

# Geregistreeerde Belgische norm

**NBN EN 1994-2**

1e uitg., maart 2006

**Normklasse: B 51**

## **Eurocode 4 - Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies - Deel 2: Bruggen (+ AC:2008)**

Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 2: Règles générales et règles pour les ponts (+ AC:2008)

Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges (+ AC:2008)

### **Toelating tot publicatie: 30 november 2005**

Vervangt NBN ENV 1994-2 (1998).

Deze Europese norm EN 1994-2:2005 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Er is bij het NBN ook een Nederlandstalige versie beschikbaar, die dezelfde status heeft als de officiële versies.

Deze norm mag in België slechts samen met zijn nationale bijlage (ANB) worden toegepast. Deze laatste legt hoofdzakelijk de waarden van de parameters vast die op nationaal vlak worden bepaald.

*norme belge  
enregistrée*

**NBN EN 1994-2**

1e éd., mars 2006

**Indice de classement: B 51**

---

**Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 2: Règles générales et règles pour les ponts (+ AC:2008)**

Eurocode 4 - Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies - Deel 2: Bruggen (+ AC:2008)

Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges (+ AC:2008)

---

**Autorisation de publication: 30 novembre 2005**

Remplace NBN ENV 1994-2 (1998).

La présente norme européenne EN 1994-2:2005 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

Une version en néerlandais, ayant le même statut que les versions officielles, est également disponible au NBN.

Cette norme ne peut être utilisée en Belgique qu'en combinaison avec son annexe nationale (ANB) qui fixe principalement la valeur des paramètres à déterminer au niveau national.

# NATIONAAL VOORWOORD VAN NBN EN 1994-2:2006

1. De norm NBN EN 1994-2:2006 «Eurocode 4 – Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 2: Bruggen» omvat de nationale bijlage NBN EN 1994-2 ANB:2011 met een normatief karakter in België. Hij vervangt vanaf de datum van de publicatie in het Belgische Staatsblad van de bekrachtiging van de norm NBN EN 1994-2 ANB:2011 de volgende norm:

NBN ENV 1994-2:1998      Eurocode 4 – Ontwerp van gemengde staal-  
betondraagsystemen - Deel 2: Staal-betonbruggen

Het corrigendum EN 1994-2:2005/AC:2008, zoals door CEN gepubliceerd, is na deze norm toegevoegd.

2. De Europese normen (EN) waarnaar de tekst van deze norm met hun Engelse titel verwijst, dragen in België de volgende Nederlandstalige titels:

<b>Vermelde norm</b>	<b>Nederlandstalige titel (NBN)</b>
EN 1090-2 Execution of steel structures and aluminium structures  Part 2: Technical requirements for the execution of steel structures	NBN EN 1090-2 Uitvoering van staalconstructies en aluminiumconstructies  Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies
EN 1990: 2002 Basis of structural design	NBN EN 1990: 2002 Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp
EN 1992-1-1: 2004 Eurocode 2: Design of concrete structures  Part 1.1: General rules and rules for buildings	NBN EN 1992-1-1: 2004 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies  Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
EN 1993-1-1: 2005 Eurocode 3: Design of steel structures  Part 1.1: General rules and rules for buildings	NBN EN 1993-1-1: 2005 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies  Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

<p>EN 1993-1-3 Eurocode 3: Design of steel structures</p> <p>Part 1.3: Cold-formed thin gauge members and sheeting</p>	<p>NBN EN 1993-1-3 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies</p> <p>Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgevormde profielen en platen</p>
<p>EN 1993-1-5 Eurocode 3: Design of steel structures</p> <p>Part 1.5: Plated structural elements</p>	<p>NBN EN 1993-1-5 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies</p> <p>Deel 1-5: Algemene regels - Constructieve plaatvelden</p>
<p>EN 1993-1-8: 2005 Eurocode 3: Design of steel structures</p> <p>Part 1.8: Design of joints</p>	<p>NBN EN 1993-1-8: 2005 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies</p> <p>Deel 1-8: Algemene regels - Ontwerp en berekening van verbindingen</p>
<p>EN 1993-1-9: 2005 Eurocode 3: Design of steel structures</p> <p>Part 1.9: Fatigue strength of steel structures</p>	<p>NBN EN 1993-1-9: 2005 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies</p> <p>Deel 1-9: Algemene regels - Vermoeiing</p>
<p>EN 1993-1-11 Eurocode 3: Design of steel structures</p> <p>Part 1.11: Design of structures with tension components</p>	<p>NBN EN 1993-1-11 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies</p> <p>Deel 1-11: Algemene regels - Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting</p>
<p>EN 10025-1: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 1: General delivery conditions</p>	<p>NBN EN 10025-1: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 1: Algemene technische leveringsvoorwaarden</p>
<p>EN 10025-2: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels</p>	<p>NBN EN 10025-1: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal</p>
<p>EN 10025-3: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels</p>	<p>NBN EN 10025-3: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor normaalgegloeid /normaliserend gewalst lasbaar fijnkorrelig constructiestaal</p>

<p>EN 10025-4: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels</p>	<p>NBN EN 10025-4: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 4: Technische leveringsvoorwaarden voor lasbaar fijnkorrelig constructiestaal verkregen door thermomechanisch walsen</p>
<p>EN 10025-5: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance</p>	<p>NBN EN 10025-5: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 5: Technische leveringsvoorwaarden voor weerbestendig constructiestaal</p>
<p>EN 10025-6: 2004 Hot-rolled products of structural steels</p> <p>Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition</p>	<p>NBN EN 10025-6: 2004 Warmgewalste producten van constructiestaal</p> <p>Deel 6: Technische leveringsvoorwaarden voor platte producten met hoge vloeigrens in veredelde toestand</p>
<p>EN 10326: 2004 Continuously hot-dip coated strip and sheet of structural steel – Technical delivery conditions</p>	<p>NBN EN 10326: 2004 Plaat en band van bouwstaal bekleed door continu dompelen - Technische leveringsvoorwaarden</p>
<p>EN 10149-2: 1995 Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold-forming</p> <p>Part 2: Delivery conditions for thermomechanically rolled steels</p>	<p>NBN EN 10149-2: 1995 Warmgewalste platte produkten gemaakt van staalsoorten met een hoge vloeigrens voor koudvervormen</p> <p>Deel 2: Leveringsvoorwaarden voor thermomechanisch gewalste staalsoorten</p>
<p>EN 10149-3: 1995 Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold-forming</p> <p>Part 3: Delivery conditions for normalized or normalized rolled steels</p>	<p>NBN EN 10149-3: 1995 Warmgewalste platte produkten gemaakt van staalsoorten met een hoge vloeigrens voor koudvervormen</p> <p>Deel 3: Leveringsvoorwaarden voor normaalgegleide of normaliserend gewalste staalsoorten</p>
<p>EN ISO 13918: 1998 Studs and ceramic ferrules for arc stud welding</p>	<p>NBN EN ISO 13918 Lassen - Bouten en keramische ringen voor boogboutlassen</p>
<p>EN ISO 14555: 1998 Arc stud welding of metallic materials</p>	<p>NBN EN ISO 14555: 1998 Lassen - Boogboutlassen van metalen</p>

EN 1990: Annex 2 Basis of structural design: Application for bridges	NBN EN 1990: Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp - Bijlage A2 : Toepassing voor bruggen
EN 1991-1-5: 2003 Actions on structures.  Part 1.5: General actions – Thermal actions	NBN EN 1991-1-5: 2003 Eurocode 1: Belastingen op constructies  Deel 1-5: Algemene belastingen - Thermische belasting
EN 1991-1-6: 2003 Actions on structures.  Part 1.6: General actions – Actions during execution	NBN EN 1991-1-6: 2003 Eurocode 1: Belastingen op constructies  Deel 1-6: Algemene belastingen - Belastingen tijdens uitvoering
EN 1991-2: 2003 Actions on structures.  Part 2: Traffic loads on bridges	NBN EN 1991-2: 2003 Eurocode 1: Belastingen op constructies  Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
EN 1992-2 Design of concrete structures.  Part 2 – Bridges	NBN EN 1992-2 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies  Deel 2: Bruggen - Ontwerp-, berekenings- en detailleringsregels
EN 1993-2 Design of steel structures.  Part 2 - Bridges	NBN EN 1993-2 Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies  Deel 2: Bruggen

# AVANT-PROPOS NATIONAL À LA NBN EN 1994-2:2006

1. La norme NBN EN 1994-2:2006 "Eurocode 4 – Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 2 : Règles générales et règles pour les ponts" comprend l'annexe nationale NBN EN 1994-2 ANB:2011 qui a un caractère normatif en Belgique. Elle remplace à partir de la date de publication au Moniteur Belge de l'homologation de la norme NBN EN 1994-2 ANB:2011 la norme suivante :

NBN ENV 1994-2:1998 Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier-béton  
– Partie 2 : Ponts mixtes

Le corrigendum NBN EN 1994-2:2005/AC:2008, tel que publié par le CEN, est joint à cette norme.

2. La version en langue française de l'EN 1994-2:2005 a été rédigée en France par l'AFNOR.  
En conséquence, on y rencontre certaines expressions d'usage moins courant en Belgique.

Une liste de termes équivalents est donnée ci-après :

<b>Terme de l'EN 1994-2</b>	<b>Terme équivalent en Belgique</b>
client	le maître de l'ouvrage assisté de ses bureaux d'architectes, d'ingénierie et de consultance
poteau	colonne





English Version

**Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures  
- Part 2: General rules and rules for bridges**

Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton -  
Partie 2: Règles générales et règles pour les ponts

Eurocode 4 - Bemessung und konstruktion von  
Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 2:  
Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für  
Brücken

This European Standard was approved by CEN on 7 July 2005.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

<b>Contents</b>	<b>Page</b>
<b>Foreword</b> .....	<b>7</b>
<b>Section 1 General</b> .....	<b>11</b>
1.1 Scope.....	11
1.1.1 Scope of Eurocode 4.....	11
1.1.2 Scope of Part 1-1 of Eurocode 4.....	11
1.1.3 Scope of Part 2 of Eurocode 4.....	12
1.2 Normative references.....	12
1.2.1 General reference standards.....	12
1.2.2 Other reference standards.....	12
1.2.3 Additional general and other reference standards for composite bridges .....	13
1.3 Assumptions.....	13
1.4 Distinction between principles and application rules.....	14
1.5 Definitions.....	14
1.5.1 General.....	14
1.5.2 Additional terms and definitions used in this Standard.....	14
1.5.2.1 Composite member.....	14
1.5.2.2 Shear connection.....	14
1.5.2.3 Composite behaviour.....	14
1.5.2.4 Composite beam.....	14
1.5.2.5 Composite column.....	14
1.5.2.6 Composite slab.....	14
1.5.2.7 Composite frame.....	14
1.5.2.8 Composite joint.....	15
1.5.2.9 Propped structure or member.....	15
1.5.2.10 Un-propped structure or member.....	15
1.5.2.11 Un-cracked flexural stiffness.....	15
1.5.2.12 Cracked flexural stiffness.....	15
1.5.2.13 Prestress.....	15
1.5.2.14 Filler beam deck.....	15
1.5.2.15 Composite plate.....	15
1.6 Symbols .....	15
<b>Section 2 Basis of design</b> .....	<b>22</b>
2.1 Requirements.....	22
2.2 Principles of limit states design.....	22
2.3 Basic variables.....	22
2.3.1 Actions and environmental influences.....	22
2.3.2 Material and product properties.....	22
2.3.3 Classification of actions.....	22
2.4 Verification by the partial factor method.....	23
2.4.1 Design values.....	23
2.4.1.1 Design values of actions.....	23
2.4.1.2 Design values of material or product properties.....	23
2.4.1.3 Design values of geometrical data.....	23
2.4.1.4 Design resistances .....	23
2.4.2 Combination of actions.....	24
2.4.3 Verification of static equilibrium (EQU).....	24

<b>Section 3 Materials</b> .....	<b>24</b>
3.1 Concrete.....	24
3.2 Reinforcing steel for bridges.....	24
3.3 Structural steel for bridges .....	24
3.4 Connecting devices.....	24
3.4.1 General.....	24
3.4.2 Headed stud shear connectors.....	24
3.5 Prestressing steel and devices.....	25
3.6 Tension components in steel.....	25
<b>Section 4 Durability</b> .....	<b>25</b>
4.1 General.....	25
4.2 Corrosion protection at the steel-concrete interface in bridges.....	25
<b>Section 5 Structural analysis</b> .....	<b>25</b>
5.1 Structural modelling for analysis.....	25
5.1.1 Structural modelling and basic assumptions.....	25
5.1.2 Joint modelling.....	25
5.1.3 Ground-structure interaction.....	26
5.2 Structural stability.....	26
5.2.1 Effects of deformed geometry of the structure.....	26
5.2.2 Methods of analysis for bridges.....	26
5.3 Imperfections.....	26
5.3.1 Basis.....	26
5.3.2 Imperfections for bridges.....	27
5.4 Calculation of action effects.....	27
5.4.1 Methods of global analysis.....	27
5.4.1.1 General.....	27
5.4.1.2 Effective width of flanges for shear lag.....	28
5.4.2 Linear elastic analysis.....	29
5.4.2.1 General.....	29
5.4.2.2 Creep and shrinkage.....	29
5.4.2.3 Effects of cracking of concrete.....	30
5.4.2.4 Stages and sequence of construction.....	31
5.4.2.5 Temperature effects.....	31
5.4.2.6 Pre-stressing by controlled imposed deformations.....	32
5.4.2.7 Pre-stressing by tendons.....	32
5.4.2.8 Tension members in composite bridges.....	32
5.4.2.9 Filler beam decks for bridges.....	33
5.4.3 Non-linear global analysis for bridges.....	34
5.4.4 Combination of global and local action effects.....	34
5.5 Classification of cross-sections.....	34
5.5.1 General.....	34
5.5.2 Classification of composite sections without concrete encasement .....	35
5.5.3 Classification of sections of filler beam decks for bridges.....	36
<b>Section 6 Ultimate limit states</b> .....	<b>36</b>
6.1 Beams .....	36
6.1.1 Beams in bridges - General .....	36
6.1.2 Effective width for verification of cross-sections.....	36

6.2 Resistances of cross-sections of beams.....	36
6.2.1 Bending resistance.....	36
6.2.1.1 General.....	36
6.2.1.2 Plastic resistance moment $M_{pl,Rd}$ of a composite cross-section.....	37
6.2.1.3 Additional rules for beams in bridges.....	38
6.2.1.4 Non-linear resistance to bending.....	38
6.2.1.5 Elastic resistance to bending.....	40
6.2.2 Resistance to vertical shear.....	40
6.2.2.1 Scope.....	40
6.2.2.2 Plastic resistance to vertical shear.....	41
6.2.2.3 Shear buckling resistance.....	41
6.2.2.4 Bending and vertical shear.....	41
6.2.2.5 Additional rules for beams in bridges.....	41
6.3 Filler beam decks.....	42
6.3.1 Scope.....	42
6.3.2 General.....	43
6.3.3 Bending moments.....	43
6.3.4 Vertical shear.....	43
6.3.5 Resistance and stability of steel beams during execution.....	44
6.4 Lateral-torsional buckling of composite beams.....	44
6.4.1 General.....	44
6.4.2 Beams in bridges with uniform cross-sections in Class 1, 2 and 3.....	44
6.4.3 General methods for buckling of members and frames.....	46
6.4.3.1 General method.....	46
6.4.3.2 Simplified method.....	46
6.5 Transverse forces on webs.....	46
6.5.1 General.....	46
6.5.2 Flange-induced buckling of webs.....	46
6.6 Shear connection.....	46
6.6.1 General.....	46
6.6.1.1 Basis of design.....	46
6.6.1.2 Ultimate limit states other than fatigue.....	47
6.6.2 Longitudinal shear force in beams for bridges.....	47
6.6.2.1 Beams in which elastic or non-linear theory is used for resistances of cross-sections.....	47
6.6.2.2 Beams in bridges with some cross-sections in Class 1 or 2 and inelastic behaviour.....	48
6.6.2.3 Local effects of concentrated longitudinal shear force due to introduction of longitudinal forces.....	49
6.6.2.4 Local effects of concentrated longitudinal shear force at sudden change of cross-section.....	51
6.6.3 Headed stud connectors in solid slabs and concrete encasement.....	52
6.6.3.1 Design resistance.....	52
6.6.3.2 Influence of tension on shear resistance.....	53
6.6.4 Headed studs that cause splitting in the direction of the slab thickness.....	53
6.6.5 Detailing of the shear connection and influence of execution.....	53
6.6.5.1 Resistance to separation.....	53
6.6.5.2 Cover and concreting.....	53
6.6.5.3 Local reinforcement in the slab.....	54
6.6.5.4 Haunches other than formed by profiled steel sheeting.....	54

6.6.5.5 Spacing of connectors.....	54
6.6.5.6 Dimensions of the steel flange.....	55
6.6.5.7 Headed stud connectors.....	55
6.6.6 Longitudinal shear in concrete slabs.....	56
6.6.6.1 General.....	56
6.6.6.2 Design resistance to longitudinal shear.....	56
6.6.6.3 Minimum transverse reinforcement.....	57
6.7 Composite columns and composite compression members.....	57
6.7.1 General.....	57
6.7.2 General method of design.....	59
6.7.3 Simplified method of design.....	59
6.7.3.1 General and scope.....	59
6.7.3.2 Resistance of cross-sections.....	60
6.7.3.3 Effective flexural stiffness, steel contribution ratio and relative slenderness.....	62
6.7.3.4 Methods of analysis and member imperfections.....	63
6.7.3.5 Resistance of members in axial compression.....	64
6.7.3.6 Resistance of members in combined compression and uniaxial bending.....	66
6.7.3.7 Combined compression and biaxial bending.....	66
6.7.4 Shear connection and load introduction.....	67
6.7.4.1 General.....	67
6.7.4.2 Load introduction.....	67
6.7.4.3 Longitudinal shear outside the areas of load introduction.....	70
6.7.5 Detailing Provisions.....	71
6.7.5.1 Concrete cover of steel profiles and reinforcement.....	71
6.7.5.2 Longitudinal and transverse reinforcement.....	71
6.8 Fatigue.....	72
6.8.1 General.....	72
6.8.2 Partial factors for fatigue assessment of bridges.....	72
6.8.3 Fatigue strength.....	72
6.8.4 Internal forces and fatigue loadings.....	73
6.8.5 Stresses.....	73
6.8.5.1 General.....	73
6.8.5.2 Concrete.....	74
6.8.5.3 Structural steel.....	74
6.8.5.4 Reinforcement.....	74
6.8.5.5 Shear connection.....	75
6.8.5.6 Stresses in reinforcement and prestressing steel in members prestressed by bonded tendons.....	75
6.8.6 Stress ranges.....	75
6.8.6.1 Structural steel and reinforcement.....	75
6.8.6.2 Shear connection.....	76
6.8.7 Fatigue assessment based on nominal stress ranges.....	76
6.8.7.1 Structural steel, reinforcement and concrete.....	76
6.8.7.2 Shear connection.....	77
6.9 Tension members in composite bridges.....	78