

Jos Lichtenberg

Boom

DUURZAAM BOUWEN

Een praktische
inleiding voor
Built Environment



Duurzaam bouwen

Duurzaam bouwen

Een praktische inleiding voor Built Environment

Jos Lichtenberg

Boom

**inclusief
website!**



Met behulp van onderstaande unieke activeringscode krijg je toegang tot www.duurzaammbouweninleiding.nl voor extra materiaal. Deze code is persoonsgebonden en gekoppeld aan de eerste druk. Na activering van de code is de website 2 jaar toegankelijk. De code kan tot zes maanden na het verschijnen van een volgende druk geactiveerd worden.

Via je docent kun je een gratis licentie aanvragen voor het gebruik van de software **GPR Gebouw**. Docenten kunnen via de uitgever informatie aanvragen over het verkrijgen van de licentie.

Opmaak binnenwerk: Holland Graphics, Amsterdam
Omslagontwerp: Dog and Pony, Amsterdam

© Jos Lichtenberg & Boom uitgevers Amsterdam, 2019

ISBN 9789024425525

ISBN 9789024425532 (e-book)

NUR 173/955

www.duurzaammbouweninleiding.nl

www.boomhogeronderwijs.nl

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische veelevoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Inhoud

Voorwoord	7
Hoofdstuk 1 De opkomst van duurzaamheid	11
1.1 Wat is duurzaamheid?	11
1.1.1 Definitie	13
1.2 Geschiedenis van duurzaamheid	14
1.2.1 De eerste duurzaamheidsgolf (1970-1980)	18
1.2.2 De tweede duurzaamheidsgolf (1987-2000)	21
1.2.3 De derde duurzaamheidsgolf (vanaf 2005)	24
1.3 Waar staan we nu?	27
1.3.1 Duurzaam ondernemen	28
1.3.2 Van lineair naar circulair	28
1.3.3 Duurzaamheid als levensstijl	29
1.3.4 Kwantificeerbaarheid van duurzaamheid	29
1.4 Focus op bouwen	30
1.5 Wat behandelen we in dit boek?	31
Hoofdstuk 2 Planet	33
2.1 Uitputting	33
2.1.1 Voedselketen	34
2.1.2 Tussen noodzaak en weerstanden	35
2.1.3 Natuurlijke hulpbronnen	36
2.2 Klimaatverandering	48
2.2.1 Broeikasgassen	49
2.3 Samenvatting	53
Hoofdstuk 3 People	55
3.1 Armoede en uitbuiting	55
3.2 Sociale duurzaamheid bij gebouwen	60
3.2.1 Toegankelijkheid	61
3.2.2 Aanpasbaarheid	64
3.2.3 Gezondheid en comfort	66
3.2.4 Impact op de omgeving	76
3.2.5 Onderhoud	78
3.2.6 Veiligheid	79
3.2.7 Tot slot	85
3.3 Samenvatting	86
Hoofdstuk 4 Profit	87
4.1 Verdienmodellen op basis van People	88
4.1.1 Winst	88
4.1.2 Focus op kosten	88
4.1.3 Waarde	89
4.2 Verdienmodellen op basis van Planet	96
4.2.1 Energie	96

4.2.2	<i>Materiaalreductie</i>	97
4.2.3	<i>Re-use</i>	98
4.2.4	<i>Recycling</i>	99
4.2.5	<i>Klimaatverandering</i>	101
4.3	Samenvatting	103
Hoofdstuk 5 Duurzaam ontwerpen en ontwikkelen		105
5.1	Slimbouwen	106
5.1.1	<i>Verleden</i>	106
5.1.2	<i>Innovatie</i>	113
5.2	Passive House en Active House	124
5.3	Samenvatting	128
Hoofdstuk 6 Meten en regelen van duurzaamheid		133
6.1	Van geloof naar wetenschap	133
6.2	Schaduwkosten	135
6.3	De instrumenten, een overzicht	135
6.3.1	<i>Enkele toonaangevende instrumenten</i>	138
6.3.2	<i>Aan de slag met GPR Gebouw</i>	141
6.4	Afsluiting	147
Slotwoord		151
Index		155

Voorwoord

Duurzaamheid was pakweg 50 jaar geleden nog nauwelijks een issue. Geleidelijk is het een belangrijk onderwerp geworden. Iedereen die al lang meeloopt in de bouw en allerlei routines heeft ontwikkeld, vindt veranderen lastig. In het algemeen steunen mensen, en organisaties, graag op hoe ze altijd hebben geacteerd, op wat men gewend is. Veranderen gaat niet vanzelf. Je moet moeite doen om niet in oude gewoontes terug te vallen. Dat verklaart waarom innovatie niet plotseling plaatsvindt, en waarom het om volharding vraagt om ervoor te zorgen dat de vernieuwing bij mensen en organisaties gaat verankeren. Wat voor de maatschappij en de bouwwereld geldt, geldt net zo voor het onderwijs. Ook daar moet duurzaamheid een plek veroveren.

Regelgeving dwingt duurzaamheid steeds sterker af. Maar het is nog niet genoeg. Met een groeiende wereldbevolking die gemiddeld meer is gaan consumeren, lopen we nu hard tegen de grenzen aan van wat de aarde ons kan bieden. We verstoren allerlei geleidelijk tot stand gekomen evenwichten, zoals biologische evenwichten en het klimaat. Zelfs al houden we ons aan de nu geldende regels en afspraken, dan nog verstoren we nu de balans. Daarvan is de wetenschap inmiddels wel overtuigd.

Regelgeving is nodig om ons in beweging te krijgen, maar beter zou zijn als duurzaamheid een plek in ons hart krijgt, en we van daaruit de consequenties van ons handelen gaan inzien en daarmee dit handelen gaan bijstellen. Om dit te realiseren ligt het voor de hand te beginnen bij het onderwijs. De maatschappij heeft de steun van docenten nodig om duurzaamheid te agenderen. Dat kan in aparte vakken vorm krijgen, maar het is ook mogelijk, en misschien zelfs beter, door duurzaamheid een plek te geven in bestaande vakken. Duurzaamheid wordt dan een nieuwe afweging of levert nieuwe criteria bij bijvoorbeeld ontwerpvakken. De kans dat materiaalkeuzes en detailleringen in de toekomst blijven zoals het jaren was, lijkt uitgesloten.

Duurzaamheid moet dus een plek krijgen in het bestaande systeem om de verandering mogelijk te maken. Daarmee creëren we een collectief bewustzijn. Vervolgens zal iedereen, studenten, docenten en organisaties, een aanvullende inspanning moeten leveren om van bewustwording tot handelen en daden te komen. Daarmee worden nieuwe routines ontwikkeld.

Je zult wel begrijpen dat dit voor ons als individuen een proces van jaren is. Maatschappelijk bereiken we pas doelen als het individuele weten en handelen breed wordt gedragen. Het nieuwe denken en doen moet dan doordringen in bedrijven, instellingen, organisaties en marktbreed bij alle consumenten. Ik wil hiermee aangeven dat de verandering al met al een proces is dat volharding vraagt en tijd gaat kosten. We spreken in dit verband over een transitie om aan te geven dat het om een grote innovatieoperatie gaat die zich in stappen over veel jaren zal uitstrekken.

De vraag is of dit proces wel snel genoeg verloopt. Hebben we wel tijd voor een transitie? Het is terecht om daarover grote zorgen te hebben. Intussen krabt een deel van de

samenleving zichzelf achter de oren, maar men handelt er nog niet naar. Daardoor zijn we nog inconsequent in ons gedrag. In termen van de vier leerstadia van Maslow (zie kadertekst paragraaf 1.3.3) zitten we in de overgang van het eerste naar het tweede stadium. Van onbewust onbekwaam naar bewust onbekwaam. Enkele voorbeelden van ons tegenstrijdige gedrag zijn:

- Uit onderzoek van de ANWB¹ blijkt dat we de positieve bijdrage van elektrisch rijden aan het milieu erkennen, maar ook dat we door hogere kosten en twijfels over actieradius en accu's nog terughoudend zijn. Kortom: we erkennen het milieubelang, maar het mag (nog) niets extra kosten.
- We zijn als consument trots dat we afval scheiden, maar we laten wel voedselproducten uit andere landen invliegen. Dit ondanks dat bekend is dat transport per vliegtuig zwaar milieubelastend is.
- We zijn nauwelijks bereid om de milieubelastende (rund)vleesconsumptie in het dagelijkse menu terug te dringen.

Dit soort voorbeelden zegt iets over onze bewustwording en ons gedrag dat zich nog verder zal ontwikkelen. Anderzijds biedt het uitdagingen voor wetenschap en industrie, bijvoorbeeld met betrekking tot het onderzoek naar en ontwikkelen van robuuste en betaalbare accutechniek of door de markt geaccepteerde vleesvervangers. Het is prettig om te weten dat de technologie ons gaat helpen. Omdat er gerede twijfels zijn of dat snel genoeg zal zijn, moeten we hard werken aan onze mindset. Dat geldt voor ons als individu, maar ook voor de collectieve mindset, die van de samenleving.

Duurzaamheid lijkt al met al iets negatiefs. Het wordt ons opgedrongen, het is bedreigend en het ontmoedigt of verbiedt zaken zoals het verwarmen en koken op aardgas, het nemen van een vliegvakantie en het eten van vlees. Toch kan duurzaamheid ook leuk en uitdagend zijn. Het dwingt ons tot anders denken en dat kan heel veel opleveren, zoals nieuwe banen en nieuwe bedrijven, verrassende producten en diensten en vooral nieuwe kansen en businesscases.

Ik ben onderdeel van de generatie die duurzaamheid heeft zien groeien van nul tot wat het nu is. Niemand weet precies waar het zal eindigen, waar het naartoe gaat, maar er zijn wel visies. Ik ben gedurende mijn hele loopbaan in toenemende mate betrokken geweest bij en bezig geweest met duurzaamheidsonderwerpen, in termen van onderzoek en ontwikkelen van gebouwen en producten, maar ook via commissies en studiegroepen. Ik constateer daarbij dat de inzichten over duurzaamheid nog steeds snel evolueren. Het is daarom zeer waarschijnlijk dat dit boek over 5 tot 10 jaar sterk herzien moet worden. Ik vind dat niet vervelend, sterker nog, het is mooi om onderdeel van een (r)evolutie te zijn en daar een steen(tje) aan bij te kunnen dragen, namelijk door wetenschap te bedrijven, producten te ontwikkelen, door te ontwerpen en anderen te helpen. Maar ook door dit boek te schrijven. Schrijven is een vorm van kennis doorgeven, maar schrijven dwingt ook tot eigen ordening en tot het expliciteren van impliciete kennis, om het haast vanzelfsprekende te kunnen onderbouwen.

1 ANWB monitor, december 2018.

Het is mijn overtuiging dat nieuwe generaties het onderwerp duurzaamheid gemakkelijker zullen oppakken. Dat kon ik al goed merken bij studenten tijdens mijn hooglerschap aan de ru Eindhoven. Eigenlijk is dat wel logisch, want de nood is hoog als je beseft dat zij de gevolgen van de beslissingen van vandaag zelf gaan ondervinden. Dat geldt ook voor jou als lezer van dit studieboek. Ik hoop met dit werk een kennisbijdrage te leveren aan jouw generatie die hopelijk daarmee beter in staat zal zijn het tij te keren. Die onze samenleving duurzaam zal weten te maken en daarbij een kansrijke toekomst zal kunnen ontwikkelen. Dat zullen je generatiegenoten en jij niet alleen voor de samenleving doen, maar ook voor eigen economisch perspectief, plezier, comfort en dergelijke.

In dit boek schets ik een breed beeld van duurzaamheid. Het is tenslotte een inleiding op dit vakgebied. Dat houdt in dat er weinig rekenwerk of formules aan te pas komen. Dat is ook niet nodig voor een kennismaking met het onderwerp. Bovendien zullen sommigen, afhankelijk van de studie en het beroep dat ze later willen uitoefenen, genoeg hebben aan een algemeen inzicht en het rekenen aan specialisten overlaten. Voor hen die op onderdelen verdieping of achtergrondinformatie zoeken, verwijs ik naar de website bij dit boek: www.duurzaambouweninleiding.nl.



Verder is het goed om je te realiseren dat ik productontwikkelaar ben en op innovatiegebied het nodige heb geïnitieerd. Ik zeg dat, omdat ik natuurlijk vanuit een bepaald perspectief handel en het is goed dat je dat begrijpt. Als productontwikkelaar denk je sterk vanuit kansen en ben je van nature nieuwsgierig. En ook ben je kritisch, wil je snappen hoe dingen werken, zoek je naar hoe het beter kan, ben je niet gauw tevreden. Nieuwsgierigheid en het stellen van vragen vormen de basis voor onderzoek. De inzichten die dat oplevert, vormen de basis voor bewijsdrang, de wil om te laten zien dat iets mogelijk is. In een experiment, demonstratie, prototype, product of in een project.

Ik zal je als lezer proberen aan te zetten tot een kritische opstelling en tot ondernemen. Dat ondernemen kun je opvatten als het starten van een bedrijf, maar ook het nemen van initiatieven binnen een bestaande werkomgeving. Dat is wat werkgevers in toenemende mate zullen vragen. Zij hebben immers hulp nodig om in een sterk veranderende omgeving hun weg te vinden.

De opkomst van duurzaamheid

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het begrip duurzaamheid. Waar en wanneer zijn we het een plek gaan geven? En hoe heeft het zich ontwikkeld? Het beeld dat het begrip duurzaamheid vandaag de dag oproept, verschilt namelijk sterk van dat in het verleden. En ook in de toekomst zal dit beeld nog wel veranderen.

Je zult in dit hoofdstuk leren dat duurzaamheid steeds belangrijker is geworden. Dat is niet in één keer gebeurd, maar in een golfbeweging. Een golfbeweging waarin duurzaamheid op het ene moment belangrijk werd maar daarna steeds weer tijdelijk van de agenda verdween. Waarin het per golf steeds belangrijker werd en het steeds in een andere vorm met andere prioriteiten werd gepresenteerd. In dit hoofdstuk leer je wat er bij die golven speelde en hoe duurzaamheid een steeds vastere plek op de maatschappelijke agenda heeft verworven. Daarbij hoort een eerste kennismaking met onderdelen zoals 'Cradle to Cradle', 'People, Planet, Profit', Life Cycle Assessment (LCA), maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO), uitstoot bij verbrandingsprocessen, de zogenoemde rekeninstrumenten en de 'circulaire economie'.

Na het bestuderen van dit hoofdstuk heb je een goed begrip van de context waarbinnen duurzaamheid zich heeft ontwikkeld. Je zult inzien dat duurzaamheid geen vast gegeven is. Je ontdekt dat het denken, de kennis, inzichten en politieke besluitvorming nog volop in ontwikkeling zijn. Aan het eind van dit hoofdstuk geven we een korte voorbeschuiving van wat je in dit boek nog meer kunt verwachten.

1.1 Wat is duurzaamheid?

Wat bedoelen we nu eigenlijk met het begrip duurzaam? Begrippen als 'innovatie', 'integraal' en 'slim' zijn bij reclamemakers geliefd om producten aan te prijzen of een boodschap kracht bij te zetten. Een innovatief, geïntegreerd product met slimme technologie. Dit soort woorden roepen een positieve sfeer op en worden daarom veel gebruikt en soms misbruikt. Daardoor neemt de oorspronkelijke zeggingskracht af. We gebruiken ze wel, maar wat zeg je er nu eigenlijk mee? Dat is met woorden als 'groen' en 'duurzaam' ook gebeurd. Bij veel producten of bouwprojecten zijn altijd wel duurzame aspecten aan te wijzen. En omdat duurzaam 'hot' werd, heeft de commercie de term de laatste 20 jaar gebruikt of misbruikt waar dat uitkwam. Dat gebeurde vooral door niet het hele verhaal te vertellen. Zo onderstreepten isolatieproducenten hun bijdrage in de energiebesparing, maar vertelden daar niet bij dat isolatiematerialen worden gemaakt van fossiele grondstoffen, dat ze moeilijk recyclebaar zijn en/of toxische stoffen bevatten. Denk ook aan biobased-producten², bijvoorbeeld gemaakt van hout, die anorganische lijmver-

2 Met biobased-producten wordt bedoeld dat ze zijn gemaakt van materialen die door aanplant en groei (bio = leven) worden aangemaakt, zoals hout en bamboe. Er zijn ook schimmels die als isolatiemateriaal kunnen dienen. In jargon worden dit ook hernieuwbare materialen genoemd. In het algemeen zijn het producten die aan het eind van hun levenscyclus weer kunnen vergaan en door rottingsprocessen voedingsstoffen terug aan de aarde kunnen geven.

bindingen bevatten. Het kan over metaal gaan dat 100% recyclebaar is, maar dat door het omsmelten relatief veel energie vraagt om het een nieuwe toepassing te geven. Of over betonproducten die recyclebaar zijn, maar bij de productie veel CO₂-uitstoot genereren (met name de cementproductie). En tot slot pv-panelen³ die helpen om duurzame energie te genereren, maar daarnaast schaarse metalen bevatten. Zo kan haast alles wel als 'duurzaam' worden verkocht. Dat werd altijd vergezeld van veel symboliek en suggestie, zoals een groene kleur in het logo, het gebruik van een beeld van ontkiemende zaadjes, foto's met grote waterdruppels op lotusbladeren of het plaatje van de aardbol als kaars (figuur 1.1).



Figuur 1.1 *Symboliek voor de opwarming van de aarde (Shutterstock/Anita Ponne).*

We hebben als ideaal om op alle fronten 100% duurzame producten en gebouwen te maken. Tegelijkertijd realiseren we ons dat de combinatie van alleen maar positieve eigenschappen een illusie is. Het eerlijkst zou zijn dat leveranciers en ontwerpers ook hun minder mooie scores laten zien, naast de goede prestaties. Eerlijke en betrouwbare informatie is de basis van een duurzaam eindresultaat.

Naast de ontwikkeling van de beeldvorming, ontstaan door gebruik en misbruik van de term duurzaam, zijn er door de jaren heen nieuwe betekenissen aan het begrip toegekend. 50 jaar geleden ging het vooral over energie en het zuinig omgaan met de aarde. Gaandeweg zijn we gaan inzien dat duurzaamheid waarde kan vertegenwoordigen. Dat geldt voor de maatschappij, voor groepen en voor individuele consumenten. Naast Planet werden ook People en Profit aan duurzaamheid gekoppeld.

Door enerzijds gebruik en misbruik en anderzijds het verder laden van het begrip is de kracht van het woord 'duurzaamheid' door de jaren vervaagd. De term roept nu bij mensen verschillende beelden op. Sommigen associëren 'duurzaam' met alleen energiebesparing. Dat zit bijvoorbeeld in het woord verduurzaming. We gebruiken dat woord om

³ pv staat voor Fotovoltaïsch (Photovoltaic). pv-panelen zetten licht om in elektrische energie. De meeste zonne-energiepanelen die je op daken en in weilanden ziet, zijn pv-panelen. Er zijn ook varianten met pv-folie. In jargon heet dat 'dunne film'.

aan te duiden dat we de gebouwen energiezuiniger moeten maken. In dat kader wordt heel vaak gesproken over 'de verduurzaming van de bestaande voorraad'. Anderen denken bij 'duurzaam' primair aan het beperken van afval.

Als er één woord is waarover we in dit boek een eenduidig beeld moeten opbouwen, dan is het wel het woord duurzaam. Hieronder meer daarover. Zoals we zullen zien, bestrijkt duurzaamheid een breed spectrum. Sommigen noemen duurzaamheid al een containerbegrip. Dat betekent dat je er alles in kwijt zou kunnen. Het op te bouwen beeld zal inderdaad breed zijn, maar zeker niet allesomvattend. Hopelijk kunnen we met dit boek bijdragen aan een correct en gemeenschappelijk beeld bij het begrip duurzaamheid.

1.1.1 Definitie

We zouden op zoek kunnen gaan naar een ander woord voor duurzaamheid. Een nieuw woord biedt de kans om het opnieuw te laden. Te denken valt dan bijvoorbeeld aan de mooie Zuid-Afrikaanse term voor duurzaam, namelijk 'volhoudbaar'. Dat woord staat ook dicht bij de Engelstalige term 'sustainable'. Circa 50 jaar geleden drukten we met duurzaam in het Nederlands uit dat iets lang meegaat. De milieubeweging was toen gefocust op onze planeet. Onderdeel daarvan was dat we zuinig met materialen en producten moesten zijn. Om de aarde te ontzien, moest iets lang meegaan. Daarmee lagen destijds duurzaam en milieuvriendelijk dicht bij elkaar. Later zijn we allerlei extra waarden aan duurzaamheid gaan toekennen. Daarover volgt hierna meer.

Het bewust zuinig zijn met materialen en producten was een tegenhanger van de wegwerpcultuur die toen opkwam. We bewaarden geen oude schroefjes meer in jampotjes; de opkomende doe-het-zelf-handel voorzag ons van een paar nieuwe schroeven in een grote verpakking. Er kwam veel plastic verpakkingsmateriaal, en glazen flessen met statiegeld werden vervangen door plastic en blikjes. En er waren letterlijk veel wegwerpartikelen, die ook met trots zo werden genoemd. Wegwerpbestek, -bordjes, -bekertjes, -tandenborstels, -washandjes, -servetten, -regenjassen en zelfs -camera's. Veel van die producten zijn nog steeds courant.

In de Engelse taal wordt de lange levensduur, nog steeds een onderdeel van duurzaamheid, 'durable' genoemd. In theorie zouden we een nieuwe term die de lading dekt, kunnen kiezen. Toch lijkt dat niet zinvol, omdat, zoals aangegeven, we geen betere term hebben, en omdat een nieuwe term alleen maar verwarring zou zaaien. Bovendien zou die nieuwe term uiteindelijk ook niet stand houden. We zouden duurzaamheid liever herdefiniëren of van een kader voorzien, in elk geval voor dit boek.

Er zijn veel definities in omloop, maar in de kern gaat duurzaamheid over hoe we het met z'n allen op aarde kunnen volhouden op een wijze dat volgende generaties niet hoeven in te boeten op de kwaliteit van leven. Dat sluit aan bij de zogenaamde Brundtland-definitie van een duurzame ontwikkeling.

■ Een duurzame ontwikkeling is: *'een ontwikkeling die tegemoetkomt aan de noden van het heden, zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in het gedrang te brengen'*.

Gro Brundtland is een Noors politica die voorzitter was van een commissie die in 1987 het rapport 'Our Common Future' publiceerde, kortweg het Brundtland-rapport genoemd. De definitie van 'duurzame ontwikkeling' die in dat rapport werd gepresenteerd, houdt dus al ruim 30 jaar stand. Je kunt het rapport inzien op internet.⁴

Als we het zo definiëren, zouden de ontwerpers, producenten en gebruikers van producten en gebouwen zich moeten afvragen in hoeverre ze integraal gezien bijdragen aan een duurzame ontwikkeling, of in elk geval daaraan geen schade berokkenen.

1.2 Geschiedenis van duurzaamheid

Duurzaamheid is met golven gekomen. Tot de industriële revolutie en de grote bevolkingsgroei en welvaart bestonden er geen grote zorgen over tekorten. Lokaal mislukten er oogsten en braken er ziektes uit, maar die waren het gevolg van natuurlijke oorzaken en wellicht van een gebrek aan inzicht. Men wist niet beter.

Het Romeinse rijk is ooit mede ten onder gegaan door een gebrek aan hout. Hout was de brandstof om stenen te bakken, kalk te branden, ijzer te smelten, gebouwen te verwarmen, et cetera. Maar de bossen en het hout raakten op en daarmee kwamen veel processen onder druk te staan. De bouw werd dubbel geraakt omdat hout niet alleen een brandstof was, maar ook een belangrijk bouw materiaal (figuur 1.2). Met de kennis van nu zouden we van een energiecrisis kunnen spreken. De Romeinen konden niet blijven doen wat ze al eeuwen deden en het zag er slecht uit voor de volgende generaties. Destijds is het tij niet gekeerd. Het Romeinse imperium ging, overigens niet alleen vanwege een energiecrisis, ten gronde. Er volgde een periode van eeuwen relatieve stilte met aanzienlijk minder geschiedschrijving. Pas in de late Middeleeuwen (Renaissance) ontstond weer een nieuwe culturele welvaart met bouwkundig gezien indrukwekkende kastelen, gemeentehuizen, universiteiten en vooral kathedralen. Met grote vernieuwers als Brunelleschi en Da Vinci en denkers als More en Erasmus.

Vanaf de industriële revolutie (circa 1750) ging men steeds meer grootschalig produceren (gemechaniseerde massaproductie), op basis van verbranding van cokes en (later) andere fossiele brandstoffen. We raakten steeds meer gewend aan de nieuwe producten en technieken. IJzer ontwikkelde zich tot staal, de keramische industrie kwam op, er werd cement geproduceerd en de glasindustrie kwam tot ontwikkeling. En ook transportmiddelen zoals stoomtreinen en stoomschepen werden met steenkool en cokes van energie voorzien. De bronnen leken onuitputtelijk. Nog later kwamen er aardolieproducten bij en nog weer later gas als fossiele brandstoffen.

4 Je kunt het rapport downloaden op www.un-documents.net/wced-ocf.htm.



Figuur 1.2 Een inheems-Romeinse boerderij met een houten draagstructuur en een houten shingles dak. De reconstructie is gebaseerd op opgravingen in Oss-Ussen. Te bezichtigen in het preHistorisch Dorp te Eindhoven(foto ©Tino Lammers, Echo information design).

De industriële revolutie en de bouw

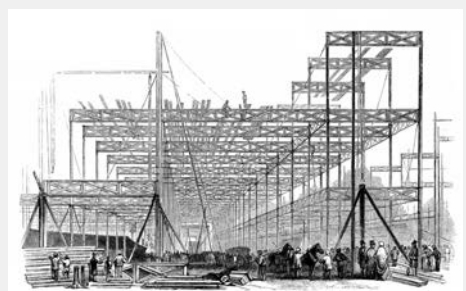
De industriële revolutie ontstond in het westen van Engeland, tegen de grens van Wales. In een gebied rondom Coalbrookdale was al veel bedrijvigheid ontstaan. Op initiatief van een ijzergieter, Abraham Darby, werd een brug gebouwd over de Severn. De Severn is een niet brede maar wel diepe rivier. Zijn grootvader (ook Abraham Darby genaamd) ontdekte al in 1709 dat je ijzer met cokes gemakkelijk in grotere hoeveelheden kon smelten en daarmee dus grote producten kon gieten. Ijzer was er al sinds de prehistorie, maar de toepassingen bleven door de brandstof houtskool beperkt tot kleine objecten. Denk aan wapentuig zoals messen, zwaarden en kanonnen. In de bouw gebruikten de Romeinen het bijvoorbeeld voor gereedschap en deuels. Het gieten van grote delen was dan wel sinds 1709 mogelijk, maar tot grootschalige bouwkundige toepassingen had dat nog niet geleid.

De brug is de eerste gietijzeren brug in de geschiedenis en bestaat uit boogspanten die elk in twee delen zijn gegoten. Hij is in 1779 opgeleverd. Aanvankelijk vertrouwden mensen de brug niet, omdat er problemen waren met de fundering en er haarscheurtjes in het ijzer waren opgemerkt. Ze kozen enkele jaren voor de omweg via verderop gelegen stenen en houten bruggen. Uiteindelijk won de brug, na het doorstaan van een vloedgolf door de Severn, het vertrouwen van de gebruikers. En daarmee waren de acceptatie van de brug en van ijzer als constructiemateriaal een feit. Bij de brug is een dorp tot ontwikkeling gekomen. De naam van dit dorp is naar de brug genoemd: Ironbridge.



Figuur 1.3 *Ironbridge* (Shutterstock/Loretta Damska).

Vervolgens werd ijzer in de 19^e eeuw al regelmatig als constructiemateriaal in gebouwen toegepast, waaronder enkele mooie voorbeelden van kasgebouwen in botanische tuinen. In Londen leidde dit in 1851 tot de realisatie van een gigantisch tentoonstellingsgebouw in gietijzer en glas: het Crystal Palace. Aanvankelijk naar een ontwerp van architect Joseph Paxton gebouwd in Hydepark, werd het twee jaar later gedemonteerd en grotendeels verplaatst naar een ander Londens park dat nu nog de naam ervan draagt: Crystal Palace Park. Het gebouw is in 1936 door brand verwoest. De industriële bouwwijze was destijds zeer vernieuwend, temeer omdat het minder dan een jaar duurde om van ontwerp opdracht tot uiteindelijke realisatie te komen. Dat is zelfs in onze tijd met moderne middelen voor een dergelijk groot gebouw (92.000 m² vloeroppervlak) een ongelooflijke prestatie.



Figuur 1.4 *Crystal Palace na oplevering en tijdens de bouw. De industriële werkwijze met repeterende prefab-constructiedelen is goed zichtbaar.*

Ijzer werd later doorontwikkeld tot staal. Staal is een legering van ijzer en koolstof. Er zit per saldo minder koolstof in staal dan in ijzer. Daardoor gedraagt het zich elastischer. Dat wil zeggen, je kunt staal vervormen zonder dat het direct tot breuk leidt (grote rek bij breuk).

Een belangrijke volgende innovatiestap was de bouw van de Eiffeltoren. In 1889 werd deze opgeleverd en opengesteld voor publiek. Daarmee werd aangetoond dat staal een materiaal was waarmee we hoogbouw konden realiseren. Het vervolg ontwikkelde zich vooral in de VS waar het Reliance Building in Chicago (1895) en het Flatiron Building in New York (1902) de vroege voorbeelden werden van hoogbouw (figuur 1.5), die zich daarna zowel in aantal en hoogte snel heeft ontwikkeld.



Figuur 1.5 Het Reliance building in aanbouw en na oplevering (Chicago), en (rechts) het Flatiron building in aanbouw (New York).

Opdracht

Zoek eens uit waarom we steenkool, aardolie en gas fossiele brandstoffen noemen.

De industriële revolutie bracht veel welvaart, en een rokende schoorsteen was geen last maar juist een symbool van voorspoed. Natuurlijk bracht productie met uitstoot nadelen met zich mee, maar die vond men niet opwegen tegen de nieuwe verworvenheden, zoals woningen, werk en een vast inkomen. Maar na 1930 veranderde dit beeld. Een grote crisis bracht werkeloosheid en armoede en daarmee bleef alleen de overlast over. Er groeide in die periode verzet tegen de massaproductie. De crisis en ontevredenheid onder de bevolking strekte zich over geheel Europa uit en bleek een voedingsbodemp voor het ontstaan van de Tweede Wereldoorlog, die vervolgens vanaf eind jaren 30 alles overschaduwde.

Na de oorlog had het opbouwen van het land de hoogste prioriteit. Waar de crisis van de jaren 30 was gebaseerd op overproductie, was er nu juist volop behoefte aan productie. Met de weer stijgende welvaart groeide er een nieuw besef. Voor het eerst zag men ook de schaduwzijde van de welvaart en werd er geklaagd over stank en vervuiling. In grote

Duurzaam bouwen behandelt de nog jonge geschiedenis van duurzaamheid in de context van de gebouwde omgeving. Je neemt kennis van onder andere de klimaatverandering, een circulaire samenleving en sociale duurzaamheid zoals eerlijke arbeid en de inclusieve samenleving. Ruim aandacht wordt besteed aan duurzaam ontwerpen en ontwikkelen van gebouwen en producten. Daarbij komen nieuwe visies op bouwen die het gebruik centraal stellen uitgebreid aan bod, zoals Slimbouwen, Active House en Passive House. Verder krijg je uitleg over analysemethoden om duurzaamheid te kunnen beoordelen.

Na het bestuderen van het boek heb je een compleet en samenhangend beeld van duurzaamheid in relatie tot bouwen en vastgoed. Aan de hand van de theorie in het boek en de opdrachten op de website, www.duurzaambouweninleiding.nl, leer je gebouwen beoordelen op duurzaamheid. Hierbij kun je gebruikmaken van de toegankelijke en veelgebruikte software GPR Gebouw, waar dit boek gratis toegang toe geeft.

Duurzaam bouwen is primair bedoeld voor bachelorstudenten binnen het hoger technisch onderwijs, en is ook geschikt als kennisbron voor zelfstudie. Formules en rekenwerk zijn zo veel mogelijk vermeden. Het boek is zeer toegankelijk geschreven en biedt een goede basis voor verdere verdieping.

Jos Lichtenberg is emeritus hoogleraar Bouwproductontwikkeling aan de TU Eindhoven. Duurzaamheid en innovatie vormen de rode draad in zijn loopbaan. Sinds zijn emeritaat richt hij zich op advieswerk voor industriële bedrijven en vastgoedorganisaties.



9 789024 425525

www.duurzaambouweninleiding.nl
www.boomhogeronderwijs.nl

