

Norconsult 

Kartläggning av bergförstärkningsmetoder i vattenkraftindustrins berganläggningar

Energiforsk bergprogram

Sara Bergvist, Per-Erik Söder, Peter Lund



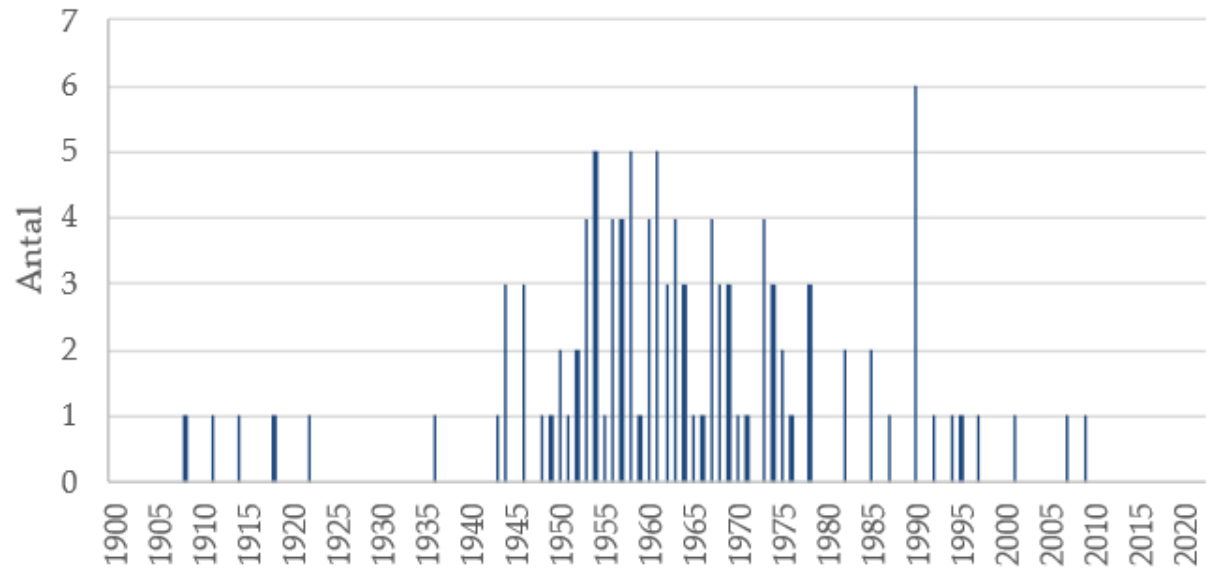
Syfte

- ▶ Förbättra kunskapen och förståelsen kring förekommande bergförstärkningsåtgärder i vattenkraftens berganläggningar. Studien omfattar bergförstärkningar i bergförlagda driftsutrymmen.
- ▶ En inledande utvärdering av bergförstärkningarnas och underhållsåtgärdernas prestanda.



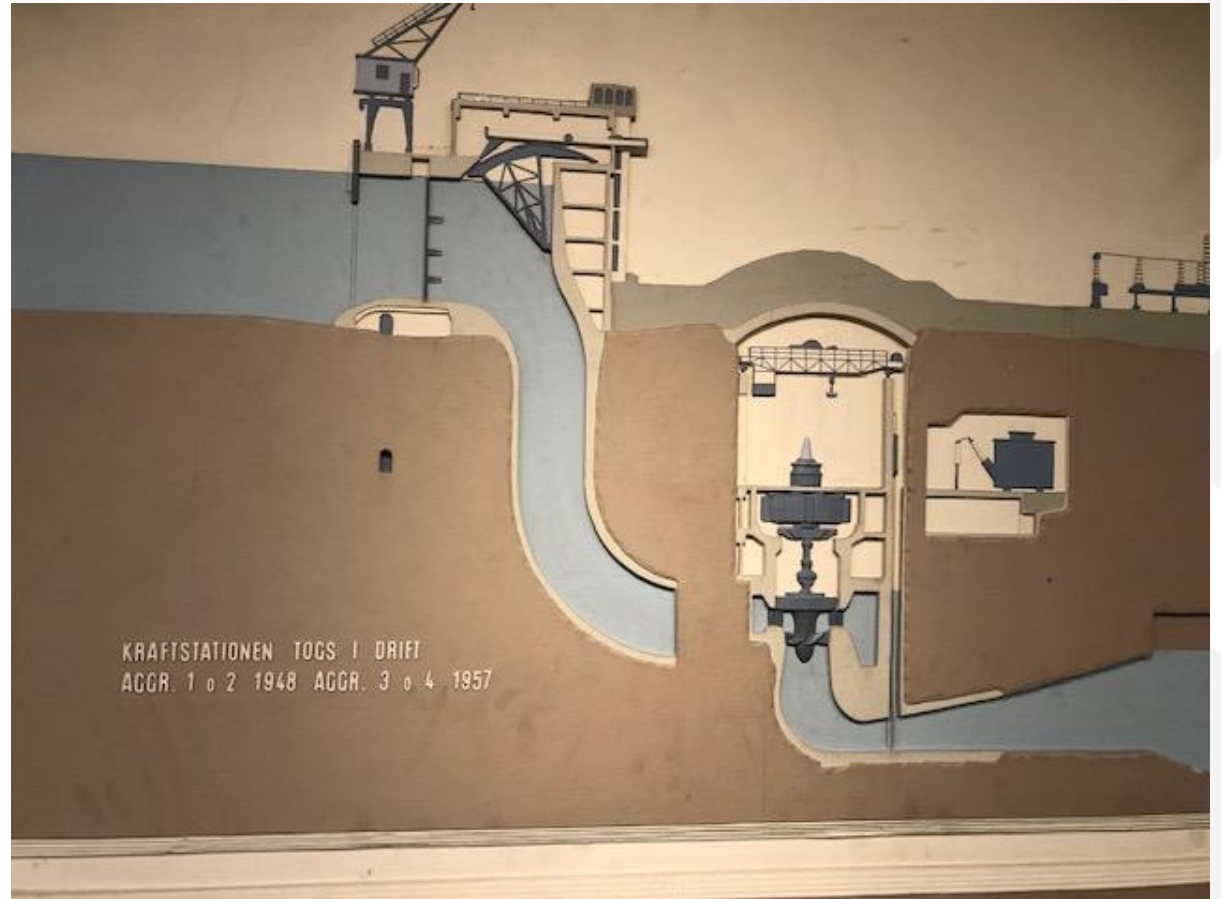
Genomförande

- ▶ En litteraturgenomgång har initialt utförts för att utvärdera vanligt förekommande bergförstärkningsmetoder och hur synen på underhåll av den färdiga anläggningen har sett ut under 1900-talets början fram till idag.
- ▶ För att utvärdera hur bergförstärkningsåtgärder samt underhållsarbete utförts, har platsbesök genomförts i fem anläggningar. Under dessa besök har även intervjuer med drift- och underhållsansvariga genomförts.



Berganläggningar för vattenkraft

- ▶ Typisk utformning av en bergförlagd anläggning för vattenkraft är en maskinsal under mark i berggrum eller i större schakt med betongtak. Åtkomst till anläggningen utgörs generellt av en tillfartstunnel.
- ▶ Berganläggningens olika utrymmen förstärks och underhålls generellt på olika sätt, dels beroende av storlek av utrymmet, dels beroende av dess funktion och krav på driftsäkerhet
- ▶ Statens Vattenfallsverk delade in sina berganläggningar i olika kategorier baserat på dess konstruktion, utförande och underhållsbehov. Anläggningarna delades in i A, B eller C- utrymmen (Martna, 1972).



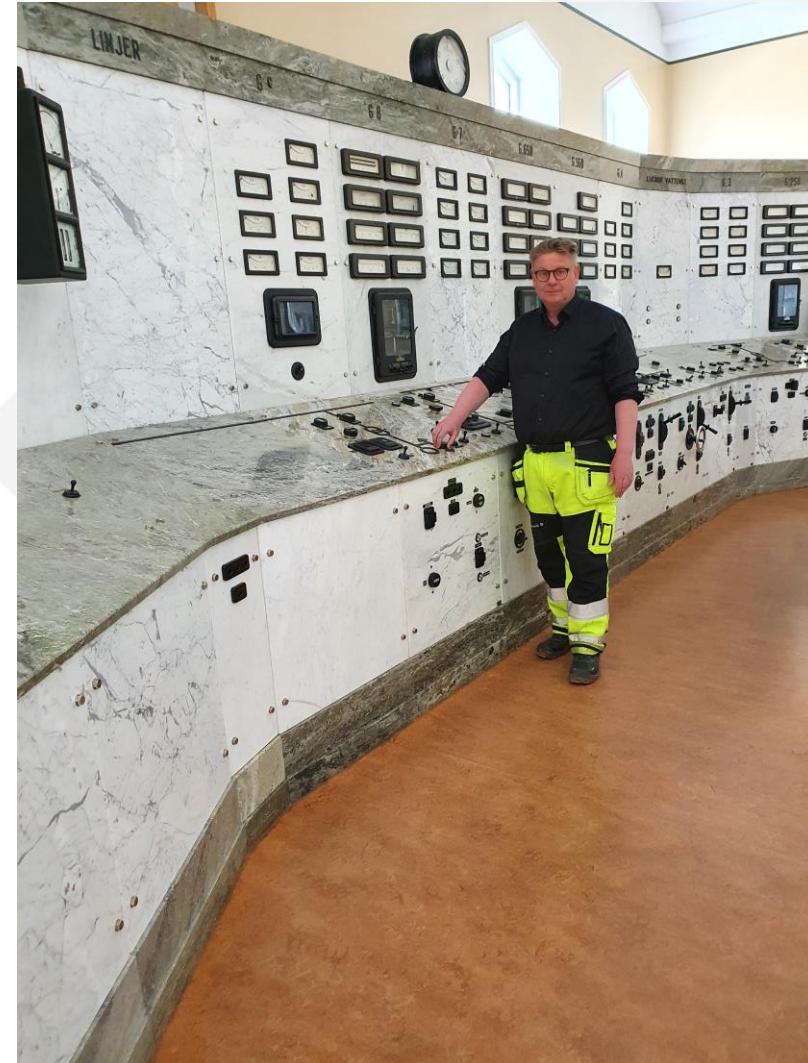
Berganläggningar för vattenkraft

- ▶ A-utrymmen omfattade utrymmen betydelsefulla för driften av anläggningen, exempelvis maskin- eller transformatorsalar.
- ▶ B-utrymmen omfattade utrymmen mer lättillgängliga för underhåll, exempelvis tillfarts- och förbindelsetunnlar.
- ▶ C-utrymmen omfattade utrymmen som inte var avsedda att vistas i, annat än i undantagsfall, exempelvis tillopps- och utloppstunnlar.

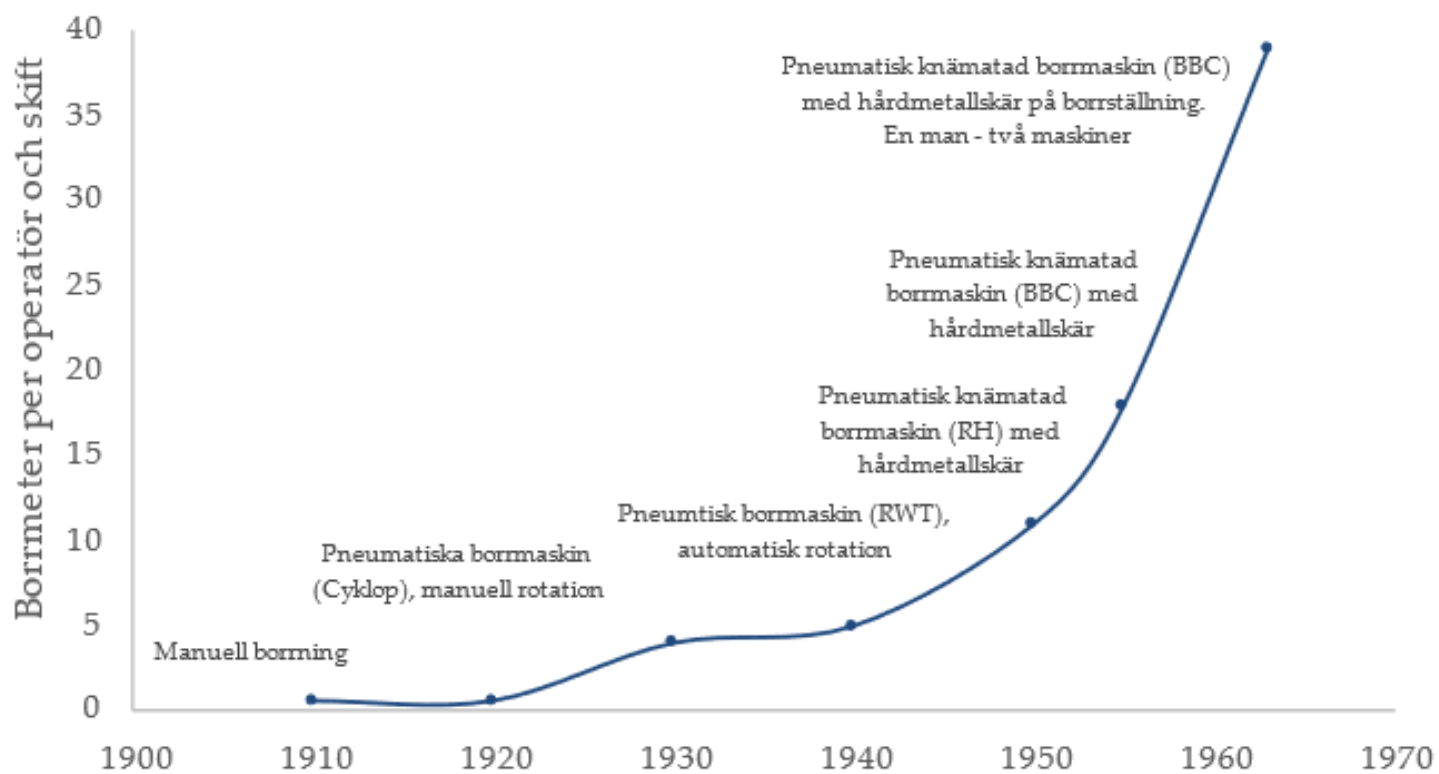


Bergbyggande och förstärkningsmetoder

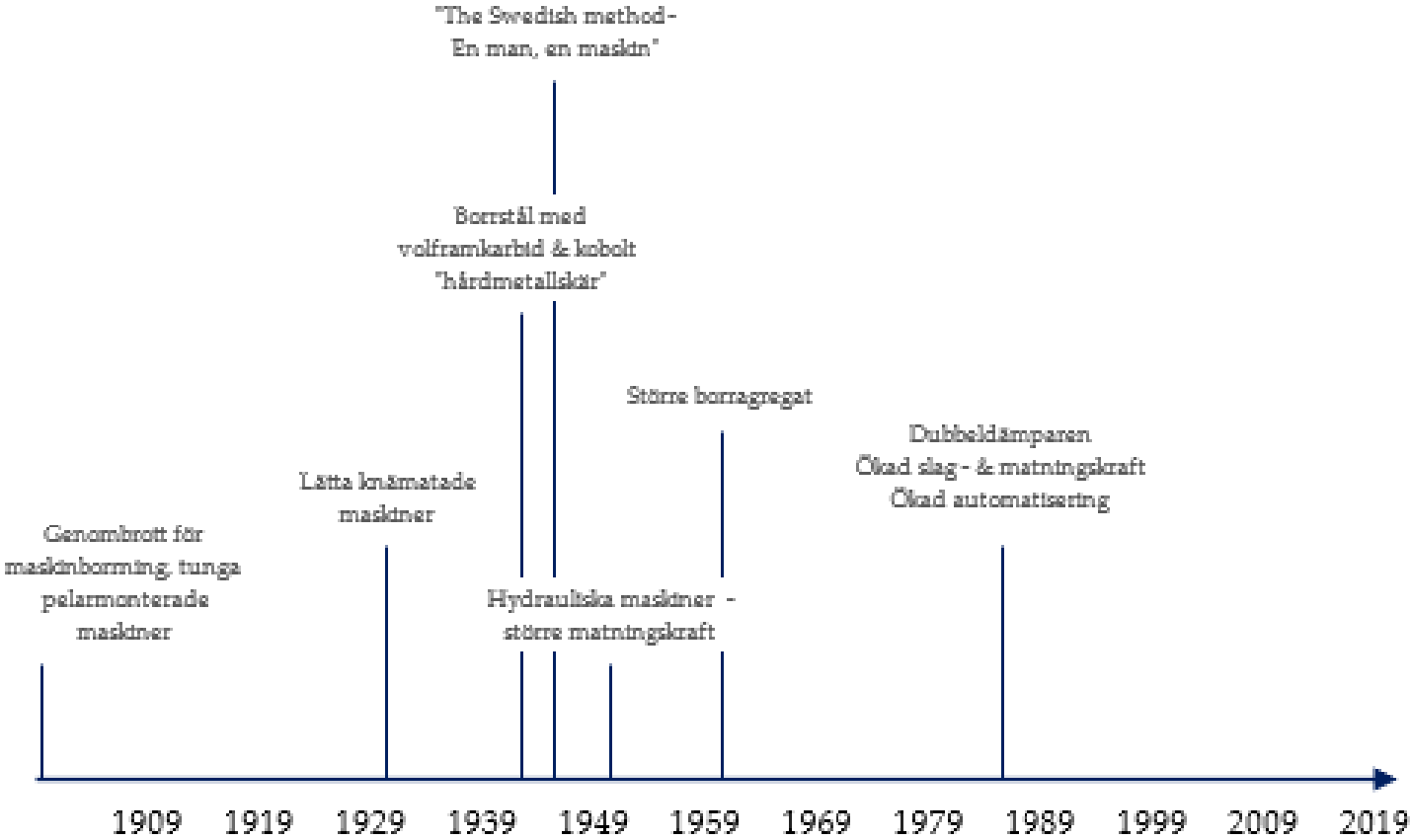
- ▶ Då kraftstationerna byggts under cirka ett sekel har metoder för bergbyggande och förstärkningsåtgärder varierat.
- ▶ Tidsepoker för olika metoder av bergbyggande och förstärkningsåtgärder identifierades.
- ▶ Borr- och sprängteknik
- ▶ Bergförstärkningsmetoder
- ▶ Klassificeringssystem av bergmassan
- ▶ Regelverk.



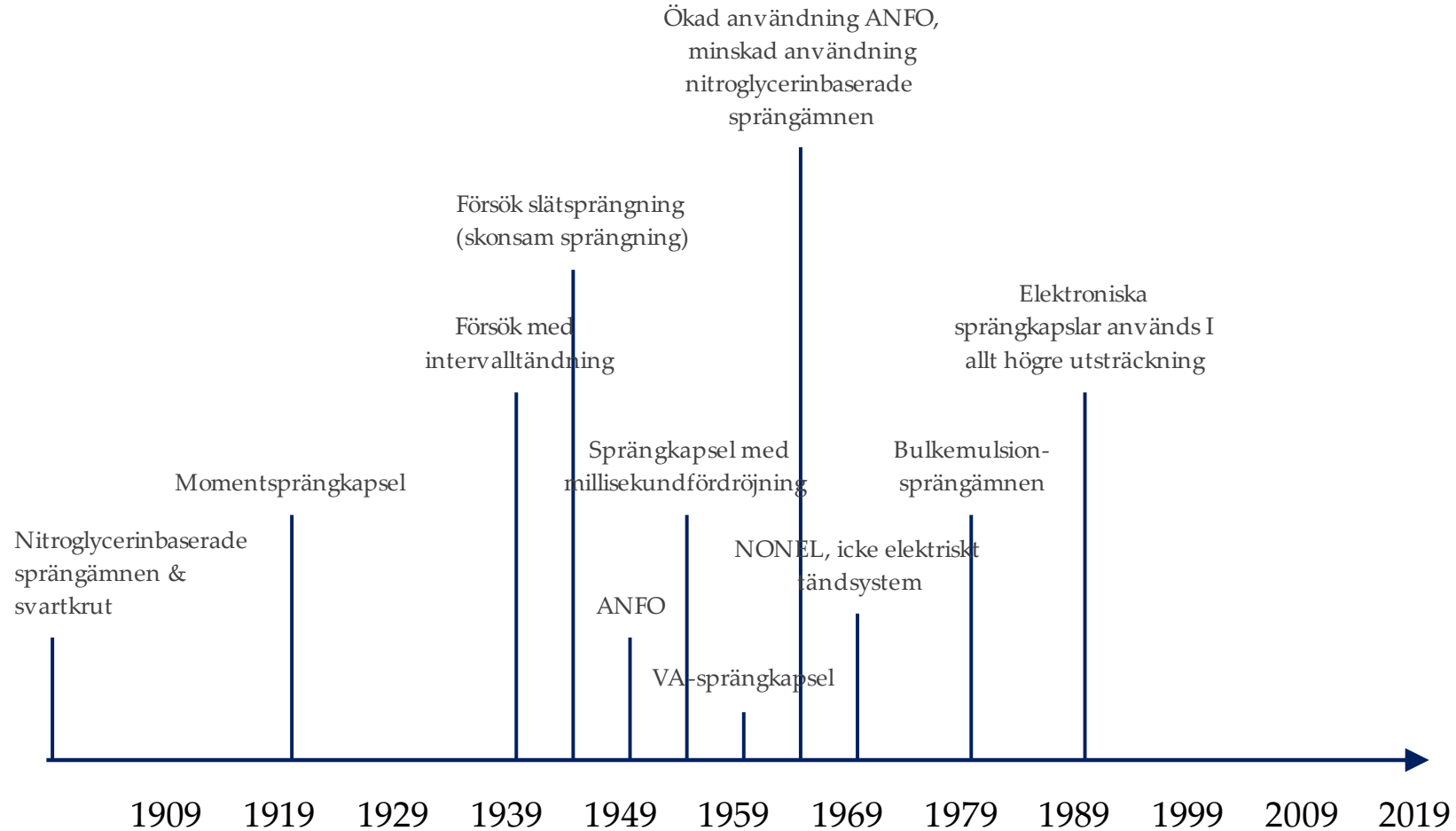
Borrteknik



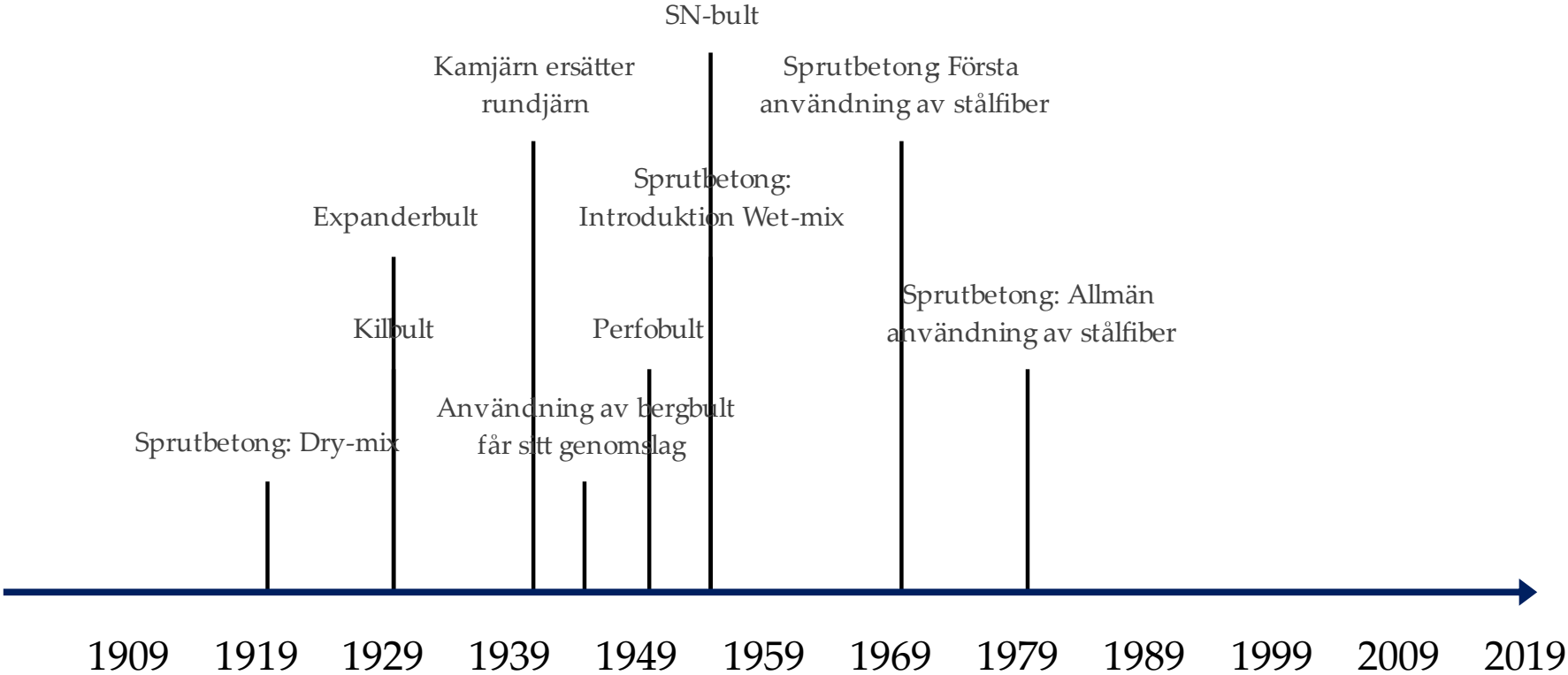
Borrteknik



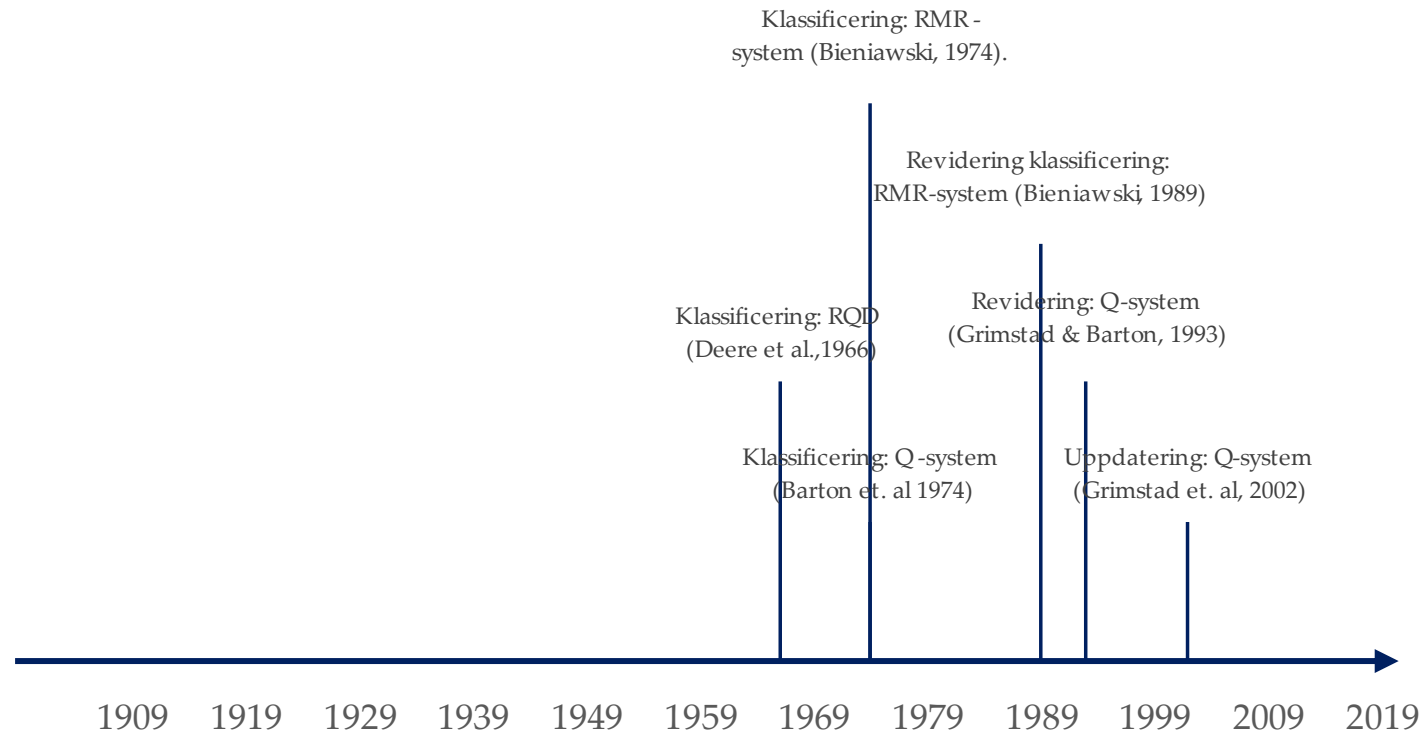
Sprängteknik



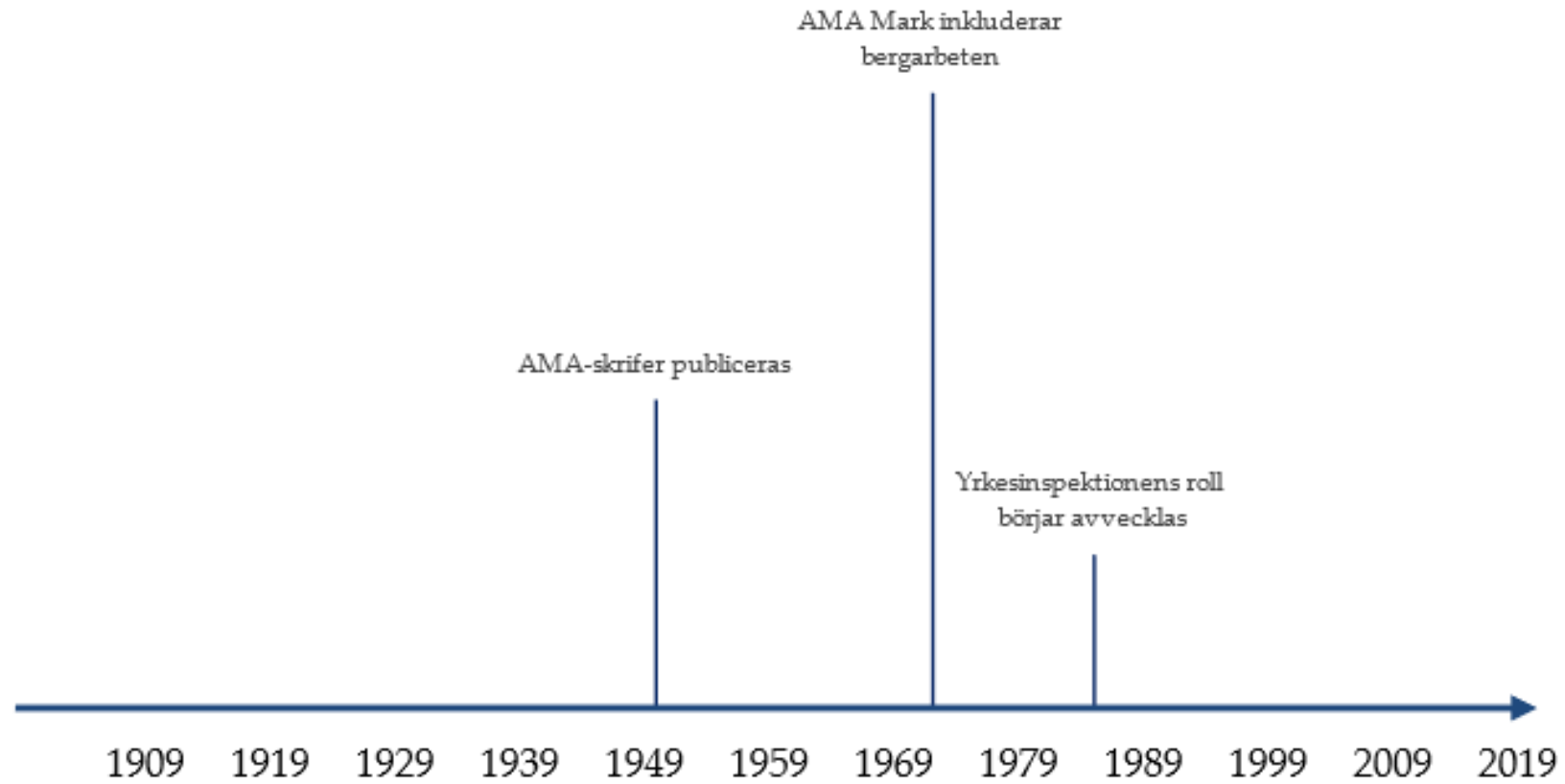
Bergförstärkning



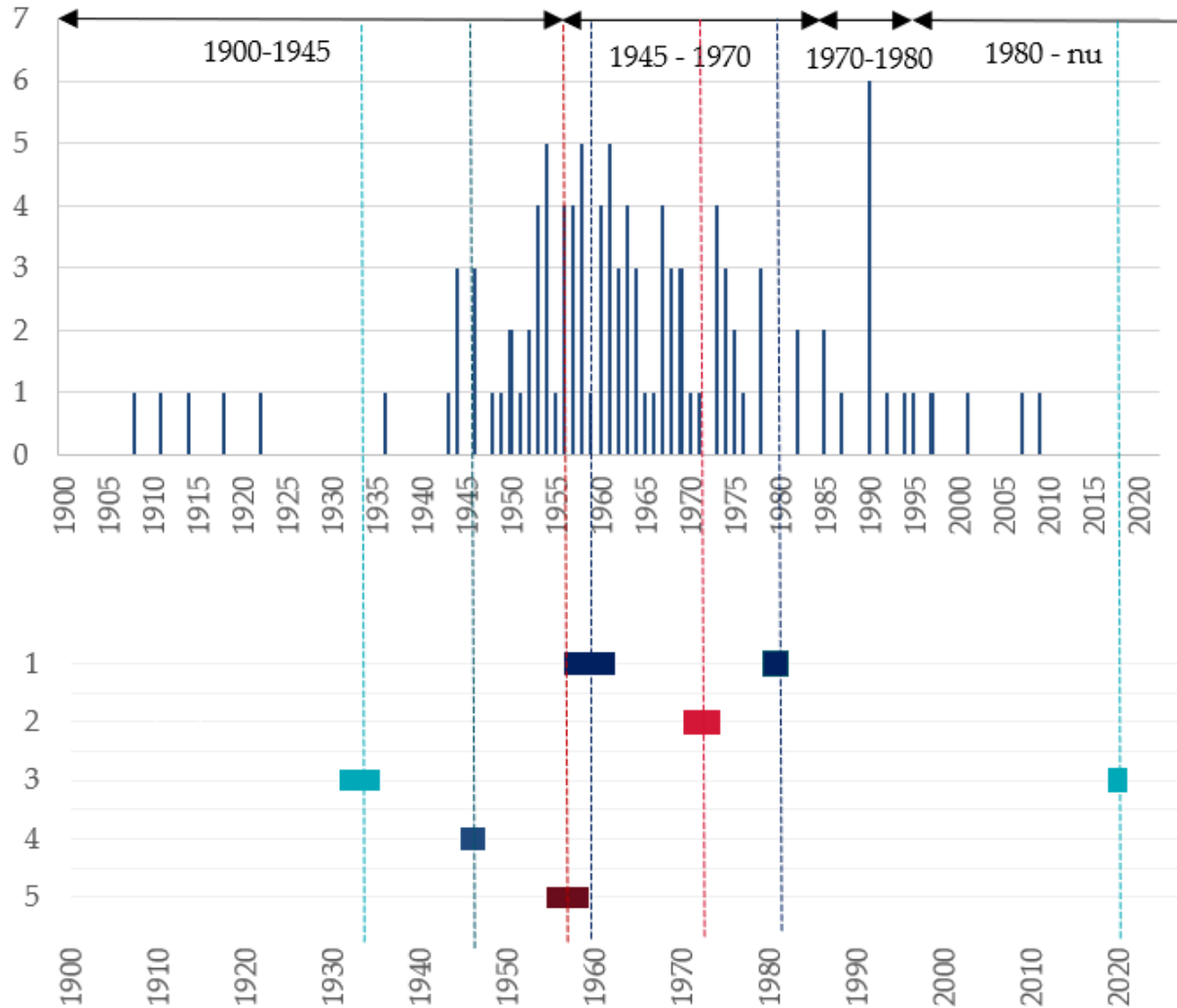
Klassificering av bergmassan



Regelverk



Urval av anläggningar – indelning i fyra tidsepoker



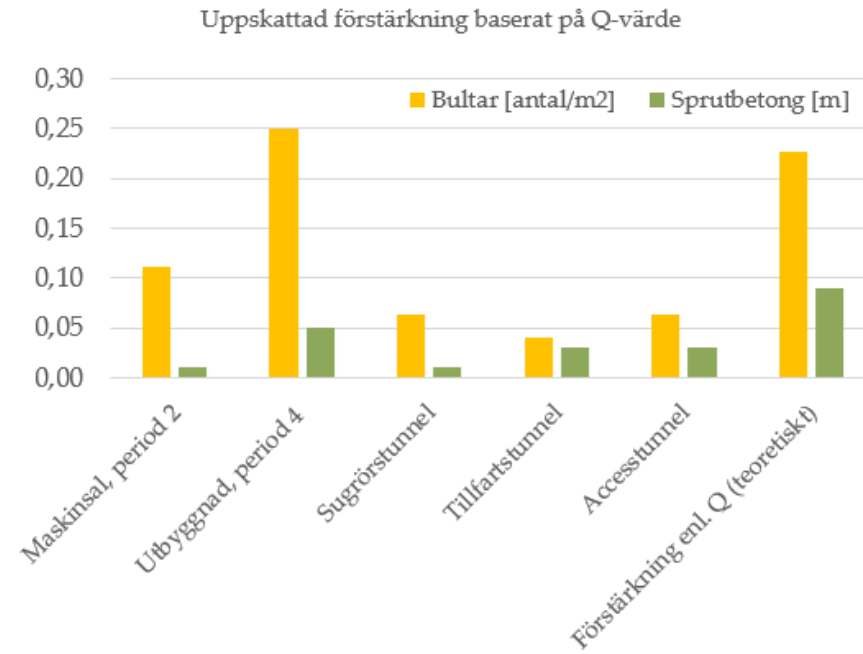
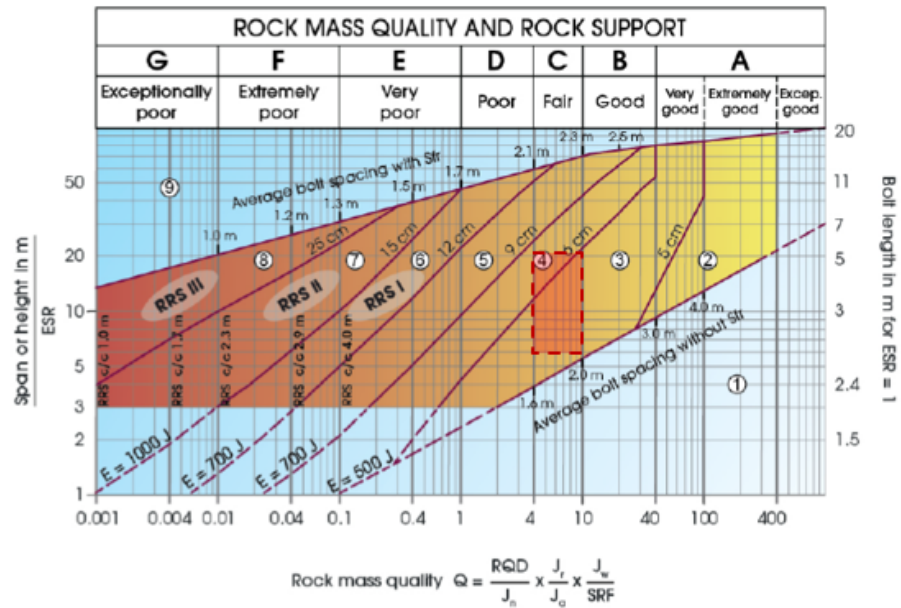
Tabell 1. Förekommande förstärkning som identifierats under platsbesök av anläggning 1.

Anläggning 1	Bergbult	Bultmetod	Sprutbetong	Förstärkning, övrigt
Maskinsal, tak	-	-	-	Innertak i betong, ej motgjutet
Maskinsal, vägg	<u>Perfo-</u> & SN-bult, samt ingjutna <u>kamstål</u> , enstaka rundjärn	Selektiv	Delvis insprutad med sprutbetong, ej fiberarmerad	<u>Spännstag</u> samt <u>betongkontrefor</u>
Utbyggnad för extra aggregat	SN-bult	Systematisk	Sprutbetong, fiberarmerad	
Sugrörstunnel	SN-bult, <u>kamstål</u>	Selektiv Systematisk v. vägg	Sprutbetong, fiberarmerad & ej fiberarmerad	<u>Betongkontrefor</u> i anfang
Tillfartstunnel	<u>Perfo-</u> & SN-bult, ingjutna, <u>kamstål</u>	Selektiv	Delvis insprutad med sprutbetong, fiberarmerad & ej fiberarmerad	<u>Betongbågar</u>
Accesstunnel	SN-bult, kompl. SN-bult m. bricka & tag,	Selektiv	Delvis insprutad med sprutbetong, fiberarmerad & ej fiberarmerad	<u>Betongbågar</u>

Anläggning 1 (1945–1970 samt 1980-nu)

Underjordsdelen av stationen är uppförd i en medelkornig rödaktig granit. Bergkvalitet bedöms vara acceptabel till god, undantaget en anläggningsdel belägen i anslutning till svaghetszon.

Anläggning 1



Anläggning 1 (1945–1970 samt 1980-nu)

Bedömt generellt Q-värde: 4–10

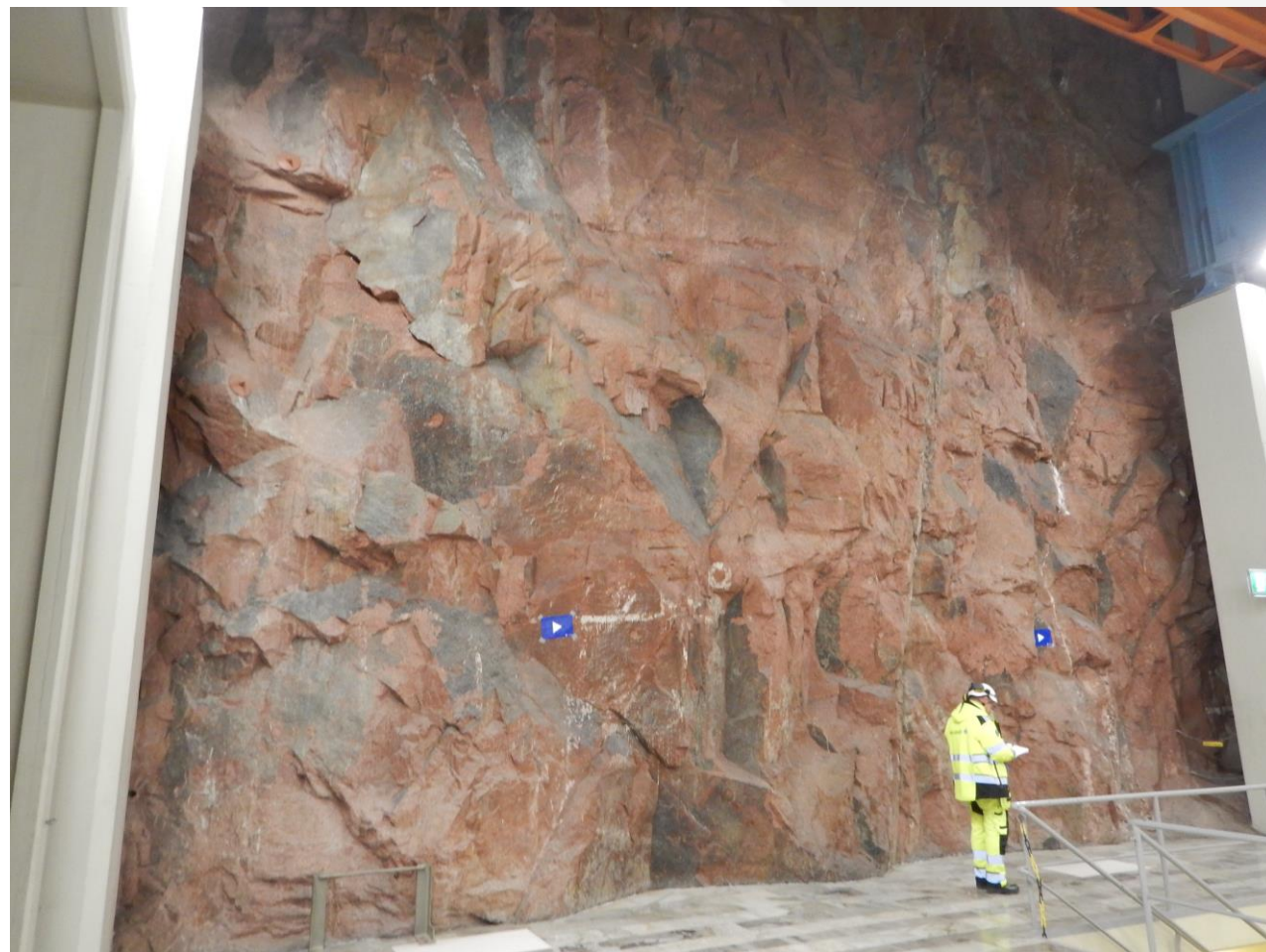
Diskussion

- ▶ Besökta anläggningar har uppförts under olika perioder, från tidigt 1900-tal fram till idag.
- ▶ Kunskap gällande för tiden rådande teknik och branschpraxis kan ge en fingervisning avseende vilken typ av bergförstärkning som kan återfinnas i en anläggning.
- ▶ I samtliga anläggningar har dock kompletterande förstärkningsåtgärder utförts över tid.
- ▶ Sammantaget är det därför svårt att på förhand avgöra vilken typ av bergförstärkning som kan komma att påträffas i en anläggning.



Slutsats och rekommendationer

- ▶ Det förefaller som om det är fullt möjligt att ha en ganska låg basförstärkning i stationerna, dock förutsatt kontinuerliga besiktningar med behovsstyrt systematiskt underhåll i form av skrotning och tilläggsförstärkning över tid.
- ▶ I samtliga stationer har dock en omfattande förstärkning eller någon form av skyddstak monterats i själva maskinsalen och i transformatorutrymmen. Den förstärkningen är kraftigare än i övriga utrymmen.
- ▶ De besökta stationerna framstår som ganska likvärdiga förstärkningsmässigt. Moderna utbyggnader av stationerna använder mer förstärkning än i de ursprungliga stationerna.
- ▶ Vid ny- eller ombyggnation är det troligt att det går att bygga anläggningar med lägre förstärkningsnivåer avseende ett flertal utrymmen än dagens praxis. Klassificering av utrymmen och förstärkningsnivå kan då utföras enligt de av Vattenfall framtagna A, B och C-kategorier
- ▶ I förvaltning av vattenkraftens berganläggningar bör riktlinjer utarbetas som ger en gemensam syn på hur Energiföretagen ska bedriva och dokumentera bergunderhåll.



Norconsult 

peter.lund@norconsult.com