

BT 99.0323

NAD

NAD-KOMMENTARER

**Kommentarer till
NAD (S)
till
SS-ENV 1991-1**

Comments on NAD(S) to SS-ENV 1991-1



BANVERKET



BOVERKET



Vägverket

DNR/REG.NO: B641-957/98

TITEL/TITLE: Kommentarer till NAD/SS-ENV 1991-1. Utgåva 1. Comments on NAD(S) to SS-ENV 1991-1

UTGIVARE/PUBLISHED BY: Boverket, byggavdelningen. The Swedish Board of Housing, Building and Planning.

UTGIVNINGSMÅNAD/PRINTED: nov 1998. Nov 1998.

UPPLAGA/EDITION: 1:1, 500 st./copies.

TRYCK/PRINTED BY: Boverkets kopiering. The Swedish Board of Housing, Building and Planning.

ISBN: 91-7147-496-X

SAMMANDRAG/SUMMARY: Detta är kommentarer till NAD, till SS-ENV 1991-1, Eurocode 1 – Grundläggande dimensionsregler och laster, Del 1: Grundläggande dimensioneringsregler.

This is comments to the Swedish national application document, NAD, for SS-ENV 1991-1, Eurocode 1 – Basis of Design and Actions on Structures – Part 1: Basis of Design.

SÖKORD: anpassningsdokument, BKR 94, europastandarder, laster, NAD, partialkoefficient, regler, tillförlitlighet.

KEY WORDS: application document, BKR 94, european standards, actions, loads, NAD, partial factor, regulations, reliability.

Kommentarer till NAD/SS-ENV 1991-1 kan beställas från/Order from:

Boverket (The Swedish Board of Housing, Building and Planning)

Publikationsservice

Box 534

S-371 23 Karlskrona

Fax: 0455-819 27

E-mail: publikationsservice@boverket.se

© Boverket 1998

Översättning/Translated by: L J Gruber BSc(Eng) CEng MICE MIStructE

**Kommentarer till
NAD (S)
till
SS-ENV 1991-1**

Comments on NAD(S) to SS-ENV 1991-1
1998-11-11

Kommentarer till NAD(S) till SS-ENV 1991-1
1998-11-11

CONTENTS

	PAGE
FOREWORD TO THESE COMMENTS	4
INTRODUCTION.....	6
FOREWORD TO NAD	7
1 GENERAL	7
1.3 ASSUMPTIONS	7
1.4 DIFFERENCE BETWEEN <i>PRINCIPLES, P,</i>	6
AND <i>APPLICATION RULES, AR</i>	6
2 REQUIREMENTS	7
2.1 FUNDAMENTAL REQUIREMENTS.....	7
2.2 RELIABILITY DIFFERENTIATION.....	8
2.4 DESIGN WORKING LIFE.....	8
3 LIMIT STATES.....	9
4 ACTIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES	9
4.2 CHARACTERISTIC VALUES OF ACTIONS	9
4.3 OTHER REPRESENTATIVE VALUES OF VARIABLE AND ACCIDENTAL ACTIONS	10
6 GEOMETRICAL DATA.....	10
7 MODELLING FOR STRUCTURAL ANALYSIS AND RESISTANCE	10
8 DESIGN ASSISTED BY TESTING.....	10
9 VERIFICATION BY THE PARTIAL FACTOR METHOD	11
9.3 DESIGN VALUES	11
9.3.1 Design values of actions.....	11
9.3.2 Design values of the effects of actions.....	11
9.3.5 Design resistance.....	12
9.4 ULTIMATE LIMIT STATES.....	12
9.4.1 Verification of static equilibrium and strength	12
9.4.2 Combination of actions	13
9.4.3 Partial factors	17
9.4.4 and 9.5.4 γ factors	21
9.4.5 and 9.5.5 simplified verification for building structures.....	22

INNEHÅLL

	SIDA
FÖRORD TILL DESSA KOMMENTARER.....	4
INLEDNING	6
FÖRORD	7
1 ALLMÄNT	7
1.3 ANTAGANDEN.....	7
1.4 SKILLNAD MELLAN <i>PRINCIPLE, P, OCH</i> <i>APPLICATION RULE, AR</i>	7
2 KRAV	7
2.1 GRUNDLÄGGANDE KRAV	7
2.2 DIFFERENTIERING AV SÄKERHET	8
2.4 TEKNISK LIVSLÄNGD	8
3 GRÄNSTILLSTÅND.....	9
4 LASTER OCH MILJÖPÅVERKAN	9
4.2 KARAKTERISTISKT VÄRDE PÅ LASTER.....	9
4.3 ANDRA VÄRDEN PÅ VARIABLA LASTER OCH OLYCKSLASTER	10
6 MÄTT- OCH FORMAVVIKELSER	10
7 BERÄKNINGSMODELLER	10
8 DIMENSIONERING GENOM PROVNING	10
9 DIMENSIONERING GENOM PARTIAKOEFFICIENTMETODEN	11
9.3 DIMENSIONERANDE VÄRDEN	11
9.3.1 Dimensionerande värden för laster	11
9.3.2 Dimensionerande värden på lasteffekt.....	11
9.3.5 Dimensionerande värde på bärförmåga	12
9.4 Brottgränstillstånd	12
9.4.1 Verifiering av statisk jämvikt och hållfasthet.....	12
9.4.2 Lastkombinationer.....	13
9.4.3 Partialkoefficienter.....	17
9.4.4 och 9.5.4 μ -faktorer.....	21
9.4.5 och 9.5.5 förenklad verifiering för byggnader	22

FOREWORD TO COMMENTS ON NAD TO SS-ENV 1991-

The basis for the work with NAD to ENV 1991-1, Basis of design, has been to maintain our system with safety classes and the existing relation between partial factors for variable actions and self-weight.

At an early stage the working group decided to apply the partial factors for safety class to the action instead of the resistance, as is the case in national design regulations. The working group has also had the ambition to co-ordinate values of partial factors for different types of buildings and civil engineering works. Such a co-ordination has been possible since characteristic values of some actions have been adjusted. During periods of disagreement and problems with the interpretation of proposed texts within the working group the idea came up that "comments" should be prepared, where the most important decisions and motivations would be written down.

The following abbreviations are used in references:

AR	Application rule in SS-ENV 1991-1.
BoD	SS-ENV 1991-1, Eurocode 1 - Basis of design and actions on structures - Part 1: Basis of design, first edition..
BKR	Design Regulations BKR 94, The National Board of Housing, Building and Planning, BFS 1993:58 with amendments BFS 1995:18
BBK	The Board's Manual on Concrete Structures, BBK 94, Volume 1 and 2 with Supplement 1.
EC	Eurocodes.
ISO/2394	ISO/2394-1998, General principles on reliability for structures.
NAD	National application document to SS-ENV 1991-1.
NKB	Report no 55 from NKB, <i>Retningslinjer for Last- og sikkerhedsbestemmelser</i> , (Guideline for load and reliability regulations, June 1987).
P	<i>Principle</i> in SS-ENV 1991-1.
SK	Safety class.

The same working group as the one that compiled the NAD has drawn up these comments, i.e.:

Åke Bengtsson	ELU-konsult
Håkan Kellner	The Swedish National Rail Administration
Håkan Sundquist	The Royal Technical Institute
Robert Ronnebrant	The Swedish National Road Administration
Sture Åkerlund	The National Board of Housing, Building and Planning
Lars Östlund	Prof. em.

FÖRORD TILL KOMMENTARER TILL NAD TILL SS-ENV 1991-1

Utgångspunkten för arbetet med NAD till ENV 1991-1, Grundläggande dimensioneringsregler, har varit att bibehålla vårt system med säkerhetsklasser och förhållande mellan partialkoefficienterna för variabel last och egen tyngd.

I ett tidigt skede bestämde arbetsgruppen att flytta partialkoefficienten för säkerhetsklass från bärformågesidan till lastsidan. Arbetsgruppen har också haft ambitionen att samordna värdena på partialkoefficienterna för olika byggnadsverk. Samordningen har kunnat ske då de karakteristiska värdena på vissa laster justerats. Under perioder av oenighet och tolkningsproblem av egna textförslag inom NAD-gruppen väcktes tanken på ”kommentarer” där de väsentligaste beslutene med tillhörande motivering skulle sättas på pränt.

I hänvisningar används följande förkortningar:

AR	<i>Application rule</i> eller råd i SS-ENV 1991-1.
BoD	SS-ENV 1991-1, Eurocode 1 - Grundläggande dimensioneringsregler och laster - Del 1: Grundläggande dimensioneringsregler.
BKR	Boverkets Konstruktionsregler, BFS 1993:58 med ändringar BFS 1995:18.
BBK	Boverkets handbok för betongkonstruktioner, BBK 94, band 1 och 2 med Supplement 1.
EC	<i>Eurocodes</i> .
ISO/2394	ISO/2394-1998, General principles on reliability for structures.
NAD	Nationellt anpassningsdokument till SS-ENV 1991-1.
NKB	NKB:s rapport nr 55, Retningslinjer for Last- og sikkerhedsbestemmelser, Juni 1987.
P	<i>Principle</i> eller princip i SS-ENV 1991-1.
SK	Säkerhetsklass.

Dessa kommentarer till NAD har utarbetats inom samma arbetsgrupp som utarbetet NAD, dvs

Åke Bengtsson	ELU-konsult
Håkan Kellner	Banverket
Håkan Sundquist	KTH
Robert Ronnebrant	Vägverket
Sture Åkerlund	Boverket
Lars Östlund	Prof. em.

For geotechnical questions the working group has been assisted by

Per Löfling
Connie Olsson

The Swedish National Road Administration
The Swedish Geotechnical Institute, SIG.

I geotekniska frågor har arbetsgruppen haft hjälp av
Per Löfling Vägverket
Connie Olsson SGI.

INTRODUCTION

Basis of Design, BoD, and BKR are based on the same basic principles; design in limit states and by the partial factor method. They deviate from each other both as regards certain *Application rules*, AR, and numerical values of for example partial factors. In those cases where the AR and numerical values are of importance for the design of structures, the working group has introduced modifications in NAD. The aim has then been that BoD with NAD should be equivalent to BKR and that both systems should lead to approximately the same result. This is in accordance with 2.2.(3) of BoD. NAD contains mainly additions to and alterations of the text in BoD. There are not many sections of BoD that have been removed without being replaced by another text.

This document gives the reasons for additions and alterations in NAD. In some cases- which the working group considers to be interesting - comments are also made on the text in BoD, even if there is no corresponding section in NAD.

This document follows the disposition of BoD and NAD. The headings are also the same. In some cases it has been found appropriate to bring together text which can be found in different parts of BoD and comment on them at the same time.

INLEDNING

Basis of Design, BoD, och BKR bygger båda på samma grundläggande principer; dimensionering i gränstillstånd och partialkoefficientmetoden. I vissa delar skiljer de sig åt både i råd, *Application rules*, AR, och numeriska värden för t ex på partialkoefficienter. I de fall AR och numeriska värden är av betydelse för bärande konstruktioners utformning och dimensionering, har arbetsgruppen infört modifieringar i NAD. Målsättningen har då varit att BoD med tillhörande NAD skall vara likvärdig med BKR och att de båda systemen skall ge tillnärmelsevis samma resultat. Detta är i överensstämmelse med BoD, 2.2(3). NAD innehåller huvudsakligen tillägg och ändringar av texten i BoD. Det är få avsnitt i BoD som tagits bort utan att ersättas av annan text.

Dessa kommentarer till NAD innehåller motiveringar till kompletteringar och ändringar. I vissa – som arbetsgruppen bedömer intressanta – fall kommenteras texten i BoD även om det inte finns något motsvarande avsnitt i NAD.

I stort sett följer dessa kommentarer ordningen i BoD och NAD. Även rubrikerna är desamma. I några fall har det dock ansetts lämpligt att sammanföra text som står i olika delar av BoD och kommentera den i ett sammanhang.

FOREWORD

- (23) Information on the background and motivations for BoD are given in *European Convention for Constructional Steelwork and Joint Committee on Structural Safety: Background Documentation, Eurocode 1 (ENV 1991-1), Part 1: Basis of Design, March 1996.*

1 GENERAL

1.3 Assumptions

This section of BoD contains the assumptions made and the conditions that have to be fulfilled in order that the design principles set out may be applied and the stated values used. In BKR the corresponding assumptions are not written down, but it may be assumed that they are also valid for the application of the rules in BKR. This section does not contain anything that makes the rules of BKR more severe.

1.4 Distinction between *principles*, P, and *application rules*, AR

P and AR are substantially the same concepts as “Mandatory provisions” and “General recommendations” in BKR.

Numerical values in BoD are given in AR, not in P. In NAD the γ values are given as P which implies that they cannot be changed by individual design engineers.

2 REQUIREMENTS

2.1 Fundamental requirements

In BoD the *appropriate degrees of reliability* are defined by general statements and further on by prescribed γ values, which are not directly associated with the safety index β . In NAD as well as in BKR, a formal safety level for calculations defined by values of the safety index β has been preferred. The reason for this is that the distinction between required safety levels can then be made with the help of relatively few values of β , which are independent of the structural material and type of construction. Based on β values and data on actions, materials and structure, the γ values can be calculated by specified methods, for example in accordance with ISO/2394. It has to be pointed out that whatever method is used to determine the safety level, the procedure must be regarded as highly formal.

FÖRORD

- (23) Information om bakgrund och motiveringar till BoD ges i *European Convention for Constructional Steelwork and Joint Committee on Structural Safety: Background Documentation, Eurocode 1 (ENV 1991-1), Part 1: Basis of Design, March 1996.*

1 ALLMÄNT

1.3 Antaganden

Detta avsnitt i BoD innehåller de antaganden man gjort om villkor som måste vara uppfyllda för att de dimensioneringsprinciper som beskrivs och de värden som anges skall kunna tillämpas. Motsvarande antaganden är inte nedskrivna i BKR men man måste dock förutsätta att de utgör villkor även för tillämpning av reglerna i BKR. Detta avsnitt innehåller inte någon skärpling av reglerna i BKR.

1.4 Skillnad mellan *principle*, P, och *application rule*, AR

P och AR utgör i stort samma begrepp som ”Föreskrift” resp ”Allmänna råd” i BKR.

Numeriska värden i BoD ges i AR ej i P. I NAD ges γ -värdena som P vilket innebär att de inte kan ändras av enskilda konstruktörer.

2 KRAV

2.1 Grundläggande krav

I detta avsnitt av BoD definieras *appropriate degrees of reliability* i allmänna ordalag och längre fram av givna γ -värden vilka inte är direkt kopplade till säkerhetsindex β . I NAD – liksom i BKR – har man föredragit att ange en formell beräkningsmässig säkerhetsnivå genom värden på säkerhetsindex β . Skälet till detta är att preciseringen av erforderlig säkerhetsnivå kan göras genom ett relativt fåtal värden på β som är oberoende av konstruktionsmaterial och konstruktionstyp. Med utgångspunkt från β -värden och data om laster, material och konstruktion kan γ -värdena beräknas med en preciserad metod, t ex enligt ISO/2394. Det bör dock poängteras att hur man än bestämmer säkerhetsnivån måste förfarandet betraktas som i hög grad formellt.

2.2 Reliability

In NAD the reliability differentiation is more detailed than in BoD through the specification of three safety classes. In BoD classification is only referred to as a possibility. The working group has considered the specification in NAD to be justified with regard to the fact that structures and structural components differ in importance as regards safety aspects. The specification is also necessary to obtain uniformity with BKR.

In BoD the possibility to differentiate in serviceability limit states as well as in ultimate limit states is mentioned. NAD does not comment on this which implies that BoD applies. In NAD only the differentiation in ultimate limit states is specified. However, the possibility to differentiate in serviceability limit states is provided for by stating an interval for the β value, 1.3 - 2.3, in section 2.1. The values of γ and ψ are given in NAD and the requirements in EC 2 to 9.

In BKR the safety classes are differentiated by the partial factor γ_n associated to the resistance. In NAD γ_d - changed index - has instead been associated with the action. The advantages of this are that

- the design value for a prefabricated structural element can be given irrespective of safety class, i.e. irrespective of its intended use
- it leads to improvements when non-linear problems are considered

One disadvantage is that one has to change the values of actions when cumulative actions are calculated depending on which structural component is studied. For example, the actions on a slab in Safety Class 2 must be increased when they are transferred to a column in Safety Class 3. This is a complication that necessitates a certain amount of systematization in the calculations. This is the reason why γ_n was associated with the resistance in BKR, where choosing different values of resistance for different structural components does not cause any problem.

The numerical values of γ_d are commented on in section 9.

2.4 Design working life

Contrary to BKR, BoD does not distinguish between structural components that are accessible for inspection and maintenance and those which are not. The working group has therefore made accessibility a decisive influence on the required design working life in NAD.

2.2 Differentiering av säkerhet

I NAD har detaljeringen ifråga om differentiering av säkerhet förts längre än i BoD genom precisering av tre säkerhetsklasser. I BoD nämns endast möjligheten att klassificera. Denna detaljering har arbetsgruppen bedömt vara riktig med hänsyn till att olika konstruktioner och konstruktionsdelar har olika betydelse ur säkerhetssynpunkt. Den är dessutom nödvändig om man skall uppnå likformighet med BKR.

I BoD anges möjlighet till differentiering både av brottgräns- och bruksgränstillstånd. I NAD sägs inget om detta vilket innebär att BoD gäller. I NAD preciseras endast differentiering i brottgränstillstånd. Enligt NAD ges dock möjlighet till differentiering även i bruksgränstillstånd i och med att i 2.1 anges ett område för β ; 1,3 – 2,3. Värdena på γ och ψ anges i NAD och krav i EC 2 till 9.

I BKR differentieras säkerhetsklasser med partialkoefficienten γ_n på bärformågesidan. I NAD har γ_d – ändrat index – istället placerats på lastsidan. Fördelarna med detta är att

- dimensioneringsvärdet för en prefabricerad konstruktionsdel kan anges oberoende av säkerhetsklass, dvs oberoende av avsedd användning
- det leder till förbättringar vid olinjära problem.

En nackdel är att man vid lastnedräkning måste ändra lastvärdena efter den studerade konstruktionsdelen. Exempelvis skall lasten på en platta i säkerhetsklass 2 ökas då den förs ned i en pelare i säkerhetsklass 3. Detta är en komplikation som kräver viss systematik vid beräkningarna. Det är orsaken till att γ_n placerades på bärformågesidan i BKR där det inte var något problem med att välja olika hållfasthetsvärden för olika konstruktionsdelar.

De numeriska värdena på γ_d kommenteras i avsnitt 9.

2.4 Teknisk livslängd

I motsats till BKR skiljer inte BoD på konstruktionsdelar som är åtkomliga – resp inte åtkomliga – för inspektion och underhåll. I NAD har arbetsgruppen därför låtit åtkomligheten påverka den erforderliga tekniska livslängden.

3 LIMIT STATES

In NAD a minor addition is made to this section. It may however be sufficient to exemplify the concepts irreversible and reversible serviceability limit states here.

If an irreversible serviceability limit state is exceeded a permanent damage occurs, for example a large permanent deflection of a beam or permanent cracking in a prestressed concrete structure.

If a reversible serviceability limit state is exceeded a temporary damage or inconvenience occurs, for example a temporary large deflection caused by a high load of short duration or temporary cracking in a prestressed concrete structure, which recedes - due to the prestressing force - when the load decreases. Another example is vibrations. It may be acceptable that a serviceability limit state is exceeded temporarily and with short duration but unacceptable if it happens permanently. This is the reason for the difference between β values for irreversible and reversible inconveniences mentioned in 2.1(2) of NAD. See also 9.5.2 of NAD.

4 ACTIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES

4.2 Characteristic values of actions

(4) See 9.4.3.

4.3 Other representative values of variable and accidental actions

The ψ factors used in BoD and NAD are not identical to those used in BKR. The relationship between the factors is as follows:

BoD + NAD	BKR
Characteristic value Q_k	Characteristic value Q_k
Combined value $\psi_0 Q_k$	
Non-frequent value $\psi'_1 Q_k$	Frequent value ψQ_k
Frequent value $\psi_1 Q_k$	
Quasipermanent value $\psi_2 Q_k$	Long term value $\psi_1 Q_k$

Methods for determination of the different values from statistical data are given in ISO/2394, Annex F.

3 GRÄNSTILLSTÅND

I NAD ges här endast en smärre komplettering. Det kan dock vara lämpligt att ge exempel på begreppen irreversibla och reversibla bruksgränstillstånd.

Om ett irreversibelt bruksgränstillstånd överskrids uppkommer en permanent skada, t ex en stor permanent nedböjning av en balk eller en permanent sprickbildning hos en spännbetongkonstruktion.

Om ett reversibelt bruksgränstillstånd överskrids uppkommer en tillfällig skada eller olägenhet, t ex en tillfälligt stor nedböjning av en balk till följd av en kortvarig hög last eller en tillfällig sprickbildning i en spännbetongkonstruktion, som – till följd av spänkkraften – upphör om lasten minskar. Ytterligare ett exempel: vibrationer. Det kan vara acceptabelt att ett bruksgränstillstånd överskrids tillfälligt och kortvarigt men oacceptabelt om det är permanent. Detta är ett skäl till den i NAD, 2.1(2) nämnda skillnaden i β -värdena för reversibel resp irreversibel olägenhet. Se även NAD, 9.5.2.

4 LASTER OCH MILJÖPÅVERKAN

4.2 Karakteristiskt värde på laster

(4) Se 9.4.3.

4.3 Andra värden på variabla laster och olyckslaster

Beteckningarna på faktorn ψ som används I BoD och NAD stämmer inte med dem som används i BKR. Så här ser sambanden mellan beteckningarna ut:

BoD + NAD	BKR
Karakteristiskt värde Q_k	Karakteristiskt värde Q_k
Kombinationsvärde $\psi_0 Q_k$	
Ickefrekvent värde $\psi'_1 Q_k$	Vanligt värde ψQ_k
Frekvent värde $\psi_1 Q_k$	
Kvasipermanent värde $\psi_2 Q_k$	Långtidsvärde $\psi_1 Q_k$

Metoder för bestämning av de olika lastvärderna ur statistiska data behandlas i ISO/2394, Annex F.

6 GEOMETRICAL DATA

Dimensional deviations and tolerances are in EC treated in the parts for the different materials and the principles differs somewhat between the different parts. This may be an disadvantage for structures and structural parts composed of different materials in interaction. In BKR also, no principles are given for how tolerances should be selected and how they should be taken into account in the calculations.

7 MODEL FOR STRUCTURAL ANALYSIS AND RESISTANCE

Generally, there is a lack of information in EC on the uncertainty of models and on how the models are chosen from a statistical point of view, whether they express the mean value, the 5 % fractile or something else.

Model uncertainties may be taken into account on the one hand when the partial factor γ_M is determined and on the other hand in the model and its numerical values. Some uniform principles or guidelines for how model uncertainties shall be taken into account is an important issue for a future development of BoD.

8 DESIGN ASSISTED BY TESTING

No comments

6 MÅTT- OCH FORMAVVIKELSER

Måttavvikeler och toleranser behandlas i EC i materialdelarna och principerna är där något olika i de olika delarna. Detta kan vara en nackdel för konstruktioner och konstruktionsdelar där olika material ingår och samverkar. Inte heller i BKR, 2 ges principer för hur toleranser bör väljas och hur de bör beaktas i beräkningarna.

7 BERÄKNINGSMODELLER

I EC i allmänhet saknas uppgifter om modellernas osäkerheter och om hur modellerna är valda från statistisk synpunkt, om de uttrycker medelvärdet, 5 %-fraktilen eller något annat.

Hänsyn till modellosäkerheten kan tas dels vid bestämning av partialkoefficienten γ_M dels vid utformning av modellen med dess numeriska värden. Några enhetliga principer eller riktlinjer för hur modellosäkerheten skall beaktas är en angelägen fråga vid en framtida utvecklingen av BoD.

8 DIMENSIONERING GENOM PROVNING

Inga kommentarer

9 VERIFICATION BY THE PARTIAL FACTOR METHOD

9.3 Design values

9.3.1 Design values of actions

- (2) According to NAD the expressions for design values in Equation 9.2 shall not be used. The reason for this is that they are unnecessary, since the principles are given by Equation (9.1) and the application is described in Sections 9.4.2 and 9.5.2. As a consequence of the principle given by Equation (9.1) the expressions of Equation (9.2) need to be modified.. In order to avoid making NAD unnecessarily complicated Equation (9.2) was deleted.

9.3.2 Design values of effects of actions

- (2) and (3) According to BoD the partial factor γ_{Sd} , which takes account of the model uncertainty shall - in the case of non-linear problems - be selected as unfavourably as possible.

In control calculations carried out in connection with the work with NAD, it was found that this could lead to unrealistic design values of the effects of actions, especially for geotechnical problems. Therefore Sections 9.3.2(2) and (3) have been replaced by another method in NAD. According to this method γ_G and γ_Q are divided into γ_{Sd} , γ_{Gr} and γ_{Qr} . γ_{Gr} and γ_{Qr} are associated with the action and γ_{Sd} with the effect of action. As an example the earth pressure in cohesive soil (clay) can be mentioned, where the uncertainty when the total stresses are analysed is mainly found in the shear strength and the analysis model and to a much lesser degree in the soil density - here called ρ . This is taken into account by the partial factors γ_ρ and γ_{Sd} . The active earth pressure is thus determined with the partial factor γ_ρ on the density and γ_{Sd} on the earth pressure. If the entire partial factor $\gamma_F = \gamma_\rho \gamma_{Sd}$ is allowed to affect the density, the earth pressure becomes unrealistically high. It is thought that some qualified institution should give recommendations about the application.

One could say that the working group has used Equation (9.7c) of BoD instead of Equation (9.7a) in NAD.

9 DIMENSIONERING GENOM PARTIALKOEFFICIENTMETODEN

9.3 Dimensionerande värden

9.3.1 Dimensionerande värden för laster

- (2) Uttryckten för dimensioneringsvärden enligt ekv (9.2) skall enligt NAD utgå. Anledningen är att de är överflödiga då principerna ges av ekv (9.1) och tillämpningen beskrivs i avsnitt 9.4.2 och 9.5.2. Enligt den princip som ges av ekv (9.1) skulle ekv (9.2) behöva modifieras. För att inte NAD skall komplikeras mer än nödvändigt har ekv (9.2) utgått.

9.3.2 Dimensionerande värden på lasteffekt

- (2) och (3) Enligt BoD skall – vid icke linjära problem – partialkoefficienten γ_{S_d} , som beaktar modellosäkerheten, väljas så ogynnsamt som möjligt.

Vid provräkningar, utförda i samband med NAD-arbetet, fann man att denna metod kunde leda till orealistiska dimensioneringsvärden på lasteffekten, särskilt för geotekniska problem. Därför har i NAD avsnittet 9.3.2(2) och (3) ersatts med en annan metod. Enligt denna delas γ_G och γ_Q upp i γ_{S_d} och γ_{G_r} resp γ_{Q_r} . γ_{G_r} och γ_{Q_r} kopplas till lasten och γ_{S_d} till lasteffekten.

Som exempel kan nämnas jordtryck i kohesionsjord (lera) där osäkerheten vid totalspänningssanalys huvudsakligen finns i skjuvhållfastheten och beräkningsmodellen och i mindre grad i jordens densitet – här betecknad ρ . Detta kan beaktas genom användning av partialkoefficienterna γ_ρ och γ_{S_d} . Det aktiva jordtrycket beräknas med partialkoefficienten γ_ρ på densiteten och γ_{S_d} på jordtrycket. Om hela partialkoefficienten $\gamma_F = \gamma_\rho \gamma_{S_d}$ läggs på densiteten blir jordtrycket orealistiskt stort. Tanken har varit att någon kvalificerad institution skulle ge ut rekommendation om tillämpningen.

Man kan säga att arbetsgruppen i NAD utnyttjat ekv (9.7c) i BoD istället för ekv (9.7a).

9.3.5 Design values of resistance

- (2) According to NAD a_{norm} is replaced by a_d . The reason for this is that in most cases when a_d is not equal to a_{norm} – for example as regards the initial curvature of a column – it is often impossible and inappropriate to take account of the deviation in a by a partial factor γ_M .

Formally, Equation (9.7a) is applied in BKR, BBK and BSK, but in reality Equation (9.7c) with γ_{Rd} (printing error in BoD, the index shall not be written rd) is often incorporated into the analysis model. For example, in BBK the ambition was to construct analysis models whose results as nearly as possible correspond to the 5 % fractile of the resistance. A reduction of the resistance from the mean value to the 5 % fractile value can be seen as an effect of γ_{Rd} . If for instance the uncertainty of the analysis model for resistance can be characterised by a log-normal distribution and a coefficient of variation equal to 10 %, γ_{Rd} becomes ≈ 1.2 if the resistance is put to the mean value, i.e. if $R = E(R)$.

9.4 Ultimate limit states

9.4.1 Verification of static equilibrium and strength

Equations (9.8) and (9.9) in BoD are schematic simplifications of the relations that are valid. As regards Equation (9.9) the most generally applicable form is

$$\Phi(F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, x_{d1}, x_{d2}, \dots, \gamma_{Sd}, \gamma_{Rd}) \geq 0 \quad (1)$$

where the symbols have the same meaning as in BoD. Often the included variables can be divided into those that are associated with the action E and those that are associated with the resistance R in such a way that

$$\begin{aligned} E_d &= E(F'_d, a'_d, x'_d, \gamma_{Sd}) \quad \text{och} \quad R_d = R(F''_d, a''_d, x''_d, \gamma_{Rd}) \quad \text{dvs} \\ \Psi(E_d, R_d) &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

For the most uncomplicated case the function Ψ signifies a simple difference so that

$$R_d - E_d \geq 0 \quad (3)$$

which is the case that is presented in BoD.

9.3.5 Dimensionerande värde på bärformåga

- (2) Enligt NAD ersätts a_{norm} med a_d . Skälet till detta är att i de flesta fall då a_d inte är lika med a_{norm} – t ex vid initialkrokighet hos pelare – är det ofta omöjligt eller olämpligt att beakta avvikelsen i a genom en partialkoefficient γ_M .

I BKR, BBK och BSK tillämpas formellt ekv (9.7.a), dock i realiteten ofta ekv (9.7c) med γ_{Rd} (feltryck i BoD, index skall inte skrivas rd) inbakad i beräkningsmodellen. I BBK har man exempelvis så långt möjligt strävat efter att beskriva beräkningsmodeller vars resultat motsvarar 5 %-fraktilen hos bärformågan. En reduktion av bärformågan från medelvärdet till 5 %-fraktilen kan ses som en effekt av γ_{Rd} . Om exempelvis osäkerheten i beräkningsmodellen för bärformågan kan karakteriseras genom en log-normalfordelning och en variationskoefficienten på 10 % blir $\gamma_{Rd} \approx 1,2$ om bärformågan är satt till medelvärdet, dvs om $R = E(R)$.

9.4 Brottgränstillstånd

9.4.1 Verifiering av statisk jämvikt och hållfasthet

Ekv (9.8) och (9.9) i BoD är schematiska förenklingar av de samband som gäller. För t ex ekv (9.9) är den mest allmängiltiga formen

$$\Phi(F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, x_{d1}, x_{d2}, \dots, \gamma_{Sd}, \gamma_{Rd}) \geq 0 \quad (1)$$

där beteckningarna är desamma som i BoD. Ofta kan de ingående variablene delas upp i sådana som hör till lastsidan E och sådana som hör till bärformågesidan R så att

$$E_d = E(F'_d, a'_d, x'_d, \gamma_{Sd}) \quad \text{och} \quad R_d = R(F''_d, a''_d, x''_d, \gamma_{Rd}) \quad \text{dvs} \quad \Psi(E_d, R_d) \geq 0 \quad (2)$$

I det enklaste fallet innebär funktionen Ψ en enkel skillnad så att

$$R_d - E_d \geq 0 \quad (3)$$

vilket är det fall som presenterats i BoD.

9.4.2 Combinations of actions

- (1) As a consequence of the following "... dominant variable actions..." should be replaced by "... dominant actions...".
- (2) For this section in BoD several comments will be given and therefore some subheadings that do not exist in BoD and NAD are introduced.

Two equations, (9.10a) and (9.10b), versus one equation, (9.10)

According to NAD Equation (9.10) is deleted and Equations (9.10a) and (9.10b) are slightly modified, partly due to the partial factor which takes into account the safety class. This can be illustrated by the following. With a permanent action G and a variable action Q and the resistance R the design criteria for a simple but common type of design problem can be written

$$G + Q \geq R \quad (4)$$

where deterministic constants which convert actions into effects of actions are left out. If the partial factor method with the usual symbols is used, Equations (9.10a) and (9.10b) can be written - if the unequal sign is replaced by the equal sign -

$$\gamma_d (\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) = R_d \quad (\text{BoD, 9.10a})$$

$$\gamma_d (\xi \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) = R_d \quad (\text{BoD, 9.10b})$$

η is defined by the relation:

$$\eta = \frac{Q_k}{G_k + Q_k} \quad (5)$$

η is the fraction of the total action that is variable, described as an effect of action and with characteristic values. Then

$$1 - \eta = \frac{Q_k}{G_k + Q_k} \quad (6)$$

Moreover,

$$\frac{1}{\gamma_d} \frac{R_d}{G_k + Q_k} = \gamma_t \quad (7)$$

is introduced. γ_t can be regarded as a form of global partial factor for the action, i.e. the total effect of the characteristic actions shall be multiplied by γ_t (and γ_d) in order to achieve a resistance that is equal to that which is obtained when the partial factor method is applied directly.

9.4.2 Lastkombinationer

- (1) I konsekvens med det följande borde "... dominant variable actions..." bytas mot "... dominant actions...".
- (2) För detta avsnitt i BoD kommer det att ges flera kommentarer och därför införs här några rubriker som saknas i BoD och i NAD.

Två ekvationer (9.10a) och (9.10b) kontra en ekvation (9.10)

Enligt NAD utgår ekv (9.10) och ekv (9.10a) och (9.10b) modifieras något, bl a med hänsyn till partialkoefficienten γ_d som tar hänsyn till säkerhetsklass. Innebördens av detta kan illustreras på följande sätt. Med en permanent last G och en variabel last Q samt bärformågan R kan för en enkel men vanlig typ av problem dimensioneringsvillkoret skrivas

$$G + Q \geq R \quad (4)$$

där deterministiska konstanter som överför last till lasteffekt är utelämnade. Med tillämpning av partialkoefficientmetoden och med gängse beteckningar kan då ekv (9.10a) och ekv (9.10b) skrivas – om olikhetstecknet ersätts med ett likhetstecken

$$\gamma_d (\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) = R_d \quad (\text{BoD, 9.10a})$$

$$\gamma_d (\xi \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) = R_d \quad (\text{BoD, 9.10b})$$

Beteckningen η definieras genom sambandet

$$\eta = \frac{Q_k}{G_k + Q_k} \quad (5)$$

η beskriver andelen variabel last av den totala lasten räknat som lasteffekt och med karakteristiska värden. Då blir

$$1 - \eta = \frac{Q_k}{G_k + Q_k} \quad (6)$$

Vidare införs

$$\frac{1}{\gamma_d} \frac{R_d}{G_k + Q_k} = \gamma_t \quad (7)$$

γ_t kan uppfattas som en form av global partialkoefficient för lasten, dvs den totala effekten av de karakteristiska lasterna skall multipliceras med γ_t (och γ_d) för att erforderlig bärformåga skall bli densamma som om partialkoefficientmetoden tillämpas direkt.

With these symbols Equations (9.10a) and (9.10b) can be written

$$\gamma_G(1-\eta) + \psi_0\gamma_Q\eta = \gamma_t \quad (\text{BoD}, 9.10a)$$

$$\xi\gamma_G(1-\eta) + \gamma_Q\eta = \gamma_t \quad (\text{BoD}, 9.10a)$$

With $\gamma_G = 1.35$, $\xi = 0.89$, $\gamma_Q = 1.5$ and $\psi_0 = 0.7$ – which is a normal value – γ_t can be considered a function of η and be graphically illustrated as in Figure 1. The line representing Equation (9.10) in BoD is plotted in the same figure. Finally the required values of γ_t have been calculated according to the method based on the theory of probability described in NKB, i.e. with a normally distributed effect of action and a resistance with a log-normal distribution. In that case the coefficients of variation, V_G and V_Q , have been chosen in such a way that the curve agrees with the straight lines at $\eta = 0$ and 1, which leads to $V_G = 0.05$ and $V_Q = 0.47$. The coefficient of variation for R has been given the value $V_R = 0.10$.

Figure 1 indicates that the two equations, (9.10a) and (9.10b), describe the method based on the theory of probability better than Equation (9.10). Moreover, Equations (9.10a) and (9.10b) lead to a more advantageous result - i.e. a lower effect of action. However, it should be noted that the y axis starts at 1.0 and that the maximum difference between Equation (9.10) and the two equations (9.10a) and (9.10b) is about 8 % for $\psi_0 = 0.7$, which occurs when $\eta = 0.248$. For $\psi_0 = 0$ the deviation increases to its maximum value 9.9% ($\eta = 0.09$).

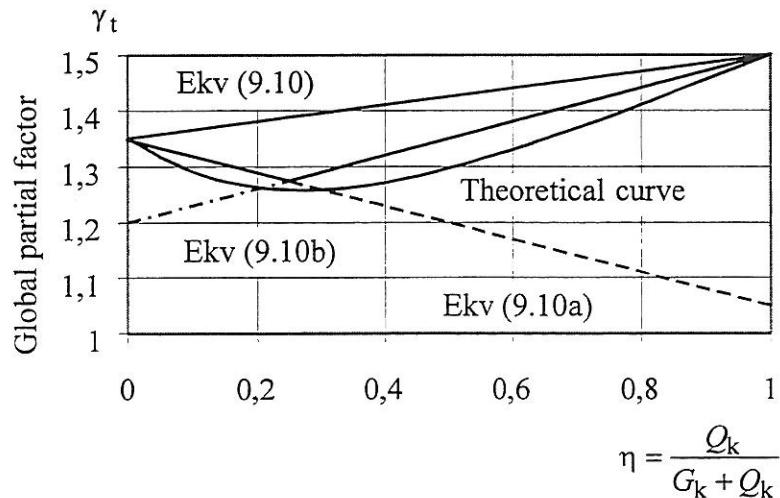


Figure 1. The full line discontinuous in one point corresponds to the design criteria obtained by Equations (9.10 a and b) together. The theoretical curve is in accordance with NKB.

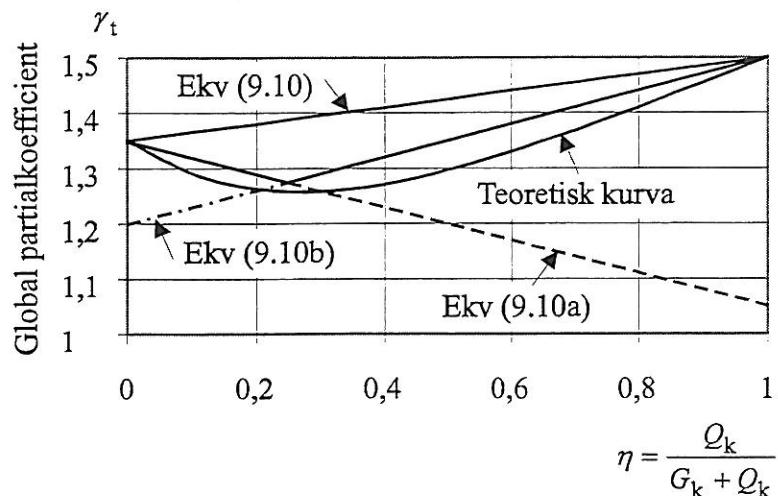
Med dessa beteckningar kan ekv (9.10a) och ekv (9.10b) skrivas

$$\gamma_G(1-\eta) + \psi_0\gamma_Q\eta = \gamma_t \quad (\text{BoD}, 9.10a)$$

$$\xi\gamma_G(1-\eta) + \gamma_Q\eta = \gamma_t \quad (\text{BoD}, 9.10a)$$

Med $\gamma_G = 1,35$, $\xi = 0,89$, $\gamma_Q = 1,5$ och $\psi_0 = 0,7$ – normalt värde – kan γ_t uppfattas som en funktion av η och grafiskt illustreras som i figur 1. I samma figur visas också den linje som representerar ekv (9.10) i BoD. Slutligen har också erforderliga värden på γ_t beräknats enligt den sannolikhetsteoretiska metod som finns beskriven i NKB, dvs med normalfördelad lasteffekt och lognormalfördelad bärformåga. I det fallet har variationskoefficienterna V_G och V_Q valts så att kurvan stämmer med de räta linjerna för $\eta = 0$ och 1, vilket innebär att $V_G = 0,05$ och $V_Q = 0,47$. Variationskoefficienten för R har valts till $V_R = 0,10$.

Figur 1 tyder på att de två ekv (9.10a) och (9.10b) är en bättre beskrivning än ekv (9.10) av den sannolikhetsteoretiska metoden. Dessutom ger ekv (9.10a) och (9.10b) något gynnsammare resultat – dvs mindre lasteffekt. Lägg dock märke till att y-axeln startar vid 1,0 och att den maximala skillnaden för $\psi_0 = 0,7$ mellan ekv (9.10) och de båda ekv (9.10a) och (9.10b) maximalt är ca 8 % vilket inträffar för $\eta = 0,248$. För $\psi_0 = 0$ växer skillnaden till sitt maximala värde 9,9 % ($\eta = 0,09$).



Figur 1. Heldragens bruten linje motsvarar dimensioneringsvillkoret för ekv(9.10a och b) tillsammans.
Teoretisk kurva enligt NKB.

The value $\xi = 0.89$ has been selected so that $\xi\gamma_G = 1.20$, when $\gamma_G = 1.35$ (the value given in BoD). If $\gamma_G = 1.0$, as in BKR, is multiplied by $\gamma_n = 1.2$ (associated with the action) $\gamma_G\gamma_n = 1.2$. The factor ξ has thus been selected in such a way that BKR and BoD give the same result for Safety Class 3. Since BoD has only one safety class it must correspond to Safety Class 3 of BKR. See also "Comparison between gamma in NAD and BKR" on page 17.

Table 9.1 in NAD

The table expresses the same thing as Equations (9.10a) and (9.10b) but has nevertheless been included in order to emphasise its resemblance to BoD as regards the disposition. The table is more detailed than the corresponding table in BoD. With a partial factor for safety class γ_d associated with the action - as in NAD - it is necessary to distinguish favourable actions from unfavourable actions. In the table distinction is also made between γ_{Gsup} and γ_{Ginf} . This distinction appears in BoD for the first time in section 9.4.3.

The partial factor γ_d

The reasons for associating the partial factor for safety class with the action instead of the resistance are given in section 2.2. If the principles of BKR had been fully maintained, all actions should be multiplied by γ_d . However, this change made it possible to eliminate one inconvenience which is inherent in BKR, which is that the design value of the action is independent of safety class. This implies for instance for the beam in Figure 2 that the factor of safety against uplift of support A, which is not anchored, is independent of safety class.

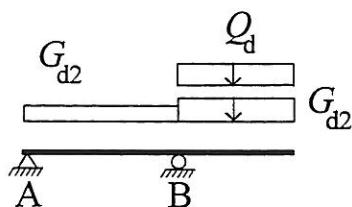


Figure 2. Risk for uplift at support A.

According to BKR

$$G_{d1} = 1.0G_k, \quad G_{d2} = 0.85G_k \quad \text{and} \quad Q_d = 1.3Q_k \quad (8)$$

in ultimate limit states.

According to NAD a favourable action should be multiplied by γ_d . For SK 3 ($\gamma_d = 1$) and SK1 ($\gamma_d = 0.83$) and for a dominating variable action this leads to

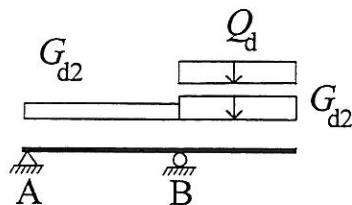
Värdet $\xi = 0,89$ har valts så att det, multiplicerat med $\gamma_G = 1,35$ (det värde som ges i BoD), blir $\xi\gamma_G = 1,20$. Om värdet $\gamma_G = 1,0$ enligt BKR, multipliceras med $\gamma_n = 1,2$ (överflyttat till lastsidan) blir $\gamma_G\gamma_n = 1,2$. Faktorn ξ har alltså valts så att BKR och BoD stämmer överens i SK 3. BoD har bara har en säkerhetsklass och den måste motsvara SK 3 i BKR. Se även ”Jämförelse mellan gamma i NAD och BKR” på sid 17.

Tabell 9.1 i NAD

Tabellen och ekv (9.10a) samt (9.10b) är två uttryck för samma sak men den har ändå tagits med för att betona likheten med BoD vad gäller uppläggning. Tabellen är mer detaljerad än motsvarande i tabell i BoD. Med partialkoefficienten för säkerhetsklass γ_d på lastsidan – som i NAD – är det nödvändigt att skilja på gynnsam och ogynnsam last. I tabellen särskiljs även γ_{Gsup} och γ_{Ginf} . Denna distinktion finns först med i avsnitt 9.4.3 i BoD.

Partialkoefficienten γ_d

Motiven för överflyttning av partialkoefficienten för säkerhetsklass från bär förmågesidan till lastsidan finns angivna i avsnitt 2.2. Om principerna i BKR hade bibehållits fullt ut skulle alla laster ha ökats med genom multiplikation med γ_d . Genom överflyttningen fanns det dock en möjlighet att eliminera en olägenhet som är inbyggd i BKR, nämligen att lastens dimensioneringsvärde är oberoende av säkerhetsklass. Det innebär t ex för balken i figur 2 att säkerheten mot lyftning av stöd A, som saknar förankring, blir oberoende av säkerhetsklass.



Figur 2. Risk för lyftning vid stöd A.

Enligt BKR blir för brottgränstillstånd

$$G_{d1} = 1,0G_k, \quad G_{d2} = 0,85G_k \quad \text{och} \quad Q_d = 1,3Q_k \quad (8)$$

Enligt NAD skall gynnsam last inte multipliceras med γ_d . För SK 3 ($\gamma_d = 1$) och SK1 ($\gamma_d = 0,83$) samt med variabel last som dominerande innebär det för

$$\begin{aligned}
\text{SK3: } G_{d1} &= \xi \gamma_d \gamma_{Gsup} G_k = 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.35 G_k = 1.2 G_k \\
G_{d2} &= \xi \gamma_{Ginf} G_k = 0.89 \cdot 1.0 G_k = 0.89 G_k \\
Q_d &= \gamma_d \gamma_Q Q_k = 1.0 \cdot 1.5 Q_k = 1.5 Q_k \\
\text{SK1: } G_{d1} &= \xi \gamma_d \gamma_{Gsup} G_k = 0.89 \cdot 0.83 \cdot 1.35 G_k = 1.0 G_k \\
G_{d2} &= \xi \gamma_{Ginf} G_k = 0.89 \cdot 1.0 G_k = 0.89 G_k \\
Q_d &= \gamma_d \gamma_Q Q_k = 0.83 \cdot 1.5 Q_k = 1.25 Q_k
\end{aligned} \tag{9}$$

Since it is only the ratio between the values of action that is of importance, it is possible to correct all values through multiplication by the same factor, which is such that $Q_d = 1.3 Q_k$, in order to compare with BKR. This gives

$$\begin{aligned}
\text{SK3: } G_{d1} &= 1.04 G_k & G_{d2} &= 0.77 G_k & Q_d &= 1.3 Q_k \\
\text{SK1: } G_{d1} &= 1.04 G_k & G_{d2} &= 0.93 G_k & Q_d &= 1.3 Q_k
\end{aligned} \tag{10}$$

The modified design values of G_{d1} for an unfavourable permanent action and Q_d for a variable action will thus become almost equal to those that are valid according to BKR. The corresponding values of G_{d2} for a favourable permanent action will however become somewhat lower in Safety Class 3 and somewhat higher in Safety Class 1. In Safety Class 2 G_{d2} is the same as according to BKR. For those cases where a favourable permanent action is of importance, NAD leads to a slightly more severe requirement in SK3 and a slightly less severe requirement in SK1 than in BKR.

Hydraulic uplift

According to NAD γ_d may be put at 0.83 irrespective of safety class when hydraulic uplift is considered. Principally, this is the same problem as the one shown in Figure 2 with an unfavourable permanent action G_{d1} corresponding to the water pressure with a mean water level and variable action Q_d corresponding to the high water level. Depending on the relation between G_{d1} and Q_d the total factor of safety against uplift will vary between the limits, s_1 and s_2 , as follows, where the values are taken from Equation (9).

$$\begin{aligned}
\text{Sk3: } s_1 &= 1.20 / 0.89 = 1.35 & \text{Only } G_{d1} \\
s_2 &= 1.50 / 0.89 = 1.69 & \text{Only } Q_d \\
\text{Sk1: } s_1 &= 1.00 / 0.89 = 1.12 & \text{Only } G_{d1} \\
s_2 &= 1.25 / 0.89 = 1.40 & \text{Only } Q_d
\end{aligned} \tag{11}$$

The working group was of the opinion that the factor of safety (1.35 - 1.69) in SK3 was unrealistically high and not in accordance with the currently applied practise. The values for SK1 (1.12 - 1.40) were regarded as more realistic. This is the reason for the exception as regards hydraulic uplift.

$$\begin{aligned}
\text{SK3: } G_{d1} &= \xi \gamma_d \gamma_{Gsup} G_k = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,35 G_k = 1,2 G_k \\
G_{d2} &= \xi \gamma_{Ginf} G_k = 0,89 \cdot 1,0 G_k = 0,89 G_k \\
Q_d &= \gamma_d \gamma_Q Q_k = 1,0 \cdot 1,5 Q_k = 1,5 Q_k \\
\text{SK1: } G_{d1} &= \xi \gamma_d \gamma_{Gsup} G_k = 0,89 \cdot 0,83 \cdot 1,35 G_k = 1,0 G_k \\
G_{d2} &= \xi \gamma_{Ginf} G_k = 0,89 \cdot 1,0 G_k = 0,89 G_k \\
Q_d &= \gamma_d \gamma_Q Q_k = 0,83 \cdot 1,5 Q_k = 1,25 Q_k
\end{aligned} \tag{9}$$

Eftersom det endast är förhållandet mellan lastvärdena som är av betydelse kan samtliga värden korrigeras genom multiplikation med samma faktor så att $Q_d = 1,3 Q_k$ för jämförelse med BKR. Det ger

$$\begin{aligned}
\text{SK3: } G_{d1} &= 1,04 G_k & G_{d2} &= 0,77 G_k & Q_d &= 1,3 Q_k \\
\text{SK1: } G_{d1} &= 1,04 G_k & G_{d2} &= 0,93 G_k & Q_d &= 1,3 Q_k
\end{aligned} \tag{10}$$

De modifierade dimensioneringsvärdena för G_{d1} för ogynnsam permanent last och Q_d för variabel last blir alltså nära lika dem som gäller enligt BKR. Motsvarande värden G_{d2} för gynnsam permanent last blir dock något lägre för säkerhetsklass 3 (SK3) och något högre för SK1. För SK2 blir G_{d2} samma som enligt BKR. För de fall där gynnsam permanent last är av betydelse ger NAD alltså något strängare krav i SK3 och något mildare krav i SK1 jämfört med BKR.

Hydraulisk upplyftning

Enligt NAD får γ_d sättas till 0,83 oberoende av säkerhetsklass vid hydraulisk upplyftning. Det är i princip samma problem som illustras i figur 2 med ogynnsam permanent last G_{d1} knuten till vattentrycket vid medelvattenstånd och variabel last Q_d till högvattenstånd. Beroende på relationen mellan G_{d1} och Q_d kommer totalsäkerheten mot upplyftning att variera mellan två gränser s_1 och s_2 på följande sätt där värdena är tagna från ekv (9)

$$\begin{aligned}
\text{Sk3: } s_1 &= 1,20 / 0,89 = 1,35 & \text{Endast } G_{d1} \\
s_2 &= 1,50 / 0,89 = 1,69 & \text{Endast } Q_d \\
\text{Sk1: } s_1 &= 1,00 / 0,89 = 1,12 & \text{Endast } G_{d1} \\
s_2 &= 1,25 / 0,89 = 1,40 & \text{Endast } Q_d
\end{aligned} \tag{11}$$

Arbetsgruppen gjorde den bedömningen att säkerheten (1,35 – 1,69) i SK3 är realistiskt hög och inte i enlighet med den praxis som tillämpas för närvärande. Värdena för SK1 (1,12 – 1,40) bedömdes som mer realistiska. Det är orsaken till undantagsregeln för hydraulisk upplyftning.

When a structure is secured against hydraulic uplift according to Equation (9.8) with $\gamma_d = 0.83$ and thereafter shall be designed for design actions according to Equations (9.10a) and (9.10b), the structure may be found to be unstable. This may occur in SK2 and SK3 but not in SK1. For verification of individual cross-sections it may therefore be necessary to carry through the calculations with characteristic actions and then apply the partial factors on the resulting effects of action.

- (9) When verification with regard to fatigue is carried out, and the fatigue action is assumed to vary between a lower limit Q^l and an upper limit Q^u , Equation (9.10b) may be applied to both limits with the partial factors of the same values. If the stress level is of importance - as for example for concrete - the stresses for both cases, $Q = Q^l$ and $Q = Q^u$ are calculated. For linear problems and when only the difference in stresses is of importance, Equation (9.10b) can be applied with Q replaced by the difference in actions, i.e. $Q = Q^u - Q^l$. Other combinations of actions may then be omitted.

9.4.3 Partial factors

- (1) and Note 5 to Table 9.2.

The use of γ_{Gsup} and γ_{Ginf} is explained in NAD. This is also illustrated by two examples: The example in Figure 3 shows a continuous two-span beam. The maximum bay moment in span BC shall be determined. The self-weight constitute the permanent action - for example a beam or a slab - and it is assumed to be identical in the two spans. The variable load is not shown in the figure.

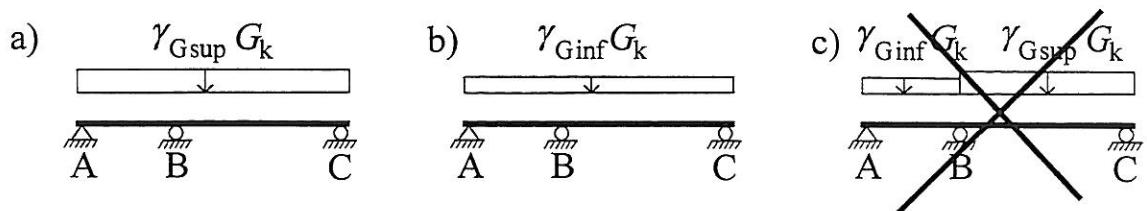


Figure 3. When the bay moment in span BC is determined the partial factors γ_{Gsup} and γ_{Ginf} shall be applied as in a) or b) and not as in c).

The example in Figure 4 shows a frame with the self-weight G and earth pressure J against the vertical members. The problem is assumed to concern the negative moment in the middle of the horizontal member.

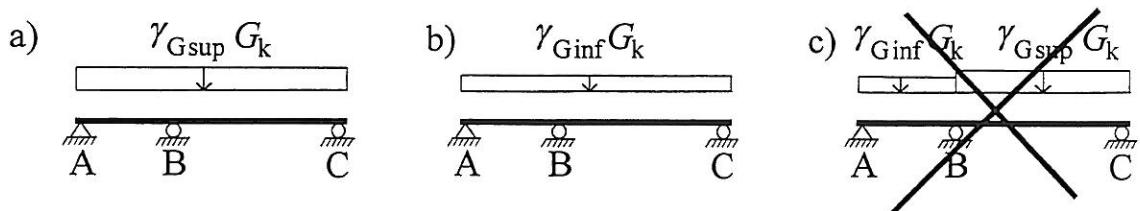
När en konstruktion säkrats mot hydraulisk upplyftning enligt ekv (9.8) med $\gamma_d = 0,83$ och därefter skall beräknas för dimensionerande laster enligt ekv (9.10a) eller (9.10b), kan det inträffa att den blir instabil vilket kan inträffa i SK2 och 3, inte i SK1. Vid dimensionering av enskilda tvärsnitt kan det därför bli nödvändigt att genomföra beräkningarna med karakteristiska laster och därefter applicera partialkoefficienter på resulterande lasteffekter.

- (9) Vid dimensionering med hänsyn till utmattning, där utmattningslasten Q varierar antas variera mellan en undre gräns Q^l och en övre gräns Q^u kan ekv (9.10b) tillämpas för båda gränserna med samma värden på partialkoefficienterna. Om spänningsnivån är av betydelse – t ex för betong – beräknas spänningarna för de båda fallen: $Q = Q^l$ och $Q = Q^u$. Vid linjära problem och då endast spänningsskillnaderna är av betydelse kan ekv (9.10b) tillämpas med Q ersatt med lastskillnaden, dvs $Q = Q^u - Q^l$. Övriga laster i kombinationen kan då utelämnas.

9.4.3 Partialkoefficienter

(1) och not 5 till tabell 9.2.

I NAD förklaras hur γ_{Gsup} och γ_{Ginf} skall användas. Detta illustreras av följande två exempel: Exemplet i figur 3 visar en kontinuerlig balk i två spann. Maximalt fältnmoment i spann BC skall bestämmas. Den permanenta lasten utgörs av egentyngden – t ex balk och betongplatta – och den antas lika i de båda spannen. Variabel last är inte visad i figuren.



Figur 3. Vid bestämning av max fältnmoment i fack BC skall partialkoefficienterna γ_{Gsup} och γ_{Ginf} skall hanteras enligt a) eller b), inte enligt c).

Exemplet i figur 4 visar en ram med egentyngd G samt jordtryck J mot rambenen. Problemet antas här gälla negativt moment i rambalkens mitt.

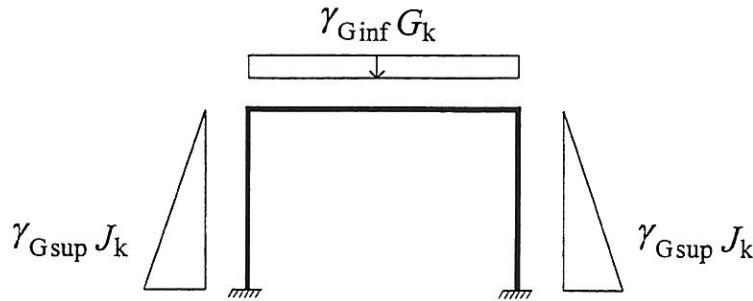


Figure 4. The correct way to apply γ_{Gsup} and γ_{Ginf} on a frame for determination of the negative moment in the middle of the horizontal member.

(2) in BoD and Note 4 to Table 9.2.

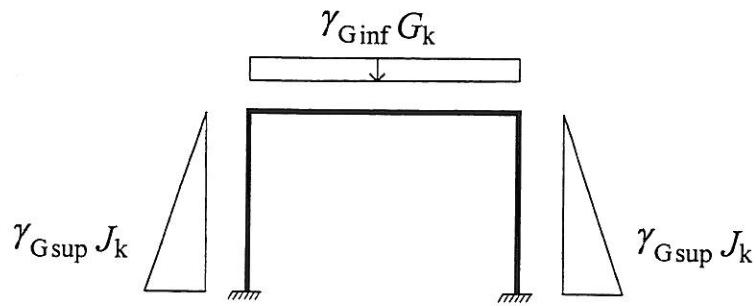
Sensitivity, here sensitivity towards the variations in permanent actions from one place to another, for example as shown in Figure 2. The variations are assumed to be unintentional and at least partially random. As an exception from what is shown in Figure 3 γ_{Gsup} and γ_{Ginf} can then be applied to different parts of the same structure, see Figure 2. In 4.2(4) of BoD it is stated that in such cases also the characteristic value shall be assumed to have a higher, $G_{k,sup}$ and a lower, $G_{k,inf}$, value. In NAD this rule has been maintained only for the cases where the uncertainty in G is large - as for example for earth pressure - which normally implies that the self-weight only has one characteristic value G_k , and the sensitivity to variations is taken into account only by the partial factors γ_{Gsup} and γ_{Ginf} . It should be noted that the ratio between γ_{Gsup} and γ_{Ginf} according to NAD is somewhat larger than between the values given in Table 9, Case A of BoD.

(3) including Table 9.2,

For this section in BoD several comments will be given. Subheadings that do not exist in BoD and NAD are therefore introduced.

Cases A, B and C in BoD

Table 9.2 in BoD contains three cases: A, B and C. In NAD these three cases have been combined into one single case. Except for the fact that this is a simplification, the following reason has been stated.



Figur 4. Så här skall γ_{Gsup} och γ_{Ginf} hanteras för en ram vid bestämning av negativt moment i rambalkens mitt.

(2) i BoD och not 4 till tabell 9.2.

Med ”känslighet” avses här variationer i den permanenta lasten från en plats till en annan t ex det som illustreras i figur 2. Variationerna förutsätts vara oavsiktliga och åtminstone delvis slumpmässiga. Som undantag till vad som visas i figur 3 kan i sådana fall kan γ_{Gsup} och γ_{Ginf} kopplas till olika delar av samma konstruktion, se figur 2. I BoD, 4.2(4), anges att i sådana fall skall även det karakteristiska värdet G_k antas ha ett högre värde $G_{k,sup}$ och ett lägre värde $G_{k,inf}$. I NAD har denna regel bibehållits endast då osäkerheten i G är stor – t ex vid jordtryck – vilket normalt innebär att egentyngden endast har ett karakteristiskt värde G_k och känsligheten för variationer beaktas enbart genom partialkoefficienterna γ_{Gsup} och γ_{Ginf} . Det bör påpekas att förhållandet mellan γ_{Gsup} och γ_{Ginf} enligt NAD är något större än mellan de värden som ges i BoD, tabell 9.2, fall A.

(3) inklusive tabell 9.2,

För detta avsnitt i BoD kommer det att ges flera kommentarer och därför införs här några rubriker som saknas i BoD och i NAD.

Fallen A, B och C i BoD

I BoD innehåller tabell 9.2 tre olika fall: A, B och C. I NAD har de tre fallen slagits ihop till ett fall. Utöver det faktum att detta medför en förenkling gäller följande motivering.

Cases A and B concern structures which are similar in nature, but while in Case A the structure is totally or almost totally independent of material strength, in Case B it is to a great extent dependent on the material strength. The structure may however sometimes be something in between or a combination of these extreme cases. There is then a risk that problems due to the interpretation may occur. This is illustrated with the example shown in Figure 2. The structure shall be verified with regard to uplift at A according to BoD. This case is at first checked with the help of Table 9.2: without anchoring of the support. This leads to $\gamma_{Ginf} = 0.90$ for Case A and hence $G_{d2} = 0.90G_k$. Suppose that this check shows that anchoring is necessary. This anchoring shall then be designed for Case B with $\gamma_{Ginf} = 1.0$ and $G_{d2} = 1.0G_k$. Since G_{d2} now is larger than in Case A the calculations may then lead to the result that no anchoring is needed. This result is ambiguous and may cause problems, especially when the calculations are carried out on a computer. The problem can be solved by applying the same partial factor in both Case A and Case B, but then the reason for having two cases disappears.

Case C is partly different in character since it only affects failure in the ground. Even here there are some ambiguities, as for example in the design of

- piles. Two values of actions have to be determined, one for the design of the pile and another one to ensure that the loadbearing capacity of the soil is sufficient.
- sheet pile walls. Here the soil interacts through active and passive pressure with the sheeting through its bending strength.

This is the reason why NAD has the same factors for geotechnical design as for the rest of the design. It should be added that geotechnical experts were present in the working group when these issues were discussed.

Comparison between partial factors in NAD and BKR

The relation between the partial factors in NAD and in BKR can be looked upon as follows. When the relation is linear the design criterion according to BKR may - if the variable action dominates - for a simple case and for SK3 ($\gamma_n = 1.2$) be written

$$1.0G_k + 1.3Q_k \leq \frac{R_k}{1,2\gamma_m} \quad (12)$$

where the permanent action G is supposed to be unfavourable. Multiplication by 1.2 gives

$$1.2G_k + 1.56Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m} \quad (13)$$

According to Equation (9.10b) in NAD the following is valid for an unfavourable permanent action with $\xi = 0.89$

Fallen A och B gäller båda konstruktioner som är likartade men där i fallet A konstruktionen är helt eller nära oberoende av materialets hållfasthet medan den i fall B i hög grad är beroende av materialets hållfasthet. Konstruktionen kan dock ibland utgöra ett mellanting mellan eller en kombination av dessa ytterlighetsfall. Det finns då risk för tolkningsproblem. Detta kan illustreras med det exempel som visas i figur 2. Konstruktionen skall kontrolleras med hänsyn till upplyftning vid A enligt BoD. Först kontrolleras fallet enligt tabell 9.2: utan förankring av stöd. Det ger $\gamma_{Ginf} = 0,90$ för fall A och därmed $G_{d2} = 0,90G_k$. Anta att denna kontroll visar att förankring erfordras. Denna förankring skall då dimensioneras för fall B med $\gamma_{Ginf} = 1,0$ och $G_{d2} = 1,0G_k$. Eftersom G_{d2} nu är större än vid fall A kan beräkningen ge som resultat att det inte krävs någon förankring. Resultatet blir då tvetydigt och kan vålla problem speciellt vid datorkörningar. Man kan lösa problemet genom att sätta samma partialkoefficient i fall A och B men då bortfaller ju också motivet för att ha två fall.

Fall C är delvis av annorlunda karaktär eftersom det endast rör brott i grunden. Även här finns dock oklarheter t ex vid dimensionering av

- pålar. Man måste beräkna två lastvärden för en påle, ett för dimensionering av pålen och ett annat för att säkerställa att bärigheten i mark är tillräcklig.
- spont. Här samverkar marken genom aktivt och passivt jordtryck med sponten genom dess böjhållfasthet.

Detta är anledningen till att NAD har samma lastkoefficienter för geoteknisk dimensionering som för dimensionering av konstruktionen i övrigt. Det bör tilläggas att geotekniker ingick i arbetsgruppen vid behandling av dessa frågor.

Jämförelse mellan partialkoefficienter i NAD och BKR

Sambandet mellan partialkoefficienterna i NAD och i BKR kan ses på följande sätt. Vid linjära samband kan för ett enkelt fall och för SK3 ($\gamma_n = 1,2$) dimensioneringsvillkoret enligt BKR – om variabel last är dominerande – skrivas

$$1,0G_k + 1,3Q_k \leq \frac{R_k}{1,2\gamma_m} \quad (12)$$

där den permanenta lasten G antas vara ogynnsam. Multiplikation med 1,2 ger

$$1,2G_k + 1,56Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m} \quad (13)$$

Enligt NAD, ekv (9.10b) gäller för ogynnsam permanent last med $\xi = 0,89$

$$\begin{aligned}\gamma_d \xi \gamma_{G\text{sup}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} Q_k &= 1.0 \cdot 0.89 \cdot 1.35 G_k + 1 \cdot 1.5 Q_k \\ 1.2 G_k + 1.5 Q_k &\leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\quad (14)$$

where $\gamma_d = 1.0$ for SK3.

According to BKR, if the permanent action G is supposed to be favourable, Equation (12) is changed to

$$0.85 G_k + 1.3 Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m} \quad (15)$$

Multiplication by 1.2 gives

$$1.02 G_k + 1.56 Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m} \quad (16)$$

According to Equation (9.10b) in NAD the following apply for a permanent favourable action with $\xi = 0.89$

$$\begin{aligned}\xi \gamma_{G\text{inf}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} Q_k &= 0.89 \cdot 1.0 G_k + 1 \cdot 1.5 Q_k \\ 0.89 G_k + 1.5 Q_k &\leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\quad (\text{BoD}, 9.10b)$$

The decrease in the coefficient before G_k from 1.02 in Equation (16) to 0.89 in Equation (9.10b) leads to a somewhat more severe requirement compared to BKR since G is favourable, while the consequence of the decrease in the coefficient before Q_k from 1.56 to 1.5 is a relaxation of the requirement.

According to BKR the following relation applies if the permanent action dominates in SK3

$$1.15 G_k \leq \frac{R_k}{1.2 \gamma_m} \quad (17)$$

Multiplication by 1.2 gives

$$1.38 G_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m} \quad (18)$$

which shall be compared to Equation (9.10a) in NAD, i.e. to

$$\begin{aligned}\gamma_d \gamma_{G\text{sup}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} \psi_0 Q_k &= 1.0 \cdot 1.35 G_k + 1 \cdot 1.5 \psi_0 Q_k \\ = 1.35 G_k + 1.5 \psi_0 Q_k &\leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\quad (\text{BoD}, 9.10a)$$

$$\begin{aligned}\gamma_d \xi \gamma_{G\text{sup}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} Q_k &= 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,35 G_k + 1 \cdot 1,5 Q_k \\ 1,2 G_k + 1,5 Q_k &\leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\tag{14}$$

där $\gamma_d = 1,0$ för SK3.

Om den permanenta lasten G antas gynnsam ändras ekv (12) enligt BKR till

$$0,85 G_k + 1,3 Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m}\tag{15}$$

Multiplikation med 1,2 ger

$$1,02 G_k + 1,56 Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m}\tag{16}$$

Enligt NAD, ekv (9.10b), gäller för gynnsam permanent last med $\xi = 0,89$

$$\begin{aligned}\xi \gamma_{G\text{inf}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} Q_k &= 0,89 \cdot 1,0 G_k + 1 \cdot 1,5 Q_k \\ 0,89 G_k + 1,5 Q_k &\leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\tag{BoD, 9.10b}$$

Minsknningen av koefficienten framför G_k från 1,02 i ekv (16) till 0,89 i ekv (9.10b) innebär en viss skärpning jämfört med BKR eftersom G är gynnsam medan minskningen av koefficienten framför Q_k från 1,56 till 1,5 innebär en lindring.

Om permanent last är dominerande gäller enligt BKR i SK3

$$1,15 G_k \leq \frac{R_k}{1,2 \gamma_m}\tag{17}$$

Multiplikation med 1,2 ger

$$1,38 G_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m}\tag{18}$$

som skall jämföras med ekv (9.10a) i NAD, dvs med

$$\begin{aligned}\gamma_d \gamma_{G\text{sup}} G_k + \gamma_d \gamma_{Q1} \psi_0 Q_k &= 1,0 \cdot 1,35 G_k + 1 \cdot 1,5 \psi_0 Q_k \\ &= 1,35 G_k + 1,5 \psi_0 Q_k \leq \frac{R_k}{\gamma_m}\end{aligned}\tag{BoD, 9.10a}$$

The left side of Equation (18) agrees reasonably well with the first term of Equation (9.10a). However, the second term does not have any correspondence in Equation (18). Equation (9.10a) of NAD thus leads to a somewhat more severe criterion than BKR.

This is valid for SK3 with $\gamma_d = 1.0$. The other values of γ_d are determined as follows:

$$\begin{aligned}\gamma_d(\text{SK2}) &= 1.1 / 1.2 \cdot 1.0 = 0.92 \\ \gamma_d(\text{SK1}) &= 1.0 / 1.2 \cdot 1.0 = 0.83\end{aligned}\quad (19)$$

Partial factors for fatigue actions

For fatigue actions $\gamma_Q = 1.0$ according to BKR, i.e. the same value as the one used for γ_G when the permanent action dominates. Correspondingly, $\gamma_Q = 1.2$ according to NAD, i.e. the same value as the one which applies for permanent actions according to Equation (9.10b):

$$\gamma_d \zeta \gamma_{G_{\text{sup}}} G_k = 1.0 \cdot 0.89 \cdot 1.35 G_k = 1.20 G_k \quad (20)$$

Partial factors for prestressing forces

The values of the partial factors γ_P for prestressing forces follow - with the exception of accidental actions - the values of γ_G when the permanent action dominates. This is a deviation from 7.3125 in BKR, where only one value of the partial factor for prestressing force is given.

Note 6 to Table 9.2

Alludes to a case when the action has a well defined upper limit. If the characteristic value of the action is put equal to this limit, γ_Q may be reduced to 1.35. Here the uncertainty of the variable action - and accordingly the partial factor - is put on an equal footing with the permanent action. In all other respects it is regarded as a variable action.

9.4.4 and 9.5.4 ψ factors

Annex A to BoD gives relations for the calculation of ψ factors. The background for these relations can be found in ISO/2394, Annex F and they are valid under some well defined conditions. The relations are mainly based on the actual distribution over time of low values, which at present are known only to a small extent. Therefore the values of ψ may principally be regarded as a result of estimations.

Vänster sida i ekv (18) stämmer hyfsat med första termen i ekv (9.10a). Men den andra termen saknar motsvarighet i ekv (18). Ekv (9.10a) i NAD innehåller alltså en viss skärpning jämfört med BKR.

Detta gäller för SK3 med $\gamma_d = 1,0$. De övriga värdena på γ_d är beräknade på följande sätt:

$$\begin{aligned}\gamma_d(\text{SK2}) &= 1,1 / 1,2 \cdot 1,0 = 0,92 \\ \gamma_d(\text{SK1}) &= 1,0 / 1,2 \cdot 1,0 = 0,83\end{aligned}\quad (19)$$

Partialkoefficient vid utmattning

För utmattningslast är $\gamma_Q = 1,0$ enligt BKR, dvs samma värde som tillämpas för γ_G då permanent last inte är dominerande. På motsvarande sätt gäller enligt NAD $\gamma_Q = 1,2$, dvs samma värde

$$\gamma_d \zeta \gamma_{G\text{sup}} G_k = 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,35 G_k = 1,20 G_k \quad (20)$$

som gäller för permanent last enligt ekv (9.10b).

Partialkoefficient vid förspänning

Värdena på partialkoefficienten γ_p för förspänning följer – med undantag för olyckslast – värdena på γ_G då permanent last är dominerande. Detta avviker något från BKR, 7:3125 där det endast finns ett värde på partialkoefficienten för förspänning

Not 6 till tabell 9.2

Syftar på ett fall då lasten har en väldefinierad övre gräns. Om det karakteristiska lastvärdet sätts lika med denna gräns får γ_Q reduceras till 1,35. Här jämställs alltså den variabla lastens osäkerhet – och därmed partialkoefficienten – med permanent last. I alla andra avseenden betraktas den dock som variabel last.

9.4.4 och 9.5.4 ψ -faktorer

Annex A till BoD ger samband för beräkning av ψ -faktorer. Bakgrunden till dessa samband finns i ISO/2394, annex F och de gäller för vissa väldefinierade förhållanden. Sambanden bygger huvudsakligen på lastvärdeneas momentana tidsförlopp som för närvarande är kända endast i ringa grad. Därför bör värden på ψ väsentligen betraktas som resultat av bedömningar.

9.4.5 and 9.5.5 simplified verification for buildings

The simplifications have not been considered sufficiently substantial to motivate yet another method. In NAD it is therefore stated that this section is deleted.

9.4.5 och 9.5.5 förenklad verifiering för byggnader

Förenklingarna har inte uppfattats som så betydande att de motiverat ytterligare en metod. I NAD står det därför kort och gott: Utgår.

