

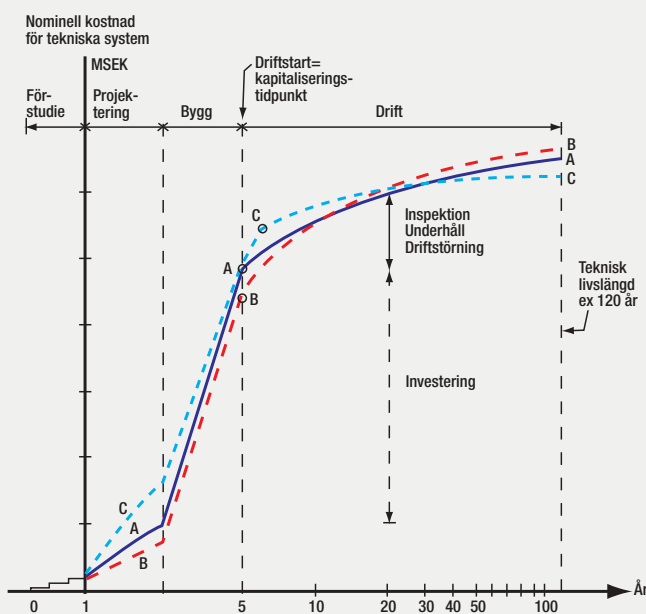
Underhåll av berganläggningar

Genom att bedöma den tekniska livslängden för underhållskrävande delar av tunneln kan den kommande underhållsfrekvensen förutsägas och därmed kan kostnaden för att behålla tunnelns funktion bedömas.

Bakgrund

Byggande av bergtunnlar och bergrum medför ett långsiktigt underhållsansvar. Det kapitaliserade värdet av det framtida underhållet kan vara större än byggkostnaden. Man bör därför se underhållskostnaderna i ett livslängdsperspektiv när man projekterar berganläggningar. Brist på resurser för underhåll kan i värsta fall leda till nedsatt livslängd och sänkt säkerhetsnivå för en berganläggning. Underhållet måste planeras så att en god funktion av anläggningen säkerställs under hela drifttiden till lägsta möjliga kostnad.

Figur 1 visar principiellt hur kostnaderna för en berganläggning fördelas i tiden. I kostnaderna ingår projektering, byggande och underhåll. Den heldragna kurvan A i Figur 1 visar kostnaderna för ett standarutförande av en berganläggning. Genom att förenkla proceduren med en enklare design, exempelvis med lägre injektionskrav, kan man uppnå lägre projekterings- och byggkostnader, den streckade kurvan B i figuren. Resultatet kan bli högre



Figur 1. Nominella kostnader för en berganläggning i olika projektfaser.



underhållskostnader och högre total livscykelkostnad för projektet. Å andra sidan kan en högre kvalitet med högre produktionskostnad ge mindre underhållsbehov och leda till den lägsta livscykelkostnaden, kurva C i figuren. Höga krav på injektering och täthet i byggskedet kan vara ett sådant exempel.

Genom att bedöma den tekniska livslängden för underhållskrävande delar av tunneln kan den kommande underhållsfrekvensen förutsägas och därmed kostnaden för att behålla tunnelns funktion över tid.

Underhåll av berganläggningar Indata i en LCC -modell (per komponent)

Tekn. livslängd
UH-frekvens
UH-kostnad/gång
Stilleståndskostn.

→ LCC -tal

LCC-modell

Figur 2. In- och utdata för komponenterna i en LCC-modell.

Syfte

Huvudsyftet med det utförda projektet var att analysera de processer som bryter ner sprutbetong, betong, bultar, dräner och injekteringar i en tunnel samt att därur bedöma den tekniska livslängden för dessa element. Den slutliga målsättningen för det fortsatta projektet är att använda data från undersökningarna som ingångsdata i så kallade Life Cycle Costing (LCC)-analyser av det löpande underhållet av berganläggningen.

Genomförande

För att nå syftet har projektet analyserat de processer som leder till nedbrytning av sprutbetong, betong, bultar, dräner och injekteringar. För detta har krävts experiment och observationer utförda av forskare inom projektet samt av forskningsinstitut och högskolor.

Resultat

Nedan följer korta sammandrag av de framkomna resultaten.

Sprutbetong

I många tunnlar har sprutbetongen låg kvalitet och är inhomogen. Detta leder till att sprutbetongen inte kan hålla emot vatten som strömmar i de vattenförande zonerna i berget. Omkristallisation och lakning gör att sprutbetongen försvagas och tappar sitt fäste mot berg och därmed sin bärande funktion. Inspektioner med bomknackning avslöjar dessa partier, vilka kräver omgående underhållsinsatser. I gamla tunnlar kan den tekniska livslängden på sprutbetong vara så låg som 5-10 år, ibland lägre. Inför framtiden behövs bättre kvalitetssystem för utvärdering av resultat av betongsprutning. Vatteninnehåll och mängd tillstyvnadsaccelerator i bruket måste också kontrolleras bättre.

Bultar

En väl ingjuten svartstålsbult korroderar inte och kräver ett minimum av underhåll. Problem med bultars livslängd får man där vatten har tillträde till stållytan genom felaktig installation av bulten eller exponering av bulten nära bergytan, se Figur 3. Om man vid inspektionen kan lokalisera skadade bultar bör man ersätta dessa med nya. Det är av stor vikt att kvalitetssäkra monteringen och ingjutningen av dessa nya bultar. För att eliminera risken för bortfall av bultar kan man välja att installera rostfria bultar.

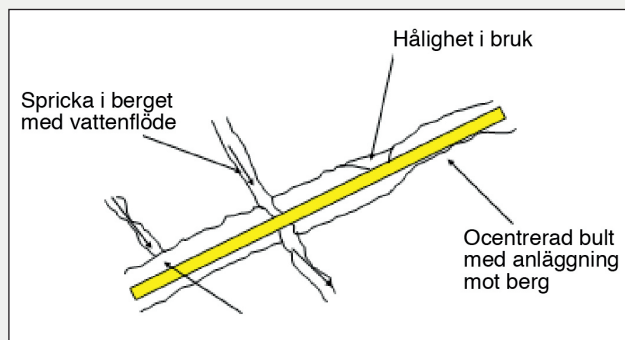
Dräner

I de flesta grundvattenmiljöer har dräner en tendens att snabbt sätta igen, kanske på något år eller mindre. Utfällningarna kan vara av kemiskt eller biologiskt ursprung, men kan också bestå av suspenderat material eller is. Ett lämpligt sätt att underlätta underhållet av dräner är att utforma dem som spolbara med vatten.

Cementinjektering

De geologiska/kemiska studierna har visat att cementinjektering har mycket god beständighet i urbergsmiljö. Bland slutsatserna kan nämnas:

- Den viktigaste faktorn som bestämmer nedbrytningen av portlandit (den dominerande kristallina fasen i hydratiserad cement) är pH-värdet i vattenlösningen i injekteringens porsystem.



Figur 3. Felaktigheter som kan leda till korrosion i bult av svartstål i berg.

- Så länge som lösningens pH är över 12 ändras cementets mineralogi mycket lite.
- När pH når under 9 ökar upplösningen av portlandit vilket kan leda till försämrade tätningseffekt. I praktiken uppstår inte så låga pH-värden i injekteringszoner.

Slutsatser

- En väl genomförd förinjektering i byggskedet kommer att vara beständig. Genom det minskade vattenflödet bromsas nedbrytningsprocesserna upp. Det kommande underhållsbehovet i berganläggningen reduceras därmed radikalt.
- Bättre kvalitetsstyrning av sprutbetong och bultar måste införas.
- Nya dräntyper som medger enkelt underhåll bör utvecklas.
- LCC-analysen kommer att visa om kompletterande efterinjekteringsinsatser i berganläggningen under drifttiden är ekonomiskt motiverade.
- Eftersom kostnader för underhållsinsatser i en tunnel eller ett bergrum är höga och tydligt påverkade av hur anläggningen är byggd bör en utförlig underhållsplan ingå i projekteringsarbetet. Genom att skapa ett sådant prognosinstrument blir det möjligt att påverka det ekonomiska utfallet av projektet under drifttiden och styra det i önskad riktning vad avser samhällsnytta eller industriell vinst.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Ulf Lindblom, Gecon AB, tel 031-20 45 70,
e-post: gecon@telia.com

Lars-Göran Dahqvist, AB Besab, tel 031-742 7000,
e-post: larsgoran.dahqvist@besab.se

Litteratur:

- Underhåll av berganläggningar – processer och tidsförlopp (FoU Väst, Rapport 0902, pris exkl. moms 250 kr) kan beställas från Sveriges Byggindustrier, tel 031-708 41 00, fax 031-708 41 99, fou@bygg.org
- Slutrapport, Underhåll av berganläggningar. Kan laddas ner från www.sbuf.se, projektnummer 11844 i projektregistret.

Internet:

www.bygg.org