

# Bærekraftig rehabilitering av høyblokker

E.F. Erdal

*UiT – Norges arktiske universitet i Narvik, Postboks 385, N-8505 Narvik*

Revised 15 mai 2021

---

## Sammendrag

Denne artikkelen er en kortversjon av masteroppgaven «Bærekraftig rehabilitering av høyblokker» av Eirik Friis Erdal (2021) og handler om forskjellige skademekanismer i betong og hvordan kartlegge disse samt hvilke metoder som brukes for å utbedre disse. Det er også tatt utgangspunkt i en eldre betongblokk på åtte etasjer som brukes som studentboliger av Norges Arktiske Studentsamkipnad i Tromsø. Denne betongblokken er bygget i 1972 og har behov for omfattende rehabilitering av utvendige bærende betongsøyler for å kunne forlenge levetiden før disse tildekkes med ny tidsriktig fasade som skal være gjenkjennelig som en av studentsamskipnaden sine bygninger.

Gjennom å gjøre ulike målinger på stedet og prøveuttak som ble sendt til betonglaboratorium for testing har det gitt grunnlag for å fastslå skadeårsak slik at rette metoder kan foreslås for å utbedre disse. Aktuelle funn som ble gjort var karbonatisering av den utvendige betongen, innstøpte klorider i enkelte støpeetapper, lav overdekning, avskallinger og sprekker i betong, rust i armeringen med mere.

I forbindelse med ny fasade er det blitt sett på kapasiteten av de utvendige søylene som skal bære den nye kledningen. Her er det vurdert metoder for å øke kapasiteten til søylene slik at de ikke skal ha så høy utnyttelse da det er vanskelig å fastslå eksakt gjenværende kapasitet i søyler som har vært skadet og skal rehabiliteres.

---

## 1. Innledning

Det blir til sammen brukt ca. 2,0 million tonn sement i året her i Norge. Dette utgjør til sammen i overkant av 4,4 millioner kubikkmeter med ferdig betong og prefabrikkert betongprodukter. I volum er betong brukt over dobbelt så mye som alle de andre byggematerialene til sammen.

Det kan sies at de fleste bygningene som kommer til å brukes i framtiden allerede er bygget. I etterkrigstiden var det store boligmangler i Norge delvis på grunn av bombing av bygninger, men også fordi at folketallet økte med at det ble født flere mennesker. Det ble da bygget mye betongblokker som gjorde at det kunne bygges høyere samt at dekkene kunne ha større spennvidder enn trebjelkelag som ble brukt tidligere. Dette ga bedre utnyttelse av rom og større leiligheter. Mange av disse betongblokkene er passert 50 år og har nok også hatt mangelfullt vedlikehold slik at det er store rehabiliteringsbehov av bygningsmassene i dag.

### 1.1. Bakgrunn

I dag er det stort fokus på bærekraftig utvikling. Det betyr at samfunnet må dekke dagens forbruksbehov uten at det ødelegger fremtidige generasjoners muligheter for å få dekket sine. Det må derfor tas ansvar i dag for å fornye, vedlikeholde og forbedre bruken av verdens ressurser.

Det er store utfordringer knyttet til rehabilitering av eldre bygningsmasse på grunn av nye behov og forskriftskrav. Mål om å redusere energiforbruk i eldre bygninger betyr at disse ofte må igjennom omfattende rehabiliteringsprosesser på grunn av komfort-, økonomi- og samfunnsmessige miljøkrav. Det kan derfor være langt mellom egenskapene til den eldre boligmassen og kravene som stilles til moderne bygninger i dag. Selv om dette kan bli omfattende vil nok samfunnsgevinstene være større knyttet til bærekraftig rehabilitering av eksisterende boligmasse enn å rive å bygge nytt.

Ved å gjenbruke betongkonstruksjonene kontra å rive og bygge nytt kan karbonutslipp reduseres med opp til 63 % (TU Bygg, 2020). Når det bygges nytt ønskes det å redusere klimagassutslippene med at energibruken til bygges reduseres over byggets levetid på 50 år. Ved å gjenbruke betongen kan klimagassutslippene reduseres allerede i dag. Dette er viktig med de utfordringene verden står ovenfor i dag når det gjelder karbonutslipp.

### **1.2. Om innledningen**

Hensikten med denne masteroppgaven er å undersøke typiske betongskader på eldre betongbygg. Kartlegge disse og foreslå tiltak for å forlenge levetiden til konstruksjonen. For Norges arktiske studentsamskipnad som drifter flere bygninger til formål for å huse studenter er det viktig at de tar sitt samfunnsansvar i forhold til klimautfordringene når det kommer til bærekraftig ombygging og utforming av bygningsmassen deres. I forbindelse med renovering av fasaden til studentblokken Åsgårdvegen 9 i Tromsø skal:

- betongskader kartlegges og tiltak foreslås.
- kapasiteten i de utvendige bærende søylene må kontrolleres og eventuelle forslag til forsterkning

Opgaven er begrenset til å se nærmere på:

- kartlegging av typiske skader på betongkonstruksjoner
- tilstandsanalyse av betongen (case)
- Vurdere restlevetid og eventuelt rehabilitering / forsterkning av konstruksjonen
- Forslag til reparering av skader og hvilke metoder som bør velges

## **2. Material & metode**

### **2.1. Litteraturstudie**

Mye av informasjonen i denne hovedoppgaven er hentet fra skriftlige kilder. Litteraturen strekker seg for det meste fra 1990-tallet fram til i dag. Mye av litteraturen har vært brukt tidligere i studietiden også. I løpet av våren 2021 er det gått dypere i denne som er knyttet til skademekanismer i betong, klassifisering og utbedring av disse skadene.

### **2.2. Litteratur**

Det meste av informasjon rundt skader i betong er hentet fra Sintef byggforsk og er fra 2000-tallet. Det er også brukt boken «Betongrehabilitering: metoder og utførelse» utgitt i 1998 av Bygg og Anlegg Media AS samt boken «Betongrehabilitering: reparasjonsmetoder, utførelse og kontroll» utgitt av Norsk forening for betongrehabilitering i 2017. Dette er gjort for å gi ett bedre teoretisk grunnlag for hvilke påkjenninger ett

betongbygg blir utsatt for. Gjennom litteraturen har forfatteren tilegnet seg bedre kunnskap om skader i betong og hvordan man skiller mellom de mange forskjellige skadeårsakene som kan forekomme i betong. Videre er det blitt sett på hvordan de forskjellige skadene bør utbedres. Avhengig av skadeårsak trengs det forskjellige metoder for å forebygge nye like skader og dermed forlenge levetiden til betongkonstruksjonen.

### **2.3. Feltarbeid og befaringer**

Det har blitt gjennomført feltarbeid og befaringer i løpet av vinteren og våren 2020/2021. Lokasjonene hvor det er foretatt prøveuttak av betongstøv er valgt fordi det store problemer med sprekker og avskalling. Det er også valgt lokasjoner hvor det tilsynelatende er frisk betong for å kunne sammenligne betongkvaliteten som er brukt.

I forbindelse med manglende underlag fra byggherre har det vært behov for å meisles i betongsøyler i alle etasjer for å kartlegge armeringsdiameter og antall som er brukt i hver etasje.

Gjennom feltarbeidet er det samlet informasjon gjennom å bruke kvantitativ orientert forskning. Ved kvantitativ forskning samles data inn med standardiserte metoder for bruk i testing i ett laboratoriet. Disse resultatene vil kunne tallfestes og vises med grafer eller liknende.

Gjennom befaringene har det også vært viktig med fotografering for å dokumentere synlige skader og tilstanden til betongen. Ved å først ha en visuell befaring kunne man danne seg ett overblikk over hvor det er mest skader slik at det kunne planlegges hvor det var mest hensiktsmessig å hente ut prøver.

### **2.4. Tester og målinger**

Det ble hentet ut støvprøver av betongen som skulle testes for klorider av 12 utvendige punkter på fasadesøylene som tilsvarer totalt 24 prøvehull og 72 støvposer som skulle analyseres. Etter dette ble det tatt nye 11 punkter inne i blokken tilsvarende 66 støvposer til analysering.

Det ble også gjort karbonatiseringstester i disse prøvehullene som måles på stedet for å finne karboniseringsdybden. Dette ble gjort i noen av punktene og resultatene var like slik at det antas er det er likt over hele fasaden da forholdene for karbonatisering er identisk over hele konstruksjonen på utsiden.

### **2.5. Kritisk vurdering av metode**

Validitet sier noe om hvor godt informasjonen som er innhentet beskriver det den skal. Prosedyrer skal følges nøye for å sikre god reliabilitet og dermed validitet for prøvene som tas. Om datagrunnlaget som er innhentet besvarer problemstillingen godt kan det sies at forsøket har en god validitet. Reliabilitet sier noe om påliteligheten til forsøket med tanke på etterprøvbareheten av forsøket. For å sikre god pålitelighet er det viktig med nøyaktig innhenting av data, hvilke data som brukes, måten de er innhentet på og hvordan de er bearbeidet. Ved gjentakende innhenting av data og like resultater under samme forhold sies det at studien har god reliabilitet. Ved kvalitativ metode vil det være flere usikkerhetsmomenter og det kan da bli vanskelig å trekke en konklusjon på grunnlag av svarene da de kan variere. Kvantitativ metode fjerner disse usikkerhetsmomentene da det legges opp til en klar fremgangsmåte slik at resultatene kan etterprøves å dermed oppnå samme resultater på nytt (Johannesen, Tufte, & Christoffersen, 2016).

I forbindelse med resultatene med prøvetakingen vurderes validiteten og reliabiliteten som god. Fremgangsmåten som er studert på forhånd for å sikre gode resultater ble fulgt nøye og det vises på

resultatene med at alle prøvene gir en bestemt kloridprofil slik at det kan dannes en konklusjon på bakgrunn av dette. Validiteten og reliabiliteten til kildene vurderes også som god da de er hentet fra pålitelige kilder som Sintef byggforsk som er ledende i Norge på dette.

## 2.6. Feilkilder

I forbindelse med prøvetaking av klorider vil man få feilkilde hvis ikke borrh og prøvehull blir rengjort i forbindelse med hver prøve som blir tatt. Det vil da kunne bli en kontaminering som blir med i neste prøvepose og det vil gi feil kloridprofil innover i betongen. Derfor tas det to prøvehull i forbindelse med hvert punkt for å validere resultatene. Prøvene ble også tatt på vindstille dager for å sikre at støvet faller ned i posen og ikke blåser vekk.

Det samme gjelder karboniseringsprøvene som ble tatt. Da det er ønskelig å kunne måle hvor langt inn det gis utslag for karbonatisering er det ekstremt viktig at hullet er tilstrekkelig rengjort. Innerst i betongen er det lite sannsynlig at det er karbonatisert og om støv derfra blir liggende igjen i hele åpningen vil ikke væsken som blir påført gi ønsket utslag.

Instrumentet som ble brukt for å finne armeringsjern i søylene var analogt og oppga kun overdekning til nærmeste jern. Den søker som en sonar i buet form innover i betongen. Dette i kombinasjon med varierende overdekning gjorde det vanskelig å anslå om det var overdekningen som økte eller om det var ett nytt armeringsjern med større overdekning når instrumentet ble flyttet sidelengs. Med ett nyere instrument som har digital skjerm kunne denne feilkilden blitt utelukket da disse vil gi ett 2D bilde innover i betongen som viser hvor det er armeringsjern.

## 3. Resultater

### 3.1. Visuelle registreringer

Ett utdrag av visuelle registreringer kommenteres her. Ytterligere bilder og kommentarer fra befaringsene finnes i vedlegg 2. Det er tydelig at utvendige søyler tidligere har fått gjennomført utbedringstiltak som tildekking av eksponert armering, tid er uvisst.

#### Utvendige søyler

- Det er observert riss, sprekker og krakelert/løs betong og puss på flere av søylene. Det er tydelig at de største skadene på søylene er mest konsentrert i plan 3 og 6.
- Det er flere områder med avskallet betong og eksponert armering. Flere steder ser det ut til å bare være 10 mm overdekning ved avskallingene rundt bøyene.

#### Innervegger

- Det er ikke observert noen synlige skader på innerveggene av betong.



Figur 2. Skadet søyle plan 3 sørfasade.



Figur 1. Skadet søyle plan 3 østfasade.

### 3.2. Karbonatisering

Karbonatisering av betong er noe som utsetter armeringen for korrosjonsangrep. Karbondioksid trenger inn i betongen og senker pH-verdien. Dette bidrar til å bryte ned passivfilmen slik at armeringen kan begynne å korrodere.

Karbonatiseringsdybden er blitt målt i egne borehull ved bruk av fenolftalein væske. Før påføring av væsken ble hullet vasket rent med vann fra trykkpumpe for å få vasket ut det fine støvet fra boringen. Deretter ble det blåst tørt med trykkluft på boks. Dette for å redusere sjansen for at ukarbonisert støv fra kjernen skal ligge igjen i hullet å gi feilmålinger.

Figur 3 viser at det er en karbonatiseringsdybde på ca. 30 mm. Målinger på stedet viser derimot stor variasjon i overdekningen. Overdekningen ble målt til å være i området 10 mm helt opp til 50 mm enkelte steder. Dette betyr at det enkelte steder er fare for korrosjon pga. karbonatisering.



Figur 3. Målt karbonatiseringsdybde.

### 3.3. Kloridanalyser

Kloridinitiert armeringskorrosjon forekommer ved at høyt kloridinnhold ved armering fører til nedbrytning av passivfilmen til armeringen. Kloridioner vil da videre kunne reagere med armeringen som vil kunne begynne å korrodere. Tabell 1 under viser korrosjonsrisiko av armeringsstålet ved gitt kloridinnhold i % av sementvekten.

Kloridinnhold (% av sementvekt)	Korrosjonsrisiko
< 0,4	Svært liten
0,4 - 1,0	Liten
1,0 - 2,0	Stor
> 2,0	Svært stor

Tabell 1. Grenseverdier for korrosjonsrisiko iht. Byggforskblad 520.061.

Typisk kloridprofil for konstruksjoner utsatt for utvendige kloridangrep er høy konsentrasjon ytterst i betongen og synkende innover. Det er vurdert at avstanden til sjøen er for stor for at dette er aktuelt her. Basert på resultatene i hovedrapporten vurderes det til at enkelte støpetapper er av dårlig kvalitet med tanke på innstøpte klorider. Ved innstøpte klorider er det normalt å se ganske lik konsentrasjon i hele tverrsnittet. Ved noen punkter på utvendig fasade er det lite klorider ytterst og økende innover. Dette kan forklares med at det allerede er konstantert opptil 30 mm karbonatisering av betongen. Karbonatiseringen vil danne en slags front som flytter kloridene fra karbonatisert betong til ukarbonatisert betong og det blir derfor høyere konsentrasjon av klorider innerst i betongen. Derfor er det flere steder vurdert til både liten og stor sjanse for korrosjon framkalt av klorider.

Det må også tas hensyn til at grenseverdiene for korrosjonsfare oppgitt i tabell 1 er basert på statistiske data. I karbonatisert betong som er tilfellet på de utvendige søylene er det normalt at grenseverdiene for korrosjonsfare er noe lavere som kan bety at det er større fare for korrosjon enn antydnet i resultatene.

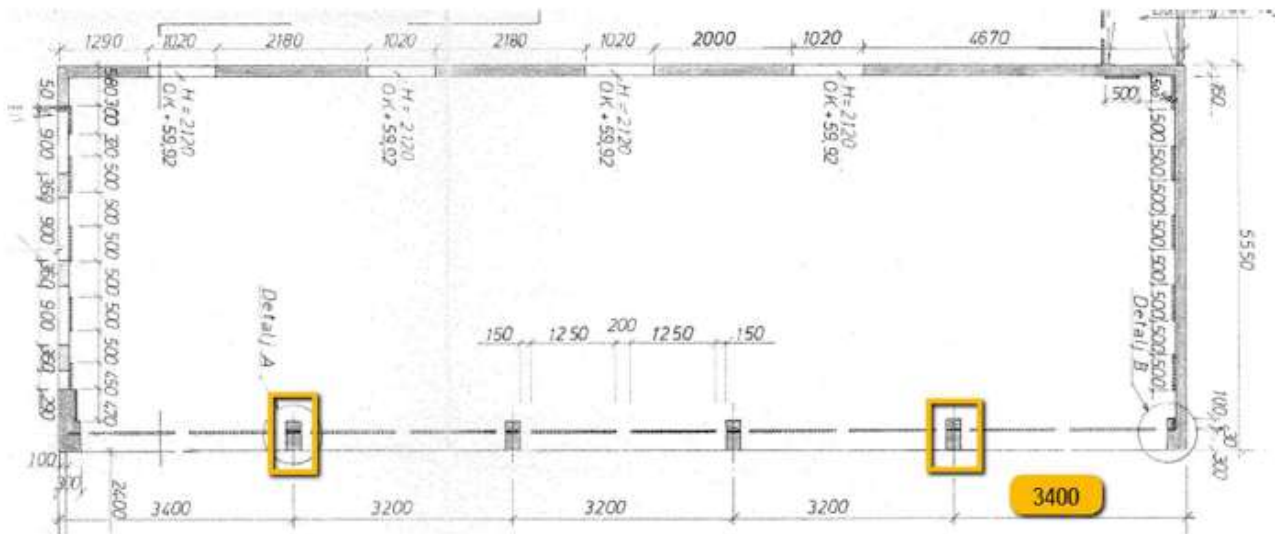
Inne er det ikke noen tegn til karbonatisert betong og får dermed en kloridprofil som er lik innover i tverrsnittet der hvor klorider ble påvist. Det ble kun utført tester i plan 3 og 6 inne siden det var tydelig fra utsiden at det var der betongen var mest preget av skader. Testene viser at også inne er det steder med mye klorider og andre steder er det svært lite. Testene bekrefter mistanken om at enkelte støpetapper har hatt for høyt innhold av innstøpte klorider og har derfor hatt liten til stor sjanse for kloridinitiert armeringskorrosjon over lang tid.

### 3.4. Kontroll av bæreevne

Laster på konstruksjonen er beregnet etter hva det er oppgitt til å være prosjektert etter i 1971. Iht. tegninger fra Ingeniørene Bonde & CO fra 1971 er det opplyst om:

- Betongkvalitet B300 (tilsvarende B25 etter dagens betegnelse)
- Armeringskvalitet Ks40
- Nyttelast 150 kg/m<sup>2</sup> på dekker
- Snølast 200 kg/m<sup>2</sup> på tak

Det er beregnet kapasitet på endesøylradene i hver fasade som er de med størst lastareal. Nord, vest og sør-fasaden er identisk utformet mens østfasaden skiller seg ut med større spennvidder i begge lengderetningene. I østfasaden er det sett nærmere på endesøylraden markert i figur 3 som har ett beregnet lastareal på 9 m<sup>2</sup>.



Figur 4. Utdrag av endesøylerad i østfasaden som er mest påkjent.

Utnyttelse av søylerad er beregnet i ett søylevernsnitt program (ISY Design) med følgende parametere:

- Betongkvalitet B25 (tilsvarende B300)
- Materialfaktor betong:  $\gamma_c = 1,5$
- Armeringskvalitet Ks40
- Materialfaktor armering:  $\gamma_s = 1,15$
- Betongvernsnitt 200 mm x 300 mm
- Overdekning for lengdearmring: 25 mm
- Overdekning for skjærarmring: 15 mm
- Lastfaktor egenlast:
- Lastfaktor nyttelast:
- Knekk lengde om begge akser: 2,4 m
- Moment om sterkakse: 5 % av søylelast
- Moment om svakakse: 2 % av søylelast

Tabell 2 gir da følgende utnyttelser av endesøylene i østfasaden:

	Armering	Betongkvalitet	Tverrsnitt	Ned [kN]	My sterk akse (5%) [kNm]	Mz svak akse (2%) [kNm]	Utnyttelse
Plan 7	4Ø16	B25	200 x 300	103,9	5,2	2,1	0,21
Plan 6	4Ø16	B25	200 x 300	191,9	9,6	3,8	0,39
Plan 5	4Ø16	B25	200 x 300	280,9	14,0	5,6	0,57
Plan 4	4Ø16	B25	200 x 300	369,8	18,5	7,4	0,75
Plan 3	4Ø20	B25	200 x 300	458,8	22,9	9,2	0,79
Plan 2	4Ø20	B25	200 x 300	547,8	27,4	11,0	0,94
Plan 1	4Ø20	B25	200 x 300	636,7	31,8	12,7	1,10

Tabell 2. Utnyttelser av endesøylene i østfasaden.

I plan 7, 6, og 5 er utnyttelsen markert som grønn fordi det er antatt at skadene i disse etasjene ikke er stor nok til at det skal utgjøre noen fare for bæreevnen med tanke på utnyttelsen som er beregnet. Utnyttelsen i plan 4, 3 og 2 er markert som gult. Dette fordi disse tallene bare vil gjelde for helt friske søyler. Her er det til dels ganske omfattende skader som resulterer i en betydelig reduksjon av kapasitet noen steder. I plan 1 er kapasiteten oversteget, men det er ikke medberegnet at det er en ekstra innvendig søyle på 200 x 130 mm som vil ta noe av lasten. Det er vanskelig å anslå hvor mye last den tar siden det er 30 mm isolasjon mellom denne og hovedsøylen samt 20 mm isolasjon i toppen av søylen under dekket. Sammendrag av beregningene kan ses i vedlegg 4.

#### 4. Konklusjon

I konstruksjonen er det fastslått at det er korrosjonsskader som følger av karbonatisering og høyt kloridinnhold. Dette har ført til riss, sprekker og avskallinger av betong som følger av lav overdekning. Disse skadene kombinert med høye utnyttelser i de lavere etasjene tyder på at søylene i plan U til plan 4 bør forsterkes i forbindelse med ny fasade.

Ved å montere permanent understøttelse av disse søylene i form av stålsøyler som er dimensjonert for å ta hele lasten til søylene kan omfattende arbeider med katodisk beskyttelse og mekaniske reparasjoner av eksisterende betongsøyler unngås. Fordelen med stålsøyler er at de kan forspennes slik at noe av egenlasten til bygget kan flyttes over på de nye søylene med en gang.

Det kan da gjøres en begrenset mekanisk reparasjon av søylene i plan U til plan 4 som skal forsterkes med at all løs og dårlig betong fjernes. I plan 5,6 og 7 gjøres en fullverdig mekanisk reparasjon siden skadene ikke er så store kombinert med lav utnyttelse av søylene.

#### 5. Oppsummering

Etter å ha befart blokken i åsgårdvegen var det tydelig at det var veldig mye store skader på betongen som har vært utsatt for vær og vind. Utførelse av tester og analyser av betongen visste at armeringen var utsatt for både karbonatisering og kloridangrep som vil føre til oppsprekking og avskallinger av betongen over tid. Det ble da utført tester i skadede soner og friske soner for å kartlegge om hele blokken er utsatt for kloridangrep eller bare enkelte deler. Dette ga grunnlag for å anslå skadeårsak og da videre foreslå de rette metodene for å rette opp i disse skadene.

I slike renoveringsprosjekt med store betongskader er det nødvendig med god planlegging og samarbeid mellom byggetekniske rådgivere og entreprenør. Dette er fordi feil valg av utbedringstiltak ikke vil stoppe skadeforløpet og det tar da ikke lang tid før skadene kommer tilbake. I dette tilfellet hvor utvendig betong skal bygges inn i en ny fasade er det desto viktigere å få stoppet skademekanismene som er i gang da disse lett kan overses når de ikke er synlig til daglig.



## 6. References

TU Bygg, 2020, Teknisk ukeblad, Rehabilitering i stedet for nybygg kan redusere utslipp med 63 %, <https://www.tu.no/artikler/rehabilitering-i-stedet-fornybygg-kan-reducere-utslipp-med-63-prosent/488706>

Sintef, 2009, 520.061 Armeringskorrosjon, <https://www.byggforsk.no/dokument/298/armeringskorrosjon>

### Vedlegg 1. Plantegninger

### Vedlegg 2. Bilder fra befaring

### Vedlegg 3. Utvendige kloridprøver

### Vedlegg 4. Innvendige kloridprøver

### Vedlegg 5. Lastberegninger

### Vedlegg 6. Kapasitetsutnyttelser