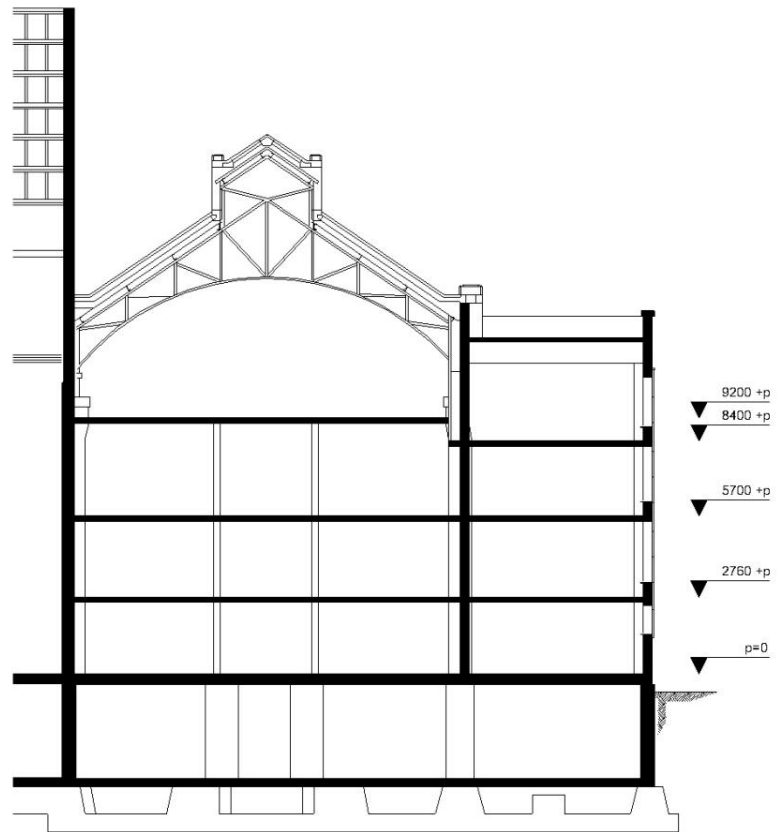


De tekeningen zijn weergegeven op de volgende pagina's. Het betreft onder andere een vergelijking van de gebouwdorsneden van bouwdeel M2. In de oorspronkelijke situatie na verbouwing in de jaren vijftig, het ontwerp van de architect en het nieuwe ontwerp met behoud van de verdiepingvloeren. Vervolgens zijn ook de plattegronden van het nieuwe ontwerp weergegeven. Ter vergelijking zijn de plattegronden van het ontwerp van de architect opgenomen in het bijlage rapport. Als laatste is een principeschets weergegeven van de kolommen ter plaatse van de te slopen eerste verdiepingvloer van de bestaande en de nieuwe situatie.

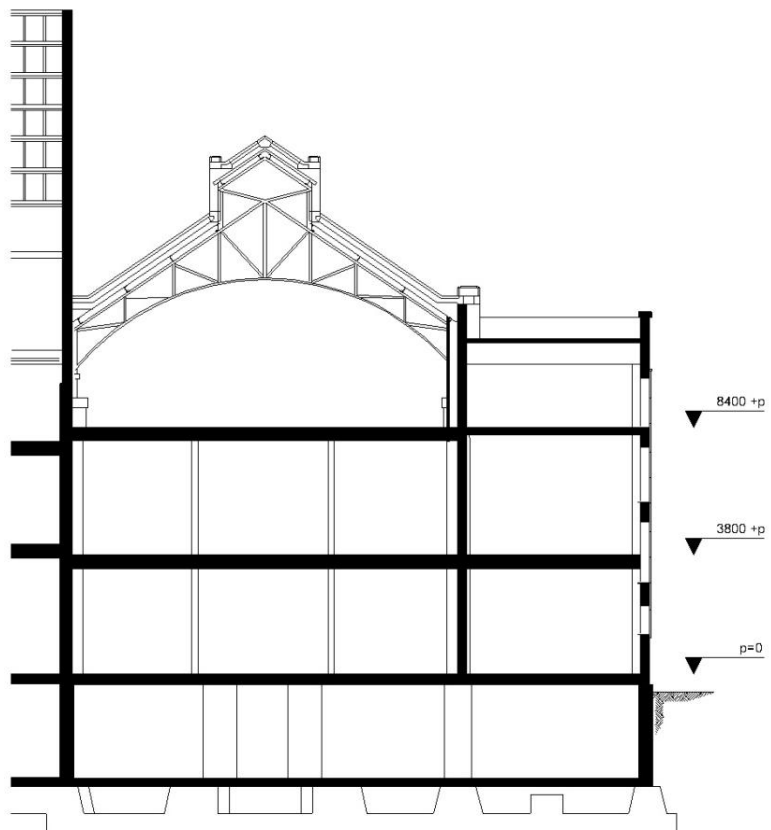


9.2 Machine hal 2 oorspronkelijke situatie
Afbeelding: IMd Raadgevende Ingenieurs



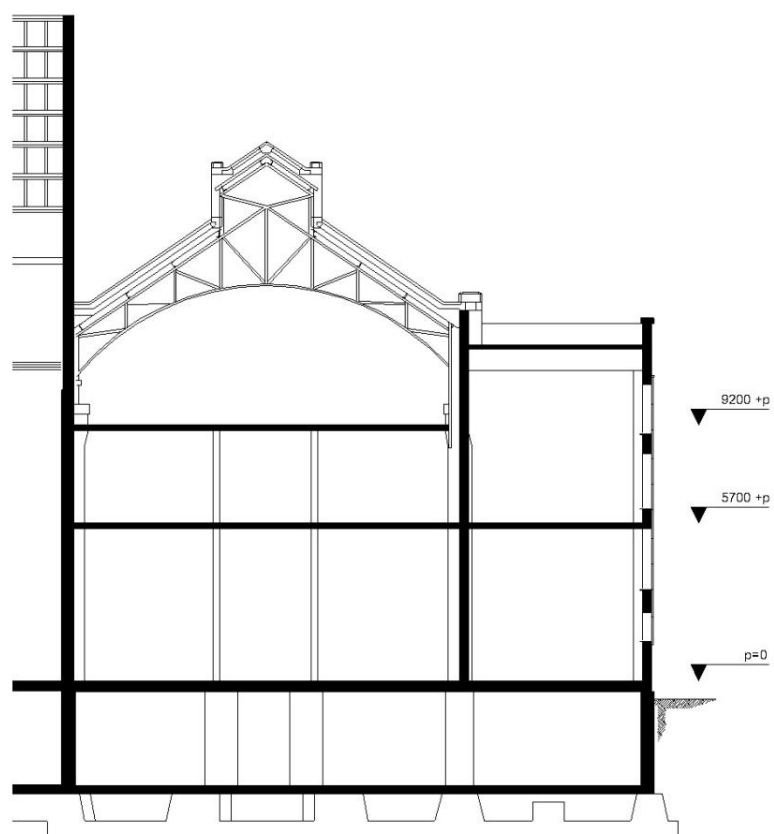


9.3 Doorsnede bestaande situatie



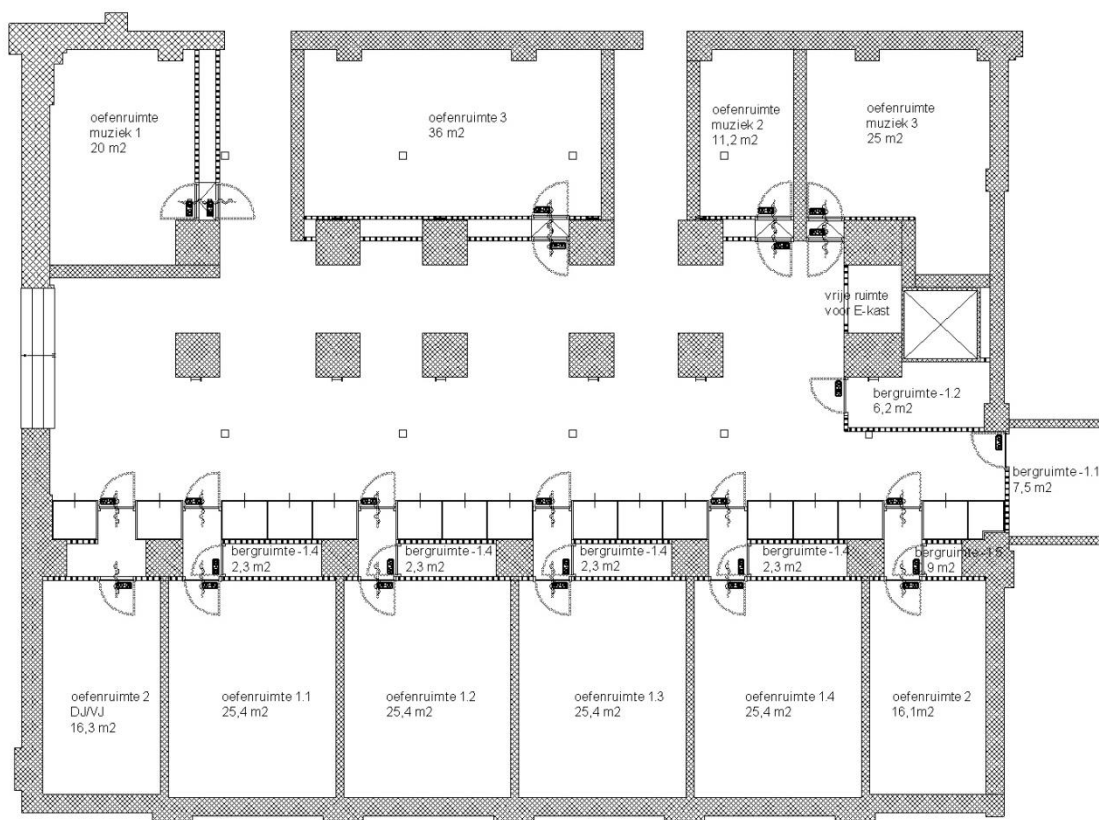
9.4 Doorsnede ontwerp architect



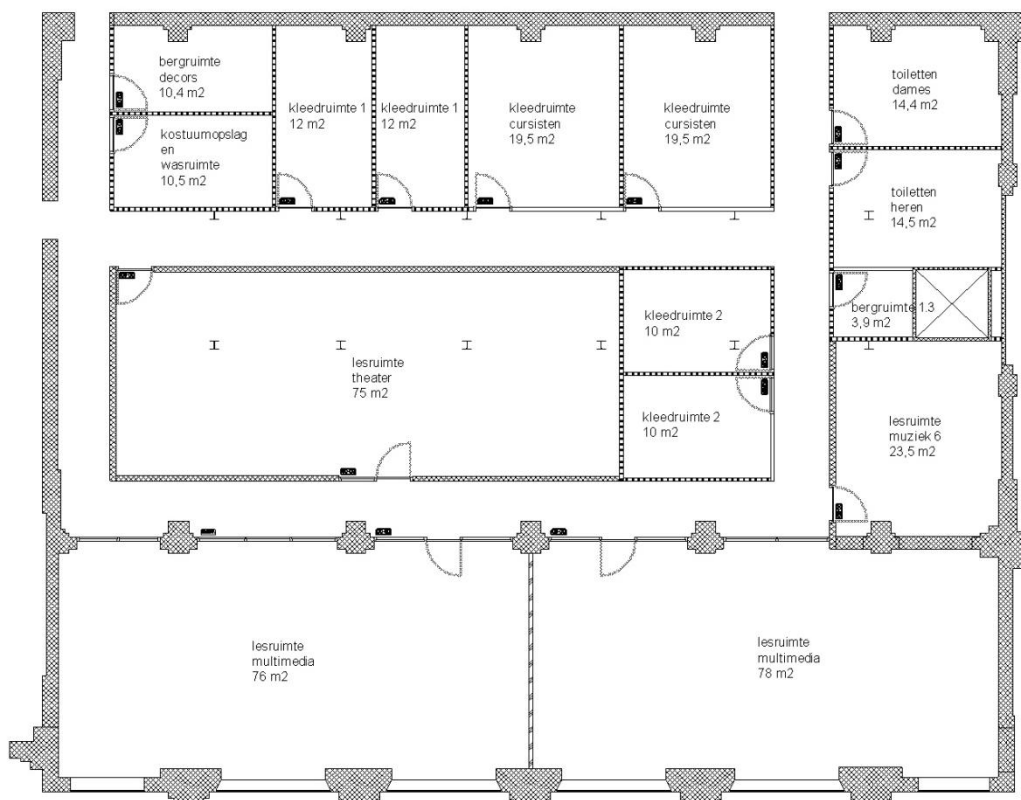


9.5 Doorsnede ontwerpvariant geoptimaliseerd





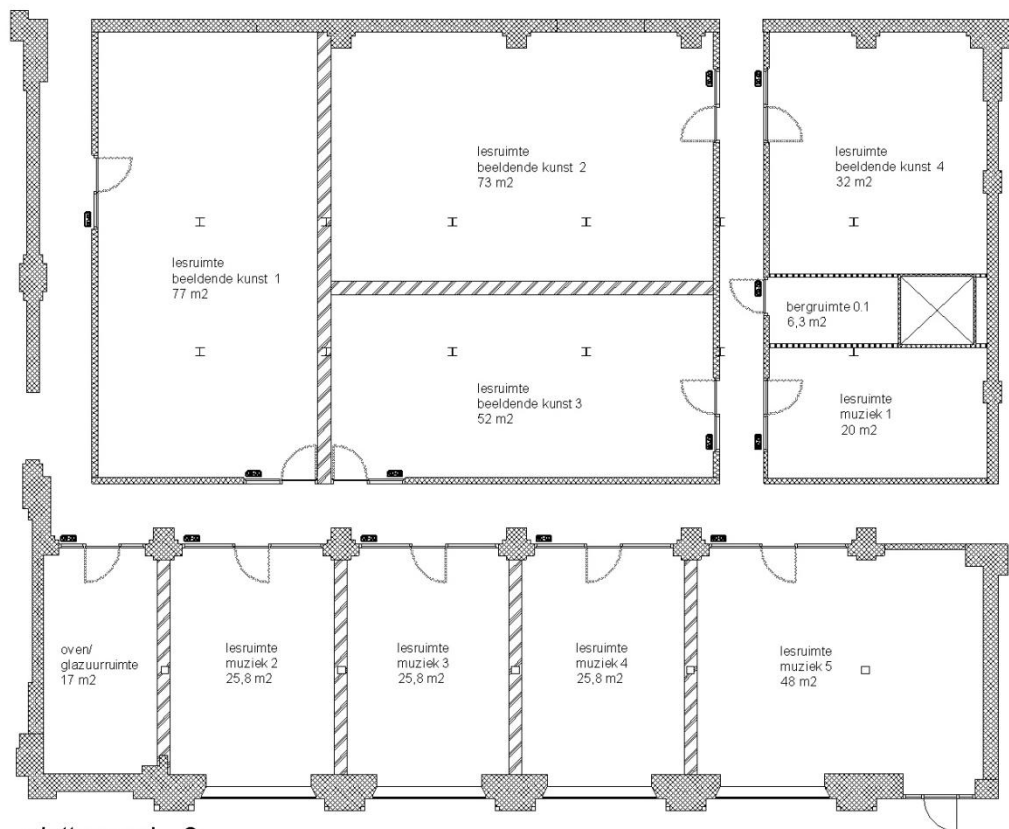
plattegrond -1



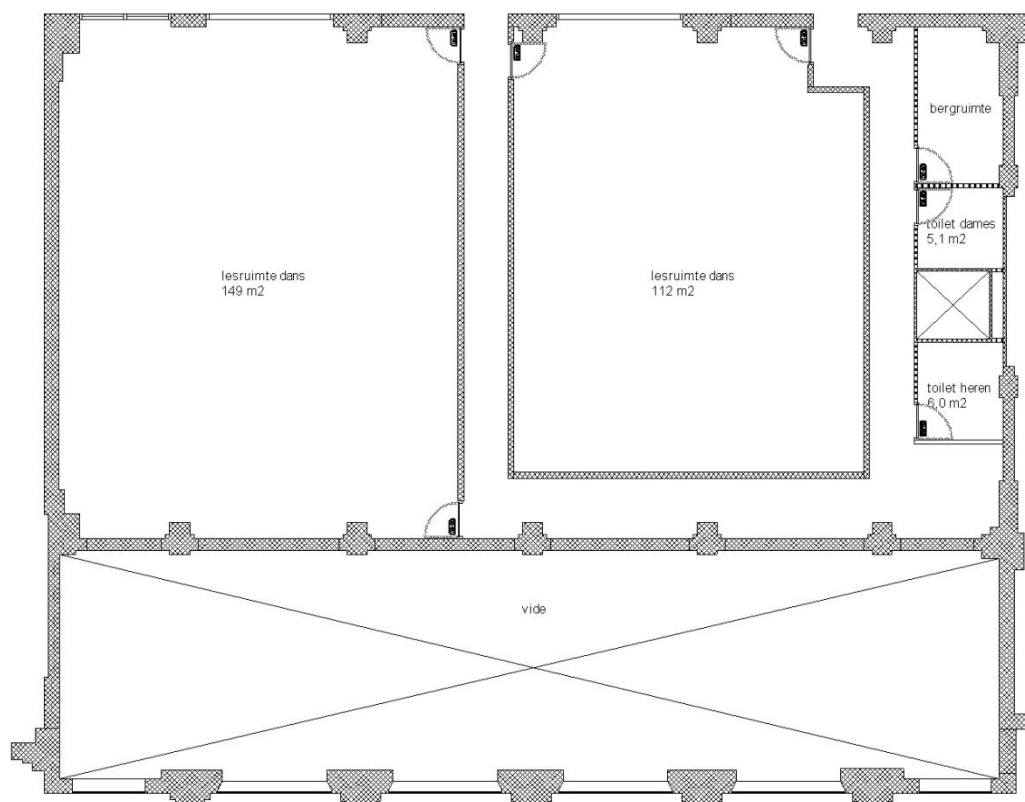
plattegrond +1

9.6 Plattegronden ontwerpvariant geoptimaliseerd, M2 het Energiehuis





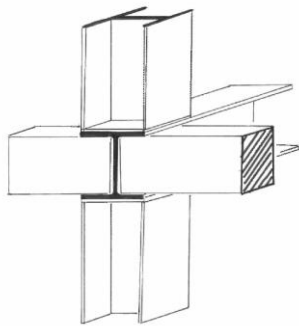
plattegrond 0



plattegrond +2

9.7 Plattegronden ontwerpvariant geoptimaliseerd, M2 het Energiehuis





8.10 kolomverbinding bestaande situatie



8.11 kolomverbinding nieuwe situatie

Hierboven zijn de principeschetsen weergegeven van de nadien aangebrachte vloeren in bouwdeel M2 uit de jaren vijftig. Het betreft een constructie bestaande uit stalen HE240A kolommen met daarop een I-vormig stalen ligger profiel. Tussen de liggerflenzen zijn houten balken bevestigd waarover vervolgens een houten vloerconstructie rust. In de nieuwe situatie wordt de houten vloerconstructie inclusief de houten balken verwijderd. De stalen liggers kunnen tot op de kolombreedte worden afgezaagd. Daarbij moeten er, indien niet aanwezig, verstijvingschotten tussen de overgebleven liggerflenzen gelast worden. De kolommen zijn in staat om toegenomen kniklengte en de functiewijziging van kantoorfunctie naar sport- en onderwijsfunctie beide op te nemen. Een berekening van de kolommen is opgenomen in het bijlage rapport.

9.2 MILIEUKOSTEN BEPAALD MET GREENCALC⁺

Het bestaande ontwerp van de architect is in ogenschouw genomen en hierbij is onderzocht of de duurzaamheid ten aanzien van het materiaalgebruik verbeterd kan worden. Om de resultaten te kwantificeren is het programma Greencalc⁺ gebruikt. Hiertoe zijn drie verschillende invoeren gedaan in het programma Greencalc⁺ waaronder de bestaande situatie als kantoren, het ontwerp van de architect als school en de geoptimaliseerde variant op dit ontwerp. Het totale gebouw is als 'nieuwbouw' ingevoerd omdat een groot deel van de werkzaamheden uit nieuw aan te brengen materialen bestaat. [Zie hoofdstuk 2 Duurzame ontwikkelingen]. De milieukosten van de bestaande bouwdelen kunnen handmatig uit het resultatenoverzicht worden verwijderd omdat die milieukosten door de lange levensduur al kunnen worden afgeschreven. Het programma Greencalc⁺ biedt de mogelijkheid om een gebouw als kantoor, school, gezondheidszorg of winkel in te voeren. Zoals zichtbaar op de plattegronden bestaat bouwdeel M2 uit verschillende gebruiksfuncties zoals diverse oefen- en lesruimten voor muziek, theater en multimedia en twee dansruimten. De gebruiksfunctie 'school' komt redelijk overeen met de diverse gebruiksfuncties die in dit bouwdeel gevestigd gaan worden. Voor een uitleg van de definitie milieukosten zie: Hoofdstuk 2 Duurzame ontwikkelingen.

De milieukosten gegenereerd door Greencalc⁺ van de herbestemmingsvarianten zijn ten aanzien van het materiaalgebruik gereduceerd, daar waar de bestaande bouwdelen gehandhaafd blijven. Hierdoor worden er voor de herbestemmingsvarianten voor de bouwdelen fundering, vloeren, kolommen en wanden en deels voor het dak geen milieukosten in rekening gebracht. Dit kan omdat deze bouwdelen al dermate oud zijn dat de milieubelasting al volledig is afgeschreven. Voor de nieuw te bouwen bouwdelen



wordt wel een volledige milieubelasting bepaald. Hierdoor kunnen het ontwerp van de architect en de geoptimaliseerde ontwerpvariant met elkaar vergeleken worden. Als de milieukosten, veroorzaakt door materiaalgebruik, worden beschouwd dan wordt ongeveer 30% van de milieukosten veroorzaakt door de vloeren. In dit geval betreft het houten vloeren die ten aanzien van de betonnen vloeren al wel beter scoren ten aanzien van de milieukosten. In het ontwerp van de architect worden de bestaande vloeren uit de jaren vijftig gesloopt en worden er nieuwe vloeren aangebracht. Hier worden wel nieuw te maken milieukosten voor in rekening gebracht. In de variant worden de bestaande vloeren gehandhaafd, hiervoor worden dus geen milieukosten gerekend.

Na een evaluatie van de varianten bleek dat een verlaging van de jaarlijkse milieukosten door materialen van het bouwdeel M2 door de bestaande vloeren te handhaven aanzienlijk was, ongeveer 25 %. Op gebouwniveau bleek de winst echter nihil omdat de jaarlijkse milieukosten veroorzaakt door energie vele malen groter zijn. Met behulp van Greencalc⁺ is onderzocht met welke ingrepen de jaarlijkse milieukosten door energiegebruik gereduceerd kunnen worden.

Een overzicht van de gebouwgegevens welke in Greencalc⁺ zijn ingevoerd per situatie; bestaand, ontwerp architect en een geoptimaliseerde ontwerpvariant, wordt in de volgende § 9.2.1.1 gegeven.



9.2.1.1 UITGANGSPUNTEN VOOR GREENCALC⁺

	MATERIAAL - BESTAANDE TOESTAND KANTOREN			
BOUWDEEL	BOUWPRODUCTEN			
fundering	Houten palen	Betonvloer i.h.w.g.		
Gevel	Binnenblad/ buitenblad metselwerk	Stalen kozijnen Enkel glas		
Binnenwanden	Betonnen kolommen	Stalen HEA kolommen	Stalen HEA liggers	
Vloeren	<i>Keldervloer</i> Betonvloer i.h.w.g.	<i>Begane grond</i> betonvloer i.h.w.g.	<i>Verdiepingsvloeren</i> Houten balken (zonder boskeur)	<i>Dekvloeren</i> zandcement
Daken	Stalen portaal en betonnen constructie t.p.v plat dak	Houten regelwerk	kozijnen	<i>Dakbedekking</i> Dakpannen/bitumen
installaties	Gekoppeld aan BVO			
inrichting	liftinstallatie	sanitairvoorzieningen	trappen	

	ENERGIE - BESTAANDE TOESTAND KANTOREN		
ONDERDEEL	SYSTEEMBESCHRIJVING		
Gebouw gebruik	Bezettingsgraad B4 12-30 m ² p.p.		
Zonwering	Zuidzijde <i>handbediend</i>		
Klimaatsysteem	<i>Ventilatie</i> Natuurlijke toe-/mechanische afvoer Geen w.t.w.	<i>Warmteopwekking</i> CR-ketel >55 °C (water)	<i>Koeling</i> Niet aanwezig
Warmtapwater	<i>Opwekking</i> elektrisch	<i>Zonnecollectoren</i> Niet aanwezig	
PV/Windmolens	Niet aanwezig		
Verlichting	12 W/m ² (vertrekschakeling)		
Apparatuur	Gemiddelde automatiseringsgraad voor kantoren		



ONDERDEEL	WATER - BESTAANDE TOESTAND KANTOREN SYSTEEMBESCHRIJVING
Voorzieningen	Pantry
Sanitair	<i>Toiletten</i> <i>Kranen</i> Traditioneel 9L reservoir Standaard
Regenwater	Geen benutting van het regenwater



	MATERIAAL - ONTWERPVARIANT ARCHITECT			
BOUWDEEL	BOUWPRODUCTEN			
fundering	Houten palen	Betonvloer i.h.w.g.		
Gevel	Binnenblad/buitenblad metselwerk	Stalen kozijnen Enkel glas	Voorzetramen	Voorzetwanden
Binnenwanden	Betonnen kolommen	Stalen HEA kolommen	Stalen HEA liggers	
Vloeren	<i>Keldervloer</i> Betonvloer i.h.w.g.	<i>Begane grond</i> betonvloer i.h.w.g.	<i>Verdiepingsvloeren</i> Houten balken (met boskeur)	<i>Dekvloeren</i> zandcement
Daken	Stalen portaal en betonnen constructie t.p.v. plat dak	Houten regelwerk	kozijnen	<i>Dakbedekking</i> Dakpannen/ bitumen
installaties	Gekoppeld aan BVO			
inrichting	sanitairvoorzieningen trappen			

	ENERGIE - ONTWERPVARIANT ARCHITECT		
ONDERDEEL	SYSTEEMBESCHRIJVING		
Gebouw gebruik	Bezettingsgraad B2 2-5 m ² p.p.		
Zonwering	Zuidzijde <i>handbediend</i>		
Klimaatstelsysteem	<i>Ventilatie</i> Mechanische toe-/ mechanische afvoer Geen w.t.w.	<i>Warmteopwekking</i> HR-ketel >55 °C (water)	<i>Koeling</i> Compressiekoelmachine (lucht)
Warmtapwater	<i>Opwekking</i> elektrisch	<i>Zonnecollectoren</i> Niet aanwezig	
PV/Windmolens	Niet aanwezig		
Verlichting	12 W/m ² (vertrekschakeling)		
Apparatuur	Onderwijs		



WATER - ONTWERPVARIANT ARCHITECT	
ONDERDEEL	SYSTEEMBESCHRIJVING
Voorzieningen	Sportvoorzieningen
Sanitair	<i>Toiletten</i> <i>Kranen/douches</i> Traditioneel 9L Standaard reservoir
Regenwater	Geen benutting van het regenwater



	MATERIAAL - ONTWERPVARIANT GEOPTIMALISEERD			
BOUWDEEL	BOUWPRODUCTEN			
fundering	Houten palen	Betonvloer i.h.w.g.		
Gevel	Binnenblad/buitenblad metselwerk	Stalen kozijnen Enkel glas	Voorzetramen	Voorzetwanden
Binnenwanden	Betonnen kolommen	Stalen HEA kolommen	Stalen HEA liggers	
Vloeren	<i>Keldervloer</i> Betonvloer i.h.w.g.	<i>Begane grond</i> betonvloer i.h.w.g.	<i>Verdiepingsvloeren</i> Houten balken (met boskeur)	<i>Dekvloeren</i> zandcement
Daken	Stalen portaal en betonnen constructie t.p.v plat dak	Houten regelwerk	kozijnen	<i>Dakbedekking</i> Dakpannen/bitumen
installaties	Gekoppeld aan BVO			
inrichting	sanitairvoorziening trappen en			

	ENERGIE - ONTWERPVARIANT GEOPTIMALISEERD		
ONDERDEEL	SYSTEEMBESCHRIJVING		
Gebouw gebruik	Bezettingsgraad B2 2-5 m ² p.p.		
Zonwering	Zuidzijde <i>handbediend</i>		
Klimaatstelsysteem	<i>Ventilatie</i> Mechanische toe-/ mechanische afvoer Inclusief w.t.w. 50%	<i>Warmteopwekking</i> Warmtepomp (bodem/lucht) < 35 °C (water/lucht)	<i>Koeling</i> Warmtepomp i.c.m. koudeopslag (water/lucht)
Warmtapwater	<i>Opwekking</i> Warmtepomp	<i>Zonnecollectoren</i> 50 m ²	
PV/Windmolens	50 m2 zonnepanelen		
Verlichting	12 W/m2 (vertrekschakeling) inclusief aanwezigheidsdetectie		
Apparatuur	Onderwijs		



WATER - ONTWERPVARIANT GEOPTIMALISEERD	
ONDERDEEL	SYSTEEMBESCHRIJVING
Voorzieningen	Sportvoorzieningen
Sanitair	<i>Toiletten</i> <i>Kranen/douches</i> Traditioneel 9L Zelfsluitend en reservoir waterbesparend
Regenwater	Benutting voor toiletspoeling



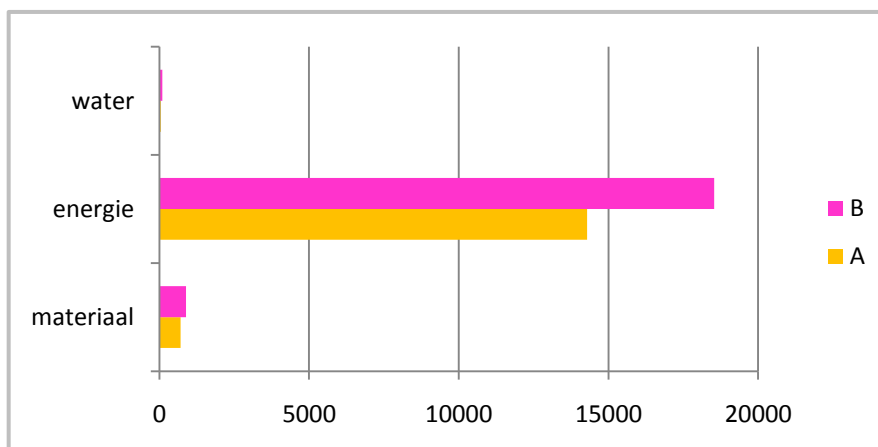
9.3 TEN BESLUIT

Jaarlijkse milieukosten	Ontwerp architect	Variant geoptimaliseerd ontwerp	Verlaging milieukosten
Materiaal	€ 893,-	€ 706,-	20 %
Energie	€ 18.529,-	€ 14.289,-	23 %
Water	€ 93,-	€ 48,-	48 %
Totaal	€ 19.515	€ 15.043,-	23 %

Tabel 9.1 Overzicht Greencalc⁺ resultaten

De benodigde ingrepen zijn weergegeven in voorgaande tabellen. In het instrument Greencalc⁺ is de geoptimaliseerde ontwerpvariant ingevoerd. Zowel de bestaande bouwdelen als nieuw te bouwen bouwdelen zijn benoemd. De ontwerpvariant van de architect is als referentiegebouw aangemaakt, zodoende zijn beide ontwerpvarianten vergeleken. In onderstaande grafiek zijn de verschillen tussen de twee ontwerpvarianten zichtbaar. Variant A (oranje) is de geoptimaliseerde variant en variant B (roze) is de ontwerpvariant van de architect. Er is een reductie van 25 % opgetreden.

Volgens de verwachting die de makers van het programma Greencalc⁺ zelf uitspreken zal het materiaalaandeel een grotere rol gaan spelen in de toekomst [Zie hoofdstuk 2 Duurzame Ontwikkelingen]. Dit is het geval indien het gebouw energieneutraal ontworpen is. In dat geval bedragen de jaarlijkse milieukosten € 0, -. Echter het energieneutraal ontwerpen van het Energiehuis blijkt een lastige opgave. In dit geval bleef het aandeel van het materiaalgebruik ten opzichte van de totale milieukosten gelijk na het nemen van energiebesparende maatregelen.



Grafiek 9.1
Vergelijking milieukosten



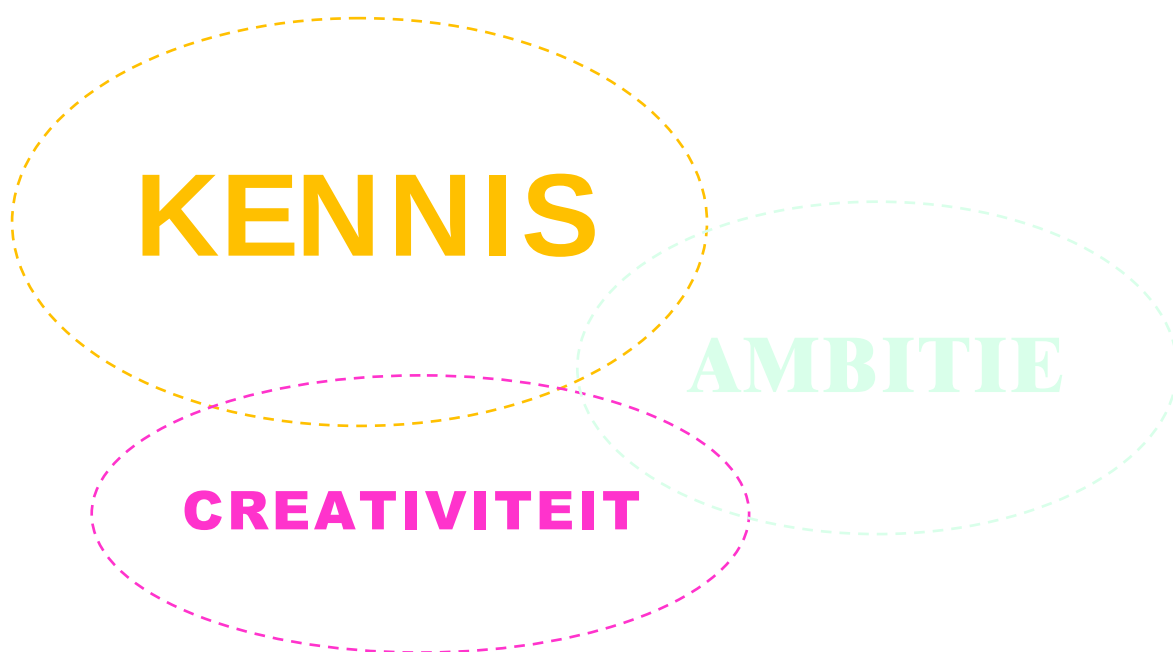
10 CONCLUSIES & OPLOSSINGSRICHTINGEN



10 CONCLUSIES & OPLOSSINGSRICHTINGEN

Na het bestuderen van diverse literatuur, praktijkvoorbeelden en het uitwerken van de case studies bleek al vrij snel dat het niet eenvoudig is om een eenduidig antwoord te geven op de vooraf gestelde onderzoeksvragen. In tegenstelling tot nieuwbouw, waarin in de afgelopen decennia veel ervaring is opgedaan en er steeds meer sprake is van een standaardisering en industrialisering, blijkt dat het herbestemmen op duurzame wijze een jonge ontwikkeling is. Daarbij is de duurzaamheid door middel van diverse instrumenten wel meetbaar, echter zijn vrijwel alle instrumenten gericht op nieuwbouw. Bij herbestemming is er deels sprake van hergebruik maar is er vrijwel altijd sprake van een nieuw inbouwpakket en worden er diverse ingrepen gedaan aan de hoofddraagconstructie. Een integrale beoordeling op basis van duurzaamheid waarin alle aspecten (energie, materiaal en water) kunnen worden vergeleken op basis van diverse scenario's, is op dit moment nog niet op eenduidige wijze uitvoerbaar.

De conclusies zijn samen te vatten in drie hoofdthema's die hieronder zijn weergegeven. In dit laatste hoofdstuk worden deze hoofdthema's besproken en nader toegelicht.



10.1 KENNIS

Om op een efficiënte en milieubewuste wijze om te gaan met de bestaande bebouwing, is het zeker als het monumentale gebouwen betreft, voor zowel architecten als constructief ontwerpers relevant dat de waarde van het object door hen wordt erkend. De Nederlandse wetgeving heeft veel invloed op een mogelijke herbestemming van een gebouw. De komende jaren zal monumentenzorg haar moderniseringsplannen doorvoeren, hierin krijgt het herbestemmen van monumentale bouwwerken een belangrijkere rol dan voorheen. De wetgeving zal hier op worden aangepast waardoor het procedurele traject van het herbestemmen van monumentale bouwwerken in de toekomst eenvoudiger zal gaan verlopen.

Voor het bouwproces van dergelijke complexe projecten die gepaard gaan met herbestemming doet een architect er verstandig aan om al vroeg in het ontwerpstadium advies in te winnen bij een constructief ontwerper. In dit vroege stadium zijn aanpassingen nog goed mogelijk en kan om materiaal te besparen het ontwerp en het gebruik van het gebouw zoveel mogelijk worden afgestemd op de bestaande ruimte en de bestaande draagstructuur. In de praktijk blijkt echter dat hiervan al sprake is.

Voor constructieve ontwerpers is een gedegen interpretatie van het gebouw met betrekking tot de werking van de krachtsafdracht en de stabiliteit belangrijk om constructieve aanpassingen te kunnen doen. Daarbij vormt, voornamelijk bij oude ijzer- en staalconstructies, de brandveiligheid een belangrijk aandachtspunt. In tegenstelling tot de vrij conservatieve aanpak, waarbij renovatie en herbestemming als nieuwbouw worden beschouwd en dus ook de bestaande constructie wordt getoetst aan de voor nieuwbouw geldende normen, kan de NEN 8700 worden gehanteerd. Wellicht zijn zodoende minder constructieve aanpassingen aan een bestaande constructie noodzakelijk. De toegepaste normen sinds 1949 (T.G.B. 1949) zijn conservatiever dan de huidige. Dit kan er toe leiden dat een draagconstructie enige overcapaciteit bezit. Een gedegen inschatting van de kwaliteit en de draagcapaciteit van een casco en een fundering leidt tot een efficiënte benutting van het bestaande.



10.2 AMBITIE

Om een herbestemmingsproject op een duurzame wijze te realiseren en ook daadwerkelijk te laten slagen is naast vakinhoudelijke kennis, ambitie een relevante factor. Een belangrijke ambitie zou moeten zijn 'het niet bouwen' gaat voor 'het bouwen'. Tevens zou het (constructief) ontwerp van bijvoorbeeld de invulling van een (monumentale) industriële hal met kantoren niet specifiek moeten zijn gericht op de gebruiksfunctie kantoren, maar flexibel moeten zijn zodat een functiewijziging in de toekomst eenvoudiger gerealiseerd kan worden. Laat als (constructief) ontwerper duidelijk het onderscheid tussen oude en nieuwe bouwdelen zien. Het 'namaken' van oude bouwdelen is zeer kostbaar en is tevens in strijd met de filosofie van het renoveren. Daarbij zijn de eisen ten aanzien van gebouwen met een hoge monumentale waarde zodanig dat aanpassingen veelal reversibel moeten zijn. Bij een functiewijziging kunnen de lichte constructiedelen worden verwijderd en worden hergebruikt of verplaatst, dit is een duurzame oplossing. Reversibiliteit bij renovatie is altijd gewenst maar in de praktijk vrijwel nooit volledig haalbaar.

Het milieubewuste herbestemmen is meer dan alleen een cijfermatige uitkomst van duurzaamheidinstrumenten zoals Greencalc⁺, BREEAM NL of GPR gebouw. Het dient als een denkwijze te worden verstaan waarbij het behouden van datgene er al is, een hoofdgedachte vormt. Beschouw elk herbestemmingsproject als een uniek project, trek lering uit eerder gedane ervaringen maar probeer voor elk project passende ontwerp oplossingen uit te werken.



10.3 CREATIVITEIT

In deze MSc. thesis zijn diverse projecten belicht waarbij op een creatieve wijze een nieuwe gebruiksfunctie in een bestaand bouwwerk is ingepast. Deze creativiteit komt tot uiting door constructieve oplossingen evenals klimatologische ontwerp oplossingen. Klimatologische ontwerp creativiteit komt bijvoorbeeld tot uiting door verwarmde en onverwarmde zones te creëren door de toepassing van zogenaamde doos-in-doos constructies of door het bijstellen van de comforteisen in publieke ruimten en verkeerszones. Het combineren van een bestaand gebouw met een nieuwbouw gedeelte is een mogelijke creatieve ontwerp oplossing als de gewenste gebruiksfunctie niet direct kan worden ingepast in het bestaande gebouw. Een voorbeeld van een herbestemmingsproject waarbij veel milieuwinst is behaald door klimatologische oplossingen is de Watertoren Bussum. Dit gebouw maakt na herbestemming veelvuldig gebruik van duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie en Betonkernactivering.

De constructieve creativiteit bij het herbestemmen komt tot uiting door efficiënt gebruik te maken van een bestaande draagconstructie en de overcapaciteit die wellicht aanwezig is. Een voorbeeld hiervan is de benutting van de draagcapaciteit van een oude kraanbaan in een oude zuiveringshal van de Westergasfabriek. De aanwezige draagcapaciteit is volledig benut door er een theaterzaal aan op te hangen. De constructieve creativiteit komt niet alleen tot uitdrukking door complexe oplossingen maar juist door eenvoud, door zo min mogelijk wijzigingen aan te brengen in de bestaande krachtsafdracht.



REFERENTIES

LITERATUUR

- Back, A. de (Red.), Coenen, J., Kuipers, M., Röling, W. (2004). *Gesloopt, gered, bedreigd*. Rotterdam: Episode Publishers.
- Bommel, B. van, (2009). *Duurzame monumentenzorg*. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.
- Bosch, R., Burdorf, L., Kalmthout, R. van, Timmeren, A. van, (2010). *Amsterdam Schutterstoren – Energieneutrale hoogbouw*. Rotterdam: Proper Stok Groep.
- Brosens, K., & Matthys, S., (2001). *Structurele versterking van betonconstructies*. Leuven: Universiteit Bouwkunde
- Brand, S. (1994). *How Buildings learn: what happens after they're built*, New York: Viking.
- Dobbelsteen, A.A.J.F. van den (2004). *The sustainable office*. PhD Thesis, Delft: Copie Sjob.
- Elp, M. van & Zuidema, M. (2010). *Kantorenleegstand – probleemanalyse en oplossingsrichtingen*. Eindrapport van het EIB i.o.v. VROM.
- Gommans, L.J.J.H.M. (2008). *Energieprestaties van energie-efficiënte gebouwen; Tussen ontwerp en werkelijkheid*. Leusden: TVVL-Magazine.
- Haas, E.M., Abrahams, R., Groot, S. de, (2008). *NIBE's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten, Deel 1 Draagconstructies*. Bussum: NIBE Publishing bv.
- Haas, E.M., Anink, D., Ewijk, H. van, (2010). *Bepalingsmethode milieuprestaties gebouwen en GWW-werken*. Stichting Bouwkwiteit.
- Hendrikse, Ch.F. (2000). *Durable and sustainable Construction materials*. Best: Eneas.
- Hendrikse, Ch.F. (2000). *Sustainable construction*. Best: Eneas.
- Leupen, B. (2006), *Frame and Generic Space. A study into changeable dwelling proceeding from the permanent*, Rotterdam: 010 Publishers.
- Melet, Ed. (1999). *Duurzame architectuur*. Rotterdam: NAI Uitgevers.
- Nusselder, E.A. (Red.), Ven, H. van den, Haas, E.M., Dulski, B. (2008). *Handboek duurzame monumentenzorg*. Rotterdam: SBR.
- Oosterhof, J. (2002). *Momenten uit de geschiedenis van het overspannen en ondersteunen*. Delft.
- Pfammatter, U. (2000). *The making of the modern architect and engineer*. Basel: Birkhauser.



Rabun, S.J. (2000). *The structural analysis of historic buildings*. New York: John Wiley and Sons.

Stenvert, R. & Tussenbroek, G. van (2007). *Inleiding in de bouwhistorie*. Utrecht: Matrijs.

Timmeren, A. van (2006). *Autonomie & heteronomie. Integratie en verduurzaming van essentiële stromen in de gebouwde omgeving*. Phd Thesis, Delft: Uitgeverij Eburon.

Tussenbroek, G. van (Red.), Boekwijt, H.W., Emmens, K., Herwaarden, G.W. van, Steehouwer, K.J., Vries, D.J. de (2000). *Bouwhistorie in Nederland*. Utrecht: Matrijs.

Volkers, K.(red.), Boeder, K., Hoek, P. van den, Jongbloed, J., Luijendijk, G.J., Schoots, K., Veen, J. van der (1998). *Monumenten onderhouden*. Amersfoort: Monumentenwacht Nederland.

Voordt, D.J.M. van der (Red.), Geraedts, R., Remøy, H., Oudijk, C. (2007). *Transformatie van kantoorgebouwen*. Rotterdam: 010 Publishers.

Scholten, N.P.M. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. (2008). *Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw – Achtergrondrapport bij NEN 8700*. Delft: TNO.

Weterings, M. (Red.) (2004). *Duurzaam renoveren*. Amsterdam: WEKA uitgeverij BV.

ARTIKELN

Nieuwmeijer, G.G. (2004). *Rationeel omgaan met nostalgia – Conservering ijzer- en staalconstructies*. Bouwen met staal, 179, 30-34.

Ketel, J.A. & Vliet, H.A. van (1999). *Waterkoeling maakt kantoorgebouw brandveilig – Brandveiligheid brandweerkazerne Breda*, 148, 30-35.

Kruit, C.C. (1995). *Ijzeren monumenten toetsen aan huidige normen – Commissie geeft leidraad voor behoud draagconstructies*. Renovatie en Onderhoud, 2, 28-30.

Snodijk, D. (2010). *De modernisering van de monumentenzorg - structureler, breder, eenvoudiger*. Tijdschrift van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 1, winter 2010, 5–7.

Steenbergen, R.D.J.M. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. (2010). *Safety philosophy for existing structures and partial factors for traffic loads on bridges*. HERON Vol. 55 No. 2, 123-140.



BROCHURES E.D.

One number says it al³, brochure, Ministerie van VROM – Rijksgebouwendienst, Den Haag, najaar 2007.

Winst met de Wabo – Wat betekent de komst van de omgevingsvergunning voor de bouw?, brochure, Ministerie van VROM, Den Haag, september 2009.

WEBSITES

<http://www.milieuloket.nl>

<http://worldwarmth.htmlp://www.nasa.gov/vision/earth/environment>

<http://www.vrom.nl>

<http://www.monumentenzorg.nl>

<http://www.cbs.nl>

<http://www.warmbouwen.nl>

<http://www.rockwool.nl>

<http://www.bouwbesluitonline.nl>

<http://www.watertorenbussum.nl>

<http://www.bouwwereld.nl>

<http://www.cradletocradle.nl>

<http://www.veldmanrietbroeksmit.nl>

<http://www.naarenergieneutraal.nl>

<http://www.bouwenmetstaal.nl>





CONTACTGEGEVENS

Afstudeercommissie

Prof.dr.ir. E.M. Haas (voorzitter)

Sectie Materials & Environment

E.M.Haas@tudelft.nl

Tel. 015 278 5686

Technische Universiteit Delft

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Stevinweg 1

2628 CN Delft

Dr.ir. A. van Timmeren

Sectie Product Development

A.vanTimmeren@tudelft.nl

Tel. 015 278 4991

Technische Universiteit Delft

Faculteit Bouwkunde

Julianalaan 134

2628 BL Delft

Ir. S. Pasterkamp

Sectie Structural & Building Engineering

S.Pasterkamp@tudelft.nl

Tel. 015 278 4982

Technische Universiteit Delft

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Stevinweg 1

2628 CN Delft

Ir. R.H. Wiltjer

Directeur/Raadgevend Ingenieur

R.H.Wiltjer@imdbv.nl

Tel. 010 201 2363

Imd Raadgevende Ingenieurs

Jan Leentvaarlaan 62

3065 DC Rotterdam

MSc. Student

E.R. Bilardie

Technische Universiteit Delft

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

MSc. programma Building Engineering,

Specialisatie Structural Design

EliseBilardie@gmail.com

