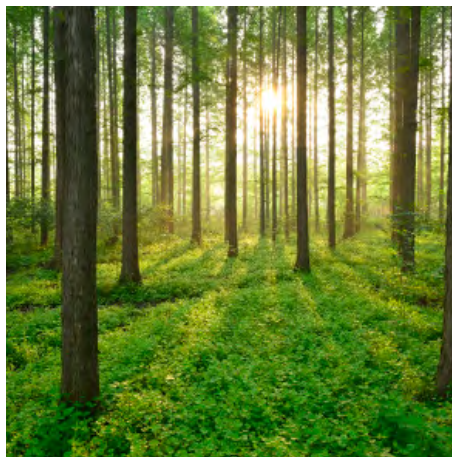
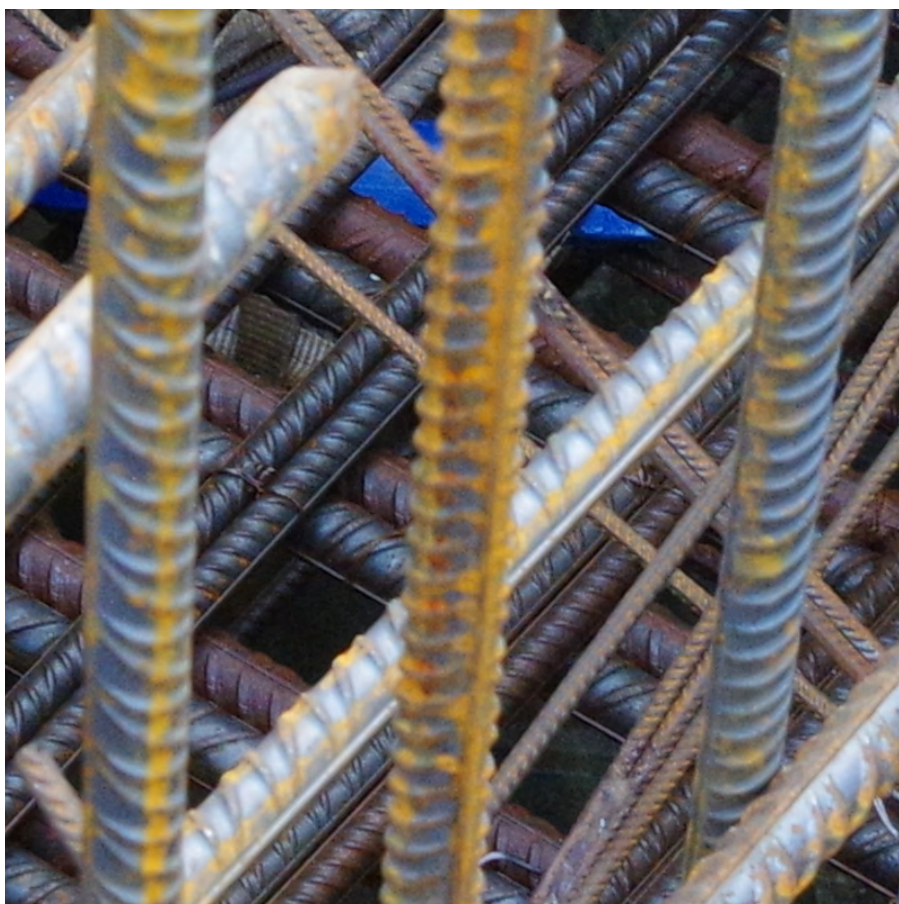
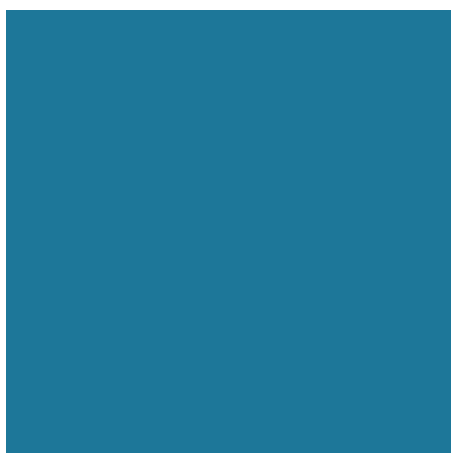


# BETONGDAMMARS SÄKERHET MED LASTER ENLIGT ANDRA GENERATIONENS EUROKODER

RAPPORT 2026:1212



BETONGTEKNISKT  
PROGRAM VATTENKRAFT





# **Betongdammars säkerhet med laster enligt andra generationens Eurokoder**

Analys av konsekvenser och förslag till hantering

ERIK NORDSTRÖM, FREDRIK STENESAND, MIKAEL HALLGREN

ISBN 978-91-89917-55-2 | © Energiforsk augusti 2026

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)

## Förord

**Europeiska konstruktionsstandarder, Eurokoder, för dimensionering av betongkonstruktioner har uppdaterats till andra generationen och kommer att träda i kraft 2027-2028. Det finns därmed ett behov att anpassa branschpraxis och riktlinjer, som RIDAS, till de uppdaterade Eurokoderna så att en rimlig dammsäkerhetsnivå uppnås.**

I projektet, som redovisas i denna rapport, analyseras hur andra generationens Eurokoder (EK Gen2) påverkar dimensionering av betongdammar och vattenbyggnadskonstruktioner i Sverige. Projektet fokuserar på förändringar i konsekvensklassning, laster och lastkombinationer samt deras betydelse för dammsäkerheten. Genom jämförande analyser och beräkningsexempel lämnas förslag på hur EK Gen2 kan införas i RIDAS på ett sätt som ger en rimlig säkerhetsnivå och samtidigt harmoniserar med de uppdaterade Eurokoderna.

Projektet har genomförts av Erik Nordström (projektledare), Fredrik Stenesand och Mikael Hallgren på Tyréns, och har finansierats av Energiforsk genom FoU-programmet Betongtekniskt program vattenkraft. Programmets intressenter är Vattenfall Vattenkraft, Fortum Sverige, Uniper/Sydkraft Hydropower, Statkraft Sverige, Skellefteå Kraft, Holmen Energi, Jämtkraft, Tekniska verken i Linköping, Sollefteåforsen, Mälarenergi och Karlstads Energi. Projektet har haft en utökad referensgrupp bestående av representanter från programmets styrgrupp, Martin Rosenqvist, Thomas Mikaelsson och Carl-Oscar Nilsson samt Anna Engström Meyer (Energiföretagen Sverige) och Marie Westberg Wilde (Afry).

Bertil Wahlund

Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

## Sammanfattning

**I rapporten "Betongdammars säkerhet med laster enligt andra generationens Eurokoder" analyseras konsekvenserna av att införa andra generationens Eurokoder (EK g2) för tvärsnittsdimensionering av betongdammar och vattenbyggnadskonstruktioner i Sverige.**

Syftet med arbetet har varit att utvärdera hur förändringar i laster och konsekvensklassning enligt EK g2 påverkar nuvarande praxis i RIDAS, samt att föreslå åtgärder för att bibehålla den säkerhetsnivå som tillämpas idag.

En av de mest betydande förändringarna i EK g2 är införandet av konsekvensklass CC4, där dammar nu anges som exempel på konstruktioner i denna högsta konsekvensklass. I rapporten diskuteras begreppet totalsäkerhetsnivå och argumenterar för att tillförlitlighet och brottsannolikhet bör vara centrala mått på säkerhet. Det konstateras att dagens tillämpning av RIDAS-korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  leder till en orimligt hög säkerhetsnivå, vilket kan vara kostnadsdrivande och skapa onödig miljöbelastning. En av förutsättningarna för uppdraget var att inte utreda vilken totalsäkerhet som ska gälla för dammarna, och därför föreslås att CC4 tillämpas, men med samma tillförlitlighetsvärde som tidigare för dammar i konsekvensklass A. En ny korrektionsfaktor ersätter  $\gamma_k$  för att harmonisera med EK g2. Författarna rekommenderar dock starkt att en översyn av vilken tillförlitlighet branschen önskar på sina konstruktioner och att harmonisera detta även med sannolikhetsbaserad stabilitetsdimensionering. En annan viktig förändring är att de sänkta partialkoefficienterna för vattenlast i EK g2 ändå föreslås implementeras i RIDAS. Motiveringen är att vattenlasten har låg osäkerhet och att vattennivåer i dammar övervakas och kontrolleras noggrant.

När det gäller jordtryck rekommenderas att dimensioneringen ska baseras på vilojordtryck och metoder enligt Eurokod 7, eftersom detta bättre speglar de verkliga förhållandena vid dammkonstruktioner. Tidigare felaktiga formler för jordtryck har också korrigerats i dagens RIDAS.

För lastkombination föreslås att ekvation 8.13 i EK g2 tillämpas, då den bäst speglar verkliga lastförhållanden för dammar. Genom att använda denna ekvation kan man på ett mer realistiskt sätt beakta samverkan mellan olika laster och därmed uppnå en mer balanserad säkerhetsnivå.

## Nyckelord

Dammsäkerhet, betongdammar, dimensionering, Eurokoder, totalsäkerhet, tillförlitlighet, vattenlast, tvärkraft, böjmoment

## Summary

**The report ‘The safety of concrete dams with loads according to second generation of Eurocodes’ analyses the consequences of introducing the second generation of Eurocodes (EK g2) for cross-sectional design of concrete dams and hydraulic structures in Sweden.**

The purpose of the work has been to evaluate how changes in loads and consequence classification according to EK g2 affect current practice in RIDAS, and to propose measures to maintain the safety level applied today.

One of the most significant changes in EK g2 is the introduction of consequence class CC4, which lists dams as examples of structures in this highest consequence class. The report discusses the concept of total safety level and argues that reliability and failure probability should be central measures of safety. It is noted that the current application of the RIDAS correction factor  $k$  leads to an unreasonably high safety level, which can increase costs and create unnecessary environmental impact. One of the conditions for the assignment was not to investigate what overall safety should apply to dams, so it is proposed that CC4 be applied, but with the same reliability value as previously for dams in consequence class A. A new correction factor replaces  $\gamma_k$  to harmonize with EK g2. However, the authors strongly recommend reviewing the industry's desired reliability level for its structures and harmonizing it with probability-based stability design.

Another important change is that the reduced partial factors for water load in EK g2 are still proposed for implementation in RIDAS. The rationale is that the water load has low uncertainty and that water levels in dams are carefully monitored and controlled.

Regarding soil pressure, it is recommended that the design be based on static soil pressure and methods in accordance with Eurocode 7, as this better reflects actual conditions in dam construction. Previously incorrect soil pressure formulas have also been corrected in the current version of RIDAS.

For load combinations, it is proposed that equation 8.13 in EK g2 be applied, as it best reflects the actual load conditions for dams. Using this equation allows the interaction between different loads to be considered more realistically, thereby achieving a more balanced level of safety.

## Innehåll

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inledning</b>                                               | <b>8</b>  |
| 1.1      | Bakgrund                                                       | 8         |
| 1.2      | Mål och syfte                                                  | 8         |
| 1.3      | Rapportens upplägg                                             | 9         |
| 1.4      | Avgränsningar                                                  | 9         |
| <b>2</b> | <b>Genomförd gapanalys</b>                                     | <b>10</b> |
| <b>3</b> | <b>Begreppet totalsäkerhetsnivå</b>                            | <b>11</b> |
| 3.1      | Brottsannolikhet och tillförlitlighet                          | 11        |
| 3.2      | Partialkoefficientprodukt                                      | 13        |
| 3.3      | Lasteffekt                                                     | 13        |
| <b>4</b> | <b>Konsekvensklassning</b>                                     | <b>14</b> |
| 4.1      | Eurokod                                                        | 14        |
| 4.2      | Boverket                                                       | 15        |
| 4.3      | Transportstyrelsen                                             | 16        |
| 4.4      | Svenska Kraftnät                                               | 17        |
| 4.5      | RIDAS                                                          | 17        |
| 4.6      | Analys och förslag                                             | 18        |
| <b>5</b> | <b>Vattenlast</b>                                              | <b>22</b> |
| 5.1      | Tidigare uppdateringar                                         | 22        |
| 5.2      | Dimensionerande vattennivåer                                   | 23        |
| 5.3      | Dimensioneringssituationer och lastkombinationer               | 24        |
| <b>6</b> | <b>Jordtryck</b>                                               | <b>28</b> |
| 6.1      | RIDAS idag                                                     | 28        |
| 6.2      | Alternativt beräkningssätt                                     | 29        |
| 6.3      | Eurokod 7 G1                                                   | 31        |
| 6.4      | Eurokod 7 G2                                                   | 31        |
| <b>7</b> | <b>Beräkningsexempel</b>                                       | <b>33</b> |
| 7.1      | Lastjämförelser                                                | 33        |
| 7.1.1    | Konsol - förutsättningar och laster                            | 33        |
| 7.1.2    | Horisontellt bärverk - förutsättningar och laster              | 37        |
| 7.2      | Definierade konstruktionselement                               | 39        |
| 7.2.1    | Ledmur – infästning mellan bottenplatta och mur                | 39        |
| 7.2.2    | Frontplatta i lamelldamm                                       | 40        |
| 7.2.3    | Resultat från beräkningar av lasteffekter och armeringsmängder | 41        |
| <b>8</b> | <b>Diskussion</b>                                              | <b>42</b> |
| 8.1      | Totalsäkerhet och konsekvensklassning                          | 42        |
| 8.2      | Vattenlast                                                     | 43        |
| 8.3      | Jordtryck                                                      | 43        |

|           |                         |           |
|-----------|-------------------------|-----------|
| 8.4       | Lastkombinationer       | 44        |
| <b>9</b>  | <b>Rekommendationer</b> | <b>45</b> |
| <b>10</b> | <b>Referenser</b>       | <b>47</b> |

Bilaga A – beräkningar ledmur

A.1 Beräkning enligt RIDAS/EK2:2002

A.2 Beräkning enligt EK2:2025

Bilaga B – beräkningar frontplatta

B.1 Beräkning enligt RIDAS/EK2:2002

B.2 Beräkning enligt EK2:2025



# 1 Inledning

## 1.1 BAKGRUND

I takt med att Eurokoder ersätter nationella normer för dimensionering av betongkonstruktioner har Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet (2025) stegvis uppdaterats. Målet har varit att sträva efter en anpassning till Eurokoder där det har bedömts lämpligt och möjligt. Syftet har varit att underlätta för dagens ingenjörer att tillämpa samma principer som vid dimensionering av andra betongkonstruktioner och, så långt det är möjligt, undvika speciallösningar enbart för svenska betongdammar. Oavsett vilka ändringar som gjorts i regelverken har dock önskemålet varit att betongkonstruktioner som utgör del av de dämmande konstruktionerna ska uppfylla samma faktiska totalsäkerhet som tidigare. Detta för att undvika kostsamma åtgärder som orsakats enbart av ändrade beräkningsprinciper och att en eventuell justering av säkerhetsnivån vid design och analys av svenska dammar måste vara välgrundad och inte enbart relaterad till generella betongkonstruktioner. Sedan den första Eurokoden för betong blev svensk standard (2005), och tillämpats i Sverige sedan 2011 (Boverkets EKS första utgåva, BFS 2011:10) har ett par Energiforskningsprojekt genomförts för att analysera konsekvenser vid användning av nya eller uppdaterade Eurokoder t.ex. Andersson et al. (2016) och Hallgren & Stenesand (2025).

Det är viktigt att ha i åtanke att konstruktion och utförande av dammkonstruktioner i Sverige hittills inte varit, och för närvarande inte heller ser ut att bli, reglerat av statliga normer (bindande statlig reglering). Branschpraxis har istället tillämpats i linje med dammägarnas strikta ansvar i händelse av ett dammhaveri (Miljöbalken, SFS 1998:808, 2026). Generell reglering sker dock t.ex. i dammsäkerhetsförordningen (2014:214) m.m. enligt Svenska kraftnät (2024). Enligt Hallgren & Stenesand (2025) är det fortsatt oklart vilken myndighet som bör föreskriva nationella val för dammar, men gällande RIDAS TV9 gör hänvisningar till Boverkets EKS avseende vissa tillämpningar av Eurokoderna.

Den senaste uppdateringen (andra generationen) av Eurokoderna för dimensionering av betongkonstruktioner kommer att träda i kraft tidigast 2027 och senast 2028.

## 1.2 MÅL OCH SYFTE

Målsättningen med uppdraget och föreliggande rapport är att genomlysas hur en introduktion av laster och konsekvensklassning enligt andra

generationens Eurokoder (EK g2) (2023) påverkar tvärsnittsdimensionering av betongdammars. Målsättningen är också att redovisa hur det påverkar totalsäkerheten och vilka åtgärder som kan vidtas för att i första hand bibehålla dagens säkerhetsnivå.

Syftet är att säkerställa en fortsatt god och hög dammsäkerhetsnivå på såväl nya som befintliga betongdammars

### 1.3 RAPPORTENS UPPLÄGG

Arbetet redovisas i denna rapport med en genomgång av begreppet totalsäkerhetsnivå och dess olika aspekter i kapitel 3. Där ges en kort genomgång av några sätt som har använts för att beskriva totalsäkerhet vid tidigare revideringar av RIDAS betongavsnitt.

Kapitel 4 behandlar konsekvensklassning och inkluderar några olika beskrivningar av vad som bör värderas vid konsekvensklassning. I kapitlet beskrivs också hur Transportstyrelsen och Boverket vid tiden för rapportens författande har hanterat införandet av en fjärde konsekvensklass, CC4, i andra generationens Eurokoder. En analys och rekommendation av hur en uppdaterad RIDAS skulle kunna se ut på temat ges också.

Den tidigare GAP-analysen (Hallgren & Stenesand, 2025) gav att vattenlasten har fått separata partialkoefficienter med lägre värden än tidigare, och i kapitel 5 ges en beskrivning och rekommendation om hur detta föreslås hanteras i en uppdaterad version av RIDAS. Införandet av nya flödesdimensioneringsklasser och hur dessa kopplar till olika vattenlaster förklaras i samma avsnitt.

### 1.4 AVGRÄNSNINGAR

Projektet omfattar inte, i första hand, en utvärdering av huruvida den nuvarande säkerhetsnivån bör förändras.

Arbetet omfattar inte eventuell påverkan på stabilitetsberäkningar eller hantering av spännkrafter och spännförankringar.

Ändringarna av lastkombinationer i EK g2 ger inga skillnader i bruksgränstillstånd och omfattas därför inte av föreliggande arbete. Skillnader i beräkningsmetoder och armeringsdimensionering i bruksgränstillstånd redovisas i Energiforsks rapport av Hallgren & Stenesand (2025).

## 2 Genomförd gapanalys

**Inför introduktionen av andra generationens Eurokoder gjordes en GAP-analys (Hallgren & Stenesand, 2025) av vilka skillnader, och möjliga konsekvenser, den skulle kunna ha på branschens tillämpningsvägledning för betongdammars.**

Delar av slutsatserna från arbetet har utgjort grunden till föreliggande utredning. De viktigaste med koppling till det är:

- Ny konsekvensklass CC4 har introducerats i EK0 (SS-EN 1990:2023), och dammar nämns explicit som exempel till skillnad från tidigare versioner.
- I konsekvensklasser CC1-CC3 anges en konsekvensfaktor, dock inte för CC4.
- Nya, separata, lastkoefficienter för vattentryck är införda och de ger 11 - 13% lägre vattenlaster än i tidigare versioner.

GAP-analysen pekade på att den nya versionen av EK0 därigenom hanterar konsekvensklasserna och vattentrycket annorlunda än tidigare och att det är otillräckligt att ingen konsekvensfaktor definierats för CC4.

### 3 Begreppet totalsäkerhetsnivå

Ett av ingångsvärdena för föreliggande projekt är att den önskade säkerhetsnivån bör vara samma som tidigare, oavsett vilken version av standarder och regelverk som gäller. Ett försök att definiera vad som avses med totalsäkerhetsnivå utgör del av följande avsnitt.

Det finns många olika definitioner på vad säkerhetsnivå för dammar eller dammsäkerhet är, men en definition är exempelvis Energiföretagens egna riktlinjer för dammsäkerhet (RIDAS, 2025) där det bland annat beskrivs som:

Förutsättningar för god dammsäkerhet är att dimensionera och bygga dammar med rimliga säkerhetsmarginaler, driva och underhålla dessa på ett säkert sätt samt hålla en beredskap för att kunna hantera uppkommande situationer.

Den första delen av definitionen berör dimensioneringen, men frågan lämnas öppen i andra delen där begreppet "rimliga säkerhetsmarginaler" anges. Frågan blir då vilken nivå på säkerhetsmarginaler som bedöms rimliga?

#### 3.1 BROTTSSANNOLIKHET OCH TILLFÖRLITLIGHET

Ett annat sätt att uttrycka säkerhetsmarginalerna är att formulera sig kring sannolikheten för, eller hellre marginalerna mot, ett dammhaveri. I Anderson et al. (2016) beskrivs säkerhet bland annat i termer om tillförlitlighet där gängse begrepp inom tillförlitlighetsanalysen används. Det är också principer som gäller för sannolikhetsbaserad dimensionering av betongkonstruktioner generellt.

Kortfattat ges i förslaget att betongdammars med dammsäkerhetsklass enligt RIDAS (2025) bör ha brottsannolikheter eller tillförlitlighetsindex enl. Tabell 1.

Tabell 1 – Brottsannolikhet och tillförlitlighetsindex för dammsäkerhetsklasser enligt RIDAS. Från Andersson et al. (2016)

| Dammsäkerhetsklass | Brottsannolikhet<br>(per år) | Tillförlitlighetsindex<br>referenstid 1 år<br>( $\beta$ ) |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| A                  | $10^{-7}$                    | 5,2                                                       |
| B                  | $10^{-6}$                    | 4,8                                                       |
| C                  | $10^{-5}$                    | 4,3                                                       |
| U                  | $10^{-4}$                    | 3,7                                                       |

Brottsannolikhet är sannolikheten att en konstruktion når ett gränstillstånd (brott eller otillåtna deformationer) under sin livslängd. Gränstillståndet ( $g$ ) uppnås om aktuell belastning eller lasteffekt ( $S$ ) överskrider konstruktionens bärförmåga ( $R$ ) enl. ekvation (1). Lasteffekt och bärförmåga är i sin tur funktioner som styrs av materialegenskaper, laster och geometri ( $X$ ).

$$g(X) = R(X) - S(X) \quad (1)$$

Ett brott uppstår då när  $g(X) < 0$  och brottsannolikheten ( $P_f$ ) blir följaktligen med vilken sannolikhet som gränstillståndet uppnås enl. ekvation (2).

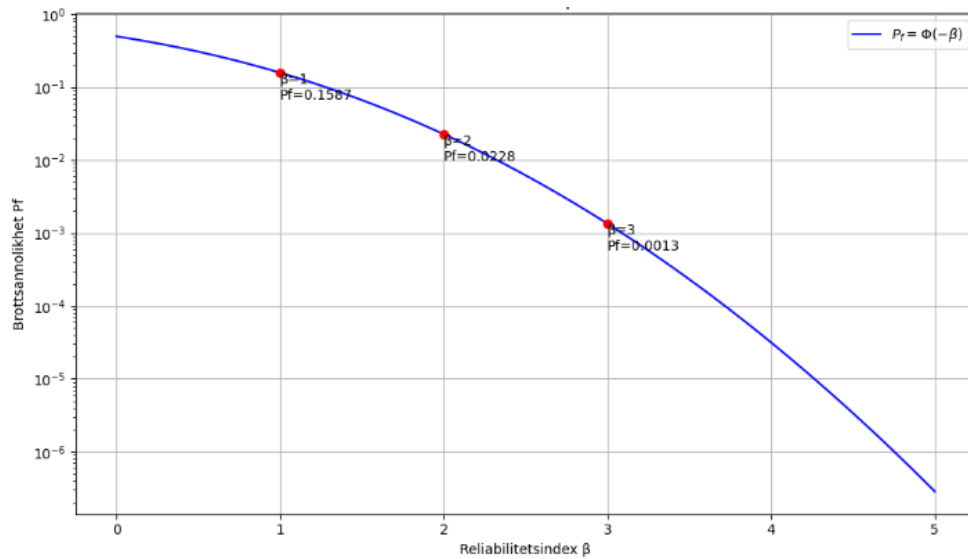
$$P_f = P(g(X) \leq 0) \quad (2)$$

Begreppet tillförlitlighetsindex, eller  $\beta$ -värdet, är inte lika intuitivt men är alltså ett sätt att uttrycka det omvända, hur säker en konstruktion är, vilken tillförlitlighet den har, och det beräknas enligt ekvation (3) som:

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_f) \quad (3)$$

där  $\Phi^{-1}$  är inversen på normalfördelningens kumulativa funktion. En förenklad beskrivning av vad  $\beta$ -värdet betyder kan baseras på att gränsvärdesfunktionen i ekvation (1) har en spridning p.g.a. osäkerheter i de ingående variablerna som ger lasteffekt och bärförmåga. Gränsvärdesfunktionen antas vara normalfördelad och ha ett medelvärde och en standardavvikelse.  $\beta$ -värdet anger då förenklat hur många standardavvikelsers marginal man vill ha till att gränstillståndet  $g(X) < 0$  inträffar.

Analys av tillförlitlighet och brottsannolikhet har använts vid val av konsekvensfaktor. Se vidare avsnitt 4.6. Användning av tillförlitlighet som verktyg för att bedöma totalsäkerheten ger också möjlighet att harmonisera säkerhetsnivån mellan tvärsnittsdimensionering och sannolikhetsbaserade stabilitetsberäkningar.



Figur 1 Förhållande mellan tillförlitlighetsindex och brottsannolikhet enligt ekv (3)

### 3.2 PARTIALKOEFFICIENTPRODUKT

Ytterligare ett sätt att jämföra totalsäkerheten anges i Andersson & al. (2016) som en multiplikation av partialkoefficienterna för last och material, vilket användes vid den förra kalibreringen av RIDAS vid införande av Eurokoder generation 1. Det är på det sättet som korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  beräknades till 1,2. Korrektionsfaktorn används på ogynnsamma laster och verifierades för fall där vattenlasten är dominerande. Metoden används i avsnitt 5.3 för att illustrera inverkan av justerade partialkoefficienter för vattenlasten (och konsekvensfaktor) vid lastkombinationen, i jämförelse med dagens RIDAS.

För att göra en bättre bedömning av vilken påverkan det har på konstruktionernas totala säkerhet är tillförlitlighet eller brottsannolikhet bättre.

### 3.3 LASTEFFEKT

När laster appliceras på betongkonstruktionerna orsakar de en lasteffekt vid tvärsnittsdimensionering, i form av till exempel moment, tvärkraft eller deformationer. De används i sin tur för att beräkna erforderlig armeringsmängd. Vid äldre uppdateringar av RIDAS användes det här som grepp för att anpassa/justera beräkningsresultatet så att samma mängd armering som tidigare skulle bli resultatet även med de nya konstruktionsreglerna. Det greppet har inte primärt använts i föreliggande studie utan huvudsakligen har tillförlitlighet och lasteffekt tillämpats.

## 4 Konsekvensklassning

I samband med införandet av Eurokod g2 (SS-EN 1990:2023, 2023) så nämns dammar explicit som exempel på konstruktioner som skulle kunna kategoriseras i den nya, högsta, konsekvensklassen CC4.

I föreliggande avsnitt beskrivs ett resonemang kring hur detta relaterar till andra dokument och lagstiftning gällande konsekvensklassning för dammar. Avsnittet innehåller även förslag på hur detta bör hanteras i en ev. kommande uppdatering av RIDAS.

### 4.1 EUROKOD

I EK 0 (SS-EN 1990:2023, 2023) ges övergripande parametrar på vad som styr vilken konsekvensklass som ska väljas. Exempelvis anges i tabell 4.1 en blandning av tangibla och intangibla konsekvenser som grund för valet av konsekvensklass. Ena kategorin inkluderar förlust av människoliv eller skador på människor (intangibla) som den ena parametern och den andra utgörs av ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenser (huvudsakligen tangibla). En fri översättning av tabellen, som anger indikativa beskrivningar av konsekvenserna, men är öppna för nationella anpassningar ges nedan i Tabell 2. Den kategori som ger högsta konsekvensen styr vilken konsekvensklass som ska väljas.

Tabell 2 – Klassificering av konsekvensklasser, fritt efter (SS-EN 1990:2023, 2023)

| Konsekvensklass | Indikativ klassificering av konsekvenser                  |                                                                   |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                 | Förlust av människoliv eller personskador<br>(intangibla) | Ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenser<br>(tangibla) |
| CC4 -Högsta     | Extrema                                                   | Enorma                                                            |
| CC3 – Hög       | Högt                                                      | Mycket stora                                                      |
| CC2 – Normal    | Medel                                                     | Betydande                                                         |
| CC1 – Låg       | Låg                                                       | Små                                                               |
| CC0 - Lägsta    | Mycket låg                                                | Obetydliga                                                        |

Om konsekvenserna i termer av förlust av människoliv eller skador på människor bedöms bli extrema och/eller de ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenserna blir enorma, då bör till exempel alltså konsekvensklass CC4 väljas (om inte andra nationella annex ger annan

vägledning). Det anges bland annat i en av noterna till tabell 4.1 att Eurokoderna inte omfattar alla nödvändiga dimensioneringsregler för konstruktioner i konsekvensklass CC4, utan att kompletteringar kan behövas.

Det är också värt att notera att det i Eurokod 2 Gen2 (för betong) (SS-EN 1992-1-1:2023) fortfarande nämns i avsnitt 1.1. att specifika aspekter för speciella typer av konstruktioner inte omfattas av dokumentet, till exempel dammar.

Utöver det faktum att de olika konsekvensklasserna enligt Eurokoderna ger olika gränsvärden för tillförlitlighetsvärdet så ges det i informativa bilagor förslag på styrning av design- och kvalitetsarbetet. Miniminivåerna som anges sträcker sig upp till CC3, men för CC4 saknas vägledning. Avsnittet om designstrategier (EK 0, bil. E) riktar sig dessutom mot byggnadsverk och broar, ej explicit mot dammar.

Vidare redovisas i det informativa annexet C, som också ger möjlighet till nationella anpassningar, en koppling mellan konsekvensklasserna CC1-CC3 och vilka tillförlitlighetsvärden som rekommenderas. I Tabell 3 nedan återges en fri översättning av denna. Ur tabellen framgår att dagens version av RIDAS tillämpningsvägledning för betongdammars använder samma tillförlitlighetsvärde för dammar i dammsäkerhetsklass A som Eurokoden för konsekvensklass CC3.

Samma tillförlitlighetsvärden finns i EK0 g1 (SS-EN 1990, 2002), men kallas då RC = reliability classes vilka direkt kopplas till respektive konsekvensklass CC. Principen är alltså inte ny för EK g2.

**Tabell 3 – Konsekvensklasser, tillhörande tillförlitlighetsvärde och konsekvensfaktor, fritt efter (SS-EN 1990:2023, 2023)**

| Konsekvensklass | Tillförlitlighetsindex ( $\beta$ ),<br>referenstid 1 år |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| CC3             | 5,2                                                     |
| CC2             | 4,7                                                     |
| CC1             | 4,2                                                     |

## 4.2 BOVERKET

I Boverkets tidigare gällande EKS 12 (Boverket, 2022), som nu är indragen, och även i deras nya byggregler (Boverket, 2024), som båda refererar till första generationens Eurokod, används begreppet säkerhetsklass (1-3). I Tabell 4 redovisas relationen mellan säkerhetsklasser och tillförlitlighetsindex för respektive klass. Notera att Boverket använder



begreppet säkerhetsindex istället för tillförlitlighetsindex på  $\beta$ -värdet. En viktig skillnad mellan begreppen säkerhetsklass som används av Boverket och konsekvensklass enl. Eurokod är att säkerhetsklasserna enbart beaktar risk för allvarliga personskador vid brott på byggnadsverksdelar, medan definitionen av eurokodernas konsekvensklasser i viss omfattning även inkluderar skador på samhällsviktiga funktioner som konsekvens av att hela byggnadsverket går till haveri. Möjligen kan den aspekten motivera en högre tillförlitlighet i enlighet med Eurokodens definition. Hur och om Boverket kommer att anpassa sina föreskrifter i enlighet med Eurokodernas andra generation är inte klarlagt. Sannolikt kommer arbetet ske inom ramen för SIS arbete i kommittén TK 203.

Tabell 4 – Säkerhetsklasser och tillhörande tillförlitlighetsvärde enl. (Boverket, 2022)

| Säkerhetsklass | Tillförlitlighetsindex ( $\beta$ ),<br>referenstid 1 år |
|----------------|---------------------------------------------------------|
| 3              | 4,8                                                     |
| 2              | 4,3                                                     |
| 1              | 3,7                                                     |

### 4.3 TRANSPORTSTYRELSEN

Transportstyrelsen kommer att utnyttja möjlighet att definiera nationella anpassningar där så är möjligt i Eurokoderna för tillämpning av t.ex. Trafikverket och deras egna föreskrifter. Genom kontakter vid Transportstyrelsen har föreliggande projekt kunnat ta del av preliminära anpassningar som de har för avsikt att göra. När det gäller konsekvensklasserna kommer inte CC4 enl. Eurokod att tillämpas för t.ex. broar, men begreppet konsekvensklasser (1-3) används med samma innebörd som i Eurokoden och det anges även referenser till tillförlitlighetsvärden i de olika konsekvensklasserna. I Tabell 5 redovisas det preliminära förslaget. I det här fallet motsvarar tillförlitlighetsindex enligt Transportstyrelsens konsekvensklass 3 värdet för dammsäkerhetsklass B i RIDAS.

Tabell 5 – Konsekvensklasser och tillhörande tillförlitlighetsvärde enl. utkast från Transportstyrelsen

| Konsekvensklass | Tillförlitlighetsindex ( $\beta$ ),<br>referenstid 1 år |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 3               | 4,8                                                     |
| 2               | 4,3                                                     |
| 1               | 3,7                                                     |

#### 4.4 SVENSKA KRAFTNÄT

Dammsäkerhetsklassningen görs enligt Miljöbalken (2026) och är inte kopplad till konsekvensklassificeringen enligt Eurokoderna. Det är länsstyrelsen som beslutar om en damms dammsäkerhetsklass till skillnad från konsekvens-/säkerhetsklasser som bestäms av verksamhetsutövaren själv.

Enligt Svenska kraftnäts vägledning (Svenska kraftnät, 2017) förväntas ett dammhaveri för en damm i den högsta dammsäkerhetsklassen, A, ge de allvarligaste konsekvenserna – nationell kris. Den övergripande beskrivningen av vad som är en nationell kris är att händelsen drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner. Mer i detalj så skulle ett flertal av följande konsekvenser kunna förväntas inträffa:

- förlust av många människoliv
- allvarliga störningar i landets elförsörjning
- förstörda dammanläggningar och vattenkraftstationer
- allvarliga störningar av transporter till följd av förstörelse av broar
- allvarliga skador på viktiga vägar och järnvägar
- omfattande förstörelse av infrastruktur i övrigt
- allvarliga störningar i andra samhällsviktiga verksamheter (vattenförsörjning, avloppsrening, radio- och telekommunikation)
- förstörelse av många människors hem, egendom, byggnader och oersättlig kulturmiljö
- allvarliga miljöskador samt mycket stor ekonomisk skada.

Svenska kraftnät har inte i uppdrag att ge detaljerad styrning kring vilken tillförlitlighet, eller högsta acceptabla brottsannolikhet, dammar i olika dammsäkerhetsklasser förväntas ha.

#### 4.5 RIDAS

I RIDAS beskrivs att konsekvenserna i samband med ett dammhaveri på en damm i den högsta dammsäkerhetsklassen A kan leda till:

- Mycket stor betydelse ur samhällelig synpunkt.
- En nationell kris som drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner
- Risk för förlust av människoliv som inte är försumbar.

Kopplingen mellan dammsäkerhetsklass och rekommenderad tillförlitlighet, vilket motsvarar en högsta brottsannolikhet redovisas i Tabell 1 och är hämtad ur RIDAS tillämpningsvägledning för betongdamm.

#### 4.6 ANALYS OCH FÖRSLAG

Som framgår av föregående avsnitt hanteras konsekvensklassningen på lite olika sätt i olika regelverk och riktlinjer, och med olika nivå på acceptabel risk beskrivet som tillförlitlighet eller brottsannolikhet. I Eurokoderna lämnas möjligheter till nationella anpassningar för olika parametrar vilket också bör utnyttjas vid implementering i RIDAS.

Begreppen konsekvensklass enligt Eurokoderna och dammsäkerhetsklassning enligt Miljöbalken har inte riktigt samma innebörd. Dammsäkerhetsklassningen för en hel dammanläggning baseras på en bedömning av konsekvenserna vid dammhaveri i den damm på anläggningen som ger de högsta konsekvenserna. En enskild damm vid anläggningen kan ha en lägre dammsäkerhetsklass. På motsvarande sätt kan haveri i ett enskilt konstruktionselement ge olika konsekvenser, men inte nödvändigtvis leda till ett dammhaveri och ändå utgöra en risk för exempelvis personskador, vilket påverkar valet av konsekvensklass enligt Eurokoderna. Med ledning av detta bör dammsäkerhetsklassningen och konsekvensklassningen inte likställas. Däremot kan ingångsvärdet för konsekvensklassning vägledas av dammsäkerhetsklassningen för aktuell damm vid anläggningen, men bedömningen av konsekvenserna vid ett brott i ett enskilt konstruktionselement bör styra valet av konsekvensklass.

I Tabell 1 från dagens RIDAS (2025) anges att dammar i den högsta dammsäkerhetsklassen, A, bör ha ett tillförlitlighetsvärde,  $\beta$ , motsvarande 5,2 (1-års referensperiod), vilket då alltså motsvarar konsekvensklass CC3 enligt Tabell 3 från EK0 (SS-EN 1990:2023, 2023) om inga nationella val görs. Omvänt betyder det att RIDAS idag normalt inte rekommenderar en högre brottsannolikhet än  $10^{-7}$  för dammar i högsta konsekvensklassen. För broar används ett högsta  $\beta$ -värde på 4,8.

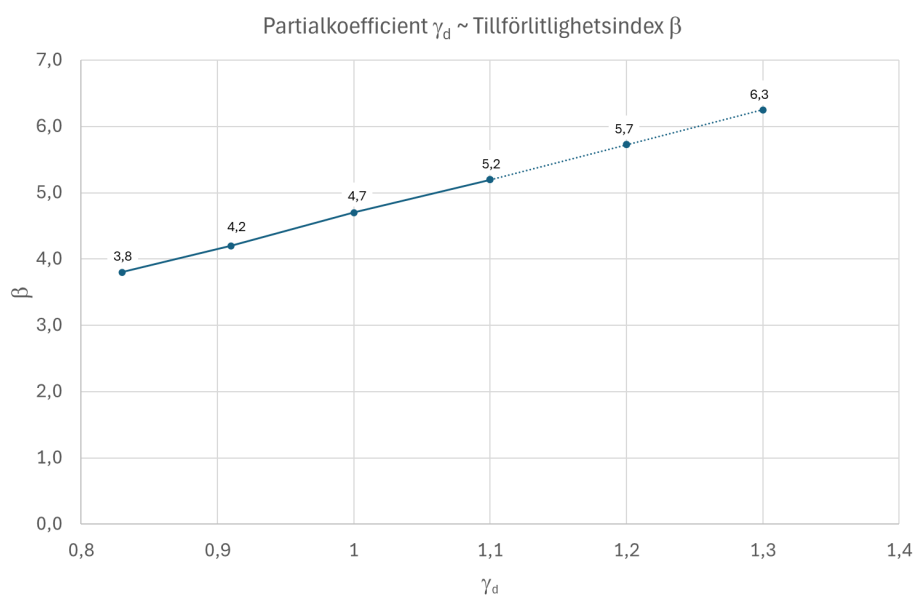
Ytterligare en parameter i sammanhanget är att lasterna i dagens RIDAS förstoras med korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  (se avsnitt 3.2) efter tidigare anpassningar för att erhålla samma totalsäkerhet som med äldre normer. En konsekvens av detta är att tillförlitligheten i praktiken blir högre oavsett dammsäkerhetsklass. I Tabell 6 återges med vilken partialkoefficient som laster ska förstoras utöver den partialkoefficient ( $\gamma_f$ ) som senare ges vid lastkombinationen. I Figur 2 redovisas relationen mellan partialkoefficienten kopplat till konsekvensklass ( $\gamma_d$ ) och det  $\beta$ -värde som utgör designvärdet. Genom att extrapolera relationen mellan de två, som är

linjär, kan det motsvarande tillförlitlighetsvärdet för det resulterande  $\gamma_{dk}$  tas fram. För dammsäkerhetsklass A med  $\gamma_{dk} = 1,3$  erhålls ett tillförlitlighetsvärde  $\beta$  som motsvarar 6,3. Om sedan ekvation (3) används för att räkna ut brottsannolikheten ger det ett värde på ca.  $6 \cdot 10^{-12}$ , vilket är betydligt lägre än designvärdet på  $10^{-7}$ . Frågeställningen som uppstår blir då om det kan anses vara en "rimlig" nivå på säkerheten, eller om det istället är orimligt lågt och snarare kan anses kostnadsdrivande och ge en onödigt stor mängd armering, eller ett ökat klimatavtryck. Projektgruppens syn är att korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  bör tas bort helt för att få en tydligare koppling till den sannolikhetsbaserade dimensioneringens upplägg samtidigt som en rimlig tillförlitlighet ändå erhålls.

I uppdragsförutsättningarna ingick att se över hur anpassningen till andra generationens Eurokoder kan göras i RIDAS och vilka korrigeringar som behövs för att bibehålla samma totalsäkerhet. Den ovanstående beskrivningen pekar mot att det sannolikt inte är det bästa alternativet. Oaktat om korrigering görs eller inte, så bör Eurokodens konsekvensfaktor  $k_F$  ersätta  $\gamma_d$ .

Tabell 6 – Dammsäkerhetsklass och tillhörande tillförlitlighetsvärde, RIDAS TV9 Betongdamm (2025).

| Dammsäkerhets-<br>klass | Tillförlitlighetsindex<br>referenstid 1 år<br>( $\beta$ ) | $\gamma_d$ | $\gamma_k$ | $\gamma_{dk}$ |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------|---------------|
| A                       | 5,2                                                       | 1,1        | 1,2        | 1,3           |
| B                       | 4,7                                                       | 1,0        | 1,2        | 1,2           |
| C                       | 4,2                                                       | 0,91       | 1,2        | 1,1           |
| D,E                     | 3,8                                                       | 0,83       | 1,2        | 1,0           |



Figur 2 Partialkoefficienter beroende på dammsäkerhetsklass och motsvarande tillförlitlighetsindex enl. RIDAS

**Tabell 7 – Dammsäkerhetsklass och korresponderande designvärde resp. faktiskt värde på brottsannolikheten efter att laster förstörats med  $\gamma_{dk}$  enligt RIDAS.**

| Dammsäkerhets-<br>klass | Designvärde<br>Brottsannolikhet<br>(per år) | Faktisk<br>Brottsannolikhet<br>(per år) |
|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| A                       | $10^{-7}$                                   | $6 \cdot 10^{-12}$                      |
| B                       | $10^{-6}$                                   | $2 \cdot 10^{-9}$                       |
| C                       | $10^{-5}$                                   | $10^{-7}$                               |
| D,E                     | $10^{-4}$                                   | $10^{-6}$                               |

Eurokodens konsekvensklass CC4 kan tillämpas vid tvärsnittsdimensionering enligt RIDAS om så önskas.

Förslaget är att den nya konsekvensklassen CC4 kan tillämpas för dammar i dammsäkerhetsklass A om inte bedömningen av det enskilda konstruktionselementet föranleder att en lägre konsekvensklass enligt Eurokoderna väljs. På motsvarande sätt kan CC3, CC2 och CC1 inledningsvis motsvara B, C, D&E. Förslagsvis behålls tills vidare samma nivå på tillförlitlighetsindex som tidigare i RIDAS (2025).

Konsekvensfaktorerna  $k_F$  ersätter den tidigare  $\gamma_d$  i Eurokoderna. De konsekvensfaktorer som föreslås (i Eurokoden) för konsekvensklasserna CC1-CC3 kan tillämpas och för CC4 är det lämpligt att välja 1,2. Om ambitionsnivån ska vara samma totalsäkerhet behöver värdet på korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  sänkas för att få samma nivå på den slutgiltiga konsekvensfaktorn. För fortsatt harmonisering ersätts  $\gamma_{dk}$  med en ny konsekvensfaktor kallad  $k_{Fk}$ . I Tabell 8 nedan redovisas förslaget på konsekvensklassning och de faktorer som följer med det.

**Tabell 8 – Förslag till nytt RIDAS-upplägg för val av konsekvensklass och parametrar kopplat till tillförlitlighet**

| Konsekvens-<br>klass | Tillförlitlighet<br>Ref.tid 1 år<br>( $\beta$ ) | $k_F$ | $\gamma_k$ | $k_{Fk}$ |
|----------------------|-------------------------------------------------|-------|------------|----------|
| CC4                  | 5,2                                             | 1,2   | 1,1        | 1,3      |
| CC3                  | 4,7                                             | 1,1   | 1,1        | 1,2      |
| CC2                  | 4,2                                             | 1     | 1,1        | 1,1      |
| CC1                  | 3,8                                             | 0,9   | 1,1        | 1,0      |

För merparten av de svenska vattenbyggnadskonstruktionerna är det inte brottsgränstillståndet (ULS) som avgör armeringsmängden. Vanligtvis ger beräkningar i bruksgränstillstånd (SLS) med miniarmering och sprickbegränsande armering betydligt mer armering (Hallgren &

Stenesand, 2025). För konstruktioner som kräver tvärkraftsarmering finns däremot ofta ett direkt samband med lasteffekten i ULS, eftersom tvärkraftsarmering vanligtvis dimensioneras i brottsgränstillstånd.

Ett alternativ till ovanstående förslag är att det nuvarande systemet i RIDAS bibehålls, men att det öppnas upp för tillämpning av konsekvensklass CC4, om det i något fall bedöms lämpligt eller nödvändigt. Potentiella anledningar skulle kunna vara en anläggning som ligger "högt" i kategorin dammsäkerhetsklass A eller att ett branschföretag har en lägre "riskaptit" och strävar efter en ytterligare högre tillförlitlighet på sina anläggningar. Precis som formuleringarna i EK 0 (SS-EN 1990:2023) anger, så får i de fallen en särskild utredning om vilka krav och metoder som ska användas göras om CC4 ska tillämpas vid dimensioneringen. Då får även värden på konsekvensfaktor etc. väljas separat. Dagens tabell 1 i RIDAS (2025) behålls, men benämningarna enligt föreliggande rapports Tabell 8 används.

Projektgruppen rekommenderar dock att RIDAS tillämpningsvägledning för betongdammars uppdateras med det föregående förslaget och hantering enl. Tabell 8 som då ersätter den nuvarande tabell 1 i RIDAS (2025).

## 5 Vattenlast

**För betongdammar är vattenlasten naturligen en av de mest dominerande lasterna. Lasten utgörs vanligtvis av en mycket stor permanent del. För lägre dammar kan islasten istället vara den dominerande. I Eurokoderna hanteras osäkerheter och variationer i materialets egenskaper, såväl som laster genom partialkoefficienter på lastsidan.**

Just vatten får betraktas som en av de mest väldefinierade lasterna där materialets egenskaper knappast varierar i någon omfattning i vattenkraftssammanhang. Även lastdelen beskrivet som vattenståndet, till exempel i en reservoar, är en av de parametrar som är noggrant övervakad med liten spridning av vågor eller enstaka kortvariga överdämningar av misstag. Vattenlasten kan inte heller, fysikaliskt sett, bli större än den vattenpelare som kan utbildas. Med ledning av detta är det välkommet att man i andra generationens Eurokoder har nyanserat och sänkt partialkoefficienterna för just vattenlast, vilket beskrevs av Hallgren & Stenesand (2025). I avsnittet som följer beskrivs hur detta kan hanteras i en kommande uppdatering av RIDAS tillsammans med kopplingen till att Flödeskommitténs riktlinjer har reviderats och idag har andra benämningar samt fler dimensionerande nivåer än tidigare.

### 5.1 TIDIGARE UPPDATERINGAR

I olika omgångar har RIDAS uppdaterats för att anpassas till rådande dimensioneringsstandarder. När RIDAS tillämpningsvägledning för betongkonstruktioner skulle anpassa tvärsnittsdimensioneringen till BKR och BBK gjordes jämförelser med de ännu äldre betongbestämmelserna, B7 (1969). Med syftet att behålla samma säkerhetsnivå skapades den hydrauliska lastfaktorn  $\gamma_h$ . Den användes för att förstora snittkrafterna så att samma lasteffekt och därmed samma armeringsmängd som tidigare skulle erhållas (RIDAS, 2011).

Inför införandet av första generationens Eurokoder i RIDAS tillämpningsvägledning genomfördes en liknande genomlysning av dess konsekvenser (Andersson, 2016). En del i arbetet var att studera hur till exempel rådande vattennivåer vid anläggningen skulle karaktäriseras i relation till Eurokodernas permanenta respektive variabla laster. Den generella rekommendationen blev att vattentrycket ska räknas som karaktäristisk permanent last vid dämningssgräns (DG) och variabelt därutöver. Den variabla vattenlasten räknas ut som skillnaden mellan det tryck som vattennivån vid aktuell dimensioneringssituation ger, och det permanenta vattentrycket. Motivet var att det ansluter sig bäst till den metodik som beskrivs i Eurokoderna. Vidare föreslogs i första hand

metoden där lastkoefficienterna läggs på lasterna och lasteffekterna (moment, tvärkraft etc.) sedan beräknas. Ovanstående är också vad som införts i RIDAS.

## 5.2 DIMENSIONERANDE VATTENNIVÅER

Vid normal drift är vanligtvis den vattennivå som används i beräkningarna den som råder vid dämningssgräns (DG), men för att bestämma vilka nivåer som ger de varierande vattentrycken måste de olika dimensioneringssituationerna kopplade till flöde analyseras.

Tidigare fanns begreppet flödesdimensioneringsklass (FDK) vilket kunde vara FDK I eller FDK II. I de uppdaterade riktlinjerna (SvK, Energiföretagen, & SveMin, 2022) har nu FDK ersatts med en femgradig skala som baseras på vilken marginalkonsekvens som uppstår vid ett dammhaveri i samband med en flödessituation. Den nya skalan för haverikonsekvensernas allvarlighetsgrad från samhällelig synpunkt resp. metod för beräkning av dimensionerande flöde är kortfattat:

1. Mycket stor betydelse; Beräkningsmetod I.
2. Stor betydelse; Beräkningsmetod I, vissa möjligheter till lägre krav.
3. Måttlig betydelse; Beräkningsmetod II, årlig sannolikhet 1/200
4. Liten betydelse, stor betydelse för enskilda intressen; Beräkningsmetod II, årlig sannolikhet 1/100
5. Liten betydelse, liten betydelse från enskilda intressen; Inga krav på dimensionerande flöde.

I riktlinjerna (SvK, Energiföretagen, & SveMin, 2022) anges även att anläggningar i allvarlighetsgrad nivå 1-3 ska kunna avbörda ett tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100 vid DG. Beräkningsmetod I och II redovisas i detalj i riktlinjen, men en kort beskrivning är att beräkningsmetod I baseras på hydrologiska modellsimuleringar där flera ogynnsamma faktorer samverkar och orsakar ett mycket extremt flöde (mycket nederbörd + snörik vinter med sen snösmältning + tidigare regnig höst). Beräkningsmetod II utgår från en teoretisk fördelningsfunktion som anpassas till tillgängliga data. Därefter extrapoleras funktionen till ett flöde med sökt sannolikhet.

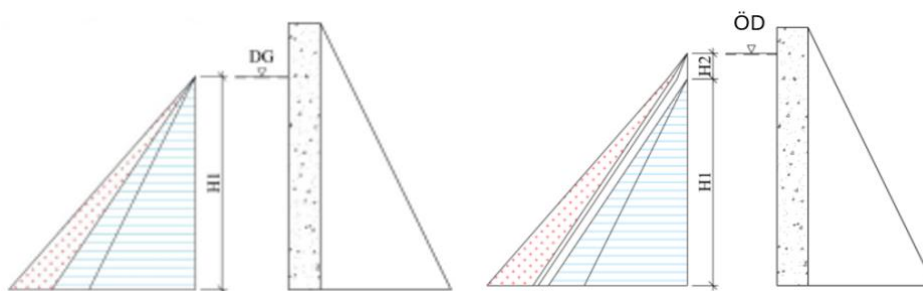
Dimensionerande flöde betraktas som tillfälliga dimensioneringssituationer och det finns inget skäl att ändra på det huvudsakliga synsättet med den nya skalan på nivåer för allvarlighetsgrad och sätt att beräkna flöde.



I dagens RIDAS ansätts det permanenta vattentrycket som:

- Vattentrycket vid DG
- Medelvärde av årsmaximum där DG saknas eller vid stora vattenståndsvariationer

Det variabla vattentrycket beräknas som skillnaden mellan det förekommande vattenståndet vid aktuell dimensioneringssituation och det permanenta vattentrycket. I brottsgränstillstånd ansätts fortsatt den variabla vattenlasten vara som lägst det högsta av dammkrön eller tät kärnans överkant på en eventuellt närliggande fyllningsdamm. För dammdelar som är överströmningsbara ska den resulterande nivån i samband med dimensionerande flöde användas. För att förenkla hanteringen av dimensioneringssituationer enligt RIDAS föreslås att det inte görs någon skillnad i partialkoefficienter vid olika typer av överdämning (tillfälliga, exceptionella). Istället används samma upplägg som tidigare, att den permanenta vattenlasten utgörs av vattenlast upp till dämningens grän eller motsvarande. Variabel vattenlast används för alla nivåer över dämningens grän oavsett flödesnivå. I Figur 3 nedan redovisas de två huvudscenarier som kan förväntas uppstå (vattennivå vid DG eller överdämning/överströmning). Förslagsvis görs ingen skillnad på om överdämningen utgör last upp till krön eller överströmning med vattenyta över krönnivån.



Figur 3 Vattenlastfall. Enbart permanent vattenlast (VÄ). Permanent och variabel vattenlast (HÖ).

### 5.3 DIMENSIONERINGSSITUATIONER OCH LASTKOMBINATIONER

Enligt RIDAS ska ett antal dimensioneringssituationer kontrolleras vid dimensionering av betongkonstruktioner. Det finns 14 olika dimensioneringssituationer (DS1-DS14), vilka i sin tur kategoriseras som varaktiga, tillfälliga, exceptionella och olycksfall.

När laster ska kombineras för tvärsnittsdimensionering görs det i brottsgränstillstånd och bruksgränstillstånd. I

Tabell 9 nedan redovisas lastkombination enligt dagens RIDAS och Boverkets nya byggregler (Boverket, 2026) för brottgränstillstånd och vilka partialkoefficienter som ska användas vid enbart vattenlast. Både dagens RIDAS och Boverkets nya byggregler baseras på första generationens Eurokoder. På samma sätt framgår det av Tabell 10 nedan, från Eurokod 0, SS-EN 1990 (2023) att tre olika uppsättningar av ekvationer för lastkombination kan användas (ekv. 8.12-8.14). Ekvation 8.13 och 8.14 omfattar i sin tur två olika varianter för respektive ekvation, där den mest ogynnsamma ska väljas. I en fotnot anges att det är ekvation 8.12 som ska användas om inte nationella bilagor anger annat.

I den normativa bilaga A av Eurokod 0, SS-EN 1990 (2023) beskrivs tillämpningen av ekvationerna för byggnader respektive broar, men även här med tillägget att nationella val är möjliga. När det gäller broar pågår ett arbete vid Trafikverket och Transportstyrelsen för att fatta beslut om eventuella nationella val. Arbetet pågår, men i ett första utkast framgår att ekvationerna i 8.14 preliminärt kommer att väljas för lastkombination. I beräkningsgenomgången i avsnitt 7 görs en genomlysning av de olika ekvationerna, och där framgår att just 8.14 är mindre lämplig för dammbyggnad.

Tabell 9 – Lastkombinationer med partialkoefficienter för enligt RIDAS och Boverket (2026).

| Lasttyp                    | RIDAS TV9 – 2025                     |                                      | BFS 2024:6         |                     |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
|                            | 6.10a                                | 6.10b                                | LK1                | LK2                 |
| <b>Permanent last (G)</b>  |                                      |                                      |                    |                     |
| -Ogynnsam                  | $\gamma_{dk} 1,35 G_k$               | $\gamma_{dk} 1,2 G_k$                | $\gamma_d 1,2 G_k$ | $\gamma_d 1,35 G_k$ |
| -Gynnsam                   | $1,0 G_k$                            | $1,0 G_k$                            | $1,0 G_k$          | $1,0 G_k$           |
| <b>Variabel last (Q)</b>   |                                      |                                      |                    |                     |
| -Huvudlast, ogynnsam       |                                      | $\gamma_{dk} 1,5 Q_{k,i}$            | $\gamma_d 1,4 Q_k$ |                     |
| -Övriga variabler, ogynns. | $\gamma_{dk} 1,5 \psi_{0,1} Q_{k,i}$ | $\gamma_{dk} 1,5 \psi_{0,1} Q_{k,i}$ | $\gamma_d 1,5 Q_k$ |                     |
| -Gynnsam                   | -                                    | -                                    | 0                  |                     |

**Tabell 10 – Lastkombinationer med partialkoefficienter för permanent och variabel last enligt Eurocode 2, andra generationen (SS-EN 1992-1-1:2023).**

| Lasttyp                          | Ekvation nr:                  |                               |                               |                    |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                                  | 8.12                          | 8.13 övre                     | 8.13 nedre                    | 8.14 övre          | 8.14 nedre                    |
| <b>Permanent last (G)</b>        |                               |                               |                               |                    |                               |
| -Ogynnsam                        | $1,35 k_F G_{k,i}$            | $1,35 k_F G_{k,i}$            | $\xi \cdot 1,35 k_F G_{k,i}$  | $1,35 k_F G_{k,i}$ | $\xi \cdot 1,35 k_F G_{k,i}$  |
| -Ogynnsam, vatten                | $1,2 k_F G_{k,i}$             | $1,2 k_F G_{k,i}$             | $\xi \cdot 1,2 k_F G_{k,i}$   | $1,2 k_F G_{k,i}$  | $\xi \cdot 1,2 k_F G_{k,i}$   |
| -Stabiliserande                  | -                             | -                             | -                             | -                  | -                             |
| -Stabiliserande, vatten          | -                             | -                             | -                             | -                  | -                             |
| -Gynnsam                         | $1,0 G_{k,i}$                 | $1,0 G_{k,i}$                 | $1,0 G_{k,i}$                 | $1,0 G_{k,i}$      | $1,0 G_{k,i}$                 |
| <b>Variabel last (Q)</b>         |                               |                               |                               |                    |                               |
| -Huvudlast, ogynnsam             | $1,50 k_F Q_{k,1}$            | $1,50 k_F \psi_{0,1} Q_{k,1}$ | $1,50 k_F Q_{k,1}$            |                    | $1,50 k_F Q_{k,1}$            |
| -Huvudlast, ogynnsam, vatten     | $1,35 k_F Q_{k,1}$            | $1,35 k_F \psi_{0,1} Q_{k,1}$ | $1,35 k_F Q_{k,1}$            |                    | $1,35 k_F Q_{k,1}$            |
| -Övriga variabla, ogynnsam       | $1,5 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$  | $1,5 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$  | $1,5 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$  |                    | $1,5 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$  |
| -Variabelt vatten, ej huvudlast. | $1,35 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$ | $1,35 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$ | $1,35 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$ |                    | $1,35 k_F \psi_{0,j} Q_{k,j}$ |
| -Gynnsam                         | 0                             | 0                             | 0                             | 0                  | 0                             |

Som framgår i lastkombinationstabellen från andra generationens Eurokoder så har partialkoefficienten för vattenlast respektive övriga laster differentierats i enlighet med beskrivningen tidigare. För permanent respektive variabel vattenlast föreskrivs vid lastkombination ett värde på  $\gamma_f$  som är 1,2 och 1,35 istället för 1,35 och 1,5. Det bedöms rimligt att tillämpa denna möjlighet eftersom vattenlasten är mycket väldefinierad som material och noggrant kontrollerad till nivå (last) i dammsammanhang. I beräkningsexemplen som redovisas i kapitel 7 görs en genomlysning av hur lastkombinationen påverkas av de olika ekvationerna. För att illustrera bara hur själva vattenlasten påverkas i relation till dagens RIDAS och ekvation 6.10a och 6.10b redovisas i Tabell 11 hur stor förändringen av lastförstoringen blir uttryckt i procent. Indata till Tabell 11 är att dammsäkerhetsklass A antas, vilket ger ett  $k_{Fk}$  som är 1,3 och utöver det sätts lastreduktionsfaktorn  $\xi$  till 0,85 och lastkombinationsfaktorn  $\psi_0$  sätts till samma som dagens, dvs. 0,8. Som framgår i tabellen ger användning av

ekvation (8.12) att vattenlasten blir oförändrad eller något lägre, förutom i fallet med vattenlasten som permanent huvudlast, då den variabla delen blir 13% högre. I analogi med tidigare resonemang blir den totala skillnaden i belastning mot till exempel en damm, liten eftersom endast överdämning utgör variabel last. Den är vanligtvis en mycket liten del av den totala lasten. 8.13 ger en mer likvärdig påverkan av den reducerade vattenlasten och i övrigt mer likt dagens lastkombination.

**Tabell 11 – Procentuell skillnad i vattenlasten mellan RIDAS lastkombination idag och föreslagna ekvationer 8.12 och 8.13 (a och b) (SS-EN 1992-1-1:2023).**

|                           | Jämförelse med 6.10a |        | Jämförelse med 6.10b |        |
|---------------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|                           | 8.12                 | 8.13 a | 8.12                 | 8.13 b |
| <b>Permanent last (G)</b> |                      |        |                      |        |
| -Ogynnsam, vatten         | -11 %                | -11 %  | 0 %                  | -15 %  |
| <b>Variabel last (Q)</b>  |                      |        |                      |        |
| -Ogynnsam, vatten         | 13 %                 | -10 %  | -10 %                | -10 %  |

## 6 Jordtryck

**Betongdammars, ledmurar och övriga stödkonstruktioner som belastas med fyllning av t.ex. jord, sand, sten eller sediment skall kontrolleras för jordtryck. I och med att dämmande konstruktioner i regel är oeftergivliga bör vilojordtryck förutsättas, eftersom aktivt jordtryck förutsätter stora deformationer i förhållande till konstruktionens storlek, vilket normalt inte kan accepteras för betongkonstruktioner.**

På samma sätt bör inte mothållande (gynnsamt) jordtryck ansättas som passivt jordtryck, eftersom detta vanligtvis förutsätter orimligt stora deformationer (se till exempel Eurokod 7, kapitel D.10.2; (2025)). Undantaget är konstruktionsdelar som är utformade för att mobilisera passivt jordtryck, till exempel jordankare och ändskärmar.

### 6.1 RIDAS IDAG

Under kapitlet *"Några förslag att beräkna jordtryckens storlek"* i RIDAS TV9 (RIDAS, 2025) redovisas följande formler:

$$K_0^{incl} = K_a^{incl} \times (K_0^{horis} / K_a^{horis}) \quad (18)$$

$$K_0^{horis} = 1 - \sin\varphi \quad (19)$$

$$K_a^{horis} = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (20)$$

$$K_a^{incl} = \frac{\cos^2(\varphi - \beta)}{\cos^3\beta \left[ 1 + \sqrt{\left( \frac{\sin\varphi \sin(\varphi - \alpha)}{\cos\beta \cos(\alpha - \beta)} \right)^2} \right]} \quad (21)$$

**Ekvation 18** beskriver en metod för att bedöma vilojordtrycket för en lutande stödmur med lutande motfyllning ( $K_0^{incl}$ ). Den bygger på antagandet att kvoten mellan vilojordtrycket  $K_0^{incl}$  och  $K_0^{horis}$  är densamma som kvoten mellan aktivt jordtryck  $K_a^{incl}$  och  $K_a^{horis}$  vid varierande lutning på motfyllning och stödvägg.

Notera att i tidigare versioner av RIDAS TV9 förekommer en felaktig formel, där  $K_a^{horis}$  istället skrivits som  $K_0^{horis}$  i nämnaren. Använder man detta uttryck får man resultatet att  $K_0^{incl} = K_a^{incl}$ , dvs att vilojordtrycket är lika med aktiva jordtrycket, vilket kan ge uppemot 40 % för låg lasteffekt. Formeln är korrekt återgiven i RIDAS efter revidering utförd i december 2025.

Ekvation 18 refererar till handboken Bygg G15:12 (1984) men där finns varken referenser eller förklaring till uttrycket. Metoden har inte påträffats på något annat håll.

Antagandet förefaller rimligt med tanke på att vilojordtrycket utgör ett empiriskt uppmätt tryck (Jáky, 1944) som storleksmässigt ligger någonstans mellan aktivt och passivt jordtryck, vilka utgör gränsvärden för jordtryckets storlek. Sett till storlek och verkanssätt är vilojordtrycket närmare besläktat med det aktiva jordtrycket än det passiva. Om samma ekvation används med värden för passivt jordtryck istället för aktivt, skulle vilojordtrycket minska med en ökande lutning på  $\alpha$ , vilket är orimligt. Se jämförelsen i Figur 5.

**Ekvation 19** finns beskriven i (Jáky, 1944) och motsvarar vilojordtryck för normalkonsoliderat vilojordtryck.

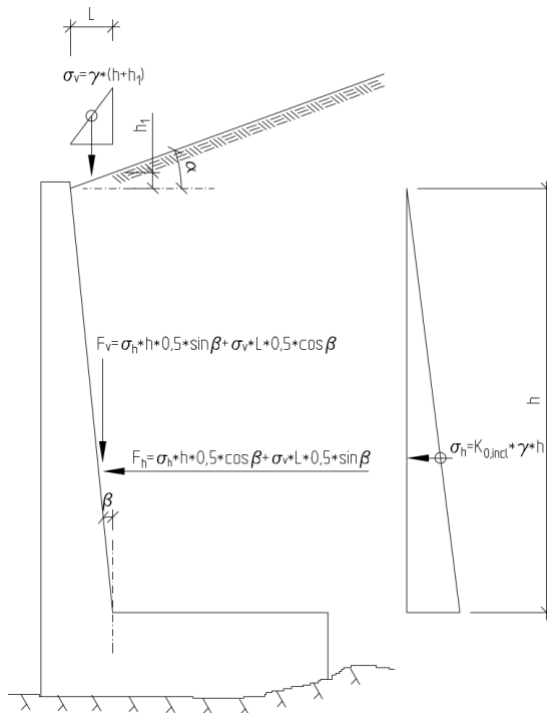
I tidigare versioner av RIDAS (2011) förekom även ekvationen  $K_0 = (1 - \sin\varphi)(1 + \sin\alpha)$  där  $\alpha$  utgör lutningen på den motfyllda jordens yta. Denna formel återfinns i en modifierad form i EK7 g1, se kapitel 9.5.2 (SS-EN 1997-1:2005) samt EK7 g2, Bilaga D, kapitel D.18 (SS-EN 1997-3:2025).

**Ekvation 20** är Rankines teorem för aktivt jordtryck mot vertikal yta.

**Ekvation 21** motsvarar Coulombs teorem med friktionsvinkeln  $\delta=0$ . I vissa källor förekommer det att variablerna  $\alpha$  och  $\beta$  byter plats. Resultatet blir dock detsamma eftersom  $\cos(\alpha-\beta) = \cos(\beta-\alpha)$ .

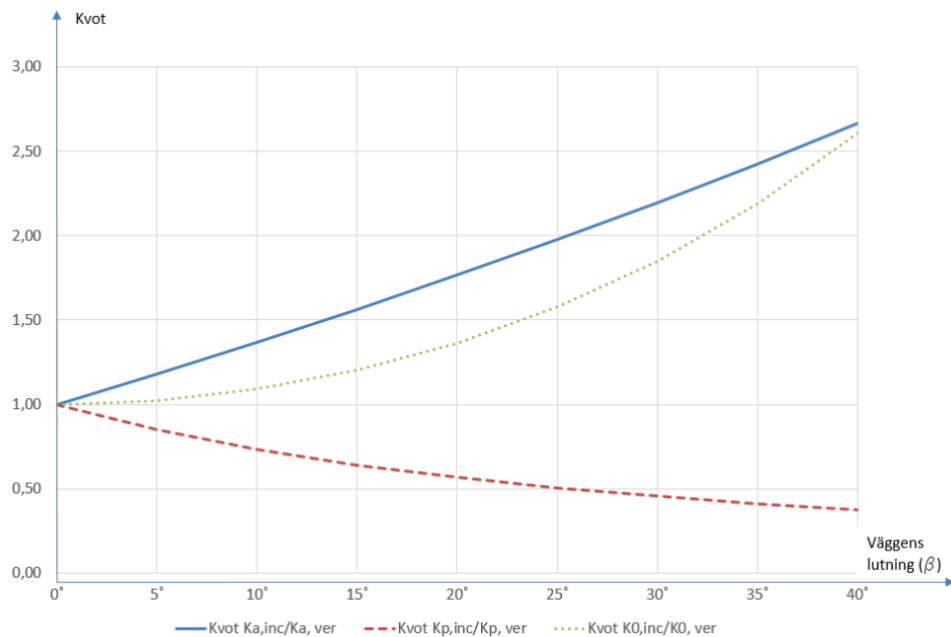
## 6.2 ALTERNATIVT BERÄKNINGSSÄTT

Ett annat sätt att beräkna vilojordtrycket mot en lutande stödmur är att anta att jordtrycket utgörs av ett vertikalt och ett horisontellt tryck,  $\sigma_v$  och  $\sigma_h$ , där det horisontella trycket beräknas enligt RIDAS ekvation 18. Jämför Figur 4 nedan. Här bortses från inverkan av friktion, vilket är samma antagande som för RIDAS ekvation 21.



Figur 4 – Jordtryck, horisontell och vertikal komponent

Genom att beräkna den horisontella komponenten av dessa tryck och jämföra den med resultatet för jordtryck mot vertikal vägg erhålls en kvot  $K_{0,inc}/K_{0,ver}$  som kan jämföras med motsvarande kvot för aktivt och passivt jordtryck ( $K_{a,inc}/K_{a,ver}$ ) respektive ( $K_{p,inc}/K_{p,ver}$ ).



Figur 5 – Kvot mellan aktivt, vilo- och passivt jordtryck mot vertikal respektive lutande väggyta. ( $K_0$  beräknat enligt Figur 4)

Det ska också nämnas att jordtryck mot en lutande stödmursvägg ger en vertikal komponent som kan vara gynnsam både för stabilitet (tack vare ökad vertikalkraft på grundläggningen) och för tvärsnittsdimensionering (tack vare ökad normalkraft i tvärsnittet). Det innebär också att kontakttrycket mot grunden förändras, vilket kan vara både gynnsamt och ogynnsamt.

### 6.3 EUROKOD 7 G1

I EK 0 g1 anges tre metoder för att kombinera strukturella och geotekniska laster. I RIDAS har metod 2 (DA2) valts, även om detta inte anges explicit, eftersom lastfaktorn antas vara lika stor för strukturella och geotekniska laster.

Metoder för att beräkna vilojordtryck återfinns i 1997-1 avsnitt 9.5.2 (SS-EN 1997-3:2025). Där används formeln  $K_0 = (1 - \sin \varphi) \sqrt{OCR}$  där faktor OCR står för fyllningens överkonsolideringsgrad. Vid lutande markyta multipliceras  $K_0$  med faktorn  $(1 + \sin \beta)$ . Notera att i EK 7 avser  $\beta$  markytans lutning mot horisontalplanet, vilken är betecknad  $\alpha$  i RIDAS.

För motfyllda konstruktioner kan man vanligtvis anta normalkonsoliderad jord och ingen hänsyn behöver då tas till faktorn OCR som då sätts till 1,0. I avsnitt 9.5.5 anges att hänsyn skall tas till packningseffekter, men det redovisas ingen metod för detta (SS-EN 1997-3:2025).

### 6.4 EUROKOD 7 G2

I EK7, del 3, bilaga D:4 (informativ) (SS-EN 1997-3:2025) refererar till (Lancellotta, 2002) samt (L'Herminier R, 1962) och ger följande metod för beräkning av vilojordtryck :

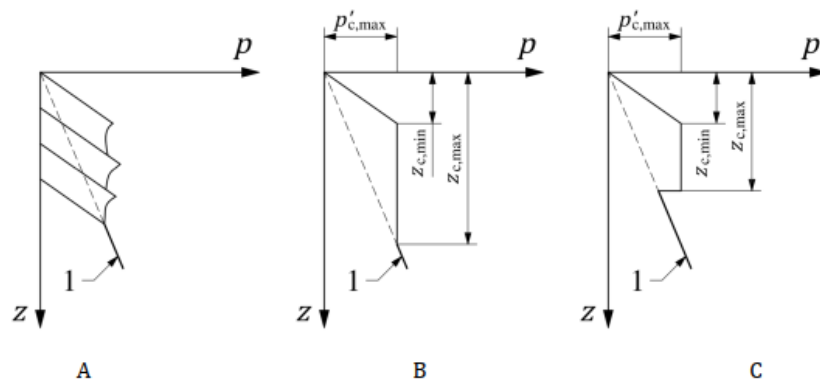
$$K_0 = (1 - \sin \varphi) \sqrt{OCR} \times (1 + \sin \beta) \leq K_p \gamma$$

Detta är i princip samma ekvation som i EK g1 förutom att markytans lutning ingår i formeln och det klargörs att vilojordtrycket aldrig kan överstiga det passiva jordtrycket. Även här avser  $\beta$  markytans lutning mot horisontalplanet.

I avsnitt D:5 beskrivs en metod för beräkning av ökat jordtryck på grund av packning  $p'_{c,max}$ . Lastens storlek beror på om stödkonstruktionen är oeftergivlig eller inte, vilken packningsmetod som används samt bredden på packningsområdet.

Packningstrycket antas för en oeftergivlig konstruktion överlagra vilojordtrycket enligt B i Figur 6. Det anges inte huruvida packningstrycket skall antas vara permanent eller variabelt.





**Key**

- A compaction earth pressure
- B simplified profile for non-yielding
- C yielding wall
- 1  $K_0$  line

Figur 6 – Antaget jordtryck från packning enligt EK7, del 3, bilaga D:5 (SS-EN 1997-3:2025)

## 7 Beräkningsexempel

**För att studera inverkan av de olika aspekterna som redovisats i föregående avsnitt har lasteffektjämförelser gjorts för ett vertikalt respektive ett horisontellt bärverk, vilka redovisas i kapitel 7.1.**

Det vertikala bärverket är utformat som en konsol, medan det horisontella bärverket är dimensionerat som en fritt upplagd meterstrimla. Här jämförs kvoten mellan snittkrafter beräknade med EK g1 ekvation 6.10 a/b samt EK g2 ekvation 8.12, 8.13 a/b samt 8.14 a/b.

Syftet med exemplen är att illustrera hur lasteffektkvoten (kvoten av dimensionerande moment eller tvärkraft) mellan ovan nämnda ekvationer varierar med konstruktionshöjden för olika typer av bärverk.

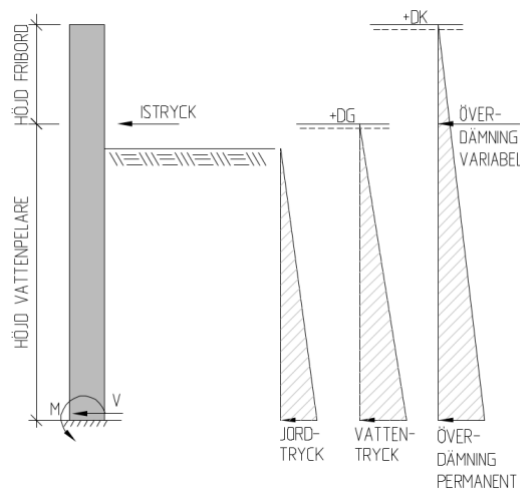
I kapitel 7.2 redovisas skillnader i lasteffekt och armeringsinnehåll på samma typ av konstruktionselement som redovisas i Hallgren & Stenesand (2025).

### 7.1 LASTJÄMFÖRELSE

#### 7.1.1 Konsol - förutsättningar och laster

Följande laster har kombinerats och använts för att beräkna moment och tvärkraft i i en vertikal konsol:

- Permanent vattentryck
- Permanent vattentryck samt variabelt istryck
- Permanent vattentryck samt permanent jordtryck
- Permanent vattentryck samt variabelt vattentryck från överdämning mot fribord

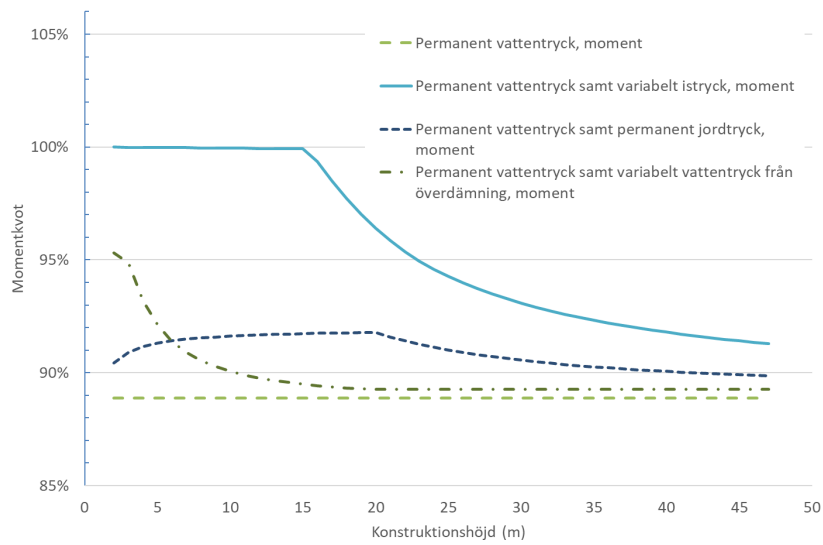


Figur 7 Vertikalt bärverk (konsol) med förutsättningar och laster

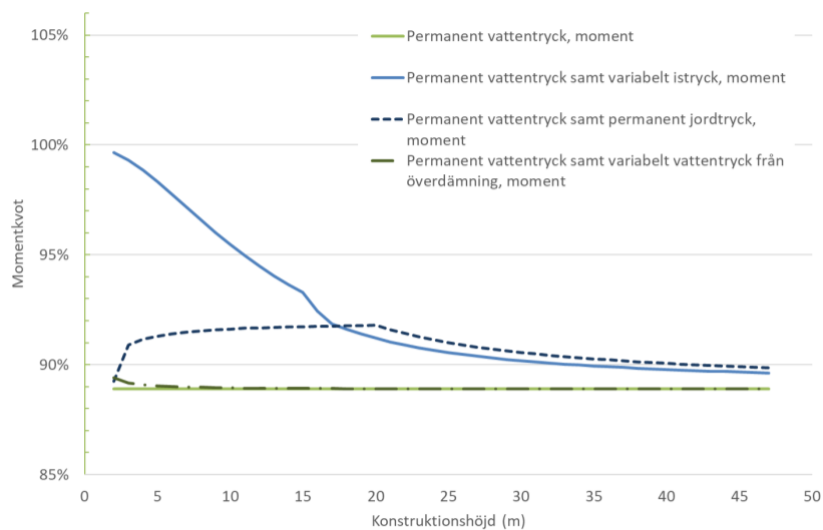
Följande beräkningsförutsättningar har antagits i exemplet:

- Dammsäkerhetsklass A
- $\gamma_{dK} = 1,3$  resp.  $k_{Fk}=1,3$
- Istryck: 200 kN/m
- Fyllningens tunghet under vattenyta: 13 kN/m<sup>3</sup>
- Fyllningens friktionsvinkel 45°
- Jordpelarens höjd: 0,5 m under DG
- Överdämning (DK – DG): 2,0 m

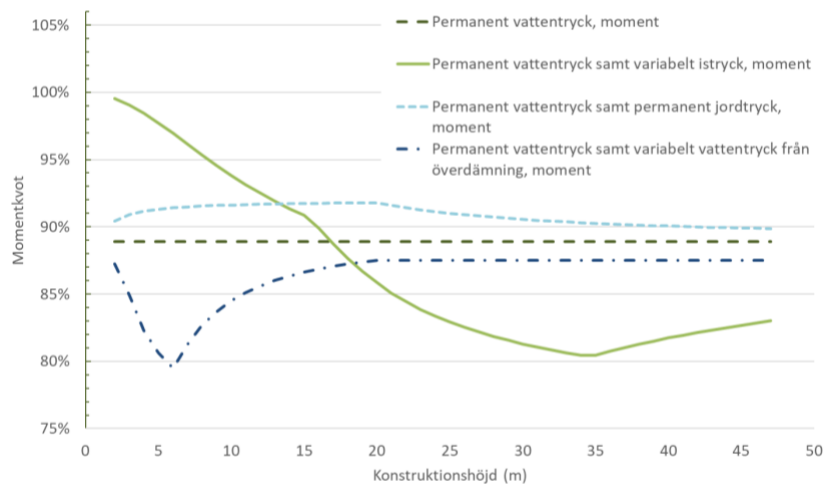
I Figur 8 till Figur 10 redovisas utfallet gällande skillnaderna i böjmoment för de olika lastkombinationerna jämfört med dagens angreppssätt. På motsvarande sätt redovisas tvärkraften i Figur 11 till Figur 13.



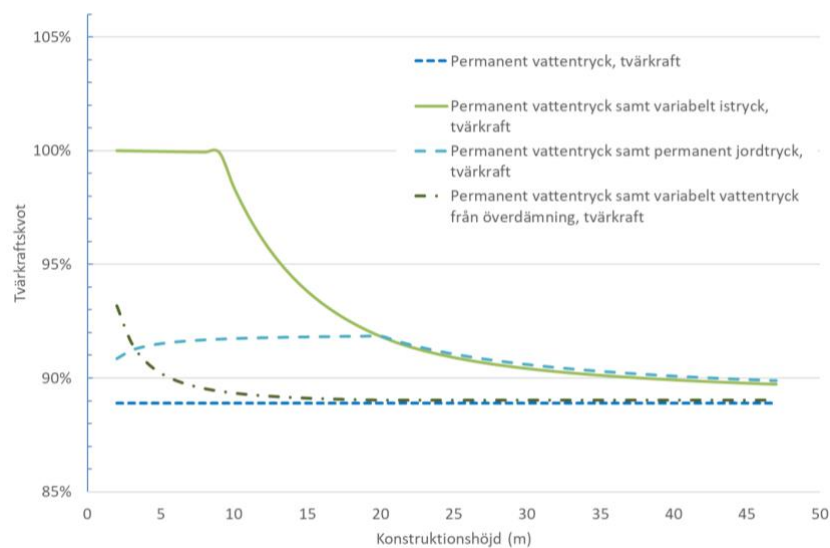
Figur 8 Momentkvot mellan EK2 ekv 8.12 och EK1 ekv. 6.10



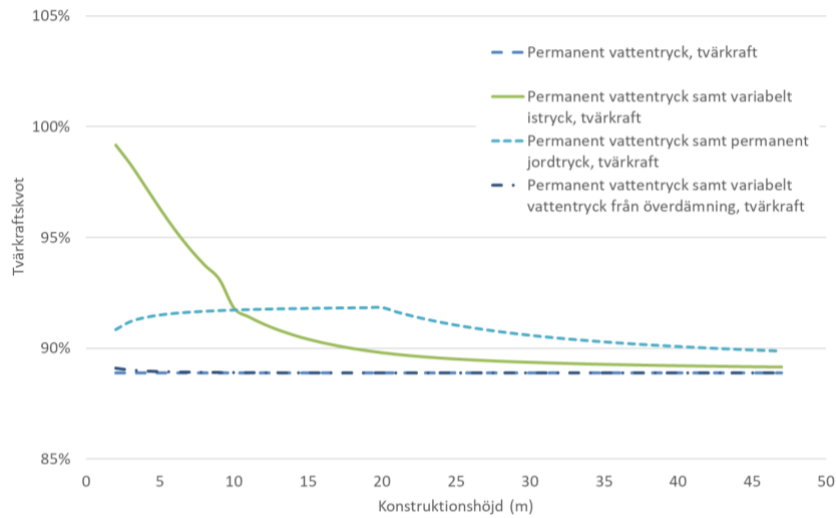
Figur 9 Momentkvot mellan EK2 ekv 8.13 och EK1 ekv. 6.10



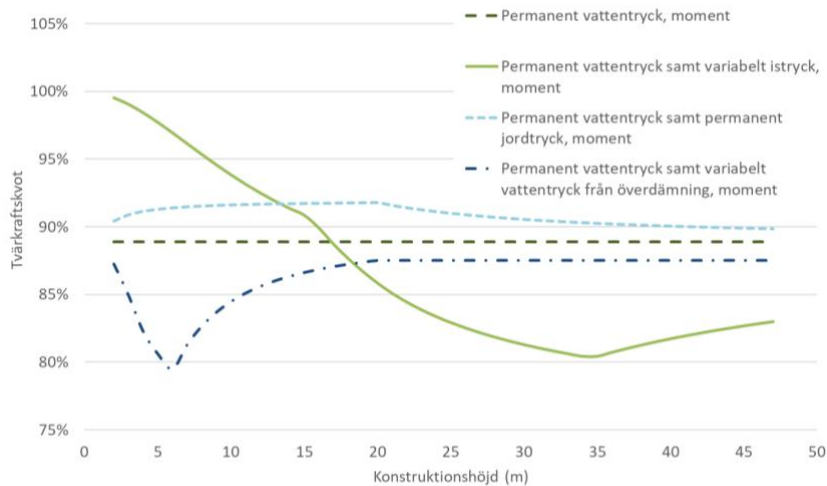
Figur 10 Momentkvot mellan EKg2 ekv 8.14 och EKg1 ekv. 6.10



Figur 11 Tvärkraftskvot mellan EKg2 ekv 8.12 och EKg1 ekv. 6.10



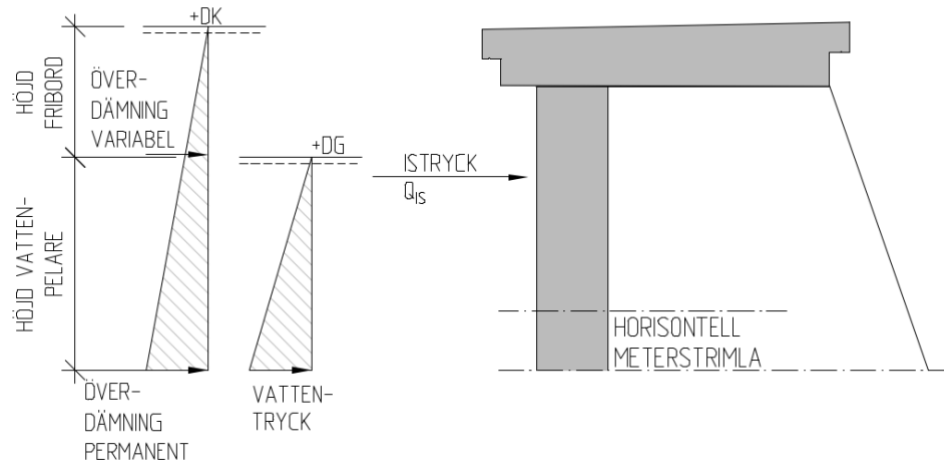
Figur 12 Tvärkraftskvot mellan EKg2 ekv 8.13 och EKg1 ekv. 6.10



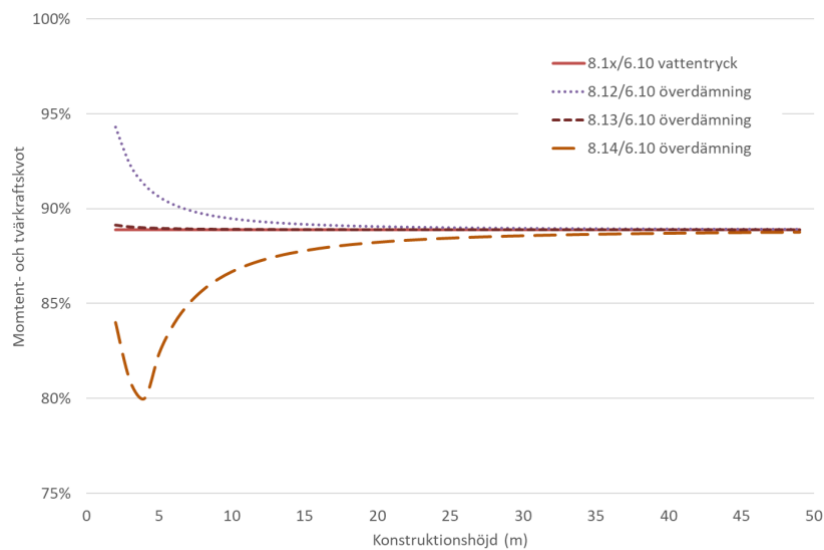
Figur 13 Tvärkraftskvot mellan EKg2 ekv 8.14 och EKg1 ekv. 6.10

### 7.1.2 Horisontellt bärverk - förutsättningar och laster

För horisontella bärverk, t.ex. en frontplatta i en lamelldamm, blir skillnaden i lasteffekt annorlunda jämfört med en konsol. Frontplattan kan dimensioneras som en fritt upplagd meterstrimla (jmf Figur 14 nedan) och vattentrycket behöver normalt inte kombineras med istryck, eftersom istrycket angriper vid DG där vattenlasten är försumbar. Därför jämförs endast skillnaden i permanent vattentryck och variabelt vattentryck från överdämning.



Figur 14 Horisontellt bärverk med geometriska förutsättningar och laster



Figur 15 Moment och tvärkraftskvot, vattentryck + överdämning med fribordshöjd 2 m för EKg2 ekv 8.12, 8.13 och 8.14 samt EKg1 ekv. 6.10 (vattentryck har samma kvot för alla lastkombinationer och redovisas i kurvan 8.1x/6.10)

I brottgränstillstånd är skillnaden i böjarmeringsmängd i stort sett proportionell mot skillnaden i böjmoment, men påverkas också av t.ex. storleken på tillhörande normalkraft och armeringens praktiska utformning. Detsamma gäller tvärkraftsarmeringen om tvärkraften överstiger betongens tvärkraftskapacitet,  $V_{Rcd}$ .

## 7.2 DEFINIERADE KONSTRUKTIONSELEMENT

Fokus i den här delen har legat på att illustrera inverkan av de ändrade partial- och konsekvensfaktorer för vattenlast och det nyanserade sättet att räkna jordtryck samt de olika möjligheterna för lastkombination enligt den andra generationens Eurokoder. Samma två typer av fiktiva konstruktionselement som i Hallgren & Stenesand (2025) har använts, vilket är en ledmur samt en frontplatta i en lamelldamm. Precis som i föregående rapport är de i första hand utformade för att visa skillnader mellan nya och gamla Eurokoderna och är inte optimerade ur materialhänseende. I korthet är beräkningsförutsättningarna för de två konstruktionselementen:

1. Ledmur
  - Infästning mellan bottenplatta och frontmur
  - Motfylld med jord
  - Konstruktionen dränerad men kan under korta perioder utsättas för stort grundvattentryck
2. Frontplatta
  - Permanent vattentryck upp till dämningssgräns (DG)
  - Utformad för att klara en tillfällig överdämning upp till dammkrön.

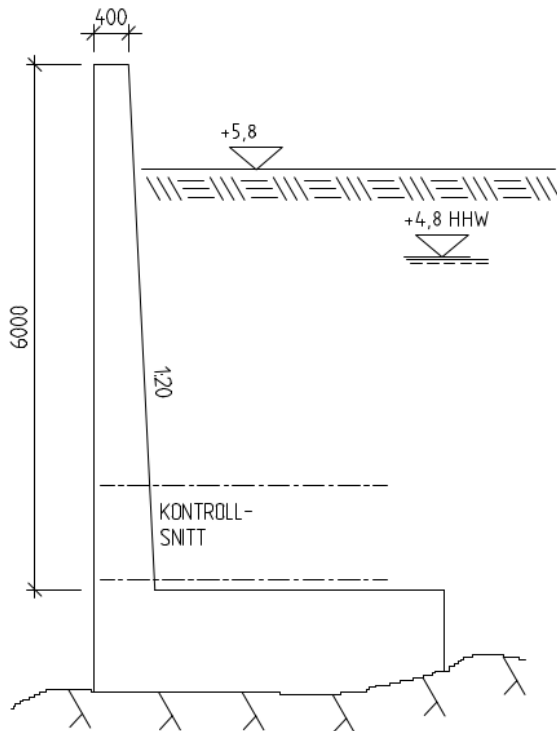
Nuvarande lastkombination enligt RIDAS / EK g1, uppsättning 6.10a och 6.10b, har jämförts med den förordade lastkombinationen EK g2 uppsättning 8.13a och 8.13b.

Laster och armeringsmängder i bruksgränstillstånd har inte analyserats eftersom lastfaktorer i SLS är oförändrade mellan EK g1 och EK g2. Beräkningsmetoder för SLS finns redovisade i (Hallgren & Stenesand, 2025).

### 7.2.1 Ledmur – infästning mellan bottenplatta och mur

I Figur 16 redovisas konstruktionselement 1 som behandlar infästning mellan mur och bottenplatta för en motfylld ledmur.

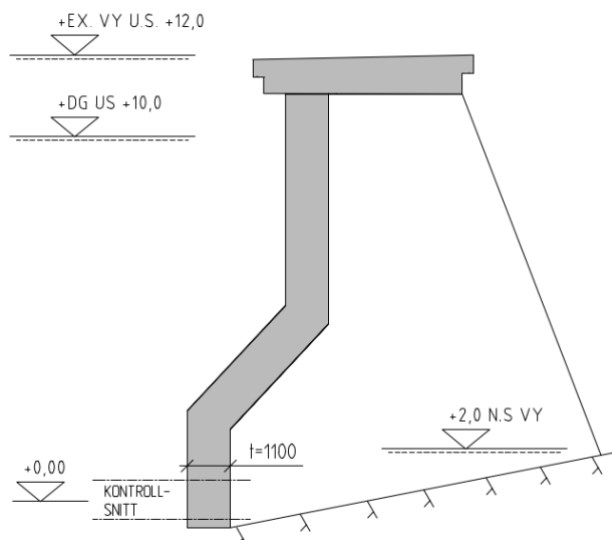




Figur 16 Konstruktionselement 1 - ledmur

### 7.2.2 Frontplatta i lamelldamm

Konstruktionselement 2 (se Figur 17) redovisar dimensionering av en frontplatta på en lamelldamm. Den är utsatt för ett permanent vattentryck upp till dämningens gränslinje (DG) men utformas också för att klara en tillfällig överdämning upp till dammkrön.



Figur 17 Konstruktionselement 2 – frontplatta i lamelldamm

### 7.2.3 Resultat från beräkningar av lasteffekter och armeringsmängder

#### Ledmur

| Resultat        | EK2:2005<br>RIDAS / EKS | EK2:2023<br>Komb. 8.13<br>exklusive<br>packning | EK2:2023<br>Komb. 8.13<br>inklusive<br>packning | Kvot G2/G1<br>Komb. 8.13<br>exklusive<br>packning | Kvot G2/G1<br>Komb. 8.13<br>inklusive<br>packning |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| $M_{\max, ULS}$ | 346 kNm                 | 320 kNm                                         | 460 kNm                                         | 93%                                               | 133%                                              |
| $V_{\max, ULS}$ | 238 kN                  | 220 kN                                          | 239 kN                                          | 92%                                               | 100%                                              |
| $M_{\max, SLS}$ | 125 kNm                 | 125 kNm                                         | *                                               |                                                   |                                                   |
| $A_s ULS$       | 12,3 cm <sup>2</sup>    | 11,4 cm <sup>2</sup>                            | 16,6 cm <sup>2</sup>                            | 92%                                               | 135%                                              |
| $A_s SLS$       | 13,0 cm <sup>2</sup>    | 11,7 cm <sup>2</sup>                            | *                                               | 90%                                               |                                                   |
| $A_{s, \min}$   | 9,70 cm <sup>2</sup>    | 8,24 cm <sup>2</sup>                            | 8,24 cm <sup>2</sup>                            | 85%                                               | 85%                                               |
| $V_{Rdc}$       | 244 kN                  | 268 kN                                          | 268 kN                                          | 110%                                              | 110%                                              |

\* $A_{s, SLS}$  beräknas inte för packningstryck då det är oklart hur detta ska kombineras i bruksgränstillstånd.

#### Frontplatta

| Resultat        | EK2:2005<br>Komb 6.10 | EK2:2023<br>Komb. 8.13 | Kvot G2/G1 |
|-----------------|-----------------------|------------------------|------------|
| $M_{\max, ULS}$ | 1600 kNm              | 1444 kNm               | 90%        |
| $V_{\max, ULS}$ | 931 kN                | 840 kN                 | 90%        |
| $M_{\max, SLS}$ | 825 kNm               | 825 kNm                | 100%       |
| $A_s ULS$       | 37,6 cm <sup>2</sup>  | 33,9 cm <sup>2</sup>   | 90%        |
| $A_s SLS$       | 49,0 cm <sup>2</sup>  | 50,5 cm <sup>2</sup>   | 103%       |
| $A_{s, \min}$   | 16,8 cm <sup>2</sup>  | 14,9 cm <sup>2</sup>   | 88%        |
| $V_{Rdc}$       | 364 kN                | 415 kN                 | 114%       |
| $A_{sw}$        | 9,47 cm <sup>2</sup>  | 9,47 cm <sup>2</sup>   | 100%       |

## 8 Diskussion

**Dammars totalsäkerhet kan beskrivas som målsättningen att hålla rimliga marginaler mellan den last som konstruktionerna utsätts för och den bärförmåga, eller kapacitet, dessa har. För betongdamm, eller övriga dämmande betongkonstruktioner inom vattenbyggnad, omfattar det både totalsäkerheten gällande stabilitet och kapacitet över tvärsnitten.**

I föreliggande studie har huvudfokus varit att studera hur en anpassning till andra generationens Eurokoder skulle kunna göras i branschens riktlinjer RIDAS gällande för betongkonstruktioner. Särskilt fokus har legat på att utveckla förslag för hanteringen av den nya konsekvensklassen CC4, införandet av separata partialkoefficienter för vattenlast vid lastkombination och översyn av jordtrycksformuleringarna i Eurokod och RIDAS.

### 8.1 TOTALSÄKERHET OCH KONSEKVENSKLASSNING

Genomlysningen av olika vinklingar på begreppet totalsäkerhet och konsekvenser vid ett haveri pekar mot att målsättningen bör vara att jämföra skattade brottsannolikheter eller deras komplementära värde tillförlitlighet. Eftersom målsättningen med dammsäkerhetsarbete är att sträva mot en rimligt hög säkerhet och att undvika haverier, förordas att tillförlitligheten används som mått på totalsäkerheten. Det möjliggör också harmoniseringen mellan tvärsnittsdimensionering och stabilitetsberäkningar den dagen RIDAS ska övergå till sannolikhetsbaserad dimensionering även för stabilitet.

Bedömningen kring olika kategorier och klassning av konsekvenser pekar mot att det kan vara rimligt att inkludera den nya konsekvensklassen CC4 vid tvärsnittsdimensionering av dammar med de högsta konsekvenserna i dammsäkerhetsklass A. Dock måste konsekvenserna av ett brott i de enskilda konstruktionselementen värderas för att undvika alltför konservativa bedömningar.

Eurokod gör fortsatt ingen nyansering mellan olika typer av dammar och just dammar nämns enbart som ett exempel på en konstruktion i CC4 tillsammans med kärnkraftverk. Det rekommenderas att i RIDAS fortsätta att sikta mot successivt lägre krav på tillförlitlighet för dammar i lägre konsekvensklasser.

Konsekvensen av flera tidigare anpassningar av RIDAS blir tydlig i genomlysningen och det framgår att den tillförlitlighet som idag finns vid tvärsnittsdimensionering är orimligt hög. I arbetet ingick dock inte att

lägga fram förslag på justering av riktvärdet för tillförlitligheten, istället har en justering av korrektionsfaktorn  $\gamma_k$  föreslagits och antar nu värdet 1,1. Den tidigare partialkoefficienten kopplad till konsekvensklass  $\gamma_d$ , har ersatts med en konsekvensfaktor  $k_F$ , och som en följd av det föreslås  $\gamma_{dk}$  ersättas med en ny faktor  $k_{FK}$ . Det är en stark rekommendation att söka definiera vad branschen avser med en rimlig tillförlitlighet uttryckt som ett  $-\beta$ -värde. Ett preliminärt förslag är att göra anpassningarna så att det ingångsvärde som faktiskt anges för olika konsekvensklasser är det rimliga, och därefter eliminera nuvarande korrektionsfaktor  $\gamma_k$ . Harmoniseringen med sannolikhetsbaserad stabilitetsdimensionering kan dock ge annan eller ny input på temat.

## 8.2 VATTENLAST

I sannolikhetsbaserad dimensionering hanteras osäkerhet i materialens egenskaper och lasterna genom användning av partialkoefficienter. Sedan Eurokoderna infördes hanteras båda genom förstoring av lasterna. Olika laster och olika material kan innehålla olika grad av osäkerhet och justeras därefter. Införandet av separata, och lägre, partialkoefficienter för vattenlast baseras på det faktum att materialet vatten och den last som det hydrostatiska vattentrycket ger innehåller en låg grad av osäkerhet. Inom vattenbyggnad, där salinitet inte är aktuell (ökar densiteten), får spridningen i egenskaper av betydelse betraktas som försumbara (mycket liten variation p.g.a. temperatur). Dessutom används den högsta densiteten som sötvatten kan ha vid beräkning av vattenlast. Vattnets densitet är 1000 kg/m<sup>3</sup> vid +4 grader C och minskar något vid både högre och lägre temperaturer. Vatten är i praktiken inkompressibelt och därför påverkas densiteten inte i någon omfattning av betydelse. I tillägg är kontrollen av vattennivåer vid drift av dammar en nyckelfaktor för att innehålla de vattendomar som ligger till grund för verksamheten. Målsättningen är alltid att undvika överdämning av misstag och därigenom domöverträdelser. Det ovanstående resonemanget är därför anledningen till att ett avsteg från projektnriktningen bedöms motiverad och istället införa de nya separata, lägre, partialkoefficienterna för vattenlast enligt andra generationens Eurokoder i förslaget till uppdatering av RIDAS. Tillsammans med resonemanget ovan gällande den nuvarande orimligt höga tillförlitligheten är förslaget ytterligare motiverat och kan göras utan risk för att tillförlitligheten påverkas i någon betydande omfattning.

## 8.3 JORDTRYCK

Utförda beräkningar visar att ekvationer i EK 7 (SS-EN 1997-3:2025) ger likvärdiga resultat med de ekvationer som redovisas i RIDAS (se beräkningsexempel bilaga A och B). De ingår i gällande regelverk och

hänvisar senare utförd forskning (Lancellotta, 2002) samt (L'Herminier R, 1962) jämfört med RIDAS. Detta motiverar att Eurokoder ersätter rekommendationer i RIDAS.

För vilojordtryck mot lutande väggyta saknas rekommendationer i EK7. Inga bevis eller härledningar har hittats för ekvationen som redovisas i Bygg G15:12 (1984). Kontrollberäkningar i denna rapport visar dock att antagandet är rimligt och på säker sida, vilket motiverar fortsatt användning.

Packningstrycket som redovisas i EK 7 (SS-EN 1997-3:2025) ger en avsevärd höjning av jordtrycket. Det är emellertid inte självklart hur denna last ska kombineras – den uppkommer givetvis under byggskedet men kan också uppstå under förvaltningsskedet. Det är också tänkbart att packning innebär ett förhöjt permanent jordtryck. Detta bör utredas vidare.

#### 8.4 LASTKOMBINATIONER

Utifrån redovisade jämförelser för moment- och tvärkraftskvoter i avsnitt 7.1 och 7.2 rekommenderas att ekvation 8.13 används för vattenbyggnadskonstruktioner. Dels för att denna bäst matchar lasteffekterna enligt nuvarande förfarande i EKg1 och dagens RIDAS, där hög permanent last kombineras med en lägre variabel last och vice versa. Dessutom avspeglar ekvation 8.13 verkliga lastförhållanden – en hög permanent last utesluter inte på något sätt en samtidigt variabel last, vilket skulle bli resultatet om man i stället väljer ekvation 8.14. Samtidigt är det mycket osannolikt att en hög variabel last uppstår samtidigt som en hög permanent last, vilket blir resultatet om man väljer ekvation 8.12.

För ekvation 8.13 dominerar istrycket på lägre konstruktionshöjder, medan vattentrycket blir alltmer dominerande med stigande konstruktionshöjd. Den största skillnaden i lasteffekt är att EKg2 ger 89 % av vad EKg1 ger, vilket motsvarar skillnaden efter införandet av en separat lastfaktor för permanent vattenlast (1,20/1,35).

Den totala lasten med ovanstående val är dock i samma storleksordning som erhöles med den hydrauliska faktorn  $\gamma_h$  i tidigare utgåvor av RIDAS (2011). Den är också avsevärt högre än för t.ex. broar och andra anläggningskonstruktioner, vilket sammantaget ger en mycket hög totalsäkerhet.

Sammantaget visar beräkningsexemplen i kapitel 7.2 att de valda parametrarna och lastkombineringsmetoderna ger ungefär 90 till 93 % av armeringsmängden i brottsgränstillstånd jämfört med tidigare, men att det vanligtvis är bruksgränstillstånd som är avgörande för armeringsmängden.

## 9 Rekommendationer

**Följande rekommendationer framläggs som ett resultat av analysarbetet och de föreslås implementeras i en uppdaterad version av RIDAS tillämpningsvägledning för betongdammars.**

1. Inkludera den nya konsekvensklassen CC4 som framläggs i EK g2 och tillämpa den inledningsvis för dammar med de högsta konsekvenserna i dammsäkerhetsklass A. Valet av konsekvensklass måste dock baseras på konsekvenserna av ett brott i aktuellt konstruktionselement. Ingångsvärdet på tillförlitlighetsvärdet  $\beta$  föreslås ligga kvar på samma nivå som i nu gällande RIDAS tills frågan har utretts vidare.
2. Det är rimligt att utnyttja införandet av separata och sänkta partialkoefficienter för vattenlasten enligt EK g2. Vattenlasten är mycket väldefinierad och det kan förväntas mycket små spridningar i såväl material som last.
3. Den gamla partialkoefficienten (kopplad till konsekvensklass)  $\gamma_d$  ersätts med konsekvensfaktorn  $k_F$  för harmonisering med EK g2. En följd av det blir att  $\gamma_{dk}$  föreslås ersättas med en ny faktor  $k_{Fk}$ . Värdet på den nya korrektionsfaktorn  $k_{Fk}$  bör vara 1,1 tills harmoniserade tillförlitlighetsvärden för betongdammars definierats, då den sannolikt kan tas bort.
4. Flera möjliga sätt att beräkna jordtryck mot vattenbyggnadskonstruktioner kan användas. Eftersom det finns fördelar med att referera till gällande standarder rekommenderas att förfaringssättet enligt EK7 implementeras.
5. Vid lastkombination i brottgränstillstånd rekommenderas att man tillämpar ekvation 8.13 (SS-EN 1990:2023) som baseras på liknande kombinationer som i dag.
6. För beräkning av jordtryck rekommenderas att RIDAS i fortsättningen hänvisar till EK 7, del 3, bilaga D:4 (SS-EN 1997-3:2025), då dessa ekvationer ingår i gällande regelverk och ger i stort sett likvärdiga resultat med tidigare utgåvor av RIDAS.
7. För beräkning av vilojordtryck mot lutande väggyta rekommenderas att metoden som är beskriven i RIDAS används även i fortsättningen.

Övriga rekommendationer:

- En genomlysning och definition av vilka tillförlitlighetsvärden som bör gälla för betongkonstruktioner inom vattenbyggnad behöver göras. Idag ansätts en tillförlitlighet som ingångsvärde men de RIDAS-unika korrektionsfaktorerna gör att en betydligt högre faktisk tillförlitlighet erhålls.
- Partialkoefficienter för spännförankringar behöver ses över och definieras för vanliga koncept inom vattenbyggnad.
- Det bör utredas hur packningstrycket som redovisas i EK7 g2 (SS-EN 1997-3:2025) ska kombineras med övriga laster. Packning förekommer i byggskedet men kan också utföras under konstruktionens livslängd. Det är också möjligt att packningen ger ett förhöjt permanent jordtryck. Detta kan ha relativt stor betydelse för armeringsmängden i motfyllda betongkonstruktioner.

## 10 Referenser

- Andersson, P. &. (2016). *Eurokoder för dimensionering av betongdammars - Förslag på tillämpning i Sverige*. Stockholm: Energiforsk, rapport nr. 2016:309.
- B7. (1969). *Bestämmelser för betongkonstruktioner - Allmänna konstruktionsbestämmelser Stockholm, 1969*. Stockholm: Statens betongkommitté.
- Boverket. (2022). *EKS 12. Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)*. Karlskrona: Boverket, BFS 2011:10 med ändringar t.om. BFS 2022:4.
- Boverket. (2024). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om bärförmåga, stadga och beständighet i byggnader m.m.* Karlskrona: Boverket, BFS 2024:6.
- Boverket. (den 19 01 2026). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om bärförmåga, stadga och beständighet i byggnader m.m.. BFS 2024:6*. Hämtat från Boverkets författningssamling: <https://forfattningssamling.boverket.se/detaljer/BFS2024-6>
- Hallgren, M., & Stenesand, F. (2025). *GAP-analys av 2:a generationens Eurokod för betongdammars*. Stockholm: Energiforsk, rapport nr. 2025:1075.
- Handboken BYGG. (1984). *Del G: Geoteknik, Avd.15:12*. Stockholm: Liber.
- Jáky, J. (1944). *A nyugalmi nyomás tényezője [Koefficient för jordtryck i vila, Originalspråk Ungerska]*. Budapest.
- Jaky, J. (1944). *The coefficient of earth pressure at rest*. J. Soc. Hung. Archit. Eng. .
- L'Herminier R, A. (1962). *E. Equilibre limite d'un coin dans un milieu non pesant Cahier de la Recherche*. Eyrolles.
- Lancellotta, R. (2002). *Analytical solution of passive earth pressure*. *Geotechnique*.
- Miljöbalken. (2025). *Miljöbalk*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet, SFS 1998:808.
- Miljöbalken. (den 14 01 2026). *SFS 1998:808*. Hämtat från Sveriges Riksdag: [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808\\_sfs-1998-808](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808)
- RIDAS. (2011). *Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Tillämpningsvägledning 7.3 Betongdammars*. Stockholm: Energiföretagen.
- RIDAS. (2020). *Energiföretagen riktlinjer för dammsäkerhet - Tillämpningsvägledning, kapitel 9, betongdammars*. Stockholm: Energiföretagen.
- RIDAS. (2025). *Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet - RIDAS*. Stockholm: Energiföretagen.
- SS-EN 1990. (2002). *Eurokod - Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk*. Stockholm: SIS.
- SS-EN 1990:2023. (2023). *Eurokod - Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk*. Svenska Institutet för Standarder, utgåva 2.
- SS-EN 1992-1-1:2005. (2005). *Eurokod 2 - Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader*. Stockholm: SIS.
- SS-EN 1992-1-1:2023. (2023). *Eurokod 2 - Dimensionering av betongkonstruktioner - Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader, broar och anläggningskonstruktioner. (andra generationens EK2)*. Svenska Institutet för Standarder, utgåva 2.
- SS-EN 1997-1:2005. (2005). *Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler*. Stockholm: SIS.
- SS-EN 1997-3:2025. (2025). *Eurokod 7 – Geoteknisk dimensionering – Del 3: Geokonstruktioner*. Stockholm: SIS.
- Svenska kraftnät. (2017). *Konsekvensutredningar och dammsäkerhetsklassificering*. Stockholm: Svenska kraftnät.



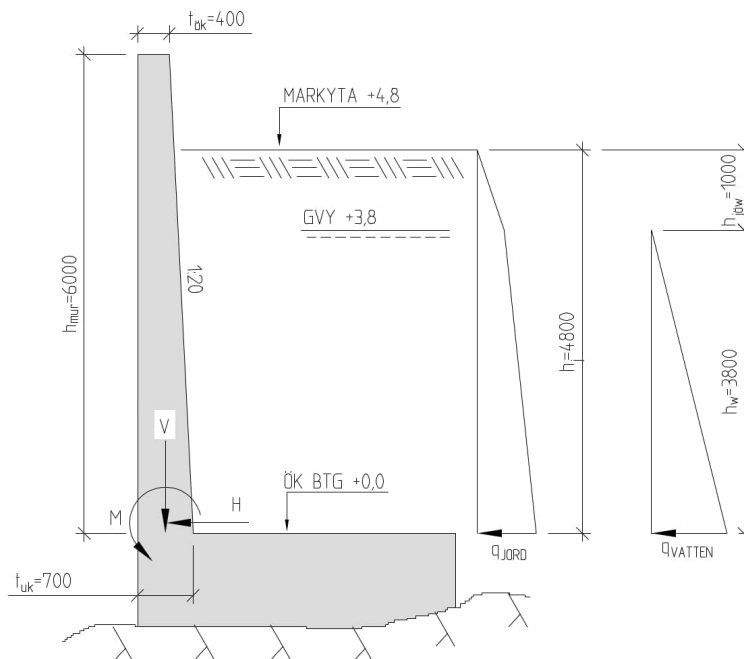
- Svenska kraftnät. (2024). *Dammsäkerhet - Tillämpligt regelverk, vägledningar och stöd*. Stockholm: Svenska kraftnät, Ärendenr 2024/2752.
- Svenska kraftnät, Energiföretagen, & SveMin. (2022). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Stockholm: Svenska kraftnät; Energiföretagen; SveMin.
- .

## Bilaga A.1

### Konstruktionsberäkning av ledmur enligt RIDAS/EK2:2005

Inspänningsnitt mellan mur och bottenplatta

#### Skisser:



Måttskiss, laster och kraftriktningar

$$t_{\text{ök}} := 400 \text{ mm}$$

$$t_{\text{uk}} := 700 \text{ mm}$$

$$h_{\text{mur}} := 6000 \cdot \text{mm}$$

$$h_j := 4800 \cdot \text{mm}$$

$$h_w := 3800 \cdot \text{mm}$$

$$h_{\text{jöw}} := 1000 \cdot \text{mm}$$

$$b := 1000 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_{\text{btg}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet betong})$$

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet vatten})$$

#### Beräkningsantaganden:

Muren dimensioneras som meterstrimla och antas bära som en konsol fast inspänd i bottenplattans överkant.

Grundvattentrycket antas som en variabel last.

## Material:

### Betong:

Antar betong av kvalitet C30/37 enligt SS-EN 1992-1.

Hållfasthetsvärden enligt tabell 2.1N, Tabell 3.1, Ekv 3.15

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa} \quad f_{ctm} := 2.9 \text{ MPa} \quad f_{ctk_{0.05}} := 2.0 \text{ MPa} \quad E_{cm} := 33 \text{ GPa}$$

$$\gamma_c := 1.5 \quad \alpha_{cc} := 1.0 \quad \alpha_{ct} := 1.0$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20 \cdot \text{MPa} \quad f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk_{0.05}}}{\gamma_c} = 1.333 \cdot \text{MPa}$$

### Armering:

Enligt SS-EN 1992-1 tabell 2.1N och 3.2.7

Armering typ K500C-T.

$$\gamma_s := 1.15 \quad f_{yk} := 500 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \cdot \text{MPa} \quad E_s := 200 \text{ GPa}$$

## Täckande betongskikt:

Enligt RIDAS TV 9 Tabell 9 (Täckande betongskikt):

Luftsida (mot strömmande vatten):  $TB_{luft} := 70 \text{ mm}$

Jordsida (mot grundvatten) antas som

"övrig konstruktionsdel mot luft"  $TB_{jord} := 40 \text{ mm}$

Vid beräkning av minimiarmering sätts täckande betongskikt till maximalt 50 mm enligt RIDAS.

## Laster:

För ULS antas högsta högvatten (HHW) på motfylld sida utan dränering, t.ex. vid igensatta dräneringsrör. SLS kontrolleras ej eftersom lastkombinationer i SLS är oförändrade mellan EK G1 och EK G2.

### Egentyngd mur:

$$N_{egen} := (t_{ök} + t_{uk}) \cdot 0.5 \cdot \gamma_{btg} \cdot b = 13.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Vattentryck

$$p_{w\_uls} := h_w \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Horisontalkraft av vattentryck:

$$H_{W\_uls} := p_{W\_uls} \cdot \frac{h_W}{2} = 72.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Moment av vattentryck vattentryck:

hävarm vattenpelare HHW

$$e_{W\_uls} := \frac{h_W}{3} = 1.27 \text{ m}$$

$$M_{W\_uls} := H_{W\_uls} \cdot e_{W\_uls} = 91.5 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

## Jordtryck

Beräknar vilojordtryck enligt RIDAS TV9 - Betongdammar, 9.1.4

$$\gamma_j := 23 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{Tunghet morän ovan GWY}$$

$$\gamma_j' := 13 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{Tunghet morän under GWY}$$

$$\phi := 45 \text{ deg}$$

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$\omega := 2.86 \text{ deg}$$

$$K_a := \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} = 0.172$$

$$K_{a\_incl} := \frac{\cos(\phi - \omega)^2}{\cos(\omega)^3 \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\omega) \cos(\alpha - \omega)}} \right)^2} = 0.189$$

$$K_0 := 1 - \sin(\phi) \cdot 1 + \sin(\alpha) = 0.293$$

$$K_{0\_incl} := \left( \frac{K_{a\_incl}}{K_a} \right) \cdot K_0 \cdot \cos(\omega) = 0.323 \quad \text{Horisontellt vilojordtryck m.h.t lutande mur}$$

$$p_{j\ddot{o}w} := h_{j\ddot{o}w} \cdot \gamma_j \cdot K_{0\_incl} = 7.4 \cdot \text{kPa}$$

$$p_{juw} := [p_{j\ddot{o}w} + (h_w) \cdot \gamma_j' \cdot K_{0\_incl}] = 23.4 \cdot \text{kPa}$$

### Horisontalkraft av jordtryck

$$H_{j\_1} := \left( \frac{p_{j\ddot{o}w} \cdot h_{j\ddot{o}w}}{2} \right) = 3.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_{j\_2} := \left[ \frac{(p_{j\ddot{o}w} + p_{juw}) \cdot h_w}{2} \right] = 58.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_{j\_uls} := H_{j\_1} + H_{j\_2} = 62.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Moment av jordtryck

$$e_{j\_1} := \frac{h_{j\ddot{o}w}}{3} + h_w = 4.13 \text{ m}$$

hävarm övre jordtryck  
HHW

$$e_{j\_2} := \frac{(2 \cdot p_{j\ddot{o}w} + p_{juw}) \cdot h_w}{3 \cdot (p_{j\ddot{o}w} + p_{juw})} = 1.57 \text{ m}$$

hävarm nedre jordtryck  
HHW

$$M_{j\_uls} := H_{j\_1} \cdot e_{j\_1} + H_{j\_2} \cdot e_{j\_2} = 107.2 \cdot \text{kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

## Lastkombinering:

### ULS 6.10a

Antar att ledmuren tillhör en anläggning i dammsäkerhetsklass A enligt RIDAS.

$$\gamma_{dK} := 1.3$$

Antar hela (grund)vattentrycket som en variabel last.

$$V_{ULS} := H_{w\_uls} \cdot 1.50 \cdot \gamma_{dK} + H_{j\_uls} \cdot 1.35 \cdot 0.89 \cdot \gamma_{dK} = 237.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{ULS} := -N_{egen} \cdot 1.0 = -13.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Egentyngd gynnsamt})$$

$$M_{ULS} := M_{w\_uls} \cdot 1.50 \gamma_{dK} + M_{j\_uls} \cdot 1.35 \cdot 0.89 \cdot \gamma_{dK} = 345.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

## Böjarmering ULS

Armering dimensioneras enligt EN 1992-1-1 och EN 1992-2.

$$h := t_{uk} = 0.7 \text{ m}$$

$$TB_{jord} = 40 \cdot \text{mm} \quad \text{Längsarmeringens täckande betongskikt}$$

$$\phi := 20 \text{ mm} \quad \text{Stångdiameter}$$

$$e := 0 \text{ mm} \quad \text{excentricitet från armeringslagrets tvärbunkt.}$$

$$d := t_{uk} - \left( TB_{jord} + \frac{\phi}{2} + e \right) = 650 \cdot \text{mm}$$

$$\epsilon_{cu3} := \frac{3.5}{1000}$$

Erforderlig armering i brottgränstillstånd (ULS). Tvärsnittet antas enkelarmerat & underarmerat.

$$M_{ULS} = 345.8 \cdot \text{kN}$$

$$N_{ULS} = -13.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Tryck negativt värde}$$

$$m_{id} := M_{ULS} - N_{ULS} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right) = 350 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$m_- := \frac{m_{id}}{d^2 \cdot f_{cd}} = 0.041$$

$$\omega_s := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m_-} = 0.042$$

$$A_{s, \text{brott}} := \frac{\omega_s \cdot d \cdot f_{cd} + N_{ULS}}{f_{yd}} = 12.335 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

## Tvärkraftskapacitet

Tvärkraftskapacitet enligt SS-EN 1992-2 kap 6.2.

### Indata

#### Material

$$f_{ck} = 30 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_{ca} := 1.5$$

$$f_{ywd} := 435 \text{MPa}$$

#### Tvärsnitt

$$b_w := 1 \text{m} \quad d = 0.65 \text{m}$$

$$A_{s,\text{brott}} = 12.335 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{cm}^2 \quad \text{Armeringsmängd för dragen sida i ULS används som indata.}$$

$$\theta := 21.805 \text{deg} \quad \cot(\theta) = 2.5 \quad k_1 := 0.15$$

#### Lasteffekter

$$V := V_{\text{ULS}} = 237.906 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{\text{ULS}} = -13.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{cp} := \frac{-N_{\text{ULS}}}{b \cdot d \cdot \text{m}^{-1}} = 0.021 \cdot \text{MPa}$$

### Betong utan tvärkraftsarmering

$$k := \min \left( 2, 1 + \sqrt{\frac{200 \text{mm}}{d}} \right) = 1.555$$

$$\rho_l := \min \left( \frac{A_{s,\text{brott}}}{b_w \cdot d}, 0.02 \right) = 0.0019$$

$$v_{\min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \text{MPa} = 0.372 \cdot \text{MPa} \quad (6.3\text{N})$$

$$V_{\text{Rd,C}} := \max \left[ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa}^{\frac{2}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot d, \left[ (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot d \right] \right] = 243.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (6.2\text{a}, 6.2\text{b})$$

## Resultattabell

Notera att nedanstående resultat beror på att kombination 6.10b dimensionerar, vilket är resultatet av att grundvattenytan antagits som en variabel last.

### Snittkrafter i murens inspänningssnitt:

$$M_{ULS} = 345.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{ULS} = -13.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS} = 237.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Armeringsbehov vertikal armering

$$A_{s.brott} = 12.3 \text{ m} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

### Tvärkraftskapacitet

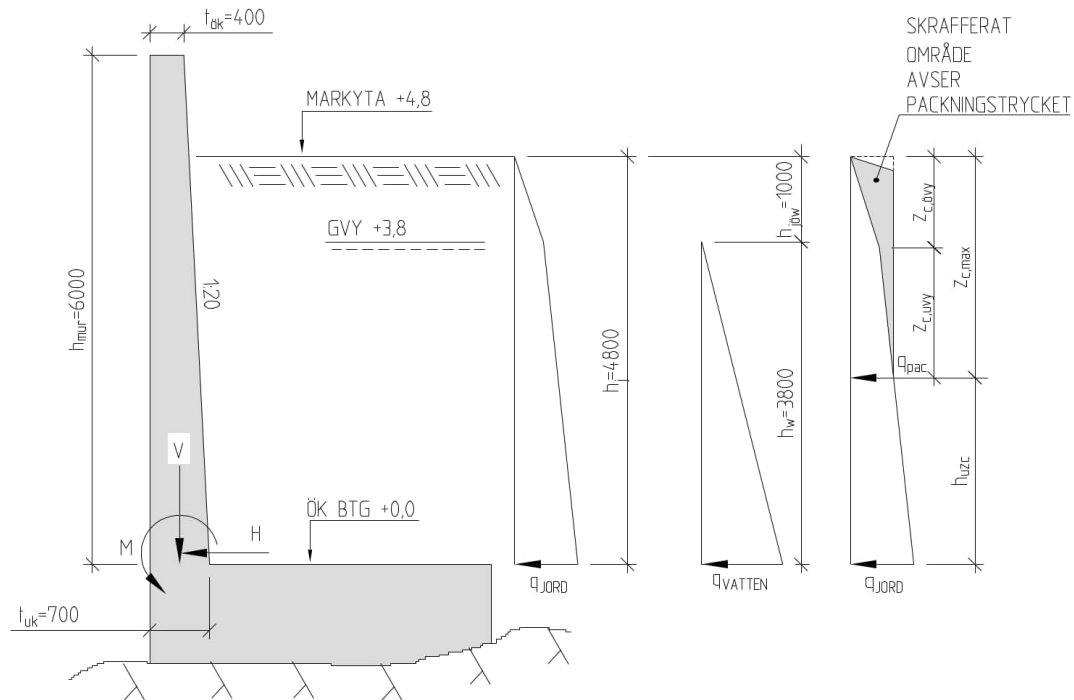
$$V_{Rd.C} = 243.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



## Bilaga A.2

### Konstruktionsberäkning av ledmur enligt SS-EN 1990:2023 och SS-EN 1992-1:2023

#### Skisser:



Måttskiss, laster och kraftriktningar

#### Beräkningsantaganden:

Muren dimensioneras som meterstrimla och antas bära som en konsol fast inspänd i bottenplattans överkant.

Grundvattentrycket antas som en variabel last.

Geometri  
(se figur beräkning  
enligt EK2/RIDAS)

$$\begin{aligned} t_{\text{ök}} &:= 400\text{mm} & t_{\text{uk}} &:= 700\text{mm} \\ h_{\text{mur}} &:= 6000\cdot\text{mm} & h_j &:= 4800\cdot\text{mm} \\ h_v &:= 3800\cdot\text{mm} & h_{\text{jöv}} &:= 1000\cdot\text{mm} \\ b &:= 1000\cdot\text{mm} & & (\text{meterstrimla}) \end{aligned}$$

$$\gamma_{\text{btg}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet betong})$$

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet vatten})$$

Betong C30/37  
enligt avsn 5.1.3 och  
Tabell 5.1

$$\begin{aligned} f_{\text{ck}} &:= 30\text{MPa} & f_{\text{cm}} &:= 38\text{MPa} \\ f_{\text{ctm}} &:= 2.9\text{MPa} & f_{\text{ctk}_{0.05}} &:= 2.0\text{MPa} \end{aligned}$$

avsn 5.1.4(2)

$$k_E := 9500 \quad E_{\text{cm}} := k_E \cdot \left( \frac{f_{\text{cm}}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{1}{3}} \text{MPa} = 31.9 \cdot \text{GPa}$$

avsn 5.1.6(1)

$$k_{\text{tc}} := 1.0 \quad f_{\text{ck.ref}} := 40\text{MPa}$$

$$\alpha_{\text{cc}} := \min \left[ \left( \frac{f_{\text{ck.ref}}}{f_{\text{ck}}} \right)^{\frac{1}{3}}, 1.0 \right] = 1 \quad \gamma_C := 1.5 \quad \text{enl Tabell 4.3}$$

$$f_{\text{cd}} := \alpha_{\text{cc}} \cdot k_{\text{tc}} \cdot \frac{f_{\text{ck}}}{\gamma_C} = 20 \cdot \text{MPa}$$

Armering K500C-T  
motsv B500 enligt  
avsn 5.2, Tabell 5.4

$$\begin{aligned} f_{\text{yk}} &:= 500\text{MPa} & E_s &:= 200000\text{MPa} & \gamma_S &:= 1.15 \quad \text{enl Tabell 4.3} \\ f_{\text{yd}} &:= \frac{f_{\text{yk}}}{\gamma_S} = 434.8 \cdot \text{MPa} \end{aligned}$$

Täckande betongskikt  
enligt RIDAS antas

$$c_{\text{lufft}} := 70\text{mm} \quad c_{\text{jord}} := 40\text{mm}$$

Täckskikt enl avsn 6.5.2 och  
ERC är ännu inte utredd för  
svenska förhållanden.

Vid beräkning av minimiarmering sätts täckande betongskikt  
sätts till maximalt 50 mm enligt RIDAS.

## Laster:

För ULS antas högsta högvatten (HHW) på motfylld sida utan dränering, t.ex. vid igensatta dräneringsrör. SLS kontrolleras ej eftersom lastkombineringen i SLS är oförändrad mellan EKg1 och EKg2.

### Egentyngd mur:

$$N_{\text{egen}} := (t_{\text{ök}} + t_{\text{uk}}) \cdot 0.5 \cdot \gamma_{\text{btg}} \cdot b = 13.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Vattentryck

$$p_v := h_v \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 38 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Horisontalkraft av vattentryck:

$$H_v := p_v \cdot \frac{h_v}{2} = 72.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Moment av vattentryck vattentryck:

hävarm vattenpelare HHW

$$e_v := \frac{h_v}{3} = 1.27 \text{ m}$$

$$M_v := H_v \cdot e_v = 91.5 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

### Jordtryck

Beräknar aktivt jordtryck enligt EN 1997-3:2025 Bilaga D.3

$$\gamma_j := 23 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \text{ Tunghet morän ovan GWY}$$

$$\gamma_{j'} := 13 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \text{ Tunghet morän under GWY}$$

Använder beteckningar från Eurokod 1997-3:2025

EC har två olika beteckningar för friktionsvinkel, i denna beräkning används  $\phi$ .

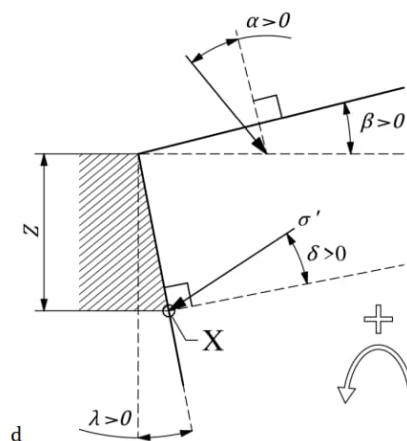
$\omega := 0 \cdot \text{deg}$  Överlastens lutning

$\phi := 45 \text{ deg}$  Friktionsvinkeln

$\epsilon := 0 \text{ deg}$  Lutning markyta

$\theta := 2.86 \text{ deg}$  Lutning väggyta

$\sigma := 0 \text{ deg}$  Antar ingen friktion



$$\rho_{\sigma} := \frac{\sin(\sigma)}{\sin(\phi)} = 0 \quad \rho_{\omega} := \frac{\sin(\omega)}{\sin(\phi)} = 0$$

$$\eta_a := \frac{(\rho_{\omega} + \omega)}{2} + \frac{(\rho_{\sigma} - \sigma)}{2} + \varepsilon - \theta \quad \eta_a = -0.05$$

$$K_{aq} := \left( \frac{\cos(\sigma) - \sin(\phi) \cdot \cos(\rho_{\sigma})}{\cos(\omega) + \sin(\phi) \cdot \cos(\rho_{\omega})} \right) e^{-2\eta_a \cdot \tan(\phi)} \quad K_{aq} = 0.19$$

Beräknar aktivt jordtryck för vertikal mur (metod enligt RIDAS TV9)

$$\eta_{a\_ver} := \frac{(\rho_{\omega} + \omega)}{2} + \frac{(\rho_{\sigma} - \sigma)}{2} + \varepsilon \quad \eta_{a\_ver} = 0$$

$$K_{aq\_ver} := \left( \frac{\cos(\sigma) - \sin(\phi) \cdot \cos(\rho_{\sigma})}{\cos(\omega) + \sin(\phi) \cdot \cos(\rho_{\omega})} \right) e^{-2\eta_{a\_ver} \cdot \tan(\phi)} \quad K_{aq\_ver} = 0.172$$

#### Beräknar vilojordtryck Eurokod 1997-3:2025 Bilaga D.4

OCR := 1 Ingen överkonsolidering antas p.g.a. återfyllda massor.

$$K_0 := (1 - \sin(\phi)) \cdot \sqrt{\text{OCR}} \cdot (1 + \sin(\varepsilon)) = 0.293 \quad \text{Dock max } K_{p\gamma}$$

$$K_{0\_incl} := \left( \frac{K_{aq}}{K_{aq\_ver}} \right) \cdot K_0 \cdot \cos(\theta) = 0.323 \quad \text{Förstärkar vilojordtrycket med kvoten } K_{aq} / K_{aq\_ver} \text{ samt vektoriserar lasten (som är definierad i väggnormalen).}$$

$$p_{jöv} := h_{jöv} \cdot \gamma_j \cdot K_{0\_incl} = 7.4 \cdot \text{kPa}$$

$$p_{juv} := p_{jöv} + (h_v \cdot \gamma_j \cdot K_{0\_incl}) = 23.4 \cdot \text{kPa}$$

### Horisontalkraft av jordtryck

$$H_{j\_1} := \left( \frac{p_{j\ddot{o}v} \cdot h_{j\ddot{o}v}}{2} \right) = 3.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_{j\_2} := \left[ \frac{(p_{j\ddot{o}v} + p_{juv}) \cdot h_v}{2} \right] = 58.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_j := H_{j\_1} + H_{j\_2} = 62.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Moment av jordtryck

$$e_{j\_1} := \frac{h_{j\ddot{o}v}}{3} + h_v$$

hävarm övre jordtryck

$$e_{j\_2} := \frac{(2 \cdot p_{j\ddot{o}v} + p_{juv}) \cdot h_v}{3 \cdot (p_{j\ddot{o}v} + p_{juv})} = 1.57 \text{ m}$$

hävarm nedre jordtryck

$$M_j := H_{j\_1} \cdot e_{j\_1} + H_{j\_2} \cdot e_{j\_2} = 107.5 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

### Beräknar packningstryck enligt Eurokod 1997-3:2025 Bilaga D.5

Använder  $p'_{c,max}$  från tabell D.1, antar lätt packningsutrustning  $\leq 250 \text{ kg}$

**Table D.1 — Values of the maximum compaction earth pressure  $p'_{c,max}$  (kPa)**

| Wall         | Intensive compaction<br>Width $b$ of backfilled space |                | Light compaction (vibratory<br>compactor mass $\leq 250$ kg) |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|
|              | $b \leq 1.0$ m                                        | $b \geq 2.5$ m |                                                              |
| Non-yielding | 40                                                    | 25             | 15                                                           |
| Yielding     | 25 ( $z = 2.0$ m)                                     |                | 15 ( $z = 2.0$ m)                                            |
| NOTE         | Use interpolation for intermediate values of $b$      |                |                                                              |

$$p_{c\_max} := 15 \text{ kPa}$$

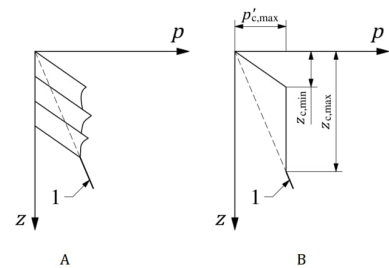
Bortser från inverkan av  $z_{c,min}$  (som är i storleksordningen 0,1 m) och räknar fullt packningstryck hela vägen upp till markytan PSS.

$$z_{c\_övy} := h_{j\ddot{o}v} = 1 \text{ m}$$

$$z_{c\_uvy} := \frac{(p_{c\_max} - z_{c\_övy} \cdot K_0 \cdot \gamma_j)}{K_0 \cdot \gamma_j'} = 2.17 \text{ m}$$

$$z_{c\_max} := z_{c\_övy} + z_{c\_uvy} = 3.17 \text{ m}$$

$$h_{uzc} := h_{mur} - z_{c\_max} = 2.83 \text{ m}$$



#### Key

- A compaction earth pressure
- B simplified profile for non-yielding
- C yielding wall
- 1  $K_0$  line

Beräknar total horisontalkraft och moment av packningstryck vid uk mur.

$$F_{\text{pac}} := z_{\text{c\_max}} \cdot p_{\text{c\_max}} = 47.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{pac}} := F_{\text{pac}} \cdot (h_{\text{uzc}} + z_{\text{c\_max}} \cdot 0.5) = 209.9 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

För att beräkna nettotillskottet av packning måste vilojordtrycket vid nivå  $z_{\text{c,max}}$  beräknas.

Vilojordtrycket på höjden  $z_{\text{c,max}} = p_{\text{c\_max}}$

Beräknar horisontalkraft av jordtryck på höjden  $z_{\text{c,max}}$

$$H_{\text{j\_övy}} := H_{\text{j\_1}} = 3.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_{\text{j\_cuvy}} := \frac{(p_{\text{jöv}} + p_{\text{c\_max}}) \cdot z_{\text{c\_uvy}}}{2} = 24.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$H_{\text{j\_zmax}} := H_{\text{j\_övy}} + H_{\text{j\_cuvy}} = 28.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Moment av vilojordtryck på höjden  $z_{\text{c,max}}$

$$e_{\text{j\_1}} = 4.13 \text{ m}$$

hävarm övre jordtryck  
(se tidigare beräkning)

$$e_{\text{zuvy}} := h_{\text{uzc}} + \frac{(2 \cdot p_{\text{jöv}} + p_{\text{c\_max}}) \cdot z_{\text{c\_uvy}}}{3 \cdot (p_{\text{jöv}} + p_{\text{c\_max}})} = 3.79 \text{ m}$$

hävarm jordtryck från nivå  $z_{\text{c,max}}$

$$M_{\text{j\_zmax}} := H_{\text{j\_övy}} \cdot e_{\text{j\_1}} + H_{\text{j\_zmax}} \cdot e_{\text{zuvy}} = 121.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Beräknar nettotillskott av packningstryck

$$H_{\text{pac\_net}} := F_{\text{pac}} - H_{\text{j\_zmax}} = 19.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{pac\_net}} := M_{\text{pac}} - M_{\text{j\_zmax}} = 88.1 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

## Lastkombinering:

Antar att ledmuren tillhör en anläggning i dammsäkerhetsklass A enligt RIDAS.

$$K_{Fk} := 1.3$$

Antar hela (grund)vattentrycket som en variabel vattenlast med  $\psi_0=0,8$

Antar hela packningstrycket som en variabel last med  $\psi_0=0,5$

$\psi$  vald enligt RIDAS TV9 tabell 5.

$$V_{ULS1} := (H_v \cdot 1.35 + H_{pac\_net} \cdot 1.50 \cdot 0.5 + H_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 238.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS2} := (H_v \cdot 1.35 \cdot 0.8 + H_{pac\_net} \cdot 1.50 \cdot 0.5 + H_j \cdot 1.35) \cdot K_{Fk} = 229.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS3} := (H_v \cdot 1.35 \cdot 0.8 + H_{pac\_net} \cdot 1.50 + H_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 232.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS} := \max(V_{ULS1}, V_{ULS2}, V_{ULS3}) = 238.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{ULS} := -N_{egen} \cdot 1.0 = -13.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Egentyngd gynnsamt})$$

$$M_{ULS1} := (M_v \cdot 1.35 + M_{pac\_net} \cdot 1.50 \cdot 0.50 + M_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 406.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS2} := (M_v \cdot 1.35 \cdot 0.80 + M_{pac\_net} \cdot 1.50 + M_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 460.6 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS3} := (M_v \cdot 1.35 \cdot 0.80 + M_{pac\_net} \cdot 1.50 \cdot 0.50 + M_j \cdot 1.35) \cdot K_{Fk} = 403 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS} := \max(M_{ULS1}, M_{ULS2}, M_{ULS3}) = 460.6 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

## Böjarmering ULS

### ***Böjarmering i ULS***

Antar armeringsdimension  $\phi_{arm} := 20\text{mm}$

Beräkningen avser vertikal armering i murens inspänningssnitt.

$$c := c_{jord} = 40 \cdot \text{mm} \quad d := t_{uk} - c - 0.5\phi_{arm} = 650 \cdot \text{mm}$$

Rektagulärt tryckblock enligt Figure 8.2 d) tillämpas här.  
Tryckarmering försummas.

$$M_N := M_{ULS} - N_{ULS} \cdot (d - 0.5 \cdot t_{uk}) = 464.7 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$f_{cd} = 20 \cdot \text{MPa}$$

$$m_r := \frac{M_N}{d^2 \cdot f_{cd}} = 0.055 \quad \rho := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m_r} = 0.057$$

$$z := d \cdot \left(1 - \frac{\rho}{2}\right) = 632 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s,ULS} := \frac{\rho \cdot d \cdot f_{cd} + N_{ULS}}{f_{yd}} = 1661 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

### ***Tvärkraftskapacitet ULS***

avsn 8.2.2

Kontroll av tvärkraftskapacitet utan skjuvarmering.

Kontrollsnitt bestäms konservativt i inspänningssnittet.

$$M_{Ed} := M_{ULS} = 460.603 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{Ed} := V_{ULS} = 238.663 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{Ed} := N_{ULS} = -13.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$t_{\text{snitt}} := t_{uk} = 700 \cdot \text{mm}$$

$$d_{\text{nom}} := t_{\text{snitt}} - c - 0.5 \cdot \phi_{\text{arm}} = 650 \cdot \text{mm}$$

Antag ballast med största fraktionen 16/32 mm

$$D_{\text{lower}} := 16 \text{ mm}$$

$$d_{dg} := 16 \text{ mm} + D_{\text{lower}} = 32 \cdot \text{mm} \quad \gamma_V := 1.4 \text{ för beräkning med } d_{\text{nom}}$$

$$\beta_{\text{Rdc.min}} := \frac{11}{\gamma_V} \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yd}} \cdot \frac{d_{dg}}{d_{\text{nom}}}} \cdot \text{MPa} = 0.458 \cdot \text{MPa}$$

Denna ekvation är under omarbetning, men ändringen är inte fastställd vid rapportens publicering.

$$z_{\text{nom}} := 0.9 \cdot d_{\text{nom}} = 585 \cdot \text{mm}$$

$$V_{\text{Rd.min}} := \beta_{\text{Rdc.min}} \cdot z_{\text{nom}} = 267.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} > V_{Ed} \text{ OK!}$$



## Resultattabell

### Snittkrafter i murens inspänningssnitt (med packningstryck):

$$M_{ULS} = 460.6 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{ULS} = -13.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS} = 238.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Armeringsbehov vertikal armering

$$A_{s,ULS} = 16.6 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

### Tvärkraftskapacitet

$$V_{Rd,min} = 267.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Snittkrafter i murens inspänningssnitt (utan packningstryck):

På grund av packningstrycket blir framför allt böjmomentet avsevärt högre för EKg2 jämfört med EKg1. Om packningstrycket ej medräknas blir resultatet enligt nedan:

$$M_{ULS4} := (M_V \cdot 1.35 + M_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 320.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS5} := (M_V \cdot 1.35 \cdot 0.8 + M_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 288.7 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS\_exl\_pac} := \max(M_{ULS4}, M_{ULS5}) = 320.8 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS4} := (H_V \cdot 1.35 + H_j \cdot 1.35 \cdot 0.85) \cdot K_{Fk} = 219.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

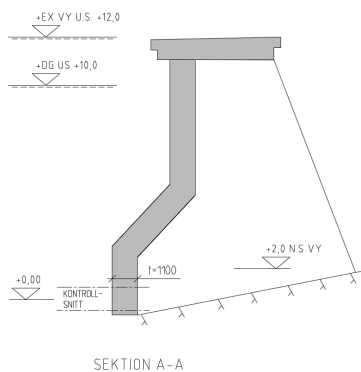
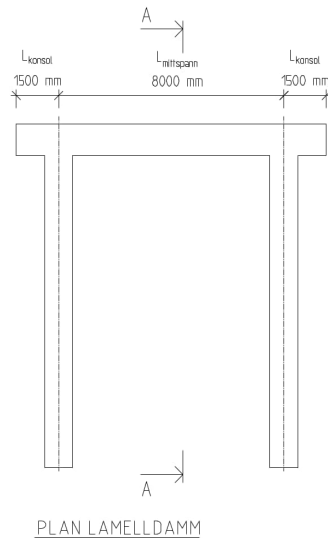
$$V_{ULS5} := (H_V \cdot 1.35 \cdot 0.8 + H_j \cdot 1.35) \cdot K_{Fk} = 210.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS\_exl\_pac} := \max(V_{ULS4}, V_{ULS5}) = 219.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## Bilaga B.1

### Konstruktionsberäkning av frontplatta i lamelldamm enligt RIDAS/EK2:2005

#### Beräkningsskisser:



$$t := 1100 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \cdot \text{mm}$$

$$L_{\text{konsol}} := 1.5 \text{ m}$$

$$L_{\text{spänn}} := 8.0 \text{ m}$$

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet vatten})$$

$$\gamma_{\text{btg}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet betong})$$

$$EX\_VY\_US := 12.0 \cdot \text{m}$$

(Extrem uppströms vattenyta, motsvarande överdämd damm)

$$DG\_US := 10.0 \cdot \text{m}$$

(Uppströms dämningssgräns, motsvarar normal uppströms vattenyta.)

$$NS\_VY := 2.0 \cdot \text{m}$$

(Nedströms vattenyta, normalvärde)

#### Förutsättningar:

Frontplattans nedersta del dimensioneras som en meterstrimla och antas förenklat som en fritt upplagd balk över lamellerna med horisontell huvudarmeringsriktning.

## Material:

### Betong:

Antar betong av kvalitet C35/45 enligt SS-EN 1992-1.  
Hållfasthetsvärden enligt tabell 2.1N, Tabell 3.1, Ekv 3.15

$$f_{ck} := 35\text{MPa} \quad f_{ctm} := 3.2\text{MPa} \quad f_{ctk_{0.05}} := 2.2\text{MPa} \quad E_{cm} := 34\text{GPa}$$

$$\gamma_c := 1.5 \quad \alpha_{cc} := 1.0 \quad \alpha_{ct} := 1.0$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 23.333 \cdot \text{MPa} \quad f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk_{0.05}}}{\gamma_c} = 1.467 \cdot \text{MPa}$$

### Armering:

Enligt SS-EN 1992-1 tabell 2.1N och 3.2.7  
Armering typ K500C-T.

$$\gamma_s := 1.15 \quad f_{yk} := 500\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.8 \cdot \text{MPa} \quad E_s := 200\text{GPa}$$

## Täckande betongskikt:

Enligt RIDAS TV 9 Tabell 9:

$$\text{U:S sida (mot uppströms vattenyta)} \quad TB_{U,S} := 50\text{mm}$$

$$\text{N:S sida (mot nedströms vattenyta)} \quad TB_{N,S} := 50\text{mm}$$

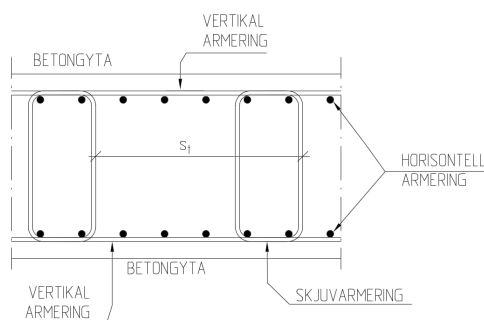
Vid beräkning av minimiarmering sätts täckande betongskikt till maximalt 50 mm enligt RIDAS.

## Inlagd armering:

På grund av inlagd skjuvarmering i form av dubbla c-byglar läggs den liggande huvudarmeringen i det inre armeringslagret.

$$\phi_y := 25\text{mm} \quad (\text{Antagen dimension vertikala järn / yttre lager})$$

$$\phi_l := 25\text{mm} \quad (\text{Antagen dimension horisontella järn/inre lager})$$



## Laster:

Endast vattentryck beaktas. Dimensionerande tryck beräknas i centrum av det betraktade snittet (på nivå +0,0). Berggrunden antas inte medverka som upplag för frontplattan.

Vattentryck vid varaktig vattenyta (DG):

$$q_{w.US.DG} := DG\_US \cdot \gamma_w = 100 \cdot \text{kPa}$$

Ökat vattentryck p.g.a. extrem uppströms vattenyta:

$$q_{w.US.EX} := (EX\_VY\_US - DG\_US) \cdot \gamma_w = 20 \cdot \text{kPa}$$

Mothållande vattentryck, varaktig vattenlast nedströms

$$q_{w.NS.VY} := -(NS\_VY) \cdot \gamma_w = -20 \cdot \text{kPa}$$

Tvångskrafter från temperatur och krympning beaktas ej.

## Lastkombinering:

Antar att frontplattan tillhör en anläggning i dammsäkerhetsklass A enligt RIDAS.

$$\gamma_{dK} := 1.3$$

Dimensionerande vattentryck i ULS 6.10 a

$$q_{ULS\_1} := (q_{w.US.DG} \cdot 1.35 + q_{w.US.EX} \cdot 1.20 - q_{w.NS.VY} \cdot 1.0) \cdot \gamma_{dK} = 233 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{ULS\_2} := (q_{w.US.DG} \cdot 1.20 + q_{w.US.EX} \cdot 1.50 - q_{w.NS.VY} \cdot 1.0) \cdot \gamma_{dK} = 221 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{ULS} := \max(q_{ULS\_1}, q_{ULS\_2}) = 233 \cdot \text{kPa}$$

## Dimensionerande snittkrafter:

$$R_{A\_ULS} := q_{ULS} \cdot (L_{konsol} + L_{spann} \cdot 0.5) = 1280 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS} := q_{ULS} \cdot (L_{spann} \cdot 0.5) = 931 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS} := -q_{ULS} \cdot (L_{konsol} + L_{spann} \cdot 0.5)^2 \cdot 0.5 + R_{A\_ULS} \cdot (L_{spann} \cdot 0.5) = 1600 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{till.ULS} := 0$$

## Böjarmering ULS

Armering dimensioneras enligt EN 1992-1-1 och EN 1992-2.

$$h := t = 1100 \cdot \text{mm}$$

$$TB_{N,S} = 50 \cdot \text{mm} \quad \text{Längsarmeringens täckande betongskikt}$$

$$\phi_i = 25 \cdot \text{mm} \quad \text{Stångdiameter}$$

$$e := \phi_y = 25 \cdot \text{mm} \quad \text{Yttre armeringslager}$$

$$d := t - \left( TB_{N,S} + \frac{\phi_i}{2} + e \right) = 1012.5 \cdot \text{mm}$$

$$\omega_{cu3} := \frac{3.5}{1000}$$

Erforderlig armering i brottgränstillstånd (ULS). Tvärsnittet antas enkelarmerat & underarmerat.

$$m_{id} := M_{ULS} - N_{till,ULS} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right) = 1600 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$m_- := \frac{m_{id}}{d^2 \cdot f_{cd}} = 0.067$$

$$\epsilon_s := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m_-} = 0.069$$

$$A_{s,brott} := \frac{\epsilon_s \cdot d \cdot f_{cd} + N_{till,ULS}}{f_{yd}} = 37.645 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

## Tvärkraftskapacitet

Tvärkraftskapacitet enligt SS-EN 1992-2 kap 6.2.

### Material

$$f_{ck} = 35 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_{ex} := 1.5$$

$$f_{ywd} := 435 \text{ MPa}$$

### Tvärsnitt

$$b_w := 1 \text{ m} \quad d = 1.013 \text{ m}$$

$$A_{s,brott} = 37.6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad \text{Horisontell armering i dragen sida (i kontrollsnittet).}$$

$$\theta := 21.805 \text{ deg} \quad \cot(\theta) = 2.5 \quad k_1 := 0.15$$

### Lasteffekter

$$V_{ULS} = 931 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Första kritiska snitt vars tvärkraftskapacitet skall kontrolleras ligger på avståndet  $d$  från upplag enl. SS-EN 1992-2 6.2.2 (101). Tvärkraften avtar linjärt från upplag till mitten av frontplattan.

$$V_d := V_{ULS} \cdot \left( 1 - \frac{d}{L_{\text{spann}} \cdot 0.5} \right) = 695.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Dim tvärkraft på avstånd } d \text{ från upplag}$$

$$N_{\text{till}} := (N_{\text{till, ULS}}) = 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{\text{cp}} := \frac{-N}{b \cdot d \cdot \text{m}^{-1}} = 0 \cdot \text{MPa}$$

### Kapacitet utan tvärkraftsarmering

$$k := \min \left( 2, 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} \right) = 1.444$$

$$\rho_l := \min \left( \frac{A_{\text{s, brott}} \cdot \text{m}}{b_w \cdot d}, 0.02 \right) = 0.0037$$

$$v_{\text{min}} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{ck}}}{\text{MPa}}} \text{ MPa} = 0.359 \cdot \text{MPa} \quad (6.3\text{N})$$

$$V_{\text{Rd,C}} := \max \left[ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_l \cdot f_{\text{ck}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa}^{\frac{2}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right] \cdot d, \left( v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right) \cdot d \right] = 364 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (6.2\text{a}, 6.2\text{b})$$

### Reduktion av last nära upplag

Reduktion p.g.a. last nära upplag enligt EN 1992-1 6.2.2 (6)

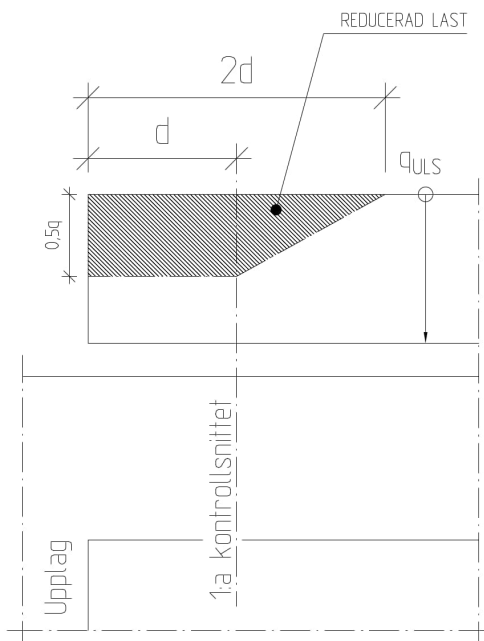
Lasten får reduceras med uttrycket  $\beta = a_v/2d$

Reducerar lasten på avståndet  $a_v = d$ .

$$V_{d,red} := V_d - (q_{ULS} \cdot d \cdot 0.25) = 636.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{d,RED} > V_{Rd,C}$$

Tvärkraftsarmering erfordras



### Beräkning av tvärkraftsarmering

Dimensionering av tvärkraft utförs på avståndet  $a_{sw} = 0.9d \cdot \cot(\theta)$  ut från upplagskant.

$$\theta := 21.805 \text{ deg} \quad \cot(\theta) = 2.5 \quad a_{sw} := 0.9 \cdot d \cdot (\cot(\theta)) = 2.278 \text{ m}$$

$$V_{sw} := V_{ULS} \cdot \left( 1 - \frac{a_{sw}}{L_{spann} \cdot 0.5} \right) = 400.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dimensionerande tvärkraft för beräkning av skjuvarmering.

$\alpha_{cw} := 1$  Ingen tryckande normalkraft i tvärsnittet. Dragkrafter p.g.a. tvång beaktas ej.

$$\eta := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.516$$

$$\rho_{w,min} := 0.08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck} \cdot \text{MPa}^{-1}}}{f_{yk} \cdot \text{MPa}^{-1}} = 0.00095$$

$$A_{sw,min} := \rho_{w,min} \cdot m = 9.466 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{sw} := \max \left( A_{sw,min}, \frac{V_{sw}}{0.9d \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)} \cdot m \right) = 9.47 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$V_d$  ska dock vara mindre än  $V_{Rd,max}$

$$V_{Rd,max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot 0.9d \cdot \eta \cdot f_{ck}}{\gamma_c \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta)) \cdot m} = 3784 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Maximalt avstånd i längsled mellan stänger i längsled ( $s_{l,max}$ ) och tvärlädd ( $s_{t,max}$ ):

$\alpha_{cw} = 1$        $\alpha := 90$  (Vinkel mellan skjuvarmeringens skänkel och längsgående armering)

$$s_{l,max} := 0.75d \cdot \left( 1 + \cot\left(\alpha \cdot \frac{\beta}{180}\right) \right) = 0.759 \text{ m}$$

$$s_{t,max} := 1.5d = 1.519 \text{ m}$$



## Resultattabell

### Snittkrafter i murens inspänningssnitt:

$$M_{\text{ULS}} = 1600 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{ULS}} = 930.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Armeringsbehov horisontell armering

$$A_{\text{s,brott}} = 37.6 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

#### Tvärkraftskapacitet

$$V_{\text{Rd.C}} = 364 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

#### Reduktion av tvärkraft nära stöd

$$V_{\text{d.red}} = 636.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\frac{V_{\text{d.red}}}{V_{\text{Rd.C}}} = 1.75$$

### Erfordrad skjuvarmering:

$$A_{\text{sw}} = 9.47 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

## Bilaga B.2

### Konstruktionsberäkning av frontplatta i lamelldamm enligt SS-EN 1990:2023 och SS-EN 1992-1:2023

Geometri  
(se figur beräkning  
enligt EK2/RIDAS)

$$h := 1100\text{mm}$$

$$b := 1000\text{mm}$$

$$L_{\text{konsol}} := 1.5\text{m}$$

$$L_{\text{spann}} := 8.0\text{m}$$

$$EX\_VY\_US := 12.0\text{m} \quad (\text{Extrem uppströms vattenyta, motsvarande överdämd damm})$$

$$DG\_US := 10.0\text{m} \quad (\text{Uppströms dämningssgräns, motsvarar normal uppströms vattenyta.})$$

$$NS\_VY := 2.0\text{m} \quad (\text{Nedströms vattenyta, normalvärde})$$

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad (\text{Tunghet vatten})$$

Betong C35/45  
enligt avsn 5.1.3 och  
Tabell 5.1

$$f_{ck} := 35\text{MPa}$$

$$f_{cm} := 43\text{MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.2\text{MPa}$$

$$f_{ctk_{0.05}} := 2.2\text{MPa}$$

avsn 5.1.4(2)

$$k_E := 9500$$

$$E_{cm} := k_E \cdot \left( \frac{f_{cm}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{1}{3}} \text{MPa} = 33.3\text{GPa}$$

avsn 5.1.6(1)

$$k_{tc} := 1.0$$

$$f_{ck.ref} := 40\text{MPa}$$

$$\alpha_{cc} := \min \left[ \left( \frac{f_{ck.ref}}{f_{ck}} \right)^{\frac{1}{3}}, 1.0 \right] = 1 \quad \gamma_C := 1.5 \quad \text{enl Tabell 4.3}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 23.3\text{MPa}$$

Armering K500C-T  
motsv B500 enligt  
avsn 5.2, Tabell 5.4

$$f_{yk} := 500\text{MPa}$$

$$E_s := 200000\text{MPa}$$

$$\gamma_S := 1.15 \quad \text{enl Tabell 4.3}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434.8\text{MPa}$$

Täckande betongskikt enligt RIDAS antas

$$c_{US} := 50\text{mm}$$

$$c_{NS} := 50\text{mm}$$

Täckskikt enl avsn 6.5.2 och ERC är ännu inte utredd för svenska förhållanden.

Vid beräkning av minimiarmering sätts täckande betongskikt sätts till maximalt 50 mm enligt RIDAS.

$$c_{\text{maxRIDAS}} := 50\text{mm}$$

Armeringsdimension och armeringslager

$$\phi_y := 25\text{mm} \quad (\text{Antagen dimension vertikala järn / yttre lager})$$

$$\phi_i := 25\text{mm} \quad (\text{Antagen dimension horisontella järn/inre lager})$$

## Laster:

Endast vattentryck beaktas. Dimensionerande tryck beräknas i centrum av det betraktade snittet (på nivå +0,0). Berggrunden antas inte medverka som upplag för frontplattan.

Vattentryck vid varaktig vattenyta (DG):

$$q_{w.US.DG} := DG_{US} \cdot \gamma_w = 100 \cdot \text{kPa}$$

Ökat vattentryck p.g.a. extrem uppströms vattenyta:

$$q_{w.US.EX} := (EX_{VY\_US} - DG_{US}) \cdot \gamma_w = 20 \cdot \text{kPa}$$

Mothållande vattentryck, varaktig vattenlast nedströms

$$q_{w.NS.VY} := -(NS_{VY}) \cdot \gamma_w = -20 \cdot \text{kPa}$$

Tvångskrafter från temperatur, krympning beaktas ej.

## Lastkombinering:

Antar att frontplattan tillhör en anläggning i dammsäkerhetsklass A enligt RIDAS. Antar konsekvensklass 4.

$$K_{Fk} := 1.3$$

Jämför dimensionerande vattentryck i ULS 8.13 a samt 8.13b

$$q_{ULS\_1} := (q_{w.US.DG} \cdot 1.2 + q_{w.US.EX} \cdot 1.08 - q_{w.NS.VY} \cdot 1.0) \cdot K_{Fk} = 210.1 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{ULS\_2} := (q_{w.US.DG} \cdot 1.02 + q_{w.US.EX} \cdot 1.35 - q_{w.NS.VY} \cdot 1.0) \cdot K_{Fk} = 193.7 \cdot \text{kPa}$$

$$q_{ULS} := \max(q_{ULS\_1}, q_{ULS\_2}) = 210 \cdot \text{kPa}$$

Dimensionerande vattentryck i SLS (kvasipermanent kombination).  
Tvärsnittet antas uppsprucket, ingen kontroll utförs i karakteristisk kombination.

$$q_{SLS} := q_{w.US.DG} \cdot 1.0 - q_{w.NS.VY} \cdot 1.0 = 120 \cdot \text{kPa}$$

## Dimensionerande snittkrafter:

$$R_{A\_ULS} := q_{ULS} \cdot (L_{konsol} + L_{spann} \cdot 0.5) = 1155 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{ULS} := q_{ULS} \cdot (L_{spann} \cdot 0.5) = 840 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{ULS} := -q_{ULS} \cdot (L_{konsol} + L_{spann} \cdot 0.5)^2 \cdot 0.5 + R_{A\_ULS} \cdot (L_{spann} \cdot 0.5) = 1444.3 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$N_{till.ULS} := 0$$

## **Böjarmering i ULS**

avsn 8.1 Beräkningen avser horisontell armering i plattan fält mellan lameller.

$$c_{NS} := c_{NS} = 50 \cdot \text{mm} \quad d := h - c - \phi_Y - 0.5\phi_I = 1.013 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

Rektangulärt tryckblock enligt Figure 8.2 d) tillämpas här Tryckarmering försummas.

$$M_{ULS} = 1444.3 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$m_r := \frac{M_{ULS}}{d^2 \cdot f_{cd}} = 0.06 \quad \omega := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot m_r} = 0.062$$

$$z := d \cdot \left(1 - \frac{\omega}{2}\right) = 981 \cdot \text{mm} \quad x := \omega \cdot d = 63 \cdot \text{mm}$$

$$A_{sULS} := \frac{\omega \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 3386 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

## Tvärkraftskapacitet ULS

avsn 8.2.2

Kontroll av tvärkraftskapacitet utan skjuvarmering.

Kontrollsnitt bestäms d från upplag (lamell).

$$d = 1.013 \text{ m}$$

$$V_{\text{ULS}} = 840.32 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_d := V_{\text{ULS}} \cdot \left( 1 - \frac{d}{L_{\text{spann}} \cdot 0.5} \right) = 627.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_d := 442.9 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Böjmoment i snitt d från upplag, avläst ur momentdiagram.

Antag ballast med största fraktionen 16/32 mm

$$D_{\text{lower}} := 16 \text{ mm}$$

$$d_{\text{dg}} := 16 \text{ mm} + D_{\text{lower}} = 32 \cdot \text{mm} \quad \gamma_V := 1.4 \text{ för beräkning med } d_{\text{nom}}$$

$$d_{\text{nom}} := d = 1012.5 \cdot \text{mm}$$

$$z_{\text{nom}} := 0.9 \cdot d_{\text{nom}} = 911.25 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_{\text{Rdc.min}} := \frac{11}{\gamma_V} \sqrt{\frac{f_{\text{ck}}}{f_{\text{yd}}} \cdot \frac{d_{\text{dg}}}{d_{\text{nom}}}} \cdot \text{MPa} = 0.396 \cdot \text{MPa}$$

Denna ekvation är under omarbetning, men ändringen är inte fastställd vid rapportens publicering.

$$\theta_1 := \frac{(A_{\text{sULS}})}{d_{\text{nom}}} = 0.0033$$

$$a_{\text{cs}} := \max \left( \left| \frac{M_d}{V_d} \right|, d_{\text{nom}} \right) = 1.013 \text{ m}$$

$$a_v := \min \left( \sqrt{\frac{a_{\text{cs}}}{4} \cdot d_{\text{nom}}}, d_{\text{nom}} \right) = 0.506 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{\text{Rd.c}} := \frac{0.66}{\gamma_V} \cdot \left( 100 \cdot \theta_1 \cdot \frac{f_{\text{ck}}}{\text{MPa}} \cdot \frac{d_{\text{dg}}}{a_v} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa} = 0.426 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{\text{Rd.c1}} := \max(\varepsilon_{\text{Rd.c.min}}, \varepsilon_{\text{Rd.c}}) \cdot z_{\text{nom}} = 388.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} < V_d \text{ EJ OK!}$$

Prova möjlighet (alternativ 2) är att räkna med en dimensionerande effektiv höjd  $d_d$  som ger möjligheten att använda reducerade partialkoefficienter enligt Bilaga A.

Bilaga A.3(6)

$$d_d := d_{\text{nom}} - 15\text{mm} = 997.5\cdot\text{mm}$$

Tabell A.1

$$\gamma_{V2} := 1.29$$

$$\varepsilon_{\text{Rdc.min2}} := \frac{11}{\gamma_{V2}} \sqrt{\frac{f_{\text{ck}}}{f_{\text{yd}}} \cdot \frac{d_{\text{dg}}}{d_d}} \cdot \text{MPa} = 0.433 \cdot \text{MPa}$$

$$z_d := 0.9 \cdot d_d = 897.75 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_{\text{Rd.c2}} := \frac{0.66}{\gamma_{V2}} \cdot \left( 100 \cdot \theta_1 \cdot \frac{f_{\text{ck}}}{\text{MPa}} \cdot \frac{d_{\text{dg}}}{a_v} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{MPa} = 0.463 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{\text{Rd.c2}} := \max(\varepsilon_{\text{Rdc.min2}}, \varepsilon_{\text{Rd.c2}}) \cdot z_d = 415.44 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{Rd.c}} := \max(V_{\text{Rd.c1}}, V_{\text{Rd.c2}}) = 415 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} < V_{\text{Ed}} \quad \text{Ej OK!}$$

Skjuvarmering erfordras!

avsn 8.2.3

### Beräkning av tvärkraftsarmering

Dimensionerande tvärsnitt läggs på avstånd  $z \cdot \cot(\theta)$  från upplag.

$$z_{\text{nom}} = 0.911 \text{ m} \quad \sigma_{\text{min}} := \text{acot}(2.5) = 21.801 \cdot \text{deg}$$

$$\text{Prova} \quad \sigma := \sigma_{\text{min}} \quad f_{\text{ywd}} := f_{\text{yd}} = 434.783 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{\text{ds}} := V_{\text{ULS}} \cdot \left[ 1 - \frac{(z_{\text{nom}} \cdot \cot(\sigma))}{L_{\text{spann}} \cdot 0.5} \right] = 361.731 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\varepsilon_{\text{Eds}} := \frac{V_{\text{ds}}}{z_{\text{nom}}} = 0.397 \cdot \text{MPa} \quad \varepsilon_{\text{Rd.sy}} := \varepsilon_{\text{Eds}}$$

$$\theta_w := \frac{\varepsilon_{Rd.sy}}{f_{ywd} \cdot \cot(\sigma)} = 0.00037 \quad \theta_{w.min} := 0.08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck} \cdot \text{MPa}^{-1}}}{f_{yk} \cdot \text{MPa}^{-1}} = 0.00095$$

$$A_{sw} := \max(\theta_w \cdot m, \theta_{w.min} \cdot m) = 9.47 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Tabell 12.1(NDP)

$$s_{l.max} := 0.75 \cdot d_{nom} = 0.759 \text{ m} \quad \text{max bygelavstånd längs}$$

$$s_{tr.max} := \min(0.75 d_{nom}, 0.6 \text{ m}) = 0.6 \text{ m} \quad \text{max skänkelavstånd tvärs}$$

Kontroll av trycksträva

$$\varepsilon_{Edmax} := \frac{V_{ULS}}{z_{nom}} = 0.922 \cdot \text{MPa} \quad \text{max skjuvspänning vid upplag}$$

$\rho := 0.5$       Faktor v kan ökas med noggrannare beräkning, men 0.5 kan användas som konservativ förenkling.

$$\eta_{cd} := \varepsilon_{Edmax} \cdot (\cot(\sigma) + \tan(\sigma)) = 2.7 \cdot \text{MPa} < \rho \cdot f_{cd} = 11.7 \cdot \text{MPa}$$

OK!

## Resultattabell

### Snittkrafter i frontplattan:

$$M_{\text{ULS}} = 1444 \cdot \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{ULS}} = 840 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### Armeringsbehov horisontell, brottsgräns

$$A_{\text{sULS}} = 33.9 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

### Tvärkraftskapacitet utan skjuvarmering

$$V_{\text{Rd.c}} = 415.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \frac{V_{\text{d}}}{V_{\text{Rd.c}}} = 1.51$$

### Erfordrad skjuvarmering

$$A_{\text{sw}} = 9.47 \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$



# BETONGDAMMARS SÄKERHET MED LASTER ENLIGT ANDRA GENERATIONENS EUROKODER

Introduktionen av andra generationens Eurokoder innebär flera ändringar som kan påverka dimensioneringen av svenska betongdammar. Den här rapporten analyserar potentiella konsekvenser för RIDAS och visar att vissa av dagens antaganden riskerar att ge en obalanserad – i praktiken orimligt hög – säkerhetsnivå, med onödiga kostnader och klimatpåverkan som följd.

Rapporten pekar särskilt på tre praktiska vägval: (1) hur den nya konsekvensklassen CC4 bör hanteras så att ambitionen om rimlig totalsäkerhet bibehålls, (2) varför sänkta partialkoefficienter för vattenlast är motiverade vid tvärsnittsdimensionering, och (3) hur lastkombinationer och jordtrycksmodeller kan uppdateras för att bättre spegla verkliga lastfall. Sammantaget ger resultaten ett konkret underlag för uppdatering av RIDAS – så att branschen kan möta Eurokoderna Gen2 med tydliga, robusta och resurseffektiva dimensioneringsprinciper

## Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på [energiforsk.se](http://energiforsk.se).



Energiforsk