



Centrum voor Studies in Technologie en Duurzame Ontwikkeling

Literatuurverslag duurzame bouwprocessen

Eindrapportage

18 januari 2012

Opdrachtgever:

Vastgoedgroep Drienerlo

Auteurs:

Thomas Hoppe

Wouter Andringa

Serienummer CSTM-reeks: nr. 366

UNIVERSITEIT TWENTE.

Een publicatie in de reeks **CSTM Studies en Rapporten**

ISSN 1381-6357

CSTM-SR nr. 366

Thomas Hoppe

Wouter Andringa

Literatuurverslag duurzame bouwprocessen

Enschede, januari 2012

Managementsamenvatting

De Vastgoedgroep Drienerlo (VGD) heeft het CSTM opdracht gegeven een literatuurstudie uit te voeren naar duurzame bouwprocessen. De opdracht betrof het uitzoeken wat er in de wetenschappelijke literatuur bekend is over duurzame bouwprocessen. Daarbij gaat het niet om de duurzaamheidsgraad van de gebouwen in opgeleverde fase, maar de duurzaamheidsgraad van bouwen en renovatieprocessen. Omdat het gaat om de integrale duurzaamheidsgraad van de processen wordt in tegenstelling tot andere studies niet alleen stilgestaan bij gebruik van (duurzame) energie, maar is ook naar andere duurzaamheidsaspecten gekeken.

Informatie over duurzame bouwprocessen is gezocht in artikelen (in wetenschappelijke tijdschriften). Vervolgens is informatie geordend naar de volgende aspecten:

- energiegebruik;
- watergebruik;
- gebruik van materiaal (hout, steen, beton, metaal) en omgang met afvalstromen;
- uitstoot van schadelijke stoffen, waaronder CO₂;
- managementaspecten van het duurzame bouwproces;
- veiligheid;
- de ecologische waarde van de bouwlocatie en de directe omgeving.

Hiernaast is onderzocht of uit de literatuur bekend is hoe belangrijk en interessant de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen wordt gevonden. Naast de literatuurstudie is van een drietal in de praktijk toegepaste instrumenten onderzocht in welke mate de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen is verdisconteerd. Het gaat hierbij om twee methoden die gekoppeld zijn aan certificering (BREEAM en LEED) en een methode die als checklist doorgaat en in het kader van het Nederlandse beleidsprogramma Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen is geïmplementeerd.

Er zijn verschillende redenen waarom het zinvol kan zijn om de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten te verbeteren. Omdat bouwactiviteiten grote invloed hebben op de directe omgeving van de bouwlocatie bestaat er een morele verantwoordelijkheid voor de bouwsector om de druk van de bouwactiviteiten op de omgeving te verlichten door het gebruik van energie, grondstoffen, water en land te verminderen en vervuiling tegen te gaan. Ook zijn er voor bouwbedrijven voordelen te behalen bij verbetering van de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen in de projecten die zij uitvoeren. Het gaat daarbij om kostenbesparingen uit vermindering in het gebruik van bouw materiaal, vermindering van transportkosten, vermindering

van kosten voor verwerking van bouwafval, vermindering van risico's en daarmee potentiële schadevergoedingen en boetes voor vervuiling van de omgeving. Daarnaast draagt verduurzaming van bouwprocessen mee aan de opbouw van een positief imago voor het bedrijf.

Uit de literatuurstudie is de indruk ontstaan dat kennis op het gebied van duurzame bouwactiviteiten conceptueel gezien in ontwikkeling is. Dit blijkt onder meer uit het gegeven dat de meeste van de onderzochte artikelen verkennend van aard zijn, waarbij wordt ingegaan op de stand van ontwikkelingen op het gebied van het meer algemene (en conceptueel bredere) 'duurzaam bouwen' of een poging wordt gedaan om het debat over 'duurzaam bouwen' in een bepaald perspectief te plaatsen. Ook zijn er veel artikelen waarin een methodologie wordt voorgesteld waarmee de duurzaamheidsgraad van de bouwsector bijvoorbeeld zou kunnen worden verbeterd (of een voorstel tot een beoordelingsmethode). In slechts twee van de onderzochte artikelen werd de voorgestelde methodologie in de praktijk getest. Ook blijken er maar weinig artikelen te zijn die tot doel hebben om de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen daadwerkelijk te meten. Deze studies beperken zich tot de onderwerpen afval, recycling en pogingen om het weinig voorkomen van duurzame bouwprojecten te verklaren.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat er nog veel kennislacunes bestaan. Deze lacunes zouden nader onderzocht kunnen worden. Daartoe geven wij een aanzet. Het gaat om de volgende aspecten.

- Er zijn veel integrale methoden om de duurzaamheidsgraad van het gebouwde object in gebruiksfase of de levenscyclus van gebouwen (als geheel) in beeld te brengen. Deze zijn vaak kwalitatief van aard. Aan een kwantitatieve benadering ontbreekt het.
- Er is geen methode om de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten (als separate fase binnen de fasering van de levenscyclus van een gebouw) te analyseren. Indicatoren worden wel meegenomen binnen integrale checklists, zoals in geval van BREAAAM, LEED en het Nationaal pakket duurzaam bouwen (met prescriptief-normatieve betekenis).
- Aan verschillende thematische domeinen binnen bouwactiviteiten (zoals energiegebruik, afval, e.d.) worden verschillende gewichten gegeven. De nadruk ligt bij bouwafval en recycling. Andere thema's zijn onderbelicht en zouden verder uitgewerkt kunnen worden.
- In de GWW-sector bestaat meer aandacht voor duurzame omgang met de leefomgeving dan in de sectoren van de W- en U-bouw.
- Er bestaan geen harde (kwantitatieve) grenswaarden per thematisch veld.

- Er zijn veel checklijsten en voorgestelde methoden aan de hand van duurzaamheidsrichtlijnen (zoals 'People Planet Profit'); er zijn echter weinig metingen verricht (empirisch onderzoek).
- Hoewel onderkend wordt dat opdrachtgevers en bouwbedrijven voordelen kunnen behalen met verduurzaming van bouwactiviteiten is er weinig bekend over de meerwaarde van deze verduurzaming in kwantitatieve en monetaire termen.
- Van de onderzochte certificaten (BREAAAM, LEED) is bekend dat zij een te eenzijdig (positief) beeld van de duurzaamheidsgraad van gebouwen bieden (en in mindere mate daar aan ten grondslag liggende bouwactiviteiten). Vanuit een levenscyclus-analytisch perspectief kan worden gesteld dat de certificatie alleen positieve maatregelen waardeert, terwijl negatieve aspecten onderbelicht blijven. Daarmee wordt geen waardering gegeven aan de netto-duurzaamheidsprestatie gebouwen of bouwactiviteiten.

Inhoud

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Over het onderzoek..... | 7 |
| 2. | Resultaten van de literatuurstudie..... | 9 |
| 2.1. | Definitie duurzaamheid, duurzaam bouwproces..... | 9 |
| 2.2. | Belang verbetering van de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen | 10 |
| 2.3. | Gebruik van energie | 11 |
| 2.4. | Gebruik van water | 11 |
| 2.5. | Gebruik van bouw materiaal | 12 |
| 2.6. | Uitstoot van schadelijke stoffen, waaronder broeikasgassen | 13 |
| 2.7. | Veiligheid | 13 |
| 2.8. | Ecologische waarde van de bouwlocatie en directe omgeving | 14 |
| 2.9. | Managementaspecten | 14 |
| 2.10. | Aandacht voor duurzaamheidsthema's in de onderzochte literatuur..... | 15 |
| 3. | Beoordeling bestaande instrumenten voor meting duurzame bouwprocessen | 17 |
| 3.1. | Checklist Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen 2005 | 17 |
| 3.2. | LEED 2009 NC | 18 |
| 3.3. | BREEAM-NL Beoordelingsrichtlijn voor nieuwbouw | 19 |
| 3.4. | Conclusie beoordelingsinstrumenten duurzame bouwprocessen..... | 20 |
| 4. | Conclusie en advies | 21 |
| 4.1. | Algemeen beeld van de geraadpleegde literatuur..... | 21 |
| 4.2. | Vanuit de praktijk: certificatie en beleidsmatige checklists | 24 |
| 4.3. | Nog onbekend | 25 |
| | Bibliografie | 27 |
| | Bijlage A: Bevindingen per thema | 30 |
| A.1. | Energieverbruik..... | 30 |
| A.2. | Verbruik van water..... | 31 |
| A.3. | Gebruik van materiaal..... | 31 |
| A.4. | Uitstoot van schadelijke stoffen waaronder broeikasgassen | 33 |
| A.5. | Managementaspecten | 33 |
| A.6. | Veiligheid..... | 40 |
| A.7. | Ecologische waarde van de bouwlocatie en omgeving | 41 |
| A.8. | Belang verbetering duurzaamheidsgraad bouwprocessen | 42 |
| A.9. | Definitie van duurzaamheidsgraad, duurzaam bouwproces..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Bijlage B: Duurzaamheid van het bouwproces per beoordelingsinstrument | 47 |
| B.1. Checklist Nationaal Pakket duurzaam bouwen voor woningbouw (S) en utiliteitsbouw (U) nieuwbouw..... | 47 |
| B.2. LEED 2009 New Constructions | 48 |
| B.3. BREEAM – NL..... | 49 |

1. Over het onderzoek

In het voorliggende rapport worden de resultaten gepresenteerd van een bureaustudie naar de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen (of eigenlijk: bouwactiviteiten). De bureaustudie omvatte een tweetal deelstudies: in de eerste plaats een literatuurstudie en in de tweede plaats een studie naar bestaande beoordelingsinstrumenten die in de praktijk zijn of (nog steeds) worden ingezet. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van september tot november 2011.

De literatuurstudie omvatte een onderzoek naar wetenschappelijke artikelen. De artikelen die gebruikt zijn in dit onderzoek werden gevonden met een combinatie van twee zoekmethoden. In de eerste plaats is er gebruik gemaakt van de online zoekmachine 'Google Scholar'. Daarbij zijn van zoektermen als "sustainable construction", "duurzaam bouwproces", maar ook meer gedefinieerde termen als "construction waste" gehanteerd. Vervolgens is de 'snowball'-methode toegepast om via de literatuurlijsten van reeds gevonden artikelen verdere relevante te traceren. Deze inspanningen leverden in het totaal 33 toegankelijke publicaties op, waarvan 28 gebruikt zijn in het voorliggende verslag. Dit zijn vooral academische tijdschriftartikelen, een paar conferentie papers en een losse overheidspublicatie. Verder bleek er een reeks van publicaties niet toegankelijk of onvindbaar¹. Het gaat om 15 conferentie papers, 11 publicaties van commerciële partijen, 8 boeken of hoofdstukken daaruit, 6 wetenschappelijke tijdschriftartikelen en 3 overheidspublicaties.

De meeste artikelen zijn verkennend van aard, waarbij wordt ingegaan op de stand van ontwikkelingen in duurzaam bouwen (Apotheker 1990; Pries and Janszen 1995; Spence and Mulligan 1995; Sjostrom and Bakens 1999); of een poging wordt gedaan om het debat over duurzaam bouwen in een bepaald perspectief te plaatsen (Ofori 1992; Vanegas, DuBose et al. 1995; Ofori 1998; Chaharbaghi and Willis 1999; Kibert, Sendzimir et al. 2000; Ofori 2000). Ook zijn er veel artikelen die iets verder gingen en waarin een methodologie werd voorgesteld om de duurzaamheidsgraad van de bouwsector te verbeteren. Meestal ging het hier om voorstellen voor een beoordelingsmethode (Van Pelt 1993; Hill and Bowen 1997; Huovila and Koskela 1998; Uher 1999; Cole 2000). In slechts twee gevallen werd de voorgestelde methodologie in de praktijk getest (Serpell and Alarcón 1998; Shelbourn, Bouchlaghem et al. 2006). Ook waren er maar weinig artikelen die tot doel hadden om de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen te meten op basis van empirisch onderzoek. Deze studies beperkten zich tot de onderwerpen afval (Bossink and Brouwers 1996; Ekanayake and Ofori 2000), recycling (Cheung 2003; Tam and Tam 2006) en een poging om de zeldzaamheid in voorkomen aan

¹ Het gaat hier met name om conferentiepapers van het CIB met een verkennende aard. Deze zijn diverse malen door de onderzoekers opgevraagd bij het CIB, maar de onderzoekers hebben de proceedings van de conferenties niet mogen ontvangen.

duurzame bouwprojecten in het Verenigd Koninkrijk te verklaren (Williams and Dair 2007; Williams and Lindsay 2007).

De studie naar beoordelingsinstrumenten omvatte een verkenning naar de aanwezigheid van maatregelen gericht op indicatie van duurzaamheidsaspecten in bouwprocessen in overzichtslijsten die worden gehanteerd in de toepassing van deze methoden. In deze studie zijn twee certificeringinstrumenten onder de loep genomen (LEED en BREEAM-NL) en een checklist die werd toegepast in het kader van een beleidsprogramma (Nationaal Duurzaam Bouwen Pakket 2005). De informatie die hiervoor is gebruikt, is afkomstig van internet.

2. Resultaten van de literatuurstudie

De resultaten van het onderzoek zijn onderverdeeld naar de volgende categorieën: energiegebruik, gebruik van water, gebruik van bouw materiaal, uitstoot van schadelijke stoffen waaronder broeikasgassen, veiligheid, de ecologische waarde van de bouwplaats en haar omgeving, en managementaspecten van duurzame bouwprocessen. Voorafgaand worden definiëring van duurzame bouwprocessen en het belang van verduurzaming van bouwprocessen behandeld.

2.1. Definitie duurzaamheid, duurzaam bouwproces

Voorafgaand aan elke discussie over verbetering van de duurzaamheidsgraad van het bouwproces dient eerst geformuleerd te worden wat duurzaamheid eigenlijk betekent. Uitgangspunt is de definitie van de World Commission on Environment and Development (WCED) uit het 'Brundtland Report' (WCED 1987). Duurzame ontwikkeling wordt er omschreven als:

“Het voorzien in de elementaire behoeften van alle mensen en iedereen de kans op een beter leven te bieden zonder toekomstige generaties de kans te ontnemen om in hun eigen behoeften te voorzien” (Hill and Bowen 1997, pp. 224).

Uit de literatuurstudie blijkt dat de definitie van duurzaamheid nogal eens verschilt tussen de auteurs van de onderzochte artikelen. In grote lijnen lijkt er sprake te zijn van een beperkte definitie en een brede definitie. In de beperkte definitie is eigenlijk alleen plaats voor ecologische waarden. De kernboodschap daarin is dat het gebruik van grondstoffen en de productie van afval niet boven het niveau mogen uitkomen dat de natuurlijke omgeving kan absorberen zodat een gezonde leefomgeving behouden blijft (Van Pelt 1993; Cole 2000; Kibert, Sendzimir et al. 2000). In de brede definitie is ook plaats voor economische en sociale waarden. Het gaat daarbij om het een recht op welvaart voor toekomstige generaties en een eerlijke verdeling van middelen en lasten over de (alle) bewoners van onze planeet (Vanegas, DuBose et al. 1995; Huovila and Koskela 1998; Sjostrom and Bakens 1999; Shelbourn, Bouchlaghem et al. 2006).

De principes van duurzaam bouwen die door de auteurs worden gehanteerd, hebben vooral betrekking op het bouwproces in brede zin: het omvat zowel de fasen ontwerp, bouw, gebruik als sloop. Een mooi voorbeeld hiervan betreft het schema van Hill en Bowen. Hierin worden algemene richtlijnen genoemd als:

“Betrek relevante partijen tijdig in de besluitvorming”, “stuur activiteiten met het stellen van doelen, monitoring, evaluatie, feedback en zelfregulering” (pp. 228).

Daarnaast worden er vier categorieën (pijlers) van duurzaamheid genoemd die afzonderlijk weer eigen principes hebben; het gaat om: (1) sociale, (2) economische, (3) technische en (4) bio-fysieke

duurzaamheid. Een uitzondering op de regel van algemene principes voor de bouw vormt het artikel van Cole (2000). Cole beschrijft duurzaamheidsvraagstukken die spelen in bouw- en sloopprocessen, die hij samenvat als:

“Verantwoord managen van noodzakelijke sloop; het beschermen van de bouwplaats tegen schade aan bodem en vegetatie; voorkomen van vervuiling regenwater tijdens afgraving en bouw; beperken van bouwafval; hergebruiken waar mogelijk en beperken van giftig afval; en er voor zorgen dat bewoners beschermd zijn tegen risico’s tijdens bouw of renovatie”(Cole, 2000, pp. 950).

2.2. Belang verbetering van de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen

Het belang van verbetering van de duurzaamheidsgraad van het bouwproces is vrij eenvoudig samen te vatten. De basis van het duurzaamheidsprincipe is om minder energie, grondstoffen, water en land te gebruiken dan op aarde blijvend voor handen is en om niet meer afval te produceren dan kan worden geabsorbeerd. Van alle economische sectoren is de bouwsector de grootste verbruiker van energie en grondstoffen. Dientengevolge heeft de bouwsector een enorm aandeel in de totale hoeveelheid afval die mensen genereren. Als gevolg van de verwachte toename van de wereldbevolking en consumptiepatronen zal het beslag op beschikbare middelen en de druk op ecosystemen door vervuiling als gevolg van aan bouwactiviteiten gerelateerde activiteiten in de toekomst verder toenemen. De bouwsector heeft derhalve verantwoordelijkheid om de druk van haar activiteiten op de omgeving te verlichten door het verbruik van energie, grondstoffen, water en land te verminderen en vervuiling te verminderen.

Er zijn voor bouwbedrijven voordelen te behalen bij verbetering van de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen in de projecten die zij uitvoeren (Bennett and Crudgington 2003). Het gaat daarbij om kostenbesparingen uit vermindering in het gebruik van bouw materiaal, vermindering van transportkosten, vermindering van kosten voor verwerking van bouwafval, vermindering van risico’s en daarmee potentiële schadevergoedingen en boetes voor vervuiling van de omgeving. Daarnaast draagt verduurzaming van bouwprocessen mee aan de opbouw van een positief imago voor het bedrijf, waarmee het aantrekkelijk wordt voor opdrachtgevers die waarde hechten aan duurzame productie en consumptie. Een ander voordeel betreft vergroting van draagvlak tussen partners in (en tussen) bouwprojecten, hetgeen weer kan leiden tot indirecte kostenbesparingen door beperking van vertraging in projecten dankzij soepel verlopende besluitvormingsprocessen. De opdrachtgever van een bouwbedrijf dat duurzame bouwprocessen toepast, kan overigens meeprofiteren van kostenbesparingen, versnelde uitvoering van projecten en een verbeterd bedrijfsimago.

2.3. Gebruik van energie

Energieverbruik in de bouw kan worden onderverdeeld naar verschillende onderdelen. Het totale energiegebruik betreft de energie die is verwerkt in het gebouwde object (“embodied energy”) en in het gebruik ervan (“operation energy”) (Spence and Mulligan 1995). Het aandeel van de energie die verwerkt is in het gebouw zelf is relatief klein in vergelijking tot de totale hoeveelheid energie voor gebruik over de gehele levensduur van dat gebouw. Dit varieert van 10 tot 15%. Het grootste deel van deze “embodied energy” is nodig in de productie van materiaal dat met hoge temperatuur wordt geproduceerd (ijzer, staal, baksteen, glas). Deze processen betreffen de productie van bouwmaterieel en gaan vooraf aan het bouwproces. De energie die verbruikt wordt voor bouwactiviteiten (“construction energy”), wordt voornamelijk veroorzaakt door transport van arbeiders (van en naar de bouwlocatie) en materiaal, alsmede activiteiten op de bouwlocatie. De hoeveelheid “construction energy” is afhankelijk van het type bouw materiaal en de soort verwerking/behandeling die gehanteerd wordt. De meeste energie wordt gebruikt voor betonproductie.

Mogelijkheden voor energiebesparing kunnen gevonden worden in het gebruik van materialen die weinig energie nodig hebben in hun vervaardiging, gebruikmaking van lokaal geproduceerd materiaal, inhuren van lokale arbeidskrachten (vanwege korte transportafstanden en –kosten), efficiënte indeling van de bouwlocatie en een doelmatige planning van werkzaamheden. Op de bouwlocatie is energie vooral nodig voor het gebruik van zwaar materieel. Met een efficiënte indeling van de bouwlocatie en een doelmatige planning van werkzaamheden kan het aantal handelingen dat moet worden verricht, worden beperkt. Daardoor kan op energiegebruik worden bespaard, (Spence and Mulligan 1995). Aangevend dient te worden dat deze inspanningen maar een beperkte winst leveren ten aanzien van het totale energieverbruik van een gebouw. Niettemin kan het naar gelang de grootte van het gebouwde object om flinke kostenbesparingen gaan die aannemers (en indirect opdrachtgevers) zouden kunnen realiseren.

2.4. Gebruik van water

In de onderzochte literatuur is weinig informatie gevonden over waterverbruik tijdens bouwprocessen. Verminderen van watergebruik wordt wel genoemd als een onderdeel van het verduurzamen van het bouwproces, maar hier wordt verder weinig specifiek op ingegaan.

Mogelijkheden om te besparen op waterverbruik zijn het verminderen of efficiënter maken van bouwtechnieken op de bouwlocatie die toevoeging van water vereisen (denk bijvoorbeeld aan de ontwikkeling van beton, cement of pleisterwerk op de bouwlocatie), een geautomatiseerde

wasfaciliteit voor arbeidskrachten (op basis van 'grijs water') en gebruikmaking van een biologisch-verantwoorde zuivering van afvalwater (Vanegas, DuBose et al. 1995; Ofori 2000).

2.5. Gebruik van bouw materiaal

Over het gebruik van materiaal in de bouwsector is veel bekend, zo blijkt uit de onderzochte literatuur. Het duurzaamheidsprincipe "limit resource use" wordt in de meeste van de bekeken artikelen opgevat als een eis om het verbruik van bouw materiaal te verminderen. Dit hangt samen met het feit dat de bouwsector van alle economische activiteiten het meest beslag legt op natuurlijke grondstoffen en materialen (40%) en ook verantwoordelijk is voor een groot deel van de totale afvalproductie (26%) (Bossink and Brouwers 1996; Uher 1999). Vermindering van materiaalverbruik leidt vaak tot onmiddellijke kostenbesparingen voor (bijna alle) deelnemers in bouwprojecten.

Materiaalverbruik in de bouw bestaat uit het materiaal dat verwerkt wordt in gebouwen en de afvalstromen die daarbij ontstaan. Analyse van bouwafval gebeurt vaak voor het afval dat overblijft op de bouwlocatie ("construction waste") en het afval dat ontstaat bij de sloop van een gebouw ("demolition waste"). In de literatuur worden zij vaak gezamenlijk gerekend ("construction and demolition waste"; CD). Hoeveel bouw materiaal al tijdens bouwactiviteiten in een afvalstroom terechtkomt, varieert. In Brazilië is het tussen 20 en 30%, in Nederland tot 9% (Bossink and Brouwers 1996).

Van de maatregelen om afval te verminderen, wordt door betrokkenen vaker de voorkeur gegeven aan afvalpreventie dan oplossingen achteraf, zoals hergebruik. Toch is er meer bekend over hergebruik (technieken) dan over preventiemaatregelen. Geschat wordt dat slechts 20% van het bouwafval in de V.S. daadwerkelijk opnieuw wordt gebruikt. Het gaat dan vooral om beton en metaal gezien de hoge economische waarde van deze materialen (Kibert, Sendzimir et al. 2000, pp. 910). Dit is opvallend, want er is reden om aan te nemen dat tot 80% van het bouwafval in principe geschikt is voor hergebruik. Vooruitstrevende bouwbedrijven hebben inmiddels bewezen dat hergebruik tot 80% van het gegenereerde bouwafval op de bouwlocatie inderdaad haalbaar is (Riley, Pexton et al. 2003).

Richtlijnen voor vermindering van materiaalverbruik zijn bekend. Veel genoemd worden de volgende maatregelen: maak gebruik van materialen die een minimum aan transport en verwerking vergen lokaal en natuurlijk), gebruik zo min mogelijk materiaal met schadelijke stoffen (vervuild afval), gebruik materiaal op efficiënte wijze, en probeer zoveel mogelijke hernieuwbare en herbruikbare materialen te gebruiken.

2.6. Uitstoot van schadelijke stoffen, waaronder broeikasgassen

Uitstoot van broeikasgassen is het gevolg, of bijproduct van energieverbruik in bouwactiviteiten omdat voor bijna alle energie-verbruikende activiteiten gebruik wordt gemaakt van fossiele energiedragers (Spence and Mulligan 1995). De bouwsector heeft dan ook een groot aandeel in de totale uitstoot van broeikasgassen (varieert internationaal tussen 10 en 23%). Het gaat dan vooral om uitstoot van de stoffen CO₂, SO₂, en NO_x (Rohracher 2001). Zoals eerder vermeld, wordt een groot aandeel daarvan veroorzaakt tijdens productieprocessen van bouw materiaal. Daarnaast speelt energieverbruik in transport en de emissies die daar een gevolg van zijn, een belangrijke rol.

Verminderen van broeikasgasuitstoot wordt in de onderzochte literatuur gekoppeld aan vermindering van energieverbruik (Spence and Mulligan 1995). Maatregelen om energieverbruik tijdens bouwprocessen te verminderen, betreffen vooral het gebruik van constructies die weinig energie kosten (Cole 2000), minder transportbewegingen vergen, efficiënter gebruik van materiaal en machines, een efficiëntere indeling en planning van activiteiten op de werkplaats ontwikkelen, toepassing van afvalscheidingsprincipes, en gebruikmaken van energiezuinige vormen van transport (Spence and Mulligan 1995).

Voor het beperken van risico's op emissies van andere schadelijke stoffen, zoals verf, oplosmiddelen, lak, pesticiden, lijm en isolatiemateriaal, worden andere maatregelen getroffen. In de eerste plaats door materiaal met gevaarlijke stoffen zo veel mogelijk te vermijden. In de tweede plaats door een duidelijke, gescheiden opslag van gevaarlijk materiaal en afval tot stand te brengen, en gebruik te maken van middelen om mogelijke vervuiling op te kunnen ruimen. Hierbij is het van groot belang dat werknemers worden voorzien van adequate instructies (Cole 2000).

2.7. Veiligheid

In de onderzochte artikelen wordt het belang van veiligheid onderkend bij het gebruik van giftige materialen, luchtkwaliteit in gebouwen, en geluidsniveaus tijdens bouwactiviteiten. Veiligheidsbelangen zijn zowel van toepassing op bouwvakkers, omwonenden van de bouwlocatie, als toekomstige gebruikers van de gebouwde objecten. Een vrij volledige beschrijving over hoe veiligheid van het bouwproces wordt meegenomen, is te vinden in het artikel van Cole. Hij behandelt aspecten van preventie, opslag, planning en opruimen na afloop van bouwwerkzaamheden. Het belangrijkste aspect dat speelt bij bescherming van bewoners en andere gebruikers van gebouwen is dat voorkomen wordt dat luchtstromen van de locaties waar bouwwerkzaamheden plaatsvinden zich verspreiden naar delen van het gebouw waar bewoners of andere gebruikers van het gebouw zich bevinden (Cole 2000).

2.8. Ecologische waarde van de bouwlocatie en directe omgeving

Bouwactiviteiten beïnvloeden de waarde van het landschap op meerdere plaatsen. In de eerste plaats natuurlijk op de bouwplaats zelf. In de tweede plaats bij de delving van grondstoffen nodig voor de bouw en transport. In de laatste plaats door vervanging en verplaatsing van activiteiten (bijvoorbeeld landbouw) die oorspronkelijk op de bouwlocatie werden ontplooid. De meest praktische handleiding voor behoud van ecologische waarde in het bouwproces staat gepresenteerd in het artikel van Cole. Belangrijke aspecten zijn identificatie van de situatie voor aanvang van de werkzaamheden, preventieve maatregelen voor bescherming van flora en fauna, specifieke maatregelen voor waterhuishouding om vervuiling van grondwater en verlies van de vruchtbare toplaag van de bodem te voorkomen.

2.9. Managementaspecten

Veel van wat in de onderzochte artikelen bekend is over duurzame verbetering van het bouwproces kan gerekend worden tot aspecten die in planning en management van bouwprojecten kunnen worden opgepakt. Het gaat om verschillende aspecten: strategieën, probleemdefinities, indicatoren, visies en barrières. De aspecten die beschreven worden, zijn vaak afhankelijk van de vragen die de auteur in het stuk probeert te beantwoorden. Daarbij gaat het om de volgende veel voorkomende vragen:

- Wat is een duurzaam bouwproces?
- Waarom is het huidige bouwproces (nog) niet duurzaam?
- Hoe ziet een duurzaam bouwproces er uit?
- Hoe bepalen we hoe duurzaam een bouwproces eigenlijk is? Welke instrumenten en indicatoren zijn hiervoor nodig?
- Wie zijn er betrokken bij en verantwoordelijk voor het verduurzamen van het bouwproces?

De meest complete verhandelingen over hoe management van het bouwproces zou kunnen verduurzamen, zijn te vinden in de artikelen van Serpell en Alarcón (1998), als methodologie voor individuele projecten, en Spence en Mulligan (1995), met betrekking tot inhoud en richting van inspanningen die verricht kunnen worden door initiatieven vanuit de bouwsector en overheid. Maar, zoals duidelijk wordt uit het artikel van Bennett en Crudgington (2003), lijken dit soort prioriteitenlijsten en handleidingen veel op elkaar. In de artikelen komen een aantal aspecten met enige regelmaat terug:

- zuinig omgaan met grondstoffen, energie en water;
- beperking van de hoeveelheid gegenereerd bouwafval;

- benadering van een bouwproject als een integraal geheel (de zogenaamde ‘holistische aanpak’); dit kan bij voorkeur naar voren komen tijdens de aanbestedingsfase;
- bewustzijn van de complete levenscyclus van een gebouw en de materialen die ervoor gebruikt zijn om deze te bouwen;
- en zuinig om te springen met de omgeving van een bouwlocatie;
- opdrachtgevers hebben een breder perspectief dan architecten; het betrekken van opdrachtgevers en gebruikers/bewoners in planprocessen kan een bevorderende werking hebben op de waardering van duurzaamheid in bouwprocessen (Rohracher 2001; Riley, Pexton et al. 2003);
- om een duurzamer resultaat te genereren, is meer communicatie en betere afstemming tussen ontwikkelaars, bouwbedrijven, ingenieursbedrijven en planmakers van belang (Rohracher 2001);
- de rol die aan bouwbedrijven (aannemers) wordt toebedeeld tijdens ontwerp, aanbesteding (bestek) is van grote invloed op de uiteindelijke duurzaamheidsgraad van gebouwen en bouwactiviteiten. Het betrekken van progressieve (‘groene’) bouwbedrijven met veel projectervaring kan een positief effect hebben op het resultaat, uitgedrukt in duurzaamheidsgraad van het gebouw en bouwactiviteiten (Riley, Pexton et al. 2003);
- voor veel bouwbedrijven geldt dat een ‘paradigmashift’ of verandering in ‘mindset’ nodig is om hen een meer duurzame aanpak van bouwactiviteiten te doen toepassen (Riley, Pexton et al. 2003);
- duurzaam-georiënteerde opdrachtgevers, duurzaam-georiënteerde architecten, duurzaam-georiënteerde bouwbedrijven, beleidsrichtlijnen (certificatie en regulering), internationale bouw- en managementstandaarden en deelname aan kennisnetwerken kunnen het resultaat positief beïnvloeden (Riley, Pexton et al. 2003).

2.10. Aandacht voor duurzaamheidsthema’s in de onderzochte literatuur

Om een indruk te krijgen van de aandacht die in de wetenschappelijke literatuur wordt besteed aan duurzaamheidsthema’s van bouwactiviteiten, hebben wij een overzicht gecreëerd van het aantal artikelen waarin een bepaald duurzaamheidsthema aan de orde is (zie tabel 1). Binnen de door ons onderzochte set van 28 bruikbare artikelen blijkt dat er veel aandacht bestaat voor managementaspecten (genoemd in 26 artikelen), belang van duurzaamheid (genoemd in 19 artikelen) en gebruik van materiaal (genoemd in 17 artikelen). De andere duurzaamheidsthema’s mogen op veel minder aandacht rekenen. De ongelijke verdeling en de gebrekkige aandacht voor de thema’s energie, uitstoot van schadelijke stoffen, veiligheid en ecologische waarde van de bouwlocatie en haar directe omgeving zijn opvallend.

Tabel 1: Aandacht voor verschillende duurzaamheidsthema's in de onderzochte literatuur (n = 28).

| Thema | Aantal artikelen waarin thema genoemd wordt |
|--|---|
| Gebruik van energie | 7 |
| Gebruik van water | 1 |
| Gebruik van materiaal | 17 |
| Uitstoot van schadelijke stoffen | 4 |
| Veiligheid | 4 |
| Ecologische waarde van bouwlocatie en directe omgeving | 4 |
| Managementaspecten | 26 |
| Belang van duurzaamheid | 19 |

3. Beoordeling bestaande instrumenten voor meting duurzame bouwprocessen

In dit hoofdstuk gaan we in op drie instrumenten die worden toegepast bij de beoordeling van duurzaam bouwen. We bekijken hoe duurzaamheidsaspecten van de uitvoering van het bouwproces daar in zijn opgenomen. We bekijken de volgende instrumenten: de checklist voor maatregelen uit het beleidsprogramma Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen (2005), en de certificatiesystemen LEED en BREEAM.

3.1. Checklist Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen 2005

Het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen was een beleidsprogramma waarbij opdrachtgevers aan de hand van een checklist duurzame maatregelen konden selecteren die zij wilden laten toepassen in gebouwen. Er zijn vier afzonderlijke checklists verschillende gebouwklassen: voor (1) woningbouw nieuwbouw, voor (2) woningbouw beheer, voor (3) utiliteitsbouw nieuwbouw, en voor (4) utiliteitsbouw beheer. Daarnaast is er een checklist voor de sector grond-, weg- en waterbouw. De checklist van Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen wordt toegepast in combinatie met de energieprestatie van een gebouw: is deze prestatie voldoende (energieprestatienorm; EPN) en is 80% van de vaste maatregelen en 20% van de variabele maatregelen uit de checklist van het relevante Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen toegepast, dan kan een gebouw worden geclassificeerd als 'duurzaam' (Clocquet 2008).

De checklists voor nieuwbouwwoningen en utiliteitsbouw omvatten de milieuthema's: energie, binnenmilieu, materialen, omgevingsmilieu, water en categorie voor overige thema's ('diversen') (DuBo 2005). In de checklist komen de thema's energie en materialen verreweg het meeste voor (respectievelijk 40% en 59%), en het thema omgevingsmilieu het minste (5%). Het gaat dan vooral om maatregelen om energie in de gebruiksfase te beperken en om duurzame keuzes te maken in het gebruik van specifieke materialen die zullen worden toegepast. Slechts 10% van de maatregelen voor materiaalgebruik gaat direct over het beperken van bouwafval of het hergebruiken van materialen. Deze maatregelen vallen vrijwel allemaal onder de classificatie maatregelen die als minder belangrijk worden geacht in de waardering van de uiteindelijke duurzaamheidsgraad.

Er blijkt dat er slechts een beperkt aantal maatregelen is dat de ecologische waarde van de bouwplaats en de omgeving omvat. Opvallend is dat de checklist voor sector grond-,weg- en waterbouw daarentegen juist maatregelen bevat die de ecologische waarde van de bouwplaats en de omgeving indiceren. Zaken als bodem- en grondwaterverontreiniging, natuur en landschap en leefomgeving worden kennelijk alleen bij infrastructuur projecten belangrijk gevonden.

3.2. LEED 2009 NC

LEED is een certificatie-instrument voor gebouwen waarbij een waardering wordt toegekend op basis van het behalen van een score voor de duurzaamheidsmaatregelen die een opdrachtgever in een gebouw laat toepassen. LEED is een afgeleide van de BREEAM methode uit het Verenigd Koninkrijk dat specifiek is ontworpen voor toepassing in de Verenigde Staten van Amerika (hoewel er tegenwoordig ook alternatieve bepalingen in zijn opgenomen voor toepassing buiten de V.S.). De hier besproken variant is de methode voor nieuwe gebouwen en renovatie uit 2009 (USGBC 2011).

LEED kent vijf milieu-categorieën: (1) duurzame locatie, (2) waterverbruik, (3) energie en atmosfeer, (4) materialen en grondstoffen, en (5) luchtkwaliteit binnen. De scores die per milieucategorie te behalen zijn, worden van tevoren bepaald door de weging van de verwachte milieu-impact en de (beoogde) maatschappelijke baten. De meeste punten zijn te verdienen in de categorie energie en atmosfeer (35); de minste punten zijn te verdienen in de categorie waterverbruik (10). Daarnaast zijn er extra punten te verdienen voor innovatie in ontwerp en regionale prioriteit. Verder zijn er enkele maatregelen die de status 'vereiste' hebben. Hier moet in het ontwerp van het gebouw aan worden voldaan om überhaupt in aanmerking te komen voor een LEED-keurmerk.

Er zijn binnen LEED ook punten te verdienen voor het toepassen van maatregelen die betrekking hebben op de uitvoering van het bouwproces. Het beperken en voorkomen van vervuiling van bodem, water en lucht tijdens bouwactiviteiten is zelfs een verplichte eis binnen de LEED-certificatie. Daarnaast wordt waarde gehecht aan de aspecten 'management van bouwafval' en 'bescherming van werklieden' (en toekomstige gebruikers) tegen schadelijke stoffen. Ook zijn er relatief veel punten te verdienen voor duurzaam materiaalgebruik door hergebruiken van materiaal/bouwelementen, en het gebruiken van lokale, hernieuwbare en gecertificeerde materialen (denk aan FSC-hout). Een perfecte score op alle maatregelen die betrekking hebben tot bouwactiviteiten draagt 7 punten bij (dat wordt 19 wanneer de categorie materiaalgebruik wordt meegerekend) aan op een maximaal te behalen score van 110 punten.

De voornaamste kritiek op LEED is dat opdrachtgevers punten kunnen scoren en een certificaat met een hoge duurzaamheidsscore verdienen door veel geld te besteden aan duurzame systemen zonder dat het gebouw als geheel als duurzaam kan worden beschouwd. Ter illustratie: een "hutje op de hei" verkrijgt een lage duurzaamheidsscore, terwijl een modern gebouw met de nodige duurzaamheidsmaatregelen van de LEED-lijst, maar een onevenredige nettoscore op duurzaamheidsgebied een hoge duurzaamheidsscore verkrijgt in diens certificering. Op deze wijze wordt vooral de investering van opdrachtgevers in duurzaamheidsmaatregelen voor gebouwen

gewaardeerd (Bosschaert 2008). Aanvullend dient te worden vermeld dat eerdere versies van LEED geen rekening hielden met de kwaliteit van materialen en het criterium gezondheid.

3.3. BREEAM-NL Beoordelingsrichtlijn voor nieuwbouw

BREEAM-NL betreft een Nederlandse variant van de BREEAM methode die afkomstig is uit het Verenigde Koninkrijk. De methode kent een duurzaamheidskwalificatie toe op basis van een score voor duurzaamheidsmaatregelen die zijn toegepast in een gebouw. Momenteel is BREEAM-NL alleen toepasbaar in kantoren, winkelpanden, scholen en bedrijfsgebouwen (industrie). Het is nog niet toepasbaar in woningen. Momenteel wordt hier echter met prioriteit aan gewerkt (DGBC 2010).

BREEAM-NL kent negen thema's die worden verdisconteerd in een eindscore voor duurzaamheid: (1) management, (2) gezondheid, (3) energie, (4) transport, (5) water, (6) materialen, (7) afval, (8) landgebruik en ecologie, en (9) vervuiling. Deze thema's kennen afzonderlijk verschillende gewichten. Het thema energie krijgt daarbij het meeste gewicht (19% op de totaalscore) en thema water het minste (6%). De eindscore wordt bepaald door het percentage behaalde punten per thema met de wegingsfactor te vermenigvuldigen. Daarna worden de scores per onderwerp bij elkaar opgeteld en voorzien van kwalificatie. Vervolgens wordt gecontroleerd of aan de verplichte (minimum-)eisen voor die duurzaamheidskwalificatie is voldaan (DGBC 2010).

De duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten wordt in BREEAM-NL eigenlijk allemaal gebundeld in de zogenaamde 'MAN 3'-klasse: milieu-impact op de bouwplaats. Vrijwel alle aspecten die wij in het hoofdstuk over de literatuurstudie in het voorliggende verslag hebben benoemd, komen aan bod in de Technische checklist A3 die voor dit aspect leidend is: energieverbruik op de locatie en in transport, waterverbruik, vervuiling van lucht, grondwater en oppervlaktewater, materiaalverbruik en afval, en het gebruik van een milieubeheerssysteem. Enkele van deze aspecten komen terug in andere themaclusters (voor materiaalgebruik en afval). Deze zijn echter meer gericht op de ontwerp- dan de bouwfase. Alleen thematische clusters 'MAN 2 en 3', 'WST 1' en 'LE3' zijn expliciet gericht op de hoofdaannemer en activiteiten op de bouwplaats.

Een perfecte score op credits voor aspecten van duurzame bouwactiviteiten voor een kantoor draagt 8% bij aan de maximaal te behalen score (dat is 20% wanneer materiaalgebruik wordt meegerekend). Verder is alleen het item 'MAN 2: bouwplaats en omgeving' van belang als vereiste om een 'excellent'- of 'outstanding'-kwalificatie te behalen.

Er is ook kritiek op de beoordeling van BREEAM, die er op neer komt dat de certificatie niet doeltreffend is (Bartholomé 2011). Het blijkt te gemakkelijk te zijn om de hoogste kwalificatie te behalen in een omgeving waar de wetgeving op het vlak van duurzaam bouwen een bepaald

drempelniveau haalt. Gebouwen in het stedelijk gewest Brussel die gewoon aan de wettelijke bepalingen voldoen presteren beter dan complexen waaraan BREEAM zijn beste quotering zou kunnen toepassen (p. 97). Daarnaast is het mogelijk om een goede certificatiescore te behalen zonder dat de duurzaamheidsprestaties feite ook maar in de buurt komen van wat er technisch mogelijk is. De bepaling van de duurzaamheidsscore van gebouw gebeurt op basis van een relatieve prestatie in plaats van een absolute maatstaf. Dit laatste punt geldt overigens de meeste vormen van certificeringen (ook LEED).

3.4. Conclusie beoordelingsinstrumenten duurzame bouwprocessen

In de beschreven beoordelingsinstrumenten wordt maar beperkt aandacht geschonken aan de milieu-impact van de bouwactiviteiten zelf; de aandacht ligt vooral bij de gebruiksfase van het gebouw. Cole (2000) geeft een aantal verklaringen waarom er maar zo weinig aandacht bestaat voor de waardering van duurzaamheid tijdens bouwactiviteiten in instrumenten als LEED, BREEAM en de checklist Duurzaam Bouwen:

- de impact van bouwactiviteiten wordt als weinig significant ervaren ten opzichte van de gehele levenscyclus van een gebouw;
- er bestaat weinig begrip voor milieuaspecten in bouwprocessen;
- omdat aspecten vooral procedureel van aard zijn, zijn ze lastig te evalueren;
- bouwactiviteiten zijn in essentie unieke gebeurtenissen waarvan moeilijk valt te controleren wat er nou precies gebeurt;
- De beoordeling van bouwprocessen kan net als managementstrategieën eigenlijk alleen geschieden op basis van aan- of afwezigheid van protocols.

4. Conclusie en advies

In deze rapportage is de vraag onderzocht wat er in de wetenschappelijke literatuur bekend is over de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten. Per onderdeel zal deze vraag worden beantwoord. Ook wordt een beeld geschetst van onderdelen waar nog mogelijkheden liggen voor nader onderzoek. Hier zou een onderzoekagenda aan geweid kunnen worden.

4.1. Algemeen beeld van de geraadpleegde literatuur

De meeste van de onderzochte artikelen zijn verkennend van aard, waarbij wordt ingegaan op de stand van ontwikkelingen in duurzaam bouwen of een poging wordt gedaan om het debat over duurzaam bouwen in een bepaald perspectief te plaatsen. Ook zijn er veel artikelen waarin een methodologie wordt voorgesteld waarmee de duurzaamheidsgraad van de bouwsector bijvoorbeeld zou kunnen worden verbeterd (of een voorstel tot een beoordelingsmethode). In slechts twee van de onderzochte artikelen werd de voorgestelde methodologie in de praktijk getest. Ook waren er maar weinig artikelen die tot doel hadden om de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen daadwerkelijk te meten. Deze studies beperkten zich tot de onderwerpen afval, recycling en pogingen om het weinig voorkomen van duurzame bouwprojecten te verklaren. Het overzicht van de artikelen wekt de indruk dat het wetenschappelijke debat over de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten zich nog in een verkennend, conceptueel-theoretiserend stadium bevindt.

Belang verbetering van duurzaamheidsgraad bouwprocessen.

Omdat bouwprocessen grote invloed hebben op de directe omgeving van de bouwlocatie bestaat er een morele verantwoordelijkheid voor de bouwsector om de druk van de bouwactiviteiten op de omgeving te verlichten door het gebruik van energie, grondstoffen, water en land te verminderen en vervuiling tegen te gaan. Ook zijn er voor bouwbedrijven voordelen te behalen bij verbetering van de duurzaamheidsgraad van bouwprocessen in de projecten die zij uitvoeren. Het gaat daarbij om kostenbesparingen uit vermindering in het gebruik van bouw materiaal, vermindering van transportkosten, vermindering van kosten voor verwerking van bouwafval, vermindering van risico's en daarmee potentiële schadevergoedingen en boetes voor vervuiling van de omgeving. Daarnaast draagt verduurzaming van bouwprocessen mee aan de opbouw van een positief imago voor het bedrijf.

Energiegebruik

Het aandeel van de energie die verwerkt is in het gebouw zelf is relatief weinig in vergelijking tot de totale hoeveelheid energie voor gebruik over de gehele levensduur van dat gebouw. Dit varieert van 10 tot 15%. De energie die verbruikt wordt voor bouwactiviteiten wordt voornamelijk veroorzaakt

door transport van arbeiders (van en naar de bouwlocatie) en materiaal, alsmede activiteiten op de bouwlocatie. De hoeveelheid energie ten behoeve van bouwactiviteiten is afhankelijk van het type bouw materiaal en de soort verwerking/behandeling die gehanteerd wordt. Mogelijkheden voor energiebesparing kunnen gevonden worden in het gebruik van materialen die weinig energie nodig hebben in hun vervaardiging, gebruikmaking van lokaal geproduceerd materiaal, inhuren van lokale arbeidskrachten (vanwege korte transportafstanden en –kosten), efficiënte indeling van de bouwlocatie en een doelmatige planning van werkzaamheden.

Watergebruik

In de onderzochte literatuur is weinig informatie gevonden over waterverbruik tijdens bouwprocessen. Verminderen van watergebruik wordt wel genoemd als een onderdeel van het verduurzamen van het bouwproces, maar hier wordt verder weinig specifiek op ingegaan.

Bouwmateriaal

Over het gebruik van materiaal in de bouwsector is veel bekend. Het principe “verminder het gebruik van grondstoffen” wordt vaak genoemd in de internationale literatuur. Materiaalverbruik in de bouw bestaat uit het materiaal dat verwerkt wordt in gebouwen en de afvalstromen die daarbij ontstaan. Van de maatregelen om afval te verminderen, wordt door betrokkenen vaker de voorkeur gegeven aan afvalpreventie dan oplossingen achteraf, zoals hergebruik. Uit onderzoek blijkt dat slechts 20% van het bouwafval wordt hergebruikt. Dit is opvallend, want er is reden om aan te nemen dat tot 80% van het bouwafval in principe geschikt is voor hergebruik. Richtlijnen voor vermindering van materiaalverbruik tijdens bouwactiviteiten zijn bekend.

Uitstoot van schadelijke stoffen

Voor het beperken van risico's op emissies van schadelijke stoffen, zoals verf, oplosmiddelen, lak, pesticiden, lijm en isolatiemateriaal, worden verschillende maatregelen genomen. In de eerste plaats door materiaal met gevaarlijke stoffen zo veel mogelijk te vermijden (preventie). In de tweede plaats door een duidelijke, gescheiden opslag van gevaarlijk materiaal en afval tot stand te brengen, en gebruik te maken van middelen om mogelijke vervuiling op te kunnen ruimen. Om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan worden maatregelen getroffen om de energievraag te verminderen.

Veiligheid

Het belang van veiligheid wordt onderkend bij het gebruik van giftige materialen, luchtkwaliteit in gebouwen, en geluidsniveaus tijdens bouwactiviteiten. Veiligheidsbelangen zijn zowel van toepassing

op bouwvakkers, omwonenden van de bouwlocatie, als toekomstige gebruikers van de gebouwde objecten.

Bouwlocatie en directe omgeving

Bouwactiviteiten beïnvloeden de waarde van het landschap op meerdere plaatsen. In de eerste plaats natuurlijk op de bouwplaats zelf. In de tweede plaats bij de delving van grondstoffen nodig voor de bouw en transport. In de laatste plaats door vervanging en verplaatsing van activiteiten (bijvoorbeeld landbouw) die oorspronkelijk op de bouwlocatie werden ontplooid. Belangrijke aspecten zijn identificatie van de situatie voor aanvang van de werkzaamheden, preventieve maatregelen voor bescherming van flora en fauna, specifieke maatregelen voor waterhuishouding om vervuiling van grondwater en verlies van de vruchtbare toplaag van de bodem te voorkomen.

Managementaspecten

Veel van wat in de onderzochte artikelen bekend is over duurzame verbetering van het bouwproces kan gerekend worden tot aspecten die in planning en management van bouwprojecten kunnen worden opgepakt. Het gaat om verschillende aspecten: strategieën, probleemdefinities, indicatoren, visies en barrières. Veelgenoemde richtlijnen ter verduurzaming van bouwactiviteiten zijn:

- zuinig omgaan met grondstoffen, energie en water;
- beperking van de hoeveelheid gegenereerd bouwafval;
- benadering van een bouwproject als een integraal geheel (de zogenaamde 'holistische aanpak'); dit kan bij voorkeur naar voren komen tijdens de aanbestedingsfase;
- bewustzijn van de complete levenscyclus van een gebouw en de materialen die ervoor gebruikt zijn om deze te bouwen;
- en zuinig om te springen met de omgeving van een bouwlocatie;
- opdrachtgevers hebben een breder perspectief dan architecten; het betrekken van opdrachtgevers en gebruikers/bewoners in planprocessen kan een bevorderende wering hebben op de waardering van duurzaamheid in bouwprocessen;
- om een duurzamer resultaat te genereren, is meer communicatie en betere afstemming tussen ontwikkelaars, bouwbedrijven, ingenieursbedrijven en planmakers van belang;
- de rol die aan bouwbedrijven (aannemers) wordt toebedeeld tijdens ontwerp, aanbesteding (bestek) is van grote invloed op de uiteindelijke duurzaamheidsgraad van gebouwen en bouwactiviteiten. Het betrekken van progressieve ('groene') bouwbedrijven met veel projectervaring kan een positief effect hebben op het resultaat, uitgedrukt in duurzaamheidsgraad van het gebouw en bouwactiviteiten;

- voor veel bouwbedrijven geldt dat een ‘paradigamashift’ of verandering in ‘mindset’ nodig is om hen een meer duurzame aanpak van bouwactiviteiten te doen toepassen;
- duurzaam-georiënteerde opdrachtgevers, duurzaam-georiënteerde architecten, duurzaam-georiënteerde bouwbedrijven, beleidsrichtlijnen (certificatie en regulering), internationale bouw- en managementstandaarden en deelname aan kennisnetwerken kunnen het resultaat positief beïnvloeden.

4.2. Vanuit de praktijk: certificatie en beleidsmatige checklists

Om naast de wetenschappelijke literatuur ook een beeld te krijgen van ontwikkelingen in de praktijk zijn drie instrumenten onderzocht die worden toegepast bij de beoordeling van duurzaam bouwen en onderdelen hebben die relevant zijn in het kader van de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten. De volgende instrumenten zijn onderzocht: de checklist voor maatregelen uit het beleidsprogramma Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen (2005), en de certificatiesystemen LEED en BREEAM.

De checklists van het Nationaal pakket Duurzaam Bouwen (DuBo) voor nieuwbouwwoningen en utiliteitsbouw omvatten de milieuthema’s: energie, binnenmilieu, materialen, omgevingsmilieu, water en categorie voor overige thema’s (‘diversen’). In de checklist komen de thema’s energie en materialen verreweg het meeste voor (respectievelijk 40% en 59%), en het thema omgevingsmilieu het minste (5%). Slechts 10% van de maatregelen voor materiaalgebruik gaat direct over het beperken van bouwafval of het hergebruiken van materialen. Er blijkt dat er slechts een beperkt aantal maatregelen is dat de ecologische waarde van de bouwplaats en de omgeving omvat. Opvallend is dat de checklist voor sector grond-, weg- en waterbouw daarentegen juist maatregelen bevat die de ecologische waarde van de bouwplaats en de omgeving indiceren.

LEED is een certificatie-instrument voor gebouwen waarbij een waardering wordt toegekend op basis van het behalen van een score voor de duurzaamheidsmaatregelen die een opdrachtgever in een gebouw laat toepassen. LEED is een afgeleide van de BREEAM methode uit het Verenigd Koninkrijk dat specifiek is ontworpen voor toepassing in de Verenigde Staten van Amerika (hoewel er tegenwoordig ook alternatieve bepalingen in zijn opgenomen voor toepassing buiten de V.S.). LEED kent vijf milieu-categorieën: (1) duurzame locatie, (2) waterverbruik, (3) energie en atmosfeer, (4) materialen en grondstoffen, en (5) luchtkwaliteit binnen. De scores die per milieucategorie te behalen zijn, worden van tevoren bepaald door de weging van de verwachte milieu-impact en de (beoogde) maatschappelijke baten. De meeste punten zijn te verdienen in de categorie energie en atmosfeer (35); de minste punten zijn te verdienen in de categorie waterverbruik (10). Het beperken en voorkomen van vervuiling van bodem, water en lucht tijdens bouwactiviteiten is zelfs een

verplichte eis binnen de LEED-certificatie. De voornaamste kritiek op LEED is dat opdrachtgevers punten kunnen scoren en een certificaat met een hoge duurzaamheidsscore verdienen door veel geld te besteden aan duurzame systemen zonder dat het gebouw als geheel als duurzaam kan worden beschouwd.

BREEAM-NL betreft een Nederlandse variant van de BREEAM methode die afkomstig is uit het Verenigde Koninkrijk. De methode kent een duurzaamheidskwalificatie toe op basis van een score voor duurzaamheidsmaatregelen die zijn toegepast in een gebouw. BREEAM-NL kent negen thema's die worden verdisconteerd in een eindscore voor duurzaamheid: (1) management, (2) gezondheid, (3) energie, (4) transport, (5) water, (6) materialen, (7) afval, (8) landgebruik en ecologie, en (9) vervuiling. Deze thema's kennen afzonderlijk verschillende gewichten. Het thema energie krijgt daarbij het meeste gewicht (19% op de totaalscore) en thema water het minste (6%). De eindscore wordt bepaald door het percentage behaalde punten per thema met de wegingsfactor te vermenigvuldigen. Daarna worden de scores per onderwerp bij elkaar opgeteld en voorzien van kwalificatie. Vervolgens wordt gecontroleerd of aan de verplichte (minimum-)eisen voor die duurzaamheidskwalificatie is voldaan (DGBC 2010). Er is ook kritiek op de beoordeling van BREEAM, die er op neer komt dat de certificatie niet doeltreffend is. Het blijkt te gemakkelijk te zijn om de hoogste kwalificatie te behalen in een omgeving waar de wetgeving op het vlak van duurzaam bouwen een bepaald drempelniveau haalt. Daarnaast is het mogelijk om een goede certificatiescore te behalen zonder dat de duurzaamheidsprestaties feite ook maar in de buurt komen van wat er technisch mogelijk is.

4.3. Nog onbekend

Uit het literatuuronderzoek bleek dat er nog veel kennislacunes bestaan. Deze lacunes zouden nader onderzocht kunnen worden. Daartoe geven wij een aanzet. Het gaat om de volgende aspecten.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat er nog veel kennislacunes bestaan. Deze lacunes zouden nader onderzocht kunnen worden. Daartoe geven wij een aanzet. Het gaat om de volgende aspecten.

- Er zijn veel integrale methoden om de duurzaamheidsgraad van het gebouwde object in gebruiksfase of de levenscyclus van gebouwen (als geheel) in beeld te brengen. Deze zijn vaak kwalitatief van aard. Aan een kwantitatieve benadering ontbreekt het.
- Er is geen methode om de duurzaamheidsgraad van bouwactiviteiten (als zelfstandige fase binnen de fasering van de levenscyclus van een gebouw) te analyseren. Indicatoren worden wel meegenomen binnen integrale checklists, zoals in geval van BREAAM, LEED en het Nationaal pakket duurzaam bouwen (met prescriptief-normatieve betekenis).

- Aan verschillende thematische domeinen binnen bouwactiviteiten (zoals energiegebruik, afval, e.d.) worden verschillende gewichten gegeven. De nadruk ligt bij bouwafval en recycling. Andere thema's zijn onderbelicht en zouden verder uitgewerkt kunnen worden.
- In de GWW-sector bestaat meer aandacht voor duurzame omgang met de leefomgeving dan in de sectoren van de W- en U-bouw.
- Er bestaan geen harde (kwantitatieve) grenswaarden per thematisch veld.
- Er zijn veel checklijsten en voorgestelde methoden aan de hand van duurzaamheidsrichtlijnen (zoals 'People Planet Profit'); er zijn echter weinig metingen verricht (empirisch onderzoek).
- Hoewel onderkend wordt dat opdrachtgevers en bouwbedrijven voordelen kunnen behalen met verduurzaming van bouwactiviteiten is er weinig bekend over de meerwaarde van deze verduurzaming in kwantitatieve en monetaire termen.
- Van de onderzochte certificaten (BREAAAM, LEED) is bekend dat zij een te eenzijdig (positief) beeld van de duurzaamheidsgraad van gebouwen bieden (en in mindere mate daar aan ten grondslag liggende bouwactiviteiten). Vanuit een levenscyclus-analytisch perspectief kan worden gesteld dat de certificatie alleen positieve maatregelen waardeert, terwijl negatieve aspecten onderbelicht blijven. Daarmee wordt geen waardering gegeven aan de netto-duurzaamheidsprestatie gebouwen of bouwactiviteiten.

Bibliografie

- Apotheker, S. (1990). Construction and demolition debris - The invisible waste stream. *Resource Recycling*, 66-74.
- Bartholomé, P. (2011). Duurzame Gebouwen - Een kritische blik op milieucertificatie. *Profacility Guide*.
- Bennett, J., & Crudgington, A. (2003). Sustainable development: recent thinking and practice in the UK. *Engineering Sustainability*, 27-32.
- Bosschaert, T. (2008). *Zin en onzin over LEED*. Retrieved 2011, from [duurzaamgebouwd.nl: http://www.duurzaamgebouwd.nl/permalink/e0e0cbf3d0073d9470861c768394c30347a1df17](http://www.duurzaamgebouwd.nl/permalink/e0e0cbf3d0073d9470861c768394c30347a1df17)
- Bossink, B., & Brouwers, H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of construction engineering and management*, 55-60.
- Chaharbaghi, K., & Willis, R. (1999). The study and practice of sustainable development. *Engineering Management Journal*, 41-48.
- Cheung, H. (2003). Use of recycled asphalt pavement - a practical approach to asphalt recycling., (pp. 15-17).
- Cloquet, R., Boonstra, C., & Joosten, L. (2008). *Instrumenten Beoordeling en Promotie Duurzame Kantoren*. DHV B.V.
- Cole, R. (2000). Building environmental assessment methods: assessing construction practices. *Construction Management & Economics*, 949-957.
- DGBC. (2010). *BREEM-NL 2010 - Keurmerk voor duurzame vastgoedobjecten, Beoordelingsrichtlijn Nieuwbouw*. Dutch Green Building Council.
- Ekanayake, L., & Ofori, G. (2000). Construction material waste source evaluation. *Strategies for a Sustainable Built Environment*. Pretoria.
- Hendriks, C., & Janssen, G. (2003). Use of recycled materials in constructions. *Materials and Structures*, 604-608.
- Hill, R., & Bowen, P. (1997). Sustainable construction: principles and a framework for attainment. *Construction Management and Economics*, 223-239.
- Huovila, P., & Koskela, L. (1998). Contribution of the principles of lean construction to meet the challenges of sustainable development. *IGLC*, (pp. 13-15). Guarujá, Brazil.
- Kibert, C., Sendzimir, J., & Guy, B. (2000). Construction ecology and metabolism: natural system analogues for a sustainable built environment. *Construction Management & Economics*, 903-916.
- NP DuBo. (2005). *Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Woningbouw en Utiliteitsbouw - Nieuwbouw*.

- Ofori, G. (1992). The environment: the fourth construction project objective? *Construction Management and Economics*, 369-395.
- Ofori, G. (1998). Sustainable construction: principles and a framework for attainment - comment. *Construction Management and Economics*, 141-145.
- Ofori, G. (2000). Challenges of construction industries in developing countries: lessons from various countries. *2nd International Conference of CIB Task Group 29*, (pp. 1-11). Gaborone, Botswana.
- Pries, F., & Janszen, F. (1995). Innovation in the construction industry: the dominant role of the environment. *Construction Management and Economics*, 43-51.
- Raynsford, N. (1999). The UK's approach to sustainable development in construction.
- Riley, D., Pexton, K., & Drilling, J. (2003). Procurement of sustainable construction services in the United States: the constructor's role in green buildings. *Industry and environment*, 66-69.
- Rohracher, H. (2001). Managing the technological transition to sustainable construction of buildings: a socio-technical perspective. *Technology Analysis and Strategic Management*, 137-150.
- Roodman, D., Lenssen, N., & Peterson, J. (1995). *A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction*. Worldwatch Institute.
- Serpell, A., & Alarcón, L. (1998). Construction process improvement methodology for construction projects. *International journal of project management*, 215-221.
- Shelbourn, M., Bouchlaghem, D., Anumba, C., Carillo, P., Khalfan, M., & Glass, J. (2006). Managing knowledge in the context of sustainable construction. *ITcon*, 57-71.
- Sjostrom, C., & Bakens, W. (1999). CIB Agenda 21 for sustainable construction: why, how and what. *Building research and information*, 347-353.
- Spence, R., & Mulligan, H. (1995). Sustainable development and the construction industry. *Habitat international*, 279-292.
- Tam, V., & Tam, C. (2006). A review on the viable technology for construction waste. *Resources, conservation and recycling*, 209-221.
- Uher, T. (1999). Absolute indicators of sustainable construction. *COBRA*, (pp. 243-253).
- USGBC. (2011). *LEED 2009 for new construction and major renovations rating system with alternative compliance paths for projects outside the U.S.* U.S. Green Building Council.
- van Pelt, M. (1993). Ecologically sustainable development and project appraisal in developing countries. *Ecological Economics*, 19-42.
- Vanegas, J., DuBose, J., & Pearce, A. (1995). Sustainable technologies for the building construction industry. *Design for the Global Environment*. Atlanta.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. Oxford: World Commission on Environment and Development.

- Williamn, K., & Dair, C. (2007). What is stopping sustainable building in England? Barriers experienced by stakeholders in delivering sustainable developments. *Sustainable Development*, 135-147.
- Williams, K., & Lindsay, M. (2007). The extent and nature of sustainable building in England: An analysis of progress. *Planning Theory and Practice*, 31-49.

Bijlage A: Bevindingen per thema

A.1. Energieverbruik

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|---|-----------------------|
| <p>The amount of construction energy use and greenhouse gas emissions for transportation and on-site energy use vary from one structural method to another:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The construction energy and greenhouse gas emissions for the wood structural systems are in the ranges 8–20 MJ/m² and 0.8–2.5 kg/m², respectively, with worker transportation representing the dominant component. • Steel assemblies typically entail the lowest construction energy and greenhouse gas emissions, with figures typically 3–7 MJ/m² and 0.4–1.0 kg/m², respectively, the exception being the steel deck system, with the higher values of 14–20 MJ/m² and 2.4–3.0 kg/m². Worker transportation and on-site equipment use are both significant components of construction energy and greenhouse gas emissions. • Concrete structural systems require the highest construction energy and lead to the highest greenhouse gas emissions per square metre (20–120 MJ/m² and 5–20 kg/m², respectively). <ul style="list-style-type: none"> ○ Cast-in-place assemblies are among the highest and entail the greatest energy for transporting workers to and from the building site (40–50% of the total). ○ For tilt-up wall construction, the construction energy is 60–90 MJ/m², on-site equipment accounting for 55–65% of energy use. ○ The construction energy and greenhouse gas emissions for precast concrete are much lower than for cast <i>in-situ</i> concrete (20–35 MJ/m² and 4–5 kg/m², respectively) with the largest proportion (75–80%) being associated with materials and equipment transportation. <p>Opportunities for reducing construction energy and associated greenhouse gas emissions are relatively limited and relate to equipment/plant efficiencies, scheduling and car/vanpooling of workers.</p> | Cole (2000) |
| <p>Biophysical Principle: “Reduce the use of the four generic resources used in construction, namely, energy, water, materials, and land, at each stage in the project life cycle (Kibert, 1994c) Optimization of this principle for energy requires reduction of both embodied and operating energy (Loftness et al., 1994). Embodied energy of building materials and products is the total energy used in the processes of production, from extraction of raw materials to final delivery (p.229).”</p> | Hill et al. (1997) |
| <p>In a method developed in Germany, argillaceous slates are substituted for clay in the production of heat insulating bricks ... reduction in energy use of some 43%. (p. 384)</p> | Ofori (1993) |
| <p>Making buildings also consumes energy, from mine to foundry to construction site. Steel, glass, and brick require large amounts of fossil fuels for high-temperature production. Transporting materials to the building site takes still more energy. In the United States, these activities account for roughly 9 percent of energy use.</p> <p>In general it has been found that energy consumption in the production of buildings is a relatively small part of the total lifetime energy use, perhaps 10-15%...The energy used in the production, the so-called embodied energy, is however totally within the control of the construction industry, the designers, builders and building materials producers. (p. 283)</p> <p>The change from rural to urban settlements is often accompanied by a rapid change from the use of almost zero-energy renewable building materials such as earth, stone and thatch to higher-energy factory-made permanent materials such as brick and concrete. (p. 283)</p> <p>As a part of the same process, building materials manufacture is increasingly concentrated in fewer, larger-scale production plants, to take advantage of economies of scale, thus increasing the transportation component of the energy cost. (p. 283)</p> <p>There are alternative materials which make use of local raw materials, use relatively little processing energy, and could be manufactured locally with low resulting transport costs. Thus, there is considerable potential for limiting the growth of consumption in fossil fuels by careful choice of technology. (p. 284)</p> <p>The energy use in the production of building materials accounts for over 75% of the total embodied energy in buildings, ... much of the energy use in building materials takes place in the manufacture of a few extensively used materials which involve high temperature kiln processes, notably iron and steel, cement, clay bricks and tiles and glass. Strategies for energy saving in building materials manufacture include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • improved energy efficiency in kiln processes; • using cheaper or non-premium fuels in kiln processes; • use of recycled materials in production processes; • use of low-energy additives or extenders. <p>On-site construction activity accounts for a small but important proportion of the embodied energy in buildings, ranging from about 15 to 25% of the embodied energy. A large part of the energy use in construction is related to the use of mechanical plant for site operations; improvements in efficiency of this plant are often possible. (p. 284)</p> | Roodman (1995) |
| <p>Energy consumption related to construction site activities is relatively low. In Australia, it is around 1% (Anon, 1996) of the national total and is only marginally higher in Denmark, where it was measured to be 3% (Olsen, 1998). On the other hand, transport of building goods by road consumes a significant amount of energy. In Denmark, the figure is around 45% of the national transport total (Olsen, 1998). When interpolated, this may represent around 10–15% of the total energy consumption (Edwards et al, 1996). Operation of buildings also consumes a significant amount of energy in maintaining a comfortable indoor environment and providing a range of services. According to Edwards et al (1996), this represents around 46% of the total energy consumption.</p> | Uher (1999) |
| <p>In construction, improving site layout to reduce the travel distance of excavating equipment is an example of improving process efficiency, resulting in fewer equipment hours, less fuel used, and lower maintenance costs. (p.10)</p> | Vanegas et al. (1996) |

A.2. Verbruik van water

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|--|-----------------------|
| Water-saving contribution: 50% water usage reduction in construction via reducing wet trades, using automated washing bay, reducing workers. | Ofori (2000) |
| Opportunities for new technologies can be found by observing natural ecosystems: what sources of energy and matter are used by these systems? Particularly promising opportunities exist in the area of waste recovery and reuse. (p.11) Greywater systems (bio-purification ed.) are an example of a technology which has been successfully used to facilitate the processing and absorption of human waste water back into the natural environment. (p.14) | Vanegas et al. (1996) |

A.3. Gebruik van materiaal

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|--|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> [comment] the article contains several tables listing the contents of construction waste, volume percentage and weight of waste after building a house, and possible re-uses for waste materials. [comment] Source separation for construction waste is technically easy (no contamination), hard to manage (many contractors). Source separation for demolition waste is technically difficult (contaminated), but easy to manage (one contractor). However, he was surprised that a survey of those participating in the residential projects revealed homeowners were "extremely comfortable in having recycled dimensional lumber used in their homes." (p. 68). [comment] economics of recycling: recycling company charges the parties that want to deposit waste at a rate below that of nearby landfills, then prices its recycled product at a discount of new material. (p.71) [comment] mixed CD waste processing: 85% recovery of material that comes in (p.72). The article also gives descriptions of processes used to recycle CD waste, including production capacity, prices and initial investment of the companies. | Apotheker (1990) |
| <ul style="list-style-type: none"> The amounts of generated C&D waste are substantial. The absolute annual amount of C&D waste in The Netherlands is 14,000,000 t (<i>Implementatieplan 1993</i>) and the share of this industry in the total amount of waste produced is 26% (Lanting 1993). (p.55) Figures indicate that the weight of generated demolition waste is more than twice the weight of generated construction waste. Authors indicate that is more important to focus on construction waste because: (p.56) <ul style="list-style-type: none"> Construction waste is more difficult to recycle due to contamination and heterogeneity (Brooks et al. 1994) *NB ... dit is complete tegenovergesteld aan de bevindingen van Cole 2000! Prevention of construction waste is preferable to recycling demolition waste "at the end of the pipeline" Construction waste contains a relative big amount of chemical waste (Lanting 1993) A cost reduction by preventing construction waste is of direct benefit for most participants that work on a construction project. Research in Brasil indicates that 20-30% of purchased construction material ends up as waste. (p.56) A research project in the Netherlands, executed in cooperation with a contractor, showed that the average amount of purchased construction material that ends up as waste is 9% (for family homes/apartments). (p.57) A detailed list of various sources of waste for commonly used materials is part of the article, examples: cutting, shape, quality, packing, too large orders, handling, transportation, storage. | Bossink and Brouwers (1996) |
| <p>Asphalt recycling can generally be categorized into "hot" and "cold", and "in-place" and "at-plant" methods. Each method has different applications.</p> <ul style="list-style-type: none"> Cold recycling is often used for rehabilitation of pavements with low to moderate traffic density, it is more cost-effective than hot methods. Hot recycling is equally applicable as "all new asphalt", however it is not suitable for gap-graded asphalt mixes if created in-place. When created at-plant this problem disappears but there is added cost of transportation to and back from the plant. <p>When considering appropriate recycling methods, the limits and advantages of these types should be taken into account. For Hong Kong, hot at-plant recycling is the preferable method. The article gives a detailed step-by-step guide to using this method in road construction projects including quantities and limits.</p> | Cheung (2003) |
| <p>As much as 80% of waste generated during construction is reusable or recyclable since it is relatively clean. Construction waste recycling is assisted by: (p.951)</p> <ul style="list-style-type: none"> cleaning and properly separating construction waste, and providing separated bins for all recyclables; designating a site waste manager and training all site personnel on waste management practices; using reusable and recyclable forming materials, such as steel forms or standard wood systems; renting scaffold and staging materials, posts and bracing, fencing and hoarding, or purchasing material of construction-grade lumber for reuse within the project. | Cole (2000) |
| <p>Construction waste can be divided into three major categories: material, labor, and machinery waste. However, material wastage is of more concern because most of the raw materials from which construction inputs are derived come from non-renewable resources. Although "waste" is a familiar term in the industry world-wide, it is difficult to compare construction waste figures from different construction sites due to a number of reasons, including the use of varying definitions; and the use of different estimation approaches, by different groups. For this research study, the following definition of construction materials waste was adopted:</p> <p>"Any material, apart from earth materials, which needs to be transported elsewhere from the construction site or used within the construction site itself for the purpose of land filling, incineration, recycling, reusing or composting, other than the intended specific purpose of the project due to material damage, excess, non-use, or non-compliance with the specifications or being a by-product of the construction process."</p> | Ekanayake and Ofori (2000) |

| | |
|---|----------------------------|
| Table 1 (see article p.3) lists the sources and causes of construction waste identified by the authors after a literature review. These sources were subsequently used in a survey among building contractors to identify the contribution of each factor to construction site waste generation. | |
| <i>Biophysical Principle:</i> Maximize resource reuse, and/or recycling as this leads to a reduction in waste thereby prolonging the life of landfill facilities and reducing the need to select new landfill sites. It also reduces the need for raw materials thereby contributing to the attainment of the second principle of reducing resource consumption. Extra attention should be given to the 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) when considering the use of non-renewable resources. (p.230). | Hill et al. (1997) |
| <ul style="list-style-type: none"> In the USA, construction and demolition waste is the major source of industrial waste, amounting to perhaps 500 kg per capita and year or of the order of 136 million tonnes annually. The reuse and recycling rates of this waste in the USA are not well known, but probably under 20% of the total mass and probably closer to 10%. Only concrete recycled for its aggregates and metals is recycled at high rates, because of the relatively high economic value. (p.910) A typical approach (to sustainable construction ed.) is to specify, as far as possible, materials that are natural and renewable, that are local and indigenous, and that have low embodied energy (Steele, 1997). (p.912) [comment] Kilbert describes several used systems to rate materials and systems on 'sustainability', but finds them lacking in their ability to be reduced to a small number of tractable factors. "Clearly, a method or system for selecting 'green' building materials that extends beyond life-cycle analysis is needed, grounded in natural systems principles and focusing on the fate of the materials at the end of their life-cycle. (p.913) | Kibert et al. (2000) |
| <ul style="list-style-type: none"> On-site recycling of asphalt was used in Germany in the renovation of part of the A1 Autobahn in 1988 ... 30% direct cost saving. (p. 384) Construction equipment has become more versatile, productive, vibration-free, fume-free, dust-free and noise-free. (p. 384) | Ofori (1993) |
| We estimate that about 70 million tonnes of construction waste is produced each year in the UK. At present only around 20% of that is recycled, and then mainly to low grade uses such as landscaping. I am discussing with the industry how we can increase the proportion of material which is re-used and recycled. One practical step we have taken to encourage re-use is to set up a materials information exchange through the Internet (http://www.bre.co.uk/waste). This provides information on the availability of surplus and reusable materials from demolition and puts those seeking such materials in touch with sources of supply (p.422). | Raynsford (1999) |
| <ul style="list-style-type: none"> The contractor selected, Turner Construction Co., played an unexpectedly valuable role, achieving Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Gold Certification. Besides working closely with the design team, some examples of how Turner contributed include 98% recycling of construction waste – far exceeding the project goal of 70% (p.66). Progressive and forward-thinking construction firms are adopting <i>lean principles</i> proven in the manufacturing community to reduce waste and inefficiencies in construction processes. Green principles and lean principles are closely aligned in their goals of maximizing total process efficiency and reducing waste (p.67). Through experience and alliances with waste haulers, many construction firms have become quite adept at recycling and the related jobsite psychology and infrastructure needed to fully implement a waste minimization and jobsite recycling plan. Often these company based policies result in diversion rates of up to 80%, far in excess of a mandated recycling programme (p.68). Example from Pentagon building renovation: use of prefabricated "smart walls" which include all power and communication systems and are combined with high-tech support spaces to simplify construction sequences, facilitate reconfiguration, and minimize waste during construction (p.69). | Riley et al. (2003) |
| Austria's construction sector has a material turnover of about 100 million tons per year, which is half of the material turnover induced by Austria's society as a whole (water excluded). This figure has dynamically increased over the past 20 years (by about 50%). Half of these 100 million tons is mobilized to construct buildings, which adds up to an average of 7 tons per inhabitant per year (p.137-138). | Rohracher (2001) |
| <ul style="list-style-type: none"> Shimizu Corporation has developed an advanced robotic system for constructing high-rises that allows for the just-in-time delivery of pre-cut building materials to the site each day. Workers need not store components before they use them and do not have to cut pieces to size on site, thus reducing packaging and construction waste by up to 70 percent. The building industry can use materials much more sustainably than it does. The guidelines for doing this are well known: Look for substances that entail a minimum of transportation and processing—in other words, local, natural materials. Avoid as much as possible materials that emit toxins. Use materials efficiently. Use ones that are renewable, recyclable, or both. Typical construction in North America generates 20-35 kilograms of solid waste per square meter of floor space, much of it leftover bricks, concrete, and wood scraps that are reusable or recyclable. Inorganic materials are usually easier to reuse than organic ones. Bricks and concrete blocks can easily be rescued intact from a building destined for demolition, and can last for millennia. | Roodman (1995) |
| Some of the materials often available as sources of secondary aggregates include colliery and mining wastes, fuel ash and demolition wastes. However, the degree of utilization of wastes is still very far short of the potential, making this one of the most fruitful ways forward for the construction industry. (p. 282) | Spence and Mulligan (1995) |
| [comment] Article includes an exhaustive list of available recycling technologies and associated products for a wide range of construction and demolition waste materials. | Tam and Tam (2006) |
| According to Roodman and Lenssen (1995), the construction industry utilises either directly or indirectly around 40% of the material flow entering the world economy. Cooper and Curwell (1997) estimated that the construction industry in the UK uses about 6 tonnes of building materials annually for every member of the population. | Uher (1999) |
| <ul style="list-style-type: none"> The biggest impediments to this (reuse ed.) strategy are artifacts which are designed for obsolescence, with short life cycles, or where economic constraints have forced subquality construction or manufacturing. (p.11) Using waste masonry and concrete from demolished structures as aggregate in new concrete is one example of | Vanegas et al. (1996) |

| | |
|---|-----------------------------|
| <p>taking artificially-generated waste which would otherwise have been disposed in the natural environment, and using it as input back into the building process. (p.11)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traditional construction techniques such as rammed earth have found new applications in structures constructed from waste automobile tires, filled with compacted earth. (p.11) | |
| <ul style="list-style-type: none"> • . . . housebuilders have made most progress in addressing short-term impacts (e.g. construction waste) and those seen as high priority in terms of gaining planning permission (e.g. transport). However most companies have not yet begun to take appropriate responsibility for the longer-term environmental impacts of their developments. (WWF, 2004, p. ii) • This means that while some of the housebuilders' activities may be sustainable, they are not necessarily constructing sustainable buildings. (p. 38) | Williams and Lindsay (2007) |

A.4. Uitstoot van schadelijke stoffen waaronder broeikasgassen

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Social Principle: "Intergenerational equity...This requires, inter alia... not overtaxing the assimilative capacity of the environment to absorb wastes (the environmental 'sinks') (p.228)." • Biophysical Principle: "Minimize air, land and water pollution. As for global concerns, it can include the reduction or elimination of pollutants causing ozone depletion and global warming. At a local level, it requires the development of operational procedures for controlling various activities including emergencies, and the management of noise, odour, dust, vibration, chemical and particulate emissions, and solid and sanitary waste during construction operations (p.230)." | Hill et al. (1997) |
| <p>In order to provide the building materials for just an average single family house, about 100 tons of CO₂ , 150 kg of SO₂ and 200 kg of NO_x are produced (p.137).</p> <p>Construction, particularly the manufacture of energy-intensive materials, makes a significant contribution to carbon dioxide emissions. An estimated 8-20% of these emissions in different countries are due to construction and building materials production activities, and a further 2.5% globally results from the chemical reactions taking place in cement and lime production.</p> <p>Since most of the pollution resulting from construction activity is the result of fossil-fuel burning, the principal means of reducing pollution is through increased energy-efficiency in all activities. The principal means for reducing atmospheric pollution resulting from site operations are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • reducing avoidable transportation of materials; • improving site management efficiency; • reduction of the quantity of site wastes produced; • systematic separation of all unavoidable construction wastes, to facilitate recycling. <p>The means of transport is also important: approximately four times as much carbon dioxide is emitted by the transportation of a load by road than the equivalent journey by rail or water.</p> | Rohracher (2001) Spence and Mulligan (1995) |
| <p>A by-product of energy consumption is emission of greenhouse gases, particularly CO₂. It follows that the construction industry through a range of its activities rates as the most significant emitter of greenhouse gases. Edwards et al (1996) expressed the proportion of total CO₂ emission arising from the operation of buildings in the UK to be at 48%. The total CO₂ emission of the construction industry would be substantially higher if emissions caused by mining, manufacturing and transport of building materials as well as construction activities were included.</p> | Uher (1999) |

A.5. Managementaspecten

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|--|-------------------------------|
| <p>[Summary] US construction waste solution:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Government requires contractors to specify the disposal or recycling facilities for construction, demolition and road-opening permits. - Contractors will actively look for cheapest way to dispose of their waste (market mechanism) - Contractors find recycling companies that charge fees well below landfill tipping fees, the recycling companies may have requirements about separation of waste material. - Recycling of CD waste increases, incidentally the contractor also finds a source of cheap (recycled) material in the recycling companies product. | Apotheker (1990) |
| <p>Sustainable development requires us to tackle issues—such as climate change—that are complex and rich in structure. This is in opposition to much 'traditional' engineering, which has placed an emphasis on mastering techniques that are complicated and rich in detail. This requires a radical change in approach, and has led to a recognition that, as well as developing and delivering technical solutions to sustainability issues, we must look closely at how we educate and train engineers, and at how we engage with our colleagues in the other technical professions. (p. 27)</p> <p>List of strategies, indicators formulated to make building process more sustainable.</p> <p>UK sustainable construction strategy: (p. 28)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reuse existing built assets. • Design for minimization of waste. • Aim for lean construction. • Minimize energy in use. • Do not pollute. • Preserve and enhance biodiversity. • Conserve water resources. | Bennett and Crudginton (2003) |

| | |
|--|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Respect people and their local environment. • Set targets. • Minimize energy in construction. <p>Engineering of the 21st century inquiry: (p. 28)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leadership matters, government should embrace and promote sustainable development in its own operations • Back to basics, integrate sustainability in all engineering curricula • The added value of participation, embed participation and consultation with sustainability on the agenda in all stages of construction • Specifying for sustainability I, specifications for sustainable materials and amend standards to sust. Objectives • Specifying for sustainability II, request sustainability specifications from suppliers • Designing a new playing field, increase policy incentives to sust. Development and remove inconsistent regulation • Don't just do it, monitor and report it, annual report about the engineering profession's contribution to sustainability • Holistic planning, ethical/value discussion before any engineering project • How you learn is really important, increase understanding of sustainability issues more rapidly • Reward and recognition, sustainability objectives part of personal appraisal <p>Sectorial sustainability agenda led by ICE (p. 29)</p> <ul style="list-style-type: none"> • the need to promote resource productivity • the importance of appropriate education, continuous professional development and knowledge sharing • the need to engage with all stakeholders. <p>Environmental performance indicators in the Movement for Innovation (M4I) (p. 29)</p> <ul style="list-style-type: none"> • operational energy • embodied energy • transport energy • water use • waste in the construction process • biodiversity. <p>Current best practice in sustainability performance of projects. (p. 31-32)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reuse and improve the performance of existing built assets. • Locate any new development in appropriate localities. • Relate land-use planning to transport infrastructure. • Design for minimum waste and effective use of resources. • Design for life. • Aim for lean construction. • Energy consumption. • Utilise renewable energy sources. • Do not pollute the wider environment. • Preserve and enhance natural features and (appropriate) biodiversity. • Conserve water resources. • Respect people and their local environment, and seek to minimise the adverse social impacts, and maximise the positive social impacts of your projects. | |
| <p>It appears that the various participants in the building process (client, designer, supplier, and building contractor) are aware of the relevance of other factors besides the common-sense options for waste prevention at the building site, such as variably ordering building materials and paying attention to the environmental impact of the dimensions of building materials during design. (p.57)</p> | Bossink and Brouwers (1996) |
| <ul style="list-style-type: none"> • An important indirect benefit is that the broad range of issues incorporated in environmental assessments require greater communication and interaction between members of the design team and various sectors within the building industry, i.e. environmental assessment methods encourage greater dialogue and teamwork (Cole, 1999a). (p.949) • Construction and demolition waste recycling is most effective if it is included in the construction contract specifications, because many key steps in successful recycling programmes, such as separation, occur on the construction site. Moreover, environmental responsible construction requires making a corporate commitment and allocating responsibility. (p.951) • The article discusses how environmental issues are addressed in five different assessment methods. <ul style="list-style-type: none"> ○ The UK 'Building Research Establishment Environmental Assessment Method' (BREEAM) ○ Canadian 'Building Environmental Performance Assessment Criteria' (BEPAC) ○ US 'Leadership in Energy and Environmental Design' (LEED) ○ 'Green Building Challenge' (GBC) ○ Hong Kong 'Building Environmental Assessment Method' (HK-BEAM) • According to Cole: construction issues are poorly defined both in terms of their significance and the range of criteria appropriate for inclusion. (p. 956) • Construction issues should be included, organized into consistent categories (e.g. resource use, ecological loadings and health issues) and clearly partitioned within the structure of assessment methods. Further, if there are environmental benefits in engaging a broader range of players earlier in the design process, then logically this notion can be extended to include the contractor. (p.957) | Cole (2000) |
| <ul style="list-style-type: none"> • The best way to manage waste is to avoid it in the first place. The study revealed that a | Ekanayake and |

| | |
|--|-----------------------------|
| <p>substantial amount of building construction waste on site is directly related to design errors or related problems on which the site personnel have very little or no influence. Design changes while construction in progress, designer's inexperience or lack of data to evaluate methods and the sequence of construction at the design stage were ranked as the most significant factors leading to site waste. However, lack of attention paid to modular coordination and lack of knowledge about standard sizes of products on the market were also reported as the next most significant contributors to site waste which are related to the design process. This underlines the urgent need for effective communication and flexible information sharing systems throughout the construction process.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Damages due to subsequent works, errors by tradespersons and improper planning were identified by the responding contractors as the most significant operational contributors to waste generation while inappropriate storage facilities at site and loose forms of material supply to the site were identified as the most significant handling issues. The responding contractors did not consider procurement-related factors as major contributors to site waste generation in the Singapore construction industry. • The contractors believed that providing better storage facilities at site, making subcontractors responsible for their own waste generation, applying better site waste accounting systems, and selecting qualified people and correct equipment for the site works will help for reducing existing waste generation level. | Ofori (2000) |
| <p>Technological solutions can only succeed if they fit in with social and cultural developments. (p. 605)</p> <p>Decisions concerning integral sustainability, which include both meanings of the term, should be based on the following three starting points. (p. 605)</p> <ul style="list-style-type: none"> • An integral approach to (raw) material use in the construction industry should be based on durability as well as sustainability. • The application should be optimized based on the entire life cycle, including several life cycles for reused material. • The application should be such that recycled material is used for the next best purpose possible within the building chain. This means that these materials must be used in such a way that they can be easily recognized and separated. <p>Various instruments have been developed to measure or calculate the sustainability of materials.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Degradation factor, based on design specifications, material use (including repair), and required lifespan. • Life-cycle Analysis, decisions taken in one construction phase should take into account consequences in other phases to minimize environmental impact. • Waste management, preference ordering of waste management options, can use other analysis as input for a dynamic (situational) ladder. • High-grade, method for comparing reuse applications of waste beyond road building. • Design for recycling, designing products with recycling process in mind, raw materials must be easily recognizable, sortable, separable, and reduced in size. • Design for disassembly, regardless of economic considerations, products can be designed to facilitate separation for possible reuse. • Eco cost/value ratio, calculate eco-cost based on the cost of measures to be taken to reduce environmental impact (throughout lifetime) to a sustainable level. | Hendriks and Janssen (2003) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Social Principle: "Implement skills training and capacity enhancement of disadvantaged people to allow them to meaningfully participate in a project. Such training and participation should ensure that development of human resources is a lasting legacy of construction, in addition to the physical presence of facilities (p.227)." • Economic Principle: "<i>Promote employment creation and, in some situation, labor intensive construction for disadvantaged communities as this should result in a significant portion of the financial contribution of a project remaining and circulating in local hands (p.229).</i>" • Economic Principle: "Choose environmentally responsible suppliers and contractors who can demonstrate environmental performance (p.229)." <p>Develop an environmental Management Programme (EMP) that stipulates environmental objectives and targets to be met and work instructions and controls to be applied in order to achieve compliance with the environmental policy. Includes for example targets for construction waste. At project level, the EMP would contain operational procedures for controlling various activities, which would include: work instructions for defining the manner of conducting an activity; inspection procedures to ensure that mitigating measures are applied; procedures for dealing with accidents and emergencies; and, procedures for the measurement of performance indicators, for example, accidental and controlled release indicators, and site impact indicators (p.236).</p> <p>In order to ensure implementation of environmental management during the construction stage of a project, it is recommended that these components are documented as requirements in the contract specifications and bills of quantities (p.237).</p> | Hill et al. (1997) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Conventional engineering and production approach is based on the conversion view. The concurrent engineering approach (Table 2), applying the principles of lean production (Koskela 1998), stresses the flow view and the value generation view, in addition to the conversion view (Koskela & Huovila 1997). Lean design, or concurrent engineering, is mainly dealing with information processes, whereas lean production emphasizes material processes. Therefore, the sustainability contribution of the flow view (eliminating waste), is crucial in production, whereas in engineering, the value view is crucial. • To each of these views a sustainability notice is added from which follows how the principles can contribute to sustainable construction. These notices are: <ul style="list-style-type: none"> ○ Conversion view: management of life cycle requirements; ○ Flow view: waste elimination; | Huovila and Koskela (1998) |

| | |
|--|--------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Value generation view: environment is the customer. | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Industrial ecology can be defined as the application of ecological theory to industrial systems or the ecological restructuring of industry (Rejeski, 1997). As noted by Graedel and Allenby (1995), the rejection of the concept of 'waste' is one of the most important outcomes of industrial ecology. (p.908) ● An emerging new discipline, known as design for the environment (DFE), has as its goal the creation of artifacts that are environmentally responsible. DFE can be defined as a practice by which environmental considerations are integrated into product and process engineering procedures and that considers the entire product life-cycle (Keoleian and Menerey, 1994). (p.908) <ul style="list-style-type: none"> ○ Front-loaded design, creating objects that can easily be reused one way or another; ○ Ecological design, minimize environmentally destructive impacts by integration with living processes (conservation, regeneration and stewardship) ● The extended chain of responsibility and separation of responsibilities for construction phases have resulted in a breakdown of feedback loops among parties involved in the construction process (p.910) ● Buildings are assembled from a wide array of components that can be divided into five general categories. <ul style="list-style-type: none"> ○ Manufactured, site-installed commodity products, systems, and components with little or no site processing (boilers, valves, electrical transformers, doors, windows, lighting, bricks). ○ Engineered, off-site fabricated, site-assembled components (structural steel, precast concrete elements, glulam beams, engineered wood products, wood or metal trusses). ○ Off-site processed, site-finished products (cast-in-place concrete, asphalt, aggregates, soil). ○ Manufactured, site-processed products (timber, drywall, plywood, electrical wiring, insulation, piping, ductwork). ○ Manufactured, site-installed, low-mass products (paints, sealers, varnishes, glues, mastics). <p>Each of these categories has an influence on the potential for reuse or recycling at the end of the building's useful life and on the quantity of waste generated during site assembly. (p.910)</p> ● The service lives of buildings are unpredictable, because the major component parts of the built environment wear out at different rates, complicating replacement and repair schedules. Management of a building's temporal tension might be achieved with more efficient use of materials through spatial decoupling of slow and fast components. Components with faster replacement cycles would be more readily accessible. (p.910) | Kibert et al. (2000) |
| <p>There is a strong case for consciously treating the environment as the fourth construction project constraint from the client's point of view. In this context, the environment may be defined in terms of the following criteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Resource conservation, ● Prevention of pollution of all types, ● Protection and preservation of natural ecosystems, ● Safeguarding the fabric of the constructed structure in changing atmospheric conditions, ● Promotion of the health and well-being of users, and ● Development of environmentally-conscious lifestyles. | Ofori (1993) |
| <p>The framework of 'sustainability' offered by Mitlin and Satterthwaite (1996) is useful: (i) minimizing use or waste of non-renewable resources including fossil-fuel energy sources, minerals, and cultural and historical assets; (ii) sustainable use of finite renewable resources such as freshwater; (iii) Biodegradable wastes not overtaxing capacities of renewable sinks; and (iv) non-biodegradable wastes/emissions not overtaxing (finite) capacity of local and global sinks to absorb or dilute them without adverse effects (p.142).</p> | Ofori (1998) |
| <ul style="list-style-type: none"> ● In construction, where several organisations temporarily interact on each project, cultural issues are constantly to the fore (Barthorpe et al., 1999). The ability to manage cultural issues, especially in multi-cultural situations as are encountered on large construction projects, is a determinant of project and corporate success. For research on the culture of the construction site see Applebaum, 1981: The culture of construction workers. ● Many countries, mainly industrialized ones, have taken action to ensure that their construction industries adopt materials, techniques and practices which result in operations and products which have a lower environmental impact. <ul style="list-style-type: none"> ○ government action – legislation and regulations on environmental performance; requirement for licenses and approvals; subsidies, tax incentives and grants; certification and labeling of products ○ market forces – clients' insistence on better environmental performance; other construction firms adopting or benefiting from, good environmental practices ○ institutional initiatives – professional bodies offering advice and support services to members ○ operational environment – action of pressure groups and informed users. | Ofori (2000) |
| <p>[comment] There are several factors that make the construction not very innovative:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Severe price competition ● Cyclical market ● Technology orientation (instead of market orientation) ● Lack of interest in the customer ● Poor R&D infrastructure ● Poor image of the sector <p>What can make the construction sector more innovative?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Changing government demands: performance based regulation (instead of technical regulation), reduced role in public housing, increasing importance of environmental issues and informatics, harmonization of regulation (EU) increases market size. | Pries and Janszen (1995) |

| | |
|--|----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • This destabilization of the environment requires construction companies to rethink their strategy, are they going to base their competitiveness around price or quality? Specialization or diversification? • Breach of 'engineers paradigm' (strict technical focus on product and process), as it hinders responsiveness to the environment (market / customers / public) | |
| <p>Governments can play a part in setting policies which combine economic, environmental and social objectives and which consider the long-term effects as well as short term ones. Governments can also play a part in ensuring the right regulatory and fiscal frameworks are in place. But Governments alone cannot achieve the change of attitude and change of policy which is essential. The construction industry has a major role to play (p.422-423).</p> | Raynsford (1999) |
| <ul style="list-style-type: none"> • The LEED rating system has been rapidly accepted, as the US construction industry was starved for a set of metrics to assess the "greenness" of a building. However, what began as an assessment mechanism for the final product – a green building – has resulted in significant process implications for designers and builders. These processes (how to best make green buildings) are still largely undefined (p.67). • In most regions of the US it is cheaper to landfill waste than to recycle it. Recycling can and must be market driven, and be initiated by legislation or regional constraints that make landfill more expensive than recycling and reward recycling efforts (p.68). | Riley et al. (2003) |
| <p>Traditional planning procedures with architects first designing the building and e.g. installers later implementing the ventilation system do not work anymore in this situation. New procedures of 'integrative planning', involving various professionals and energy experts at an early stage, new ways of certifying components (e.g. through the German Passive House Institute), and new ways of quality control have to be set up (p.143).</p> | Rohracher (2001) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Once the job of a few generalists, the process of making and maintaining a building now encompasses a score of roles, including miner, logger, shipper, supplier, developer, financier, architect, engineer, general contractor, subcontractor, inspector, and building manager. As the complexity of construction has risen and individual actors have become distanced from each other and from either end of the process--the environment at one end, and the people who receive the finished product at the other--they have naturally focused on their immediate, day-to-day concerns, whether they be mining a resource as quickly as possible, minimizing up-front costs, maximizing a commission, or meeting a deadline. This separation has made it hard for designers to think about buildings as a whole, leading to profligate resource use. • Since so many of the problems with buildings arise from disconnections between the environment, customers, and various participants in the construction process, it seems logical that the entire series of operations must be re-engineered to facilitate communication, to assist people in seeing the connections between what they do and the world around them. Teams that include all the actors can reknit the disparate parts of the building process, helping them take into account the effects of their work on each other and the environment. • U.K. architect Francis Duffy, an expert on how structures evolve over time, has found that among buildings that do survive, exteriors tend to change every 20 years or so, while new wiring, plumbing, and climate control systems might be added every 7-15 years, and floor plans can change as often as every 3 years. From this perspective, buildings consist of several layers, each evolving at different rates. The key to making buildings last and adapt is to separate these layers clearly so that slow-changing ones do not impede alterations to fast-changing ones, according to writer and strategic planning consultant Stewart Brand. • Codes and standards, though important, do little to educate consumers or encourage builders to innovate beyond the norm, as is essential to the development of a vibrant, environmentally conscious building market in the long run. As New York architect Randolph Croxton notes, any developer who proudly claims that a structure "meets every code" may actually be making a confession: "If I built this building any worse, it would be against the law." | Roodman (1995) |
| <ul style="list-style-type: none"> • In general, all construction activities that produce cost, direct or indirect, but do not add value or progress to the product can be called waste. Then, any improvement effort should be focused on identifying waste in the construction process, analyzing the causes that produce this waste, and acting over these causes to reduce or eliminate them. (p. 215) • there are three areas or elements of interest where waste can occur and improvements can be carried out: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Flows, both internal and external</i> which are the inputs to the conversion activities and can be classified into two groups: construction resources (materials, labor and equipment); and construction information. ○ <i>Conversion processes and resultant products</i>, which are the processes that transform the flows into completed and partially completed products. ○ <i>Flows and process management</i> which corresponds to the management actions and decisions that determine the way things are done and the application of construction resources. This management is responsible for the performance of the construction process and is characterized by different styles or approaches according to companies and managers. • <i>Problem solving methodology: (see also Figure 5, p. 219 for a summary)</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Diagnostic of current situation.</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Work sampling:</i> to obtain information about labor utilization ▪ <i>Waste identification survey:</i> to obtain people's perceptions about types of waste that are occurring in the site and identification of their possible causes. ▪ <i>Foremen delay survey:</i> to identify causes of delays. ▪ <i>Processes observation and representation:</i> to obtain information about construction methods, resources utilization, processes performance and safety, etc. The idea is to mapping out the process to understand it in detail and to identify potential problem areas. ▪ <i>Site layout and temporary facilities study:</i> to obtain information for studying the adequacy of the site layout and site facilities. | Serpell and Alarcon (1998) |

| | |
|--|----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Organization and management study</i>: to evaluate the management and organization effectiveness, considering the main functions like planning, direction, quality management, etc. ▪ <i>Labor work satisfaction study</i>: to evaluate work climate on site. ▪ <i>Study of material acquisition and handling systems</i>: to evaluate their effectiveness and the performance of external and internal suppliers. ▪ <i>Study of construction equipment utilization</i>: to check utilization rates, activity levels for each equipment, etc. ▪ <i>Clients' satisfaction survey</i>: to obtain information of the satisfaction level of clients and to evaluate the value given by them to different product and service features. ▪ <i>Quality survey</i>: to obtain information of the most recurrent quality failures and problems, as well as the cost of repairing or correcting them. ○ <i>Analysis and identification of improvement opportunities</i>. Teamwork effort. ○ <i>Definition and evaluation of improvement strategies and actions</i>. Selection of improvements to be implemented. ○ <i>Planning of implementation and implementation</i>. Requires overcoming resistance barriers of personnel, activities considered in an implementation plan are: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtaining real commitment from management. ▪ Communicating the plan to personnel in the most convenient way and with an emphasis in reducing fear. ▪ Training people on the changes to be made. ▪ Supporting people during implementation. ▪ Changing documentation. ▪ Analyzing potential impacts of changes on other construction areas or processes. ○ <i>Monitoring and evaluation of obtained results</i>. Requires selection of performance measures. ○ <i>Corrective actions and maintenance of changes to assure benefits</i>. Making sure that organizational learning takes place, knowledge of improvements must be retained. | |
| <ul style="list-style-type: none"> • The aim of the C-SanD project was to foster practices in the construction industry which enabled knowledge creation for subsequent sharing and re-use, and promote sustainable development. (p.62) • Initial interviews with senior management of participating companies highlighted a number of requirements: <ul style="list-style-type: none"> ○ The introduction of sustainability into the design process to encourage sustainable behavior by clients and end users; ○ Incorporating sustainability processes into construction projects that demonstrate significant advantages to businesses on their day-to-day work, in terms of time and cost; and ○ Use sustainability criteria for the selection of subcontractors, materials, etc. • Drivers and enablers of sustainable construction were also discussed. Client and community awareness were the most significant drivers identified by the participating construction firms. • One of the important issues identified in the interviews was the need for a means to integrate sustainability within the whole life cycle of a building from design through construction to operation. To respond to this, the C-SanD project mapped sustainability issues onto a generic project process (Process Protocol) to identify actions needed at different stages of the building lifecycle so that sustainable goals may be achieved. (p.64) • This resulted in the development of the SMAZ (Sustainability Management Activity Zone) tool, available on the internet from the C-SanD project website (www.c-sand.org.uk) and usable into any design and construction process framework. (p.66-67) The tool encapsulated activities and tasks deemed necessary to improve sustainability within construction projects by providing stakeholders with processes on a number of levels. The first level activities are generic with more specific tasks defined in the sub-activities. The SMAZ tool was tested in the industrial partner organizations where it proved positive. | Shelbourn et al. (2006) |
| <ul style="list-style-type: none"> • CIB activities aimed at contributing towards a more sustainable built environment: <ul style="list-style-type: none"> ○ TG08, environmental assessment of buildings ○ TG16, best practice for sustainable construction ○ TG22, environmental design methods in materials and structural engineering ○ TG38, urban sustainability ○ TG39, deconstruction • CIB theme-based congresses to provide industry with an annotated inventory of the state-of-the-art of verified models of various aspects of building performance and the critical issues that need to be addressed in Performance Based Codes and Standards. • Agenda 21 is a conceptual framework to allow comparison and coordination of various activities. The three principal objectives for this Agenda 21 for Sustainable Construction are: <ul style="list-style-type: none"> ○ to create a global framework and terminology that will add value to all national or regional, and sub sectorial Agendas; ○ to create an Agenda for CIB activities in the field, and for coordinating CIB with its specialized partner organizations, and ○ to provide a source document for definition of R&D activities. | Sjöström (1999) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Any strategy for the sustainable development of the construction industry will therefore have to incorporate changes in the following directions: (p. 288) <ul style="list-style-type: none"> ○ controlling the rate of conversion of agricultural lands to support development of human settlements and urbanization; ○ movement towards sustainable management of timber and other forest resources; | Spence and Mulligan (1995) |

| | |
|--|--------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> o increased use of mineral, agricultural and construction wastes in building materials; o improvements in the total life-cycle energy efficiency of buildings; o increased control of the atmospheric and water pollution consequences of construction; o finding substitutes for non-renewable sources of energy and materials with limited available reserves; o building for longer life and eventual recycling. • It may be appropriate, in particular circumstances, to extend regulations to: (p. 288-289) <ul style="list-style-type: none"> o reduce the extraction of primary materials and to prohibit the disposal of waste materials which could be recycled; o influence the rate of tropical deforestation through actions in both producer and consumer countries; o promote greater energy-efficiency in buildings; o control exploitation of agricultural land for building materials extraction; o reduce pollution resulting from buildings and construction processes. • Several particular forms of economic incentives have been proposed which could, among other effects, significantly reduce the impact of construction activity on the environment. These include: (p. 289-290) <ul style="list-style-type: none"> o <i>Carbon tax</i> o <i>Mineral extraction tax</i> o <i>Landfill waste charges</i> o <i>Increased royalties for timber extraction from forests</i> o <i>Fines or charges for pollution</i> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Construction by nature is not an environmental-friendly activity. The hierarchy of disposal options categorizes environmental impacts into six levels, from low to high; namely, reduce, reuse, recycle, compost, incinerate and landfill (Peng et al., 1997). To reduce construction waste generated on site, coordination among all those involved in the design and construction process is essential. (p.210) • Indeed, it should be made compulsory that every construction company should enact construction waste management plan tailored to its particular mode of business so that every personnel from the management to the operational level can head for the same goal of construction waste management. (p.211) | <p>Tam and Tam (2006)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • The aim of this paper is to explore conceptually the possibility of using absolute indicators of sustainable construction for measuring sustainable performance of the construction industry. The paper will argue that energy consumption and land could serve such a purpose. • The construction industry has a significant impact on the environment across a broad spectrum of its activities loosely grouped into off-site, on-site and operational activities. Off-site activities include: mining and manufacturing of materials and components; transportation of materials and components; land acquisition; project definition and design. On-site construction activities are related to construction of a physical facility. Operational activities are those associated with operating the asset and include maintenance and future demolition/deconstruction of the asset. • Energy consumption: apportion emissions targets to different industry sectors on the basis of their consumption of energy generated by fossil fuels. Through aggregation an absolute indicator of energy consumption can be established, which would change the manner in which building projects are conceived, designed and built. A truly integrated approach to the selection of materials, technologies and management processes would need to be instigated by the project team right from the beginning to achieve the target energy consumption levels. • Land: From the environmental point of view it is vital to keep the competing land uses in balance since expansion in one area will constrain its use in others. Urban sprawl will need to be minimized or stopped if any further losses of arable land on urban fringes, deforestation and soil degradation are to be avoided. One possible strategy is to adopt a policy of zero expansion of existing urban and coastal areas. | <p>Uher (1999)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Life cycle considerations are particularly important with respect to the design and construction of built facilities because the life cycle of a facility involves more than just constructing the facility itself. Thus, the primary responsibility for creating sustainable built facilities falls to the designers and constructors of such facilities. (p.9) • The obvious architectural trends in built facilities from decade to decade are an example of how designers can influence consumer demand and thus the consumption of matter and energy. (p.11) • To accurately identify the economic viability of sustainability choices, we need technologies which assist in cost-benefit analysis, financial forecasting, and long term predictions. (p.12) • Technologies such as decision support systems can help designers and project decision makers to match user needs with appropriate building functionalities within the design. (p.12) • Allowing user participation at all phases of the facility life cycle creates an awareness among the users of the interfaces of the facility with its environmental context, and a respect for the flows of energy and material through the built system over time. (p.13) | <p>Vanegas et al. (1996)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • What is desired is a built environment that has both been produced using sustainable processes, methods and materials, and enables people living and working in that environment to carry out their lives in a sustainable way, for example by using fewer resources, taking part in developing social capital and supporting the local economy. However, it appears that the majority of new developments in England incorporate few sustainability features. The question then arises of why is this so. Given such a strong policy drive, what is stopping sustainable developments from being realized in practice? (p.136) • In general, many of the social and economic elements of sustainability were both considered and implemented in the case studies. For example, issues of accessibility, the viability of developments, townscape considerations, cultural heritage, local service provision and mixed housing types and tenures | <p>William and Dair (2007)</p> |

| | |
|--|-----------------------------|
| <p>were considered and achieved to different degrees. However, many environmental sustainability objectives were not met. The protection of biodiversity and the minimization of pollution were treated by stakeholders as important issues, but in all projects (except BedZED) the provision of resource-efficient buildings and the use of sustainable technologies were almost wholly ignored by stakeholders. An obvious caveat here is that developments did meet statutory building and environmental regulations, but these prescribe 'minimum' standards rather than promoting best practice in energy efficient design and construction. (p.140)</p> <ul style="list-style-type: none"> • The following barriers to acting sustainably were identified in the study: <ul style="list-style-type: none"> ○ By far the most common explanation for the lack of achievement of a sustainability objective in the case studies was that it was simply not considered by the stakeholders involved. (p.141) ○ Many sustainability measures were not achieved because they were not required by the client of the development. ○ There is now established best practice in sustainable design, on-site building methods and choice of resources. However, the regulators interviewed said that in many cases they lacked the powers to enforce best practice. ○ One Sustainability Measure Was Forgone in Order to Achieve Another (Traded) ○ Sustainable Measure Was Restricted, or Not Allowed, by Regulators ○ The Sustainability Measure Cost Too Much ○ Site Conditions Mitigated Against the Use of a Sustainable Measure ○ Inadequate, Untested or Unreliable Sustainable Materials, Products or Systems (Including Long-Term Management Problems) ○ Sustainable Measure Was Not Available ○ An Unsustainable Measure Was Allowed by the Regulator or Statutory Undertaker (So No Impetus for a Sustainable Alternative to be Used) ○ Stakeholder Was Not Included, or Included Too Late, in the Development Process to Influence or Implement Sustainability Measure ○ Stakeholder Lacked Information, Awareness or Expertise to Achieve Sustainable Measure | |
| <p>[comment] Article has a list of most commonly cited sustainability features in buildings and developments. Most of these concern features of the building itself, but some apply to construction activity. (p. 40)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resource conservation, e.g. recycled construction materials, materials with low embodied energy, local materials. • Local supply chains, e.g. using local trades people for the construction of the development, and building materials. • Biodiversity, e.g. wildlife refuges and corridors, existing habitats and trees. • Landscaping and urban design, e.g. well-connected and designed public outdoor spaces, appropriate planting of trees and shrubs. | Williams and Lindsay (2007) |

A.6. Veiligheid

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|--|-------------|
| <p><i>Handling of toxic materials</i> Health risks can be minimized by</p> <p>(i) Materials selection</p> <ul style="list-style-type: none"> • selecting materials that are safe to handle, avoiding caustics, heavy metals, hazardous solvents and hazardous fibers; and • selecting construction products and methods that minimize long-term release of volatiles and trapped dust; <p>(ii) Storage and handling</p> <ul style="list-style-type: none"> • clearly labeling and storing necessary hazardous materials in a secure and weatherproof location; • collecting all residue materials and contaminated containers in a well-marked, secure and weatherproof location, and delivering them to an approved hazardous material receiving facility; and • providing spill-cleaning equipment, such as absorbent materials, protective clothing and respirators, and training construction workers in clean-up procedures to prevent toxic waste from entering soil, air and drains. <p><i>Health risks to building occupants during construction</i></p> <p>(i) Prevention</p> <ul style="list-style-type: none"> • sealing all HVAC supply and return points in the construction zone; • isolating construction zones in occupied buildings by airtight barriers and separate ventilation systems; and • providing temporary airlock-type doors between occupied and construction zones. <p>(ii) Scheduling and planning</p> <ul style="list-style-type: none"> • providing separate construction zone ventilation with temporary fans and ducts that always maintain lower pressures in construction zones relative to occupied areas; and • scheduling operations releasing volatiles to allow as much curing time as possible before occupants return. <p><i>Surrounding community during construction</i> Annoyance and health risks are minimized by:</p> <p>(i) Prevention</p> <ul style="list-style-type: none"> • selection of improved equipment where noise reduction is important and ensuring that appropriate maintenance protocols are followed; and • careful location and dampening of stockpiles of sand, soil or aggregates, dampening down of unpaved work areas that are subject to traffic or wind, and erecting screens to act as windbreaks or dust screens. | Cole (2000) |

| | |
|--|------------------------------|
| <p>(ii) Scheduling and planning</p> <ul style="list-style-type: none"> increasing community tolerance may be obtained by informing residents ahead of time of the type and anticipated duration of potentially disturbing construction practices; and scheduling critical noise and dust generating activities to minimize disturbance. <p><i>Post-construction health risks to building occupants</i> Health risks to building occupants can be minimized by:</p> <p>(i) Scheduling and planning</p> <ul style="list-style-type: none"> scheduling installation of high-emission interior wet products such as adhesives, paints and caulking as early as possible to allow curing time before installing adsorptive materials, furniture and final occupancy; and delaying installation of adsorptive materials such as carpets, porous ceiling tiles, fabric, fabric covered panels and upholstered furniture to minimize the quantities of pollutants that these materials adsorb and later re-emit into the space. <p>(ii) Post-construction cleaning</p> <ul style="list-style-type: none"> using a full outdoor air flush for seven days prior to occupancy, after final paint touch-up and floor-covering installation; thoroughly cleaning interiors, including cavities affected by construction, such as ceiling plenums, prior to furniture installation and occupancy; and vacuuming HVAC ducts after using compressed air or other mechanical means to dislodge debris, and replacing the air filters used during construction. | |
| <p>Social Principle: "Protect and promote human health through a healthy and safe working environment. Plan and manage the construction process to reduce the risk of accidents, and carefully manage the use of substances which are hazardous to human health (p.227)."</p> | <p>Hill et al. (1997)</p> |
| <p>The EC Directive 86/188/EEC on the protection of construction workers from the risks relating to exposure to noise on site requires assessments to be made of site noise levels and specifies action at the L_{eq} (8 h) 80 and 90 dBA levels. (p. 376-377)</p> | <p>Ofori (1993)</p> |
| <p>Non-toxic materials and processes are essential technologies for achieving sustainability throughout the facility life cycle.</p> | <p>Vanegas et al. (1996)</p> |

A.7. Ecologische waarde van de bouwlocatie en omgeving

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|---|---------------------------|
| <p><i>Topsoil, trees and vegetation</i></p> <p>The act of building will disturb any pre-existing condition. Environmentally responsible building practices attempt to limit the extent of this impact. The process is twofold.</p> <p>(i) Inventory of site conditions</p> <ul style="list-style-type: none"> Preparing a site plan showing the sizes and locations of vegetation to be removed, retained and salvaged, including plants located on adjacent public rights-of-way. Preparing an inventory of site vegetation before construction/demolition and marking trees and shrubs to be retained. <p>(ii) Preventive action</p> <ul style="list-style-type: none"> Enclosing significant trees in a substantial and highly visible manner, and striping ground cover and shrubs for reuse after construction. Locating storage areas, trailers and vehicle access in ways that protect existing vegetation from being trampled and reduce soil compaction by workers and vehicles. Blocking unauthorized vehicle access with physical barriers, and clearly limiting and marking on-site parking for construction vehicles. Carefully removing, stockpiling and minimizing movement of topsoil and keeping it dry. <p><i>Stormwater control</i></p> <ul style="list-style-type: none"> same-day removal of any sediments or other materials which are tracked off the site; covering soil piles until the soil is either used or removed; prohibiting washing of vehicles adjacent to a construction site and run-off from on-site vehicle washing to leave the site, and arrange for the collection on-site in a sealed tank for removal by a licensed waste disposal contractor; on-site collection and settling of stormwater and controlling drainage as needed; and planning for emergency response (e.g. sandbags for use as a barrier). <p>Construction on natural sites where species or areas have been identified for particular protection requires particular planning with regard to minimizing changes in water quality, destruction of places inhabited by plants and animals and interruptions to movement of wildlife.</p> | <p>Cole (2000)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> Biophysical pillar of sustainable construction: "..., if construction could demonstrate a responsible approach towards operating within the carrying capacity of supporting ecosystems, the ideals of sustainability could feasibly be attained from a biophysical perspective (p.226)." <i>Biophysical Principle:</i> "These efforts (evaluation of alternative sites) should be extended to consider the ecological impacts, often at remote locations, caused by extraction, processing and transport of materials to the construction site (p.231)." Biophysical Principle: "Minimize damage to sensitive landscapes, including areas which are valuable from a scenic, cultural, historical, or architectural point of view, and minimize intrusion into wilderness areas (p.231)." | <p>Hill et al. (1997)</p> |

| | |
|--|------------------|
| Buildings and infrastructure change the nature and appearance of town and country. People in Britain as elsewhere are, rightly, far less willing to put up with these changes than they once were. Construction must be planned and executed with greater care for the environment if it is to continue to carry public acceptability (p.420). | Raynsford (1999) |
| The impact of new developments is twofold: (i) it causes land degradation and erosion, surface and ground water pollution, and (ii) it contributes to land clearing required for new developments and the acquisition of more agricultural and grazing land. | Uher (1999) |

A.8. Belang verbetering duurzaamheidsgraad bouwprocessen

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|---|--------------------------------|
| <p>It is crucial to achieve more sustainable development, because the demand for economic growth and development shows no sign of diminishing, particularly in the developing world, where populations understandably strive for the quality of life enjoyed by the developed countries. However, the earth is struggling to cope, even with current levels of consumption: for example, the use of fossil fuels is unprecedented in history, and is not sustainable. The surface temperature of the earth is forecast to rise by 38C by the end of the century. Sea level rise could be 0-6 m by the same time, and large parts of the world will be devastated as a result. In the UK this predicted climate change is likely to result in warmer but wetter winters, drier summers, and more extreme weather events such as more intense rainfall, longer droughts and higher wind speeds. (p. 27)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantifiable benefits of lean construction and efficient resource use for contractors: (p. 30) <ul style="list-style-type: none"> ○ reduced landfill costs due to increased recycling ○ reduced transport costs through the use of local suppliers ○ increased efficiency and capacity for self-regulation through the introduction of environmental management systems ○ positive publicity arising from environmental improvement schemes, producing future tendering opportunities ○ avoidance of pollution incidents or environmental degradation leading to fines and court costs and damage to reputation. • Furthermore, by working with local communities, local opposition to the project can be reduced, thus <ul style="list-style-type: none"> ○ enabling planning permissions to be achieved more quickly, and at reduced costs ○ minimizing delays and site security costs arising from direct action during the construction phase ○ generating positive publicity for all project stakeholders. • Benefits accruing to client: (p. 31) <ul style="list-style-type: none"> ○ demonstration by developers that they are meeting end-users' expectations ○ the potential for enhanced shareholder value ○ hedging against future legislation/regulation ○ a demonstration of corporate citizenship and social responsibility. | Bennett and Crudgington (2003) |
| The topic of prevention of the generation of construction waste can be considered an issue that focuses on the danger of depletion of materials used in the construction industry, such as timber, sand, gravel, and marl. The topic also deals with the danger of contamination of the ground because it is still common practice to transport often contaminated construction waste to landfills. | Bossink and Brouwers (1996) |
| <p>Asphalt recycling is a growth industry that is enhanced by new infrastructure and increasing traffic volume. Asphalt pavement, which comprises several valuable natural resources is recyclable. Therefore, management of "asphalt waste" may give benefit to the community and its contribution should depend on factors such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recycled asphalt pavement (RAP) is an asset but it costs the society around \$240 per ton at landfill. • RAP is a source of resources of aggregates and bitumen. Use of RAP in asphalt production enhances the life of existing quarry sources, and reduces the amount of fossil fuel source used in manufacturing bitumen. • The exact value of RAP to the community is also a function of method of recycling. There are different methods of asphalt recycling. | Cheung (2003) |
| Good construction practice offers both environmental and economic benefits: reduced health and safety impacts on staff and local community, reduced liability costs in connection with disposal, less remedial work and reduced construction delays. There are many potential advantages of demonstrated environmental responsibility: improved opportunities to tender, less money wasted on fines, less money restoring environmental damage, less money lost through wasted resources, and the improved environmental profile. (p.950) | Cole (2000) |
| On the Genetic Iceberg Management Strategy (IUCN 1980): "The message was that development and construction activities can make an important contribution to the conservation of biodiversity by applying environmental management in the execution of projects (p.224)." | Hill et al. (1997) |
| Construction, buildings and infrastructure are the main consumers of resources: materials and energy. In the European Union, buildings require more than 40 % of the total energy consumption and the construction sector is estimated to generate approximately 40 % of the man-made waste (Sjöström 1998). Environmental burdens caused by construction can be minimized and construction technology can be used to remedy the environment. Sustainable construction is the response of the building sector to the challenge of sustainable development. | Huovila and Koskela (1998) |
| Construction and operation of the built environment in the OECD countries accounts for the greatest consumption of material and energy resources of all economic sectors and could benefit the most from employing natural systems models. (p.904) | Kibert (2000) |
| The (construction) industry needs to act for at least three reasons: (defensive) to take proactive measures to foresee and forestall unfavorable consequences, for the industry, of the increasing array of environment-related statutes, regulations and policies; (offensive and economic) to anticipate opportunities and prepare to meet the changed nature of the items it will be required to design, construct and manage, the new materials it might have to use and the processes it would have to adopt; and (social but not completely altruistic) to make its contribution to the overall | Ofori (1993) |

| | |
|---|----------------------------|
| effort being made to address environmental issues. (p. 370) | |
| Sadly, the relationship between construction activity and the environment addressed by Hill and Bowen receives insufficient attention from construction researchers (p.141). There are several other reasons why sustainability in resource use is more critical in developing countries (Tisdell, 1985, p. 15). More of their people rely on natural resources at the basic level. Moreover, low labour and capital mobility makes it difficult for people to move from affected areas. Furthermore, the generally low incomes and undeveloped national social insurance and security systems leave individuals with only little reserve to risk unsustainability (p.142). | Ofori (1998) |
| the issue of preserving the environment should be of even greater interest to developing countries since they face severe environment-related problems (UNCHS, 1996). Most of these countries have fragile environments, and are faced with high levels of land degradation (erosion, aridity, desertification, drought, flooding, alkalisation and salinisation). Many of them also experience acute shortages of fresh water, a situation which is expected to worsen, and possibly lead to conflict among nations. The developing countries are also losing their forests at a very fast rate. The countries also face rapid urbanisation with its associated problems of air pollution and pressure on existing infrastructure such as waste management systems. Another important issue in the context of developing countries is the volume of physical resources which will be required to meet the backlog of infrastructural and building needs which they must fulfil if they are to develop, as well as to raise the standard of living of their peoples. For example, the UNCHS (1996) notes that more than 600 million people in the urban areas of the world are homeless or live in life- and health-threatening situations. Meeting these key requirements of the economies and basic needs of the peoples will put severe pressure on the resources of the countries as well as the globe. These trends underline the critical importance of the sustainable management of resources in developing countries. | Ofori (2000) |
| The construction industry in the UK consumes around 6 tonnes of material per person per year. This is on a scale which dwarfs the amount of material used in any other industry. The savings which could result from reducing consumption and increased recycling and re-use of resources could make a real contribution to achieving national objectives for waste reduction (p.420). | Raynsford (1999) |
| If construction organizations are to maximize their contributions to green building projects, they must shift their paradigm – away from a fragmented and bid package perspective towards a more holistic and integrated view of projects. The inextricable relationships between water, site, energy and indoor environmental quality issues must be woven into estimating and planning processes, subcontractor education and overall business practices. Some organizations will make this shift voluntarily. Others will only do it when forced by competition. It has already become clear that a construction company's environmental policy is an important way to differentiate itself to owners seeking construction services on green building projects (p.69). | Riley et al. (2003) |
| Buildings account for one-sixth of the world's fresh water withdrawals, one-quarter of its wood harvest, and two-fifths of its material and energy flows. This massive resource use has massive side-effects: deforestation, air and water pollution, stratospheric ozone depletion, the risk of global warming. Moreover, up to 30 percent of new and renovated buildings suffer from "sick building syndrome," subjecting occupants--who spend up to 90 percent of their time indoors--to unhealthy air. | Roodman (1995) |
| Although indicators have been previously identified, checklists have been prepared, and assessments have been carried out in order to check sustainability (Brownhill & Rao, 2002; BRE, 2002; Guy And Kibert, 1998; Ove Arup, 2002; M4I, 2000), they do not provide for a structured, phase by phase activity map for construction processes from inception to maintenance, that can guide the industry to use such indicators and checklists in a more effective manner to achieve its sustainability goals. Such a need was identified as very important in the first round of interviews in the C-SanD project. (p.64) The knowledge domain that the paper will focus on is the promotion of sustainable development in the construction industry in areas that include, but do are not exclusive to the project, the minimization of waste, materials recycling and energy conservation in the design, construction and operation of buildings. These were chosen as they were seen by the industry as areas that may provide the greatest benefit for the minimum input. (p.58) | Shelbourn et al. (2006) |
| "This (construction ed.) sector of society is of such vital innate importance that most other industrial areas of the world society simply fade in comparison. Proper housing and the necessary infrastructure for transport, communication, water supply and sanitation, energy, commercial and industrial activities to meet the needs of the growing world population pose the major challenge...It is also a fact that the construction industry and the built environment are the main consumers of resources ± energy and materials. (p.348)" | Sjöstrom (1999) |
| Construction activity contributes to the <i>loss of soil and agricultural land</i> in several ways. Agricultural land is often lost through the activities of quarrying and mining for the raw materials used in construction; it is lost when agricultural land is converted to other uses, whether for urbanization, for road building, dams or other civil engineering projects; and it may also be degraded as a result of the local pollution or waste generation associated with construction and building materials production. Construction similarly contributes to the <i>loss of forests and wild lands</i> by their conversion to other uses; it contributes to the loss of forests by the unsustainable use of forests for building timber, bamboo and other raw materials for construction; by the use of timber to provide energy for building materials production; and indirectly by the atmospheric and water pollution consequences of construction and building materials production activities. Further, construction contributes to <i>air pollution</i> at all levels. It creates air pollution at a local scale through emissions of dust, fiber, particles and toxic gases from site activities and building materials production processes. It contributes to regional pollution through emissions of nitrogen and sulfur oxides in building materials production. And it contributes to pollution on a global scale in two important ways. By the use and release of chlorofluorocarbons (CFCs) in buildings contributing to the depletion of the atmospheric ozone layer, and by the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases. | Spence and Mulligan (1995) |

| | |
|---|-----------------------|
| Finally, the construction industry is a major user of the world's <i>non-renewable energy sources and minerals</i> . Apart from its share of fossil fuel use, the construction industry is a heavy user of several metals which have limited remaining exploitable reserves, notably lead, copper and zinc. | |
| Construction and Demolition activities are responsible for a very large share of all waste generated. | Tam and Tam (2006) |
| Construction is one of the largest industries in both developing and developed countries in terms of investment, employment and contribution to GDP. Its impact on the environment is considerable particularly in areas of energy use, soil degradation, loss of agricultural land, forests and wildlands, air and water pollution, and depletion of non-renewable energy sources and minerals (Spence and Mulligan, 1995). The construction industry accounts directly and indirectly for nearly 40% of the material flow entering the world economy (Roodman and Lenssen, 1995) and in developing countries for around 50% of the total energy consumption (Levin, 1997; Bonini and Hanna, 1997; Vale et al, 1994). Since over 90% of population growth is expected to occur in developing countries, which at the same time will undergo a steady economic development, it is estimated that by 2050 the level of consumption will be about 350% higher than current consumption levels (Golton, 1997). Under this scenario, marginal improvements in environmental performance of physical facilities will be lost in a future higher rate of production. | Uher (1999) |
| At the core of this challenge is the question: how can the human race maintain in perpetuity a healthy, physically attractive and biologically productive environment (Malone 1994). The paradigm shift from linear to cyclic thinking in technological design is the crux of the shift from unsustainability to sustainability. (p.1) And those who take a sustainability approach to design and construction will be rewarded with reduced liability, new markets, and an earth-friendlier construction process, which will help future and current generations to achieve a better quality of life (Kinlaw 1992, Liddle 1994). (p.9-10) | Vanegas et al. (1996) |

A.9. Definitie van duurzaamheidsgraad, duurzaam bouwproces

| Content / Inhoudelijk | Bron |
|---|-------------------------------|
| Sustainable development is about delivering sustained improvements to quality of life now and for generations to come, within the context of preserving and enhancing the natural environment. (p. 27) | Bennett and Crudginton (2003) |
| <ul style="list-style-type: none"> • UN definition: 'development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs'. Author critique: open to all interpretations and thus meaningless. • In order to place sustainable development in its proper context, it is necessary to demystify the existing images, thereby transforming this diversity into a strength. • Images of what sustainable development is and the 'problem' with this image: <ul style="list-style-type: none"> ○ Environmentalists: avoiding a catastrophe; thorough understanding of implications of global warming is missing. ○ Economists: markets and economic development; short-term bias and unable to account for environmental costs ○ Industrialists: a constraint; possibility of competitive advantage through environmental practice ○ Technologists: a problem they can solve; technology can solve specific problems while implications of environmental degradation are too all-encompassing ... also new technologies have a tendency to cause new (unknown) problems ○ Media: a commercial opportunity; prone to exaggeration and scare stories ○ Politicians: a rhetorical device; fuzzy environmental issues lose out to hard economic reality • The key question therefore becomes where does society stand in relation to sustainable development? <ul style="list-style-type: none"> ○ First dimension: consumer society, sustainability must structure consumer demand. Ignorance is blocking this in practice, so education must be part of the solution. ○ Second dimension: environment = capital, conversion of environmental capital in other forms cannot go unchecked but must learn from natural (cyclical ed.) systems. Key to emulating natural systems is diversity, everything must have a function. <p>Viewed in this way, sustainable development becomes a dynamic concept, representing a continuously evolving process encompassing the opportunities constantly created by society to generate human wellbeing for existing and future generations. (p. 48).</p> | Chaharbaghi and Willis (1999) |
| The environmental issues directly and indirectly associated with construction and demolition include: <ul style="list-style-type: none"> • managing necessary demolition responsibly; • protecting the site from undue damage to soils and vegetation; • preventing stormwater contamination during excavation and construction; • ensuring that construction waste is minimized; • recovering recyclables and minimizing toxic releases on site; and • ensuring that building occupants are protected from construction-related health hazards during renovations or during initial construction. <p>As with design and management performance, the environmental impacts of the construction process embrace resource use, ecological loadings and human health issues. (p.951)</p> | Cole (2000) |
| Sustainable construction could therefore be described as a way of designing and constructing buildings that support human health (physical, psychological, and social) and -which is in harmony with nature, both animate and inanimate. (p. 604) | Hendriks and Janssen (2003) |
| While traditional design and construction focuses on cost, performance and quality objectives, sustainable design and construction adds to these criteria minimization of resource depletion, minimization of environmental degradation, | Huovila and Koskela (1998) |

| | |
|---|----------------------------------|
| <p>and creating a healthy built environment (Kibert 1994).</p> <p>In addition to the “common” sustainability criteria, such as energy efficiency, non-toxics or recyclability many other important sustainable measures can be listed. Some examples of that kind are: preserving property value, flexibility, long service life, use of local resources, information dissemination, use of by-products, immaterial services, mobility consideration or supporting local economy (Bourdeau et al. 1998).</p> | |
| <p>Sustainability is affected by anthropogenic materials use due to (1) environmental effects of mass materials movement during extraction, (2) depletion of high quality mineral stocks for industrial use and (3) dissipation of concentrated materials resulting from wear and emissions. (p.904)</p> <p>Robert Ayres (1989) described some of the analogues between natural and economic systems by noting that natural systems themselves might not have always been sustainable. (p.906) [comment] natural – economic analogue continues with comparing different types of species to industrial systems: (type I) pioneers, maximum mobility and reproduction, (type 2) inclusion of structures that allow survival with lower available resources, (type 3) efficient resource and energy feedback loops, very complex and minimal mobility. We currently see type I industries and the emergence of type II, but type III does not exist yet. The question for humankind that may emerge from this observation of nature is how to move as rapidly as possible from our current type I global economy to a type III economy, or from an r-strategy to a K-strategy (Benyus, 1997; Shireman et al., 1997). (p.907)</p> <p>Sustainable construction can be defined as ‘the creation and maintenance of a healthy built environment using ecologically sound principles’. Its goals are to maximize resource efficiency and minimize waste in the building assembly, operation, and disposal processes. (p.912)</p> | <p>Kibert et al. (2000)</p> |
| <p>Simply put, the concept of sustainability involves the comprehensive ‘assessment of all the costs and benefits of economic activities including externalities, to obtain an efficient allocation of resources and an improved quality of life’ (Economic Commission for Europe, 1990, p. 1). (P. 371)</p> <p>Ramachandran (1990) observes that the traditional concern of designers and builders had been the protection of constructed items from the effects of the environment...he categorizes the effects of constructed items on the environment.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resource deterioration, causes by extraction, production, transportation and in site activity • Physical disruption, of landscape, water systems, ecosystems • Chemical pollution, accumulation of pollutants, careless disposal of waste, accidental spillage | <p>Ofori (1993)</p> |
| <p>Environmentally sustainable buildings need to excel in many ways, from indoor air quality and energy efficiency to durability and flexibility. Mechanization and specialization, though, have largely replaced craft with a zeal for speed and an assembly-line mentality. Thus one of the great questions of sustainable design today is how best to exploit the power of machines and the efficiency of job specialization without sacrificing high standards.</p> | <p>Roodman et al. (1995)</p> |
| <p>Sustainable construction can be defined as a construction process which incorporates the basic themes of sustainable development (Parkin, 2000; Chaharbaghi & Willis, 1999; Sage, 1998). Such construction processes would thus bring environmental responsibility, social awareness, and economic profitability objectives to the fore in the built environment and facilities for the wider community (Langston & Ding, 2001; Miyatake, 1996; Raynsford, 2000; Chen & Chambers, 1999). The UK Government’s strategy for more sustainable construction (DETR, 2000) suggests key factors for action by the construction industry by widening the basic themes. These include design for minimum waste; lean construction; minimise energy in construction and use; do not pollute; preserve and enhance biodiversity; conserve water resources; respect people and local environment; and set targets, monitor and report, in order to benchmark performance (Raynsford, 2000; Langston & Ding, 2001; Miyatake, 1996; Addis & Talbot, 2001; Ofori et al., 2000; Cole, 2000). (p.59)</p> | <p>Shelbourn et al. (2006)</p> |
| <p>Changing definition of sustainable construction: from purely technical/biophysical to inclusion of economical/social dimension. Priorities are very different in different countries depending on the economic situation, level of urbanization, historic and cultural context, climate and national policies. The differences between developed and developing countries stand out clearly.</p> | <p>Sjöstrom (1999)</p> |
| <p>“Humanity has the ability to make development sustainable -- to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”. (p. 279) It can be argued that that one essential requirement for sustainable development is that <i>the World's total stock of 'capital', natural plus man-made, should not diminish over time</i>. Some conversion of natural into man-made capital is clearly acceptable within this definition. (p. 287)</p> | <p>Spence and Muligan (1995)</p> |
| <p>According to the by now well-known WCED definition, development is sustainable if the present generation can satisfy its needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. A major condition is the long-run availability of sufficient environmental resources; here the notion of ecological sustainability applies. In this article, “sustainability” refers to “ecological sustainability”. (p. 20)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environmental parameter(s). A single, highly aggregated variable may be applied: “the total stock of environmental capital” (Pearce et al., 1990). Alternatively, policies may be formulated for specific groups; for instance, pollution, renewable resources, non-renewable resources, and biodiversity (Opschoor and Reijnders, 1991). The higher the level of aggregation, the more complex weighting systems for environmental sub-criteria in different dimensions (how to compare the quality of the ozone layer with the productivity of land in the determination of changes in the total environmental stock?). - Threshold levels for environmental parameter(s). Sustainability involves the definition of a desired state of the environment. Resource use in excess of threshold levels implies non-sustainability. In sectors such as industry and energy the emphasis will often be on targets for emissions of gases, whereas in agriculture limits to the use of water and other inputs will be stressed. Possible thresholds are: “safe minimum levels”, | <p>Van Pelt (1993)</p> |

| | |
|--|------------------------------------|
| <p>“natural” levels, and - perhaps the most popular though debatable point of reference - present levels. The last policy features in two well-known approaches, viz. “strong sustainability” and “weak sustainability” (Foy and Daly, 1989). The former stresses the complementary nature of man-made and natural capital and therefore puts non-negative constraints on each factor of production separately. Strong sustainability policies imply targets such as: annual harvest or extraction equals annual regeneration for renewable resources, extraction rates of non-renewables equal the development of renewable substitutes, and annual emissions of gases should correspond to the assimilative capacity of the environment. A weak sustainability policy allows for environmental degradation, provided that substitutes in the form of manmade products provide compensation. A compromise solution might be to apply “strong” policies to essential environmental attributes, and “weak” policies to attributes of lesser importance.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acceptable risks. Whether policy actions will involve resource use commensurate with sustainable levels as indicated above is often not known with certainty. Therefore, acceptable levels of risk (probabilities of possible events are known) and uncertainty (probabilities, and perhaps even the nature of possible events themselves, are unknown) should be formulated. Examples: “no long-term risks are allowed”, “remain on the safe side”, “some risks are acceptable because of expected technological progress”. - Spatial levels. In project appraisal the question of at which spatial level(s) sustainable resource use levels are defined is of the utmost importance. If, for instance, the strong sustainability policy is linked to a supra-project (e.g., global, national or regional) level only, project A’s non-sustainable resource use may be compensated for by project B’s positive contribution to the environmental stock. If the same policy is to be complied with at the local or project level, no individual project may negatively affect the environment. A project-level policy implies that more projects will be rejected for environmental reasons than under supra-project level approaches. - The time path towards sustainable use of environmental capital. Should sustainability be achieved in the short run or is a longer time period acceptable? | |
| <p>Although there is no general agreement regarding the precise meaning of sustainability, beyond respect for the quality of life for future generations, most interpretations and definitions of the term "sustainable" refer to the viability of natural resources and ecosystems over time, and to the maintenance of human living standards and economic development (National Science and Technology Council 1994). (p.2)</p> <p>Sustainability is a relationship, or balancing act, between many factors (social, environmental and economic realities and constraints) which are constantly changing.</p> <p>A sustainable technology is one that promotes a societal move toward Sustainability. To qualify as sustainable technologies, these solutions must have the following characteristics, in addition to meeting pre-existing requirements and constraints (e.g. economic viability):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimize use of nonrenewable energy and natural resources • Satisfying human needs and aspirations with sensitivity to cultural context • Minimal negative impact on the earth’s ecosystems | <p>Vanegas et al. (1996)</p> |
| <p>This emphasis on environmental impacts and performance is still important: the central tenets of a sustainable building are still resource and energy efficiency and the prevention of pollution and waste. However, as the concept of sustainability has matured, and ‘sustainable design’ has grown as a discipline, a number of other considerations have also been included that relate to the broader social and economic impacts of the built environment. Hence, sustainable buildings are now commonly defined not only in terms of environmental impacts, but also in terms of their contribution to social and economic sustainability. Relevant criteria are, for example, providing healthy environments for occupants, supporting sustainable travel patterns (perhaps by including facilities for cyclists), being flexible in the long term, contributing to sustainable patterns of urban and rural development (e.g. via urban renewal and regeneration) and having positive impacts on local culture (see Edwards & Marsh, 2001). (p. 33)</p> <p>The definition of a sustainable building adopted for this review was: any building that exhibited, at a minimum, better environmental performance than buildings built to building regulation standards in England, and that, in addition, may or may not have any features that address social and economic sustainability principles.</p> | <p>Williams and Lindsay (2007)</p> |

Bijlage B: Duurzaamheid van het bouwproces per beoordelingsinstrument

B.1. Checklist Nationaal Pakket duurzaam bouwen voor woningbouw (S) en utiliteitsbouw (U) nieuwbouw.

| Spec. nr | Omschrijving | Milieuthema's | Weging |
|----------|---|---|--------------------------|
| S U 072 | Hergebruik bouwcomponenten | Materialen | Variabel |
| S U 074 | Indien gebruik wordt gemaakt van beton, gebruik dan waar mogelijk betongranulaat als grindvervanger | Materialen, omgevings-milieu | Vast |
| S U 076 | Gebruik ontkistingsmiddelen op plantaardige basis of biologisch afbreekbare middelen op minerale basis; gebruik deze producten zuinig | Materialen | Variabel (S) Vast (U) |
| S 086 | Gebruik zo laagwaardig mogelijk materiaal als bodemafsluiting | Materialen | Variabel |
| S U 154 | Indien prefab dooselementen worden toegepast: gebruik vernieuwbare grondstof of reststof als isolatiemateriaal | Materialen | Variabel |
| S U 353 | Stem maatvoering af op handelsmaten | Materialen | Variabel (S) Vast (U) |
| S U 354 | Beperk het gebruik van eenmalig verpakkingsmateriaal | Materialen | Variabel |
| S U 371 | Scheid bouwplaatsafval in zoveel mogelijk relevante fracties | Materialen | Variabel |
| S U 389 | Baseer het bouwplan op een gesloten grondbalans | Energie, materialen, omgevings-milieu | Variabel |
| S U 392 | Handhaaf en benut natuurlijke, landschappelijke en cultuurhistorische elementen en structuren | Omgevings-milieu | Variabel |
| S U 471 | Gebruik indien mogelijk vernieuwbare grondstoffen | Materialen | Variabel |
| S U 493 | Gebruik, indien gietbouw wordt toegepast, bouwstaalnetten op maat | Materialen | Vast |
| S U 501 | Gebruik bij voorkeur producten waarvan de kringloop gesloten wordt | Materialen | Variabel |
| U 701 | Bouw compact | Energie, materialen | Variabel |

B.2. LEED 2009 New Constructions

| Credit nr. | Omschrijving | Eisen | Punten |
|--|---|---|--------|
| Sustainable Sites (SS) Prereq 1 | Construction Activity Pollution Prevention | Create and implement an erosion and sedimentation control plan | |
| Materials & Resources (MR) 1.1 | Building Reuse – Maintain Existing Walls, Floors and Roof | Maintain existing building structure and envelope: 55% = 1, 75% = 2, 95% = 3 | 1-3 |
| MR 1.2 | Building Reuse – Maintain Interior Nonstructural Elements | Use existing interior non-structural elements in at least 50% of the completed building | 1 |
| MR 2 | Construction Waste Management | Recycle and/or salvage nonhazardous construction and demolition debris: 50% = 1, 75% =2 | 1-2 |
| MR 3 | Materials Reuse | Use salvaged, refurbished or reused materials: 5% = 1, 10% =2 (cost) | 1-2 |
| MR 4 | Recycled Content | Use materials with recycled content: 10% = 1, 20% = 2 (cost) | 1-2 |
| MR 5 | Regional Materials | Use building materials or products that have been extracted, harvested or recovered, as well as manufactured within 500 miles of the project site: 10% = 1, 20% =2 (cost) | 1-2 |
| MR 6 | Rapidly Renewable Materials | Use rapidly renewable building materials and products for 2.5% of total material costs | 1 |
| MR 7 | Certified Wood | Use at a minimum 50% certified wood-based materials (Forest Stewardship Council) | 1 |
| Indoor Environmental Quality (IEQ) 3.1 | Construction Indoor Air Quality Management Plan – During Construction | Develop and implement an indoor air quality (IAQ) management plan for the construction and preoccupancy phases of the building | 1 |
| IEQ 4.1 | Low-Emitting Materials – Adhesives and Sealants | All adhesives and sealants used must comply with volatile organic compound (VOC) limits | 1 |
| IEQ 4.2 | Low-Emitting Materials – Paints and Coatings | All paints and coatings used on the interior of the building must comply with VOC limits | 1 |
| IEQ 4.3 | Low-Emitting Materials – Floors | All flooring must comply with VOC limits and certification requirements | 1 |
| IEQ 4.4 | Low-Emitting Materials – Composite wood and Agrifiber Products | Composite wood and agrifiber products used on the interior of the building must contain no added urea-formaldehyde resins | 1 |

B.3. BREEAM – NL

| Credit nr. | Omschrijving | Eisen | Punten |
|--------------------------------|---|---|--------|
| Management (MAN) 2 | Bouwplaats en Omgeving | De hoofdaannemer heeft voldaan aan de eisen in Checklist A2 die gebruikt is voor een onafhankelijke toetsing van de bouwplaats (BREEAM-NL, pp. 351-356) | 2 |
| MAN 3 | Milieu-impact bouwplaats | Er wordt voldaan aan de relevante paragrafen uit Checklist A3 (BREEAM-NL, pp. 357-364) | 4 |
| Gezondheid (HEA) 9 | Vluchtige organische verbindingen | De emissie van VOC's uit de in het gebouw toegepaste materialen voldoet aan limietwaarden | 1 |
| Materialen (MAT) 1 | Bouwmaterialen | Een berekening van de milieu-impact d.m.v. schaduwrijzen aan de hand van de Handleiding Milieuprestatie Gebouwen | 6 |
| MAT 3 | Hergebruik van gebouwgevel | Ten minste 50% van geveloppervlak wordt gebruikt en 80% van de massa van de hergebruikte gevel bestaat uit hergebruikt materiaal | 1 |
| MAT 4 | Hergebruik van gebouwstructuur | Ten minste 80% volume van de draagconstructie wordt hergebruikt, of 50% bij combinatie renovatie en nieuwbouw | 1 |
| MAT 5 | Onderbouwde herkomst van materialen | Minimaal 80% van de toegepaste materialen heeft een onderbouwde/verantwoorde herkomst | 4 |
| Afval (WST) 1 | Afvalmanagement op de bouwplaats | Minimaliseren bouwafval; scheiden afvalstromen; 80% van het recyclebare bouwmetaal wordt hergebruikt of gerecycled | 3 |
| WST 2 | Gebruik van secundair materiaal | Er wordt een significante hoeveelheid gerecycled of herbruikbaar toeslagmetaal gebruikt in hoogwaardige toepassingen | 1 |
| Landgebruik en Ecologie (LE) 3 | Aanwezige planten en dieren op de locatie van het bouwproject | Een erkend ecooloog stelt voor aanvang van bouwactiviteiten een natuurrapportage op en houdt toezicht tijdens de bouw. | 1 |