

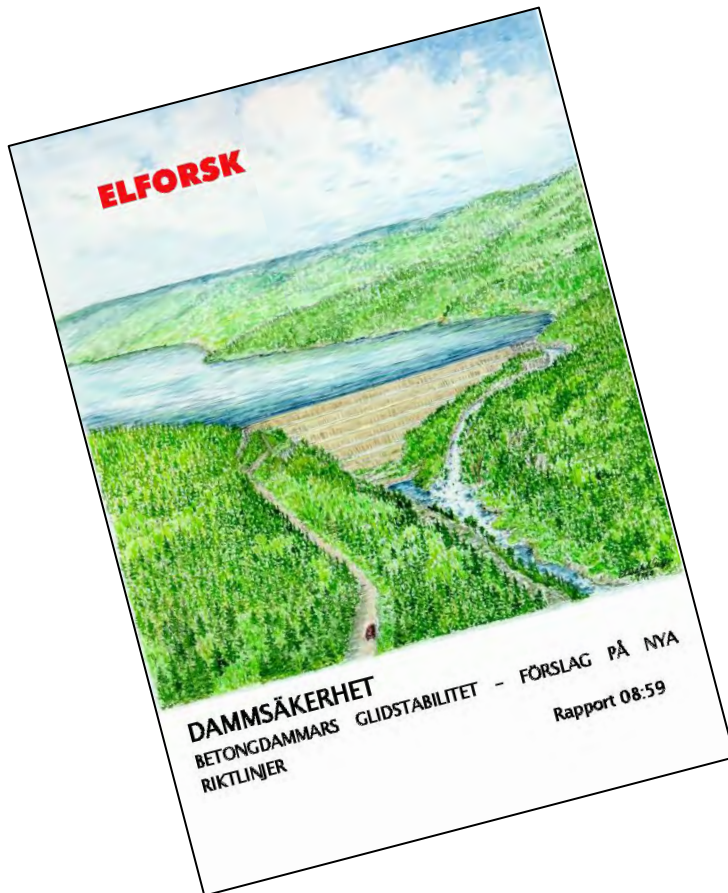


Probabilistic model code för betongdammar

Marie Westberg Wilde
Fredrik Johansson

SwedCOLD 2017-04-04

Bakgrund – Energiforskrappport 2008



Då dammarna byggdes var kraven på dammsäkerhet generellt lägre än idag

- Avtagande bärförmåga
- Ökande belastning

Förstärkningar bör basera sig på bästa möjliga kunskap

Metoden i RIDAS får anses vara relativt onyanserad och innebär i flera avseenden en begränsning.



Behov av mer nyanserade riktlinjer.

1. Utveckling mot ett system med säkerhetsfaktorer som tillåts variera med faktiska förhållanden och osäkerheter.
2. Framtida övergång mot tillförlitlighetsbaserad dimensionering i enlighet med Eurokoden.



Förstudie 2012 rekommenderade framtagande av sannolikhetsbaserad metodbeskrivning

Projekt genomfördes 2013-2016

Bakgrund - Hur görs sannolikhetsbaserad utvärdering?

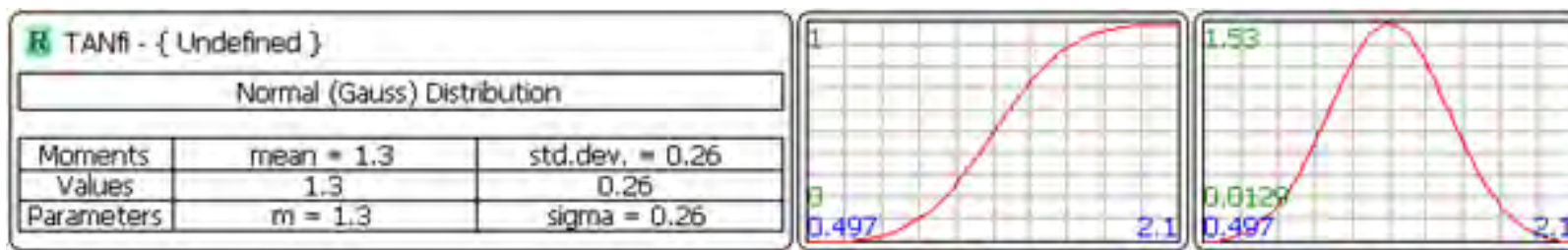
1. Definiera gränstillstånd, tex. brottgräns, $G(x)$. Görs utifrån felmoder. (ex glidning $G = V \cdot \tan\phi - H$)

2. Beskriv laster, materialparametrar och geometriska parametrar med statistiska fördelningar

3. Brott inträffar då $G(x) \leq 0$. Beräkna

$$p_f = P(G \leq 0) = \Phi\left[-\frac{\mu_G}{\sigma_G}\right] = \Phi(-\beta)$$

om $\beta > \beta_{\text{target}}$ är konstruktionen tillräckligt säker



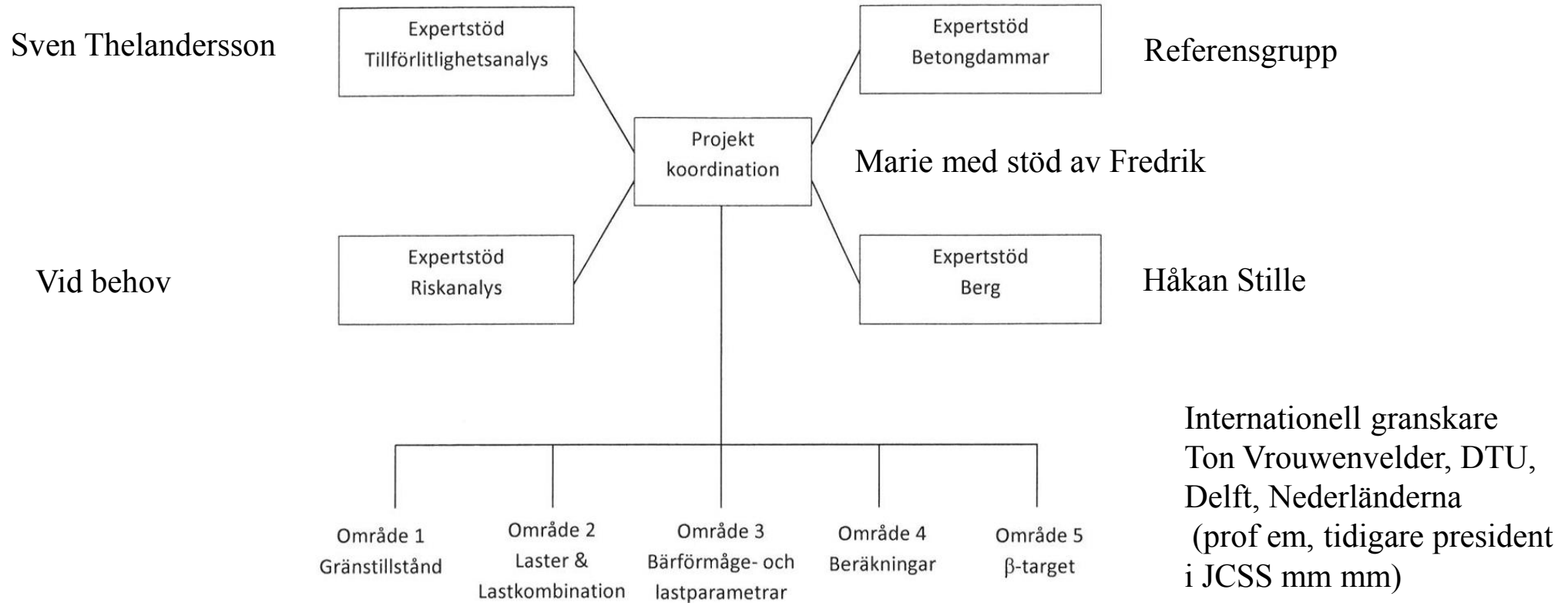


Syfte och mål

- Mål: ta fram en metodbeskrivning för sannolikhetsbaserad stabilitetsanalys av betongdammar grundlagda på berg. Baseras på nuvarande kunskapsnivå.
 - Läroprocess för de inblandade och branschen och kan betraktas som ett förarbete till möjliga framtida förändringar av tillämpningsanvisningarna i RIDAS.
-



Organisation



Marie & Fredrik, delvis Johan & Alexandra, exjobbare

Referensgrupp: Viktor Carlsson, Markus Hautakoski, Martin Hansson, Mats Persson, Manouchehr Hassansadeh, Tomas Ekström, Håkan Bond, Richard Malm, Mats Stenmark, Erik Nordström, Cristian Andersson



Avgränsningar

- Berggrundläggning
 - Lamell- och gravitationstyper
 - Endast brottgränstillstånd
 - Definition av parametrar utgår från den kunskap vi har nu. Forskningsfrågor definieras.
-

Innehåll i Probabilistic model code

Symbols

- 1 Introduction
- 2 Limitations
- 3 Definitions

Baserad på Eurokoderna,
ISO 2394 och JCSS

Part I: Basis of Design

- I:1 Reliability
- I:2 Principles of limit state design
- I:3 Basis of uncertainty modelling
- I:4 Models for physical behaviour
- I:5 Reliability
- I:6 Target reliability
- I:7 Verification by probabilistic analysis
- I:8 Updating of a prior estimation
- I:9 References

Felmoder för betongdammar,
glidning
stjälpning
spänning

Designsituationer

Part II: Load models

- II:1 Load models
- II:2 Ice loads
- II:3 Hydrostatic pressure/water level
- II:4 Hydrostatic pressure downstream
- II:5 Uplift pressure
- II:6 Earth pressure and soil properties

Part III: Resistance models

- III:1 Resistance parameters
- III:2 Self-weight
- III:3 Friction angle of concrete-rock interface
- III:4 Friction angle of rock joints
- III:5 Compressive and tensile strength of concrete
- III:6 Uniaxial compressive strength of rock mass
- III:7 Rock bolts
- III:8 Rock anchors

- IV Example of safety evaluation based on Probabilistic model code of concrete dams

Statistiska fördelningar,
Utgår från dagens kunskap

48

48

52

59

66

67

76

81

81

83

87

91

93

95

96

99

102

Beräkningar!!!



Definition av maximalt tillåten brottsannolikhet (β -target)

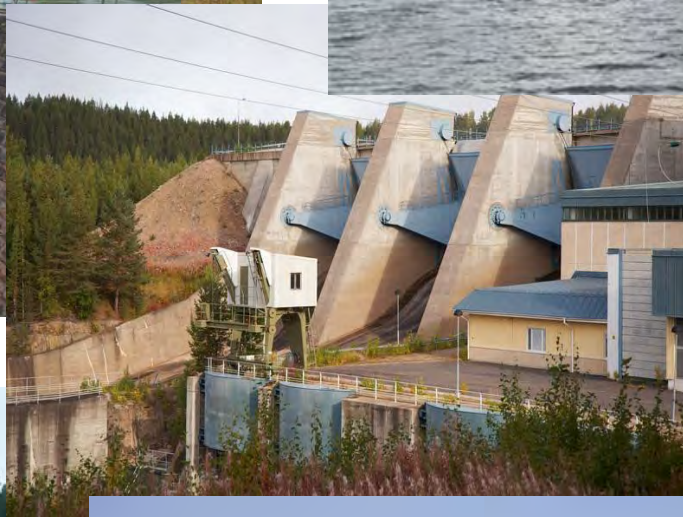
- Rekommendationer finns i EC, JCSS mfl
 - Kalibrering mot befintlig praxis behövs. Osäkerheter i parametrar, metod, beräkning etc
 - Utgå från analyserna samt JCSS & EC
 - Definiera β -target
-



Beräkningar

“Analys av representativa fall”

- Utgående från metodbeskrivningen göra analys av ett antal fall som kan betraktas som representativa.
 - Syfte:
 - Testa metodbeskrivningen
 - Kalibrera säkerhetsnivå (β -target)
 - Referensgruppen bidrog med att identifiera lämpliga fall att räkna på
 - Lamell eller gravitationsdammar
 - Säkerhetsfaktor som är ok (och helst nära 1,5 resp 0,75 för stjälp och glid).
-



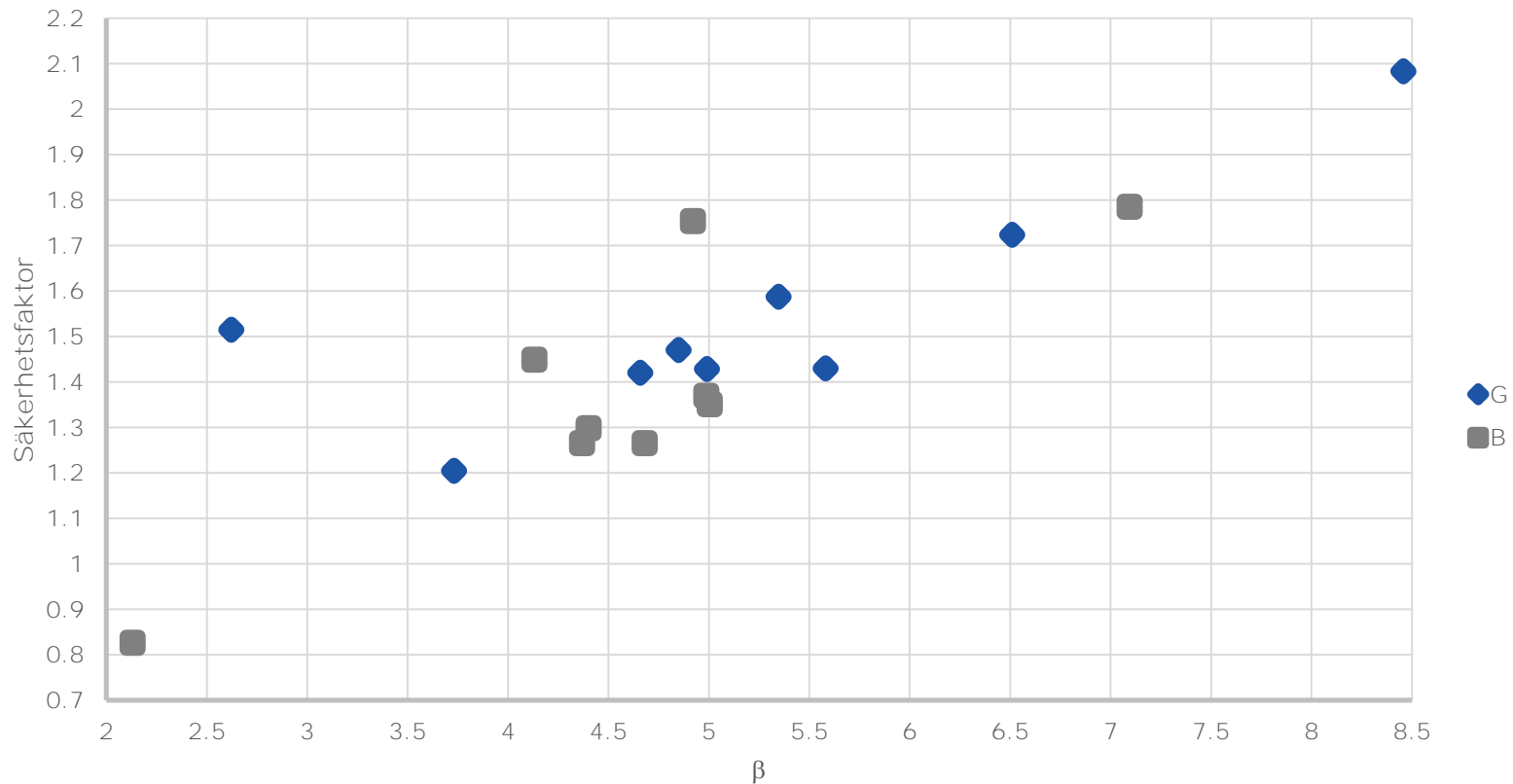


Metodik för framtagande av β -target

- 1. Beräkningar baserat på originalantaganden i PMCD
- 2. Analys av resultat och analys av behov av justeringar
- 3. Justeringar av PMCD
- 4. Uppdaterade beräkningar
- 5. Analys
 - **"riktiga beräkningsresultat"**
 - beräkningsresultat med justerade säkerhetsfaktorer
- 6. Definition av β -target.

Resultat av beräkningar

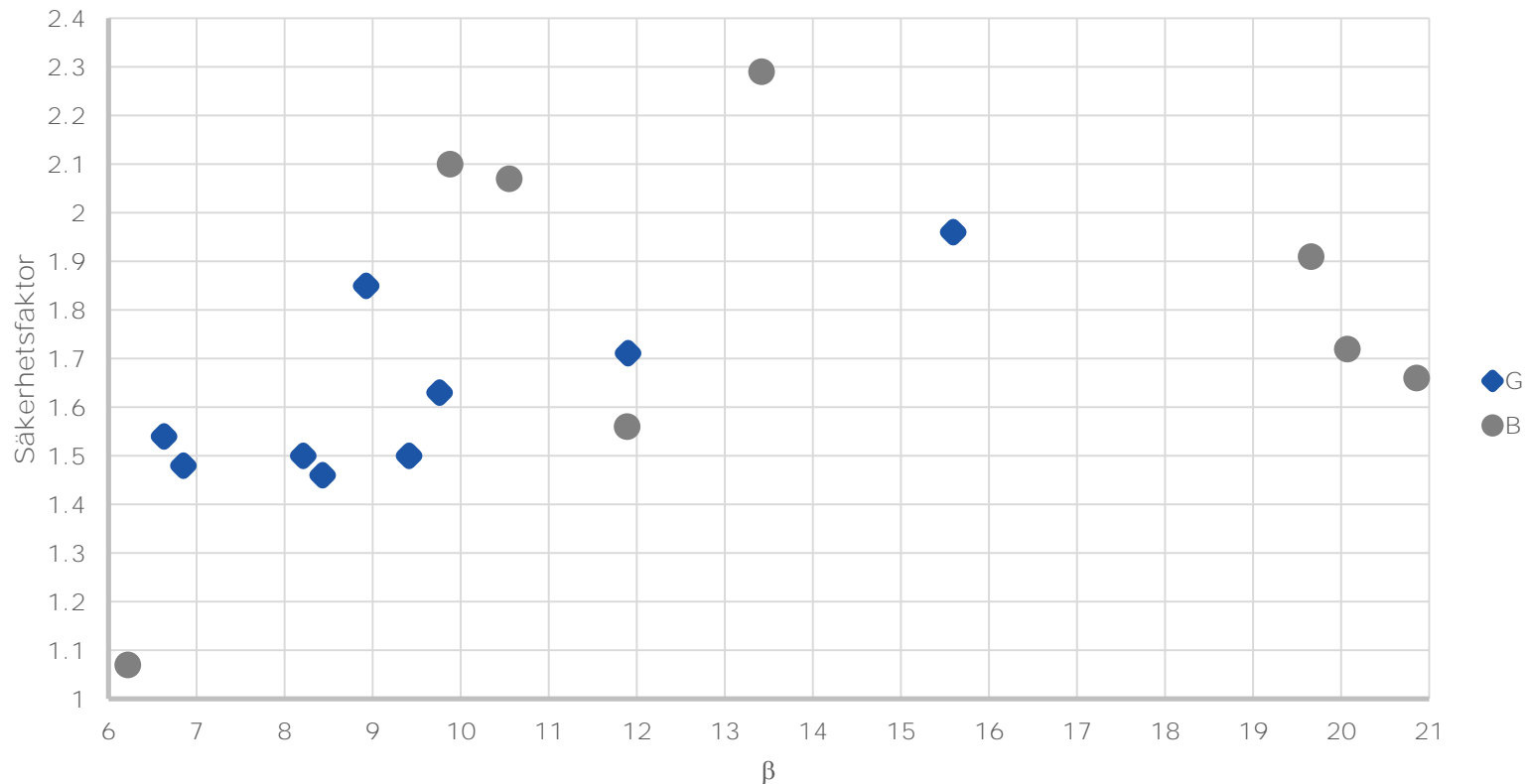
- Glidning



- $S_f = 1,3-1,4$ ger $\beta = 4-5,5$
- Medelvärde av alla β medel = 4,9, om mycket höga och mycket låga β tas bort fås β medel = **4,8 ("svärmen" i mitten)**

Resultat av beräkningar

- Stjälpling



- $S_f = \text{ca } 1,5$ ger $\beta = 6,5-10$ – mycket stor spridning!
- Medelvärde av alla β medel = $11,1$, om mycket höga och mycket låga β tas bort fås β medel = $10,2$



Resultat av beräkningar

Dragspänning i uppströmskanten

Ej brottgränstillstånd! Betraktas som "ställföreträdande brottgräns"

- Varierande resultat $\beta = -1.2$ till 1.9
 - Medelvärde $1,2$
-



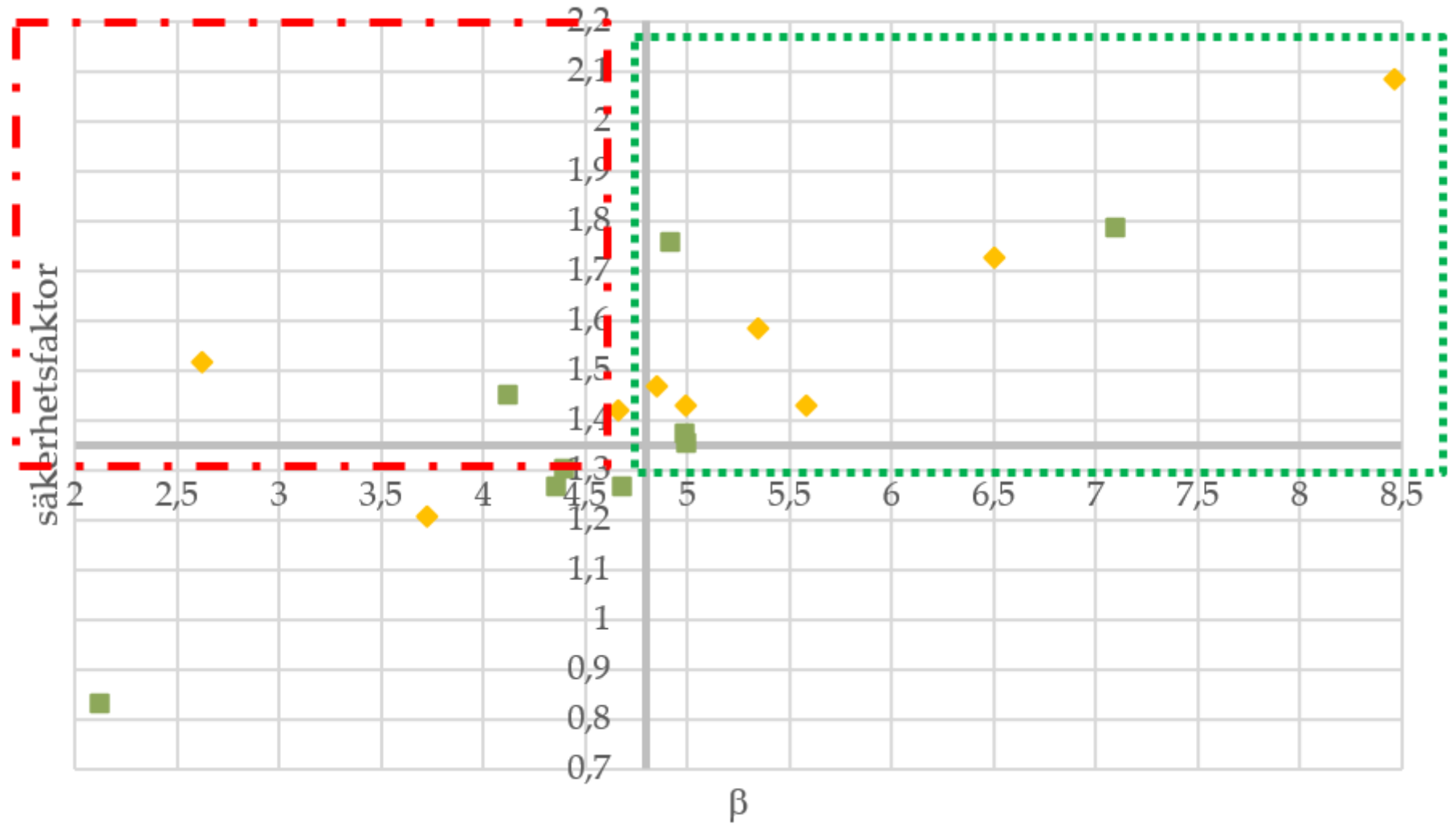
Förslag på maximalt tillåten brottsannolikhet (β -target)

- Förslag på β –target/år
- Flesta dammarna är i dammsäkerhetsklass B
- β utgår från medelvärdet – lämplig nivå för nya konstruktioner

Dammsäkerhets-klass	β -target för brottgränstillstånd (glidning och stjälpning)	Motsvarande brottsannolikhet
A	5,2	10^{-7}
B	4,8	10^{-6}
C	4,2	10^{-5}

- **Ställföreträdande brottgräns "spänning" $\beta = 1,3$.**

Jämförelse – beräkning mot β -target





Slutsatser av projekt

- PMCD möjliggör utförande av sannolikhetsbaserade beräkningar på ett systematiskt sätt
 - Deterministisk beräkningsmetodik ger ej ett bra beslutsunderlag - kan ge dammar som är såväl mindre säkra än önskvärt, som betydligt säkrare än nödvändigt.
 - PMCD ger möjlighet att få jämnare säkerhetsnivå
 - PMCD ger möjlighet att identifiera de viktigaste parametrarna.
Åtgärder kan vara:
 - Undersöka egenskaperna och uppdatera statistiska fördelningar – ökad säkerhet genom minskad osäkerhet
 - Fysiska åtgärder med fokus på rätt sak och i rätt omfattning
-



Möjlighet att implementera partialkoefficientmetoden

- **EC och BBK är "semiprobabilistiska", dvs från en sannolikhetsbaserad metodik har partiella säkerhetsfaktorer definierats.**
 - α -värden (sensitivitetsfaktorer) ofta stora för jord och berg (och varierande) vilket kan göra att partialkoefficienter blir mkt stora, kan ge överdimensionering
 - Examensarbete har genomförts med slutsatsen att osäkerheter i islast slog igenom så mycket att det i praktiken inte blir applicerbart.
 - Expertgruppen anser att sannolikhetsbaserad design är en bättre väg för dessa unika konstruktioner.
-



Vidare arbete och implementering

- Sannolikhetsbaserade beräkningar har fördelar!
 - Bör göras för att förbättra beslutsunderlag, kan inkorporera ytterligare information på tydligt vis
 - Beställarna styr vad som efterfrågas
 - Kunskapen finns hos några konsultfirmor
 - Ett tema vid ICOLD Benchmark workshop i september
 - Plan att använda metodbeskrivning för ett skarpt projekt. Förslag?
-



Tack för visat intresse!

Mer information:

- Marie.westberg.wilde@afconsult.com
- Fredrik.johansson@byv.kth.se

Rapporterna

- Sannolikhetsbaserad bedömning av betongdammars stabilitet, Energiforskrapport 2016:291
 - Probabilistic model code for concrete dams, Energiforskrapport 2016:292
-