ØDEGÅRD OG LUND AS

Konsulenttjenester innen betongrehabilitering

FURULUND SAMEIE – GARASJEANLEGG I ARMERT BETONG
STIKKPRØVEBASERT TILSTANDSANALYSE
AV FRITTLIGGENDEE GARASJEANLEGG I ARMERT BETONG

Oppdragsgiver: Furulund Sameie

oktober 2023

0. OPPDRAGSOVERSIKT

RAPPORTENS TITTEL:	**Furulund Sameie** Stikkprøvebasert tilstandsanalyse av frittliggende garasjeanlegg i armert betong
RAPPORT NR:	Ø.L. 2292
OPPDRAGSGIVER:	Furulund Sameie
SAKSBEHANDLER:	Pål Ødegård Hanssen
FAGANSVARLIG:	Bjørn Lund/ Olav S. Ødegård

Kort sammendrag:

Det er et relativt stort omfang synlige skader og skader under utvikling i garasjen. Skadene skyldes armeringskorrosjon og årsaken er først og fremst et høyt innhold av klorider i betongen som er tilført via tinesalt fra biler vinterstid. Følgende konstruksjonsdeler er spesielt utsatt:

- Gulv i biloppstillingsplasser på øvre plan.
- Bunn av søyler og vegger
- Lokale felt i tak ved lekkasjer gjennom riss/ støpeskjøter (basert på erfaring)

Påvisbare skader bør utbedres snarest. I tillegg må det iverksettes tiltak som hindrer ny skadeutvikling der betongen inneholder høye kloridinnhold. En kombinasjon av mekanisk utbedring av skader og katodisk beskyttelse av armering utføres hvor det er kloridholdig betong. Det utføres en avsluttende preventiv overflatebehandling for å beskytte den armerte betong mot videre nedbrytning.

Søyler i fasaden har skader som trolig skyldes belastning/ bevegelse, dette må undersøkes av en statiker. Ytre del av tak og utsparinger i fasaden har for øvrig en del korrosjonsskader som skyldes lav overdekning og forsuring (karbonatisering) av betongen, slike skader utbedres etter prinsippet for begrenset mekanisk reparasjon.

Taket er skjult av tresonittplater, armeringen ligger mer eller mindre rett på platene og har derfor mangelfull omstøpning. Platene har et høyt innhold av klorider som er tilsatt ved produksjon. Stikkprøver av ovenforliggende betong viser kun et svakt forhøyet kloridinnhold etter ca. 50 år og dette betyr at diffusjon fra plater inn til betongen går tregt Dog er det fare for videre diffusjon og tiltak for å hindre fremtidig korrosjon bør vurderes.

Ødegård og Lund AS
Rødbergveien 59 B
0591 OSLO
Telefon: 22 72 12 60
e. mail: paal@olbetong.no

Oslo 11. oktober 2022

Pål Ødegård Hanssen Bjørn Lund

Det presiseres at bruk – eller delvis bruk av rapporten for andre prosjekter ikke er tillatt uten skriftlig samtykke fra ØL.

1. INNHOLDSFORTEGNELSE

0. OPPDRAGSOVERSIKT 1

1. INNHOLDSFORTEGNELSE 2

1. BAKGRUNN 3

2. ÅRSAKER TIL SKADER I ARMERT BETONG 3

2.1 Karbonatisering av betong 3

2.2 Klorider 4

2.3 Fysisk nedbrytning av betong 5

3. UNDERSØKELSER 5

4. RESULTATER OG VURDERINGER 6

4.1 Visuell befaring 6

4.2 Karbonatisering og armeringsoverdekning 7

4.2.1 Gulv og bunnparti av søyler / vegger 8

4.2.2 Karbonatisering og overdekning i tak samt søyler og vegger fra ca 0,5 m opp fra gulv. 8

4.3 Klorider og armeringsoverdekning for gulv, tak og søyler 9

4.3.1 Klorider og armeringsoverdekning – gulv øvre plan under tak 9

4.3.2 Klorider og armeringsoverdekning – kjørebane i øvre plan 10

4.3.3 Klorider og armeringsoverdekning - tak 10

4.3.4 Klorider og armeringsoverdekning – søyler og vegger 11

5. OPPSUMMERING AV ARMERINGSTILSTAND - VURDERING AV TILTAK 11

5.1 Oppsummering av armeringstilstand 11

5.2 Vurdering av tiltak 12

5.3 Vurdering av tiltak – tresonittplater 14

Vedlegg 1: Foto
Vedlegg 2: Feltresultater.
Vedlegg 3: Resultat fra kloridanalyser.
Vedlegg 4: Armeringskorrosjon, generell informasjon.
Vedlegg 5: Katodisk beskyttelse av armering i betong

1. BAKGRUNN

Furulund Sameie har et frittstående garasjeanlegg i armert betong, som etter sigende er oppført i første halvdel av 1970 – tallet. Det er parkering i to plan. Nedre plan er asfaltert og er trolig et ”gulv på grunn”, med søyler og vegger i armert betong. Øvre plan er under «åpen himmel» med carporter over biloppstillingsplassene. Dekket mellom øvre og nedre plan består av et armert betongdekke og oversiden fremstår som ubehandlet betong.

Det er observert tydelige tegn til betongskader med opprissing og begynnende avskallinger av betong over korrodert armering i garasjen. Himlingen i nedre plan er dekket av «treullsement-plater»(tresonitt) og tilstanden av ovenliggende betong er skjult, men lokale utfellinger på tresonitt-platene indikerer at det kan være områder med lekkasjer fra øvre plan. Det vurderes nå å utføre vedlikeholdstiltak.

På denne bakgrunn har Ødegård og Lund AS fått i oppdrag å utføre en stikkprøvebasert undersøkelse av armert betong i henhold til vårt tilbud av 15 august 2023. Feltarbeidene ble foretatt i september d.å. Hensikten med undersøkelsen er å vurdere skadeomfang og skadepotensial og utfra dette skissere mulige vedlikeholdstiltak.

2. ÅRSAKER TIL SKADER I ARMERT BETONG

Nystøpt betong har en høy pH – verdi. Dette miljøet gir armeringsoverflaten en naturlig beskyttende oksidfilm mot korrosjon. Denne beskyttelsen kan brytes ned og de vanligste årsakene til dette er:

- karbonatisering av betong når inn til armeringen
- klorider i skadelige mengder når inn til armeringen

Disse prosessene er omtalt i vedlegg nr. 4. Når armeringen korroderer, øker volumet av stål inntil 10 ganger ved at stålet reagerer med oksygen og omdannes til korrosjonsprodukter (rust). Denne volumutvidelsen fører til at det oppstår sprengkrefter på betongen som ligger over armeringen (overdekningen) slik at betongen sprenges løs og skaller av. På sikt kan dette føre til manglende samvirke mellom betong og armering og i tillegg reduseres armeringens tverrsnitt. Resultatet blir at konstruksjonens bæreevne blir redusert.

2.1 Karbonatisering av betong

Etter at betongen er støpt, blir den eksponert for karbondioksid (CO_2) i lufta. Når CO_2 trenger inn i poresystemet i betongen, reagerer CO_2 med sementpastaen og det dannes karbonater, - herav navnet karbonatisering av betong. Denne prosessen starter fra betongoverflaten og trenger dypere og

dypere inn i betongen med tiden og det dannes en skarp grense med skille mellom den ytre del som er karbonatisert og betong som ikke er karbonatisert. Betong som blir karbonatisert, får en betydelig lavere pH – verdi som er under 9,5 (betongen blir surere). Når karbonatisering av betong når inn til armeringen, mister armeringen sin naturlige korrosjonsbeskyttelse som upåvirket ”frisk” betong med pH 12 – 14 gir. Armeringen havner derfor i korrosjonstilstand.

Korrosjon som skyldes karbonatisering gir vanligvis en relativt jevn korrosjon på armeringen, sammenlignet med korrosjon forårsaket av klorider. Både korrosjonsomfanget og skadepotensialet er lavere enn for betong med et høyt kloridinnhold, men armering i karbonatisert betong kan dog utvilsom også medføre omfattende skader over tid, fukt vil akselerere skadepotensialet betraktelig.

2.2 Klorider

For garasjeanlegg i armert betong uten beskyttende overflatebehandling som har vært brukt i flere tiår, skyldes armeringskorrosjon vanligvis klorider fra veisalt som blir dratt inn med bilene. Da betong inneholder et sammenhengende poresystem, blir kloridholdig vann suget opp kapillært i porene. I tillegg var det ikke uvanlig at armert betong oppført før ca. tidlig i 1980 årene ble tilsatt klorider ved støpning i kuldegrader vinterstid. Kloridene ble da benyttet som ”frysepunktnedsettende tilsetningsstoff ” eller som akselerator for herding av betong for å hindre frostskader i fersk betong.

Ut fra erfaring er det naturlige kloridinnhold i betong fra Osloområdet inntil 0,1 vekt% av sementvekt. For betongkonstruksjoner fra denne tidsperiode, antar vi at sementinnholdet er 280 kg / m3 betong. Videre i rapporten blir kloridinnhold av sementvekt forenklet betegnet som ” % ”. Grunnen til at kloridinnholdet oppgis i forhold til sementvekt, er at en andel klorider bindes opp av sementen. Klorider som ikke bindes kalles ”frie klorider”, og det er i første rekke denne andelen som gir fare for armeringskorrosjon. I Norsk standard anbefales at kloridinnholdet for en slakkarmert betong bør være lavere enn 0,4% for å unngå korrosjon på armeringen. Dersom kloridinnholdet er høyere enn dette, er det fare for korrosjon og faren øker jo høyere innholdet blir.

Sammenlignet med karbonatiseringsinitiert korrosjon gir korrosjon initiert av klorider vanligvis et betydelig større skadeomfang og skadepotensial. I tillegg kan kloridinitiert korrosjon gi en karakteristisk groptæring (”pitting korrosjon”) hvor armeringen helt lokalt kan være nesten gjennomrustet, på denne måten kan en ha mye korrosjon før en får utviklet synlige betongskader. Konsekvensene ved redusert armeringstverrsnitt kan være store med tanke på bæreevnen til konstruksjonen.

2.3 Fysisk nedbrytning av betong

I tillegg til nedbrytning pga. armeringskorrosjon, er garasjeanlegg også utsatt for utvanning / utluting av betongen. Dette skjer ved at stoffene i betongen over tid løses opp av vann som siver gjennom betongen i riss/ andre utettheter. Dette vannet blir basisk og kan derfor gi etseskader på biler. Ser en bort fra estetiske forhold og følgeskader på biler, er det imidlertid svært sjeldent at utvanning/ utluting av betongen gir andre problemer som har betydning for bestandigheten.

Betongen i garasjer som ikke er oppvarmet kan også være utsatt for skader ved at vann suges opp og fryser. Ved gjentatte fryse-tine sykluser, brytes betongen ned. Denne nedbrytningsmekanismen i garasjeanlegg er normalt underordnet i forhold til armeringskorrosjon grunnet kloridinntrengning.

3. UNDERSØKELSER

Som omtalt over er garasjeanlegg av denne typen med ubeskyttet betong spesielt utsatt for kloridinntrengning inn til armering. Dette fører klart til de alvorligste betongskadene. Vår stikkprøvebaserte undersøkelse fokuserer derfor hovedsakelig på kloridinnhold og armeringsoverdekning. I tillegg er også karbonatisering av betong undersøkt og vurdert. Hensikten med undersøkelsen er å vurdere skadeårsak – og omfang, skadepotensial mhp. armeringskorrosjon, og ut ifra dette skissere mulige tiltak.

Det ble utført stikkprøver med undersøkelse av armert betong i følgende omfang av lokaliteter:

- 3 stk. gulvlokaliteter
- 2 stk. taklokaliteter
- 3 stk. søyle- / vegglokaliteter

Betongprøver ble tatt der det var ledige parkeringsplasser etter følgende kriterier:

- synlige skader eller ”bom” (se definisjon lengre nede).
- tilfeldig valgte lokaliteter.
- lokaliteter uten tegn til skader.

Resultater og beskrivelse av lokaliteter er gitt i vedlegg 2. Vi har benyttet nummer på parkeringsplassene. I hver lokalitet er det foretatt følgende målinger:

- Hammerbanking på betongen. Dette er en effektiv metode for å lokalisere pågående betongavskallinger som ikke er synlig på overflaten. Når en treffer en avskalling av betong, som ofte er forårsaket av

armeringskorrosjon som har sprengt løs betongen, høres en karakteristisk hullyd som kalles ”bom”. Denne betegnelsen brukes i resten av rapporten.
- Visuell registrering av tilstand.
- Armeringsoverdekning (avstand fra overflaten og inn til armering). Benyttet Covermeter type ”Profometer 3” og «Elcometer».
- Karbonatiseringsdybde (naturlig forsuringsreaksjon i betongen som skjer pga. inntrengning av CO_2 i lufta), målt i oppmeislinger og borehull med pH - indikatoren fenolftalein.
- Kloridinnhold. Det ble tatt punktprøver med slagbor ved å samle opp borstøv i flere påfølgende dybdesjikt (tilpasninger gjort i forhold til armeringsoverdekning).
    - Gulv: dybdesjikt 0 - 20mm, 20 – 40 mm og 40 – 60 mm.
    - Tak: dybdesjikt 0 – 20 mm og 20 – 40 mm
    - Søyler/ vegger: dybdesjikt 0 – 20 mm og 20-40mm i bunn, i brytsthøyde 0 – 40 mm.
- Kloridprøvene ble analysert i lab. ved bruk av Quantab-metoden.
- Opphugging til armering for visuell vurdering av armeringstilstand i fem av lokalitetene.

4. RESULTATER OG VURDERINGER

I vedlegg til rapporten er det gitt følgende resultater og informasjon:

Vedlegg 1: Foto
Vedlegg 2: Feltresultater
Vedlegg 3: Resultat fra kloridanalyser
Vedlegg 4: Armeringskorrosjon, generell informasjon
Vedlegg 5: Katodisk beskyttelse av armert betong

4.1 Visuell befaring

Følgende ble registrert:
- Himling i nedre plan har tresonittplater, disse skjuler tilstanden av ovenforliggende armert betong (foto nr. 1).
- Bunnparti av søyler og vegger på nedre plan har et relativt stort omfang med malingsavflassing (foto nr. 9), det er ingen hulkiler/ forsegling mellom asfalt og betongen (foto nr. 2).
- Et stort omfang synlige betongskader i bunn av søyler i form av riss og betongutspregninger. (foto nr. 2,). Bunn av vegger har også et relativt stort synlig skadeomfang (foto nr. 9, 24) men her er det også større felter som visuelt fremstår som skadefrie (foto nr. 12).
- Det er skader under utvikling som foreløpig kun kan høres ved å banke med hammer (foto nr. 10)
- Opphugning bekrefter at årsak er kraftig armeringskorrosjon i bunn av søyler/ vegger (foto nr. 6, 11, 25). Ca 40 cm over asfalt ble frimeislet armering i søyle fri for korrosjon (foto nr. 7)

- Opphugning til armering i brysthøyde av søyle uten synlig tegn til skade eller bom avdekket overflaterust (foto nr. 8).
- Fjerning av tresonittplate i tak avdekket at armeringen trolig er lagt rett på tresonittplatene, og mangler omstøpning av betong. Et jern ligger «i dagen», et annet like bak tresonitt, dette hadde flekkrust (foto nr. 14 og 15).
- Gulv på øvre plan fremstår som ubehandlet betong, kjørebanen er under åpen himmel og her er betongoverflaten erodert / ru med synlig tilslag (foto nr. 16, 21) det er også tegn til noe frostskader i overflaten.
- Gulv på øvre plan har et relativt stort omfang med riss, det er også støpeskjøter som erfaringsmessig kan gi lekkasje ned i taket.
- I biloppstillingsplassene i øvre plan er det flere synlige betongskader (foto nr. 17, 18, 20 og 22). Hammerbanking avdekker også eksempler på pågående skadeutvikling som ikke er synlig enda.
- Opphugning til bærearmering i gulv avdekker både kraftig korrosjon som har sprengt løs betongen (foto nr. 19), men også jern som lokalt er helt fritt for korrosjon (foto nr. 23).
- Dekkeenden og fasaden mot øst har en del synlige betongutspregninger som også skyldes armeringskorrosjon, fremfor alt rundt utsparinger. Det er ikke tegn til lekkasjer fra øvre plan og sannsynlig årsak er lav armeringsoverdekning med mangelfull omstøpning av betong (foto nr. 26, 27).
- Søyler i fasaden har karakteristiske skråriss (ca. 45 grader) og bom. Nærmere granskning viser sprekker bak malingen, som sannsynligvis er gjennomgående. Betongen fremstår som «knust». Skyldes ikke armeringskorrosjon, trolig årsak er belastning/bevegelse i bygget (foto nr. 28 – 31). <u>Dette må undersøkes av statiker før vedlikeholdsarbeider starter opp.</u>

4.2 Karbonatisering og armeringsoverdekning

Det er utført karbonatiserings, - og overdekningsmålinger i alle lokaliteter med følgende resultater: (detaljresultater se vedlegg 2).

Tabell med sammenstilling av resultater:

Konstruksjonsdel	**Karbonatiseringsdybde (mm)**	**Armeringsoverdekning (mm)**
Gulv øvre plan	2 – 10	33 – 50
Tak	5 – 10 (over tresonitt)	0 – 30 (målt på overflate med rester av tresonitt) I praksis: 0 – 10
Søyler / vegger	Bryst: 20 – 30 Bunn: 2 - 10	Bryst: 12 – 30 Bunn: 8 – 25

4.2.1 Gulv og bunnparti av søyler / vegger

De målte karbonatiseringsdybder i gulv på øvre plan samt bunn av vegger og søyler er lave i forhold til armeringsoverdekningen. Karbonatisering utgjør ikke et bestandighetsproblem i disse konstruksjonsdeler.

Grunnen til at karbonatiseringsdybden er så lav er at ubeskyttet betong blir fuktet opp av nedbør og porene i betongen blir fylt med vann. Da det går en tid før vannet fordamper, vil dette hindre inntrengning av CO_2-gass fra luften og inn i porene.

4.2.2 Karbonatisering og overdekning i tak samt søyler og vegger fra ca 0,5 m opp fra gulv.

For søylene og veggene var målt karbonatiseringsdybde i brysthøyde 20 – 30 mm. Grunnen til at vi måler karbonatiseringsdybde i to nivåer, er at bunnpartiene utsettes for mer oppfukting fra vann som renner av bilene mens betongen i brysthøyde har et tørrere miljø. Målinger viser tydelig en vesentlig høyere karbonatiseringsdybde i brysthøyde av søyler og vegger, og mye av armeringen ligger i karbonatisert betong som har mistet sine naturlige beskyttende egenskaper. Armeringen er i en labil tilstand og korrosjonshastighet styres av fuktinnholdet. Prosessen går tregt gitt at en ikke har lekkasjer.

Når det gjelder ytre del av taket samt utsparinger i fasaden er det registrert en god del betongskader. Dette skyldes mangelfull omstøpning av armeringen ut mot forskalingshjørner, det gir raskere karbonatisering inn til armeringen. Det er relativt mye skader ved drypprillen i ytre del av dekke. Drypprillene er laget ved å skråskjære en lekt og legge den i forskalingsformen, dette gir enda lavere armeringsoverdekning.

Det armerte betongdekket i taket over nedre plan er skjult av tresonittplater. Platene er karbonatisert men har samtidig bremset karbonatiseringen av ovenforliggende armerte betongdekke. Det måles kun 5 – 10 mm karbonatisering i betongen. Lokal fjerning av tresonittplater viser imidlertid at armeringen stedvis ligger rett på tresonittplatene, den har enten ingen eller kun noen få mm overdekning og er ikke fullgodt omstøpt av betong. Dette er et bestandighetsproblem. Opphugning bekrefter klar korrosjon på armering i overflaten, og «flekkrust» på armering som ligger noen millimeter inn i betongen.

4.3 Klorider og armeringsoverdekning for gulv, tak og søyler

Det er utført måling av betongens kloridinnhold i alle lokaliteter. Sammenstilling av målt armeringsoverdekning og kloridinnhold viser følgende: (detaljresultater se vedlegg 2).

Tabell med sammenstilling av resultater:

Konstruksjonsdel	**Armeringsoverdekning (mm)**	**Kloridinnhold (vekt% av sementvekt)**
Gulv øvre plan i kjørebane	39 – 50	0,3 i dybde 00-20 mm 0,3 i dybde 20 -40 mm 0,1 i dybde 40-60 mm
Gulv øvre plan i biloppstillingsplasser	33 – 50	0,8 – 1,0 i dybde 00-20 mm 0,9 – 1,4 i dybde 20 -40 mm 0,7 – 1,9 i dybde 40-60 mm
Tak **Tresonittplate**	0 – 30 (målt på overflate med rester av tresonitt) I praksis: 0 – 10	0,2 i dybde 00 – 20 mm 0,1 i dybde 20 – 40 mm 1,0-1,1 i sjiktene over nedre plan
Søyler / vegger	Bryst: 12 – 30 Bunn: 8 – 25	Bryst: 0,1 i alle lok. dybde 00–40 mm Bunn: 0,6 – 3,0 i dybde 00–20 mm 0,8 – 3,9 i dybde 20–40 mm

Vurderer en kloridprofilene for de enkelte konstruksjonsdeler, som er vist i vedlegg 2 og 3, finner vi følgende:

4.3.1 Klorider og armeringsoverdekning – gulv øvre plan under tak

Kloridinnholdet ved armeringen varierer fra 0,7-1,9 % for overdekning inntil 50 mm. Dette er inntil 19 ganger høyere enn det naturlige kloridinnholdet i betong (0,1%) og inntil 4,8 ganger så høyt som øvre anbefalte grense i norsk standard (0,4%).
Kloridinnholdet er høyt og ser en på kloridprofilene som er tatt i 3 stk. påfølgende dybdesjikt a 20mm, avtar kloridinnholdet lite nedover fra overflaten og inntil 60mm, tvert imot ser vi tendenser til at kloridinnholdet øker. Dette viser at betongen har vært åpen for dyp kloridinntrengning og over tid har kloridene jevnet seg ut ned i betongen.

De høye kloridverdiene er som forventet med tanke på at gulvet på øvre plan ikke har hatt noen vanntett overflatebehandling samt at biloppstillingsplassene i liten grad har hatt noen utvaskingseffekt av nedbør da de er dekket av tak. Med så høye kloridinnhold som stedvis er målt i

betongen i nivå med armeringen, har kloridene brutt ned den naturlige beskyttelsen og armeringen er i korrosjonsstilstand for store deler av dekket som har overbygg. Dette bekreftes visuelt ved at det er relativt lett å finne synlige betongskader der pågående korrosjon er i ferd med å sprenge løs betongen. At det synlige skadeomfanget ikke er enda større skyldes sannsynligvis at overdekningen er relativt høy og det tar da lengre tid å få utviklet synlige betongskader. De høye kloridinnholdene har gitt korrosjonsskader og uten tiltak vil skadeomfanget øke.

4.3.2 Klorider og armeringsoverdekning – kjørebane i øvre plan

Det ble tatt en ekstra kloridprofil i kjørebanen, hensikten med dette var å undersøke om det har vært en utvaskingseffekt av nedbør der dekket ligger under åpen himmel. Ser en på nivået av kloridinnholdet er det tydelig at nedbør har gitt en utvasking / fortynning av kloridene som bilene har fraktet inn på dekket. Det måles 0,3% klorider i de øvre sjikt, dette er et forhøyet innhold, men dog under øvre anbefalte grense i standarden. I nivå med armeringen måles det naturlige kloridinnholdet i betong (0,1%). Det visuelle samsvarer med prøvetakingen, det observeres ikke synlige betongskader i kjørebanen.

4.3.3 Klorider og armeringsoverdekning - tak

Begge prøver fra betongen over tresonittplatene viser et svakt forhøyet kloridinnhold (0,2%) i ytre sjikt og det naturlige innhold (0,1%) i indre sjikt, innholdene gir ikke fare for armeringskorrosjon.

Erfaringsmessig vil det være områder med riss / støpeskjøter der det kan være lekkasje av kloridholdig tinevann ned i taket. I slike lokale områder vil armeringen i taket være like utsatt for korrosjon som i gulvet oppe, og det er relativt vanlig med synlige betongskader i slike områder. Tresonittplatene skjuler som nevnt tilstanden. Undersøkelsene der vi fjernet plater med fuktmerker viser dessuten at fuktmerker i platene ikke nødvendigvis samsvarer med riss med fuktgjennomgang i betongen.

Når det gjelder selve tresonitten ble det tatt en prøve fra et tilsynelatende tørt område, analyse viser at platene har et høyt kloridinnhold og dette skyldes at klorider er tilsatt ved fremstilling. Dette gir et forhøyet skadepotensial for den armerte betongen fordi klorider fra tresonitten naturlig vil diffundere inn i betongen mot armeringen. Armering som ligger nær overflaten, er spesielt utsatt for korrosjon.

Dog måles det kun et svakt forhøyet kloridinnhold de ytre 20 mm etter ca 50 år og det tyder klart på at diffusjonsprosessen går sakte. Med finere oppløsning, f.eks 10 mm er det dog forventet at man ville målt et høyere kloridinnhold i de første 10 mm, der mye armering befinner seg.

4.3.4 Klorider og armeringsoverdekning – søyler og vegger

Det er tatt kloridprøver i brysthøyde av søyle og vegg. I denne høyden påvirkes ikke betongen av oppsug av kloridholdig veisalt som er fraktet inn på gulvet, og et eventuelt forhøyet kloridinnhold i disse høydene vil skyldes at betongen ble tilsatt klorider ved støpning. Resultatene viser at alle prøver har det naturlige kloridinnholdet 0,1%, og dermed bekrefter stikkprøvene at betongen ikke ble tilsatt klorider ved støpning.

I bunn av søyler og vegger er kloridinnhold i område 1,3 - 4% av sementvekt, dette er svært høyt og årsaken er at kloridholdig tinevann fra biler er sugd kapillært opp i bunnpartiet av betongen. Oppmeisling av armering bekreftet kraftig armeringskorrosjon. Det synlige skadeomfang i bunn av søyler er stort, og det er heller ikke vanskelig å finne synlige betongskader i bunn av veggene. Fremtidig skadepotensial er stort og det er behov for reparasjoner av betongskader og beskyttelse av armering.

Referansevegg uten tegn til skade eller fukt hadde også et forhøyet kloridinnhold i bunnpartiet. For å hindre fremtidig skadeutvikling er det behov for beskyttelse av armeringen også der det i dag ikke er synlige skader.

5. OPPSUMMERING AV ARMERINGSTILSTAND - VURDERING AV TILTAK

5.1 Oppsummering av armeringstilstand

Årsaken til de største betongskadene og det største skadepotensial er klorider fra veisalt som over tid er dratt inn med bilene. Klorider har brutt ned den naturlige beskyttelsen som betongen gir armeringen og ført til armeringskorrosjon. Følgende konstruksjonsdeler er <u>spesielt</u> utsatt:

- Garasjegulv, overkantarmering i plan 2 som har overbygg.
- Bunn av søyler og vegger nedre plan
- Tak over nedre plan, pga lav overdekning og høyt kloridinnhold i tresonittplatene. Erfaringsmessig vil også underkantarmering lokalt være utsatt i forbindelse med lekkasjer

Gulv under tak, bunn av søyler og vegger, og trolig også tak lokalt, har det til felles at de er utsatt for klorider fra veisalt som over mange år er fraktet inn med bilene. Reparasjoner – og vedlikeholdstiltak må planlegges ut fra dette. En må være forberedt på at det er store skader, og at det kan bli behov for midlertidig oppstempling ved reparasjoner.

Faren for armeringskorrosjon pga. karbonatisering av betong er neglisjerbar for gulv og bunn av søyler og vegger. I brysthøyde av søyler og vegger er

mye armering i korrosjonstiltsand pga. at betongen er karbonatisert, men skadepotensialet er markant lavere enn i bunnpartiene.

Når det gjelder garasjetak er ytre del ved drypprillen og dekkeforkant utsatt for korrosjon pga. karbonatisering og det samme gjelder armering ved utsparingene i fasaden. Denne betongen er utsatt for fukt som øker korrosjonsfaren. Underkantarmeringen i taket har tilnærmet ingen overdekning og er også omgitt av karbonatisert betong. Det største skadepotensialet i taket utgjøres imidlertid av at armeringen er plassert på tresonittplater som har et høyt kloridinnhold, og ikke minst at eventuelle riss med lekkasjer fra gulvet oppe er skjult av platene.

5.2 Vurdering av tiltak

Påvisbare betongskader pga. armeringskorrosjon bør utbedres snarest. For skader der armeringen er omgitt av høyt kloridinnhold som hovedsakelig gjelder garasjegulv og bunn av søyler, vil nye skader raskt oppstå i randsonen av reparasjonene. Grunnen til dette er at kloridene blir fjernet i reparasjonene, mens den opprinnelige betongen fortsatt har høye kloridinnhold. Pga. den høye forskjellen i kloridkonsentrasjon, dannes en naturlig stor spenningsforskjell på armeringen mellom reparert / ikke reparert område. På denne måten blir det laget et stort naturlig batteri der det går strømsløyfer mellom «polene». Dette akselererer korrosjonen betydelig på armeringen som ligger i den gamle kloridholdige betong og nye korrosjonsskader oppstår etter kort tid ved siden av reparasjonen.

For å hindre at det oppstår nye skader på armeringen som er omgitt av betong med høyt kloridinnhold, er det behov for å beskytte armeringen mot den omtalte korrosjon. Det er derfor behov for tiltak for å hindre den naturlige strøm som oppstår mellom reparert og ikke reparert område. Metoden innebærer å etablere en anode som plasseres på, - eller i betongen. Deretter påtrykkes en lav likespenning (som er det samme som å påtrykke en kraft) mellom anoden (pluss-pol) og armeringen (negativ pol). Den påtrykte likespenning fører til at armeringen blir en enhetlig katode og en katode korroderer ikke. Denne egenskap har gitt metoden navnet «katodisk beskyttelse (KB)» av armeringen. Anoden er laget av et material som, i motsetning til armeringsjern, ikke går i oppløsning av å være en anode. På denne måten får en kontroll på det naturlige batteriet som oppstår mellom reparert og ikke reparert område, samtidig hindres også fremtidig armeringskorrosjon i områder som per i dag har høye kloridinnhold, uten synlige skader. Metoden forutsetter at det er metallisk kontakt mellom alle armeringsjern. Dette kalles kontinuitet.

Metoden (KB) er relativt kostbar, og krever fremtidig oppfølging også etter utløp av 5 års garantiperiode. Alternativet er å fjerne all kloridholdig betong rundt armeringen, også der det ikke er synlige skader. Dette er støyende og

svært kostbart og ikke realistisk å gjennomføre. En nærmere forklaring av katodisk beskyttelse (KB) er omtalt i vedlegg 5.

Vår tekniske anbefaling for vedlikehold av garasjeanlegget der armeringen er infisert av klorider, er en kombinasjon av mekanisk reparasjon av betongskader kombinert med katodisk beskyttelse av armeringen.

Teknisk sett skulle det være mulig å trekke ut katodisk beskyttelse fra kjørebanen i øvre plan da stikkprøven som er tatt viser at klorider i stor grad er vasket ut av nedbør. I forbindelse med et vedlikehold må dette bekreftes med supplerende kloridprøver.

Når det gjelder konstruksjonsdeler hvor betongen ikke er infisert av klorider, benyttes metoden «begrenset mekanisk reparasjon», som er omtalt i *NS 3420, kap.LY.* KB er forøvrig omhandlet i egen standard *NS-EN 12696.*

Som et diskusjonsgrunnlag har vi satt opp følgende tiltak:

- Reparere alle synlige betongskader. Ved store skader der mye betong fjernes kan det bli behov for midlertidig oppstempling.
- Etablere katodisk beskyttelse av armeringen der betongen har høye kloridinnhold. Utfra resultatene i undersøkelsen gjelder dette følgende konstruksjonsdeler:
    - Gulv i øvre plan som ligger under carport.
    - Bunn av søyler og vegger.
    - Eventuelle lekkasjefelt i tak. Se kapittel 5.3.
- I alle konstruksjonsdeler som skal ha KB kontrolleres det at alle armeringsjern er i innbyrdes metallisk kontakt (kontinuitet). Ved behov kobles armeringen i kontinuitet.

Prøver må utføres for å undersøke om KB fra en side fungerer gjennom dekket slik at både over, - og underkantarmering blir beskyttet. <u>Det benyttes en fuktbestandig anode med god anodekapasitet slik at påtrykt spenning kan holdes så lav som mulig.</u>

I tillegg til reparasjoner og etablering av katodisk beskyttelse utføres følgende:

- Forsterkning av konstruksjonsdeler ved store tverrsnittsreduksjoner pga. korrosjon på armeringen. Dette kan f.eks. gjøres ved å legge inn ny armering med nødvendig omfar eller bruk av karbonfiber. Gjøres i samråd med statiker.
- Legge en egnet garasjegulvmembran på øvre plan som må være vanntett, elastisk og slitesterk. Dette hindrer både tilførsel av mer klorider og lekkasjer gjennom riss. Membranen må også ha sklisikring, og være UV-bestandig. Når det gjelder kjørebanen må det vurderes

om denne brøytes med traktor, dette ødelegger membranen. I så fall må man vurdere enten asfalt eller støpeasfalt:

Vanlig Agb-asfalt er ikke vanntett og derfor må man ha en banemembran under, som fortrinnsvis hellimes til underlaget. Støpeasfalt er tett men lagt under åpen himmel har det tidligere vært problemer med deformasjon grunnet sollys. Begge deler representerer en vektøkning på dekke og det må undersøkes av statiker om betongdekke har tilstrekkelig kapasitet. Vi presiserer at asfalt ikke er vårt fagfelt.

- Etablere en hulkilsløsning med vannskjerm i overgangen mellom gulv og bunn av søyler og vegger for å redusere fremtidig fuktoppsug i betongen av kloridholdig veisalt fra bilene. Dette tiltaket kan dog ha begrenset effekt dersom det står vann i grunnen i nedre plan eller at det kommer fukt gjennom bakvegg.
- Søyler i utsparingene i fasaden har riss og knusningsskader, som trolig skyldes belastning/bevegelse i bygget. Utbedring/ forsterkning foretas etter anvisning fra statiker.
- Male alle betongflater med karbonatiseringsbremsende maling. Dette er en spesialmaling som effektivt hindrer inntrengning av CO_2 inn i betongen slik at karbonatisering av betong bremses. Ved eventuelt fuktoppsug fra grunnen er det dog fare for malingsavflassing uten at dette i så fall er en reklamasjon. Her kan det legges et «luftesjikt» med ubehandlet betong.

5.3 Vurdering av tiltak – tresonittplater

Tresonittplatene har høyt kloridinnhold og bærearmeringen i taket er lagt rett på platene. Dette utgjør et skadepotensial og teknisk sett er det behov for tiltak for å hindre fremtidig skadeutvikling. En har følgende alternativ:

1. Fjerne tresonittplater, reparere evt. betongskader og bygge opp ny armeringsoverdekning.
2. Etablere katodisk beskyttelse på hele øvre plan (også i kjørebanen)
3. Holde taket under oppsikt

<u>Alternativ 1</u> er teknisk sett det riktige, men er samtidig svært omfattende. For det første er det ekstremt tidkrevende å fjerne all tresonitt, for det andre vil dette avdekke at store mengder armering ligger i dagen. Det må da etableres ny overdekning og sannsynligvis betyr dette at hele taket må sprøytemørtles. Alternativet er omfattende og svært kostbart.

<u>Alternativ 2</u> går ut på å etablere katodisk beskyttelse også i kjørebanen på øvre plan. Så lenge man påser at armeringen i gulv og tak har metallisk kontakt, vil armeringen i taket forhåpentligvis få en virkning av katodisk beskyttelse i gulvet. «Skyggevirkninger» må forventes da strømmen først skal

passere overkantarmeringen og deretter gjennom betongen som har en relativt høy resistivitet. Da kloridinnholdet i nivå med armeringen i taket er begrenset, og opphugninger ikke viser tegn til omfattende korrosjon, vil beskyttelsesstrømmen som går gjennom betongdekke forhåpentligvis være nok til å hindre utvikling av fremtidig korrosjon. Gitt at en får ønsket effekt (må undersøkes) vil alternativ 2 være en betydelig besparelse i forhold til alternativ 1.

Alternativ 3 går ut på å ikke foreta seg noe i taket. Tak under biloppstillingsplassene, som ubetinget har behov for KB, vil som for alternativ 2 trolig få en beskyttelse av KB i biloppstillingsplasser oppe. Vanntett og elastisk overflatebehandling på gulvet vil hindre tilførsel av nye klorider ned i taket. Dog vil kloriddiffusjon fra plater til betong fortsatt utgjøre et skadepotensial i de deler av tak som ikke får virkning av KB oppe, nemlig under kjørebanen. Alternativet kan vurderes da kloridprøver viser at diffusjonen går tregt, i tillegg til at opphugninger ikke avdekket noen omfattende korrosjon på armeringen etter all tid som har gått siden oppføring.

NB: Ved kloridholdige lekkasjer og aktiv korrosjon i tak vil ikke KB lagt på oversiden gi tilstrekkelig beskyttelse. Både for alternativ 2 og 3 bør derfor tresonittplater fjernes i striper der det er støpeskjøter/ sprekker i gulvet over. Betongflatene inspiseres, eventuelle skader utbedres og dersom klorider har trengt ned til taket legges det supplerende fuktbestandig anode.

Foreløpig tilsier kost-nytte alternativ 3 eller 2, men styret må avgjøre dette. Ved utbedringsarbeidene i garasjen, vurderes det også ved prøving hvilke alternativ som er best egnet.

Foto nr. 1:
Furulund Boligsameie har et frittliggende garasjeanlegg i to plan, som trolig er oppført på 70-tallet. Vegger, søyler og dekke består av armert betong. Gulvet er asfaltert, trolig på grunn. I himling er det tresonittplater som skjuler tilstanden av den armerte betong.

Foto nr. 2: Lokalitet 1, søyle plass 64 / 65. Valgt på grunn av synlig skade i bunnpartiet med flere riss og rustutslag i overflaten. Ved å banke med hammer høres en karakteristisk hullyd som kalles «bom». Dette skyldes som oftest armeringskorrosjon som sprenger løs betongen. Merk at det ikke er noen hulkil/ forsegling i overgangen asfalt – betong. Dette fører til at kloridholdig tinevann fra biler suges kapillært opp i bunn av betongen

Foto nr. 3:
Lok 1 søyle. Armeringens plassering og overdekning (avstand fra overflaten) ble målt med Covermeter type «Profometer 3» i alle lokaliteter.

Foto nr. 4:
Lok 1 søyle. Her er armeringens plassering og overdekning tegnet inn. To vertikale armeringsjern på hhv. 15 og 38 mm, ca 20 cm opp kommer første armeringsbøyle med 8 mm overdekning. Baksiden av søylen hadde markant høyere overdekning.

Foto nr. 5: Betongens karbonatiseringsdybde (naturlig forsuring pga CO2 i lufta) ble målt i borhull / oppmeislinger ved bruk av pH-indikatoren fenolftalein. Væsken er fargeløs på karbonatisert betong (pH under ca 9,5). Mens «frisk» ukarbonatisert betong får et kraftig lilla fargeomslag. I bunnpartiet var karbonatiseringsdybden lav, dette skyldes at høyt fuktinnhold bremser karbonatiseringen.

Foto nr. 6:
Opphugning i bunnpartiet avdekket som forventet kraftig korrosjon, en ser at rustproduktene er presset ut i omkringliggende betong. I forhold til rent jern har korrosjonsproduktene et volum som er inntil 10 ganger så stort, dette gir sprengkrefter på betongen, som tilslutt risser opp og sprenges løs.

Foto nr. 7:
Lok 1. Opphugning videre oppover langs jernet viser at en må 36 cm opp fra gulvet før armeringen blir ren. Da det ikke er noen hulkil i bunn av søylene vil kloridholdig tinevann som renner av biler suges kapillært opp i betongen. Av oppmeislingen ser man altså at kloridene er suget ca 36 cm opp fra gulvet.

Foto nr. 8:
Lok 1. Opphugning til armeringsbøyle i brysthøyde avdekker klar overflaterust, men på langt nær like massivt som i bunnpartiet. Det ble ikke funnet forhøyet kloridinnhold i brysthøyde Karbonatiseringsdybden er dypere, 25 – 30 mm og korrosjon skyldes at armering ligger i karbonatisert betong som pga. forsuring (lavere pH) har mistet sine naturlig beskyttende egenskaper.

Foto nr. 9:
Lok 2, vegg plass 71. Valgt pga. fuktoppsug med synlig malingsavflassing og kalkutfelling. Det er både rustutslag på overflaten, riss som samsvarer med armering og betongutspregninger.

Foto nr. 10:
Like til siden for lok 2 er det ikke synlige skader, men hammerbanking avdekker bom. Det vil si at betongen er i ferd med å sprenges løs.

Foto nr. 11:
Lok 2. Opphugning i bom til side for avflassing/ riss avdekker pågående armeringskorrosjon både på ytre vertikale jern (21 mm overdekning) og bakenforliggende horisontale jern.

Foto nr. 12:
Lok 3, vegg på motsatt side. Dette er en ekstraprøve som er tatt som en referanse for å undersøke kloridinnhold der det verken er synlig skade, bom eller malingsavflassing.

Foto nr. 13:
Oversiktsfoto som viser i hvilket område tresonittplatene ble fjernet. Bakgrunnen var tegn til fukt (utfelling) på platene. Fuktmerker trenger ikke nødvendigvis samsvare med riss med fuktgjennomgang i betongen.

Foto nr. 14:
Etter fjerning.
Tresonittplatene ble lagt i forskalingsformen før dekke ble støpt og de henger derfor sammen. Etter fjerning ser enn at det ikke er mulig å se riss/ utfelling i overflaten.
Armeringsjern ligger i betongoverflaten og har overflaterust. Det tyder på at armeringen ble lagt rett på tresonittplatene og at de dermed ikke har noen betongoverdekning (kun delvis omstøpt med betong).

Foto nr. 15:
Lok 5, opphugning til armering med overdekning 8 mm (målt fra overflaten) avdekker at også dette jernet i prinsipp har 0 mm overdekning (er lagt rett på tresonitt). Armeringen har rustflekker. Påsprøytning av fenolftalein viser at karbonatiseringsdybden kun er noen få mm inn fra betongoverflaten.

Foto nr. 16:
Øvre plan har parkering i carporter med kjørebane under åpen himmel. Betongdekke fremstår som grovstøpt, «rufsete» og med ubehandlet overflate.

Foto nr. 17:
Lok 7. Hjulplassering av biloppstillingsplass nr. 24 / 25. Det er bom og begynnende utstspregninger i overflaten.

Foto nr. 18:
Lok 7. Synlige betongutspregninger som skyldes pågående armeringskorrosjon. Hammerbanking avdekker også bom i område der det ikke er synlige skader.

Foto nr. 19:
Opphugning til armering med 34 mm overdekning avdekker kraftig armeringskorrosjon. Rustproduktene er presset ut i omkringliggende betong. Volumutvidelsen fra korrosjonsproduktene har gitt bom og utsprengning.

Foto nr. 20:
Naboplassen til lokalitet 7 har også en større avskalling i hjulplassering. Dette skyldes også armeringskorrosjon. Hjulplassering er erfaringsmessig spesielt utsatt fordi kloridholdig tinevann renner av hjulbuer og ned i betongen, som her fremstår ubehandlet. I hver vintersesong tilføres betongen klorider.
Det er en støpeskjøt mellom plassene

Foto nr. 21:
Lok 8 kjørebane
Verken synlig skade eller bom. Overflaten fremstår erodert med frilagt tilslag (stein). Målt overdekning på øvre lag armering er 35 – 48 mm.
Lokaliteten tatt for å undersøke om det er en utvaskingseffekt for betong som ligger under åpen himmel. Kloridinnholdet var markant lavere enn i biloppstillingsplassene.

Foto nr. 22:
Lokalitet 9, hjulplassering.
Valgt på grunn av synlig skade i form av riss. Hammerbanking avdekker dessuten bom i hjulplassering. Bomområdet er markert med tusj på betongoverflaten. Armeringens overdekning ligger i området 37 til 50 mm.

Foto nr. 23:
Opphugning til armering med 37 mm overdekning i randsonen av bomområdet avdekker helt rent jern. Korrosjon som er initiert av forhøyet kloridinnhold i betongen gir områder med korrosjon (anoder) og områder der armeringen ikke korroderer (katoder). Ved sistnevnte kan armeringen være helt ren, mens den like til siden kan ha korrosjon med groptæring. I prinsipp har man mange små batterier på armeringen med ukontrollerbare strømsløyer mellom polene.

Foto nr. 24:
I nedre plan er det relativt lett å finne skader i bunnparti av vegger og søyler. Både synlige i form av riss og utbulinger (som vist på foto) men også skader som enn så lenge kun kan høres ved å banke med hammer.

Foto nr. 25: Utspregning vist på foto nr. 24 etter lett hammerbanking. Som en ser er det betydelig korrosjon på armeringen. Her er det i tillegg steinreir i betongen, dette er en utstøpningsfeil som gir mangelfull beskyttelse av armeringen fra første stund fordi kloridene lettere trenger inn til armeringen. Til gjengjeld tar det lang tid å få utviklet synlige skader fordi det i større grad er plass til korrosjonsproduktene.

Foto nr. 26: Ytre del av garasjedekke har også betongskader. Dette er relativt vanlige skader, somregel skyldes det at ytre armeringsjern ligger langt ut mot hjørnet og derav har mangelfull omstøpning. Dette gir raskere forsuring av betongen og armeringen havner i korrosjonstilstand.

Foto nr. 27:
Samme problem vist fra utsiden av garasjen. Som forventet et armeringsjern som har havnet helt i hjørnet av forskalingsformen og som derfor er mangelfullt omstøpt av betongen.

Da korrosjon sannsynligvis skyldes karbonatisering og ikke kloridinntregning (må bekreftes med prøver under en rehabilitering) er skader som dette enklere og mindre kostbare å utbedre.

Foto nr. 28:
Flere av fasadesøylene har riss som trolig IKKE skyldes armeringskorrosjon. Utfra rmønster og plassering mistenker vi at dette er riss som skyldes belastning/ bevegelse i dekke.

Statikk er ikke vårt fagfelt, og i forbindelse med en rehabilitering mådisse undersøkes av en statiker. Entreprenør må IKKE foreta seg noe arbeid på disse søylene før en statiker har foretatt undersøkelser.

Foto nr. 29:
Fasadesøylene sett fra innsiden av garasjen. Vilkårlig rissmønster som ikke tilsier korrosjon.

Foto nr. 30:
Karakteristiske skråriss som trolig skyldes belastning/ bevegelse. Dette må undersøkes av en statiker.

Foto nr. 31:
Forsiktig banking i et av skrårissene avdekker bakenforliggende sprekk. Vi ser igjen samme riss på utsiden. Sprekken er trolig gjennomgående.

FELTRESULTATER TILSTANDSUNDERSØKELSE GARASJER

Søyle/ vegger: Oversikt over undersøkte lokaliteter.

Målinger / Lokalitet	karbonatisering [mm]	Overdekning målt i striper på betongoverflate [mm]	Kloridinnhold [vekt% av sementvekt]
Lokalitet 1, søyle. Plass 65 / 64 Synlig skade	Bunn: 10 – 12 Brysthøyde: 25 – 30	Bunn: 8 – 15 (bøyler) 15 – 38 (vertikalt) Bakside: +55 Brysthøyde: 12 – 15 (bøyler) 22 – 44 (vertikalt)	Bunn: dybde 00 – 20 mm: 3,0% dybde 20 – 40 mm: 3,9% Brysthøyde: Dybde 00 – 40 mm: 0,1%
Lokalitet 2, vegg. Plass 71 Synlig skade	Bunn: 2 Brysthøyde: 20 – 25	Bunn: 16 – 23 (vertikalt) 30 – 38 (horisontalt) Brysthøyde: 21 – 30 (vertikalt) 42 – 45 (horisontalt)	Bunn: dybde 00 – 20 mm: 1,9% dybde 20 – 40 mm: 1,3% Brysthøyde: Dybde 00 – 40 mm: 0,1%
Lokalitet 3, vegg. Plass 55 Ingen tegn til skade (referanse)	--	Bunn: 25 (horisontalt) 35 (vertikalt)	Bunn: Dybde 00 – 20 mm: 0,6% Dybde 20 – 40 mm: 0,8%

Kommentarer:

Lokalitet nr.1: Malt, ingen hulkil i overgang søyle- asfalt. Valgt pga flere riss og noe rustutslag i overflaten. Hammerbanking avdekker bom i bunnpartiet. Opphugning i riss inn til armering med 15 mm overdekning avdekker kraftig armeringskorrosjon. Videre meisling viser at jernet blir rent 36 cm over gulvet. Opphugning til armeringsbøyle i brysthøyde, 15 mm overdekning, avdekker overflaterust, men ikke like kraftig som i bunnpartiet.

Lokalitet nr.2: Malt, ingen hulkil i overgang vegg – asfalt. Bunnpartiet har et stort omfang av malingsavflassing og utfelling, det er også rustutslag i overflaten. Det registreres flere riss og bom i betongen. Stedvis er det avskallinger som følge av armeringskorrosjon. Opphugning til armering med 21 mm overdekning, der det ikke var synlige skader i forkant, viser kraftig armeringskorrosjon med rustprodukter som har sivet ut i omkringliggende betong.

Lokalitet nr. 3: Malt, ingen hulkil i overgang vegg – asfalt. Ingen synlige skade / bom eller malingsavflassing i lokaliteten. En ekstraprøve som er ment som en referanse.

Tak: Oversikt over undersøkte lokaliteter.

Målinger / Lokalitet	karbonatisering [mm]	Overdekning målt i striper på betongoverflate [mm]	Kloridinnhold [vekt% av sementvekt]
Lokalitet nr. 4. Tak over plass 77 Tegn til fukt på tresonitt	5 – 10	0 – 30 (NB ru overflate)	dybde 00 – 20 mm: 0,2% dybde 20 – 40 mm: 0,1%
Lokalitet nr. 5. Tak over plass 77 Ikke tegn til fukt	Inntil 5	0 – 30 (NB ru overflate)	dybde 00 – 20 mm: 0,2% dybde 20 – 40 mm: 0,1%
Lokalitet nr. 6. Tak, prøve av tresonitt Tatt over plass 76 Ingen tegn til fukt		--	Punktprøve tresonitt: 1,8%

Kommentarer:

Lokalitet nr. 4: Valg på grunn av fuktmerker på tresonittplatene. Entreprenør meislet ned platene i dette området for å komme til bakenforliggende betong. Etter fjerning: Ikke synlige betongskader og ikke bom. Umulig å si om det er fuktgjennomgang da tresonitt henger sammen med betongen og overflaten har rester av tresonitt. Finner et armeringsjern uten betongoverdekning, i sin tid lagt rett på tresonittplatene og mangler derfor omstøpning.

Lokalitet nr. 5: Ca 1 meter til side for lokalitet 4. I dette området var det ikke synlige tegn til fuktmerker på tresonitt. Ikke avdekket bom. Det sitter igjen rester av tresonitt og dette gjør det vanskelig å befare overflaten, samt å måle armeringsoverdekning. Opphugning til armering med 8 mm målt overdekning avdekker at jernet ligger i betongoverflaten og i praksis har 0 mm overdekning, det er flekkrust på jernet, men ikke massivt. Kun noen få mm karbonatiseringsdybde i betongen over tresonitt.

Gulv på øvre plan: Oversikt over undersøkte lokaliteter.

Målinger / Lokalitet	karbonatisering [mm]	Overdekning målt i striper på betongoverflate [mm]	Kloridinnhold [vekt% av sementvekt]
Lokalitet nr. 7. Gulv Plass nr. 24 / 25	5 – 10	34 – 50	dybde 00 – 20 mm: 0,8% dybde 20 – 40 mm: 1,4% dybde 40 – 60 mm: 1,9%
Lokalitet nr. 8. Kjørebane utenfor plass 24 / 25		39 – 48	dybde 00 – 20 mm: 0,3% dybde 20 – 40 mm: 0,3% dybde 40 – 60 mm: 0,1%
Lokalitet nr. 9 Gulv Plass nr. 33	2 – 4	34 – 50	dybde 00 – 20 mm: 1,0% dybde 20 – 40 mm: 0,9% dybde 40 – 60 mm: 0,7%

Kommentarer:

Lokalitet nr. 7: Betongdekke fremstår ubehandlet, grovstøpt og relativt ru overflate. Lokaliteten er tatt i fremre hjulplassering av biloppstillingsplass, under carport. Riss og flere avskallinger ved lokaliteten. Lenger inn på plassen er det også flere avskallinger, naboplassen har også en stor avskalling i hjulplassering. Hammerbanking avdekker bom , også der det ikke er riss eller utspregninger. Opphugning til armering med 34 mm overdekning avdekker massiv korrosjon, rustprodukter har sivet ut i omkringliggende betong.

Lokalitet nr. 8: Kloridprøve tatt i kjørebane, betongen fremstår ubehandlet og erodert med frilagt tilslag. Ingen bom eller synlige skader avdekket.

Lokalitet nr. 9: Betongdekke fremstår ubehandlet med en relativt ru og grovstøpt overflate. Valgt på grunn av synlig riss med begynnende utspregning. Hammerbanking avdekker en større bom i hjulplassering av biloppstillingsplassen. Opphugning til armering med 37 mm overdekning avdekker helt rent jern. Lenger bak på biloppstillingsplassen avdekkes det noen mindre bom ved hammerbanking, men ingen synlige skader.

Kloridanalyser

PROSJEKT: Skogbrynet BS, garasje i armert betong

OPPDRAGSGIVER: Skogbrynet BS v. styret

MÅLEMETODE: Syreuttrekk av betongstøv, nøytralisert, og målt med Quantab – strips.

QUANTAB KONTROLLNR.: A1315 (Nedre deteksjonsgrense er 30mg Cl- / l, øvre grense 643 mg Cl- / l Verdier under/ over disse grensene er ekstrapolerte verdier).

ANTATT SEMENTMENGDE: 280 kg pr. m^3 betong.

Rester av prøvematerialet blir lagret i 3 uker etter at resultatene foreligger, dersom ikke annet er avtalt.

Prøvenummer og lokalitet	Innveid mengde betong	Avlest Quantab	Mengde Cl - (mg/l)	% Cl - av betongvekt	% Cl - av antatt sementvekt
1. Lok 1, søyle, bunn , 0 - 20 mm	10	8,2	756	0,378	3,0
2. Lok 1, søyle, bunn, 20 - 40 mm	10	8,8	978	0,489	3,9
3. Lok 1, søyle, bryst, 0 - 40 mm	10	1,4	30	0,015	0,1
4. Lok 2, vegg, bunn, 0 - 20 mm	10	7,0	475	0,238	1,9
5. Lok 2, vegg, bunn, 20 - 40 mm	10	6,0	333	0,167	1,3
6. Lok 2, vegg, bryst, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
7. Lok 3, vegg, bunn, 0 - 20 mm	10	4,0	155	0,078	0,6
8. Lok 3, vegg, bunn, 20 - 40 mm	10	4,6	198	0,099	0,8
9. Lok 4, tak fuktmerker, 0 - 20 mm	10	1,8	43	0,022	0,2
10. Lok 4, tak fuktmerker, 20 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
11. Lok 5, tak u.fukt, 0 - 20 mm	10	2,0	51	0,026	0,2
12. Lok 5, tak u.fukt, 20 - 40 mm	10	1,6	36	0,018	0,1
13. Lok 6, tresonitt u.fukt	10	6,8	442	0,221	1,8
14. Lok 7, gulv, 0 - 20 mm	10	4,6	198	0,099	0,8
15. Lok 7, gulv, 20 - 40 mm	10	6,2	357	0,179	1,4
16. Lok 7, gulv, 40 - 55 mm	10	7,0	475	0,238	1,9
17. Lok 8, gulv kjørebane, 0 - 20 mm	10	2,8	86	0,043	0,3
18. Lok 8, gulv kjørebane, 20 - 40 mm	10	2,4	67	0,034	0,3
19. Lok 8, gulv kjørebane, 40 - 60 mm	10	1,4	30	0,015	0,1
20. Lok 9, gulv, 0 - 20 mm	10	5,2	249	0,125	1,0
21. Lok 9, gulv, 20 - 40 mm	10	4,8	214	0,107	0,9
22. Lok 9, gulv, 40 - 60 mm	10	4,4	183	0,092	0,7

Analysert av PØH, 07 – 08. september 23

VEDLEGG 4 - Armeringskorrosjon i betong

HVA ER BETONG OG HVORFOR BRUKES ARMERING

Betong består av hovedkomponentene:

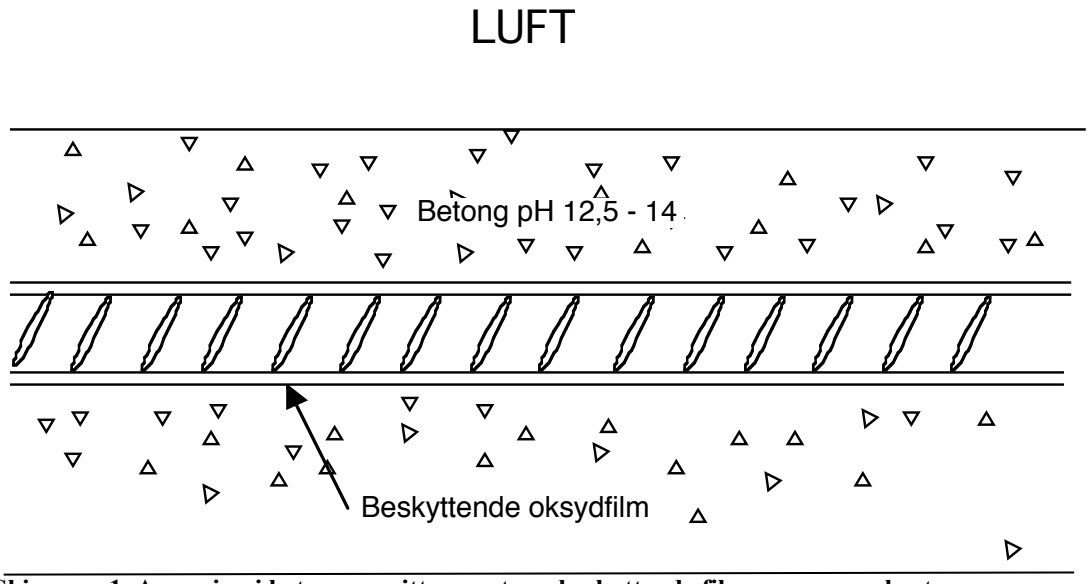
- Sand / stein
- Sement
- Vann

Når disse komponentene er blandet, fylles de vanligvis i en forskalingsform som rives når betongen er blitt sterk nok. Det som gir betongen styrke, er at vann og sement går sammen og danner en såkalt "sementpasta" som omslutter sand og stein. Denne prosessen kalles "herding" av betong.

Betong er et gammelt kjent bygningsmateriale. Slottet i Oslo ble oppført rundt 1850 og søylene på slottsbalkongen er av betong uten armering. Disse har et langt større tverrsnitt enn dagens betongsøyler hvor det er lagt inn jernstenger.

Etter ca. 1900 begynte man å legge inn jernstenger i betongen, og det er dette som kalles "armert betong" eller forsterket betong. Grunnen til dette er at betong tåler stor trykkbelastning og forholdsvis lave strekkrefter. Ved å legge inn jernstenger hvor betongen er utsatt for strekkrefter, er det mulig å lage betydelig slankere søyler og større spennvidder av dekker og bjelker.

Jernstenger som ligger ute begynner å ruste. Når jernstenger støpes inn i betong, blir de naturlig beskyttet av sementpastaen som har et såkalt basisk miljø, med pH - verdi 12,5 - 14 (nøytralt er pH = 7.) I dette miljøet med den høye pH - verdien, dannes det naturlig en tynn usynlig "hinne" som består av en oksydfilm på jernoverflaten. Denne filmen gir så god beskyttelse at jernet i praksis er evigvarende. Dette er vist på skissen som følger hvor oksydfilmen er markert:



Skisse nr. 1. Armering i betong omgitt av en tynn beskyttende film som er markert

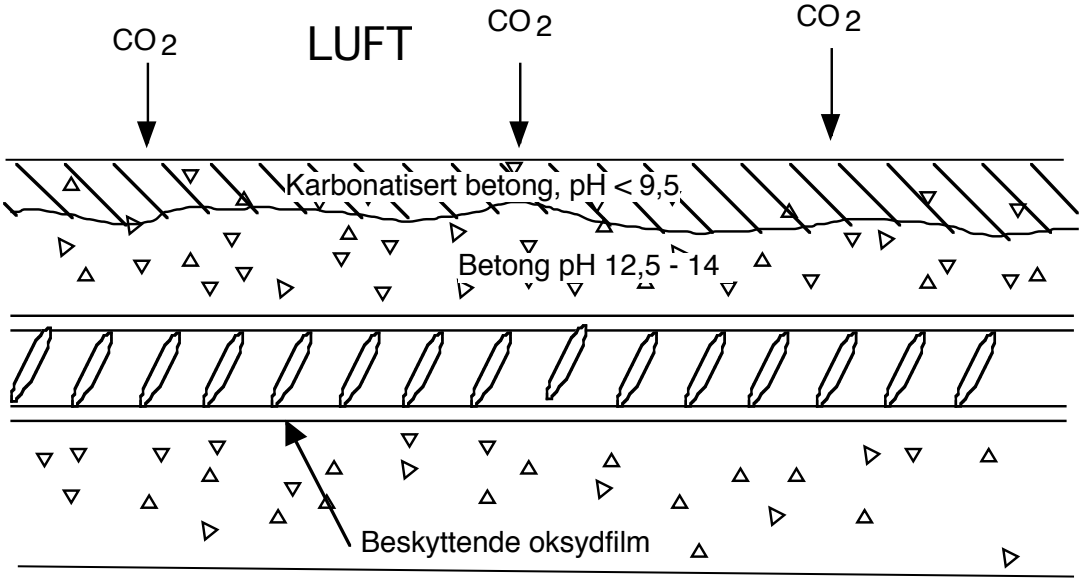
HVORDAN OPPSTÅR ARMERINGSKORROSJON I BETONG ?

Selv om betong i utgangspunktet er et bestandig bygningsmateriale, erfarer vi at det oppstår nedbrytning av armert betong. Av nedbrytning er armeringskorrosjon den mest vanlige. Korrosjon oppstår når den beskyttende oksydfilm brytes ned. Det er to hovedårsaker til at denne filmen brytes ned slik at det oppstår armeringskorrosjon:

- Karbonatisering
- Klorider

Karbonatisering

Vanlig betong er et porøst materiale som består av små porer og et nettverk av små sammenhengende ganger. Dette gjør at luft kan trenge inn i betongen. En bestanddel av luften er karbondioksyd (Kjemisk betegnelse CO2) og denne lager en "karbonatforbindelse" med betongen, derav navnet "karbonatisering". Dette medfører at betongen blir forsuret slik at pH - verdien synker fra 12,5 - 14 til under 9,5. På skisse nr. 2 som følger har karbonatiseringen foregått i det skraverte sjiktet i overflaten.



Skisse nr. 2. Det skraverte sjikt i overflaten er karbonatisert.

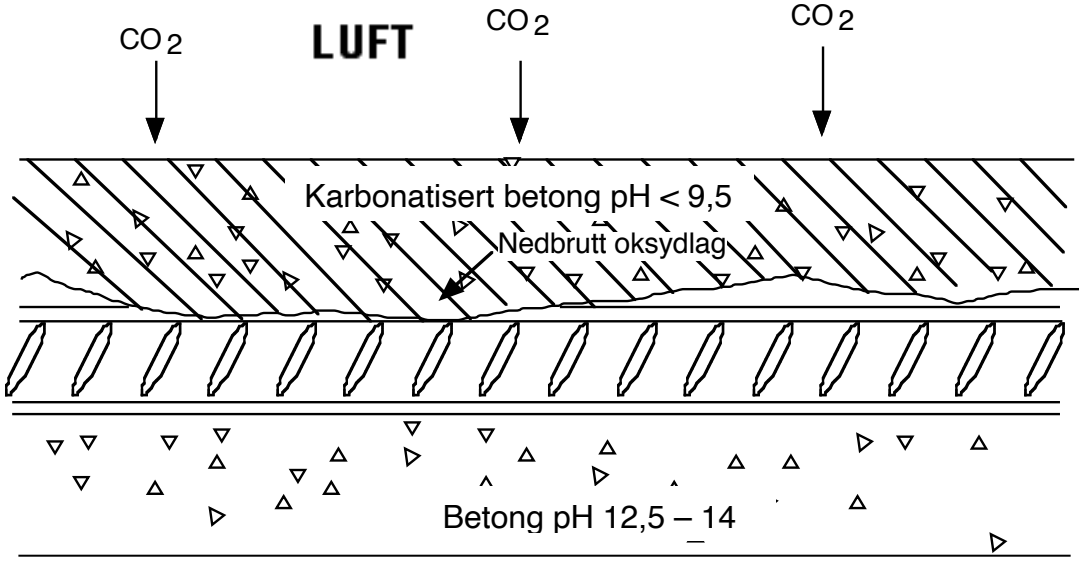
Skille mellom den karbonatiserte betong som er skravert på skisse nr. 2 og betongen under som ikke er påvirket, sees lett ved å bruke en spesiell indikatorløsning (fenolftalein). Dette gjøres ved å sprøyte løsningen på en fersk bruddflate i betongen. Karbonatisert betong (skravert) beholder sin naturlige grå- farge, mens betongen som er upåvirket blir rødlilla.

Tilstanden som vist på skisse nr 2 har ingen betydning for armeringen. Når det gjelder betongen blir denne sterkere da dannelsen av karbonat fyller porene i betongen.

Med tiden vil fronten mellom karbonatisert betong og frisk betong bevege seg videre innover. Karbondioksyd fra luften vil stadig få lengre vei inn til fronten og dette medfører at prosessen går saktere og saktere. Av denne grunn er det viktig at armeringen plasseres slik at

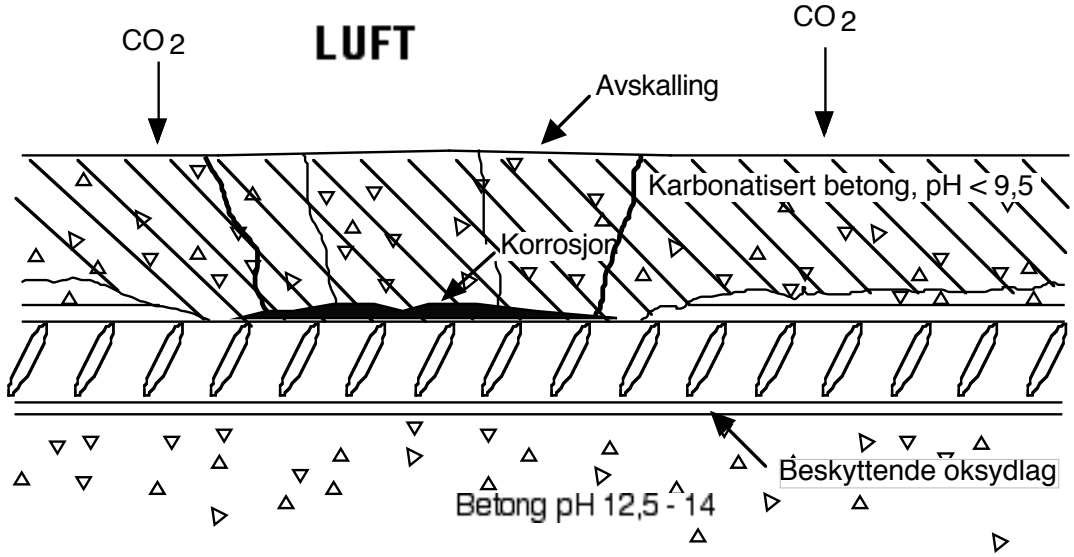
overdekningen tilsvarer anbefalingene som stilles i Norsk Standard, da det i standarden er nedfelt en bred erfaring med tanke på bestandighet.

Når karbonatiseringen når armeringsjernet, brytes beskyttelsesfilmen ned, som vist på skisse 3.



Skisse nr. 3. Karbonatisering har nådd armeringen og beskyttelsesfilmen er nedbrutt.

Når jernet har mistet sin beskyttelse, ruster jernet dersom det er fukt og tilgang på luft. Dette er tilfelle for utendørs konstruksjoner. Rust dannes av jern og luft og det opptar et volum som er flere ganger større enn opprinnelig jern. Dannelse av rust fører derfor til at det oppstår sprengkrefter mellom armering og betong og resultatet sees som avskallet betong over armeringsjernet. Dette er vist på skisse nr 4.



Skisse nr. 4. Nedbrutt film og dannelse av rust på armeringen. Rusten sprenger løs betongen.

Karbonatiseringshastigheten er svært avhengig av betongkvalitet. Det er viktig at det brukes minst mulig vann i forhold til sementmengden. Forholdet er slik at jo mer vann det brukes, jo mer porøs og åpen blir betongen. Dette kommer av at overskuddsvann vil etterlate seg hulrom i betongen når den tørker. På sementsekkene er de trykket en oppfordring om å spare på vannet når en lager betong.

Klorider

Selv om betongen ikke er karbonatisert, kan den beskyttende film på jernoverflaten brytes ned. Dette skjer dersom betongen rundt jernet har et kloridinnhold over en bestemt mengde. Det har vist seg at denne mengden varierer fra konstruksjon til konstruksjon i de ulike miljø.

Dersom en tar utgangspunkt i Norsk Standard 3420, som gjelder i dag, anbefales at kloridinnholdet i betong som lages skal være lavere enn 0,4 vekt % av sementmengden.

Klorider i betong er tilsatt som salt ved støping for å unngå frost om vinteren. Samtidig oppnås en akselererende herding av betongen. Ellers kommer salt inn i betongen utenfra, enten ved salting, eller saltvann i marint miljø.

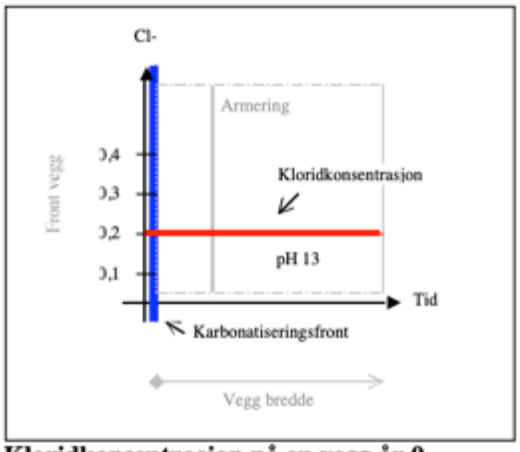
Når korrosjon (rust) på jern oppstår pga klorider oppstår det markerte gropdannelser på jernet. (av mange betegnet pitting).

Korrosjon som oppstår pga klorider, medfører et mye større problem enn karbonatisering.

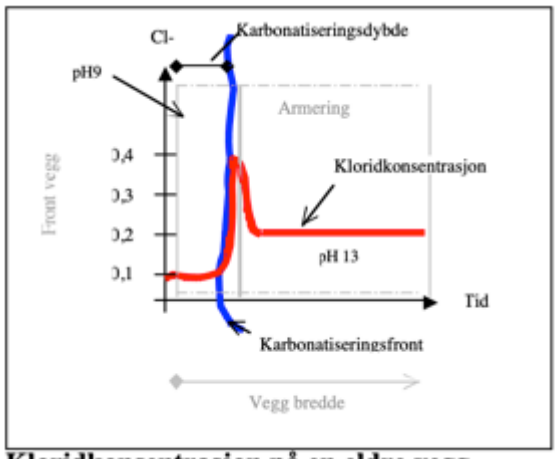
Karbonatisering + klorider

For konstruksjoner der karbonatiseringsdybden er i ferd med å nå, men ikke har nådd, armeringen er det funnet armeringskorrosjon selv ved så lave kloridkonsentrasjoner som 0,2 vekt % av sementvekten. Årsaken til dette er at kloridene naturlig anrikes i den friske betongen like foran karbonatviseringsgrensen. Denne kombinasjonen av karbonatisering og klorider øker faren for armeringskorrosjon betydelig.

Som figuren til venstre under viser er kloridinnholdet likt i hele konstruksjonen dersom det er tilsatt klorider i støpeprosessen. Karbonatiserings-fronten sammenfaller med veggens yterflate fordi forskalingen tetter til slik at det ikke kommer karbondioksid i kontakt med betongflaten. Når forskallingen fjernes vil det normalt oppstå en karbonatisering av de første 1 – 3 mm betong målt fra yttersiden. Deretter beveger karbonatiseringsfronten seg langsomt innover i konstruksjonen, avhengig av betongkvalitet, overflatebehandling og fuktinnhold.



Kloridkonsentrasjon på en vegg år 0.



Kloridkonsentrasjon på en eldre vegg.

Etter noen år vil karbonatiseringsfronten ha trengt dypere inn i betongen. Kloridene er ikke en del av reaksjonen som kalles karbonatisering, men blir dyttet videre inn i betongen på grunn av prosessen. Det oppstår en opphopning (bølge) av klorider ved karbonatiseringsfronten. Klorid-innholdet før og etter "bølgen" er så lavt at det alene ikke vil initiere korrosjon.

I den perioden armeringen ligger i området med høyest kloridinnhold, som vist på figuren til høyre på forrige side, er det er risiko for at det oppstår armeringskorrosjon. Når korrosjon først er igangsatt har jernet vesentlig lavere terskel for videre korrosjon selv om kloridinnholdet er lavt. Samtidig har man ikke lenger den korrosjonsbeskyttelsen betongen gav før den ble karbonatisert.

HVORFOR ER ARMERINGSKORROSJON ET PROBLEM?

Som tidligere nevnt skal armeringen oppta strekkreftene for betongen. Armeringsstengene er derfor plassert i strekksonene.

I første fase er armeringskorrosjon av estetisk art ved at en ser enkelte korroderte jern. Etter hvert vil korrodert armering sprenge løs betongbiter, og dette kan for eksempel føre til personskade dersom betongbiter faller ned hvor det ferdes mennesker.

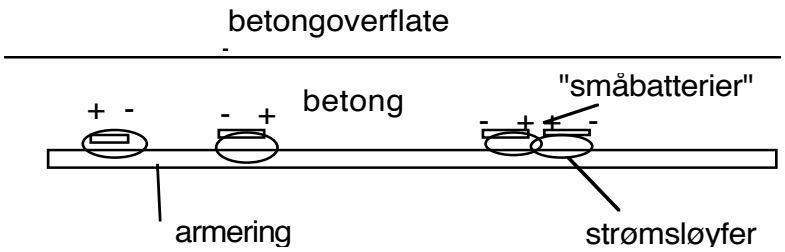
Etterhvert som korrosjonsprosessen skrider frem, vil armeringen miste sitt tverrsnitt slik at det er fare for bæreevnen.

VEDLEGG 5

Katodisk beskyttelse av armert betong
Der armeringen ligger i betong med høyt kloridinnhold må det gjøres spesielle tiltak dersom en ønsker å stoppe fremtidig armeringskorrosjon.

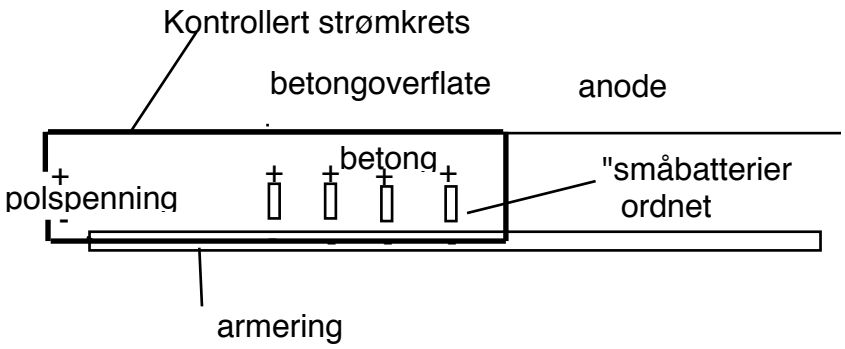
I prinsipp består en korrosjonsprosess av strømmer av ladninger mellom ulike områder på armeringen og disse områdene ligger ”hulter til bulter” på ståloverflaten. Dette kan sammenlignes med mange batterier der det løper strøm mellom polene på batteriet. Dette betyr at det går destruktive og ukontrollerbare strømmer på armeringen, og dette fører til korrosjon som kan sprenge løs betongsjiktet over armeringen. Det kan også dannes dype groper i armeringen (pitting). Prinsippet er vist på skisse 1:

Skisse 1 som viser prinsippet for ukontrollert korrosjon på armeringen



Det finnes i praksis kun en metode for å kontrollere disse destruktive strømmene på armeringen i betong. Dette gjøres ved å påtrykke en tilsvarende batterispenning mellom armeringen og et elektrisk ledende spesialmateriale som plasseres i betongen eller påføres betongoverflaten. Ved bruk av den omtalte spenning som kan sammenlignes med en påtrykt kraft, presses alle batteriene inn i et ordnet mønster slik at armeringen blir en enhetlig negativ pol (katode), mens det elektrisk ledende materialet blir den positive pol (anode). Det en i prinsippet gjør, er at områdene som ruster flyttes over til anoden som er laget bestandig mot oppløsning i motsetning til armeringstål. Dette kalles katodisk beskyttelse (KB) av armering i betong. Prinsippet er vist på skissen nedenfor hvor en får ordnet «småbatteriene» slik at en får kontroll over korrosjonen:

Skisse 2 viser prinsippet for katodisk beskyttelse på armeringen



Alternativt kan en velge mekanisk reparasjon ved meisling av armert betong. Dette vil medføre et stort meislingsomfang fordi den kloridinfiserte betongen må fjernes. Dersom man kun meisler synlige skader, viser erfaring at det vil oppstå nye skader i randsonene av reparasjonene.

Vi har sett mange forsøk på å legge en tett membran eller støpeasfalt over garasjedekker der betongen har et høye kloridinnhold. Dette vil hindre at betongen blir tilført fukt og veisalt, men all erfaring viser at dette ikke stopper videre korrosjon. Betongen inneholder mer enn nok fukt og oksygen slik at korrosjonen på armeringen fortsetter.

Teknisk sett er derfor katodisk beskyttelse (KB) av armeringen i kloridholdig betong den beste metoden for å hindre armeringskorrosjon.