

TNO Bouw en Ondergrond

Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 15 276 30 00
F +31 15 276 30 10
wegwijzer@tno.nl

TNO-rapport

TNO-034-DTM-2010-01104

Veiligheidseisen bij verbouw bestaande bruggen

Datum 16 april 2010

Auteur(s) A.C.W.M. Vrouwenvelder
N.P.M. Scholten (ERB)

Opdrachtgever Intern

Projectnummer

Aantal pagina's 16 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen 2

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vernoemguldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Eisen volgens Eurocode en NEN 8700	3
2	Partiële factoren voor bruggen op Eurocode-niveau	5
3	Huidige regelgeving NEN 6700 en Bouwbesluit 2003 (veiligheidsklasse 3).....	6
4	Voorstel aanpassing MR.....	7
5	Ondertekening	8

Bijlagen:

BIJLAGE 1: Probabilistische berekeningen Bestaande Bruggen

BIJLAGE 2: Proeve van een aanpassing van de huidige MR

Opgesteld door Expertisecentrum Regelgeving Bouw in overleg met
TNO, RWS, NEN (TGB-plenair) en MVROM:

1 Eisen volgens Eurocode en NEN 8700

Voor bruggen streeft Rijkswaterstaat bij berekeningen volgens de Eurocode naar een indeling van bruggen in het rijkswegennet naar gevolklasse CC3. Voor andere bruggen en/of minder belangrijke onderdelen kan dit CC2 zijn. Voor de overzichtelijkheid beperken we ons hier in eerste instantie tot CC3. Dit niveau ligt hoger dan de huidige veiligheidsklasse 3 volgens de NEN 6702. Rijkswaterstaat heeft ook altijd beweerd dat men voor bruggen een hogere veiligheid nastreefde dan de hoogste NEN 6702 klasse, maar hoeveel dit was is nooit via berekeningen nader gekwantificeerd.

We gaan er in deze notitie verder van uit dat Rijkswaterstaat voor bruggen zal overgaan tot het hanteren van het verificatieformat "6.10a en 6.10b". In de huidige concepttekst van de Nederlandse Nationale Bijlage staat nog dat gebruik gemaakt zal worden van 6.10. Voor nieuwbouw CC3 dienen daarbij factoren 1.50 voor zowel eigen gewicht als verkeer gehanteerd te worden; bij CC2 is dat 1.35.

Volgens de huidige Eurocodes, de NEN 8700 en TNO-rapport 2008-D-R0015 dienen voor nieuwbouw, verbouw en afkeurgrens (in wettelijk jargon het aanschrijvingsniveau) van bestaande bouw voor gebouwen in CC3 de volgende waarden in acht te worden genomen:

Tabel 1: Eurocode+NEN 8700, CC3 (Gebouwen)

	Γ_{jr}	Beta	Partiële factor				
			Blijvend 6.10a	Blijvend 6.10b	Verkeer	Wind	Overig veranderlijk
nieuwbouw	100	4,3	1,50	1,30	1,50	1,65	1,65
verbouw	15-50	3,8	1,40	1,30 ^a	1,35 ^b	1,50	1,50 ^a
afkeurgrens	1 / 15	3,3	1,30	1,20	1,20 ^b	1,50	1,30

^a Dit zijn sterk afgeronde waarden, 1.25 respectievelijk 1.45 zou voldoende zijn

^b Deze waarden hebben op dit moment geen officiële status en kunnen ook niet direct uit de TNO-studie (die primair voor gebouwen was opgezet) geconcludeerd worden: de waarde van 1,35 voor verbouw sluit aan bij de nieuwbouwwaarde voor CC2, waarvoor ook beta=3.8 geldt; de waarde van 1.20 voor afkeuren is uit deze twee waarden geëxtrapoleerd.

Opmerkingen:

(1) Volgens de thans vigerende Woningwet dient bij verbouw in eerste instantie het nieuwbouwniveau te worden aangehouden en hebben gemeenten de bevoegdheid hiervan in voorkomende gevallen ontheffing te verlenen. Gelet op artikel 1.11 van het Bouwbesluit 2003 is het de bedoeling dat gemeenten daarbij normaliter niet lager gaan dan het reeds verkregen niveau, waarbij geldt dat het niveau bestaande bouw (aanschrijfniveau) nimmer mag worden onderschreden. Het toepassen van het aanbevolen minimale verbouwniveau is zodoende alleen toegestaan indien het nieuwbouwniveau onevenredig duur zou uitvallen of om andere gemotiveerde redenen niet realiseerbaar is en daarvoor dient een op de casus toegesneden

ontheffing te worden verleend.

(2) VROM en RWS willen echter graag het genoemde verbouwniveau als de standaard invoeren in de vorm van een verplichte ontheffing en een eventuele verhoging van dit niveau overlaten aan de resultaten van een vrijwillig uitgevoerde economische LCC berekening. Daarvoor is in de Invoeringswet Wet algemene bepalingen omgevingsrecht in artikel 9.15 een wijziging van artikel 6 van de Woningwet voorzien. Dit zal in de praktijk naar verwachting leiden tot een overall verlaging van het veiligheidsniveau bij verbouw. Daar staat tegen over dat voor belangrijke gebouwen en bruggen met de nabije invoering van de Eurocode het veiligheidsniveau weer iets zal toenemen. Dat gaat echter om een beperkt aantal bouwwerken, terwijl voor het overgrote deel van de bouwwerken dus de veiligheid zal afnemen na een renovatie t.o.v. wat tot dusverre als noodzakelijk werd gevonden. Feitelijk zijn dit beslissingen die door de politiek (bewust) genomen zouden moeten worden.

(3) Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de verbouwingen alleen van toepassing zijn op de daadwerkelijk verbouwde onderdelen en niet op andere onderdelen van de constructie, zelfs niet als die als gevolg van de verbouw of anderszins zwaarder belast zouden raken. Bij het geheel vernieuwen van een bouwwerk zijn bij bovenstaande benadering toch zeker wel vraagtekens te plaatsen.

Bij verbouw en afkeuren worden de partiële factoren voor de sterkte niet verlaagd. Deze verlaging is al verwerkt in de belastingfactoren. Indien men aan de sterktekant opnieuw rekent of meet mag men dit uiteraard wel in de karakteristieke waarde voor de sterkte verwerken.

De restlevensduur voor bestaande bouw bedraagt 1 jaar voor alle tijdsafhankelijke aspecten (vermoeiing, corrosie, trends). Bij de bepaling van de representatieve waarde van een tijdsafhankelijke belasting dient echter minimaal een referentieperiode 15 jaar aangehouden te worden, behoudens bij veiligheidsklasse 1 (CC1A). Dit heeft te maken met het minimaal te hanteren veiligheidsniveau waar mensenlevens in het geding zijn, zie genoemd TNO-rapport 2008-D-R0015. Bij de beoordeling van bestaande bouw is verder het rekenen met de actuele situatie toegestaan, zoals bijvoorbeeld de actuele rijstrookindeling op een brug.

Voor verbouw wordt in het TNO-rapport 2008-D-R0015 aanbevolen een referentieperiode en ontwerplevensduur tussen de 15 en 50 jaar te hanteren, al naar gelang de situatie, en partiële factoren aan te houden volgens nieuwbouwniveau. Daar waar dat op grote (economische) consequenties stuit kan het bevoegd gezag ontheffing verlenen tot in beginsel niveau bestaande bouw. Er wordt echter sterk aanbevolen niet verder te zakken dan de waarden in de tabel, genoemd in de regel "verbouw".

2 Partiële factoren voor bruggen op Eurocode-niveau

Zoals eerder gesteld is NEN 8700 afgeleid voor gebouwen. Door Rijkswaterstaat en TNO is onderzocht hoe voor bruggen de partiële factoren kunnen worden afgeleid uit de gegeven veiligheidsdoelstellingen (beta-waarden). Daarbij is een weg gevolgd die dichtert ligt bij de betrouwbaarheidstheorie dan bij de afleiding van de factoren in Tabel 1. De details zijn opgenomen in Bijlage 1. De resultaten zijn als volgt:

Tabel 2: Factoren voor verkeersbruggen in/over rijkswegen, CC3

	T[jr]	Beta	Partiele factor				
			Blijvend 6.10a	Blijvend 6.10b	Ver Keer	Wind	Overig veranderlijk
nieuwbouw	100	4,3	1,40	1,25	1,50	1,65	1,65
verbouw	15-50	3,6	1,30	1,15	1,30	1,55	1,45
afkeurgrens	1 / 15	3,3	1,25	1,10	1,25	1,50	1,25

We zien dat direct al bij nieuwbouw verschillen optreden. De gamma's voor het eigen gewicht kunnen door de scherpere probabilistische berekening enigszins omlaag. Deze waarden zullen dus ook worden opgenomen in de Nederlandse Nationale Bijlage bij EN-1990-Annex A2, Bruggen.

Voor verbouw gaat het niveau van de factoren ca 10 % naar beneden ten opzichte van nieuwbouw. Hier moet de kanttekening bij worden geplaatst dat de boogde beta van 3.8 (zie Tabel 1) bij deze factoren dus niet wordt gehaald (Tabel 2 geeft 3.6). Op den duur moeten de betreffende partiële factoren dus worden bijgesteld. Op dit moment kunnen ze acceptabel worden genoemd omdat (1) de resulterende beta-waarde gelijk is aan het nu wettelijke vereiste minimum van 3.6 voor nieuwbouw en (2) er pragmatische argumenten zijn die samenhangen met lopende projecten.

Voor afkeuren wordt de vereiste betrouwbaarheidsniveau met de factoren uit Tabel 2 wel gehaald.

We moeten ons wel realiseren dat, hoe dan ook, de reserve voor bijvoorbeeld schematiseringfouten door een en ander kleiner wordt. De lagere factoren dienen dus altijd hand in hand te gaan met een grotere zorgvuldigheid in de berekening. Dit geldt voor alle constructies, maar bij constructies zonder herverdelingsmogelijkheden (statisch bepaalde constructies en constructies met bros element- of materiaalgedrag) in versterkte mate. Dit moet voor een deel ook aan de sterkte kant worden opgevangen.

3 Huidige regelgeving NEN 6700 en Bouwbesluit 2003 (veiligheidsklasse 3)

Zolang de Eurocode nog niet definitief als enige vigerende norm is aanvaard, gelden vanuit het Bouwbesluit 2003 en NEN 6702 de volgende getalwaarden:

Tabel 3: NEN 6700 + Bouwbesluit 2003 (veiligheidsklasse 3)

	$T[jr]$	Beta	Partiele factor				
			blijvend fun com 1	blijvend fun com 2	Ver Keer	Wind	Overig veranderlij
nieuwbouw	100	3,6	1,35	1,20	1,35	1,50	1,50
verbouw	25	3,1	1,25	1,20	1,25 ^b	1,50	1,30 ^a
afkeurgrens	1 / 15	2,9	1,20	1,20	1,10 ^b	1,50	1,10

^a) In TNO-rapport 2004-CI-R0159, Tabel 5, staat bij "verbouw, overig veranderlijk" ten onrechte 1,20 ipv 1,30.

^b) Niet officieel vastgesteld.

Via de recente wijziging van het Bouwbesluit 2003 via Staatsblad 2009, 393, dat zijn voedingsbodem kent in de Crisis- en herstelwet, is het niveau BB2003/veiligheidsklasse 3 voor bestaande bouw voor bruggen de standaardwaarde geworden voor verbouw. Dit zijn met name de factoren 1,20/1,10 voor respectievelijk de permanente belasting en de verkeersbelasting. Via de TNO-aanbeveling wordt dit dus standaard 1,25/1,50 (nieuwbouwniveau) met een mogelijke reductie tot 1,15/1,35 (eventueel 1.15/1.30) (verbouwniveau).

We merken op dat de TNO-aanbeveling voor verbouw van bruggen (CC3) qua hoogte van de factoren overeenkomt met Bouwbesluitwaarde veiligheidsklasse 3 voor verbouw. Het verschil in veiligheidsniveau (Beta = 3.8 versus 3.3) wordt gerechtvaardigd door de scherpere berekening.

Het nieuwbouwniveau volgens de huidige BB2003/klasse 3 komt uiteraard vrijwel overeen met het verbouwniveau volgens NEN 8700, CC2.

4 Voorstel aanpassing MR

In het recent aangepaste Bouwbesluit 2003 wordt in relatie met de Crisis- en herstelwet het niveau van afkeuring voor bestaande bouw volgens het Bouwbesluit 2003 van toepassing verklaard op alle *verbouwactiviteiten* met betrekking tot bouwwerken geen gebouw zijnde. Dit niveau wordt gekenmerkt door de volgende getalwaarden voor de fundamentele combinatie (1) van NEN 6702 :

Tabel 4: Huidige regelgeving voor verbouw bruggen crisis en herstelwet

	T[jr]	Beta	Partiele factor				
			blijvend fun com 2	blijvend fun com 1	Ver keer	Wind	Overig veranderlijk
Verbouw	1 / 15	2,9	1,20	1,20	1,10	1,50	1,10

Vanuit de NEN-commissies wordt een voorstel voor aanpassing van de Ministeriële Regeling voorbereid. Het betreft op dit moment uitsluitend de minimaal aanvaardbare factoren voor verbouwactiviteiten. Dit voorstel is opgenomen als bijlage 2. De betreffende factoren zijn (CC2 is nu toegevoegd, de volledige grafiek is gegeven in Bijlage 1):

Tabel 5: Verbouwfactoren voor bouwwerken geen gebouw zijnde

	T[jr]	Beta	Partiele factor				
			perm fun com 1	Perm fun com 2	Ver keer	Wind	Overig veranderlijk
vk 1	15-25	2,7	1,15	1,00		1,10	1,10
vk 2	15-25	2,9	1,20	1,15	1,35	1,30	1,15
vk 3	15-25	3,1	1,25	1,20	1,25	1,50	1,30 ^c
brug cc2	15-50	3,3 ^b	1,25	1,10	1,20	1,50	1,30
brug cc3	15-50	3,8 ^b	1,30	1,15	1,30	1,50	1,30

^a) in de combinatie 6.10a van EN 1990, dus met $\Psi_0 \gamma_T T_k$

^b) met de gepresenteerde factoren worden slechts de waarden 3.1 respectievelijk 3.6 gehaald, hetgeen voor dit moment voldoende wordt geacht.

^c) zie opmerking ^a bij Tabel 2.

Uiteraard blijft dan van kracht dat de commissie in het algemeen bij verbouw het vigerende nieuwbouwniveau als uitgangspunt kiest. De reducties tot het verbouwniveau komen alleen in aanmerking in die gevallen waarin de nieuwbouweis erg oneconomisch uitpakt. Indien bijvoorbeeld de stap van beta= 3.8 naar 4.3 onder normale omstandigheden een 10 % duurdere constructie in houdt, dan kan men bijvoorbeeld bij een 30 % duurdere constructie terecht van onevenredig hogere kosten spreken.

De te kiezen restlevensduur zal sterk van de omstandigheden afhangen. Aanbevolen wordt bij CC3 een periode van minimaal 25 jaar te kiezen, maar dit kan uiteraard afhangen van de beoogde, verwachte restlevensduur van de rest van de brug.

5 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

TNO Bouw en Ondergrond
Postbus 49
2600 AA Delft.

Namen en functies van de projectmedewerkers:

A.C.W.M. Vrouwenvelder, projectleider
N.P.M. Scholten, ERB

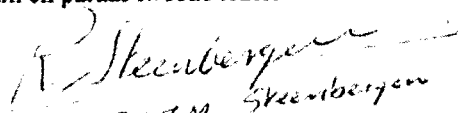
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

ERB

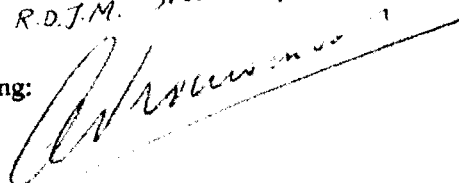
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaats gehad:

Dec 2009-maart 2010

Naam en paraaf tweede lezer:


Dr. Ir. R.D.J.M. Steenbergen

Ondertekening:



Prof.ir A.C.W.M. Vrouwenvelder
Projectleider

BIJLAGE 1: Probabilistische berekeningen Bestaande Bruggen

Inleiding

In deze bijlage wordt de betrouwbaarheidsindex uitgerekend voor een voorstel voor partiële factoren via een probabilistische berekening. Het doel is om aan te tonen dat met de factoren die volgen uit de benaderingsregels als gevolgd in RWS memorandum dd 23-07-07 een hogere betrouwbaarheid wordt bereikt dan aldaar is verondersteld.

Probabilistische berekening

Beschouwd wordt de situatie van een periode van 15 jaar met alleen belastingen door eigen gewicht en verkeersbelasting. Andere belastingen spelen meestal bij de berekening van bruggen een minder grote rol. Als grenstoestandsfunctie wordt derhalve gehanteerd:

$$Z = R - m_G G - m_T T \quad (1)$$

met R de sterkte van een onderdeel, $m_G G$ het effect van de gewichtsbelasting en $m_T T$ het effect van de verkeersbelasting, met m een modelonzekerheid voor de vertaling van de belasting naar belastingeffecten als momenten, normaalkrachten, spanningen en dergelijke.

De modelonzekerheden m hebben een normale kansverdeling met een gemiddelde waarde gelijk aan 1.0 en een variatiecoëfficiënt 0.07 voor eigen gewicht en 0.10 voor verkeersbelasting. De modelonzekerheid dekt zowel de schematisering van de belasting als de mechanicaberekening van het belastingeffect af.

Het gewicht G heeft een gemiddelde gelijk aan de karakteristieke waarde en een variatiecoëfficiënt van 7 %.

Voor T zal worden uitgegaan van het maximale gewicht van de vrachtwagencombinatie dat een brug passeert in een periode van 15 jaar. Het gewicht van een enkele vrachtwagen heeft volgens het RWS-TNO-model de volgende statistische verdeling:

$$F_V(T) = 0.996 \cdot \Phi(200,117) + 0.004 \cdot \Phi(600,224) \quad (2)$$

met $\Phi(\mu, \sigma)$ de verdelingsfunctie van de normale verdeling met gemiddelde μ en standaardafwijking σ . Op deze verdeling is ook het verkeersbelastingmodel volgens de Nationale Bijlage bij EN 1991-3 gebaseerd.

De verdeling voor het maximum vrachtwagengewicht in een periode van 15 jaar volgt derhalve uit:

$$F_{15 \text{ jaar}}(T) = F_V(T)^n \quad (3)$$

wat eventueel benaderd kan worden via $F_{15 \text{ jaar}}(T) \approx 1 - n(1 - F_V(T))$. Voor n hanteren we met $n = 15 \times 2 \times 10^6$, zijnde het aantal passerende vrachtwagens in 15 jaar.

De grootte van het eigen gewicht van de brug zal worden gevarieerd om de gevoeligheid van de verhouding gewichtsbelasting versus verkeersbelasting te onderzoeken. De verhouding T_{rep} / G_{rep} wordt χ genoemd.

Voor de sterkte R wordt een lognormale verdeling aangehouden met een variatiecoëfficiënt $V_R=0.10$. Hierbij wordt dus gedacht aan op primair op buiging belaste stalen of gewapend betonen constructieonderdelen. Het gemiddelde van R volgt via de rekenwaarde die op zijn beurt weer wordt bepaald door de ontwerpberekening.

Opmerking: bij dwarskracht dient men een hogere partiële factor aan de sterktkant aanhouden om rekening te houden met een gewenste hogere veiligheid (geen waarschuwing, minder herverdeling) en een grotere mate van onzekerheid. Dit blijft verder buiten deze notitie.

Nivo I Ontwerpberekening, verbouw, CC3

De rekensterkte van de brug wordt gevonden met de basisformule volgens Eurocode EN 1990:

$$R_d = G_d + T_d \quad (4)$$

Hierbij dient het maximum van 6.10a en 6.10b te worden aangehouden.

Als partiele factoren voor permanente belasting en verkeersbelasting worden de waarden gebruikt overeenkomstig Tabel 5 voor Verbouw, onderste regel:

Format 6.10a (Gewicht dominant):

$$G_d = \gamma_G 1,30 G_{rep} \quad (5a)$$

$$T_d = \gamma_o \gamma_T T_{rep} = 0,8 1,30 T_{rep} = 1,04 T_{rep} \quad (5b)$$

Format 6.10 b: (Verkeer dominant):

$$G_d = \gamma_G G_{rep} = 1,15 G_{rep} \quad (6a)$$

$$T_d = \gamma_T T_{rep} = 1,30 T_{rep} \quad (6b)$$

De representatieve waarde voor de verkeersbelasting Q volgt uit:

$$1-F_V(Q_{rep}) = 1/n \quad (7)$$

Bij de gegeven waarde van n en de distributie volgens (2) volgt hieruit een waarde van $T_{rep} = 1560$ kN.

De representatieve waarde voor G_{rep} is gelijk genomen aan T_{rep} / χ , waarbij χ is gevarieerd van 0.25 tot 2.0.

Samenvatting gegevens:

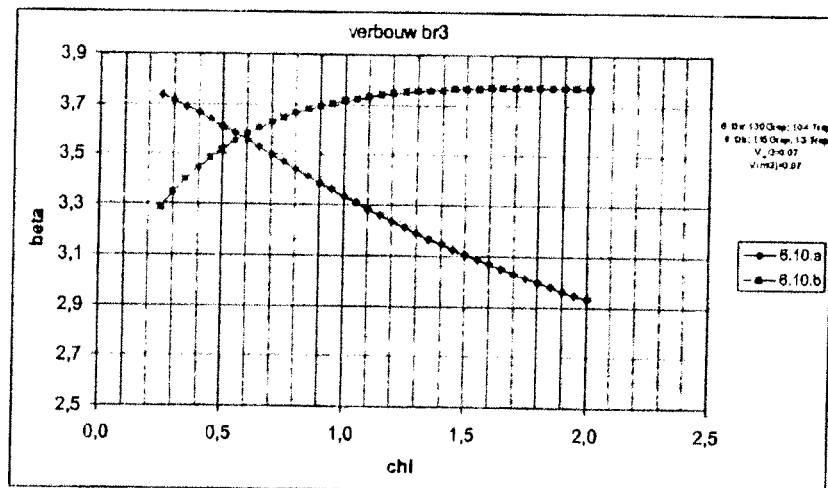
X	verdeling	X_{rep}	X_d	V_X	X_m
m_G	normaal	nvt	nvt	0.07	1.00
m_Q	normaal	nvt	nvt	0.10	1.00
T	vgl (1)	1560 kN	(5a) (6a)	Nvt	Nvt
G	normaal	T_{rep} / χ	(5b)-(6b)	0.07	G_{rep}
R	lognormaal	nvt	$G_d + Q_d$ ^a	0.10	$R_d \exp(0.7 \cdot 3.8 \cdot V)$ ^b

^a Genomen wordt het maximum van $G_d + Q_d$ volgens (6.10a) en (6.10b)

^b De waarde van 3.8 is in alle sommen gelijk omdat bij verandering van de betrouwbaarheidsindex volgens zowel de NEN als de EN-normbladen alleen de belastingfactoren worden aangepast.

Resultaat

De bij de faalkans $P(Z < 0)$ behorende betrouwbaarheidsindex beta is uitgezet in figuur B1.1 als functie van de $\chi = T_{rep}/G_{rep}$.

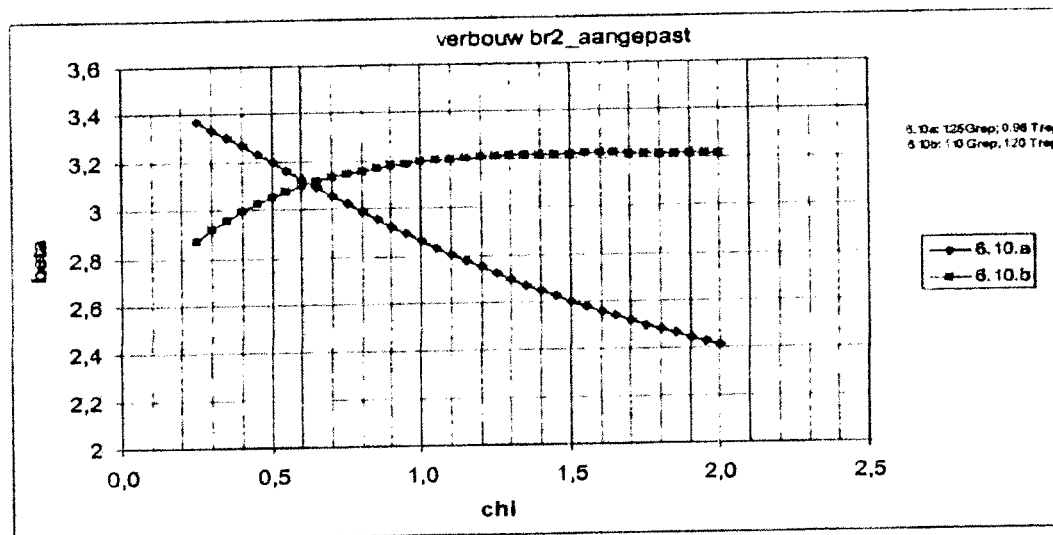


Figuur B1.1, Betrouwbaarheidsindex verbouw CC3 bij voorgestelde verificatieregels.

We zien dat deze feitelijk net iets te laag ligt voor de beoogde target van 3.8. Gemiddeld komt de waarde in de buurt van de 3.7 uit, het minimum ligt bij $\chi = 0.6$ op 3.6. Dit lijkt toch wel acceptabel als we in aanmerking nemen dat officieel op dit moment voor nieuwbouw de waarde van 3.6 geldt.

Resultaat Verbouw CC2

Een vergelijkbare berekening is gemaakt voor gevolgklasse CC2. Uitgaande van de factoren opgenomen in Tabel 5 volgt dan:



Figuur B1.2, Betrouwbaarheidsindex verbouw CC2 bij voorgestelde verificatieregels.

Ook hier wordt de doelwaarde van 3.3 niet helemaal gehaald, maar het scheelt weinig.

BIJLAGE 2: Proeve van een aanpassing van de huidige MR

Opgesteld door het Expertisecentrum Regelgeving Bouw in overleg met TNO, RWS, NEN (TGB-plenair) en MVRM:

“Teneinde te voorkomen dat de aanpassing van de (huidige) AMvB = Bouwbesluit 2003 onbedoelde neveneffecten heeft wordt tevens een aanpassing van de MR bij BB 2003 doorgevoerd.”

Voeg in artikel 1.1 na "hoge spanning" in;
hoofdweg en hoofdvaarweg; hoofdweg of hoofdvaarweg als bedoeld in de Tracéwet.

Voeg in artikel na "lage spanning" in:
landelijke spoorweg: landelijke spoorweg als bedoeld in de Tracéwet

Voeg na hoofdstuk 2 in de Regeling Bouwbesluit 2003 toe:

Hoofdstuk 2a Constructieve veiligheid, bestaande bouw**Artikel 2.6**

Ter invulling van artikel 2.4a van het Bouwbesluit 2003 inzake het niveau bestaande bouw bij het geheel of gedeeltelijk vernieuwen, veranderen of vergroten van een bouwwerk, geen gebouw zijnde, geldt het volgende:

1. Als referentieperiode voor de bepaling van zowel de grootte van de belastingen als de sterkte moet tenminste een referentieperiode als bedoeld in NEN 6700 worden aangehouden van 15 jaar (klasse 1 en 2) of 25 jaar (klasse 3) worden aangehouden
2. De navolgende betrouwbaarheidsindices zijn ten minste in acht genomen.

Tabel 1 - Veiligheidsklassen voor bouwconstructies met betrekking tot de gevolgen van bezwijken voor het geheel of gedeeltelijk vernieuwen, veranderen of vergroten van een bouwwerk, geen gebouw zijnde.

Veiligheids- klasse	Gevolgen van bezwijken		Betrouwbaarheidsindex β	
	Kans op levensgevaar	Kans op economische schade	Uiterste grenstoestand	
			Wind maatgevend	Overige belastingen maatgevend
1	Verwaarloosbaar	Klein	1,8	2,7
2	Klein	Groot	2,1	2,9
3	Groot	Groot	2,9	3,1*

*Voor bruggen in en over hoofdwegen, hoofdvaarwegen en landelijke spoorwegen: 3,6.

3. De navolgende belastingsfactoren zijn ten minste gehanteerd:

Tabel 2: Belastingfactoren voor uiterste grenstoestand bij bestaande bouw als gevolg van vernieuwen, veranderen of vergroten

Belastingscombinatie	in combinatie %	gunstig werkend
1) Permanente belasting van variabele en permanente belasting		
permanente belasting		
- klasse 1	1,00	0,90
- klasse 2	1,15	0,90
- klasse 3	1,20	0,90
<i>Voor bruggen/viaducten in en over hoofdwegen, hoofdvaarwegen en landelijke spoorwegen:</i>		
- klasse 3	1,15	0,90
veranderlijke belasting (wind niet dominant)		
- klasse 1	1,10	
- klasse 2	1,15	
- klasse 3	1,20	
<i>Voor bruggen/viaducten in en over hoofdwegen, hoofdvaarwegen en landelijke spoorwegen:</i>		
- klasse 3	1,30	
veranderlijke belasting (wind dominant)		
- klasse 1	1,10	
- klasse 2	1,30	
- klasse 3	1,50	
2) Uitsluitend permanente belasting		
- klasse 1	1,15	0,90
- klasse 2	1,20	0,90
- klasse 3	1,25	0,90
<i>Voor bruggen/viaducten in en over hoofdwegen, hoofdvaarwegen en landelijke spoorwegen:</i>		
- klasse 3	1,30	0,90
<i>Deze belasting combineren met eenmaal de karakteristieke verkeersbelasting</i>		
3) Bijzondere belasting (indien verplicht)		
- alle klassen	1,00	1,00

4. Bijzondere belastingen bij renovatie van bestaande bruggen hoeven niet hoger te worden gekozen dan die welke bij het ontwerp van de oorspronkelijke brug in de beschouwing zijn betrokken.
5. De normen NEN 6700, NEN 6702, NEN 6710, NEN 6720, NEN 6760, NEN 6770 en NEN 6790 moeten op overeenkomstige wijze als voor nieuwbouw worden toegepast met in achtname van het eerste, tweede en het vierde lid.

Toelichting

De achtergronden van artikel 2.6 zijn te vinden in het TNO rapport 2004-CI-R0159 "Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw - Achtergrondrapport bij het desbetreffende deel van het Bouwbesluit 2003" en voor bruggen van hoofdwegen en hoofdvaarwegen in de hoofdtekst van het onderhavige rapport.

Dat eerstgenoemde rapport bevat de onderbouwing van voorschriften van paragraaf 2.1 van het Bouwbesluit 2003, inclusief de voorschriften voor de bestaande bouw. In aanvulling op die onderbouwing voor het aanschrijfniveau kent het rapport een advies voor het "reparatieniveau" (geheel of gedeeltelijk vernieuwen, veranderen of vergroten) voor die gevallen waar het nieuwbouwniveau oneconomisch lijkt. Dit niveau is voor bouwwerken, geen gebouwen zijnde, in de wijziging van het Bouwbesluit 2003, Stb. 2009, 393, dwingend voorgeschreven als toetsingsniveau.

Het tweede rapport bevat een op het eerste rapport gebaseerde nadere studie voor bruggen in hoofdwegen en hoofdvaarwegen, zowel wat betreft het niveau voor de bestaande bouw (afkeurcriteria) als wat betreft het "reparatieniveau".

Als er "gerepareerd" moet worden, dan moet blijkens artikel 1b van de Woningwet het veiligheidsniveau in beginsel overeenkomen met dat van nieuwbouwniveau. Er kunnen echter bestuurlijke argumenten worden aangevoerd om in individuele gevallen genoeg te nemen met een niveau dat tussen aanschrijfniveau en nieuwbouw in ligt. In de regelgeving is dat verder niet uitgewerkt, behoudens voor bouwwerken, geen gebouwen zijnde met onderhavige wijziging voor bouwwerken, geen gebouwen zijnde.

In onderdeel 1.2 van het TNO rapport is besproken dat het optrekken van het veiligheidsniveau tot nieuwbouwniveau bij het geheel of gedeeltelijk vernieuwen, veranderen of vergroten niet altijd rationeel is gelet op de kosten en de geplande restlevensduur van de constructie. Daarnaast speelt mee dat constructies die met oude voorschriften ontworpen zijn en destijds voldoende werden geacht, vervangen of ingrijpend gewijzigd zouden moeten worden na beperkte reparaties als een te hoog veiligheidsniveau dwingend zou gelden. Door TNO is overwogen het "reparatieniveau" zodanig te kiezen dat bouwwerken die met oude voorschriften zijn ontworpen daar zonder problemen aan kunnen voldoen.

In zijn advies komt TNO tot een minimaal aanvaardbare betrouwbaarheidsindex β voor constructies die worden vernieuwd, veranderd of vergroot (aangeduid met het subscript r) dat ligt tussen dat nieuwbouw (aangeduid met het subscript n) en die waarbij een bouwwerk wordt afgekeurd en het gebruik van het bouwwerk ogenblikkelijk moet worden gestaakt (aangeduid met het subscript b).

$$\beta_b < \beta_r < \beta_{n,oud}$$

Alle van belang zijnde criteria laten zich op dit moment moeilijk tot in detail kwantificeren. Hierbij geldt echter wel dat een ondergrens in verband met menselijke veiligheid in acht moet worden genomen.

Het "reparatieniveau" is alleen van toepassing op de constructiedelen waaraan gerepareerd wordt. Daar moet ook toe worden gekozen, omdat artikel 4 van de Woningwet daartoe dwingt.

Het rapport leidt tot de volgende betrouwbaarheidsniveau's die ten minste moeten worden gerealiseerd.

Tabel 1: Waarden voor β bij minimum referentieperiode van 25 jaar

veiligheidsklasse	minimum referentieperiode	reparatie β_r	
		wn	wd
1	15 jaar	2,7	1,8*
2	15 jaar	2,9*	2,1*
3	25 jaar	3,1*	2,9*
3-bruggen**	25 jaar	3,6	2,9*

* Hierbij is de ondergrens voor persoonlijke veiligheid maatgevend

** Dit betreft bruggen in en over hoofdwegen, hoofdvaarwegen en landelijke spoorwegen

De veiligheidsbeoordeling van een gerenoveerde bouwconstructie wijkt op een aantal punten af van die van nieuwbouw:

- ten eerste brengt het verhogen van het veiligheidsniveau meestal relatief meer kosten met zich mee voor bestaande bouwwerken dan voor nieuw te bouwen bouwwerken in het ontwerpstadium; bij het bepalen van het veiligheidsniveau spelen zowel afwegingen t.a.v. persoonlijke veiligheid als kosteneffectiviteit een rol; voor renovatie valt met name deze laatste anders uit; om die reden is een lagere veiligheid in bepaalde gevallen acceptabel.
- ten tweede is de periode dat de constructie nog mee moet vaak anders dan de standaardreferentieperiode van 50 of 100 jaar die voor nieuwbouw geldt; met een referentieperiode van 25 jaar zal een mate van veiligheid ontstaan die bij renovaties nog juist verantwoord wordt geacht.
- ten derde bestaat de mogelijkheid om via metingen meer over een feitelijk aanwezige bouwconstructie te weten te komen welke kennis mag worden gebruikt bij de beoordeling van de renovatie.
- Vanwege de beperktere referentie levensduur kan met duurzaamheids aspecten anders worden omgegaan dan bij pure nieuwbouw.

Voor een nadere beschouwing over deze aspecten en de rol daarvan in de keuze van betrouwbaarheidsniveaus bij renovatie is door TNO een rapport opgesteld: TNO-Rapport 2004-CI- R0159.