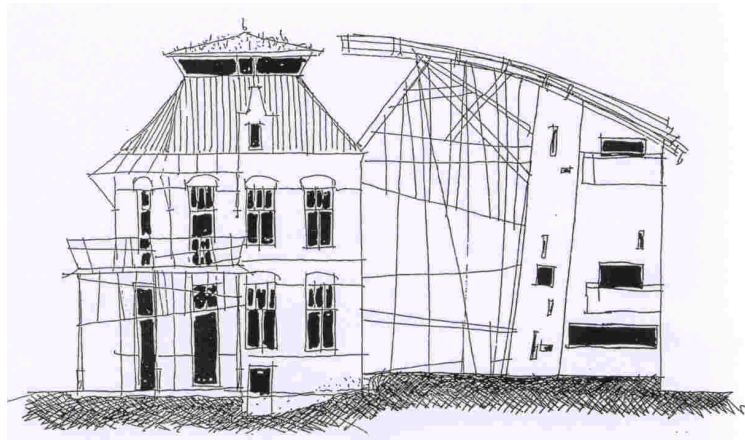


Energie in de context van milieubelasting gebouwen

Kees van der Linden en Randy van den Broek¹

Figuur 1
Milieubelasting
kantoren 2040 ²⁾



Inleiding

"Herontwerp gebouw faculteit Bouwkunde 2050". Het gaat daarbij onder andere om nieuwe impulsen voor een "Duurzame Technologische Ontwikkeling". In het kader van het inter-departementale programma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) zijn in een ontwerpworkshop vier voorbeelden ontworpen voor een kantoorgebouw anno 2040 op een reële locatie met een bestaand gebouw, in Den Haag.

De resultaten hiervan worden ingebracht in de op 16 en 17 oktober 2000 aan de faculteit Bouwkunde, TU-Delft te houden workshop. Daarbij zal in de voordracht speciaal aandacht worden besteed aan de rol die energiegebruik (halverwege de 21^e eeuw) speelt in de context van de milieubelasting van een gebouw als geheel.

Uitgangspunt bij de projecten van het DTO-programma is om de mondiale druk op het milieu (t.o.v. 1990) in 50 jaar te halveren. Daarvoor zal de milieubelasting per eenheid product t.o.v. de huidige (1990) belasting met een factor 20 omlaag moeten worden gebracht.

$$D = B \times W \times M \quad (1990)$$

$$D/2 = 2B \times 5W \times M/20 \quad (2040)$$

- D de druk op het milieu, die in 50 jaar gehalveerd moet worden
- B het aantal mensen op de wereld, dat in 50 jaar zal verdubbelen
- W de welvaart per hoofd van de wereldbevolking, die naar verwachting zal verviervoudigen
- M de milieubelasting die nodig is om de welvaart te realiseren; deze milieubelasting zal met een factor 20 moeten afnemen om het gestelde doel te bereiken

In opdracht van de Rijksgebouwendienst, waar de wens bestond om de resultaten van de DTO-ontwerpen zoveel mogelijk te benutten, zijn berekeningen uitgevoerd met het programma GreenCalc (versie 1.1/1998). Inmiddels is een nieuwe versie van GreenCalc beschikbaar (2.0 / mei 2000), waarin in de bij het programma horende database de nieuwste inzichten t.a.v. milieu-effecten van bouwmaterialen en gebruik van diverse energiesoorten zijn verwerkt. Alle berekeningen zijn opnieuw gedaan. Dat betekent dat de tabellen in deze syllabus actuele informatie bevatten.

Hoewel op onderdelen aanzienlijke verschuivingen optreden blijven de conclusies zoals opgenomen in het Rijksgebouwendienstrapport² op hoofdlijnen gelden.

¹ Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, sectie Gebouwen en Bouwtechniek (tel.: +31 15 278 31 74; e-mail: kees@acee.nl)

GreenCalc

GreenCalc³ berekent de verborgen milieukosten. Dit zijn de kosten die nodig zijn om de door de huisvestingsactiviteit veroorzaakte c.q. nog te veroorzaken milieuschade te herstellen c.q. te voorkomen. Deze “monetarisering van de milieubelasting” brengt de verschillende milieueffecten onder één noemer waardoor bouwprojecten als geheel kunnen worden vergeleken. Omdat de monetarisering nog in ontwikkeling is, wordt er de voorkeur aan gegeven vooralsnog over “milieu-guldens” te spreken i.p.v. echte guldens.

Het werken met een monetarisering van de milieubelasting heeft als voordeel dat op basis van een zakelijke beschouwing, in plaats van op basis van “politieke keuzes”, een weging tussen de verschillende milieu-aspecten wordt gevonden.

Voor de jaarlijks terugkerende milieukosten voor energie, water en mobiliteit wordt het totaal over een periode van 75 jaar beschouwd, zie ook de appendix.

GreenCalc berekent de verborgen milieukosten voor vier hoofdgroepen van milieubelasting:

- materiaalgebruik
- energiegebruik
- watergebruik
- mobiliteit

Om de resultaten af te kunnen zetten tegen een referentiesituatie wordt als maatstaf de “milieu-index” gebruikt zoals die door de Rijksgebouwendienst is geformuleerd.

milieu-index = (referentiekosten 1990 / verborgen milieukosten) x 100

Bij de DTO-ontwerpen is als referentie een concreet ontwerp anno 1990 voor een kantoorgebouw op dezelfde locatie aangehouden.

Bij de factor 20 benadering gaat het om de milieubelasting per inwoner, c.q. hoofd van de bevolking. Ook bij het beoordelen van de milieubelasting van kantoren wordt in dit artikel daarom gekeken naar de milieubelasting per medewerker (fte) in het gebouw. De index heeft dan het karakter van “x maal beter” per fte ten opzichte van het referentieontwerp van 1990. De doelstelling van dit DTO-project is dus “index 2000” (20x beter).

Dit artikel beschrijft eerst kort de opzet van de studie, en gaat daarna, via de presentatie van enkele resultaten, in op de conclusies zoals die kunnen worden geformuleerd.

Beschrijving van de projecten

Bij de projecten is een groot aantal maatregelen ter vermindering van de milieubelasting toegepast.

Voorbeelden hiervan zijn: draagconstructie gebaseerd op lichte, demontabele constructies, recycling en hergebruik en onbehandelde materialen, gevels en daken extra goed geïsoleerd en efficiënt materiaalgebruik. Vervanging van fossiele brandstoffen, temperatuurzonering, optimaal gebruik zoninstraling, zonne-energie, natuurlijke ventilatie, gebruik van regenwater waar mogelijk, biologische zuivering, enz.

Op het gebied van mobiliteit wordt er uitgegaan van hoogwaardig openbaar vervoer en maximaal gebruik van duurzame energiebronnen.

In het rapport² is een volledig overzicht van de maatregelen opgenomen. In deze syllabus is dit overzicht in zijn geheel opgenomen als bijlage.

² Milieubelasting kantoren 2040; kwantificering resultaat DTO-illustratieprojecten, uitdaging voor de rijkshuisvesting, Rijksgebouwendienst, 's Gravenhage, november 1999
auteurs: AaCee Bouwen Milieu: mail@aacee.nl en NIBE: info@nibe.org

³ GreenCalc, een ontwikkeling van Sureac/DGMR (+31 70 350 39 99; info@dgmr.nl)

Referentie

Het referentie project is een kantoorgebouw dat in 1990 voor de betreffende locatie is aangeboden aan de Rijksgebouwendienst. Het kantoorgebouw heeft een betonnen skelet met invullingen van metselwerk en een afwerking van aluminium.

Voor de klimatisering van het gebouw is uitgegaan van verwarming en koeling met een 4-pijps inductiesysteem en een beperkte warmteterugwinning uit de ventilatielucht. Alle installatiecomponenten zijn echter zo gekozen dat de energieprestatiecoëfficiënt precies op 1,9 uitkomt. Daarmee is de referentie, wat dit betreft, een paar jaar verder in de tijd gelegd. Via het bouwbesluit wordt deze waarde pas vanaf december 1996 vereist; binnen de Rijksgebouwendienst was een dergelijk niveau echter al vanaf 1992 gewoon.

Schatting milieubelasting materialen

GreenCalc beschikt over een database van materialen en producten. Als er een materiaal wordt toegepast dat nog niet bestaat, wordt er een schatting gemaakt van de relatieve verbetering ten opzicht van een bestaand product.

Schatting energiegebruik/milieukosten installaties; duurzame energie

Het vaststellen van het bij de verschillende ontwerpen te verwachten energiegebruik in 2040 verloopt in twee stappen.

In eerste instantie wordt het installatieconcept zo goed mogelijk ingevoerd in GreenCalc. Dit betreft de uitgangspunten voor het gebruik van het gebouw en de basisopzet van de installatie.

De tweede stap is het schatten van de besparing door nieuwe technologieën en het corrigeren van de met GreenCalc berekende energiegebruiken met deze extra besparing.

Belangrijke uitgangspunten hierbij zijn:

- het gebouwgebruik is via wisselwerkplekken en verlengde openstelling geïntensiveerd. Daardoor is de bezetting verdubbeld. Dit leidt tot een verhoging van het energiegebruik van computers, verlichting, enz.
- Bij de computerapparatuur wordt ervan uitgegaan dat het energiegebruik tot een minimum (3 W/m^2) is teruggebracht door het gebruik van nu al bekende technologieën.
- Bij alle ontwerpen wordt in de berekening uitgegaan van centrale verwarming met natuurlijke of mechanische ventilatie. Voor de warmteopwekking wordt echter uitgegaan van elektrisch aangedreven warmtepompen met een rendement van $\eta = 6$. Voor ventilatoren, pompen, enz. wordt er van uitgegaan dat het energiegebruik van deze apparaten zelf nog 30% t.o.v. de huidige situatie lager zal worden. Hetzelfde geldt voor andere apparatuur, zoals liften.
- Voor warm tapwater wordt bij de aftrekposten een correctie aangebracht voor andere opwekking van warmte dan nu gebruikelijk, bijvoorbeeld volledig uit zonne-energie.
- Voor alle ontwerpen wordt een maximaal gebruik van daglicht nagestreefd. Er is een normale, energiezuinige verlichting ingevoerd in de GreenCalc berekening. Extra besparing door verdere verhoging van de lichtopbrengst van lampen, toepassen andere voedingssystemen, enz. zijn per ontwerp in rekening gebracht via een aftrekpost.
- Daar waar uitgegaan wordt van elektriciteitsopwekking via brandstofcellen wordt er in de berekeningen van uitgegaan dat ten opzichte van fossiele energie een rendement van $\eta = 10$ bestaat. Dit is 25 maal beter dan de huidige situatie. Daar waar sprake is van rechtstreeks gebruik van elektriciteit uit photo-voltaïsche cellen wordt het totale berekende gebruik afgetrokken als besparing. Om de gevoeligheid van het gebruik van vernieuwbare energiebronnen te bepalen wordt er ook een variant bekeken, waarbij de verbetering van het opwekkingsrendement slecht 50% is.

Schatting milieukosten watergebruik

Op het gebied van water wordt de nadruk gelegd op minder gebruik (zuiniger sanitair) en toepassing van (gezuiverd) regen- of oppervlaktewater. Daarnaast kan hemelwater worden opgevangen voor gebruik (besproeiing)

Voor de berekening van de milieukosten door watergebruik is uitsluitend gekeken naar de besparing door gedeeltelijke vervanging door regenwater. Voor het jaar 2040 wordt gerekend met een drinkwatergebruik van 2,5 liter per medewerker per dag, een absoluut minimum voor consumptie. Op dit moment moet nog van een gemiddeld gebruik van ca 25 liter per medewerker per dag worden uitgegaan.

Schatting milieukosten als gevolg van mobiliteit

Voor de situatie van 2040 is ten opzichte van de referentie alleen de frequentie van het openbaar vervoer verhoogd. Daarnaast wordt verwacht dat de vervoersmiddelen aanzienlijk zuiniger en schoner worden door verdere toepassing van elektrische aandrijving en gebruik van duurzame energiebronnen.

De milieukosten van de vijf projecten op gebouwniveau

De resultaten zijn beschikbaar voor drie verschillende scenario's:

- aannamen conform DTO-projecten "2040"
- minder vergaande toepassing vernieuwbare energie, wel rendementsverbeteringen ventilatoren, pompen, liften, enz. "2015"
- energie-infrastructuur zoals nu aanwezig, geen rendementsverbeteringen, minder vergaande besparing op watergebruik "1999"

De aannamen voor energie beïnvloeden ook de uitkomsten voor mobiliteit. Voor materialen blijven de aannamen (en de resultaten) in alle drie de scenario's gelijk. In dit artikel worden alleen de cijfers van het totaal overzicht voor 2040 gegeven (tabel 1). De resultaten van de overige scenario's worden alleen in figuren getoond.

Tabel 1: Totaaloverzicht projecten conform DTO-uitgangspunten "2040"

	referentie	Mecanoo	Kristinsson	Pijnenborgh	Kroll
Milieukosten					
Materialen	7485568	1592926	819277	1150746	493489
Energie	19609880	206103	219104	150255	185489
Water	978345	102251	102251	102251	102251
Mobiliteit	966868	72500	72500	72500	72500
totaal	29040661	1973780	1213132	1475752	853729
procentuele verdeling					
Materialen	26	81	68	78	58
Energie	68	10	18	10	22
Water	3	5	8	7	12
Mobiliteit	3	4	6	5	8
totaal	100	100	100	100	100
index					
Materialen	100	470	925	650	1500
Energie	100	9500	9000	13000	10500
Water	100	950	950	950	950
Mobiliteit	100	1350	1350	1350	1350
totaal	100	1450	2400	1950	3400

Deze cijfers maken vooral een vergelijking mogelijk tussen de projecten als geheel. Immers de ontwerpogave is voor alle vier de projecten gelijk. Een belangrijk verschil tussen de vier ontwerpen ligt in de mate van gebruik maken van het bestaande gebouw (tabel 2).

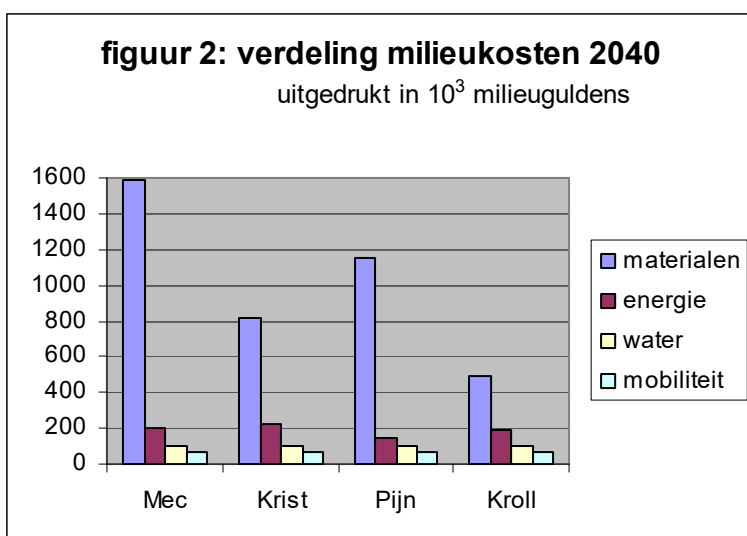
Tabel 2: verhouding bestaand/nieuw

Project	best./nieuw
Referentie	0/100
Mecanoo	ca 20/80
Kristinsson	ca 65/35
Pijnenborgh	ca 65/35
Kroll	ca 95/5

Het uitgangspunt dat er in 2040 vrijwel geheel gebruik wordt gemaakt van duurzame energie komt tot uitdrukking in de indexen op dat onderdeel: 9000 – 13000.

Voor het gebouw als geheel wordt de index 2000 alleen gehaald als grotendeels gebruik wordt gemaakt van een bestaand gebouw (Kroll). Dat komt vooral door het achterblijven van de resultaten op het gebied van materiaaltoepassing. Hierop wordt verderop nader ingegaan.

Duidelijk is dat nooit voor alle huisvesting gebruik kan worden gemaakt van bestaande gebouwen. Daarnaast kan een hergebruikt bestaand gebouw beslist niet in alle gevallen voldoende gebruikskwaliteit bieden. Dit betekent dat het materiaalgebruik ook alle aandacht behoeft. In figuur 2 worden de resultaten van de vier projecten in een staafdiagram weergegeven.

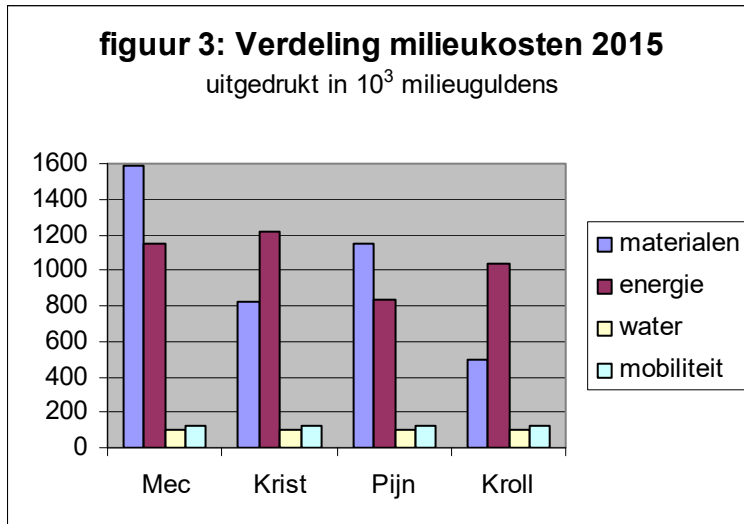


Bij de uitgangspunten van de DTO-projecten: verregaand gebruik van vernieuwbare energiebronnen, zorgen de materialen voor de begrenzing van wat kan worden bereikt.

Op het gebied van water en mobiliteit wordt de index 2000 nergens gehaald. Maar door het geringe aandeel hiervan in de totale milieukosten bij alle projecten, is de invloed op het totaal resultaat betrekkelijk gering.

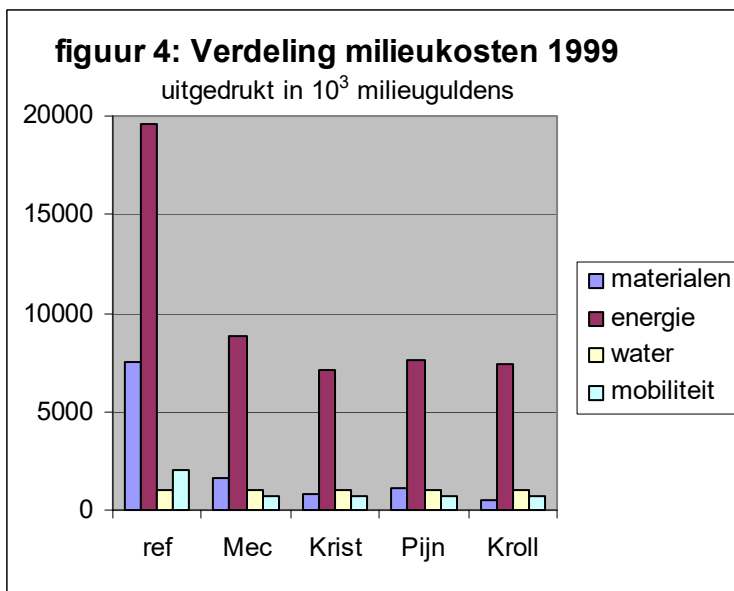
Daarnaast is het zo dat watergebruik en mobiliteit recht evenredig zijn met het aantal gebruikers van het gebouw. Aangezien voor de DTO-ontwerpen is uitgegaan van een twee keer zo hoge bezetting van het gebouw ligt de index voor water en mobiliteit in feite twee keer zo hoog als hier aangegeven en wordt de index per werknemer (fte) wel gehaald, zie verderop.

In het scenario voor 2015 (figuur 3) wordt uitgegaan van een veel minder grootschalige inzet van duurzame energie. Dit beïnvloedt naast de resultaten voor energie ook die voor mobiliteit. Bij vrijwel volledig hergebruik van het bestaande gebouw wordt nu energie de bepalende factor, maar al bij een beperkt aandeel nieuwbouw worden de materialen weer maatgevend.



Als voor energie alleen uitgegaan wordt van een verbetering van de rendementen van toestellen met 30% en een verhoging van het landelijk rendement van de energieopwekking met een factor 1,5 liggen de milieukosten van de materialen in dezelfde orde van grootte als die van energie.

Voor het scenario 1999 (figuur 4) ligt het grootste aandeel in de milieukosten bij energiegebruik. De index die voor het gebouw als geheel kan worden bereikt ligt tussen 240 en 300. De invloed van de mate van hergebruik van het bestaande gebouw wordt minder groot.



In een situatie waarin de energie-infrastructuur gelijk is aan die in 1999, ligt de grootste milieubelasting bij energie.

De milieukosten per eenheid gebouw (m² bvo) en per werknemer (fte)

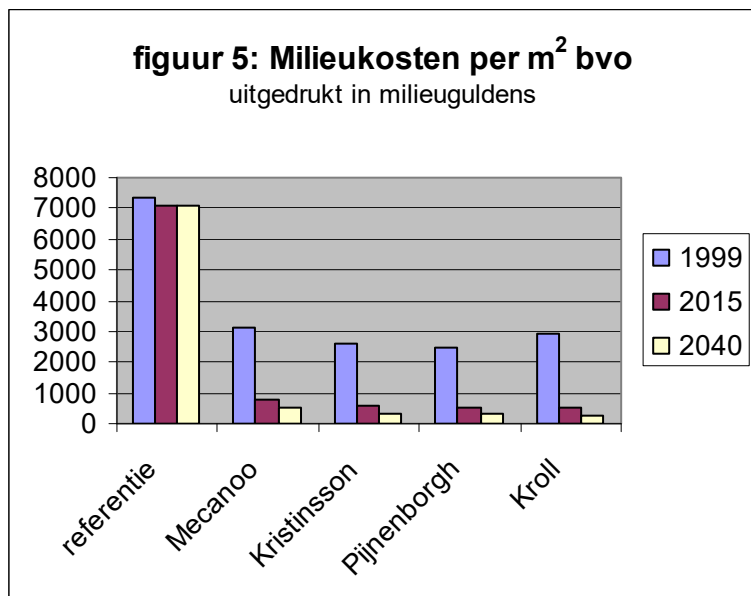
In tabel 3 wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de drie scenario's. Naast de cijfers voor het gebouw als geheel wordt daarnaast genormeerd op m² bruto vloeroppervlakte en op medewerker (fte).

Tabel 3: Samenvatting resultaten te bereiken milieu-indices

onderdeel/scenario	gebouwniveau	per m ² bvo	per werknemer (fte)
gebouw als geheel			
2040 (DT0)	1450 - 3400	1400 - 2700	2900 - 6800
2015	975 - 1650	950 - 1350	1950 - 3300
1999	240 - 300	230 - 280	480 - 600
materialen			
2040 (DT0)	470 - 1500	450 - 1200	950 - 3000
2015	470 - 1500	450 - 1200	950 - 3000
1999	470 - 1500	450 - 1200	950 - 3000
energie			
2040 (DT0)	9000 - 13000	8250 - 13500	18000 - 26000
2015	1600 - 2350	1450 - 2400	3200 - 4700
1999	220 - 275	210 - 265	440 - 550
water			
2040 (DT0)	950	775 - 975	1900
2015	950	775 - 975	1900
1999	95	75 - 100	190
mobiliteit			
2040 (DT0)	1350	1050 - 1300	2700
2015	800	650 - 775	1600
1999	135	110 - 140	270

Milieukosten per m² bruto vloeroppervlakte

De cijfers per m² bvo geven aan wat er per eenheid product aan resultaat wordt geboekt. Wat betreft de technische kant van het aanbod van gebouwen lijkt het kijken naar de milieukosten per m² bruto vloeroppervlakte van de gebouwen daarom een logische keuze. Globaal blijven dezelfde constatering gelden als bij bekijken van het gebouw als geheel. Niettemin ontstaat er een belangrijke verschuiving doordat genormeerd wordt op de bruto vloeroppervlakte. Daardoor stijgt de index voor een (te) groot gebouw. Voor het beoordelen van het resultaat in het licht van de DTO-doelstelling is dat dus niet de juiste normering. Zie ook figuur 5.



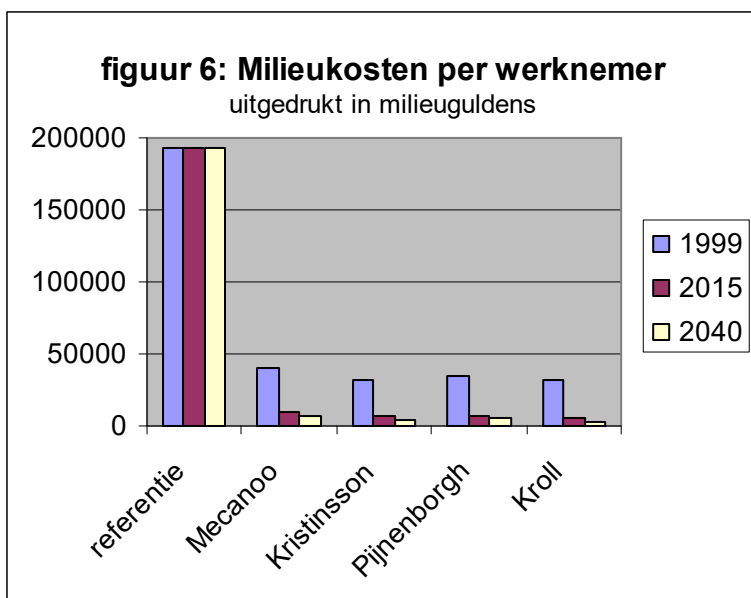
Op technologisch gebied lijken de volgende milieu-indices haalbaar:

1999:	230 – 280
2015:	950 – 1350
2040:	1400 – 2700

Milieukosten per werknemer (fte)

De doelstelling van het DTO-programma richt zich op de mondiale belasting van het milieu. Daarvoor geven de resultaten per werknemer (functionele tijdseenheid van verrichte arbeid, fte) het beste beeld (figuur 6).

Doordat het gebouw twee maal zo intensief wordt gebruikt als in de referentiesituatie, komen de indices nu twee maal zo hoog uit dan wanneer het gebouw als geheel wordt bekeken. Hierdoor wordt in scenario 1 (2040) de index 2000 gehaald, zodra ongeveer meer dan de helft van het programma in het bestaande gebouw wordt ondergebracht.

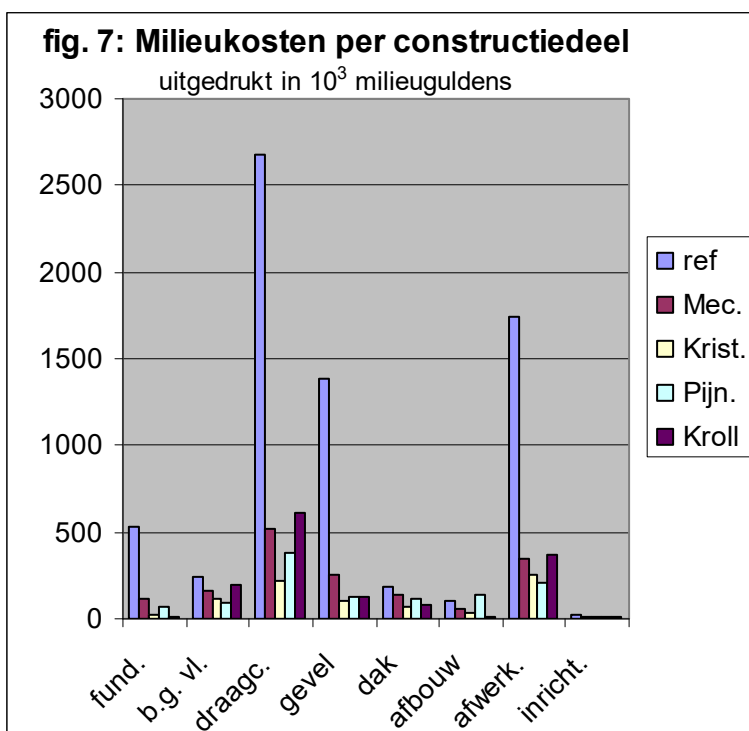


Uitgedrukt per eenheid welvaart, ofwel per fte gebouwgebruiker, zouden de volgende milieu-indices haalbaar moeten zijn:

1999:	480 – 600
2015:	1950 – 3300
2040:	2900 – 6800

Milieukosten materiaal

Afhankelijk van de mate van hergebruik van het bestaande gebouw zijn, voor de DTO horizon van 2040, de materialen verantwoordelijk voor 60 – 80% van de totale milieukosten. Bij 65% hergebruik ligt de milieu-index voor de materialen bij deze projecten op 650 – 925, bij 20% hergebruik daalt deze index tot 470. Daarmee vormen de materialen de kritieke schakel in het bereiken van de index 2000 voor het gebouw als geheel. In figuur 7 wordt aangegeven welk aandeel de verschillende constructieonderdelen bij de vijf gebouwen van deze studie hebben.



Grafische weergave van de verdeling van de milieukosten t.g.v. materialen over de bouwdelen.

Duidelijk is dat de zware constructiedelen (fundering, begane grondvloer, draagconstructie) de grootste milieubelasting met zich mee brengen. Dit wordt vooral veroorzaakt door het gebruik van steenachtige materialen (beton).

Ook afwerking ligt hoog. Het belangrijkste onderdeel daarin zijn de dekvloeren.

Duidelijk is dat de zware bouwdelen (fundering, begane grondvloer en draagconstructie) het grootste aandeel in de milieukosten hebben. "Draagconstructie" betekent bij de indeling die in GreenCalc wordt gemaakt: kolommen, balken, dragende binnenwanden en massieve niet dragende wanden, trappen en verdiepingvloeren. Begane grondvloer, eventueel dragende geveldelen en dakvloer worden ondergebracht bij "gebouwschil" omdat de eigenschappen hiervan nodig zijn voor de energieberekening.

Na de draagconstructie komt bij alle DTO-projecten de "afwerking". De belangrijkste post hierin wordt bij deze projecten gevormd door de ro-anhydriet afwerkvloeren, ondanks het feit dat de milieukosten van ro-anhydriet een factor 2,5 lager zijn dan van gewoon anhydriet.

Draagconstructie

Bij de referentie bestaat de draagconstructie uit betonnen kolommen en balken (met 20% puingranulaat) en in het werk gestorte verdiepingvloeren.

De scheidingswanden zijn van gipskartonplaat op stalen stijlen, met een vulling van minerale wol.

De winst bij de DTO-projecten komt met name voort uit toepassing van kanaalplaatvloeren, waardoor een forse besparing op materiaal wordt bereikt. Kolommen en balken zijn waar mogelijk van (gelamineerd) hout.

Daarnaast wordt bij Pijnenborgh en Mecanoo uitgegaan van "biobeton". De grootste besparing wordt echter bereikt door het zo veel mogelijk gebruik maken van het bestaande gebouw.

Afwerking

Bij afwerking wordt de verbetering bereikt door het toepassen van minder milieubelastende materialen en door het weglaten van bepaalde, niet noodzakelijke afwerkingen. Ook hier leidt gebruik maken van het bestaande gebouw tot de grootste winst. Doordat in alle projecten gebruik gemaakt wordt van steenachtige afwerkvloeren, ook al is dat dan ro-anhydriet, op de houten vloeren, blijft de winst beperkt. Daardoor is ook het aandeel van de afwerking in de totale milieukosten voor materialen nog aanzienlijk.

Omdat in de post afwerking zeer veel verschillende materialen en constructies zijn toegepast is hier in het rapport nog een keer in detail naar gekeken. Voor de in de referentie gebruikte afwerkingen is de mogelijke verbetering gegeven.

Het blijkt dat de index blijft steken op ca 600. De grootste belasting zit bij de afwerking in de dekvloeren. Wanneer deze buiten beschouwing worden gelaten blijkt de index voor de overige afwerkingen op ca 1300 te liggen. Daarmee komt "afwerking" wat betreft de materialen het meest in de richting van de nagestreefde index.

Verwacht mag worden dat door verdere ontwikkeling op het gebied van materialen, maar vooral ook door het vermijden van de noodzaak tot verdere afwerking nog een verdere verbetering mogelijk is. Gezien het relatief grote aandeel in de totale milieukosten door materialen is dit ook zeker de moeite waard.

Milieukosten energie

De ontwerpers van de DTO-projecten gaan er van uit dat in 2040 vrijwel alle energie uit duurzame bronnen komt. Daardoor wordt het aandeel van energiegebruik in de gebruiksfase van het gebouw vrijwel verwaarloosbaar. De nagestreefde milieu-index van 2000 wordt dan ook zeer ruim gehaald.

Ook in de situatie van vandaag blijkt echter al een grote verbetering mogelijk (index 220 – 275). Het energiegebruik is daarbij echter nog steeds verantwoordelijk voor ca. 70% van de totale milieukosten. Voor 2015 zou de index voor energie al gehaald kunnen worden.

Voor de lange termijn is de voorgespiegelde vooruitgang op het gebied van de energie(elektriciteits)opwekking absoluut nodig ter compensatie van de milieukosten ten gevolge van materialen, om de index voor een gebouw als geheel naar het gewenste niveau te brengen.

Milieukosten water

Voor het drinkwatergebruik wordt in de referentie uitgegaan van 48 liter per dag per werknemer. Zoals eerder genoemd is dit in de DTO-projecten teruggebracht tot een absoluut minimum van 2,5 per persoon per dag voor consumptie alleen. Per werknemer wordt daarmee de gewenste index vrijwel gehaald.

Voor het gebouw als geheel ligt de index voor 2040 nog maar op de helft van de streefwaarde. Dit beïnvloedt het totaalresultaat van de projecten echter maar in geringe mate, doordat het aandeel van drinkwatergebruik maar een beperkt gedeelte van de totale milieukosten vormt.

Als het benodigde drinkwater geheel op eigen terrein zou worden vervaardigd (bijvoorbeeld uit regenwater) en ook al het afvalwater op het eigen terrein blijft, dan kunnen de milieukosten door watergebruik in beginsel vrijwel geheel vervallen.

Milieukosten mobiliteit

Voor mobiliteit wordt, beschouwd per werknemer, in scenario 1 een index bereikt van 2700. In de berekeningen is uitgegaan van een groter aandeel van het openbaar vervoer en van de aanname dat auto en busvervoer evenals treinen elektriciteit als energiebron gebruiken. Elektriciteit die grotendeels afkomstig is van vernieuwbare bronnen. Voor het gebouw als geheel ligt de index twee keer zo laag (1350).

Bij scenario 2 (2015) wordt ook al uitgegaan van een aanzienlijke vervanging van bus/auto door trein/tram, 30% zuiniger voertuigen en een 1,5 maal zo hoog rendement van elektriciteitsopwekking t.o.v. nu. De milieu-index is hierdoor al 800 voor het gebouw als geheel (1600 per werknemer).

Voor de lange termijn zorgt de vooruitgang op het gebied van energieopwekking voor de belangrijkste daling van de milieukosten t.g.v. mobiliteit. Toch blijft locatiekeuze t.o.v. openbaar vervoer een belangrijke parameter bij het ontwikkelen van kantoorhuisvesting.

Conclusies

Op basis van de studie kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

1. Een hoge index voor het ontwerp als geheel ontstaat alleen als het bestaande gebouw maximaal wordt benut en slechts marginale toevoegingen plaatsvinden
2. De beperking ligt in de milieukosten ten gevolge van de materialen. Bij nieuwbouw lijkt voorsnog op dit onderdeel hooguit een index van naar schatting 500 te bereiken; deze index moet overigens wel nu al haalbaar worden geacht. Ontwikkelen van minder materiaalintensieve gebouwconcepten en voortgaande technologische ontwikkeling van materialen, met oog op de milieubelasting, blijft noodzakelijk
3. Een index 2000 (20 maal beter) ligt niet zonder meer binnen bereik. Deze studie laat zien dat noodzaak bestaat voor:
 - intensivering van het gebruik van gebouwen
 - een zorgvuldig ontwerpproces, met hergebruik waar mogelijk
 - permanent de meest veelbelovende technologieën toe te passen
 - verdere exploratie van duurzame energiebronnen.
4. Door te ontwerpen met aandacht voor het energie-aspect kan nu al een index van ca 250 worden bereikt voor het energiegebruik. Op middellange termijn lijkt een index van rond de 2000 al haalbaar. Voor de lange termijn (DTO-horizon 2040) zou de milieubelasting door energie, door grootschalig gebruik van duurzame bronnen geen probleem meer moeten vormen.
5. Wat betreft milieukosten ten gevolge van watergebruik wordt, per persoon, de index van 2000 vrijwel bereikt, uitgaande van een drinkwatergebruik van ca 2,5 liter (absoluut minimum) per persoon per dag. Al het overige water is afkomstig uit eigen kringloop.

Locatiekeuze nabij knooppunten van openbaar vervoer is uitgangspunt voor het behalen van de eerste milieuwinst op het onderwerp mobiliteit. Substantiële vooruitgang kan echter alleen worden geboekt bij geheel nieuwe vervoersconcepten en vergaande inzet van duurzame energie bij de aandrijving van vervoersmiddelen.

Kees (ir. A.C.) van der Linden
Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Sectie Gebouwen en Bouwtechniek
Postbus 5048
2600 GA Delft

AaCee Bouwen en Milieu
Jan Ligthartplein 39
3706 VE Zeist

tel.: 015 278 31 74
fax: 015 278 15 60
e-mail: kees@aacee.nl
website: <http://www.gbt001.citg.tudelft.nl>

tel.: +31 30 695 99 16
fax: +31 30 699 43 84
e-mail: kees@aacee.nl

In deze bijlage wordt een korte beschrijving van de projecten gegeven in de vorm van een opsomming van eigenschappen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de eerder in samenwerking met Sträter & Partners opgestelde "karakteristieken van de ontwerpen", en de schetsontwerptekeningen met uitleg van de architecten, aangevuld met zaken waar in het kader van deze studie nadruk is gelegd. In het rapport² zijn de overige gegevens zoals die gelden voor de verschillende projecten gegeven.

Mecanoo



Materiaal

- draagconstructie, fundering, wanden en vloeren van glasvezelbeton
- huid van glas, enkel glas voor serre en buitengevel, isolerend glas voor buitenkozijnen
- stralingsarm
- warmteaccumulerend
- geluidabsorberend
- vochtopnemend
- efficiënt materiaalgebruik, uitvoering en detaillering zodanig dat geen plinten en afwerklatjes nodig zijn
- onbehandeld hout voor kozijnen, plafond en binnenwanden
- onbehandeld hout, verdiepingvloeren met zwevende dekvloeren
- natuursteen, vloer begane grond
- keramische tegels, watergleuven begane grond
- binnenwanden en kozijnen indien mogelijk uit sloophout en demontabel
- stalen loopbruggen, hekwerken, loopvloer van hout
- wandkleden
- beton met hoog percentage puingranulaat
- onderhoudsarm

Energie

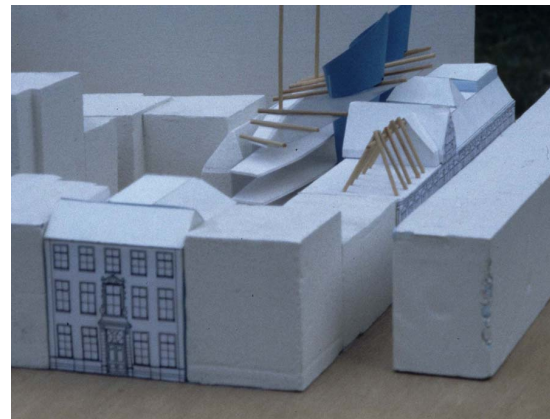
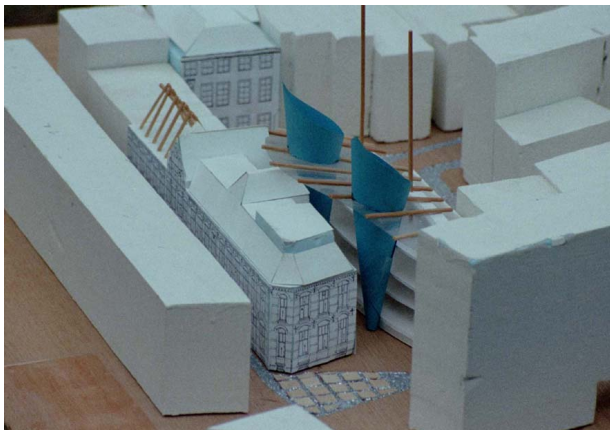
- beperken warmtevraag
- weinig buitengevel
- ventileren van binnenruimten met voorverwarmde lucht, afvoer via schachten in werkruimten door natuurlijke trek
- optimaal gebruik van zoninstraling
- temperatuurzonering
- warmtepomp

- warmte-terugwinning
- photo-voltaïsche cellen
- verhitting van twee gassen m.b.v. spiegels en een collector; daarbij ontstaat een synthesegas waarin de energie is opgeslagen
- wand en vloerverwarming, dicht bij de werkplekken
- plaatselijke verwarming bij wisselplekken
- koeling uit koude-opslag in bodem
- vochtregulatie door beplanting
- verlichting, overdag door daglicht, kunstlicht gekoppeld aan werkplek, gevoed uit photo-voltaïsche cellen

Water

- opvangen van regenwater
- regenwater gebruiken voor wassen, spoelen, toiletten, douches
- beperken van watergebruik
- drinkwater uit fles of regenwater gefilterd
- afvalwater wordt gezuiverd en hergebruikt
- overschot niet naar grondwater afvoeren

Kristinsson



Materiaal

Algemene aannames

- aanname voor het jaar 2040: bouw materiaal schaars, duur; dus veelal hergebruik
- recycling versus hergebruik zijn afwegingsfactoren
- demontage-technologie wordt ontwikkeld
- bouwen met secundaire bouwstoffen wordt algemeen
- bouwen wordt een gesloten proces
- constructies volgens trekkrachttechnologie, minder materiaal maar meer constructiehoogte
- toepassen dikkere vloeren en ankerloze spouwmuuren voor laagcalorische warmteopslag en geluidisolatie
- passief hergebruik wordt bereikt door vergaande standaardisatie
- hergebruik materiaal is percentage-gewijs steeds belangrijker
- onbehandeld hout, veredeld door hoge druk en verhitting
- keramische tegels en leemtoepassingen

- leembouwproducten zijn standaard geworden

Materialen oudbouw

- thermische isolatie aan binnenzijde van buitenmuren
- waar mogelijk binnenmuren loszagen van buitenmuren (koudebruggen)
- aan de binnenzijde van de monumentale gebouwen wordt een duurzame dragende isolatieplaat aangebracht, bijvoorbeeld geschuimd glas dat balkdragend is
- daken kunnen in de regel aan de buitenzijde geïsoleerd worden
- meerlaags isolatieglas biedt ook goede mogelijkheden voor een behaaglijk binnenklimaat

Materialen nieuwbouw

- fundering op staal van het gebruikte, gezaagde en gelijmde beton; betonnen kolommen ingeklemd
- kanaalplaatvloeren van betongranulaat met luchtkanalen
- vloerafwerking begane grondvloer, gepolijste muurklinkers aangebracht als kunstwerk, kantoorruimten linoleum of wollen tapijten
- trappen, treden en leuning van hout met invullingen van halfdoorzichtig glas
- ramen, gelamineerd veredeld niet geschilderd hergebruikt naaldhout, helder glas
- de grote glaspuien zijn dubbel uitgevoerd
- binnenwanden, leembouwplaten als binnenwanden, hergebruikte binnendeuren, lichtdoorlatende wanden van melkachtig glas
- geen akoestische plafonds
- buitenwanden zoveel mogelijk van hergebruikte bakstenen, ramen worden afgewisseld met translucet isolatiemateriaal
- de dakhuid is een eenlaags materiaal van ca 100 mm dikte dat doorzichtig is en daarbij ook nog extra goed isolerend. Het is gemaakt van een soort glasschuim en wordt verder "translucete isolerende dakconstructie" genoemd.

Energie

- fossiele energie wordt tot op zekere hoogte vervangen door waterstof in brandstofcellen en door electriciteit uit photo-voltaïsche cellen
- gebouwen zijn zoveel mogelijk zelfvoorzienend of geheel autarkisch
- leven zonder meterkast, voor- en nadelen zijn evident
- daglicht, translucete isolatie in niet zonbeschenen gevel
- glas, high-tech, seizoen variabele gevels en daken
- glasfiberkabels vormen bij geconcentreerd lichtaanbod de basisverlichting naast zelfregelende kunstverlichting. Ook voor benutting van licht, diep in gebouwen
- RVS spiegels om daglicht te sturen
- super isolatieglas dat van kleur verandert en warmte wint
- pv-cellen als dak en gevelelementen, aangebracht op accu, die tevens isoleert en binnenafwerking vormt, hieraan hangt een intelligente 12V installatie; afnemers op minder dan 10 m van de bron.
- lichtbron direct bij de gebruiker
- boomtakken van lichtfiberdraden op daken bepalen silhouet en kunnen op verschillende diepten zonlicht brengen in algenvijvers
- er zal verwarmingstechnische splitsing ontstaan tussen oudbouw en nieuwbouw; nieuwbouw is zelfvoorzienend, voor oudbouw geen eenduidige oplossing
- in stookseizoen gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning toepassen
- lage luchttemperatuur (12-15 C°) met aanvullende lokale stralingsverwarming
- koeling, gebruik maken van bodemenergie voor vereffening bij extreme temperaturen

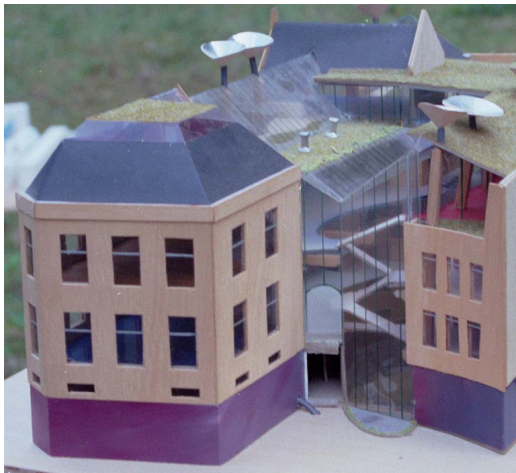
Einde algemeen energienet, zelfvoorziening en autarkie wordt de norm

Water

- meer open water in de stad
- overtollig regenwater langzaam afvoeren
- grijs afvalwater in circuit met riet en biezenzuivering door de tuinen van het bouwblok rondpompen
- zwart rioolwater komt niet langer voor
- fecaliën als droge extrementsen met g.f.t. als compost afvoeren naar de bloemen en bollentuinen op het Malieveld; hier is een cultuuromslag voor nodig
- groene algen in verlichte warme vijvers breken de fecaliën af in fotosynthese; eindproduct eiwitten, gemalen tot visvoer
- mechanisch aangedreven chemocomposters met H₂O- filters werken in een gesloten proces, mochten bij calamiteiten de groene algen vergiftigd worden
- regenwater wordt gescheiden gehouden en bovengronds opgeslagen
- in trechtervormige drinkwatersilo's wordt het regenwater gefilterd in zand
- de seizoenschommelingen in het aanbod van het regenwater kunnen mogelijk opgevangen worden door opslag in waterzakken, schoon bewaard in vijvers en grachten
- bij het wegvallen van riolering wordt drainage minder belangrijk, er ontstaat een natuurlijk grondwaterpeil
- kruipruimten zijn nu al onnodig bij betonvloeren

Einde riolering, einde ratten in de stad.

Pijnenborgh



Materiaal

Algemene aannames

- anhydriet voor vloerafwerking
- gebruik van sloophout
- draagconstructie is hol met non-ferro vezel wapening
- demontabel bouwen
- zwevende dekvloeren voor geluidisolatie, vulling met keramisch materiaal, houtvezels e.d.
- uit de sloop vrijgekomen materialen worden zoveel mogelijk ter plaatse hergebruikt

Buitenwanden

- baksteen, hout, glas, keramische elementen, natuursteen en kalkzandsteen
- kunststof uit plantaardige materialen
- translucente isolatie, photo-voltaïsche cellen
- thermotropische glasconstructies

Binnenwanden

- leem, hout, keramiek, gips en steen
- plantaardige materialen, ook kunststoffen
- glas en translucente materialen

Wandafwerking

- schoon metselwerk
- leemstuc en glansputz
- hout, textiel, papier, natuursteen en keramiek

Plafonds

- balklaag, houten delen in het zicht, kalkstuc, leemstuc en keramische elementen
- biobeton afgewerkt met natuurverf, kalkstuc en leemstuc
- vloerbedekking, verschillende soorten om te prikkelen, zoals sisal, kokos, wol
- meubilair, diverse houtsoorten afgewerkt met olie en was, bekledingen van leer, wol, katoen of plantenvezels

Energie

- natuurlijke ventilatie
- geïntegreerde zonnecellen
- daglichtontvangers, glasvezel
- translucente photo-voltaïsche cellen
- energieopslag waterstof of brandstofcel, verlichting
- warmtewanden en vloeren
- minimale installaties
- elektrisch licht, glasvezel, p.v. cellen
- zoveel mogelijk direct daglichttoetreding

Water

- hemelwater en kringloopwater van toiletten, wassen etc., gezuiverd door biologische zuiveringsinstallatie en plantenfiltering
- consumptiewater via osmosefilter
- afvalwaterzuivering, interne riolering, schoonmaak via helofytenfilter en biotoop naar HWA-bassin
- overschot van regenwater en gezuiverd water naar grondwater

Kroll

Materiaal

- materialen kiezen aan de hand van verbruik, verplaatsingsafstand, niet vervuilende kwaliteit
- translucente isolatiematerialen
- translucente zonnepanelen
- vochtregulerende binnenbepleisteringen
- gebruik maken van tweedehands materialen
- UV-doorlatend glas

- groundbekleding met halfopen verharding
- materialen; hout, kalk, leem, natuurverf, papierisolatie en wol, bio-sisal en kokos-vezels, kwartsglas
- de structuur is zwaar, de inbouw is licht en vernieuwbaar, demontabel en sloopbaar
- gekozen op basis van (geringe) milieubelasting
- leembouw binnenwanden
- hergebruikstechniek



Kroll

Energie

- verwarming; basistemperatuur van 15°C
- beperking omhullend oppervlak
- thermisch supergeïsoleerd
- translucente isolatie
- verwarming via stralingswarmte, met door zonlicht opgewarmd water en aanvullend gebruik van warmtepompen
- overvloedige warmte wordt in buurtleiding gebracht
- warmte accumulatie in gebouwmassa, waterreservoirs, speksteenkachels en eventueel in bodem
- toepassing van klimaatramen met in de toekomst glasverwarming
- natuurlijke ventilatie via gebalanceerde systemen
- opwarming van ventilatielucht door glasoverdekte ruimte
- toevoer van lucht naar serre via buizen in de grond ter voorkoming van oververhitting
- daglicht via ramen en daglichtverspreiders, lichte binnenafwerking ter optimale daglichtbenutting
- zon optimaal benutten
- PV cellen
- lage voltage systemen (12 volt)
- bescherming tegen magnetische velden

Water

- regenwater via begroeide daken en groene terrassen
- zuivering middels biezen en groene algen
- grijs water wordt na zuivering door osmose filter als drinkwater benut
- reservoirs voor warmteaccumulatie en brandbeveiliging
- overloop naar grondwater
- bij watertekort gebruik maken van grondwater