

# Korrosion på stål i betong vid olika fukt- och kloridnivåer

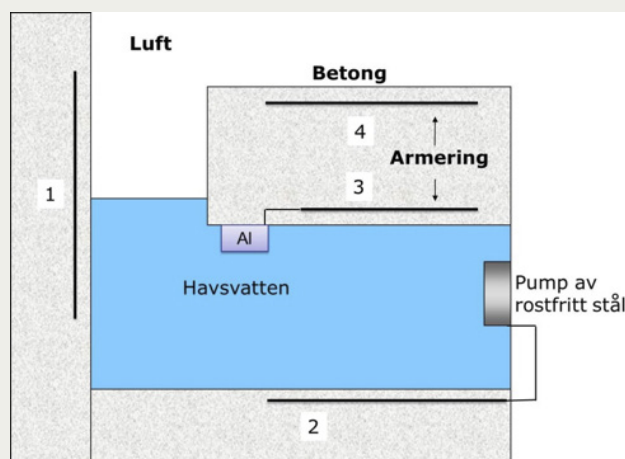
Ett licentiatprojekt som har undersökt korrosion på stål i betong vid olika fukt- och kloridnivåer samt utfört en fältstudie på en kylvattenkanal vid ett kärnkraftverk.

## Bakgrund

Ungefär 7000 betongbroar i Sverige byggdes före 1965. De årliga underhållskostnaderna för dessa broar motsvarar ungefär 0.6% av deras totala värde. Kylvattenvägar i svenska kärnkraftverk har varit exponerade mot saltvatten i 30-40 år. Reparationskostnader för dessa kylvattenkonstruktioner har uppskattats till ungefär en miljard kronor. På grund av den relativt höga åldern på dessa betongkonstruktioner kan armeringskorrosion i dem bli ett växande problem i framtiden.

Vanligen så initieras korrosion på stål i betong antingen av karbonatisering eller av klorider. Karbonatisering sker när luftens koldioxid reagerar med kalciumhydroxiden som finns i betongen. Detta orsakar att pH-nivån sänks i betongen och stålet börjar därför korrodera. Kloridinducerad korrosion är när klorider transporteras genom betongen fram till stålet och stålets korrosionshastighet kan då öka kraftigt. I litteraturen har det diskuterats att det finns ett kloridtröskelvärde som måste uppnås för att initiering av en signifikant korrosionshastighet skall kunna inträffa. Det har gjorts många försök att fastställa detta kloridtröskelvärde men resultaten varierar mycket. Detta beror troligen på att det finns många olika typer av försökupställningar och stål- och betongegenskaper som har använts i försöken. En viktig faktor att ta hänsyn till är betongens fuktillstånd. Det är generellt accepterat att korrosionshastigheten för stål i torr betong är låg på grund av hög resistivitet. I mycket fuktig betong är också korrosionshastigheten låg på grund av långsam transport av syre. I ett mellanhögt fuktillstånd kan korrosionshastigheten vara hög på grund av relativt låg resistivitet och relativt hög transporthastighet för syre.

Armeringsstål i större betongkonstruktioner (broar, kärnkraftverk, dammar etcetera) utsätts för olika miljö med avseende på till exempel fukt och syrekonzentration, beroende på var i konstruktionen de är placerade i konstruktionen. En schematisk bild av en betongkonstruktion (ett kylvattenintag i ett kärnkraftverk) där armeringen har olika korrosionshastigheter visas i Figur 1.



Figur 1. Schematisk bild av en betongkonstruktion där armeringen har olika korrosionshastigheter. 1: Korrosionshastigheten styrs av betongens fuktillstånd och kloridkoncentration. 2: Armering ihopkopplad med rostfritt stål (ädlare än kolstål) vilket ökar korrosionshastigheten. 3: Armering ihopkopplad med aluminium (mer oädel och fungerar som offeranod) vilket sänker armeringens korrosionshastighet. 4: Armering i karbonatiserad betong vilket ökar korrosionshastigheten.

## Syfte

Undersöka olika aspekter av hur stål i betong korroderar i olika miljöer:

- Olika fukt och kloridnivåer (del 1 i Figur 1).
- En fältstudie på en kylvattenkanal vid ett kärnkraftverk för att undersöka armeringens benägenhet att korrodera (del 3 i Figur 1).
- En laborationsstudie utfördes för att mäta armeringens korrosionspotential i betong med hög fukthalt (del 2 och 3 i Figur 1).

## Genomförande

Med stöd från SBUF, Elforsk och Swerea KIMAB har arbetet utförts som ett doktorandprojekt vid Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola av Johan Ahlström (Swerea KIMAB). Arbetet har resulterat i en licentiatavhandling.

## Resultat

I denna studie har prover tillverkats av stål ingjuten i bruk innehållande klorider. Proverna har sedan exponerats i ett statiskt fuktillstånd vid olika relativa fuktigheter, se Figur 2, eller i ett dynamiskt fuktillstånd där den relativa fuktigheten växlade mellan 75% och 100%. Den lägsta kloridkoncentrationen som initierade korrosion var 1% Cl per cementvikt för prover som exponerades i 97% relativ fuktighet. Vid högre eller lägre fuktighet än 97% så uppmättes lägre korrosionshastigheter. För prover som exponerats i dynamiska fuktillstånd uppmättes den lägsta kloridkoncentrationen för korrosion till 0.6% Cl per cementvikt.

I denna studie utvärderades också ståls korrosionsegenskaper i betong i en kylvattentunnel. Armeringsstålets korrosionsegenskaper utvärderades genom att mäta korrosionspotentialen vilket är ett mått på stålets benägenhet att korrodera. Korrosionspotentialen uppmättes under cirka ett år och det kunde konstateras att stålet i betongen var i elektrisk kontakt med vattenpumpar gjorda av rostfritt stål samt i kontakt med offeranoder, se Figur 1. Kontakten med pumparna orsakade högre korrosionspotentialer (högre benägenhet att korrodera) och kontakten med anoder orsakade lägre korrosionspotentialer (lägre benägenhet att korrodera). För att utvärdera om det fanns risk för galvanisk korrosion orsakad av pumparna gjordes en kompletterande studie för att mäta potentialer där korrosionshastigheten kraftigt ökar. Av resultaten framgick att det troligen inte finns en förhöjd risk för förhöjd korrosionshastighet eftersom de uppmätta potentialerna i tunneln var lägre än de uppmätta potentialerna i den kompletterande laborationsstudien. Dock kunde inte korrosionspotentialen mätas på armering som låg nära pumparna, där risken för förhöjd korrosionshastighet är högst.

## Slutsatser

Baserat på dessa resultat har det föreslagits att kloridtröskelvärdet är lägre än 1% Cl per cementvikt vid statiska fuktillstånd och ännu lägre vid dynamiska fuktillstånd. Det lägsta kloridtröskelvärdet (1% Cl) uppmättes på prover som exponerats i 97% relativ fuktighet. Resultaten från fältstudien och det kompletterande laborationsförsöket visade att det troligen inte finns förhöjd korrosionsrisk. Dock kunde inte armeringens korrosionspotential mätas absolut närmast pumparna, där risken för förhöjd korrosionshastighet är störst.



Figur 2. Tillverkade prover där armering är ingjuten i bruk med olika kloridkoncentrationer som exponeras i olika relativa fuktigheter.



Figur 3. Korrosion på stål som varit ingjuten i bruk med 1% Cl per cementvikt och exponerats i 97% relativ fuktighet under 15 månader.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Johan Ahlström**, Swerea KIMAB, tel 08-440 4882,  
e-post: [johan.ahlstrom@swerea.se](mailto:johan.ahlstrom@swerea.se)

### Litteratur:

- Corrosion of steel in concrete at various moisture and chloride levels. Licentiat avhandling (Division of Building Materials, Lund University, av Johan Ahlström, 45 sidor)
- Galvanic corrosion properties of steel in water saturated concrete. *Materials and Corrosion*. Published online: 12 September 2013, early view (online version of record published before inclusion in an issue)
- Influence of chloride and moisture content on steel rebar corrosion in concrete. Submitted