ØDEGÅRD OG LUND AS

Konsulenttjenester innen betongrehabilitering

SOLLISKOGEN BORETTSLAG

STIKKPRØVEBASERT TILSTANDSANALYSE
AV GARASJEANLEGG I ARMERT BETONG

Oppdragsgiver: Solliskogen Borettslag

Mars 2026

0. OPPDRAGSOVERSIKT

RAPPORTENS TITTEL:	Solliskogen Borettslag – garasjeanlegg i armert betong Stikkprøvebasert tilstandsanalyse av garasjeanlegg i armert betong under boligblokker
RAPPORT NR:	Ø.L. 2378
OPPDRAGSFORMIDLER:	Vansjø Boligbyggelag v/ Lars Knutsen
OPPDRAGSGIVER:	Solliskogen Borettslag
SAKSBEHANDLER:	Trond E. Amundsen, Pål Ødegård Hanssen
FAGANSVARLIG:	Bjørn Lund / Olav S. Ødegård

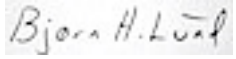
Kort sammendrag: Det er ikke vanskelig å finne synlige betongskader i garasjen. Skadeomfanget er størst i bunnparti av skillevegger og søyler. Skadene skyldes at kloridholdig tinevann som gjennom mange år er fraktet inn med biler er sugd kapillært opp i bunnpartiet av betongen. Kloridene har gitt armeringskorrosjon og, som følge av dette, utsprengning av betong.

Også i bunnparti av bakvegger er det målt forhøyede kloridinnhold, men her er variasjonene større. Ulik bruk av de enkelte parkeringsplasser, fallforhold og det faktum at armeringen generelt ligger noe lenger inn i betongen kan forklare variasjonene. Dog er det snakk om kloridinnhold som til dels er høye og som på sikt vil gi synlig skadeutvikling. Skadeomfanget er mer begrenset, men skadepotensialet er ubetinget forhøyet.

Over bunnparti av vegger/ søyler er det ikke funnet forhøyede kloridinnhold hvilket betyr at betongen ikke er tilsatt klorider ved støpning. I tak er det, - basert på prøvetakingen, karbonatisering og lav betongoverdekning som er årsak til betongskadene som lokalt er observert.

Tiltak: Betongskader utbedres. Tilstanden under asfaltnivå kontrolleres. For å hindre ny skadeutvikling i konstruksjonsdeler med forhøyede kloridinnhold etableres i tillegg katodisk beskyttelse (KB) av armeringen. Metoden er permanent og krever fremtidig oppfølging.
Det utføres en generell preventiv overflatebehandling for å beskytte den armerte betong mot videre nedbrytning. Betongflater påføres maling med karbonatiseringsbremsende egenskaper. I bunnparti av søyler og vegger etableres det hulkiler som forsegles. Uten tiltak vil skadeomfanget øke.

Ødegård og Lund AS
Rødbergveien 59 B
0591 OSLO
Telefon: 22 72 12 60
e. mail: trond@olbetong.no
Oslo 10 mars 2026



Trond E. Amundsen Bjørn Lund

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

INNHOLDSFORTEGNELSE

0. OPPDRAGSOVERSIKT **1**

INNHOLDSFORTEGNELSE **2**

1. BAKGRUNN **3**

2. ÅRSAKER TIL SKADER I ARMERT BETONG **3**

2.1 Karbonatisering av betong *3*

2.2 Klorider *4*

3. UNDERSØKELSER **4**

4. RESULTATER OG VURDERINGER **5**

4.1 Visuell befaring *6*

4.2 Karbonatisering og armeringsoverdekning *6*

4.2.1 Karbonatisering og overdekning – bunn av skillevegger, bakvegger og søyler 6

4.2.2 Karbonatisering og overdekning – brysthøyde av skillevegger, bakvegger og søyler 7

4.2.3 Karbonatisering og overdekning – tak 7

4.3 Klorider og armeringsoverdekning *7*

4.3.1 Klorider og armeringsoverdekning – brysthøyde i skillevegger, bakvegger,søyler og i tak .. 8

4.3.2 Klorider og armeringsoverdekning – bunnparti på skillevegger og søyler 8

4.3.3 Klorider og armeringsoverdekning – bunnparti på bakvegger 8

5.1 Oppsummering av armeringstilstand *9*

5.2 Vurdering av vedlikeholdsmetoder *10*

5.3 Anbefalte tiltak *11*

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

Solliskogen Borettslag i Moss kommune har et garasjeanlegg i et plan under 4 blokker i armert betong, som etter sigende er oppført i slutten av 1970 årene.

Styret ønsker å vite mer om tilstanden på garasjeanlegget og på denne bakgrunn har Ødegård og Lund AS fått i oppdrag å utføre en stikkprøvebasert undersøkelse av den armerte betongen i henhold til vårt tilbud av 02 desember 2025. Hensikten med undersøkelsen er å vurdere skadeomfang og skadepotensial og ut fra dette vurdere behovet for tiltak.
Feltarbeidene ble foretatt i januar 2026.

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 pga. karbonatisering er lavere enn

for betong med et høyt kloridinnhold, men armering i karbonatisert betong kan dog utvilsom også medføre omfattende skader over tid, og 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 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.

3. UNDERSØKELSER

Som omtalt over er garasjeanlegg 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 omfang av skader, årsak til skader og det fremtidige skadepotensial. Med bakgrunn i disse vurderinger skisseres mulige tiltak.

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

- 4 stk skillevegger
- 3 stk bakvegger
- 2 stk søyler
- 3 stk tak

Betongprøver ble tatt ut fra områder med synlige skader og ledige parkeringsplasser. Lokaliteter ble også plassert i områder uten åpenbare synlige skader, som referanser for å forhåpentligvis kunne si noe mer om tilstanden samlet sett. Styret organiserte tilgang til garasjeanlegget.

Resultater og beskrivelse av lokaliteter er gitt i vedlegg 2. I hver lokalitet er det foretatt følgende målinger:

- Visuell registrering av tilstand
- 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.
- Armeringsoverdekning (avstand fra overflaten og inn til armering). Benyttet Covermeter type ”Profometer 3”.
- 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).
    - Skillevegger, søyler og bakvegger dybdesjikt 0 – 15 mm, 15 – 30 mm og 30 – 45 mm i bunn, i brysthøyde 0 – 40 mm.
    - Tak: dybdesjikt 0 – 40 mm

- Kloridprøvene ble løst i syre, nøytralisert og analysert i lab. ved bruk av Quantab-metoden.
- Opphugging for visuell vurdering av armeringstilstand i 8 av 12 lokaliteter.

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:

- Skillevegger, bakvegger og søyler er malt. Det er en del malingsavflassing / krakelering og frostskader i bunnpartier (foto nr. 3, 6, 10, 14, 16, 18, 19, 20 og 21).
- Det er lett å avdekke betongskader i tak form av synlig korroderende armering, bom, riss og påbegynnende utsprengning, spesielt på skillevegger og søyler (foto nr. 7, 14, 16 og 21).
- Opphugning i noen av disse avdekket korroderende armering (foto nr. 4, 8, 9, 11, 15 og 17).
- Hovedmengden av de kontrollerte områdene har en slags hulkil i overgang asfalt og bunn i bunn av søyler og vegger i form av en forhøyet asfaltkant (foto nr. 3, 6 og 16).
- I en av lokalitetene er det etablert en nedsenket dreneringsgrøft inn mot veggen (foto nr. 12 og 13).

4.2 Karbonatisering og armeringsoverdekning

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

Tabell med sammenstilling av resultater:

Konstruksjonsdel	Karbonatiseringsdybde (mm)	Armeringsoverdekning (mm)
Skillevegger	Brysthøyde: 25 – 35 Bunnparti: 15 – 25	Brysthøyde: +13, Hm +20 Bunnparti: 20
Bakvegger	Brysthøyde: 20 – 30 Bunnparti: 12 – 17	Brysthøyde: +25 Bunnparti: +30
Søyler	Brysthøyde: 25 – 35 Bunnparti: 10 – 20	Brysthøyde: +12 Bunnparti: +10
Tak	13 – 20	+10, Hm +19

4.2.1 Karbonatisering og overdekning – bunn av skillevegger, bakvegger og søyler

De målte karbonatiseringsdybder er forholdsvis lave i forhold til armeringsoverdekningen. Karbonatisering utgjør ikke et bestandighetsproblem i disse konstruksjonsdeler.

Grunnen til at karbonatiseringsdybdene ofte er lavere i de nevnte konstruksjonsdeler er at betongen er mer utsatt for fuktoppsug, enten fra grunnen/ terreng eller fra vann som dras inn med biler. Når betongen fuktes opp blir porene i større grad fylt med vann. Da det går en tid før vannet fordamper, vil dette hindre/ bremse inntrengning av CO_2-gass fra luften og inn i porene, på denne måten bremses også karbonatiseringsreaksjonen.

4.2.2 Karbonatisering og overdekning – brysthøyde av skillevegger, bakvegger og søyler

For skillevegger, bakvegger og søyler var målt karbonatiseringsdybde i brysthøyde 20 – 35 mm. Målinger viser, som forventet, en høyere karbonatiseringsdybde over bunnpartiene. Armeringsoverdekningen utviser store variasjoner fra +12 mm. Betydelige deler av armeringen er omgitt av karbonatisert betong og befinner seg derav i en labil tilstand. Dette har likevel ikke resultert i noen synlig skadeutvikling. Skadepotensialet er noe forhøyet men risikoen for noen stor fremtidig skadeutvikling vurderes som relativt lav.

4.2.3 Karbonatisering og overdekning – tak

Overdekningen til bærearmeringen ligger fra 10 mm, med hovedmengde fra +19 mm. Karbonatiseringsdybden er målt til 13 – 20 mm, dette vil si at en forholdsvis stor del av armeringen i tak ligger i karbonatisert betong, eller i betong hvor karbonatiseringfronten nærmer seg. Det er synlige lokale skader relatert til armering med lavest overdekning, men disse er få. Da deler av armeringen er i labil tilstand er også skadepotensialet noe forhøyet. Den fremtidige skadeutviklingen vil i disse tilfeller hovedsakelig være gitt av fuktinnholdet i betongen. Enhver form for økt fukt vil gi akselerert korrosjonshastighet og skadeutvikling. Holdes betongen derimot ”tørr” vil skadeutviklingen bremses. Vi kjenner ikke til om det er noe fuktgjennomgang i tak.

4.3 Klorider og armeringsoverdekning

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)
Skillevegger	Brysthøyde: +13, Hm +20 Bunnparti: 20	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunnparti: 1,7 – 3,3 i dybde 00 – 20 mm 2,2 – 4,3 i dybde 20 – 40 mm 1,7 – 4,0 i dybde 40 – 60 mm
Bakvegger	Brysthøyde: +25 Bunnparti: +30	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunnparti: 0,1 – 1,5 i dybde 00 – 20 mm 0,7 – 2,1 i dybde 20 – 40 mm 0,6 – 2,6 i dybde 40 – 60 mm

Søyler	Brysthøyde: +12 Bunnparti: +10	Bryst: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 2,1 – 2,8 i dybde 00 – 20 mm 1,7 – 3,6 i dybde 20 – 40 mm 2,2 – 4,0 i dybde 40 – 60 mm
Tak	+10, Hm +19	0,1 i dybde 00 – 40 mm

4.3.1 Klorider og armeringsoverdekning – brysthøyde i skillevegger, bakvegger, søyler og i tak

Det er tatt kloridprøver i brysthøyde av skillevegger, bakvegger, søyler og i tak. Her påvirkes ikke betongen av oppsug av kloridholdig veisalt som er fraktet inn på gulvet. Forhøyede kloridinnhold i disse områdene vil bety at betongen er tilsatt klorider ved støpning. Resultatene viser det naturlige kloridinnholdet på inntil 0,1%, og det vil si at betongen ikke ble tilsatt klorider ved støpning.

4.3.2 Klorider og armeringsoverdekning – bunnparti på skillevegger og søyler

Armeringsoverdekningen er fra 10 – 25 mm, med en hovedmengde i intervallet 20 – 25 mm. Aller lavest overdekning lavest på søyler med 10 – 16 mm. Kloridinnholdet i de totalt seks undersøkte lokalitetene, hvorav fire skillevegger og to søyler, fordeler seg som følger:

- Sjikt 0 – 15 mm: 1,7 – 3,3%
- Sjikt 15 – 30 mm: 1,7 – 4,3%
- Sjikt 30 – 45 mm: 1,7 – 4,0%

Dette er svært høye innhold som bekrefter at kloridholdig tinevann fra biler gjennom mange år er sugd kapillært opp i bunnpartiene. Når vannet fordamper blir kloridene liggende igjen og over tid akkumuleres et høyt innhold i betongen. Over tid vil kloridene stadig diffundere innover i betongen mens yttersjiktene får påfyll av nye klorider for hver vintersesong.

En ser også på profilene at kloridinnholdet generelt øker innover i betongen hvilket er en ytterligere bekreftelse på at det er benyttet en lav betongkvalitet som er betydelig mer åpen for dyp kloridinntrengning. Synlige betongskader er utviklet i et stort omfang og opphugning bekrefter massiv korrosjon. Skadeomfanget er stort og det er behov for omfattende tiltak.

4.3.3 Klorider og armeringsoverdekning – bunnparti på bakvegger

I bunnparti av bakvegger er det målt en noe høyere overdekning, fra 30 – 40 mm. Kloridinnholdet og – fordelingen fordeler seg som følger i de tre undersøkte lokaliteter:

- Sjikt 0 – 15 mm: 0,1 – 1,5%
- Sjikt 15 – 30 mm: 0,7 – 2,1%
- Sjikt 30 – 45 mm: 0,6, 0,9 og 2,6%

Enn merker seg at konsentrasjonene hovedsakelig øker innover i betongen. Dette forteller at eksponeringen har foregått over tid og at det er benyttet en relativt lav betongkvalitet som er mer åpen for dyp inntrengning av klorider.

I sjiktet 30 – 45 mm hvor armeringen befinner seg, varierer innholdet i de tre lokalitetene fra noe forhøyet til svært høyt. I førstnevnte med et noe forhøyet innhold avdekket tilfeldig opphugning rent jern, i sistnevnte med et svært høyt ble det bekreftet betydelig korrosjon på armering med lavest overdekning. Variasjonene har sannsynligvis å gjøre med faktorer som fallforhold samt bruken av de enkelte parkeringsplasser. Samlet sett har kloridbelastningen vært lavere enn i søyler og skillevegger, dog er kloridinnholdene som er målt høye nok til både å ha gitt skader og til å kunne gi fremtidige skader.

Sammenliknet med søyler og skillevegger er det synlige skadeomfanget betydelig mindre. Naturligvis har dette sammenheng med en totalt sett lavere kloridbelastning. Samtidig er det viktig å være klar over at betonkvaliteten er reltaivt lav hvilket innebærer at det er en forholdsvis stor andel grove og sammenhengende porer i betongen. Overdekningen er i tillegg noe større enn for skillevegger/ søyler.

Summen av de to ovennenvte forhold vil forlenge tiden det tar før betongen utvikler synlige skader, ettersom mer korrosjonsprodukter er nødvendig for å å sprenge ut betongen. Skadeomfanget er forholdsvis begrenset, uten tiltak forventes over tid en økning i omfanget av sakder. Skadepotensialet er derfor høyt, men variasjonene er store.

5. OPPSUMMERING AV ARMERINGSTILSTAND - VURDERING AV TILTAK

5.1 Oppsummering av armeringstilstand

Omfanget med synlige betongskader og skadepotensialet er varierende. De alvorligste skader som er registrert er forårsaket av armeringskorrosjon som følge av kloridinntrengning i betongen. Følgende konstruksjonsdeler er utsatt og har i ulikt omfang behov for tiltak:

Stort behov for tiltak:

- Bunnparti av skillevegger og søyler

Stort skadepotensial:

- Bunnparti bakvegger

Begrenset skadepotensial, men til dels en labil tilstand:

- Tak

Hovedutfordringen i forhold til bestandighet gjelder kloridinntrenging og dette er en utfordring man har i bunnpartiene av søyler og vegger hvor tinevann fra biler er sugd opp kapillært. Slike skader krever mer omfattende og kostbare tiltak sammenliknet med armert betong uten et forhøyet kloridinnhold.

5.2 Vurdering av vedlikeholdsmetoder

Påvisbare betongskader pga. armeringskorrosjon bør utbedres snarest. For skader der armeringen er omgitt av høyt kloridinnhold vil nye skader raskt oppstå i randsonen av reparasjonene, dersom det kun blir utført en begrenset mekanisk reparasjon av synlige skader enn ser i dag. Grunnen til dette er at kloridene blir fjernet i reparasjonene, mens den opprinnelige betongen fortsatt har høye kloridinnhold. Pga. den store 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.

Skal en oppnå langtidsbestandige reparasjoner og hindre fremtidig skadeutvikling i armert betong med høyt kloridinnhold har man i praksis to alternativ:

- Alt.1 Katodisk beskyttelse (KB) av armeringen
- Alt 2 Fullstendig mekanisk reparasjon

<u>Alternativ 1: Katodisk beskyttelse (KB)</u>

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 i prinsipp ikke. Denne egenskap har gitt metoden navnet «katodisk beskyttelse (KB)» av armeringen, som også har sin egen standard, *NS – EN 12 696*. 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.
KB er en relativ kostbar metode, og krever i tillegg fremtidig oppfølging. Fordelen med metoden er at meislingsomfanget reduseres.

<u>Alternativ 2: Fullstendig mekanisk reparasjon</u>

Innebærer at all betong med høyt kloridinnhold fjernes godt forbi armeringen – også der det i dag ikke er utviklet betongskader, for eksempel i bunn av vegger. Prinsippet går ut på å gjenskape de naturlig beskyttende egenskapene som betongen ga armeringen før kloridene trengte inn. For søylenes del vil fullstendig mekanisk reparasjon bety at store deler av tverrsnittet må pigges bort. Det må også fjernes så mye betong bak armeringen at kloridene ikke kan trenge tilbake til armering og starte ny korrosjon. Dette må også gjøres under asfalt hvilket innebærer at det må graves opp rundt skillevegger, søyler og trolig også stedvis på bakveggene. Tiltaket vil kreve midlertidig oppstempling, som må beregnes av en statiker.

5.3 Anbefalte tiltak

Alt.1. Katodisk beskyttelse (KB) av armeringen:
Som et diskusjonsgrunnlag har vi satt opp følgende tiltak, basert på at det etableres KB:

- Registrering og oppmerking av betongskader.
- Undersøke tilstand under asfalt.
- Utbedre betongskader. NB: På søylene vil det bli behov for midlertidig oppstempling, til disse vurderingene trengs bistand fra en statiker.
- Der armeringen er omgitt av betong med høyt kloridinnhold etableres KB. Dette gjøres ved bruk av en anode som er fuktbestandig og som har god kapasitet slik at den påtrykte likespenning kan holdes så lav som mulig, dette vil gi bedre langtidsbestandighet.
- Kontrollere og ved behov koble alle armeringsjern i innbyrdes metallisk kontakt (kontinuitet).
- Etablere en hulkilsløsning med vannskjerm i overgangen mellom gulv og bunn av skillevegger, søyler og bakvegger for å redusere fremtidig oppsug av kloridholdig veisalt fra bilene.
- Vurdere karbonatiseringsbremsende maling på øvrige betongflater. Dette er en spesialmaling som effektivt hindrer inntrengning av CO_2 i betongen slik at videre karbonatisering av betongen bremses. Malingen har også gode vannavvisende egenskaper som hindrer oppfukting av betongen pga. vann, fukt og kondens. NB: ved fuktgjennomgang fra terreng eller oppsug fra grunnen vil man få ny malingsavflassing, slike områder bør ikke males.
- Vannrenner langs bakveggene bør etter rengjøring og utbedring av betongskader og trolig etablering av KB påføres en membran som også går et stykke opp på betongveggens nedre del.

Når det gjelder bakvegger er variasjonene i tilstand som nevnt større enn for skillevegger/ søyler. Vår anbefaling er at man som basis tar utgangspunkt i samme omfattende tiltak som på skillevegger/ søyler. Supplerende prøvetaking underveis i et prosjekt kan utføres for om mulig å differensiere tiltak.

Alt 2. Fullstendig mekanisk reparasjon:
Meisling for full fjerning av kloridholdig betong vil bli svært omfattende og det blir nødvendig med oppgraving for å komme til all kloridholdig betong da klorider også forventes å ha trengt inn i betongen under asfaltnivå. Bistand fra statiker er i så fall nødvendig. Fordelen med denne metoden er at man slipper bruk av KB, og dette er en fordel, da et KB anlegg trenger oppfølging i overskuelig fremtid. Bakdelen er støy og trolig kostnader. Det blir meget omfattende meisling i betongen, noe som lydmessig forplanter seg i helle blokken.

Normalt ender man opp med reparasjon av betongskader kombinert med katodisk beskyttelse (alt. 1) av hensyn til både kostnader, støy, fremdrift og statikk. Fullstendig mekanisk reparasjon kan dog være et reelt alternativ ved ekstreme betongskader.

Alt av overflatebehandling: som for alternativ 1.

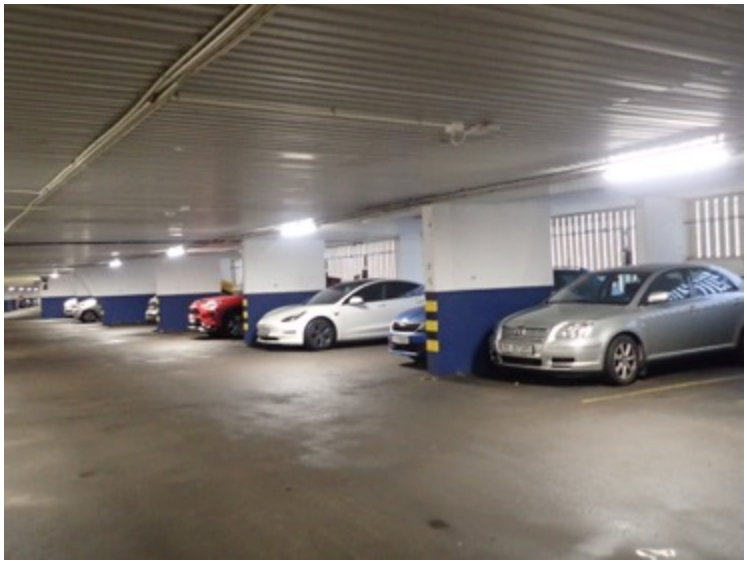


Foto nr. 1:
Oversiktsfoto over deler av garasjeanlegget. Hovedmengden av skilleveggene i armert betong har en større utsparring som vist på foto.

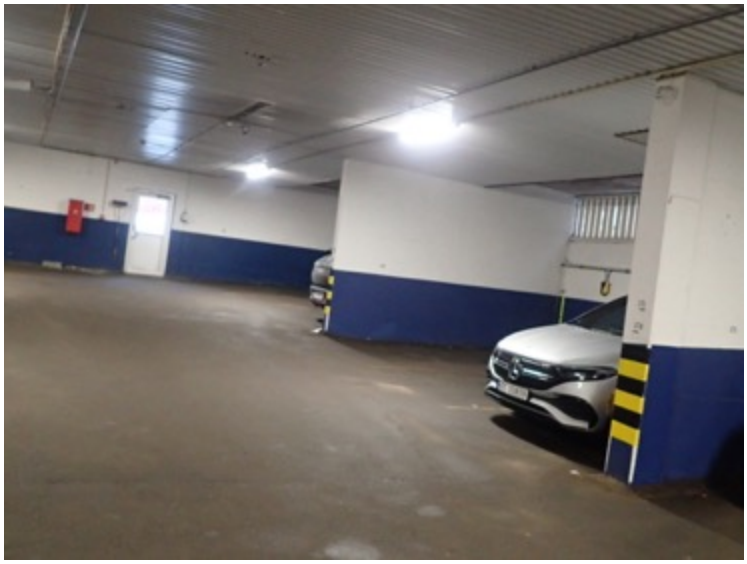


Foto nr. 2:
Det er også hele skillevegger uten utsparringer.

Foto nr. 3:
Skillevegg 1.
Valgte lokalitet har malingskrakelering og frostskader i ytre sjikt på betongen i bunn. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på skilleveggen. Flere bom i betongen i bunn.

Foto nr. 4:
Skillevegg 1.
Det ble hugget opp i en bom i bunn på hjørne hvor det ble avdekket korroderende armering som årsak til bom - lyden. Det korroderende vertikale armeringsjernet har overdekning 18 – 40 mm.

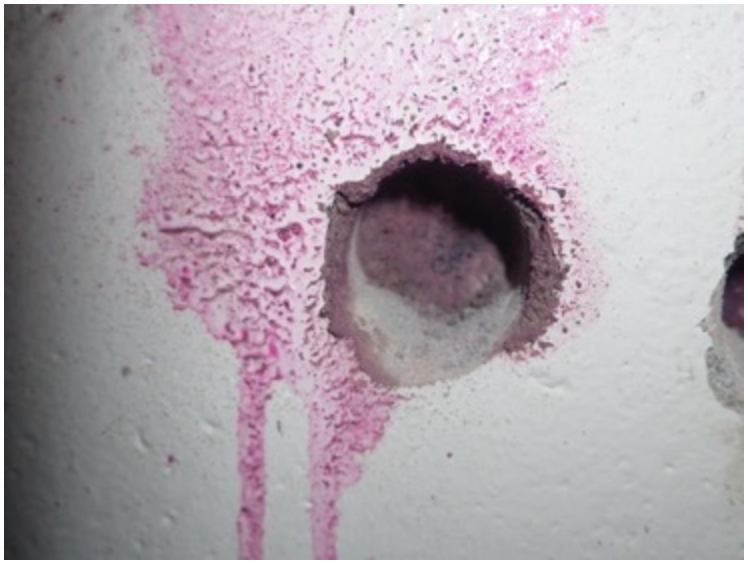


Foto nr. 5:
Skillevegg 1.
Måling av karbonatiseringsdybde. Påsprøyting av pH indikator fenolftalein i det påbegynte borehullet for uttak av kloridprøve i brysthøyde gir rød farge der betongen er ”frisk” og ikke karbonatisert. Her er dybden 25 mm.

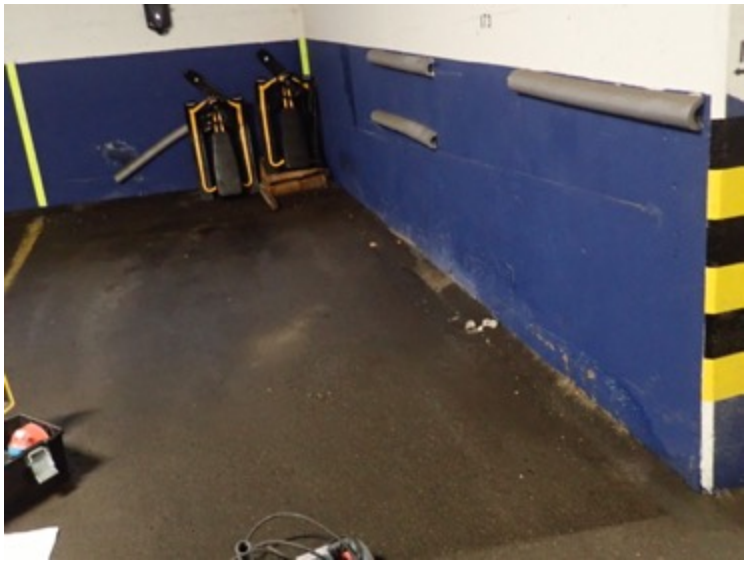


Foto nr. 6:
Skillevegg 3.
Valgte skillevegg har litt malingsavflassing og frostskader i bunn. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på skilleveggen.

Foto nr. 7:
Skillevegg 3.
Mot enden / forkanten på skilleveggen på forrige foto er det vertikale riss med bom i betongen. Se også neste foto.

Foto nr. 8:
Skillevegg 3.
Oh i riss med bom på forrige foto avdekket 4 korroderende vertikal armering som årsak til betongskaden.

Foto nr. 9:
Skillevegg 3.
På betongstykket som ble meislet av på forrige foto ser vi korrosjons-produktene er blitt presset inn i betongen. Det er dette trykket som skaper bom-lyden, riss og tilslutt utsprengingen.

Foto nr. 10:
Bakvegg 1.
Mye malingskrakelering og avflassing i hele veggens høyde. Litt porer i betongoverflaten.

Foto nr. 11:
Bakvegg 1.
Opphugning inn til et tilfeldig innmålt armeringsjern i bunn avdekket helt ren armering med overdekning 37 mm.

Foto nr. 12:
Bakvegg 3.
Lokalitet valgt på grunn av at asfalten er avsluttet et lite stykke fra bakveggen som da danner en 'sand-grøft' inn mot veggen.

Foto nr. 13:
Bakvegg 3.
Her ser vi at asfalten er avsluttet et stykke fra bakveggen, og dette for at det 'trolig er etablert en nedsenket dreneringsgrøft' inn mot veggen. Denne ble ikke undersøkt, da denne var full av sand etc.

Foto nr. 14:
Bakvegg 3.
Det var malingskrakelering, bom, riss og noe frostskader i bunn på veggen ned mot 'sand-grøften'.

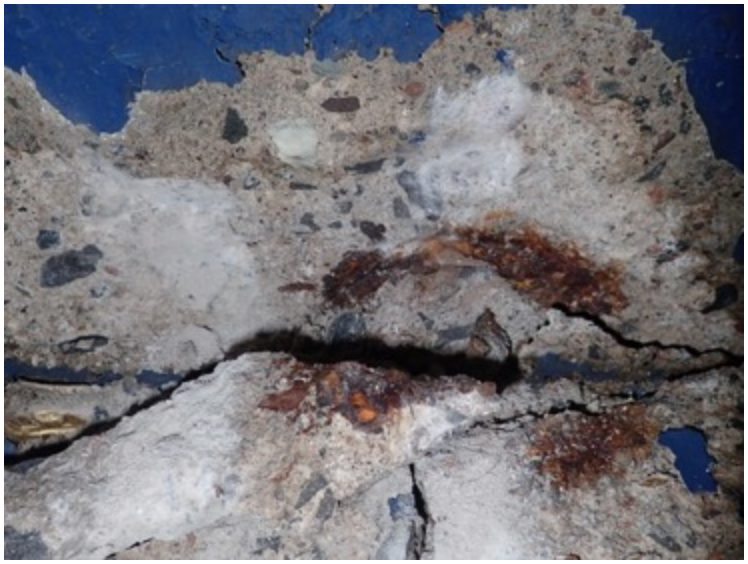


Foto nr. 15:
Bakvegg 3.
Opphugning i betongskaden på forrige foto avdekket korroderende armering (med 30 mm overdekning) som årsak til skaden.

Foto nr. 16:
Søyle 2.
Søylen har malt overflate med litt porer og malingskrakelering / avflassing i nedre del. Asfalten har en oppkant inn mot søylen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på søylen. Bom og litt frostskader i nedre del.

Foto nr. 17:
Søyle 2.
Opphugning i bom i bunn på et hjørne på søylen avdekket korroderende armering som årsak til skaden med overdekning 3 – 25 mm på vertikal og bøyle armeringsjern.

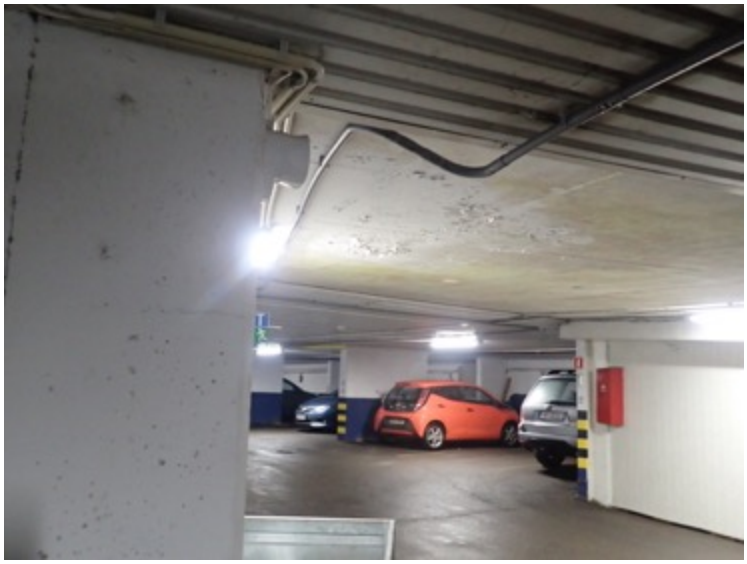


Foto nr. 18:
Tak 1.
Oversiktsfoto over deler av blottlagt betongtak i kulvert.

Foto nr. 19:
Tak 1.
Tilfeldig valgte område med malings-krakelering. Ingen porer, riss eller bom i valgte område (riss tilside for valgte område).

Foto nr. 20:
Tak 2.
Valgte område har en del malingskrakelering og noe porer i betongoverflaten. Ingen riss eller bom i valgte område.

Foto nr. 21:
Tak 3.
En del malingsavflassing ogs synlig korroderende armeringsjern (4 stk). Bom i betongen i forlengelsen av disse.

VEDLEGG 2 - FELTRESULTATER

Skillevegger, vegger og søyler:

Oversikt over undersøkte lokaliteter.

Målinger / Lokalitet	Karb. dybde [mm]	Overdekning [mm]	Kloridinnhold [vekt% av sementvekt]
SKILLEVEGGER			
Skillevegg 1. Parkeringsplass 56	Brysthøyde: 25 Bunn: 15	Brysthøyde: +30 Bunn: +25	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 2,8 i dybde 00 – 15 mm 3,1 i dybde 15 – 30 mm 4,0 i dybde 30 – 45 mm
Skillevegg 2. Parkeringsplass 102	Brysthøyde: 30 Bunn: 20	Brysthøyde: +21 Bunn: +30	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 3,1 i dybde 00 – 15 mm 4,0 i dybde 15 – 30 mm 4,0 i dybde 30 – 45 mm
Skillevegg 3. Parkeringsplass 173	Brysthøyde: 25 Bunn: 20	Brysthøyde: +13 (Hm +20) Bunn: +20	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 3,3 i dybde 00 – 15 mm 4,3 i dybde 15 – 30 mm 3,6 i dybde 30 – 45 mm
Skillevegg 4. Parkeringsplass 6	Brysthøyde: 35 Bunn: 25	Brysthøyde: +25 Bunn: +25	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 1,7 i dybde 00 – 15 mm 2,2 i dybde 15 – 30 mm 1,7 i dybde 30 – 45 mm
BAKVEGGER			
Bakvegg 1. Parkeringsplass 79	Brysthøyde: 20 Bunn: 17	Brysthøyde: +30 Bunn: +38	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 0,3 i dybde 00 – 15 mm 0,7 i dybde 15 – 30 mm 0,6 i dybde 30 – 45 mm
Bakvegg 2. Mellom parkeringsplass 84 og 85	Brysthøyde: 20 Bunn: 15	Brysthøyde: +30 Bunn: +41	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 0,1 i dybde 00 – 15 mm 0,7 i dybde 15 – 30 mm 0,9 i dybde 30 – 45 mm
Bakvegg 3. Parkeringsplass 195	Brysthøyde: 30	Brysthøyde: +25	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn:

	Bunn: 12	Bunn: +30	1,5 i dybde 00 – 15 mm 2,1 i dybde 15 – 30 mm 2,6 i dybde 30 – 45 mm
SØYLER			
Søyle 1. Parkeringsplass 115	Brysthøyde: 35 Bunn: 20	Brysthøyde: +12 Bunn: +16	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 2,8 i dybde 00 – 15 mm 3,6 i dybde 15 – 30 mm 4,0 i dybde 30 – 45 mm
Søyle 2. Parkeringsplass 194	Brysthøyde: 25 Bunn: 10	Brysthøyde: +25 Bunn: +10	Brysthøyde: 0,1 i dybde 00 – 40 mm Bunn: 2,1 i dybde 00 – 15 mm 1,7 i dybde 15 – 30 mm 2,2 i dybde 30 – 45 mm
TAK			
Tak 1. I kulvert mellom Kantarellstien 52 og 54	14	+19	0,1 i dybde 00 – 40 mm
Tak 2. Over kjørebanen utenfor parkerings-- plass 114	20	+24 (Hm +30)	0,1 i dybde 00 – 40 mm
Tak 3. Over parkerings- -plass 134	13	+10 (Hm +20)	0,1 i dybde 00 – 40 mm

Merknader: Følgende forkortelser blir brukt:

Oh: Opphugging
Od: Armeringsoverdekning
Karb: Karbonatisering
Hm: Hovedmengde

Kommentarer:

Skillevegg 1: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige skade. En del malingskrakelering og frostskader i bunn. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på skilleveggen. Mye porer i betongoverflaten. Flere bom i bunn. Oh i en bom i bunn på hjørne på avdekket korroderende armering som årsak til skaden med Od 18 – 40 mm på vertikal armeringsjern.

Skillevegg 2: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige skade. Malt overflate med litt porer. Litt malingsavflassing i nedre del. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på skilleveggen. Synlig betongskade, frostskader og steinreir i bunn. Oh i synlig skade i bunn på et hjørne på skilleveggen avdekket korroderende armering som årsak til skaden med Od 30 mm på vertikal armeringsjern.

Skillevegg 3: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige riss. Malt overflate med litt porer. Litt malingsavflassing og frostskader i bunn. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på

skilleveggen. Vertikale riss, frostskader og bom i betongen i bunn. Oh i riss og bom på enden i bunn på skilleveggen avdekket 4 stk paralelle korroderende armering som årsak til skaden med Od +20 mm.

Skillevegg 4: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige betongskade. Malt overflate med en del porer. Litt malingskrakelering og frostskader i bunn. Asfalten har en oppkant inn mot skilleveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på skilleveggen. Vertikale riss, frostskader og bom i betongen i bunn. Oh i riss og bom på enden i bunn på skilleveggen avdekket 2 stk paralelle korroderende armering som årsak til skaden med Od +25 mm.

Bakvegg 1: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og mye malingskrakelering og avflassing i hele veggens høyde. Asfalten har en oppkant inn mot bakveggen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på bakveggen. Litt porer i betongoverflaten. Ingen bom eller synlige betongskader. Oh inn til et tilfeldig innmålt armeringsjern i bunn avdekket helt ren armering med Od 37 mm.

Bakvegg 2: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlig vertikalt vannførende riss. Mye malingskrakelering og avflassing i hele veggens høyde i et lokalt område v/ risset. Litt porer i betongoverflaten og litt frostskader i bunn. Ingen bom i betongen.

Bakvegg 3: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og att asfalten er avsluttet et lite stykke fra bakveggen, og dette for at det 'trolig er etablert en nedsenket dreneringsgrøft' inn mot veggen. Denne ble ikke undersøkt, da denne var full av sand etc. Litt porer i betongoverflaten. Bom, riss og noe frostskader i bunn. Oh i bom i bunn avdekket korroderende armering som årsak til skaden med Od 30 mm.

Søyle 1: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige skader. Malt overflate med litt porer. Noe malingskrakelering og avflassing i nedre del. Asfalten har en oppkant inn mot søylen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på søylen. Riss, bom og litt frostskader i bunn. Oh i riss og bom i bunn på et hjørne på søylen avdekket korroderende armering som årsak til skaden med Od 3 – 35 mm på vertikal og bøyle armeringsjern.

Søyle 2: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige skader. Malt overflate med litt porer og litt malingskrakelering og avflassing i nedre del. Asfalten har en oppkant inn mot søylen som skaper en slags hulkil i overgang asfalt og bunn på søylen. Bom og litt frostskader i nedre del. Oh i bom i bunn på et hjørne på søylen avdekket korroderende armering som årsak til skaden med Od 3 – 25 mm på vertikal og bøyle armeringsjern.

Tak 1: Tilfeldig valgte lokalitet. En del malingskrakelering. Ingen porer, riss eller bom i valgte område (riss tilside for valgte område).

Tak 2: Tilfeldig valgte lokalitet. En del malingskrakelering. Noe porer i betongoverflaten. Ingen riss eller bom i valgte område.

Tak 3: Valgte lokalitet pga tilgjengelighet og synlige skader. En del malingsavflassing. Synlig korroderende armeringsjern (4 stk). Bom i betongen i forlengelsen av disse. Ingen porer eller riss.

Kloridanalyser

PROSJEKT: Solliskogen Brl, garasje

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

QUANTAB KONTROLLNR.: A5226A. Nedre deteksjonsgrense er 29 mg Cl- / l, øvre grense 605 mg Cl- / l Verdier under/ over disse grensene er ekstrapolerte verdier.

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

Prøvenummer og lokalitet	Innveid mengde betong	Avlest Quantab	Mengde Cl - (mg/l)	% Cl - av betongvekt	% Cl - av antatt sementvekt
1. Skillevegg 1, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
2. Skillevegg 1, bunn, 0 - 15 mm	10	8,0	707	0,354	2,8
3. Skillevegg 1, bunn, 15 - 30 mm	10	8,2	767	0,384	3,1
4. Skillevegg 1, bunn, 30 - 45 mm	10	8,8	992	0,496	4,0
5. Skillevegg 2, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,2	25	0,013	0,1
6. Skillevegg 2, bunn, 0 - 15 mm	10	8,2	767	0,384	3,1
7. Skillevegg 2, bunn, 15 - 30 mm	10	8,8	992	0,496	4,0
8. Skillevegg 2, bunn, 30 - 45 mm	10	8,8	992	0,496	4,0
9. Skillevegg 3, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
10. Skillevegg 3, bunn, 0 - 15 mm	10	8,4	835	0,418	3,3
11. Skillevegg 3, bunn, 15 - 30 mm	10	9,0	1082	0,541	4,3
12. Skillevegg 3, bunn, 30 - 45 mm	10	8,6	910	0,455	3,6
13. Skillevegg 4, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
14. Skillevegg 4, bunn, 0 - 15 mm	10	6,6	423	0,212	1,7
15. Skillevegg 4, bunn, 15 - 30 mm	10	7,4	562	0,281	2,2
16. Skillevegg 4, bunn, 30 - 45 mm	10	6,6	423	0,212	1,7
17. Vegg 1, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
18. Vegg 1, bunn, 0 - 15 mm	10	2,6	74	0,037	0,3
19. Vegg 1, bunn, 15 - 30 mm	10	4,4	186	0,093	0,7
20. Vegg 1, bunn, 30 - 45 mm	10	4,0	156	0,078	0,6
21. Vegg 2, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
22. Vegg 2, bunn, 0 - 15 mm	10	1,2	25	0,013	0,1
23. Vegg 2, bunn, 15 - 30 mm	10	4,2	171	0,086	0,7
24. Vegg 2, bunn, 30 - 45 mm	10	4,8	219	0,110	0,9
25. Vegg 3, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
26. Vegg 3, bunn, 0 - 15 mm	10	6,2	368	0,184	1,5
27. Vegg 3, bunn, 15 - 30 mm	10	7,2	523	0,262	2,1
28. Vegg 3, bunn, 30 - 45 mm	10	7,8	653	0,327	2,6
Prøvene er utført i henhold til Ødegård og Lund AS kvalitetsplan.					

Kloridanalyser

PROSJEKT: Solliskogen Brl, garasje

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

QUANTAB KONTROLLNR.: A5226A. Nedre deteksjonsgrense er 29 mg Cl- / l, øvre grense 605 mg Cl- / l Verdier under/ over disse grensene er ekstrapolerte verdier.

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

Prøvenummer og lokalitet	Innveid mengde betong	Avlest Quantab	Mengde Cl - (mg/l)	% Cl - av betongvekt	% Cl - av antatt sementvekt
29. Søyle 1, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
30. Søyle 1, bunn, 0 - 15 mm	10	8,0	707	0,354	2,8
31. Søyle 1, bunn, 15 - 30 mm	10	8,6	910	0,455	3,6
32. Søyle 1, bunn, 30 - 45 mm	10	8,8	992	0,496	4,0
33. Søyle 2, brysthøyde, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
34. Søyle 2, bunn, 0 - 15 mm	10	7,2	523	0,262	2,1
35. Søyle 2, bunn, 15 - 30 mm	10	6,6	423	0,212	1,7
36. Søyle 2, bunn, 30 - 45 mm	10	7,4	562	0,281	2,2
37. Tak 1, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
38. Tak 2, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1
39. Tak 3, 0 - 40 mm	10	1,0	20	0,010	0,1

Prøvene er utført i henhold til Ødegård og Lund AS kvalitetsplan.

Prøverester spares inntil 3 uker etter resultatutsendelse

VEDLEGG 4 - Armeringskorrosjon i betong

HVA ER BETONG OG HVORFOR BRUKES ARMERING

Betong består av hovedkomponentene:

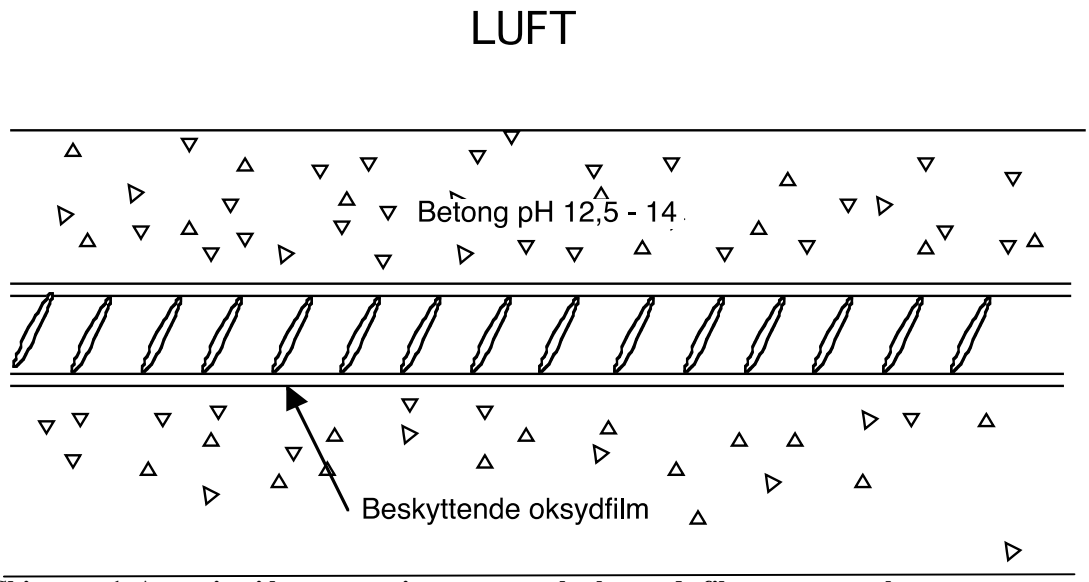
- Sand / stein
- Sement
- Vann

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

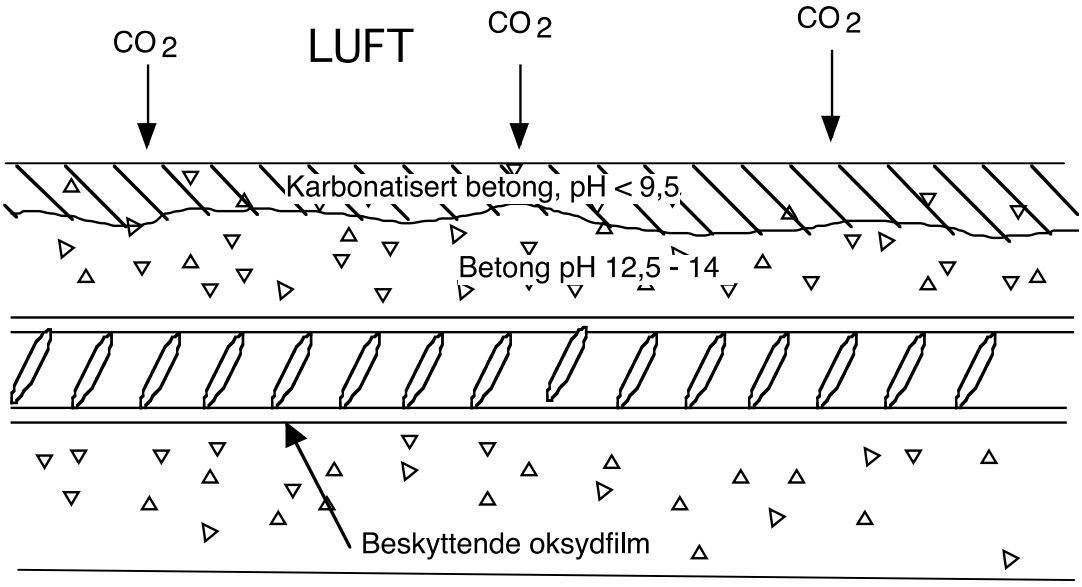
HVORDAN OPPSTÅR ARMERINGSKORROSJON I BETONG ?

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.

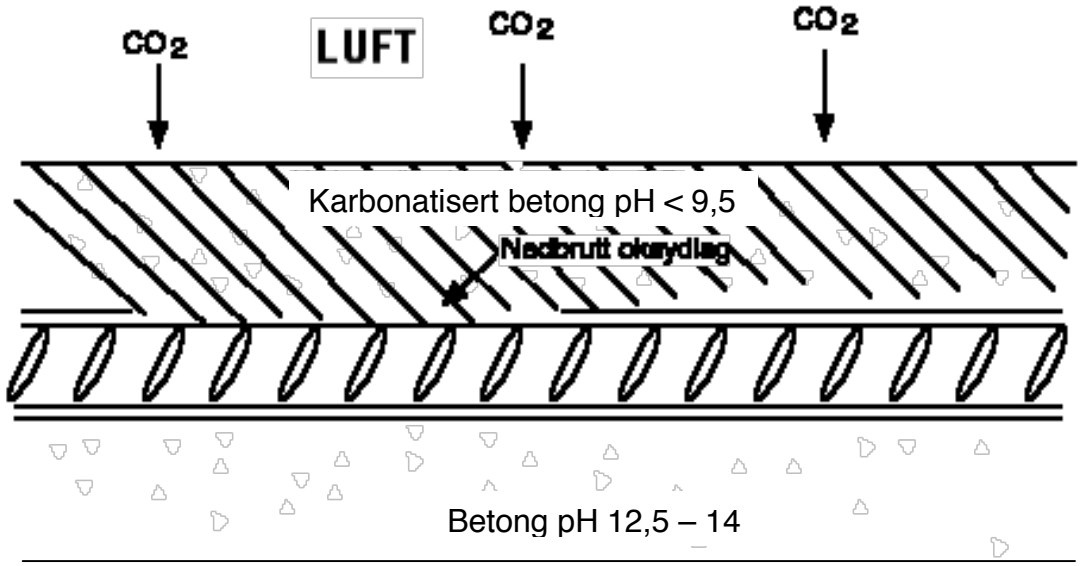
Skille mellom den karbonatiserte betong som er skravert på skisse nr. 2 og betongen under som ikke er påvirket, sees lett ved å bruke en spesiell indikatorløsning (fenolftalein). Dette gjøres ved å sprøyte løsningen på en fersk bruddflate i betongen. Karbonatisert betong (skravert) beholder sin naturlige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

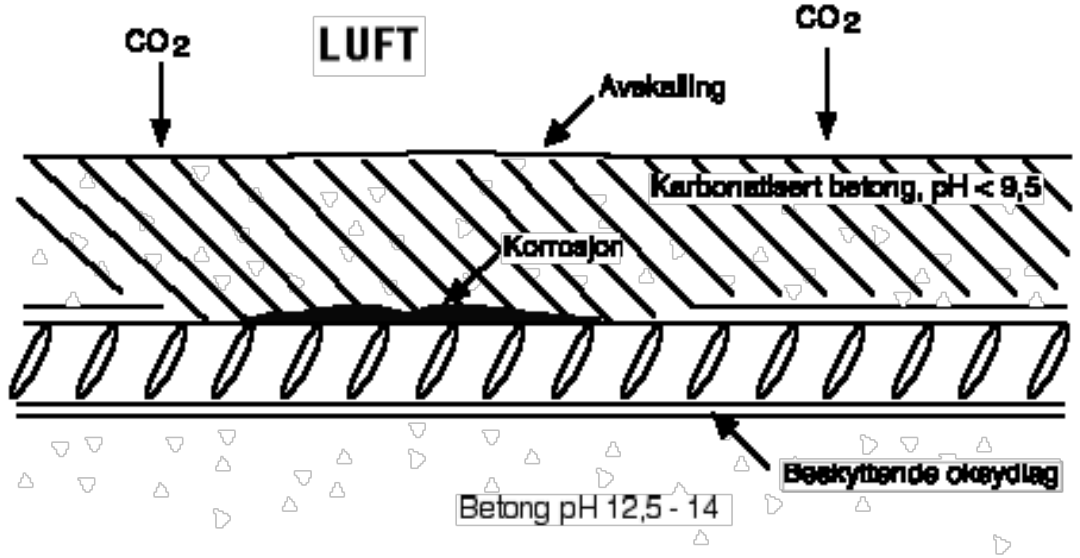
overdekningen tilsvarer anbefalingene som stilles i Norsk Standard, da det i standarden er nedfelt en bred erfaring med tanke på bestandighet.

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.

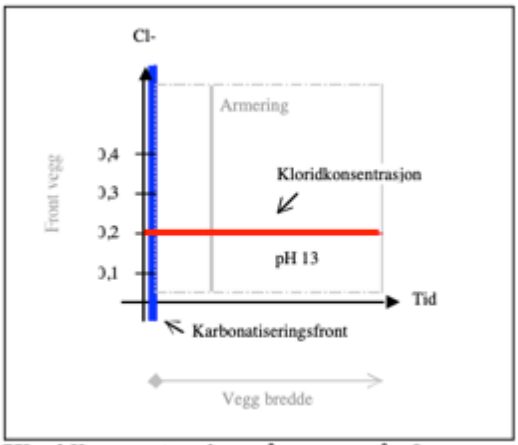
Når korrosjon (rust) på jern oppstår pga klorider oppstår det markerte gropdannelser på jernet. (av mange betegnet pitting).

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

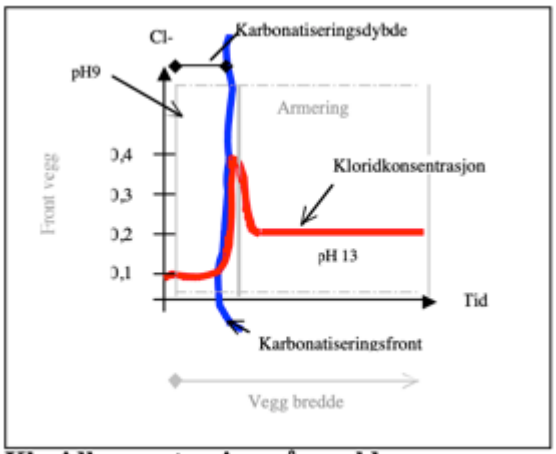
Karbonatisering + klorider

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.

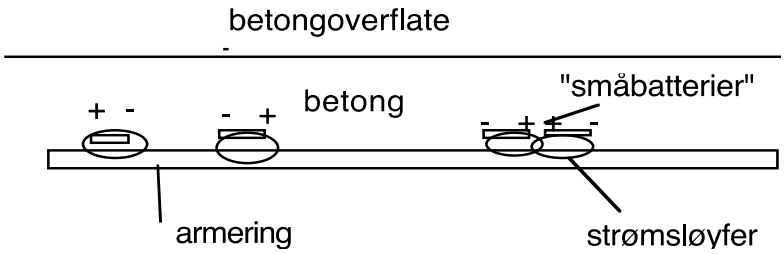
Etterhvert som korrosjonsprosessen skrider frem, vil armeringen miste sitt tverrsnitt slik at det er fare for bæreevnen.

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.

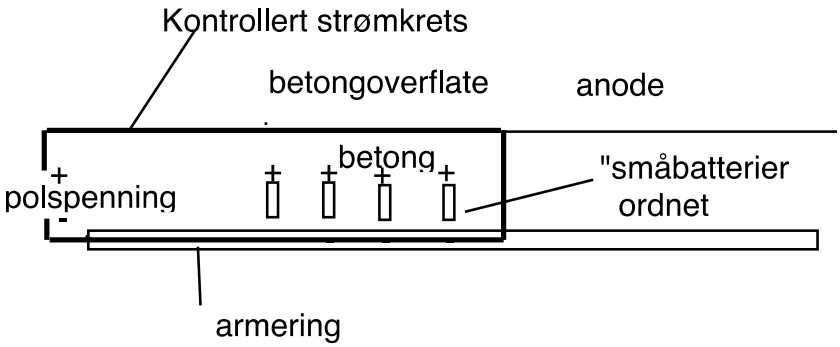
I prinsipp består en korrosjonsprosess av strømmer av ladninger mellom ulike områder på armeringen og disse områdene ligger ”hulter til bulter” på ståloverflaten. Dette kan sammenlignes med mange batterier der det løper strøm mellom polene på batteriet. Dette betyr at det går destruktive og ukontrollerbare 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.