

LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX

Product-toepassingsfiche: stalen constructie- elementen voor hergebruik in structurele toepassingen

Mei 2021



La Région et l'Europe investissent dans votre avenir !
Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!





LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX

Auteurs:

Florence Poncelet (WTCB)

Jeroen Vrijders (WTCB)

Contact:

Florence Poncelet (WTCB)

florence.poncelet@bbri.be

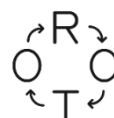
Wij bedanken onze onderzoekspartners, in het bijzonder Sophie Trachte (UCL), Émilie Gobbo, Waldo Galle (VUB), Niels De Temmerman (VUB), Michaël Ghyoot (Rotor), alsook de ondersteunende partners van dit project: Leefmilieu Brussel, BRC-Bouw, Batigroupe en Les Petits Riens, CBB-H en Innoviris.

Wij bedanken ook Audrey Skowron (WTCB) voor de verrijkende discussies.

Dit onderzoek werd financieel ondersteund door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) en door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voor het onderzoeksproject *Le Bâti Bruxellois: Source de nouveaux Matériaux (BBSM)* (Het Brusselse gebouwenpark: bron van nieuwe materialen).

Illustratie op de voorpagina: Rotor asbl/vzw

La Région et l'Europe investissent dans votre avenir !
Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!





LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX

Belangrijke mededeling

Deze fiche moet worden gelezen in aanvulling op het document "Technisch kader voor hergebruikmaterialen: hoe kunnen de technische prestaties van hergebruikmaterialen worden aangetoond?".

De procedure en de prestatiebeoordelingsmethoden die in dit document en deze fiche worden beschreven, zijn niet door de sector gevalideerd en moeten worden beschouwd als mogelijkheden om te verkennen. Deze documenten zijn het resultaat van een onderzoekproject en hebben niet de status van een officieel WTCB-document. Ze mogen dus niet als dusdanig worden gebruikt.

Deze fiche is ook gebaseerd op het protocol dat door het SCI (Steel Construction Institute) is ontwikkeld in het document *Structural Steel Reuse, Assessment, testing and design Principles*. Ze heeft tot doel dit protocol te vergelijken met de BBSM-procedure en is niet bedoeld ter vervanging van dit protocol, dat moet worden geraadpleegd voor alle aanvullende informatie.

La Région et l'Europe investissent dans votre avenir !
Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!



Inhoudsopgave

Inleiding	5
Procedure voor het aantonen van de technische prestaties van stalen constructie-elementen voor hergebruik	7
1. Vaststelling van de eisen voor de beoogde toepassing	7
1.1. Bepaling van de beoogde toepassing	7
1.2. Bepaling van de eisen	8
2. Analyse van de staat en historiek van het product	12
2.1. Identificatie van de materialenvoorraad ('gisement')	12
2.2. Onderzoek van de staat en historiek van de materialenvoorraad	13
3. Bepaling van de noodzakelijke beoordelingsmethoden	15
3.1. Vergelijking van de informatie en bepaling van het noodzakelijke betrouwbaarheidsniveau	15
3.2. Planning van het beoordelingsproces	17
3.3. Strategieën om het betrouwbaarheidsniveau te verhogen	17
4. Beoordeling van de technische prestaties	18
4.1. Controle van de keten	18
4.2. Prestatiebeoordelingsmethoden	19
Bibliografie	23

Inleiding

Deze fiche heeft tot doel de procedure voor het aantonen van de technische prestaties van hergebruikmaterialen, die werd ontwikkeld in het kader van het BBSM-project (Bati Bruxellois : Source de nouveau Matériaux), toe te passen op metalen constructies, voor structureel gerichte toepassingen waarbij de constructies niet onderhevig zijn aan vermoeiing.

Dit document is gebaseerd op het protocol dat door het SCI (Steel Construction Institute) is ontwikkeld en wordt beschreven in het document *Structural Steel Reuse, Assessment, testing and design Principles*¹. Het protocol stelt een onderzoeks- en testsysteem voor om de prestaties van afzonderlijke stalen onderdelen te beoordelen², en zo een nieuwe CE-markering mogelijk te maken. Voorliggend document heeft tot doel dit protocol te vergelijken met de procedure die werd uitgewerkt voor het BBSM-project. Het is gebaseerd op het SCI-protocol en wil dit toepassen op de Belgische context, door het te organiseren volgens de BBSM-procedure.

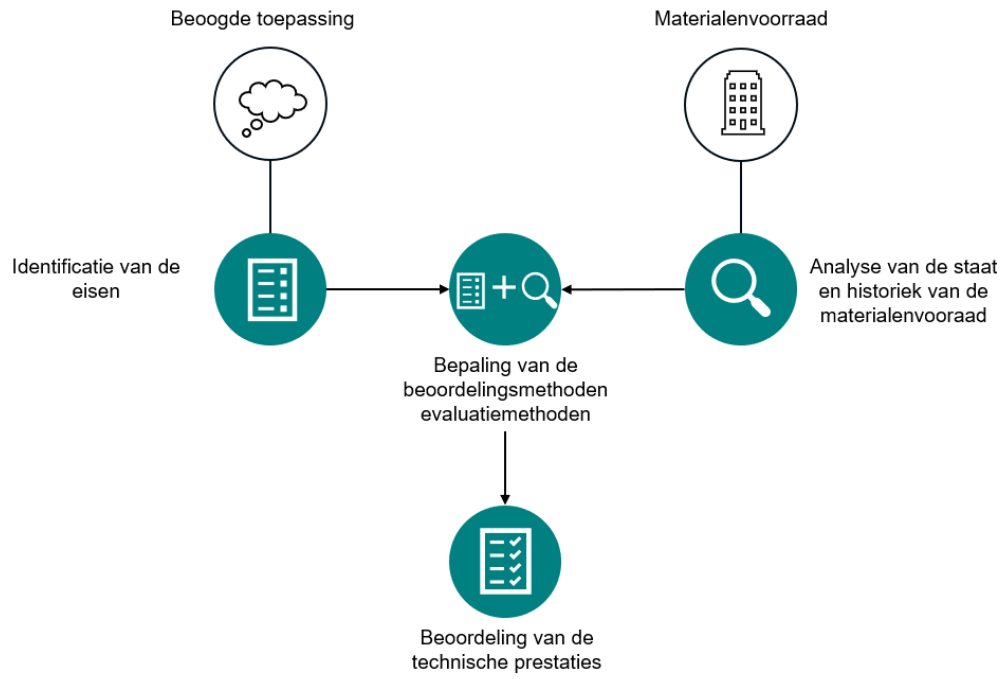
Om dit document voldoende leesbaar te houden, zal het door het SCI ontwikkelde protocol soms "het SCI-protocol" worden genoemd, en de in het kader van het BBSM-project ontwikkelde procedure soms "de BBSM-procedure".

Dit document wordt gestructureerd volgens de 4 stappen die in de bovengenoemde BBSM-procedure zijn ontwikkeld. Het eerste punt heeft betrekking op de bestemming van de gerecupereerde stalen bouwelementen en de voorwaarden voor hergebruik ervan. Er moet worden bepaald wat de nieuwe toepassing is voor de hergebruikelementen en de eraan verbonden eisen. Ten tweede zal de bron worden geanalyseerd. De bestaande situatie maar ook de voorgeschiedenis van de stalen onderdelen worden bestudeerd om een inventaris op te maken. Deze analyse van de bestaande toestand en de historiek van de materialenvoorraad is van essentieel belang, enerzijds om de homogeniteit van een partij te garanderen en anderzijds om op basis van de verzamelde informatie de juiste beoordelingsmethoden te kunnen kiezen. Ten derde zal de informatie die in de eerste twee stappen werd verzameld vergeleken worden om zo voor elke eis de aangewezen beoordelingsmethoden vast te stellen. Ten slotte zullen er o.a. tests, berekeningen of deducties worden uitgevoerd om de gewenste prestaties te beoordelen. Er zullen ook alternatieve beoordelingsmethoden worden ontwikkeld.

Afhankelijk van de situatie kunnen de eerste twee stappen gelijklopend of na elkaar worden uitgevoerd.

¹ https://steel-sci.com/assets/downloads/steel-reuse-event-8th-october-2019/SCI_P427.pdf

² Het door het SCI ontwikkelde protocol is gericht op het hergebruik van afzonderlijke onderdelen, niet op het hergebruik van een volledige constructie, hoewel deze mogelijkheid niet wordt uitgesloten.



Procedure voor het aantonen van de technische prestaties van stalen constructie-elementen voor hergebruik

1. Vaststelling van de eisen voor de beoogde toepassing

1.1. Bepaling van de beoogde toepassing

Om te bepalen welke prestaties moeten worden aangetoond of gecontroleerd, moet eerst de beoogde toepassing worden bepaald, aangezien verschillende toepassingen verschillende eisen stellen. Deze beoogde toepassing kan dezelfde zijn als de oorspronkelijke toepassing van het materiaal, maar kan er ook van verschillen. Als de toepassing onbekend is, bijvoorbeeld voor een handelaar in hergebruikmaterialen, kan men uitgaan van een algemene toepassing, rekening houdend met de meest gangbare toepassingen.

De strategie die wordt gehanteerd in het kader van het door het SCI ontwikkelde protocol, bestaat erin het hergebruik van stalen elementen te beperken tot bepaalde toepassingen waarvoor geen al te hoge ductiliteit vereist is. Zo kunnen hergebruikte stalen elementen worden hergebruikt in constructies van gevolgklassen³ 1,2,3 zoals gedefinieerd in de Eurocodes voor constructies (zie EN 1990), met aanvullende eisen in het geval van klasse 3⁴.

Het door het SCI ontwikkelde protocol heeft echter geen betrekking op de volgende beoogde toepassingen:

- Constructies die onderhevig zijn aan vermoeiing (bv. onderdelen van bruggen)
- Plastisch geanalyseerde structuren die berusten op de vorming van plastische scharnieren
- Draagconstructies die zijn blootgesteld aan seismische belastingen

³ Deze klassen zijn gebaseerd op de veronderstelde gevolgen van bezwijken en de blootstelling van de constructies aan potentiële gevaren.

⁴ Gevolgklasse 3 (CC3) heeft grote gevolgen in termen van verlies van mensenlevens, of zeer grote economische, sociale of milieugevolgen.

1.2. Bepaling van de eisen

In de Belgische regelgeving worden enkele eisen vastgelegd. Naast deze regelgeving bepaalt de norm NBN EN 1090-2 *Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies - Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies* de kenmerken die moeten worden gespecificeerd wanneer de samenstellende producten van de staalconstructies niet onder de vermelde normen vallen. Het protocol van het SCI is gebaseerd op deze eisen in het kader van zijn CE-markering. Deel 1 van dezelfde norm (*Deel 1: Eisen voor het vaststellen van de conformiteit van constructieve onderdelen*) legt de eisen vast voor constructie-elementen van staal. Deze eisen worden ook in aanmerking genomen in het kader van de BBSM-procedure.

Basiseisen

De basiseisen worden in het kader van deze procedure gedefinieerd als de prestaties die wettelijk vereist en/of noodzakelijk zijn opdat het materiaal geschikt zou zijn voor het beoogde gebruik, rekening houdend met de gezondheid en veiligheid van de betrokken personen tijdens de volledige levensduur van het bouwwerk. De grijs gekleurde kenmerken zijn kenmerken die werden opgenomen in het door het SCI ontwikkelde protocol. De andere eisen werden toegevoegd in het kader van dit document.

Basiseisen	Kenmerken van de constructieve onderdelen/elementen van staal	Te bereiken of op te geven prestatie ⁵		Toepassing
		Op te geven klassen of niveaus	Te bereiken klassen of niveaus	
Mechanische sterkte en stabiliteit	Sterkte	Rekgrens	Drempelwaarde om staalklasse te bereiken	Alle (structureel)
		Treksterkte	Drempelwaarde om staalklasse te bereiken	Alle (structureel)
	Uitrekking		Drempelwaarde om staalklasse te bereiken	Alle (structureel)
	Eisen met betrekking tot insnoering			Indien nodig (voor sommige verbindingen – meestal niet nodig)
	Maat- en vormtoleranties			Alle (structureel)
	Schokbestendigheid of taaiheid		Drempelwaarde om de staalklassen te bereiken	Indien nodig (staal dat wordt blootgesteld aan lage temperaturen, ...)
	Warmtebehandelingstoestand			Alle (structureel)
	Eis in de dikterichting	Kwaliteit Z		Indien nodig
	Beperkingen op interne onderbrekingen of scheuren in de laszones			Indien nodig
	Geschiktheid om te lassen of 'lasbaarheid'	Classificatie volgens het groepsindelingssysteem voor materialen zoals gedefinieerd in ISO/TR 15608 of	Drempelwaarde om staalklasse te bereiken	Als het staal moet worden gelast
		Maximumgrens voor het koolstofequivalent van staal of		
Voldoende gedetailleerde opgave van de chemische samenstelling, zodat het koolstofequivalent kan worden berekend				

⁵ Zie de aanvullende voorwaarden met betrekking tot de opgegeven niveaus en klassen in de wetgeving en normen met betrekking tot de maatregelen voor de uitvoering van deze eisen.

Veiligheid bij brand	Brandreactie ⁶	Brandreactieklasse	Moet voldoen aan de voorwaarden van het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing.	Voor structurele elementen bestemd voor gebruik in gebouwen die aan brandwerendheids eisen moeten voldoen. Geldt voor structuren
	Brandweerstand			Geldt voor structuren
Hygiëne, gezondheid en milieu	Gevaarlijke stoffen ⁷	Opgave van emissies/gehalte aan gevaarlijke stoffen	Geen uitstoot van cadmium en geen uitstraling van radioactiviteit	Alle toepassingen Geldt voor structuren
Duurzaamheid	Duurzaamheid	Corrosiebescherming	Drempelwaarde om staalklasse te bereiken	Geldt voor structuren, naargelang de toepassing

⁶ Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing bepaalt dat de eisen inzake brandreactie niet van toepassing zijn in de volgende gevallen: industriële gebouwen, gebouwen met maximaal 2 verdiepingen en een oppervlakte $\leq 100\text{m}^2$ en eengezinswoningen.

⁷ De Belgische eisen inzake binnenluchtkwaliteit zijn momenteel alleen van toepassing op vloerbedekkingen. Wat gevaarlijke stoffen betreft, bevat de Europese REACH-verordening (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, 2007) een lijst met stoffen die niet mogen worden gebruikt.

Aanvullende eisen

De aanvullende eisen worden in het kader van deze procedure gedefinieerd als de eisen met betrekking tot de gebruiksgeschiktheid van het product (niet opgenomen in de basiseisen) en de eisen met betrekking tot de uitvoerings- of esthetische keuzes.

Kenmerken van de constructieve onderdelen/ elementen van staal	Te bereiken of op te geven prestatie ⁸		Toepassing
	Op te geven klassen of niveaus	Te bereiken klassen of niveaus	
Staat van het oppervlak	Geen deuken, krassen, verfvlekken, ...		Specifieke toepassingen
Afwerking	Verf, ...		Specifieke toepassingen

⁸ Zie de aanvullende voorwaarden met betrekking tot de opgegeven niveaus en klassen in de wetgeving en normen met betrekking tot de maatregelen voor de uitvoering van deze eisen.

2. Analyse van de staat en historiek van het product

2.1. Identificatie van de materialenvoorraad ('gisement')

Ter informatie: de "materialenvoorraad" wordt in het kader van de BBSM-procedure gedefinieerd als alle materialen of elementen van dezelfde soort die in een welbepaald gebied worden aangetroffen en die vergelijkbare kenmerken en een vergelijkbare historiek hebben.

Het protocol van het SCI lijkt zich aan te sluiten bij deze definitie: het definieert *groepen*, gedefinieerd als een aantal teruggewonnen elementen die:

- identiek zijn (zelfde vorm, grootte en verbindingdetails, ...)
- dezelfde oorspronkelijke functie hebben (dezelfde structurele functie: bijvoorbeeld: kolommen, ...)
- dezelfde bronconstructie, dezelfde oorsprong hebben

Bovendien hebben deze *groepen* een vastgestelde maximale totale massa van 20 ton.

Dit SCI-protocol is gebaseerd op de kennis van de oude toepassing. Kennis van de materialenvoorraad is dus een eerste vereiste van deze methode. Het document legt de nadruk op de noodzaak van traceerbaarheid van elk element. De informatie die wordt verzameld tijdens het onderzoek van de staat en historiek van de materialenvoorraad (punt 2.2) moet daarom zorgvuldig worden bewaard voor elk onderdeel van de geïdentificeerde materialenvoorraad.

In de praktijk zijn de stalen elementen die men op de hergebruikmarkt vindt afkomstig van verschillende bronnen, en zijn ze soms verzameld zonder enige informatie over hun oorsprong. Het lijkt dan ook interessant als het SCI-protocol zou kunnen worden aangepast aan deze elementen van onbekende oorsprong. Een andere mogelijkheid zou zijn de traceerbaarheid van deze elementen te verbeteren.

In het geval van dit protocol wordt er dus van uitgegaan dat de materialenvoorraad nog steeds aanwezig is, of dat er reeds een aantal gegevens zijn verzameld die aan de verschillende elementen van de constructies kunnen worden gekoppeld.

Eerdere toepassingen

Het protocol beperkt de eerdere toepassingen die worden aanvaard. Is toegestaan:

- Staal dat niet aan vermoeiing onderhevig is geweest
- Staal dat binnen zijn elastisch bereik is gebleven (niet-geplastificeerd)

Naast de hierboven genoemde eerdere toepassingen, beperkt het SCI-protocol zich tot:

- Staal zonder significant verlies (< 5% van de dikte) van doorsnede ten gevolge van corrosie. Daarom moet bijzondere aandacht worden besteed aan toepassingen waarbij corrosie kan optreden: ondergrondse constructies, constructies die zijn blootgesteld aan een hoge vochtigheidsgraad, ...
- Staal dat niet aan vuur is blootgesteld
- Staal gebouwd na 1970 (= beschouwd als vallend onder de ontwerpprincipes van de moderne normen: EN 10025 en 10219)
- Bovendien worden geassembleerde onderdelen niet aanvaard, tenzij de lasnaden zijn getest.

Informatie over deze criteria kan worden verzameld tijdens het onderzoek van de staat en de historiek van de materialenvoorraad.

2.2. Onderzoek van de staat en historiek van de materialenvoorraad

In deze stap kan uitgebreide informatie worden verzameld over de oorspronkelijke en/of huidige kenmerken van de materialenvoorraad, enerzijds door zoveel mogelijk informatie te verzamelen over de staat ervan, maar ook alle relevante informatie over de historiek en de oorspronkelijke prestaties. In het geval van het SCI-protocol moet deze inventarisatie worden uitgevoerd vóór de ontmanteling of deconstructie van alle elementen. Tijdens de ontmanteling zal het belangrijk zijn om de traceerbaarheid van de verzamelde informatie goed bij te houden totdat de beoordeling van de prestaties is voltooid.

Hieronder volgt een niet-uitputtende lijst van informatie die kan worden verzameld (informatie die moet worden verzameld volgens het SCI-protocol is vetgedrukt):

2.2.1 *Informatie over het product "ID-kaart"*

- "curriculum vitae": productiedatum van het staal (of informatie waaruit die kan worden afgeleid), fabrikant, uitvoeringsdatum, ...
- Technische informatie (staalklasse, afmetingen van de doorsnede, geometrische informatie, aanwezigheid van merkteken, oorspronkelijke bestekken, technische fiches, eigenschappen, verwijzing naar de geldende norm, tekeningen, lijst van elementen etc.), corrosiebescherming, ...
- Visuele aspecten: staat van het oppervlak, homogene staat, verf, soort coating en dikte, aanwezigheid van schade (tekenen van corrosie, vermindering van de dikte, tekenen van blootstelling aan vuur, deuken, vlakheid, oppervlaktegebreken door roest of walshuid, tekenen van plasticiteit, ...)
- Aanwezigheid van verbinding: bouten, lasnaden, ... en informatie over de verbindingen zelf

- Kwantitatieve aspecten: verliespercentage, geschatte hoeveelheid, etc.

2.2.2 *Informatie over de toepassing*

- Soort bouwwerk
- Bouwdatum van het bouwwerk
- Regelgeving die van kracht was bij de bouw van het bouwwerk
- Plaats van het bouwwerk (aan zee, ...)
- Soort(en) oorspronkelijke toepassing(en), structurele functie (bijvoorbeeld: kolom)
- Structurele informatie: aanwezigheid van windverbanden, verstijvingen, etc.
- Lijst van de elementen waaruit de constructie is opgebouwd
- Plaats in het gebouw (afhankelijk van zijn plaats, kan het product aan buitengewone belastingen zijn blootgesteld geweest):
 - Gebruik binnen/buiten
 - Plaats in de staalconstructie (blootgesteld aan meer of minder spanningen)

2.2.3 *Informatie over uitvoering en onderhoud*

- Behandelingen, eventuele verven (data, gebruikte producten, chemische samenstelling, etc.)
- Eventuele reparaties
- Controle van verbindingen, lassen, verven, etc.
- Ook de staat van de volledige constructie en van de materialen die hiervoor zijn gebruikt, zal worden geïnspecteerd (sporen van brand, etc.)

3. Bepaling van de noodzakelijke beoordelingsmethoden

3.1. Vergelijking van de informatie en bepaling van het noodzakelijke betrouwbaarheidsniveau

De informatie die tijdens de eerste twee stappen werd verzameld, kan in deze stap worden vergeleken. Zoals beschreven in de BBSM-procedure, schrijft het SCI-protocol verschillende beoordelingsmethoden voor op basis van verschillende criteria:

- Naargelang de beoogde toepassing. Zo zal bij gebruik in een constructie van gevolgklasse 3 een hogere mate van betrouwbaarheid nodig zijn voor de beoordeling van bepaalde prestaties.
- Naargelang de informatie die werd verzameld tijdens het onderzoek van de staat en de geschiedenis van het product. Om de prestaties te kunnen beoordelen volgens de door het SCI aanbevolen methoden, zal het noodzakelijk zijn om de in punt 2 genoemde informatie te verifiëren.

De onderstaande tabel plaatst enkele visuele of documentaire gegevens naast elkaar die rechtstreeks in verband kunnen worden gebracht met de te beoordelen prestaties (in het grijs, volgens het SCI-protocol). Alleen het feit dat deze informatie hier wordt aangetroffen, volstaat niet om aan te tonen dat het product voldoet aan de eisen die gelden voor de beoogde toepassing. Een beoordeling van de prestaties is noodzakelijk (zie stap 4).

Prestaties	Relevante informatie	
	Visueel	Documentair
Sterkte en ductiliteit	Geen spoor van plastische vervorming waargenomen op het oppervlak	Productiedatum > 1970
	Geen tekenen van doorsnede-verlies door corrosie. Ook de binnenkant van holle buizen moet worden geïnspecteerd.	Oude toepassing (die niet tot plastische vervormingen hebben geleid)
Uitrekking	Geen spoor van plastische vervorming waargenomen op het oppervlak	
	Geen tekenen van doorsnede-verlies	
Eisen met betrekking tot insnoering		
Maat- en vormtoleranties	Afmetingen, vlakheid, vervormingen	Geometrische informatie
Schokbestendigheid of taaiheid		Productiedatum > 1970
Warmtebehandelingstoestand		Informatie over de warmtebehandelingstoestand
Eis in dikterichting		
Beperkingen op interne onderbrekingen of scheuren in de laszones		
Geschiktheid om te lassen of 'lasbaarheid'		Opgave van de chemische samenstelling
Brandreactie ⁹	Eventuele coatings	Opgegeven initiële prestaties
		Regelgeving die van kracht was tijdens de initiële uitvoering
Brandweerstand		Opgegeven initiële prestaties
		Regelgeving die van kracht was tijdens de initiële uitvoering
Gevaarlijke stoffen ¹⁰	Aanwezigheid van verven, corrosiebescherming, etc.	Chemische samenstelling, aanwijzingen van eventuele behandelingen
		Regelgeving die van kracht was tijdens de initiële uitvoering
Duurzaamheid	Tekenen van corrosie, aanwezigheid van corrosiebescherming ...	Opgave van de chemische samenstelling

⁹ Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing bepaalt dat de eisen inzake brandreactie niet van toepassing zijn in de volgende gevallen: industriële gebouwen, gebouwen met maximaal 2 verdiepingen en een oppervlakte $\leq 100\text{m}^2$ en eengezinswoningen.

¹⁰ De Belgische eisen inzake binnenluchtkwaliteit zijn momenteel alleen van toepassing op vloerbedekkingen. Wat gevaarlijke stoffen betreft, bevat de Europese REACH-verordening (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, 2007) een lijst van stoffen die niet mogen worden gebruikt.

3.2. Planning van het beoordelingsproces

Om de in het protocol beschreven beoordelingen te kunnen uitvoeren, moeten vooraf een aantal visuele/documentaire controles zijn gerealiseerd (zie punt 2 en 4).

3.3. Strategieën om het betrouwbaarheidsniveau te verhogen

Wanneer de beschikbare beoordelingsmethoden geen voldoende betrouwbaarheid lijken te bieden, of te duur zijn, kunnen andere strategieën worden toegepast:

- Combinatie van beoordelingsmethoden: In het SCI-protocol worden verschillende soorten beoordelingsmethoden gecombineerd om bepaalde prestaties te verifiëren. Voor de beoordeling van bepaalde prestaties schrijft het protocol bijvoorbeeld een niet-destructieve beproeving voor van alle elementen (controle van de keten) om de homogeniteit van de partij te controleren, en vervolgens destructieve beproevingen op slechts enkele monsters.
- Ontwerpstrategieën:
 - In het SCI-protocol worden globale plastische analyses niet aanbevolen. Het wordt veiliger geacht om het bij elastische analyses te houden.
 - Het SCI-protocol voorziet in de wijziging van de veiligheidscoëfficiënt bij de berekening van de kniksterkte: $\gamma_{M1, \text{mod}} = 1,15 \gamma_{M1}$
- Beperking van de toepassingen:
 - Zoals beschreven in punt 1.1, beperkt het SCI-protocol de beoogde toepassingen.
 - Er zou een andere strategie, die niet in het SCI-protocol wordt beschreven, kunnen worden ontwikkeld op basis van het cascadeprincipe. Het principe bestaat erin de hergebruikte elementen te hergebruiken voor minder veeleisende toepassingen. Deze toepassingen zouden al dan niet structureel kunnen zijn. Hierbij wordt verondersteld dat de oude toepassing bekend is (zie punt 2 en 4).

4. Beoordeling van de technische prestaties

Om de in het protocol beschreven beoordelingen te kunnen uitvoeren, moeten vooraf een aantal visuele/documentaire controles zijn uitgevoerd (zie punt 2). Ter herinnering, het betrof hier:

- Informatie over de productiedatum van het staal: staal geproduceerd na 1970.
- Informatie over de aanwezigheid van verbindingen en de verbindingen zelf
- Geen tekenen van doorsnede-verlies door corrosie
- Geen tekenen van blootstelling aan vuur
- Geen spoor van plasticiteit waargenomen op het oppervlak
- Geometrische informatie (afmetingen, vlakheid, etc.)

4.1. Controle van de keten

Volgens het protocol moet, voorafgaand aan de prestatiebeoordeling en na de afbraak, voor alle elementen een inspectie worden uitgevoerd en een registratie van de volgende kenmerken:

- Afmetingen (doorsnede en lengte) te beoordelen op basis van de toleranties
- Lineariteit (te beoordelen op basis van de toleranties)
- Elk doorsnede-verlies
- Teken van beschadiging of plastische spanning

4.2. Prestatiebeoordelingsmethoden

Onderstaande tabel beschrijft de beoordelingsmethoden die zijn voorgeschreven door het SCI-protocol. Hun overeenstemming met de soorten methoden die in de BBSM-procedure worden beschreven, is aangegeven in de tweede kolom.

Prestaties	Beoordelingsmethoden	Beschrijving	Resultaat
Sterkte (rekgrens en uiterste treksterkte)	Beoordeling door niet-destructieve proeven (gecorrleerde beproeving) in combinatie met een controle van de keten	<p><u>Beoordeling door niet-destructieve proeven (gecorrleerde hardheidsbeproeving) in combinatie met een controle van de keten</u></p> <p>De niet-destructieve proeven worden gebruikt om de klasse van het staal te bepalen. De op te geven waarden voor de rekgrens en de bezwijksterkte zijn de waarden die in de normen beschreven staan voor de vastgestelde staalklasse. De niet-destructieve proeven worden ook gebruikt om de homogeniteit van de elementen van de partij te controleren. Alle elementen moeten dus worden getest.</p> <p>De correlatie tussen de hardheid en de sterkte van het staal wordt gebruikt via EN ISO 18265. Deze relatie hangt af van het type hardheidstest. De proeven moeten worden uitgevoerd op de randen van de elementen, waar het minste spanning optreedt tijdens het gebruik. Eventuele oppervlaktebehandelingen moeten van het beproefde gebied zijn verwijderd. Er moeten 3 metingen worden verricht op dezelfde plaats, waarvan het gemiddelde moet worden berekend. Indien dit gemiddelde meer dan 10% verschilt van de andere onderdelen van de materialenvoorraad, moet dit onderdeel uit de materialenvoorraad worden verwijderd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Bepaling van de klasse van het staal Controle van de homogeniteit
	+ Beoordeling door middel van destructieve proeven	<p><u>Beoordeling door middel van destructieve proeven</u></p> <p>De destructieve trekproeven worden beschreven in ISO 6892. Hiermee kunnen de rekgrens, de bezwijksterkte, de verhouding van de rekgrens tot de bezwijksterkte, en de rekspanning bij breuk worden bepaald om de eerder bepaalde staalklasse te bevestigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Niet-statistische proeven: Voor staal dat moet worden gebruikt in constructies van gevolgklasse 1 en 2 is slechts één destructieve proef (willekeurig gekozen) vereist om de beoordeling via de niet-destructieve proeven (gecorrleerde hardheidsbeproeving) te bevestigen. 	Bevestiging van de klasse van het staal

	+ Indirecte beoordeling: gebruik van getabelleerde waarden	<p><u>Commentaar:</u> Deze door het SCI voorgestelde methode houdt naar onze mening een zeker risico in. Ze lijkt niet voldoende om een karakteristieke waarde vast te stellen. Statistische proeven, zoals aanbevolen in de normen en zoals hieronder aangegeven, kunnen ervoor zorgen dat de prestaties van het element betrouwbaarder zijn. Volgens de normen zijn er 3 proeven nodig om een karakteristieke waarde vast te stellen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Statistische proeven: Als het staal moet worden gebruikt in een gevolgklasse 3, is een hogere mate van betrouwbaarheid vereist en moet het aantal destructieve proeven worden verhoogd, ter aanvulling van een beoordeling volgens EN 1990. Binnen de materialenvoorraad moeten er minimaal 3 destructieve proeven worden uitgevoerd om de karakteristieke waarde vast te stellen. Door het aantal proeven te verhogen, kan ook de nauwkeurigheid worden verhoogd van de karakteristieke waarde die volgens de wet van Student wordt berekend voor een eenzijdig betrouwbaarheidsinterval van 95%. (volgens NBN EN 1990). 	
		<p><u>Combinatie van methoden en gebruik van getabelleerde waarden</u> De resultaten van de destructieve en niet-destructieve proeven (gemiddelde waarden, minimum- en karakteristieke waarden, verhouding van de rekgrens tot de bezwijksterkte) worden vergeleken met de theoretische sterkte waarden die verbonden zijn met de staalklasse-waarden. Elk element van de materialenvoorraad moet voldoen aan de minimale rekgrenswaarde.</p> <p><u>Commentaar:</u> Deze door het SCI voorgestelde methode houdt naar onze mening een zeker risico in op overwaardering van de staalklasse. Volgens de normen mag de vergelijking tussen de proefondervindelijke waarde en de theoretische waarde alleen gebeuren op basis van de karakteristieke waarden en niet op basis van de gemiddelde waarden.</p>	Bepaling van de klasse van het staal
	+ Controle van de keten	Visuele inspectie van elk element, controle van de toleranties om na te gaan of er geen plastische vervorming heeft plaatsgevonden en of de "ductiliteitsreserves" niet zijn aangetast in vergelijking met nieuw staal.	Nagaan of er zich geen plastische vervorming heeft voorgedaan
Maat- en vormtoleranties	Controle van de keten (metingen van alle elementen)	Het SCI-protocol geeft aan volgens welke normen de verschillende soorten elementen moeten worden gemeten en hun toleranties moeten worden gecontroleerd.	Elementen waarvan de toleranties aanvaardbaar zijn

		<p><u>Afmetingen van de dwarsdoorsnede</u> Alle onderdelen moeten worden gemeten.</p> <p><u>Gebrek aan rechtheid</u> De rechtheid van elk onderdeel in beide assen moet worden gemeten en vergeleken met de toegestane afwijkingen in NBN EN 1090-2. Onderdelen die buiten de toegestane afwijkingen vallen, moeten tijdens de remanufacturing worden aangepast.</p> <p><u>Commentaar:</u> Gebrek aan rechtheid moet met zorg worden bekeken. Dit zou kunnen wijzen op een plastische vervorming.</p>	volgens de normen, worden behouden.
Schokbestendigheid of taatheid	Indirecte beoordeling: gebruik van standaardwaarde	<p><u>Voor binnengebruik, zonder blootstelling aan vermoeiing</u> De kwaliteit JR kan worden bepaald zonder beproeving (laagste kwaliteitsniveau).</p>	Staalkwaliteit
	Beoordeling door destructieve beproeving voor specifieke toepassingen	<p><u>Voor specifieke toepassingen, bv. sterk belaste dikke staalsoorten die aan lage temperaturen worden blootgesteld, of om te bewijzen dat het staal sterker is (economisch voordeel)</u> De elementen moeten beproefd worden volgens NBN EN 10025-1. Er moeten 6 monsters worden beproefd, die zijn genomen op de in de norm aangegeven plaatsen.</p> <p><u>Commentaar:</u> Het SCI-protocol lijkt zich aan de veilige kant te situeren voor de beoordeling van deze prestaties, aangezien de norm NBN EN 10025-1 in de meeste gevallen 3 monsters voorschrijft, en slechts in enkele specifieke gevallen 6.</p>	
Warmtebehandelingstoestand	Indirecte beoordeling - Standaardwaarde	Holle profielen worden koud of warm gevormd. Het is aangewezen ervan uit te gaan dat alle holle profielen voor hergebruik koud zijn gevormd volgens EN 10219.	
Maximumgrens voor het koolstofequivalent van staal of	Indirecte beoordeling - Kennis van de prestaties	Op te geven maximumwaarde op basis van de testcertificaten	<ul style="list-style-type: none"> • Koolstofequivalent van het staal
Voldoende gedetailleerde opgave van de chemische samenstelling, zodat zijn koolstofequivalent (en zijn lasbaarheid) kan worden berekend	Controle van de keten (niet-destructief)	<p><u>Controle van de keten (niet-destructieve proeven)</u> De chemische samenstelling van elk onderdeel zou moeten worden getest en geregistreerd. Indien een element meer dan 10% verschilt van de gemiddelde waarde van de materialenvoorraad, zal dit onderdeel uit de materialenvoorraad worden verwijderd.</p> <p>De test bestaat uit een optische-emissiespectroscopie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Koolstofequivalent van het staal • Homogeniteit

	+ Beoordeling door middel van destructieve proef	<p><u>Destructieve proef:</u> Bij deze methode wordt een spaan geanalyseerd die uit een geboorde holte is genomen (op een plaats met weinig spanning). Niet-statistische proeven:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voor de gevolklassen 1 en 2: er mag slechts 1 representatief onderdeel worden getest <p>Voor de gevolklassen 3: als er minimaal 3 monsters worden getest, is een statistische analyse niet nodig.</p>	Koolstofequivalent van het staal
	Combinatie	Het koolstofequivalent van het staal moet de maximumwaarde zijn die werd vastgesteld bij de niet-destructieve en destructieve beproeving.	Koolstofequivalent van het staal

Bibliografie

- SCI, *Structural Steel Reuse, Assessment, Testing and Design Principles*, 2019
- WTCB (*Typebestek-Gebouwen*), [online] <https://batiments.wallonie.be/home/iframe-html.html>
bijgewerkt op 08/12/20

Normatieve referenties

- NBN EN 1090-1+A1: "Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies" – Deel 1: Eisen voor het vaststellen van de conformiteit van constructieve onderdelen
- NBN EN 1090-2: "Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies" Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies.
- NBN EN 1090-3: "Uitvoering van de staalconstructies en aluminiumconstructies" Deel 3: Technische eisen voor aluminiumconstructies.
- NBN EN 1090-4: "Uitvoering van de staalconstructies en aluminiumconstructies" Deel 4: Technische eisen voor dunwandige, koudgeformde stalen elementen en constructies voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen.
- NBN EN 1090-5: "Uitvoering van de staalconstructies en aluminiumconstructies" Deel 5: Technische eisen voor dragende, dunwandige, koudgeformde bouwelementen en bouwdelen voor dak-, plafond-, vloer- en muurtoepassingen uit aluminium.
- NBN EN 1990 ANB, Eurocode: Grondslag voor het constructief ontwerp.
- NBN EN 1991 (alle delen), Eurocode 1: Belastingen op constructies.
- NBN EN 1993 (alle delen), Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies.
- NBN EN 1994 (alle delen), Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies.
- NBN EN 1998 (alle delen), Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies.
- NBN EN 1999 (alle delen), Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies.
- NBN EN 10164, Producten van staal met verbeterde vervormingseigenschappen loodrecht op het productoppervlak - Technische leveringsvoorwaarden.
- NBN EN 13501-1, Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag.
- NBN EN 13501-2, Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 2: Classificatie op grond van resultaten van brandwerendheidsproeven, behalve voor ventilatiesystemen.
- NBN EN ISO 9001, Kwaliteitsmanagementsystemen - Eisen (ISO 9001:2000).
- NBN EN ISO 14731, Lascoördinatie - Taken en verantwoordelijkheden (ISO 14731:2006).
- NBN ISO 7976-1, Maatafwijkingen voor gebouwen - Meetwijzen voor gebouwen en bouwwaren - Deel 1: Werkwijze en instrumenten.
- NBN ISO 7976-2, Maatafwijkingen voor gebouwen - Meetwijzen voor gebouwen en bouwwaren – Deel 2: Ligging van meetpunten.

Voor meer informatie:

- De Fondation Bâtiment Energie wenste het onderzoek te ondersteunen naar de prestatiebeoordeling met het oog op hergebruik voor acht productfamilies,

en zo een kader aan te reiken om deze opkomende praktijken veilig te stellen. Het volgende document werd opgesteld over staalskeletelementen:

Fondation Bâtiment Energie, *Economie Circulaire des Bâtiments, Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des éléments d'ossature en acier*, [pdf online], <http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-ossature-V9.pdf> december 2020

- PROGRESS-project: PROvisions for a Greater REuse of Steel Structures (2017-2020). Het PROGRESS-project reikt methodologieën, instrumenten en aanbevelingen aan voor het hergebruik van componenten op basis staal van bestaande en geplande gebouwen: <https://www.steelconstruct.com/eu-projects/progress/>
- Onlangs werd een initiatief gelanceerd om een NTA (Nederlandse Technische Afspraak) op te stellen voor het hergebruik van stalen elementen. De publicatie is gepland voor begin 2022.