

prof.ir. W. Hoeckman en ir. O. Nelis

Wim Hoeckman is CEO bij Victor Buyck Steel Construction in Eeklo (België) en docent aan de Vrije Universiteit in Brussel. Olivia Nelis is pas afgestudeerd master in de ingenieurwetenschappen (bouwkunde) aan de Vrije Universiteit in Brussel.

Tot voor kort werd aangenomen dat de milieueffecten van het fabricage- en montageproces van staalconstructies marginaal zijn vergeleken met die van het primaire productieproces. Onderzoek wijst uit dat staalconstructiebedrijven wel degelijk hun milieulasten kunnen analyseren en effect op de CO₂-prestatieladder kunnen sorteren. Zo veroorzaken grote projecten, gefabriceerd en gemonteerd in lage-lonenlanden, bij transport over zee veel meer CO₂-uitstoot dan wanneer de bouw in het westen plaatsvindt. Voor dit inzicht is methodiek ontwikkeld en in België voor het eerst proef op de som genomen. Vingeroefening van een mogelijke methode.

variërend van lichte constructies (zoals leuningen), middelzware constructies (zoals kolommen en balken voor laagbouw) en zware constructies (kolommen en balken voor hoogbouw of zware industriebouw) tot superzware constructies (zoals zware bruggen met een hoog lasvolume). Tot voor kort werd aangenomen dat de milieueffecten van het fabricage- en monta-

Milieueffect van de staalbouwer

Duurzaam bouwen kan in het algemeen worden gedefinieerd en bereikt door te voldoen aan (een of meerdere van) de volgende vijf criteria:

- vergroten van de levensduur;
- beperken van het materiaalgebruik;
- gebruiken van duurzame materialen;
- rekening houden met de milieueffecten van het constructieproces (incl. transport);
- de constructie niet uitsluitend als dragende functie gebruiken.

Wat de eerste drie criteria betreft, hebben stalen bruggen een lange en uitstekende staat van dienst. De ontwerplevensduur van een (stalen) brug is standaard 100 jaar. De potentiële duurzaamheid ervan werd avant la lettre goed samengevat door de Amerikaanse brugontwerper John A.L. Waddell in 1921: 'De levensduur van een metalen brug die wetenschappelijk is ontworpen, oprecht en zorgvuldig is gebouwd, en niet in een belangrijke mate wordt overbelast, is – mits correct onderhouden – oneindig lang.' Vandaag de dag wordt de levensduur van een stalen brug veelal bepaald door haar vermoeiingsweerstand en conservering, zie EN 1993-2 §4. Brugonderdelen die geen even lange levensduur hebben, zoals kabels, oplegtoestellen en dilatatievoegen, behoren zo te zijn ontworpen dat ze vervangbaar zijn. Dankzij zijn hoge sterkte-eigenschappen kan het staalverbruik tot een minimum worden beperkt. De verdere ontwikkeling van hogesterktestalen zal het staalverbruik nog verder doen dalen. Omdat staal 100% recy-

clebaar is, is het tevens een schitterend materiaal als primaire grondstof. Wanneer het ijzererts eenmaal in staal is getransformeerd, kan het keer op keer worden herbruikt en/of gerecycled. Sinds kort wordt de industrie meer en meer gedwongen om (via wetgeving, via contracteisen, maar zelden op een vrijwillige basis) zijn milieu-impact te bepalen en te meten. Milieueffecten worden hoofdzakelijk uitgedrukt in energieverbruik (GJ) en broeikasemissie of CO₂-emissies (kg CO₂-equivalent). Er zijn ook andere parameters, zoals aantasting van de ozonlaag en verzuring. Verschillende industrietakken, de westerse staalproductiesector (walsenrijen) voorop, ontwikkelen programma's om hun ecologische voetafdruk te verminderen via innovatie en nieuwe processen. Anno nu zijn de milieueffecten van veel bouwmaterialen en -producten bekend en beschikbaar via de milieuproductverklaringen (EPD of Environmental Product Declarations) of (in Nederland) de milieurelevante productinformatie (MRPI). Een EPD is 'wie tot poort' (cradle to gate) en in overeenstemming met de verplichte informatiemodules A.1 tot en met A.3 van EN 15804^[2].

Milieulast staalbouw

Voor uit staal vervaardigde bouwproducten (andere dan geprefabriceerde serieproducten zoals beplating, sandwichpanelen, enz.) is deze informatie nog steeds niet gedetailleerd beschikbaar. Hoofdreden is dat de milieueffecten in hoge mate afhankelijk zijn van de graad van complexiteit van de constructie,

geproces marginaal zijn in vergelijking met die van het primaire staalproductieproces. Aan de Vrije Universiteit in Brussel is onderzoek verricht naar het bepalen van de verschillende stappen in het fabricage- en montageproces en de daarbij horende milieueffecten, uitgedrukt in de energieconsumptie en het broeikasemissie (of global warming potential)^[1]. Het onderzoek is in eerste instantie toegespitst op de superzware constructies, met name zware stalen bruggen.

CO₂-prestatieladder

Infrastructuurbeheerders, zoals de diensten Openbare Werken, Rijkswaterstaat en de nationale spoorweginstanties, zijn zich meer bewust van de milieueffecten van hun werken. Sommigen stellen inmiddels eisen aan aannemers op gebied van CO₂-emissies. Zo heeft ProRail de CO₂-prestatieladder ontwikkeld^[3], die is gebaseerd op een stelsel van beoordelingseisen die op hun beurt elk hun eigen wegging hebben.

- a. Inzicht (in de eigen CO₂-uitstoot) (weging 40%).
- b. CO₂-reductie (de ambitie waaraan men zich committeert) (weging 30%).
- c. Transparantie (interne en externe communicatie) (weging 20%).
- d. Samenwerking met collega-bedrijven qua CO₂-reductie (weging 10%).

De uitvoering van de prestatieladder is sinds 16 maart 2011 in handen van de Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen (SKAO) en is daarmee van toepas-



1. Wegbrug over het Albertkanaal in Grobbendonk (B).



2. Spoorbruggen over de Nete in Duffel (B).

sing op alle sectoren en soorten bedrijven, en dus niet uitsluitend op de bouw en infra. Een aannemer kan op vijf verschillende niveaus/hogtes van de CO₂-prestatieladder worden gecertificeerd. Om zich te kwalificeren (en te worden gecertificeerd) voor niveau 3 dient het bedrijf te beschikken over een CO₂-emissie-inventaris die volgens ISO-normen of het Green House Gas Protocol is opgesteld en door een onafhankelijke instelling is geverifieerd. Het bedrijf dient te beschikken over kwantitatieve doelstellingen voor (haar eigen) scope 1 (directe uitstoot) en scope 2 (indirecte uitstoot, bijvoorbeeld door het elektriciteitsverbruik en zakenreizen). Het dient structureel intern en extern te communiceren over haar CO₂-footprint en actief deel te nemen aan ten minste één sector- en keteninitiatief op het gebied van CO₂-reductie.

Om in aanmerking te komen voor het hoogste niveau 5 moet het bedrijf beschikken over een CO₂-emissie-inventaris van haar hoofdleveranciers. Het moet aantonen dat de doelen voor de niveaus 3 en 4 worden behaald. Het verplicht zich publiekelijk tot een CO₂-reductieprogramma van (of met) de overheid of maatschappelijke organisatie en levert een relevante bijdrage aan een innovatief CO₂-reductieproject.

Gunningvoordeel

Bij inschrijvingen op aanbestedingen voor bouwwerken vertaalt ProRail het bereikte (en gecertificeerde) niveau van de prestatieladder in een 'gunningvoordeel'. Hoe hoger het

niveau, hoe groter het voordeel bij de beoordeling van de inschrijving. Als het bedrijf is gecertificeerd op niveau 3, dan is dit (fictief) voordeel 4%. Voor niveau 5 is dit 10%.

Om de boot niet te missen, is van belang dat ook staalbouwers deze nieuwe regels beheersen. In Nederland is een aantal belangrijke staalbouwers inmiddels gecertificeerd volgens deze CO₂-prestatieladder. Voor niet-Nederlandse staalbouwers ligt dit niet voor de hand. Victor Buyck Steel Construction (gevestigd in Eeklo, België en Seremban, Maleisië) heeft als één van de eerste niet-Nederlandse staalbouwers het CO₂-bewustcertificaat niveau 3 behaald. Voor niveau 5 heeft de staalbouwer deelgenomen aan het genoemde onderzoek naar de milieueffecten bij fabricage en de montage van stalen constructies. De noodzakelijke informatie daartoe is enkel domein van de staalbouwer. Zo'n onderzoek staat of valt dan ook met het al dan niet ter beschikking stellen van die informatie.

Onderzoeksbenadering

Het onderzoek spitst zich toe op de informatiemodules A.4 en A.5 van EN 15804, die samen het constructieproces vormen (het transport uit de staalwalsen naar de plaats van fabricage met aansluitend het volledige fabricage- en montageproces). Het fabricage- en montageproces is in 5 groepen van (in totaal 85) activiteiten en (ongeveer 200) individuele factoren ingedeeld.

1. Fabricage inclusief voorstralen, voorbereiding (snijden van platen, zagen van profie-

len, boren, ponsen, samenstellen, lassen, manipuleren, enz.).

2. Corrosiebescherming inclusief stralen, conserveren, en (al dan niet) metalliseren.

3. Transport inclusief zowel het externe transport (vanuit de staalwalsenrijen en naar de bouwplaatsen) als het interne transport.

4. Montage inclusief lassen op de bouwplaats, gas- en olieverbouw, kranen, enzovoort.

5. Overhead, hoofdzakelijk het energieverbruik in de kantoren (elektriciteit, verwarming) en de werkplaatsen (verwarming, ventilatie, verlichting).

Voor elke activiteit is het energieverbruik (MJ) en het broeikasemissie-effect (kg CO₂-equivalent) bepaald op basis van geregistreerde gegevens (verbruiken, uren, vermogens, enz.).

Conversiefactoren

Voor door elektriciteit aangedreven machines is de totale verbruikte energie E:

$$E = n\phi\lambda P \text{ (kWh)} \quad (1.a)$$

of

$$E = 3,6n\phi\lambda P \text{ (MJ)} \quad (1.b)$$

waarin:

P het nominale (piek)vermogen van de machine, opgegeven door de fabrikant (kW)

n het totaal aantal gepresteerde werkuren, gerapporteerd door de machinebediener (h)



3. Brug rue d'Alsace in Luxemburg.



4. Brug Madeleine over de Loire in Nantes (F).

λ de belastingsfactor, gelijk aan het percentage van het piekvermogen dat in werkelijkheid is gebruikt (%)

φ de effectiviteit, gelijk aan de effectieve werktijd van de machine gedeeld door de gerapporteerde werktijd van de machinebediener (%)

Het broeikas-effect GWP (Global Warming Potential) is gegeven door uitdrukking (2) en is gebaseerd op [4].

$$GWP = 0,615E \text{ (kgCO}_2\text{eq)} \quad (2)$$

waarin:

E de totale energie uit uitdrukking (1.a) (kWh).

In de jongste editie van het *Handboek CO2-prestatieladder*^[8] is deze conversiefactor (voor grijze stroom) overigens verminderd naar $GWP = 0,455E \text{ kgCO}_2\text{eq}$. Het is dus zaak om de snel veranderende informatie goed te volgen (zie eveneens de besluiten). Typische waarden voor de belastingsfactor λ en de effectiviteit φ zijn in *tabel 1* vermeld.

Verbruiksstoffen (gassen en andere materialen)

Het energieverbruik E (MJ) en het broeikas-effect GWP (kgCO₂eq) zijn afgeleid uit de geregistreerde, reëel verbruikte hoeveelheden, door gebruik te maken van uitdrukkingen (3) tot en met (13), die alle gebaseerd zijn op [4], [5] en [7] (de conversiefactor in (11) is verstrekt door AkzoNobel).

Voor propaan:

$$E = 3,6c_{\text{pro}} m_{\text{pro}} \quad (3)$$

$$GWP = 3,00m_{\text{pro}} \quad (4)$$

Voor aardgas:

$$E = 3,6c_{\text{nat}} v_{\text{nat}} \quad (5)$$

$$GWP = 1,83v_{\text{nat}} \quad (6)$$

Voor acetyleen:

$$E = 3,6c_{\text{ace}} v_{\text{ace}} \quad (7)$$

$$GWP = 2,471d_{\text{ace}} v_{\text{ace}} \quad (8)$$

Voor diesel:

$$E = 3,6c_{\text{die}} v_{\text{die}} \quad (9)$$

$$GWP = 3,135v_{\text{die}} \quad (10)$$

Voor thinners:

$$GWP = 6,4v_{\text{thi}} \quad (11)$$

Voor het zinkmetallisatie(-ZnAl 85/15)-proces:

$$E = 68m_{\text{met}} \quad (12)$$

$$GWP = 4,80m_{\text{met}} \quad (13)$$

De calorische waarde c en de dichtheid (of soortelijke massa) d van de verbruiksstoffen zijn in *tabel 2* vermeld. De verbruikte hoeveelheden werden geregistreerd als massa (kg) voor propaan (m_{pro}) en de zinkmetallisatie (m_{met}), in volume (m³) voor aardgas (v_{nat}) en acetyleen (v_{ace}), en in volume (l) voor thinners (v_{thi}) en diesel (v_{die}).

Algemene aannames

Sommige verbruiksstoffen kunnen niet worden toegewezen aan een enkel project omdat ze meer in het algemeen worden gebruikt.

Voorbeelden zijn aardgas voor de verwarming van kantoren en werkplaatsen, elektriciteit voor ventilatie, verlichting en kantoren, en brandstof voor algemene transporten.

Voor elk van die activiteiten is het totale jaarverbruik van 2010 gebruikt als basis om het projectgerelateerde aandeel te bepalen. Dat is bepaald in functie van het totale staalverbruik van het project (zoals bijvoorbeeld voor het elektriciteitsverbruik in de kantoren) of in functie van het totale aantal geregistreerde productie-uren (zoals bijvoorbeeld voor de verwarming en ventilatie van de werkplaatsen, en voor het brandstofverbruik).

Montagemateriaal

De milieueffecten van montagekranen, hoogwerkers en ander transportmateriaal (zoals pontons, schepen en SPMT's) zijn afgeleid uit het reële brandstofverbruik.

De projecten

De milieueffecten zijn bepaald voor vier brugprojecten en één sluisdeurproject. Deze projecten werden alle in 2010 en 2011 opgeleverd. *Tabel 3* vermeldt de belangrijkste technische gegevens. *Afbeeldingen 1* tot en met 6 geven per project een foto.

Onderzoeksresultaten

Om een vergelijking onderling te kunnen maken zijn de waarden van de bepaalde milieueffecten gedeeld door het staalverbruik. De resultaten zijn samengevat in *tabel 4* en grafisch voorgesteld in *afbeelding 7*.

Tabel 1. Typische waarden voor de belastingsfactor (λ) en de effectiviteit (φ).

	λ	φ
kranen (werkplaats)	50%	60%
compressor (werkplaats)	30%	100%
ventilatie (werkplaats)	100%	100%
plaatsnijmachine (werkplaats)	40%	100%
boren, ponsen, zagen (werkplaats)	60%	70%

Tabel 2. Eigenschappen van verbruiksstoffen (calorische waarde c en dichtheid d).

	calorische c	dichtheid d
propaan (pro)	14,99 kWh/kg	-
aardgas (nat)	11,60 kWh/m ³	0,833 kg/m ³
acetyleen (acy)	15,56 kWh/m ³	1,160 kg/m ³
diesel (die)	11,61 kWh/l	-

Tabel 3. Belangrijkste technische gegevens van de onderzochte projecten.

	brug Grobbendonk	brug Duffel	brug Luxemburg	brug Nantes	Kattendijksluis Antwerpen
staalverbruik	573 t	2.280 t	1.954 t	2.527 t	(brug) 254 t (deuren) 417 t
hoofdafmetingen	L = 109 m b = 18 m h = 15,5 m	L = 110 m b = 13 m h = 20 m	L = 122 m b = 18,5 m h = 20,5 m	L = 210,5 m b = 27,4 m h = 57 m (pyloon)	(brug) L = 69 m b = 13 m h = 5,4 m (deuren) b = 14 m h = 9-12,5 m
beschrijving	bowstring; volledig gelast; betondek op stalen dwarsdragers	bowstring; volledig gelast; orthotroop dek	bowstring; gebouwe dwarsdragers; betondek	tuibrug; volledig gelast; orthotroop dek	(brug) vakwerk; volledig gelast (deuren) volledig gelast
uren fabricage	25,3 h/t	22,0 h/t	10,4 h/t	23,5 h/t	35,7 h/t
conserveringssysteem	3 lagen (240 μ m)	zinkspray + 2 lagen (150 μ m tot 240 μ m)	zinkspray + 2 lagen (140 μ m) of 3 lagen (boog) (200 μ m)	3 lagen (230 μ m); inwendige van de pyloon: 1 laag (40 μ m)	(brug) 4 lagen (340 μ m) (deuren) 2 lagen (500 μ m)
afstand werkplaats tot bouwplaats	100 km	100 km	300 km	1.200 km	100 km
transport naar bouwplaats	ponton (over kanalen)	vrachtwagen	vrachtwagen	ponton (over zee)	schip (deuren) en ponton (brug)
montagemethode	invaren	verschuiven	ter plaatse	invaren: directe montage	in één stuk aangevoerd en gemonteerd
uren montage	6,2 h/t	9,9 h/t	6,2 h/t	5,4 h/t	2,4 h/t

Tabel 4. Milieueffecten van het staalconstructieproces (fabricage en montage) van vijf onderzochte projecten.

	brug Grobbendonk		brug Duffel		brug Luxemburg		brug Nantes		Kattendijksluis Antwerpen	
	MJ/t	kgCO ₂ /t	MJ/t	kgCO ₂ /t	MJ/t	kgCO ₂ /t	MJ/t	kgCO ₂ /t	MJ/t	kgCO ₂ /t
fabricage	951	150	868	133	572	88	867	129	1.257	194
conservering	592	139	755	137	516	70	393	96	702	172
transport	625	47	224	17	416	31	2.722	204	678	51
montage	626	51	941	77	701	57	818	63	202	16
overhead	1.854	109	1.821	106	1.008	59	1.777	104	2.260	132
TOTAAL	4.648	496	4.609	470	3.213	305	6.577	596	5.099	565

kgCO₂ = kgCO₂eq.



5. Puntdeuren Kattendijksluis Antwerpen (B).



6. Brug Kattendijksluis Antwerpen (B).

Een belangrijk onderscheid kan worden vastgesteld tussen de milieueffecten van de volledig gelaste bruggen en de brug met geboute dwarsdragers. Wanneer enkel de fabricagecomponent wordt beschouwd, is het energieverbruik ongeveer 900 MJ/t voor de volledig gelaste bruggen en 600 MJ/t voor de brug met geboute dwarsdragers. Het broeikas effect is respectievelijk ruwweg 140 kgCO₂eq/t en 90 kgCO₂eq/t. Indien uitgedrukt per uur, worden deze waarden (met een goede correlatie) 37,5 MJ/h en 5,8 kgCO₂eq/h voor de volledig gelaste bruggen en 55 MJ/h en 8,5 kgCO₂eq/h voor de brug met geboute dwarsdragers. Deze waarden houden rekening met het toch wel belangrijke verschil in complexiteit (uitgedrukt in fabricage-uren per ton). De waarden stemmen vrij goed overeen met de volledig gelaste onderdelen van het sluisproject. De met fabricage verbonden waarden moeten worden verhoogd met het aandeel overhead, dat ongeveer 2.000 MJ/t en 110 kgCO₂eq/t bedraagt voor de volledig gelaste bruggen, en 1.000 MJ/t en 60 kgCO₂eq/t voor de brug met geboute dwarsdragers, een verschil van 50%. Het onderdeel montage vertegenwoordigt gemiddeld 800 MJ/t en 63 kgCO₂eq/t voor de volledig gelaste bruggen (met ook hier nog steeds een relatief goede correlatie) en 700 MJ/t en 57 kgCO₂eq/t voor de brug met geboute dwarsdragers. Voor de Kattendijksluisconstructies, die slechts een minimum aan montage vergden omdat ze volledig geprefabriceerd op locatie werden ingehesen, is deze component aanzienlijk

minder: slechts 200 MJ/t en 16 kgCO₂eq/t. Het is niet realistisch om systematische waarden voor de component conservering af te leiden omdat er te grote verschillen bestaan tussen de complexiteit en de toegepaste systemen. Bij de component transport vallen de waarden van het project te Nantes op. Deze leggen onmiddellijk het belang bloot van de afstand tussen de werkplaats en de bouwplaats. Verder kunnen een aantal typerende waarden worden afgeleid. Transport met binnenvaart veroorzaakt ongeveer 10 gCO₂eq/km,t, vrachtwagenvervoer ongeveer 40 gCO₂eq/km,t. Deze waarden zijn minder dan de helft van de waarden in de uitstoottabellen van de CO₂-prestatieladder. Het zeetransport voor het project in Nantes veroorzaakte 85 gCO₂eq/km,t (enkele reis). Deze waarde stemt wel redelijk overeen met de uitstoottabellen. Wanneer de terugreis met lege ponton eveneens in rekening wordt gebracht (60 gCO₂eq/km,t), dan bedraagt de totale uitstoot door transport 145 gCO₂eq/km,t. Als de totale waarden van de milieueffecten worden gedeeld door het totaal aantal gepresteerde productieve uren (fabricage en montage), blijkt het resultaat voor de drie volledig gelaste bruggen redelijk gelijk: ongeveer 130 MJ/h en 14 kgCO₂eq/h, exclusief het transport. Voor de brug met geboute dwarsdragers (die aanzienlijk minder uren per ton vergde) zijn deze waarden slechts marginaal groter: 170 MJ/h en 16,5 kgCO₂eq/h. Indien geen rekening wordt gehouden met de componenten conserve-

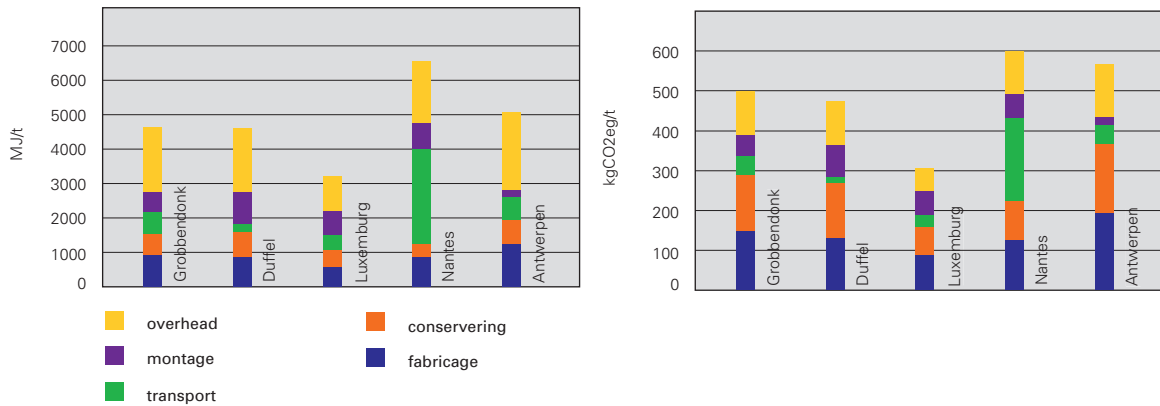
ring en transport (omdat ze afhankelijk zijn van parameters die eigenlijk niet zijn gerelateerd aan de fabricage- en montagecomplexiteit), kan worden geconcludeerd dat de milieueffecten voor de volledig gelaste bruggen (afgerond) 3.500 MJ/t en 300 kgCO₂eq/t bedragen; voor de brug met geboute dwarsdragers is dit 2.300 MJ/t and 200 kgCO₂eq/t. Voor de sluisconstructies bedragen deze waarden 3.700 MJ/t and 340 kgCO₂eq/t.

Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek, een eerste in zijn soort, is vooral bedoeld om de problematiek van de milieueffecten, waarvoor de CO₂-prestatieladder een belangrijke eerste impuls is geweest, verder onder de aandacht te brengen. Aangetoond is dat, op basis van geregistreerde informatie, beschikbaar bij de staalbouwer, wel degelijk een goede gedetailleerde analyse kan worden gemaakt van het energieverbruik en de CO₂-uitstoot. Daar waar de CO₂-prestatieladder de aannemer verplicht om de CO₂-uitstoot te bepalen voor de ganse onderneming en dit op jaarbasis, reikt het onderzoek een methode aan om dit op projectbasis te gaan uitvoeren. Dit leunt heel wat dichter aan bij wat EN 15804 eigenlijk als doel voor ogen heeft, hoewel de eisen niet helemaal gelijk zijn aan de CO₂-prestatieladder. Zo brengt de prestatieladder het zakenverkeer en het personenwagenverkeer voor zakelijk gebruik wel in rekening en EN 15804 niet. Enige verdere harmonisering lijkt hier op zijn plaats. Het onderzoek pretendeert geen afgeronde

Literatuur

1. O. Nelis, *Milieueffecten (CO₂-uitstoot) van het staalconstructieproces van stalen bruggen*, Vrije Universiteit Brussel, 2012. • 2. *NEN-EN 15804* (Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products) 2012. • 3. Informatie over de CO₂-prestatieladder via www.skao.nl. • 4. *Handboek CO₂-prestatieladder 2.0 (16 maart 2011)*, Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen (SKAO), Utrecht 2011. • 5. Lijst emissiefactoren via www.milieubarometer.nl. • 6. *Environmental Product Declaration according to ISO 14025 - Structural Steel: Sections and Plates*, Bauforumstahl, Düsseldorf 2011. • 7. *MRPI voor constructiestaal*, Bouwen met Staal, Rotterdam 2003. • 8. *Handboek CO₂-prestatieladder 2.0 (23 juni 2011)*, Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen (SKAO), Utrecht 2011.



7. Milieueffecten van het staalconstructieproces van vijf onderzochte projecten: energieverbruik (links) en CO₂-emissies (rechts).

methode te willen zijn, in tegendeel. Het onderzoek is niet meer dan een eerste vingeroefening, waarbij de toepasbaarheid van een mogelijke methode is onderzocht. Daarbij is uiteraard een aantal moeilijkheden gerapporteerd, zoals gebrekkige informatie of registratie, waarmee in de toekomst rekening kan worden gehouden. Het moet mogelijk zijn om uiteindelijk op een eenvoudige en automatische manier de milieueffecten uit een gegevensbank, bijvoorbeeld in de boekhouding van het bedrijf, op te vragen. In die zin nodigt het onderzoek ook uit tot discussie en ideeënvorming. De volgende conclusies kunnen worden getrokken.

1. De waarden van de milieueffecten veroorzaakt door de productie van stalen profielen en platen bedragen 7.300 tot 12.350 MJ/t en 480 tot 800 kgCO₂eq/t. De lagere waarden zijn gebaseerd op 51% gerecycled staal en 49% hergebruik^[7], de hogere waarden op 11% hergebruik^[6]. Voor bruggen lijken de hogere waarden meer gepast, omdat het hergebruik van stalen onderdelen (na afbraak) zeer moeilijk lijkt te zijn. Indien vergeleken met deze waarden, zijn de milieueffecten van het fabricage- en montageproces van grotere stalen bruggen over het algemeen kleiner, maar zeker niet verwaarloosbaar.

2. Hoe groter de complexiteit van een constructie (voor de eenvoud uitgedrukt in uren per ton), hoe groter de milieueffecten. Volledig gelaste bruggen met orthotrope dekken hebben een aanzienlijke grotere milieupact dan de brug met geboude dwarsdragers en betondek. De vastgestelde CO₂-

emissies voor de onderzochte bruggen bedragen (afgerond) 300 à 600 kgCO₂eq/t. Dit is veel meer dan de gemiddelde waarde van ongeveer 260 kgCO₂eq/t indien de totale CO₂-emissies van de staalbouwer (bepaald voor en volgens de CO₂-prestatieladder, na de nodige correcties) wordt gedeeld door het jaarstaalverbruik. De reden ligt voor de hand: meer eenvoudige constructies (zoals gebouwen opgebouwd uit kolommen en liggers) zullen aanzienlijk mindere milieueffecten hebben.

3. Het belang van de transportcomponent wordt des te belangrijker naarmate grotere onderdelen over grotere afstanden over zee worden vervoerd. Het transport van grote projecten die volledig worden samengebouwd aan één kant van de wereld (in lagelonenlanden) en daarna worden verscheept naar de andere (= onze) kant van de wereld, veroorzaakt mogelijk een CO₂-uitstoot van meer dan 1.000 kgCO₂eq/t, veel meer dan het gehele constructieproces. Hier ligt een (gemakkelijk te bereiken) uitdaging voor opdrachtgevers en politici die het menens zijn met reductie van CO₂-uitstoot.

4. De waarden van de CO₂-uitstoot zijn gebaseerd op een conversiefactor voor grijze stroom die inmiddels sterk is gedaald (van 0,615 naar 0,455 kgCO₂eq/kWh). Indien abstractie wordt gemaakt van het transport, dan blijkt de verbruikte energie voor ongeveer 30% uit electriciteit te komen, waarbij die 30% voornamelijk verantwoordelijk zijn voor 50% van de CO₂-uitstoot. Als met de kleinere conversiefactor rekening wordt

gehouden, dan betekent dit een vermindering van 13% van de CO₂-uitstoot.

Verder onderzoek

Het onderzoek heeft gemiddelde waarden opgeleverd met een betere correlatie dan verwacht. Verder en bijkomend onderzoek kan eveneens rekening houden met de volgende punten.

- Meer gegevens: analyse van de milieueffecten van het fabricage- en montageproces van meer infrastructuurprojecten, uitgevoerd door een waaier van staalbouwers.
- Grotere variatie aan constructies: analyse van de milieu-effecten van andere staalconstructies (lichte tot zeer zware constructies, van leuningen tot lichte en zware industriegebouwen, en kleine tot grote kantoorgebouwen).
- Maatregelen tot reductie: onderzoek naar wegen om de milieueffecten te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe verfsystemen inhouden (met een kleiner solventenverbruik). Uit punt 4 blijkt dat ook de elektriciteitsproductie stelselmatig minder CO₂-uitstoot veroorzaakt. Een omschakeling op groene stroom zal een bijzonder gunstig effect hebben.
- Groter perspectief: onderzoek naar de relatie tussen wat is verwezenlijkt (bijvoorbeeld een brugoverspanning) en de milieueffecten. In die zin zou ook de opbrengst van een brug kunnen worden meegerekend. Door de ingebruikname van een brug zullen inderdaad vele wagens, vrachtwagens of treinen minder om moeten rijden. •