

9. MILIEU

9.1 Milieu en leefbaarheid zijn topics (foto: Eva Krebbers).



Duurzaamheid, een economischer energiehuishouding en verminderde CO₂-uitstoot, drie belangrijke onderwerpen van deze eeuw. Het materiaal staal kan een goede bijdrage leveren aan een duurzame leefomgeving, op product- én gebouwniveau.

9.1 Productniveau (C2C)

Staal is 100% recyclebaar (afb. 9.1), bovendien zijn veel staalproducten na gebruik herbruikbaar. Van al het staal in dak- en gevelbekleding wordt 70% gerecycled, 29% hergebruikt en 1% is afval. En daarmee ondersteunt staal 'van nature' het Cradle-to-Cradle-gedachtegoed (C2C) van de Duitse chemicus Michael Braungart en de Amerikaanse architect William McDonough. Zij pleiten voor toepassing van producten die na hun 'diens' volledig opnieuw als voedsel het productieproces in gaan, met onderscheid naar biologisch terugkeerbare (afb. 9.2) of juist technisch recyclebare materialen, met behoud of – bij voorkeur – met verhoging van de kwaliteit. In feite het proces waarin staal al jaren omgaat: schroot S235 kan worden omgesmolten tot een hoogwaardiger staalsoort S355 of zelfs S460 (afb. 9.3). Staal is upcycling!

9.2 Gebouwniveau

Op gebouwniveau kunnen stalen daken en gevels belangrijk bijdragen aan een gunstiger energiehuishouding via bijvoorbeeld dikke isolatiepakketten of door slim gebruik van de thermische geleidbaarheid van staal voor de verwarming van water of de integratie van warmteopwekkende producten. Bovendien bestaat er een misverstand over licht bouwen, waarbij de afwezigheid van 'thermische massa' nadelig werkt op het binnenklimaat en het energieverbruik. Licht bouwen heeft het voordeel dat ruimten snel kunnen opwarmen of juist afkoelen, al of niet met (warmte)bufferende materialen.

9.3 Materiaalenergie en gebruiksenergie

Grofweg het merendeel van de totale energie die wordt verbruikt gedurende de levensduur van het gebouw is

9.2 Een 'weergave' van C2C: afval als voedsel (foto: Search).

Tabel 9.1 Overzicht van de vijf analyse -eenheden (producttoepassingen) van het mrpi-blad van staal.

analyse-eenheid	halffabriek (route)	reeds voorzien van bandstaal coating	sendzimir zinklaag
zware toepassingen (balken, kolommen, platen)	900 kg balkstaal (10% BF1) en 90% EAF2);	nee	nee
middelzware toepassingen (lateien, damwanden, geleiderails)	100 kg plaatstaal (BF) 1000 kg warmgewalst bandstaal (BF)	nee	nee
lichte toepassingen (kozijnen, profielen)	1000 kg sendzimir verzinkt bandstaal (BF)	nee	ja
binnenwanden	1000 kg sendzimir verzinkt bandstaal (BF)	nee	ja
dak- en gevelbekleding	1000 kg organisch gecoat bandstaal (BF)	ja	ja



gebruiksenergie: ongeveer 80-85%. Materiaalenergie neemt vervolgens 15-20% van de energie voor zijn rekening, waarvan zo'n 70% voor de constructie en ongeveer 30% voor de bouwkundige voorzieningen.

Materiaalenergie (Engelse term embodied energy): de energie voor de productie van het materiaal uit de grondstoffen, waarin vaak opgenomen de energie voor het transport naar de bouwplaats, de fabricage en montage, het onderhoud, de sloop en afvalverwerking van het product.

Gebruiksenergie (Engelse term use phase energy): de energie tijdens de levensduur van het gebouw voorverwarming, koeling, verlichting en bediening van apparatuur.

9.4 Mrpi-blad

Mrpi staat voor milieu relevante productinformatie. Op een mrpi-blad staan kwantitatieve gegevens over emissies, afval en energieverbruik van producten. In 2003 bracht Bouwen met Staal als één van de eerste een mrpi-blad uit (zie tabel 9.1). Van het product wordt de gehele levenscyclus bekeken vanaf de productie uit de grondstoffen tot sloop en

afvalverwerking. In totaal leidt het tot een milieuprofiel met tien zogeheten milieueffectcategorieën en een vijftal milieumaten. Behalve de milieuprofielen voor de vijf producttoepassingen is ook een tabel opgenomen met de milieuprofielen (volgens NEN 8006) en milieumaten voor drie veel voorkomende conserveringsprocessen (poedercoaten, natlakken en thermisch verzinken). Tabel 9.2 geeft het milieuprofiel voor dak- en gevelbekleding inclusief conserveringsproces.

9.5 Lca

Het milieuprofiel is bepaald met een lca (life cycle analysis). De lca van de stalen producten van het mrpi-blad bevat een aantal levensfasen die elk een bijdrage leveren aan bijvoorbeeld energieverbruik. Afbeelding 9.4 laat het aandeel van de verschillende levensfasen in het energieverbruik zien. Het productieproces uit de grondstoffen kost de meeste energie, ruim 70%.

Hergebruik en allocatie

De meeste materialen worden niet gerecycled of hergebruikt. Dan volstaat een lca die één volledige levenscyclus beschrijft vanaf het produceren van het materiaal uit de grondstoffen tot afvalverwerking. Staal wordt echter voor 100% gerecycled en dit recyclen (omsmelten) van schroot kost minder energie en

Tabel 9.2 Overzicht van het milieuprofiel van 1000 kg constructiestaal voor dak- en gevelbekleding.

thema	eenheid	
humane toxiciteit	kg 1,4 DB	38
abiotische uitputting	kg Sb	4,4
ecotoxiciteit water (zoet water)	kg 1,4 DB	7,5
ecotoxiciteit sediment (zoet water)	kg 1,4 DB	12
ecotoxiciteit terrestrisch	kg 1,4 DB	0,21
verzuring	kg SO ₂	4,2
vermesting	kg PO ₄	0,59
broeikaseffect	kg CO ₂	760
fotochemische oxydantvorming	kg ethyl	0,74
aantasting ozonlaag	kg 1CFK11	0,0015



Tabel 9.3 Energieverbruik in diverse typen gebouwen met diverse functies
(bron: Energy Efficiency In Buildings, CIBSE Guide F, tabel 20.1, CIBSE, 1998).

functie	energieverbruik per jaar (kWh/m ² jr)		typerend gebruik	
	'goede praktijk'			
	fossiele brandstof	stroom	fossiele brandstof	stroom
industriegebouw voor 1995 < 5000 m ²	96	–	–	–
industriegebouw voor 1995 > 5000 m ²	92	–	–	–
industriegebouw na 1995 < 5000 m ²	107	–	–	–
industriegebouw na 1995 > 5000 m ²	103	–	–	–
cellenkantoor, natuurlijk geventileerd	79	33	151	54
bibliotheek	113	32	210	46
gevangenis ^{a)}	18861	3736	22034	4460
politiekantoor	295	45	410	60
kledingwinkel	65	234	108	287
kerk	80	10	150	20
museum	96	57	142	70

a) Per persoon.

grondstoffen dan het productieproces uit ijzererts. Daarom moet ook dit fabricageproces bij de bepaling van het energieverbruik worden meegenomen. Het meenemen van dit secundaire proces heet 'allocatie'. Het mrpi-blad gebruikt de Eco-quantum B-methode. Deze neemt naast recycling ook hergebruik mee in een aantal levenscyclussen. Dit betekent een reductie in materiaalenergieverbruik.

Voorbeeld hergebruik gevel

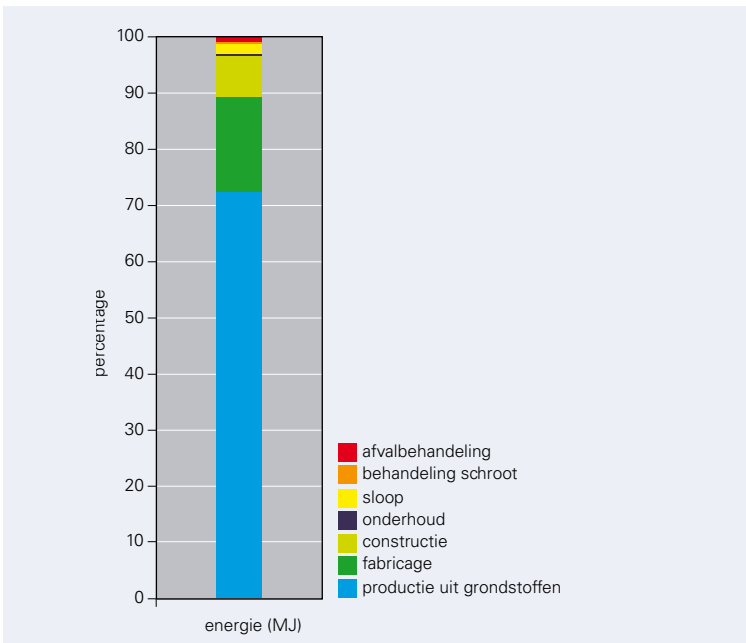
Hergebruik is voor materiaalenergie gunstiger dan recyclen. Een stalen gevel is geschikt voor hergebruik. De meest eenvoudige oplossing is het overschilderen van de beplating. Dit is goed toepasbaar als de gevel slechts weinig beschadigingen heeft. De kosten zijn laag, overschilderen gaat snel. De enige milieubelasting is die van de nieuwe verflaag.



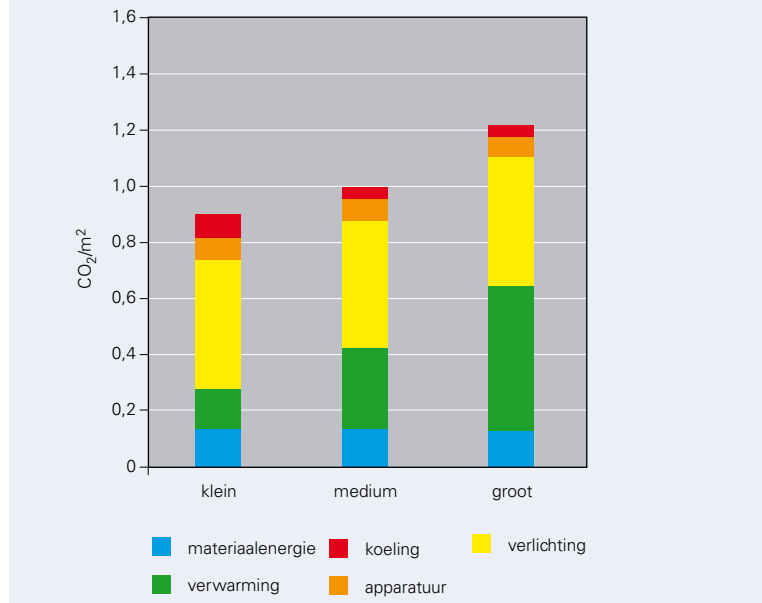
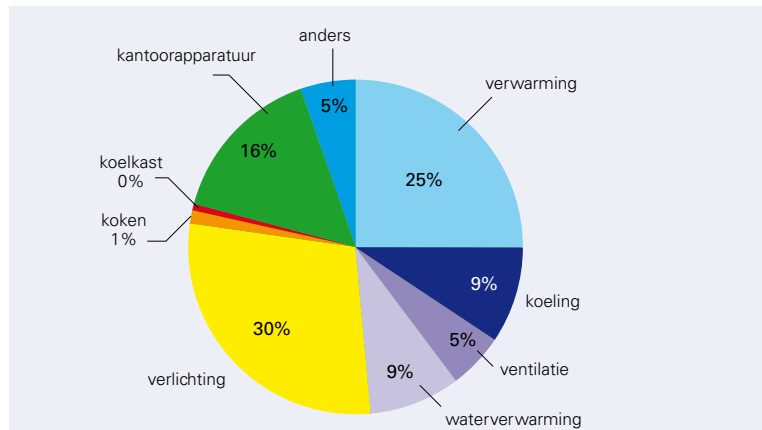
9.3a Een electro-oven gebruikt 100% gerecycleerd staal.



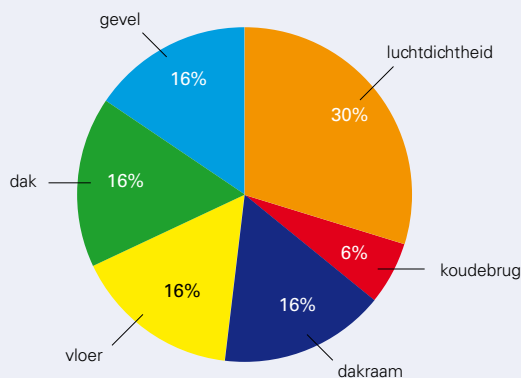
9.3b Gerecycleerd staal als schrootinzet bij een converter. Op dit moment wordt zo'n 70% van al het gebruikte staal in gevels en daken gerecycleerd tot nieuw staal met minimaal gelijke kwaliteit.



9.4 Aandeel in energieverbruik van de verschillende levensfasen van staal.



9.5 Energieverbruik van een kantoor (boven) en diverse hallen (onder).



	percentages oppervlak daklicht						
	5,0%	7,5%	10%	12,5%	15%	17,5%	20%
2 W/m ² distributiecentrum	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red	Red
25 W/m ² winkel	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red
50 W/m ² voedselabriek	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Red

- totale opwarming is acceptabel
- voorzichtige overweging voor warmtecontrole
- aannemelijke oververhitting

9.7 Risico van oververhitting voor verschillende bedrijfsprocessen in een hal met verschillende percentages daklichten (bron: Integrating lighting solutions for low energy buildings).

9.6 Gebruiksenergie (use phase energy)

Tabel 9.3 geeft benchmarks voor het energieverbruik van diverse gebouwen. Bij gebruiksenergie speelt de gebouwschil een (hoofd)rol. De grootste energieposten zijn immers verlichting en verwarming en koeling: beide verantwoordelijk voor ongeveer 30-35% van het energieverbruik (zie afb. 9.5).

9.6.1 Verlichting

Een simpele maatregel als het kiezen voor dakplaten of binnendozen met een (lichte) interieurcoating in plaats van uitsluitend verzinkt, zorgt al voor meer licht in de hal. Door voldoende (dak)ramen te ontwerpen wordt ook op verlichting bespaard. Wel is – vaak – de isolatiewaarde van ramen lager dan van de dichte delen waardoor warmteverlies optreedt (winter). Aan de andere kant komt via de ramen veel warmte binnen door zoninstraling (zomer). Door bovenstaande effecten is een integrale benadering noodzakelijk, betekent grotere raampervlakken niet automatisch energiebesparing en moet de ontwerper dus op een optimum ontwerpen. Daarmee wordt oververhitting voorkomen. Voor een hal is onderzocht bij welk percentage dakramen oververhitting kan optreden, afhankelijk van de interne warmte uit het bedrijfsproces (zie afb. 9.7).

9.6.2 Verwarming

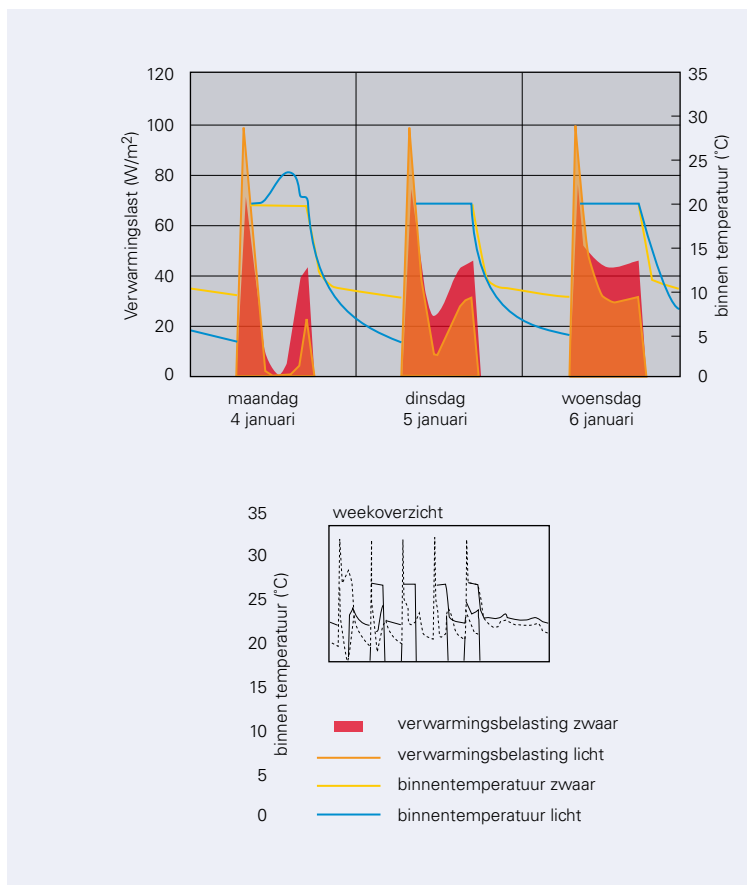
Besparen op verwarmen betekent in de eerste plaats het verhogen van de isolatiedikte. De minimumeis voor R_c is 2,5 W/m²K. Maar de epc-eisen worden steeds verscherpt. Hogere isolatiewaarden zijn dan een optie om een lagere epc te realiseren: bij stalen gevels en daken is dat relatief eenvoudig: meer isolatie. Doordat stalen draagstructuren van nature holtes bevatten zijn hogere R_c -waarden te realiseren zonder een onpraktisch dik pakket (ongeveer 300 mm).

Naarmate de isolatiewaarde hoger is, gaat met name luchtdichtheid van het gebouw een rol spelen. De hoeveelheid lucht die door kieren en naden het gebouw instroomt moet namelijk telkens opgewarmd worden. Voor een hal is dit warmteverlies ongeveer 30% van het totale warmteverlies door de gebouwschil (zie afb. 9.6). Voor een goede luchtdichtheid is aftappen van naden van belang. Dit vereist aandacht bij de uitvoering.

9.7 Licht bouwen

Energieverbruik

Een licht gebouw verwarmen kost minder energie dan een zwaar



9.8 Verwarmen van licht en zwaar gebouw in dag-nacht cyclus.



9.9 Overzicht van het dak van het Wilo-gebouw in Zaandam met paraffinekorrels ingestort in een betonlaag.

gebouw. Het is het principe van het opwarmen van een veertje (licht) en het opwarmen van een steen (zwaar). De laatste vraagt meer energie vanwege de grote hoeveelheid massa (zie afb. 9.8). Het gebouw wordt overdag vaak ingesteld op een temperatuur van 20 °C en 's nachts op 10 °C. Als de temperatuur onder deze insteltemperatuur komt, moet worden verwarmd. Het lichte gebouw koelt sneller af dan het zware en komt 's nachts onder de insteltemperatuur en moet worden opgewarmd. Het zware gebouw koelt ook af maar blijft boven de insteltemperatuur. 's Ochtends moet het koude lichte gebouw verwarmd worden tot 20 °C. Dit is de piek in afbeelding 9.8. Het zware gebouw moet gedurende de hele dag verwarmd worden om de massa volledig op temperatuur te krijgen en te houden. Het extra verwarmen 's nachts van het lichte gebouw kost minder energie dan het gedurende dag verwarmen van het zware gebouw zodat het zware gebouw netto meer energie verbruikt.

Installatiecapaciteit

Aan het begin van de ochtend heeft het lichte gebouw een energiepiek (afb. 9.8). De installatie moet voldoende capaciteit voor deze pieklast te leveren. De piek bij het zware gebouw

is lager doordat de massa als energiebuffer werkt. Nadeel is dan dat het opwarmen van de massa meer energie kost. Oplossing voor energiebuffering in een licht gebouw is een phase change material (pcm) dat energie opneemt en afstaat door faseverandering van bepaalde toelaststoffen. Daardoor is veel minder materiaal nodig om thermische massa te krijgen. Zo is 20 mm pcm gelijk aan 80-100 mm dik beton. Voorbeeld van een gebouw met weinig materiaal en toch een hoge thermische massa is het Wilo-gebouw in Zaandam. Door paraffinekorrels mee te storten in een geringe hoeveelheid beton in de cannelures (afb. 9.9) van de geprofileerde stalen dakplaat kon de massa worden beperkt. Tegelijk reduceert de buffercapaciteit de pieklast voor de installatie waardoor kan worden volstaan met lichtere apparatuur. In het algemeen kan gesteld worden dat naarmate het gebouw beter geïsoleerd is, het voordeel van het lichte gebouw groter wordt.