

Oppdragsgiver

Vannfronten Eiendom AS

Prosjekt

Tilstandsanalyse av betongfasader bygg 160



Stærk.

Stærk & Co as har utarbeidet denne rapporten og alle rettigheter tilhører Stærk & Co as. Kopiering, distribusjon eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten tillatelse fra Stærk & Co as eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Stærk & Co as har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne benyttes til annet formål enn det som har vært avtalt eller gitt samtykke til.

Vannfronten Eiendom AS, Notodden

Tilstandsanalyse av betongfasader utvendig på fredet del av bygning 160

Dato
30.10.2023

Prosjektnummer
23063

Gradering
Åpen

Oppdragsgiver
Vannfronten Eiendom AS

Oppdragsgivers representant
Ruben Krokstrand

Sammendrag

Hensikten med tilstandsanalysen har vært å kartlegge den generelle tilstanden til betongen i de utvendige fasadene på bygning 160, og å kartlegge årsaken til bomskader, pussavskallinger, betongavskallinger og frilagt korrodert armering. Bygget er fredet etter KML §15 og tilstandsanalysen skal også kartlegge betongkvalitet og oppbygging av puss og overflatebehandling.

Tilstandsanalysen har omfattet en visuell kartlegging av synlige skader. I tillegg er det gjennomført betongteknologisk prøvetaking bestående av måling av armeringsoverdekning, karbonatiseringsdybde, kloridinnhold, kartlegging av armeringstilstand og uttak av kjerneprøver for prøving av betongkvalitet samt analyse av puss og overflatebehandling.

Rapporten beskriver visuelle observasjoner som betongavskallinger, frilagt korrodert armering, støpefeil samt puss og malingsavflassing og riss. I tillegg oppsummeres alle måleresultater for de ulike betongteknologiske prøvene samt resultater av tynnslipanalyser av puss og overflatebehandling.

Prøvetakingene indikerer at all armering i fasadene ligger i karbonatisert betong og derved korroderer. Korrosjonsgraden er varierende, men i all hovedsak er det påvist armeringskorrosjon i alle prøvefelt, noen med begynnende reduksjon av tverrsnittet. I skader og avskallinger er det stedvis betydelig tverrsnittsreduksjon på armeringen. Det er ikke påvist skadelig innhold av klorider i betongen som er undersøkt.

Analyser av puss og overflatebehandling indikerer at hverken puss eller overflatebehandlingen sannsynligvis er fra byggetidspunktet. Pussen er en tynn et eller tosjiktspuss bestående av KC-mørtel med tilslag av knust marmor som i stor grad følger variasjonen i det bordforskalt betongunderlaget. Enkelte prøver har også en tynn sementslemming under denne puss. Overflatebehandlingen er en plastmaling.

Rapporten beskriver ulike reparasjonsmetoder for både betong og puss avhengig av hvilken strategi en ønsker og velge ifm. rehabiliteringsarbeidene og hvilke krav det stilles fra kulturmiljøforvaltningen. Uansett valg av metode og omfang på rehabiliteringen må det fortløpende gjøres statiske vurderinger ifm avdekking av skader på betong og armering. I tillegg anbefales det å ikke sette i gang en omfattende rehabilitering av utvendige fasader før skadene på innvendig betongkonstruksjon er kartlagt.

0	30.10.23	Utarbeidelse av rapport	Hartvig A. Johnsen	Torggrim Rønningen	Hartvig Angell Johnsen
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av

Innholdsfortegnelse:

Oppdragsgiver.....	1
Sammendrag	3
1 Innledning.....	3
2 Omfang av tilstandsanalysen.....	3
2.1 Mandat og omfang for tilstandsanalysen.....	3
2.2 Generell redegjørelse rundt armeringskorrosjon i betong.....	3
3 Grunnlagsmateriale – beskrivelse av bygg.....	4
3.1 Grunnlagsmateriale.....	4
3.2 Kort beskrivelse av byggene	5
4 Visuelle observasjoner	7
4.1 Fasader bygg på bygg fra 1918	7
4.2 Fasader bygg fra 1928	9
5 Måleresultater	12
5.1 Generelt	12
5.2 Sammendrag måleresultat.....	13
5.2.1 Armeringsoverdekning.....	14
5.2.2 Karbonatisering	14
5.2.3 Kloridinnhold	15
5.2.4 Armeringstilstand	15
5.2.5 Måling av betongfasthet på borkjerner	15
5.2.6 Resultater av tynnslipanalyser av puss og overflatebehandling.....	16
6 Vurdering av skadeomfang samt skadeårsak basert på visuelle observasjoner og måleresultater	17
7 Mulige utbedringsmetoder	19
7.1 Mekanisk reparasjon	19
7.2 Elektrokjemisk realkalisering.....	19
8 Utbedringstiltak	20
9 Konklusjon	22

Vedlegg V1: Oversikt resultater betongteknologiske prøver

Vedlegg V2: Plassering av betongteknologiske prøvefelt og uttak av borkjerner

Vedlegg V3: Analyserapport betongkjerner, Universitet i Agder

Vedlegg V3: Analyserapport puss og overflatebehandling, SEIR-Analyse

1 Innledning

Det er observert en del problemstillinger knyttet til skader i form av puss- og betongavskallinger samt felt med frilagt korrodert armering på flere av fasadene på både byggetrinn fra 1918 og 1928. Nedfall av puss og betong representerer en fare for personer, parkerte biler samt har forårsaket en del skader på taktekkingen flere steder på tilstøtende bygg.

Bygning 160, Forniklingen, er fredet og en del av industrikomplekset Hydroparken som ble startet i 1905 av Norsk Hydro på Notodden. I dag er Hydroparken oppført på UNESCOs verdensarvliste som en del av Rjukan-Notodden Industriarv.

Med bakgrunn i de skader og et ønske om å ha en plan for reparasjon og vedlikehold av bygning 160 har Vannfonten Eiendom AS engasjert Stærk & Co as til å utføre en tilstandsanalyse av de utvendige betongfasadene på den fredede delen av bygg 160.

2 Omfang av tilstandsanalysen

2.1 Mandat og omfang for tilstandsanalysen

Tilstandsanalysen er utført som "Utvidet tilstandsanalyse" (Nivå 2) iht. RIF-normen "Tilstandsanalyse av betongkonstruksjoner", og er begrenset til utvendige fasader og gesims på den fredede delen av bygg 160. Det er foretatt en visuell undersøkelse av samtlige betongflater fra bakkenivå eller tak på tilstøtende bygg samt utvalgte områder fra lift der vi kom til. Synlige skader og symptomer er registrert.

I tillegg er det utført en detaljert undersøkelse på et begrenset antall steder på fasadene, omfattende:

- måling av armeringsoverdekning
- måling av karbonatiseringsdybde
- måling av kloridinnhold (begrenset antall)
- kartlegging av armeringstilstand ved opphugging
- bomkontroll
- uttak av borkjerne for trykktesting
- uttak av borkjerne for tynnslipanalyse av puss og overflatebehandling

Tilstandsundersøkelsen ble utført av Torgrim Rønningen og Hartvig A. Johnsen fra Stærk & Co as 17. og 18. april 2023.

Bygget som er gjenstand for tilstandsanalysen er fredet ihht §§15 og 19 i Lov om kulturminner. Det følger av denne loven og fredningsbestemmelsene at alle tiltak som ikke oppfattes som rent vedlikehold krever dispensasjon fra kulturmiljøforvaltningen i fylkeskommunen. For å ivareta dette kravet ifm. uttak av betongteknologiske prøver, ble det utarbeidet en prøveplan som ble oversendt sammen med søknad om dispensasjon. I brev datert 03.12.2022 ble det fra Vestfold og Telemark Fylkeskommune gitt dispensasjon for uttak av prøver ifm tilstandsanalysen.

2.2 Generell redegjørelse rundt armeringskorrosjon i betong

Innledningsvis vil vi forklare hvilke mekanismer som kan initiere armeringskorrosjon og deretter betongavskallinger. Dette for at innholdet i rapporten skal være lettere å forstå.

Den ferske betongen er sterkt alkalisk – dvs. høy pH-verdi (12,5-14). På grunn av den høye pH-verdien dannes en korrosjonsbeskyttende oksidfilm rundt armeringen. Dersom denne beskyttende filmen ødelegges, vil armeringen begynne å ruste (korrodere). Når armeringen korroderer, dannes et rustprodukt på armeringens overflate. Rustproduktet har et volum som er vesentlig større (opptil 5-7 ganger) enn det stålet som omdannes til rust. Denne volumutvidelsen fører til en ekspansjon (sprengvirkning) inne i betongen. Når sprengvirkningen

blir større enn betongens evne til å motstå strekkrefter, oppstår først riss og deretter bom og avskallinger - såkalt rustsprengning.

Den korrosjonsbeskyttende filmen kan ødelegges på to måter, enten ved **karbonatisering** og eller ved tilstedeværelse av **klorider**.

Karbonatisering er en naturlig prosess som oppstår når en betongoverflate er i kontakt med luft. Kulldioksidet i lufta reagerer med bestanddeler i betongen slik at det dannes kalsiumkarbonat. Denne prosessen kalles karbonatisering og fører til at pH-verdien i betongen reduseres til 8-9. Når pH-verdien kommer under 9, ødelegges den korrosjonsbeskyttende filmen rundt armeringen, og armeringen er ikke lenger korrosjonsbeskyttet. Armeringen vil da kunne begynne å ruste (korrodere). Ved å måle karbonatiseringsdybden, kan en finne ut hvor langt inn i betongen pH-verdien er under 9. Ved å sammenligne armeringens overdekning med karbonatiseringsdybden, kan en så vurdere faren for armeringskorrosjon. Når karbonatiseringsdybden er mindre enn armeringens overdekning, vil armeringen ligge i et korrosjonsbeskyttet miljø. Hvis karbonatiseringsdybden er større enn armeringens overdekning, vil armeringen med stor sannsynlighet begynne å korrodere, dersom det er tilstrekkelig med fuktighet til stede. Ved karbonatiseringsinitiert korrosjon får en jevn overflatekorrosjon og en langsommere korrosjonshastighet enn ved kloridinitiert korrosjon, som etter hvert vil utvikle skader i form av riss, bom og avskallinger. Skader utvikles normalt i god tid før en får tverrsnittsreduksjon av betydning på armeringen.

Når kloridinnholdet i betongen blir høyt nok, ødelegges den korrosjonsbeskyttende oksidfilmen rundt armeringen og armeringen kan korrodere. Den mengde klorider som skal til for å få i gang korrosjon, kan variere fra konstruksjon til konstruksjon. Vurdering av grenseverdi for initiering av armeringskorrosjon er:

- >2 % Cl⁻ av sementinnhold sikker armeringskorrosjon
- 1-2 % Cl⁻ av sementinnhold stor fare for armeringskorrosjon
- 0,4-1 % Cl⁻ av sementinnhold fare for armeringskorrosjon
- <0,4 % Cl⁻ av sementinnhold liten fare for armeringskorrosjon

Kombinasjonen av karbonatisering og klorider er svært uheldig. På grunn av reduksjonen i pH som følge av karbonatiseringsprosessen, frigjøres flere av de kjemisk bundene kloridene. En får da et kritisk kloridinnhold for initiering av korrosjon som er omtrent halvparten av hva det er for ukarbonatisert betong. En får i tillegg frigjøring og derved opphoping av klorider i karbonatiseringsfronten – noe som kan være svært kritisk, dersom armeringen ligger på samme nivå som karbonatiseringsfronten.

Kloridinitiert armeringskorrosjon er en "farligere" korrosjonsprosess enn karbonatiseringsinitiert armeringskorrosjon. Ved kloridinitiert armeringskorrosjon kan en få lokale korrosjonsangrep med betydelig tverrsnittsreduksjon på armeringen uten forvarsel i form av synlige skader. Dette skyldes at det etableres lokale anode/katode områder, gjerne på samme armeringsstang, der korrosjonsangrepet kun foregår på et begrenset område som kalles anode. Øvrige deler av armering er da ikke angrepet og blir katode. Dette kan være kritisk på konstruktiv armering.

3 Grunnlagsmateriale – beskrivelse av bygg

3.1 Grunnlagsmateriale

Inndeling av bygget etter byggeår 1918 og 1928 er noe usikkert, men basert på foto vi har fått i etterkant av feltarbeidet og foreløpig rapport, kan den angitte inndelingen i denne rapporten være noe usikker. Vi har valgt å beholde inndelingen slik den opprinnelig var beskrevet og tolket ut fra teksten i fredningsvedtaket for bygget. Vurderinger i rapporten vil ikke endres nevneverdig om byggetrinnene skulle være annerledes enn beskrevet her.

I forbindelse med tilstandsanalysen har vi ikke hatt tilgang på noen av de opprinnelige konstruksjonstegninger for bygget fra 1918 eller 1928. Oppdragsgiver har gitt oss tilgang til

fasadetegninger som kun er et grunnlag for å merke inn og lage en oversikt over plassering av prøvene. Disse tegningene er ikke riktige ift antallet og plassering av vinduer, dører eller porter, men er tilstrekkelige nøyaktige for å dokumenter plasseringen av prøvefeltene. Videre har vi tilgang på fredningsvedtaket for bygget.

3.2 Kort beskrivelse av byggene

Bygg 160 er sammensatt av flere ulike bygningskropper med ulik utførelse og byggeår. Det eldste bygget er oppført i armert plasstøpt betong i 1918. Bygningskroppen fra 1918 har en lav gavlfasade mot syd (1) og en høyere gavlfasade mot vest (2), se figur 1 og en lav langfasade mot vest og en høyere langfasade mot nord. Begge fløyer har saltak og på det høyeste saltaket, på den vestgående fløyen, er det en takrytter. Bygget er enkelt ornamentert og med korte utstikkende gesimser på langveggene. Alle fasadene har en malt pussflate med i hovedsak to ulike farger. Hvorvidt disse fargene er opprinnelige eller ikke er ukjent. Vinduene har noe ulik utførelse og vi kjenner ikke til om alle vinduene er opprinnelige i denne delen av bygget, men en kan anta at de ikke er det, basert på noe ulik utførelse, og at det åpenbart er støpt/murt igjen noen utsparinger og satt inn andre vinduer, se figur 3. De opprinnelige vinduene var antagelig smårutete vinduer med rammer og sprosser i smijern, se fig. 2. Dører og porter er ikke opprinnelige og det er også her støpt igjen utsparinger, enten helt eller delvis for tilpasning til andre dimensjoner på porter og dører.



Figur 1. Bygg 160 sett fra sydvest. (Foto: Google maps)

Øst og nord for det opprinnelige bygget fra 1918 er det oppført et høyere tilbygg i pusset plasstøpt betong (3), se fig. 1. Dette bygget har flatt tak og en bekroning med smijern mellom

plasstøpte parapeter, se figur 4. De pussede flatene har overflatebehandling lik bygget fra 1918 og originalvinduene har i stor grad samme utførelse som opprinnelige vinduer i 1918 delen av bygget, men det er et relativt stort omfang av vinduer med rammer og karmen i tre også. Og en del er åpenbart av nyere dato. Også i denne delen av bygget er det opp gjennom tiden gjort noen endringer ift utsparinger for dører og vinduer, se figur 3.



Figur 2. Gavlfasade syd på bygg fra 1918 med smårutete vinduer.

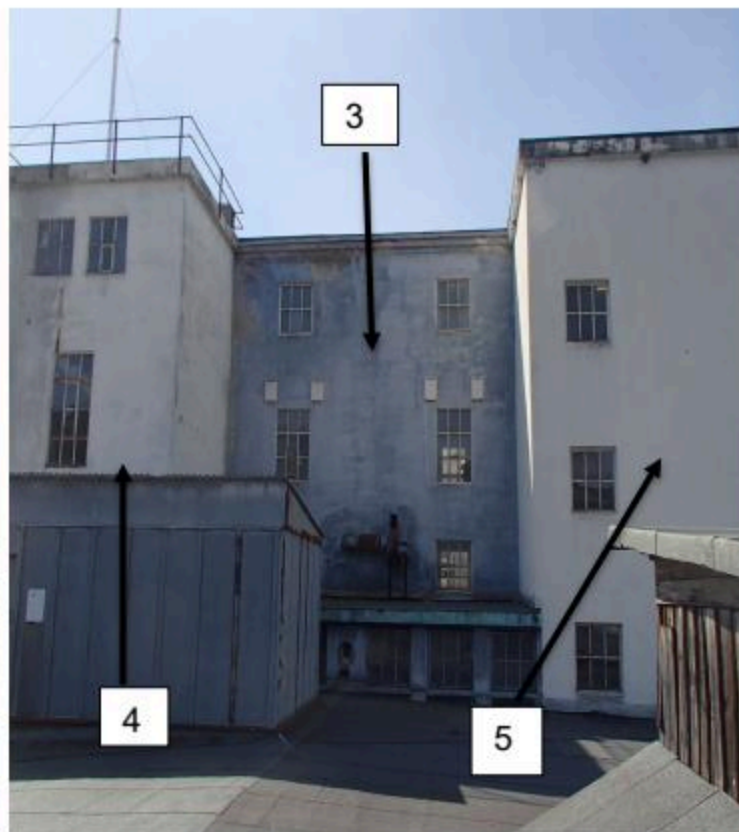


Figur 3. Nedre del av gavlfasade vest på bygg fra 1918. Typisk endrede vinduer samt gjenstøpt utsparing for port

På østfasaden til bygget fra 1928 er det igjen oppført to tilbygg, se figur 5. Det søndre (4) tilbygget er også oppført i pusset og malt plaststøpt betong mens det nordre (5) har en fasade av pusset og malt lettklinkerblokker av ukjent opprinnelse. Antagelig er det en Ytongblokk som også er benyttet på det andre tilbygget mot øst som ble oppført i 1956. Ingen av disse fløyene er omfattet av fredningen og omtales derfor ikke nærmere.



Figur 4. Øvre del av fasade øst på bygg fra 1928 med oppstøpte parapeter og smijernsbekroning.



Figur 5. Fasade øst på bygg fra 1928 (3) med to tilbygg mot øst.

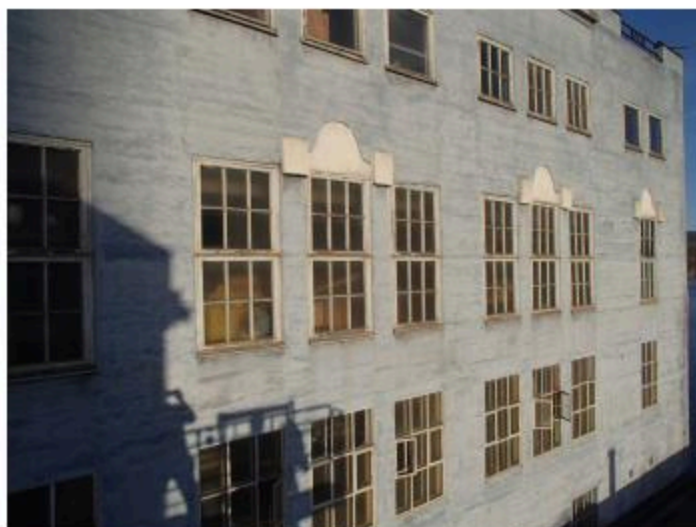
4 Visuelle observasjoner

De visuelle observasjonene er utført delvis fra lift hvor vi har kommet relativt tett inn på deler av fasadene mens andre igjen er utført fra bakkenivå eller fra tilstøtende takflater.

Det generelle inntrykket er at bygget fra 1918 har en svært slitt og nedbrutt overflatebehandling med feltvis malingsavflassing og misfarging, se figur 6. Bygget fra 1928 har gjennomgående en noe bedre tilstand på overflatebehandlingen, se figur 7, men også denne er slitt og har feltvise avflassing og misfarging. Det ble også observert en del fine riss/krakelering feltvis i pussen på alle fasadene. Det er store variasjoner på begge bygg og ulike fasader. Vinduene med metallrammer har i all hovedsak en del utslag av korrosjon gjennom overflatebehandlingen. Trevinduene er generelt lite vedlikeholdt og har omfattende malingsavflassing.



Figur 6: Gavlfasade syd på bygg fra 1918 med felter med malingsavflassing av både hvit og blå maling og misfarging etter avrenning



Figur 7: Langfasade vest på bygg fra 1928. Relativt slitt overflatebehandling, men med lite avflassing.

4.1 Fasader bygg på bygg fra 1918

Det er en del større felt med betongavskallinger og frilagt korrodert armering rundt vindusutsparingene på gavlfasaden mot syd, se figur 8. Det er også påvist mange større og mindre felt med bomskade. I tillegg er det flere steder kraftige riss ut fra de samme utsparinger med ulik lengde og vidde. I tillegg er det en del krakelering og avskallinger i pussjiktet samt omfattende bomskade. Nede på sokkelen på den samme fasaden er det mye misfarging i puss og overflatebehandling og disse områdene bærer preg av omfattende eksponering for fukt og mekanisk påvirkning. I skjøten på bygget, mot 1928-fløyen, er det en del felt med pussavskallinger og bomskade.



Figur 8: Mange felt med betongavskallinger og frilagt korrodert armering rundt vindusutsparinger og flere kraftige riss → i fasadene.

På den søndre langfasaden til den vestgående fløyen av bygget er det påvist omfattende betongskader og antagelig også armering med redusert tverrsnitt. I hjørnet inn mot vestfasaden på 1928-bygget er det kraftige sprekker, puss- og betongavskallinger og frilagt korrodert armering i utkraget gesims, se figur 9. Videre utover mot gavlen på den samme fasaden er det også omfattende skader av samme type og omfanget av skader i gesimsen er økende. Det er også pussavskallinger og sprekker i søyler mellom vinduer som indikerer omfattende armeringskorrosjon i disse, se figur 10. Videre er det også her flere mindre punktavskallinger samt større felt med bomskade i både puss og underliggende betong.

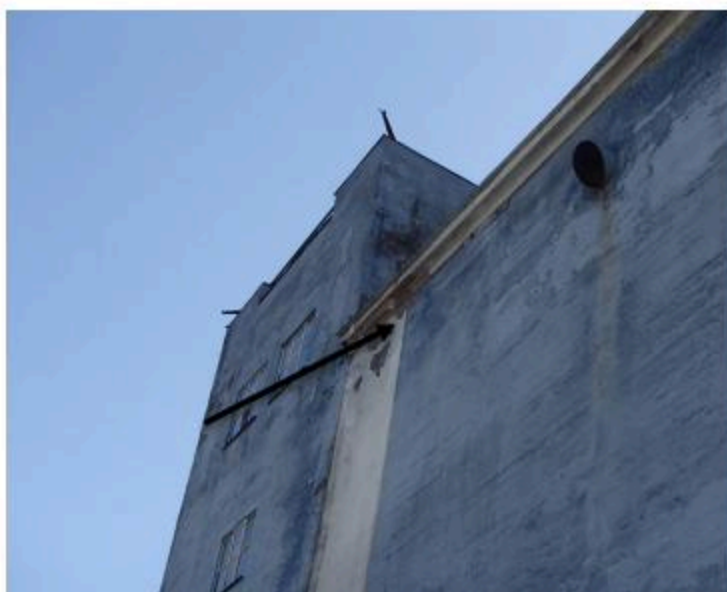


Figur 9: Fasade syd på vestfløy. Omfattende betongavskalling, sprekker og frilagt korrodert armering i gesims.

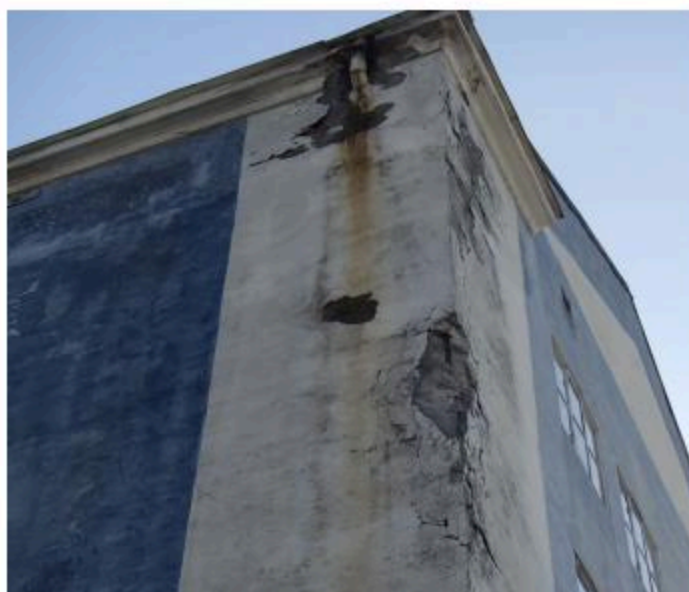


Figur 10: Langfasade syd på vestfløy. Omfattende betongskader i både gesims og deler av veggflatene.

På nordfasaden er det generelt noe mindre synlige skader og litt mindre slitt og nedbrutt overflatebehandling. De mest synlige skadene opptrer oppunder gesimsen i form av puss- og betongavskallinger, se figur 11. Ut mot hjørne nordvest er det både en større skade med en stor betongavskalling med frilagt korrodert armering og et område oppunder gesimsen med bomskade, avskalling og sprekker i betongen, se figur 12. Her er det også et større felt med malingsavflassing og misfarging etter lekkasje fra takrenne/nedløp, se figur 12



Figur 11: Fasade nord øvre del. Avskalling av puss og betong oppunder gesims.



Figur 12: Større betongavskalling med frilagt korrodert armering, sprekk og bomskade under gesims samt malingsavflassing og misfarging.

På den høye gavlfasaden mot vest er det hjørneskaden mot hjørne nordvest som har størst omfang, se figur 13. Der er det både malingsavflassing, bomskade, sprekker og

betongavskalling med frilagt korrodert armering. I tillegg har denne fasaden en del riss ulike med forskjellige retninger. Enkelte av rissene går diagonalt ut fra utsparinger mens andre er mere tilfeldig fordelt på fasaden. Noen av de mere tilfeldige rissene er antagelig kun lokalisert i pussjiktet, selv om dette ikke er undersøkt ved å fjerne pussen. Overflatebehandlingen er generelt relativt slitt og nedbrutt også på denne fasaden.



Figur 13: Gavlfasade vest. Større felter med betong og pusskader i hjørne nordvest. For øvrig en del riss med varierende lengde og vidde.

Langfasaden mot vest har generelt mye av de samme skadene som en ser ellers på dette bygget som punktavskallinger med frilagt korrodert armering, noe riss og felt med bomskade. Fasaden bærer også preg av at det er gjort en del endringer ifm. utsparinger hvor flere er murt igjen og andre antagelig har fått redusert størrelse. Overflatebehandlingen på denne fasaden har også tydelig slitasje og bærer også preg av at det er påført noe nyere overflatebehandling på et senere tidspunkt som avviker noe fra opprinnelig.

4.2 Fasader bygg fra 1928

Langfasaden mot vest, over taket på lav del av 1918-bygget, har begrensede synlige skader i overflatebehandlingen se figur 14. Den er slitt og noe nedbrutt, men det er ikke observert noen store felt med avskalling. Fasaden har noen felter med bomskader samt riss med ulik vidde og lengde. Omfanget av dette er begrenset. Ut mot hjørne syd er det noen felt med skader i overflaten og enkelte mindre punktavskallinger og riss i pussjiktet. Det er også registrert enkelte felt oppunder den støpte gesimsen med riss og avskallinger av puss og betong. Betongen ser også her stedvis svært forvitret ut.

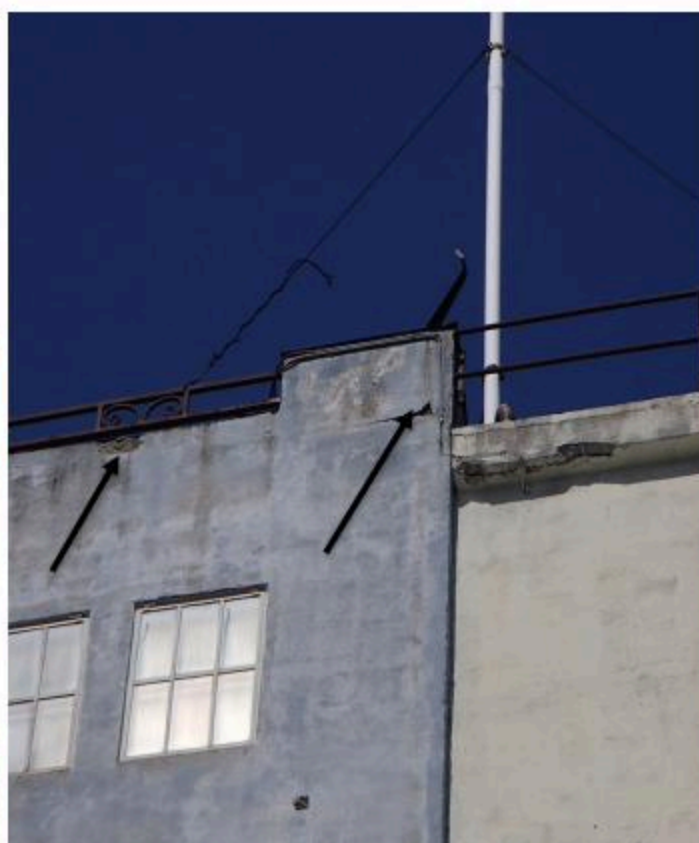


Figur 14: Langfasade mot vest. Relativt lite skader i form av malingsavflassing, betongavskalling og frilagt korrodert armering.

På sydfasaden er det flere områder med kraftig betongavskalling og frilagt korrodert armering, både inne på fasadene og ut mot hjørner, se figur 15. Det er også et kraftig vertikalt riss i overgangen mot sydfasaden på 1918-bygget. Her er det også felt med pussavskalling og bomskade samt krakelert puss og/eller maling. I hjørnet sydvest over 1918-bygget er det også flere felt med bomskader og mindre avskallinger og riss. For øvrig forekommer det også på denne fasaden en del vilkårlige riss som er usikkert om kun opptrer i pussjiktet eller om de også går inn i underliggende betong.



Figur 15. Fasade syd. Flere felt med betongavskallinger og frilagt korrodert armering.



Figur 16. Fasade syd. Skade i form av sprekk og avskalling i overgang til parapet og avskalling topp vegg

I tilknytningen til overgangen mot den støpte parapeten på toppen av bygget, er det observert både en sprekk og avskalling mot hjørne sydøst. I tillegg er det også avskalling oppunder beslaget på toppen av veggen inn mot midten av veggen, se figur 16.

På østfasaden, mellom de to utbyggene, er det omfattende pussavskalling på flere felt i øvre del av veggen, se figur 17. Her er også flere områder hvor betongen i gesimsen er skallet av eller smuldret opp. I tillegg er det langs veggen mot trappesjakt syd, malingsavflassing i tilnærmet hele veggens høyde. Her er også riss og noe bomskader i nedre del av veggen. Ned mot overgansbeslaget mot underliggende tak er det en del mindre pussavskallinger og bomskader.

På den nordre delen av østfasaden er det et kraftig vertikalt riss langs hjørne nordøst i store deler av veggens høyde, se figur 18. Opp mot toppen av veggen, i overgangen mot toppbeslag og parapet, er det flere riss som indikerer armeringskorrosjon og enkelte mindre punktavskallinger med betong.



Figur 17: Midtre del av fasade øst. Omfattende puss og betongavskalling i øvre del av veggen og oppunder gesimsen. Malingsavflassing i søndre del av veggen



Figur 18: Nordre del av fasade øst. Vertikal sprekk langs hjørne nordøst. Riss i overgang mellom parapet og toppvegg.

På fasade nord er det flere felt med krakelering og riss med salt- og kalkutslag i øvre halvdel av fasaden, se figur 19. Denne fasaden har også felt hvor puss og betong har synlige riss eller skader fra underliggende armeringskorrosjon. I underkanten av et av vinduene er det kraftig sprekk og synlig løs betong over korrodert armering. Overflatebehandlingen på denne fasaden er som for de øvrige fasadene. Malingen er slitt og nedbrutt og det er mindre felt med malingsavflassing og synlig løse flak. Fasaden er også skjoldete og har misfarging fra lang tids fuktesponering i noen felt.



Figur 19: Fasade nord. Omfattende krakelering med salt- og kalkutslag på øvre halvdel av fasade. Punktavskallinger av betong og skade under vindu som følge av armeringskorrosjon.

5 Måleresultater

5.1 Generelt

Armeringensoverdekning er målt med Profoscope. Målingen utføres ved at apparatet føres over betongoverflaten. Instrumentet vil indikere hvor armeringen ligger og med hvilken overdekning. Armeringsoverdekningen angis normalt med en maksimalverdi, en minimumsverdi og en medianverdi målt over et felt på ca 1m². Medianverdien er tatt ut fra verdien av alle enkeltmålinger i det aktuelle armeringslaget i prøvefeltet. Alle verdier representerer overdekning til ytterste armeringssjiktet, dersom ikke annet er angitt. Der hvor det er puss utenpå betongen og denne ikke er bomskadet eller skallet av, er både armeringsoverdekning og karbonatiseringsdybde angitt fra utvendig puss. Pusstykkelsen varierer generelt på byggenes fasader som følge av at det er pusset på et underlag som opprinnelig er bordforskalt.

Bygget geografiske plassering gir ingen grunn for å mistenke at betongen er tilført klorider i byggets levetid med unntak av eventuelle kjemiske prosesser i bygget som kan forårsake kloridforurensning i betongen. Denne typen tilførte klorider var eventuelt kun forventet å finne på enkelte avgrensede områder. Tilførte klorider i byggetiden knyttet til vinterstøp ol. hadde vi ingen informasjon om og måtte derfor anta at dette også kunne være en problemstilling.

Vi valgte derfor å gjennomføre en relativt detaljert kartlegging av klorider på fasadene og tok som følge av det ut kloridprofiler i 21 av 25 prøvefelt.

Kloridinnholdet er analysert etter RCT-metoden på borstøv fra primært to sjikt på 20 eller 25 mm mens det i to av prøvefeltene er benyttet tre sjikt. Sjiktykkelse er valgt ut fra hvor armeringen ligger i betongtverrsnittet. I og med at karbonatiseringsfronten i de aller fleste prøvefelt ligger betydelig bak armeringen er dette ikke tatt hensyn til ifm. valg av antall sjikt og sjiktykkelse.

Karbonatiseringsdybden påvises ved at det påsprøytes fenolftalinløsning på rengjorte betongflater umiddelbart etter opphugging. Betong som ikke er karbonatisert, får en kraftig rødlig farge, mens karbonatisert betong ikke får noen fargeforandring, se figur 20.

Korrosjonstilstanden er kartlagt ved frilegging av armering i opphugginger. Tilstanden er beskrevet ved hjelp av betegnelsen rustgrad etter følgende skala:

Rustgrad A	Armeringsoverflate stort sett uten rust
Rustgrad B	Begynnende rust og avflassing på armeringens overflate
Rustgrad C	Hele eller store deler av armeringens overflate har overflaterust. Lite synlig gropetæring, se figur 21
Rustgrad D	Hele eller store deler av armeringens overflate har overflaterust. Synlige rustgroper i stor utstrekning



Figur 20: Typisk prøvefelt påsprøytet fenolftalinløsning.



Figur 21: Typisk armering med rustgrad C.

5.2 Sammendrag måleresultat

Prøvetakningen er fordelt på bygget fra 1918 og bygget fra 1928 med til sammen 22 prøvefelt. I tillegg er det plassert tre prøvefelt på trappesjakt i sørøst på 1928-bygget. Først etter at feltarbeidet var avsluttet ble det kjent for oss at denne delen av bygget ikke omfattes av fredningen. Disse prøvene er derfor ikke videre behandlet her da rapporten kun omfatter bygningsmassen som er fredet. Av de 22 prøvefeltene er 14 prøvefelt plassert i bygget fra 1918 mens 8 prøvefelt er plassert på bygget fra 1928. De betongteknologiske prøvene er fordelt på de to byggetrinnene som beskrevet over, men vi ser ingen større skiller mellom resultatene på noen av prøvene. Vi har derfor valgt å presentere prøveresultatene samlet for begge byggetrinn. Plasseringen av prøvefeltene er gjort med tanke på å fordele prøvefeltene ut på en så stor del av fasadeflatene som mulig. Flere av prøvefeltene ble flyttet noe ift. opprinnelig planlagt grunnet skader eller manglende armering i området der feltet opprinnelig var tenkt. I og med at plasseringen av prøvefeltene var omsøkt til kulturmiljøforvaltningen er flyttingen avklart og godkjent av disse. Det var også opprinnelig planlagt og godkjent tre uttak av borkjerner for tynnslianalyse av puss og overflatebehandling. Da det i forbindelse med feltarbeidet ble avdekket at alle fasader var pusset og malt, i motsetning til de opplysninger vi hadde fått, ble det også søkt om å utvide antallet borkjerner for puss- og malingsanalyse utvidet til seks prøver.

5.2.1 Armeringsoverdekning

Det er generelt stor variasjon både i armeringsoverdekning og armeringsmengder i fasadene på begge byggene. Vi har påvist områder, relativt vilkårlig, der vi ikke har klart å finne armering lagt i noe form for system og andre steder der det er felt med et visst armeringssystem. På en del områder ligger også armeringen med svært varierende overdekning innenfor et relativt begrenset område. Disse forholdene har gjort kartlegging av armeringsoverdekningen utfordrende og vanskelig å gjennomføre på en slik måte at måleresultatet blir fullt ut representativt for alle fasadeflater. I og med at målenøyaktigheten for Profoscope er mest nøyaktig mellom 0 og 70 mm har vi valgt å ikke legge prøvefelt i områder der største delen av armeringen ligger dypere enn dette. I tillegg vil vi da begynne å nærme oss midten av veggverrsnittet og det ansees som lite hensiktsmessig å kartlegge armering innenfor dette fra utsiden.

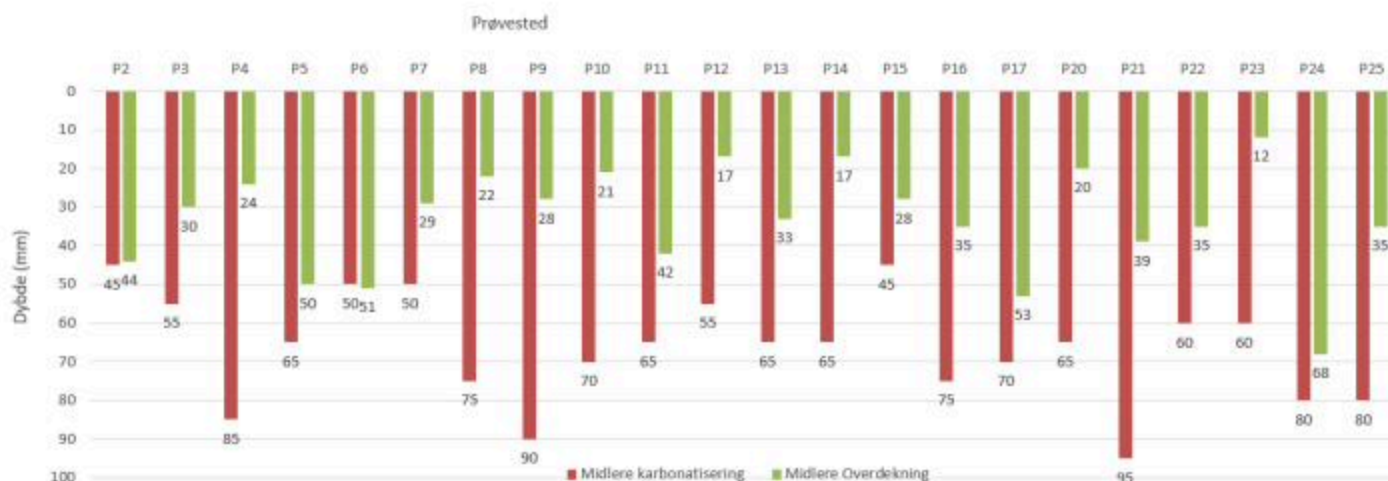
Det er målt armeringsoverdekning i alle 25 prøvefelt fordelt på fasadene til de to ulike byggetrinnene. Tre av disse prøvefeltene er plassert på trappesjakten øst for bygget fra 1928 og er derfor tatt ut i etterkant av feltarbeidet da dette bygget viser seg å ikke være omfattet av fredningen.

I de 23 prøvefeltene varierer armeringsoverdekningen fra 11 mm til 72 mm med en gjennomsnittlig medianverdi på 33 mm. Middelverdien for overdekning målt med skyvelære på fremhugget armering i fast betong i prøvefeltene ligger på 34 mm.

5.2.2 Karbonatisering

Karbonatiseringsprøvene er fordelt på de to byggetrinnene som beskrevet i pkt. 5.2 og vi ser ingen større skiller mellom byggetrinnene. Det er også målt karbonatiseringsdybde i alle 23 prøvefelt på de fredede byggene. Karbonatiseringsdybden varierer fra 45 mm til dybder > 95 mm. Den midlere karbonatiseringsdybden ligger på en verdi > 67 mm. I svært mange prøvefelt er ikke maksimalverdien for karbonatiseringsdybde målt da karbonatiseringen går betydelig dypere enn det var hensiktsmessig å meisle i veggverrsnittet. Det er derfor grunn til å anta at den midlere karbonatiseringsdybden på fasadene er betydelig større enn den angitte verdien her. Antagelig er det mange større områder på fasadene hvor veggverrsnittet er karbonatisert gjennom.

I figur 22 er forholdet mellom armeringsoverdekning og karbonatiseringsdybde på de utvendige fasadene vist. Diagrammet viser tydelig at karbonatiseringsdybden i all hovedsak er betydelig dypere enn den midlere armeringsoverdekning. Dette betyr at hovedtyngden av armeringen i alle fasader ligger i betong som er karbonatisert og ikke beskytter armeringen mot korrosjon.



Figur 22: Forholdet mellom armeringsoverdekning og karbonatiseringsdybde på utvendig fasader

5.2.3 Kloridinnhold

Det er utarbeidet totalt 18 kloridprofiler samlet på begge byggetrinnene. 16 av disse kloridprofilene er tatt i to sjikt mens de to siste profilene er tatt i tre sjikt med 20 eller 25 mm sjikthykkelse.

Kloridinnholdet i det ytterste sjiktet varierer fra 0,006 % til 0,558 % kloridioner av sementvekta. I andre sjiktet varierer innholdet av kloridioner fra 0,004 % til 0,619 % av sementvekta mens i det tredje sjiktet varierer kloridinnholdet fra 0,032 % til 0,261 % kloridioner av sementvekta.

Det er påvist innhold av kloridioner over teoretisk grenseverdi for initiering av armeringskorrosjon i uakarbonisert betong i to av prøvefeltene – ett prøvefelt fra hvert byggetrinn. I tillegg er det påvist kloridinnhold på > 0,2 % av sementvekta i et prøvefelt på byggetrinnet fra 1928 hvor armeringen ligger i karbonisert betong.

5.2.4 Armeringstilstand

Kontroll for korrosjonsgraden på armeringen i prøvefelt er utført på armering som ligger i betong uten bomskader eller tidligere betongavskallinger. I forbindelse med opphuggingen viste det seg at betongen i flere områder var porøs og fattig på bindemiddel, se figur 23. I tillegg observerte vi også i flere opphugginger at armeringen lå i betong med store mengder stein, nærmest i et steinreir se figur 24. Skadene er ikke synlig utenpå pusssjiktet.



Figur 23: Porøs betong med svært lite bindemiddel og lav fasthet.



Figur 24: Opphugging i prøvefelt med typisk mye stein i betongen.

Gjennomgående i alle prøvefelt er det påvist armeringskorrosjon, se figur 23 og 24 samt angivelse av korrosjonsgrad i opphugging for hvert prøvefelt i vedlegg V1. Korrosjonsomfanget på armeringen i mange prøvefelt viser generelt at all armering er korrodert. Omfanget av korrosjon varierer fra overflaterust, korrosjonsgrad B og C, til enkelte prøvefelt med korrosjonsgrad D. Omfanget av prøvefelt med korrosjonsgrad D er begrenset og i de felt det er påvist er tverrsnittsreduksjon ikke dramatisk. Variasjonen i korrosjonsgraden følger i stor grad variasjonen i den opplevde kvaliteten på betongen og utstøping ved opphugging samt opprinnelig overdekning på armeringen.

Det er ikke påvist større omfang eller et annet korrosjonsbilde i de prøvefeltene P2, P15 eller P24 der det er påvist et svakt forhøyet innhold av klorider i betongen.

5.2.5 Måling av betongfasthet på borkjerner

Det ble tatt ut fire betongkjerner for en indikasjon på fastheten til betongen i bygget. Borkjernene er tatt ut som vist på fasadetegninger i vedlegg V2. Prøve P11 har det ikke vært mulig å gjennomføre trykktest av da borkjernen var så porøs at den delvis løste seg opp. De tre øvrige prøvene hadde en målt fasthet varierende fra 22,5 til 36,8 MPa. Den store variasjonen i

betongkvalitet er som forventet ut fra erfaringer gjort i forbindelse med uttaket av de øvrige betongteknologiske prøvene, samt byggets alder. Betongen er blandet manuelt på byggeplassen og det er stor variasjon i sementmengden som er benyttet. Se testrapport fra UIA i vedlegg V2.

5.2.6 Resultater av tynnslipanalyser av puss og overflatebehandling

Det er tatt ut totalt syv borkjerner for tynnslipanalyse av puss- og overflatebehandling. To av prøvene er tatt i fasader på bygg fra 1928, fire prøver fra fasadene på bygg fra 1818 og en prøve fra fasaden på nyere trappesjakt øst for bygg fra 1928. Generelt er pussjiktet tynt, < 10 mm, men med variasjoner i tykkelsen. Pussen er påført det bordforskalte betongunderlaget og på store deler av fasadene er strukturen fra det bordforskalte underlaget synlig gjennom pussene. Sluttpussen, der det er flere enn et sjikt, ser ut til å være stenket/skvettet på betongen da overflaten er ru/grov og ikke skurt etter påføring.

På bygning fra 1918 er det tatt ut en prøve på gavlfasade syd, en prøve på gavlfasade vest og en prøve på hhv. langfasade nord og vest, se for øvrig vedlagte fasadetegninger for plassering av prøvene. For prøvene 1 og 4 viser analysene at det i dag er to tynne sjikt KC-puss utenpå betongflatene. For begge disse prøvefeltene gjelder det at grunningslaget har en pussammensetning med kalk, grå portlandsement og naturlig sand som tilslag. Utenpå grunningslaget finner en andre pusslag som består av hvit portlandsement tilsatt noe grå portlandsement. Tilslaget i tynnpussen på disse prøvene består av finknust marmor med kornstørrelse på hhv. omkring 0,5 mm og 0,3 mm. Pussjiktene er antagelig påført omtrent samtidig og vurderes derfor å være grunning og tynnpuss i samme utførelse. Portlandsementen som er benyttet i disse pussmørtelene er karakteristisk for sement fra midten av 1900-tallet. Analysen av prøve 5 viser et noe annet resultat. Her er det antagelig opprinnelig påført en tynn sementslemming som var et farvelag utenpå betongflaten. Utenpå denne slemmingen er det igjen etter en del tid påført en tynnpuss av KC-mørtel med tilslag av knust marmor, tilsvarende som for de øvrige prøvene. Videre utenpå dette pusslaget er det igjen bygget opp en puss bestående av grunningsgjikt og tynnpuss, tilsvarende som beskrevet for prøve 1 og 4. I prøve 6 er det påvist to ulike tynne sjikt med sementslemming, påført med noe tidsmessig mellomrom. Utenpå disse to lagene med sementslemming er det, kort tid etter siste laget med slemming, påført et sjikt med tynnpuss av KC-mørtel. KC-mørtelen her er relativt lik som for tynnpussen beskrevet i de andre prøvene. Felles for alle prøvene fra fasadene på bygget fra 1918 er at utenpå det siste mineralske laget med KC-puss, er det påført et eller to sjikt med plastmaling. I en prøve er det to ulike sjikt plastmaling mens for de øvrige prøvene er det kun et sjikt maling. Malingen er gråblå og har generelt der de blå pigmentene helt i overflaten er i stor grad fraværende og årsaken til at fargen fremstår som bleket/falmet.

På den delen av bygget som er oppført i 1928 er det tatt to borkjerner for analyse av puss og overflatebehandling. I prøve 2 er det påvist et sjikt med tynnpuss som også har lik sammensetning som tynnpussjiktet på bygget fra 1918. Det er ikke påvist slemming eller grunningsgjikt under denne tynnpussen. Prøve 7 har to pussjikt, et grunningsgjikt og et tynnpussjikt. Disse pussjiktene har tilnærmet lik sammensetning som øvrig puss på 1918 og 1928 byggetrinn. Også på dette byggetrinn er det ytterste sjiktet med overflatebehandling utført med en blågrå organisk maling hvor de blå pigmentene er nesten fraværende i malingens overflate og gir en falmet overflate.

Oppsummert indikerer analysene av prøvene fra de to byggetrinnene at det er noe variasjon i utførelsen av pussjiktene, men at det er enkelte hovedtrekk som går igjen. Alle prøvene har et eller to sjikt med svært tynn KC-puss, enten bare tynnpuss med bindemiddel av kalk og sement samt tilslag av knust marmor eller også et grunningsgjikt med KC-mørtel under tynnpussen. KC-mørtelen består av sement som er tidsmessig typisk for Portlandsement fra omtrent midten av 1900-tallet. Blandingsforholdet er varierende mellom KC50/50/600 til KC 20/80/400 i både grunningsgjikt og tynnpussen. Tilslaget i grunningsgjiktet er naturlig sand med kornstørrelse mellom 0,5 mm og 1,0 mm mens i tynnpussen er tilslaget knust marmor med kornstørrelse varierende fra 0,2 mm til 0,5 mm.

Generelt er det på alle prøver påvist ett eller to sjikt organisk maling utenpå det ytterste laget med puss. Der det er benyttet to sjikt er det innerste en gulhvit maling hvor det blågrå sjiktet er påført kort tid etter. Vi tolker dette som om deler av pussflatene kan være grunnet før maling mens andre flater ikke er grunnet, men at den gråblå malingen er malt rett på det ytterste pusssjiktet. Analysene indikerer at malingssjiktet flere steder er påført en forvitret pussoverflate. Dette indikerer at malingen kan være påført noe tid etter at det ytterste sjiktet med puss ble påført. Da det ikke er tatt prøver for tynnslip av puss/overflatebehandling på felt med hvitfarge, har vi ikke noen informasjon vedrørende denne overflatebehandlingen.

Tidfestingen av dagens puss på begge byggetrinn indikerer at denne pussen er påført tidsmessig senere enn byggingenes oppføringstidspunkt og antagelig samtidig på begge bygg. Det kan tenkes at pussen ble påført begge byggetrinn etter at byggetrinn fra 1928 var ferdigstilt, men dette er usikkert i og med at sementen som er benyttet i pussen tidfestes noe senere på 1900-tallet. To av prøvene fra byggetrinn 1918 har fått påvist en grå/hvitgrå sementslemming under det første pusssjiktet. Hvorvidt dette indikerer at hele eller deler av dette bygget opprinnelig hadde en slemming utenpå betongflatene før begge bygge ble pusset samtidig kan være en forklaring, men det har vi ikke tilstrekkelig prøver til å kunne fastslå sikkert. Gamle foto av byggetrinn fra 1918 kan for så vidt underbygge teorien om at dette bygget opprinnelig hadde en tynn overflatebehandling som kan være slemming.

Teksturen i overflaten på det ytterste sjiktet med finpuss at denne tynne pussen er påført ved hjelp av en form for stenkekaske eller lignende. Slik som overflatene fremstår sammen med pusstykkelsen er det ingen ting som tyder på at pussen er trukket på med brett eller lignende og skurt etterpå.

Generelt vil en plastmaling av den typen som er påvist på disse fasadene fort kunne bli for diffusjonstett og gi et problem med innstengning av fukt og derved øke sannsynligheten for og omfanget av frostskaader i pusssjiktet.

6 Vurdering av skadeomfang samt skadeårsak basert på visuelle observasjoner og måleresultater

Det generelle bildet av skadene på overflatebehandlingen er at malingen er slitt og nedbrutt, hvilket for så vidt bekreftes av tynnslipanalysen som viser at ytterste sjikt på malingen mangler pigmenter. Vi har ingen opplysninger om tidspunkt for siste dato for påføring av overflatebehandling, men basert på det visuelle inntrykket er det antagelig flere tiår siden. Omfanget av slitt og nedbrutt maling gjelder generelt alle fasader. Det er også felt der malingen er flasset av. Dette skyldes i all hovedsak fuktbelastning som følge av utett renner, nedløp eller defekte beslag. En ser også at noen felt med malingsavflassing er forårsaket av høy fuktvandring gjennom i veggene eller gesimsen. Pussavskallingene er i all hovedsak forårsaket av bakenforliggende skader i betongveggene som armeringskorrosjon og rustsprengning, men det er også felt med pussavskallinger som er forårsaket av høy fuktbelastning over lang tid og ofte i kombinasjon med frost. De fine rissene og feltene med krakelering i pussen antas å være forårsaket av at pussen stedvis har betydelig høyere fasthet enn betongen i underlaget og/eller mulig frostskaader. Bomkontrollen viser at det flere steder er bom i pusssjiktet der pussen også er krakelert. Kalkutfellingen langs riss i områder på pussen antas å være forårsaket av fuktvandring gjennom veggverrsnitt og puss og/eller lokal fuktbelastning.

Alle vinduer har i hovedsak også det samme bildet ift slitt og nedbrutt overflatebehandling på utvendige flater av tre eller metall. Trevinduene er antagelig ikke opprinnelige og det er ikke gjort noen vurdering av tilstanden utover malingsavflassing. På vinduene med metallrammer er malingsavflassing og korrosjon i all hovedsak forårsaket av manglende vedlikehold over tid.

Betongskadene er noe ulike, avskallingsskader i områder uten frilagt korrodert armering og skader hvor det er frilagt korrodert armering bak betongen som er skallet av. I områdene der det er synlig frilagt korrodert armering under bomskader og betongavskallinger kan en fastslå at armeringskorrosjon med påfølgende rustsprengning er årsaken til skadene. I de flatene der en har en skade med avskallet betong, men ingen synlig korrodert armering kan det se ut som om betongen er «smuldret» opp. Det er ikke nødvendigvis omfattende bomskader i disse områdene, men betongen i feltene har svært liten fasthet. Mange av disse feltene ser ut til å ha hatt en høy fuktbelastning som følge av defekte detaljer eller utformingen på bygget. Skadene har antagelig oppstått som følge av kraftig nedfukting med etterfølgende frost, kombinert med i utgangspunktet en svært bindemiddelfattig betong med lav fasthet. En kombinasjon av disse to ulike skademekanismene er også sannsynlig årsak til flere av skadene.

De kraftigere rissene i fasadene, som omfatter både pussene og bakenforliggende betong, er sannsynligvis forårsaket av manglende armering i veggverrsnittene og enkelte steder som følge av underliggende armeringskorrosjon. Rissene forekommer både ut fra hjørner på utsparinger eller mere vilkårlig på fasadeflatene. I tillegg ser vi også at noen riss forekommer i støpeskjøter på veggflatene eller i overgangen mellom byggene.

Kloridanalysene viser i all hovedsak at det ikke er et gjennomgående problem i bygget med innstøpte klorider fra oppføringen av bygget. Kloridinnholdet i armeringssjiktet i P2 er lavt og så vidt over teoretisk grense for initiering av armeringskorrosjon. I P15 er det svakt forhøyet innhold av klorider, men under nedre teoretiske grense for initiering av armeringskorrosjon. I P25 er det forhøyet kloridinnhold, men i armeringssjiktet er det kloridinnholdet lavere enn den teoretiske grenseverdien på 0,4 % kloridioner av sementvekta. Årsaken til disse svakt forhøyede verdiene av kloridinnhold er usikkert. Det kan både være fra byggetiden, men også som følge av lokal eksponering fra driften i bygget i enkelte områder. Prøve P18 og P19 er tatt i trappesjakten øst for de fredede bygene og omfattes for så vidt ikke av denne tilstandsanalysen, men heller ikke her er det forhøyet kloridinnhold i betongen i armeringssjiktet. Samlet kan en slå fast at kloridforurensning og armeringskorrosjon som følge av dette ikke er en aktuell problemstilling i fasadene på disse byggene.

Armeringsoverdekningen varierer mye på fasadene i begge byggene med en midlere overdekning på 33 mm. Variasjonen er som forventet og ikke ulikt det en finner i mange bygg med tilsvarende alder. Det samme gjelder karbonatiseringsdybden. Som beskrevet over varierer også denne mye som følge av stor variasjon i betongens sementinnhold. Til tross for store variasjoner er den midlere karbonatiseringsdybden betydelig større enn den midlere armeringsoverdekningen. I flere områder er antagelig veggene karbonatisert gjennom hele tverrsnittet. Dette betyr at det aller meste av armeringen ligger i karbonatisert betong som ikke beskytter mot armeringskorrosjon.

Armeringen er som følge av stor karbonatiseringsdybde korrodert i de prøvefeltene der armeringen er frilagt. Korrosjonsgraden varierer fra overflaterust til enkelte prøvefelt der det er observert begynnende reduksjon av armeringstverrsnittet, selv på armering som ligger med relativt stor overdekning. Dette indikerer at armeringen har ligget lenge i karbonatisert betong. I områder hvor armeringen ligger frilagt i dag, som følge av betongavskalling, ser vi flere steder at korrosjonen har medført til dels redusert tverrsnitt på armeringen. Årsaken til at det ikke er mere omfattende betongavskalling som følge av rustsprengning anser vi å være at mye av armeringen ligger med relativt stor overdekning, kombinert med lav fasthet på betongen og liten armeringsdiameter. En del av den frilagte armeringen ligger i betong som nærmest kan betegnes som steinreir eller betong tilnærmet uten bindemiddel. I flere av prøvefeltene var det et sterkt pusslag utenpå betongen som forhindret avskalling eller synlig skade.

I og med at karbonatiseringsdybden i fasadene i all hovedsak er betydelig større enn armeringsoverdekningen kan det legges til grunn at armeringskorrosjonen er forårsaket av at armeringen ligger og har ligget lenge i karbonatisert betong som ikke beskytter mot korrosjon. I tillegg er det større områder med slitt overflatebehandling og skadet puss som har gitt økt

fukttinnhold i betongen på mange områder og således mere omfattende betongskader. Skader på renner og nedløp har også gitt svært høy fuktbelastning lokalt og medført betongskader både som følge av frost, men også økt korrosjonshastighet som følge høyt fukttinnhold i betongen kombinert med karbonatisert betong.

7 Mulige utbedringsmetoder

I vurderingen av utbedringsmetoder legger vi til grunn at armeringskorrosjonen er forårsaket av at armeringen ligger i karbonatisert betong og/eller i svært porøs betong eller steinreir og støpesår. Det er da i all hovedsak to aktuelle rehabiliteringsmetoder som vil være aktuelle. Normalt vil en benytte elektrokjemisk realkalisering kombinert forenklet mekanisk reparasjon der hoveddelen av armeringen ligger i karbonatisert betong. Dersom omfanget av armering i karbonatisert betong er mindre vil det kunne være aktuelt med mekanisk reparasjon.

7.1 Mekanisk reparasjon

Mekanisk reparasjon er en reparasjonsmetode som kan utføres på ulike nivåer. Fullstendig, begrenset eller forenklet mekanisk reparasjon. Det som skiller nivåene, er i hovedsak meislingskriteriene og derved meislingsomfanget. Valg av nivå gjøres på bakgrunn av en vurdering av omfanget av armering som ligger i karbonatisert betong og eventuelt om det skal benyttes noen form for elektrokjemisk utbedringsmetode i tillegg.

Fullstendig mekanisk reparasjon omfattende fjerning av all betong rundt de deler av armeringen som befinner seg i karbonatisert betong. Metoden egner seg best der mesteparten av armeringen ligger i ukarbonatisert betong og karbonatiseringsfronten har god klaring til øvrig armering.

Ved begrenset mekanisk reparasjon fjernes kun betongen der det er synlige tegn til betong skader eller korrodert armering. Korrodert armering blottlegges da 50 mm inn på friskt armeringsjern avdekkes. Deler av gjenværende armering som fremdeles ligger i karbonatisert betong blir ikke blottlagt. Det er viktig at alle flater blir overflatebehandlet med en karbonatiseringsbremsende maling for å forebygge videre skadeutvikling dersom dette ikke strider med særlig krav til byggets overflatebehandling. Denne metoden kan by på problemer rent teknisk da det vil være krevende å sette grenser for meislingsomfanget.

Forenklet mekanisk reparasjon omfatter kun synlige skader ved at løs betong fjernes og erstattes. Denne metoden benyttes normalt bare i kombinasjon med en elektrokjemisk rehabiliteringsmetode som på dette bygget eventuelt vil være elektrokjemisk realkalisering.

Mekanisk reparasjon omfatter følgende arbeidsoperasjoner ved håndmørtling, som er den aktuelle metoden for dette bygget: All løs og bomskadet betong fjernes ved meisling inn på uskadet betong og armeringsjern. Armeringen rengjøres til en rengjøringsgrad tilsvarende Sa 2. Alle sårflater i betongen rengjøres for støv, event. sementslam, olje og fett for å sikre best mulig heft for reparasjonsmørtelen. Etter rengjøring påføres en alkaliresistent sementbasert korrosjonsbeskyttelse på armeringen for å beskytte armeringen mot korrosjon og sikre god heft for reparasjonsmørtelen til armeringen. Betongunderlaget forvannes og påføres en sementbasert heftbro som reparasjonsmørtelen legges "vått i vått" med. Alle utstøpte/mørtlede flater beskyttes deretter mot uttørking for å unngå opprissing.

7.2 Elektrokjemisk realkalisering

Dersom store deler av armeringen ligger i karbonatisert betong er det en aktuell rehabiliteringsmetode elektrokjemisk realkalisering. Ved elektrokjemisk realkalisering reetableres det basiske miljøet rundt armeringen og det bygges opp en ny passivfilm på armeringen, slik at den blir beskyttet mot korrosjon. Elektrokjemisk realkalisering utføres i kombinasjon med forenklet mekanisk reparasjon som er beskrevet i forrige kapittel.

Realkalisering foregår ved å påføre et elektrisk felt mellom armeringen og betongoverflaten som er påsprøytet en elektrolytt. Det monteres et armeringsnett eller tilsvarende på flatene som påsprøytes trefibermasse eller oppmalt avisapir. Denne massen fuktes med elektrolytten (alkalisk væske) og påtrykkes en spenning. Realkaliseringsprosessen skjer da ved at det dannes hydroksylioner på armeringsoverflaten i tillegg til at det transporteres alkalisk væske inn i betongen. Behandlingsprosessen varer normalt fra sju til ti dager. Etter at prosessen er avsluttet fjernes trefibermassen og armeringsnettet. Grundig uttørking før ny puss og overflatebehandling påføres er viktig for å unngå flassing og kalkutfelling.

For å få gjennomført en vellykket realkalisering er det en forutsetning at all armering er i elektrisk ledende kontakt. Det er ofte en utfordring på eldre bygg som i tillegg er beskjedent armert. Dersom forsøk viser at det er dårlig kontinuitet i armeringen, må det etableres kontinuitet. Dette er en jobb som vil kreve et relativt stort omfang av inngrep i konstruksjonen i form av meisling og gjenmørtling. Normalt bør både overflatebehandling og puss fjernes fra betongflatene før det gjennomføres elektrokjemisk realkalisering. Dette gjelder særlig om det er noen malingslag som er organiske. Når det gjelder pusslag er det ulikt hvor stor innvirkning dette har på realkaliseringsprosessen. Erfaringer fra tidligere prosjekter viser at pusslag uten på betongflatene ofte gir utfordringer knyttet til å få realkaliseringsprosessen til å fungere, eller eventuelt tar svært lang tid. I tillegg er det det nødvendig med tilstrekkelig overdekning på armeringen og utbedring av alle støpesår og steinreir slik at en ikke har for mange strømsluk og kortslutningspunkter.

8 Utbedringstiltak

I forbindelse med valg av rehabiliteringstiltak, må det legges til grunn at byggene som omfattes av denne rapporten er fredet ihht KML §15. Fredningen omfatter eksteriøret på bygget fra 1918 og 1928. Valg av rehabilitering bør da, i tillegg til å gi den teknisk mest varige løsningen, også legge til grunn bestemmelsene i fredningsvedtaket. I tillegg til dette, bør også tilstanden til betongkonstruksjonen innvendig som ikke har vært en del av vårt mandat, sees i sammenheng med utvendig rehabilitering.

I forbindelse med mekanisk reparasjon er det områder der meislingsomfanget kan bli så omfattende at det må gjøres en kontroll av statikken (bæreevnen) i forbindelse med fjerning av betong og eventuelt armering. Det må også gjøres en vurdering av statiker hvorvidt skadene på armeringen er av et slikt omfang i disse områdene at det må monteres inn ny armering før skaden mørtles opp igjen.

Generelt kan en legge til grunn at store deler av armeringen har ligget i karbonatisert betong i flere tiår. Med unntak av der armeringen har ligget med betydelig mindre overdekning enn middelverdien eller at det av andre grunner har vært særlig påkjenninger i form av fukt eller mekaniske skader, er det påvist begrenset reduksjon av armeringstverrsnittet. Vi har funnet armering i fast betong som har begynnende tverrsnittsreduksjon, men ikke av et slikt omfang at det har noen betydning for bæreevnen. Dette kan dog ikke utelukkes i andre områder enn der det er foretatt prøvetakning. Dette indikerer at korrosjonshastigheten på armeringen som ligger i fast uskadd betong tross alt er begrenset, men tilstrekkelig til at skadeutviklingen er pågående. Gitt at dagens bruksmønster og klima ikke endres kan en anta at denne korrosjonshastigheten ikke vil endres nevneverdig i årene fremover, men det er ikke mulig å si noe sikkert om dette.

Dersom fasadene skal rehabiliteres med elektrokjemisk realkalisering, vil en måtte gjøre større inngrep på fasadene ved at pussen antakelig må fjernes, det må etableres armeringskontinuitet, alle steinreir og støpesår må repareres. Elektrokjemisk realkalisering utføres må kombineres med forenklet mekanisk reparasjon på skader på fasadene. Dette er tiltak som krever omfattende inngrep i konstruksjonen og antagelig må dette gjøres i et omfang som medfører høye kostnader. Elektrokjemisk realkalisering er en anerkjent metode som vil stoppe pågående

armeringskorrosjon og forhindre eventuell ny armeringskorrosjon i fremtiden. Metoden vil redusere behovet for fremtidige reparasjoner på fasadene som følge av armeringskorrosjon og rustsprengning. Vår vurdering er at selv om metoden i teknisk sett kan være egnet på fasadene, er det flere forhold som taler mot å benytte denne metoden på fasadene. Hvorvidt metoden er teknisk gjennomførbar og med hvilke krav til forarbeider ift reparasjoner og fjerning av overflatebehandling og puss må avklares ved at det gjennomføres et prøveprosjekt på fasadene.

Alternativet er å benytte kun mekanisk reparasjon på betongskadene. Det naturlige nivået vil da være å benytte «Begrenset mekanisk reparasjon». I forbindelse med prøvetakningen ble det i all hovedsak påvist korrosjon på all armering som ble frilagt i fast betong. Denne metoden krever at det meisles til en kommer min 50 mm inn på ikke-korroderet armering og når en da kan legge til grunn at hovedtyngden av armeringen ikke bare ligger i karbonatisert betong, men også er korrodert, vil dette medføre et stort meislingsomfang.

Dersom en skal begrense meislingsomfanget til å kun å omfatte områder som i dag har bom, avskallingsskader og frilagt korrodert armering, kan en se for seg og benytte «Forenklet mekanisk reparasjon». Denne metoden fjerner kun løs og skadet betong og benyttes normalt i kombinasjon med elektrokjemisk rehabilitering. Skal en benytte denne metoden uten realkalisering vil meislingsomfanget naturlig øke også da en normalt vil meisle lengre på hvert armeringsjern når det ikke skal realkaliseres. Så selv om meislingsomfanget vil bli mindre enn med «Begrenset mekanisk reparasjon» vil det allikevel bli mere meisling enn om metoden brukes i kombinasjon med realkalisering. Det vil uansett forbli store mengder armering i fasadene som fremdeles korroderer og antagelig mange felt hvor det er svært dårlig betong og/eller steinreir.

Riss i fasadene bør kartlegges nærmere for å sjekke om de er «døde» eller om det kan være noen bevegelser i disse som følge av temperaturvariasjoner og/eller vibrasjoner i bygget. I utgangspunktet kan en anta at de fleste riss ikke har nevneverdig bevegelse og derfor kan mørtles igjen i forbindelse med mekanisk reparasjon, eventuelt med bruk av noe svellepasta i bunnen av fugen for å oppta mindre bevegelser og hindre vanninntrenging.

Valg av mørteltype i forbindelse med eventuell mekanisk reparasjon bør gjøres ut fra et teknisk perspektiv der en søker å benytte en mørtel som i fasthet er relativt lik den betongen som er i fasadene. I tillegg må en også ta hensyn til at bygget er fredet og at en har mulighet for å kunne gjennomføre en elektrokjemisk realkalisering på et senere tidspunkt. Det betyr at reparasjonsmørtelen som benyttes må ha fasthet i størrelsesorden 25 MPa, god strømgjennomgang, minst mulig svinn og frostbestandig. Fasadene er i dag pusset og dersom en skal videreføre dette vil alle skader pusses etter reparasjon. Farge på reparasjonsmørtelen vil derfor ikke være avgjørende. Endelig valg av mørtel må gjøres i forbindelse med prosjektering og i samtykke med kulturmiljøforvaltningen som for så vidt skal godkjenne alle reparasjonsprinsipper på bygget. Reparasjonen bør også utføres på en slik måte at strukturen etter bordforskalingen gjenskapes da denne i stor grad er synlig gjennom det tynne pusslaget.

Dagens puss og overflatebehandling på bygget er sannsynligvis ikke fra byggenes opprinnelse, i alle fall ikke for byggetrinnet fra 1918. I to av tynnslianalysene er det indikasjoner på at byggetrinnet fra 1918 kan ha hatt et tynt sjikt med slemming som overflatebehandling før puss- og malingssjiktene som er i dag ble påført. Dette underbygges delvis av et foto fra 1924. Pusstypen som går igjen rundt på det meste av fasadene på begge bygg er antagelig av en nyere type enn den som ville vært påført bygget på byggetidspunktet, men en kan ikke utelukke at det har vært benyttet en KC-puss på begge byggene fra de var nye. KC-puss ble benyttet på både betong- og murverksbygg tidlig på 1900-tallet og det finnes flere andre eksempler på dette. Det betyr at en bør kunne benytte en KC-mørtel til pussreparasjoner på begge byggene. I og med at alle prøvene av ytterste pusslaget var med en KC-mørtel med tilslag av knust marmor, må det i forbindelse med prosjekteringen av rehabiliteringsarbeidene vurderes om det blir behov for ytterligere analyser for å gjenskape denne pussmørtelen. Det må her gjøres en

avklaring med kulturmiljøforvaltningen. Dersom bygget skal re-males enten i sin helhet eller flekkmales på reparasjoner i underlaget eller pussjiktet, kan det vurderes å benytte en vanlig KC-mørtel med samme styrke og størrelse på tilslaget som eksisterende puss. Det er ikke teknisk nødvendig å benytte knust marmor som tilslag dersom pussjiktet ikke skal være synlig. Dersom en vurderer å gjennomføre kun punktrepasjoner på puss, må det vurderes hvordan malingssjiktet skal håndteres. Antagelig vil det være mest hensiktsmessig å fjerne all malingen da det ikke vil være mulig å flekkmale og så få et brukbart estetisk resultat. Både materialvalg, teknikk og eventuell håndtering av overflatebehandling må avklares med kulturmiljøforvaltningen.

Hvorvidt det skal gjennomføres en omfattende rehabilitering av fasadene inkludert elektrokjemisk realkalisering eller om det kun skal repareres skader ved hjelp av forenklet mekanisk reparasjon, vil være et strategisk valg som byggherre må foreta. Dersom en vurderer å rehabilitere med elektrokjemisk realkalisering, anbefaler vi på det sterkeste å gjennomføre et prøveprosjekt i forkant slik at en får en oversikt og metodens brukbarhet, omfang av kontinuitetskobling og om all puss må fjernes først. Det bør også gjennomføres en tilstandsanalyse av innvendige betongkonstruksjoner før en igangsetter en så omfattende og kostbar rehabiliteringsprosess og vurdere tiltak innvendig og utvendig i sammenheng.

Generelt er det svært vanskelig å anbefale en rehabiliteringsmetode da valg av metode og materialer i stor grad vil avhenge av hvilke strategiske valg byggherren gjør i forbindelse med omfang av rehabiliteringen. Det vil da også være nødvendig med avklaringer fra kulturmiljøforvaltningen i hvilken grad det stilles krav til arbeider og materialer basert på denne rapporten og byggherrens strategi.

9 Konklusjon

Bygg 160 «Forniklingen» i Hydroparken på Notodden er fredet med krav til bevaring av utvendige fasader. Den fredede delen av bygget er oppført to omganger, første del i 1918 og siste del i 1928. Begge byggetrinn er oppført i plasstøpt betong hvor de utvendige fasader er påført en puss som er overflatebehandlet.

Fasadene har en del felt med kraftige betongskader både i form av betongavskallinger med frilagt korrodert armering, men også enkelte kraftige riss og områder hvor betong og puss er delvis gått i oppløsning. Overflatebehandlingen på pussen er gjennomgående svært slitt og nedbrutt og bærer preg av manglende vedlikehold over lang tid. Pussjiktet har noe ulik overflatestruktur og det er en del felt der pussen er bomskadet eller har skallet av. Pussjiktet med overflatebehandling har også en del krakeleringer i flere felt. Vinduer er i noe ulik utførelse, både tre- og metallrammer, som i all hovedsak har svært slitt og nedbrutt overflatebehandling. En del av vinduene er antagelig ikke opprinnelige da fasaden indikerer at en del av vindusutsparingene er endret i størrelse. Dette gjelder særlig der vindusrammer er i tre.

Tilstandsanalysen viser at i all armering antagelig ligger, og har ligget lenge i karbonisert betong og derved korroderer. Prøvetakningen viser varierende grad av korrosjonsangrep på armeringen, men det er kun i enkelte prøvefelt korrosjon har medført beskjeden reduksjon av armeringstverrsnittet. Dette indikerer at korrosjonshastigheten har vært relativt lav i og med at mye av armeringen antagelig har ligget i karbonisert betong i flere tiår. Både trykktesting av betongkjerner og det generelle inntrykket i forbindelse med prøvetakning viser at betongfastheten i fasadene er lav og at det er stor variasjon både mellom fasadene, men også intern på de enkelte fasader. I forbindelse med prøvetakningen ser en også at det en del støpesår og steinreir i betongen på baksiden av pussjiktet. Skadeutviklingen vil fortsett på betong og armering i disse fasadene dersom det ikke settes inn tiltak. Begrenset mekanisk reparasjon av betongskadene vil ikke være tilstrekkelig omfattende til å stoppe videre skadeutvikling.

I og med at bygget er fredet med krav om eksteriørmessig bevaring må valg av rehabiliteringsmetode og omfang ivareta både antikvariske og tekniske forhold.

Rehabilitering av fasadene er nødvendig, og for å stoppe videre skadeutvikling vil elektrokjemisk realkalisering være en teknisk god løsning, i kombinasjon med forenklet mekanisk reparasjon. Denne metoden vil kreve omfattende arbeider med utbedringer av underlaget, kobling av armeringskontinuitet og mulig fjerning av all puss. Metoden vil gi størst sikkerhet i forhold til utvikling av nye skader i fremtiden, men vil også være kostbar. I forkant av et eventuelt valg av denne metoden må det gjennomføres et prøveprosjekt for å avklare hvorvidt metoden lar seg gjennomføre på dette bygget.

Mekanisk reparasjon vil kunne begrenses til å omfatte kun utbedring av de synlige betongskadene på fasadene. I og med at all armering er korrodert vil en ikke kunne møte meislingskriteriene knyttet til nivået «Begrenset mekanisk reparasjon», men måtte begrense meislingsomfanget til å kun fjerne løs og bomskadet betong i tilknytning til skader. Til tross for dette vil omfanget av meisling kunne bli stort uansett om en definerer meislingskriteriet til «Forenklet mekanisk reparasjon» så lenge dette gjøres uten å kombineres med realkalisering. Etter reparasjon av betongskader, påføres det til slutt et pussjikt tilpasset omkringliggende pussliv og struktur. Dersom en velger denne rehabiliteringsmetoden vil en måtte akseptere at det vil utvikles nye skader fortløpende, uten at vi kan antyde noe om omfanget av dette. Riss og sprekker kartlegges for bevegelse, men kan i hovedsak utbedres ved at disse meisles opp og mekanisk repareres.

Dagens puss og overflatebehandling er sannsynligvis ikke fra byggetidspunktet. Pussen er en tynn en eller tosjiktet puss med hvit portlandsement og knust marmor hvor det ytterste sjiktet er påført ved hjelp av slemming/stenking, mens malingen er gjennomgående av organisk type. Pussjiktet er i relativt god stand, men avskallinger forekommer primært i felt der det er bakenforliggende betongskader og/eller langvarige fuktbelastninger. Malingssjiktet er generelt i dårlig forfatning med mye avflassing og svært slitt og falmet overflate. Reparasjon av pusskader kan utføres på ulike metoder og med ulike materialer avhengig av hvorvidt eksisterende overflatebehandling skal videreføres og flekkmales eller helmales.

Metoder og strategi for utbedring må avklares i samarbeide med kulturminneforvaltningen og det anbefales at valgte løsninger testes ut ved hjelp av prøvefelt.

Vedlegg V1 – Oversikt resultater av betongteknologiske prøver fasader

Prøvefelt nr:	Lokalisering	Overdekning (mm)				Karbonatiseringsdybde (mm)			Kloridinnhold i % av sementvekt			Korr.grad A D	Merknader/Fotoreferanser	
		min	mid	maks	opph	min	mid	maks	1.sjikt	2.sjikt	3.sjikt			
P1	Fasade syd	36	38	43	43	30	36	47	0-25 = 0,009	25-50 = 0,100		B	Korrosjon på yttre del av armering. Malt kalkkrik puss 5-8 mm.	1,2
P2	Fasade syd	38	44	47	45	43	45	46	0-25 = 0,558	25-50 = 0,462		B⊙	Fast betong men svært lav fasthet. Malt sementrik puss 3-4 mm	5,6
P3	Fasade syd. Prøve flyttet ned pga skade i prøvefelt	15	30	38	31		>55		0-25 = 0,022	25-50 = 0,006		B	Svært porøs betong. Malt sementrik puss 3-4 mm	7
P4	Fasade syd. Prøveflyttet noe opp grunnet ekstra vindu i fasade ift. tegning.	20	24	27	25		>85		0-25 = 0,007	25-50 = 0,004		C	Svært porøs betong, grenser til steinreir. Sementrik puss 2-3 mm	8
P5	Fasade syd. Prøve flyttet til et felt med armering. ned pga skade i prøvefelt	41	50	56	50		>65		0-25 = 0,024	25-50 = 0,034		C	Fast uskadd betong. Noe høyere fasthet i betong enn øvrige felt.	9
P6	Fasade syd. Flyttet til felt med armering.	50	51	52	45	36	50	59	0-30 = 0,011	30-60 = 0,051		C	Fast betong i prøvefelt. Malt sementrik puss 6-9 mm.	10,11
P7	Fasade syd. Flyttet til et felt uten bomskade.	15	29	34	29		>50		0-20 = 0,064	20-40 = 0,007		C(b)	Fast uskadd betong men mye riss i puss og overflatebehandling. Mye større stein i opphuggingen. Malt sementrik puss 4-5 mm	12
P8	Fasade vest	19	22	24	18		>75		0-20 = 0,092	20-40 = 0,158		C	Fast flate med riss. Malt puss 1-2 mm	13
P9	Fasade vest. Prøve flyttet noe opp grunnet manglende armering.	24	28	30	35		>90		0-20 = 0,041	20-40 = 0,014		C	Horisontale riss i prøvefeltet. Malt puss 1-2 mm	14, 15
P10	Fasade vest	15	21	29	18		>70		0-20 = 0,049	20-40 = 0,060		C(d)	Fast betong. Malt puss 2-4 mm	16
P11	Fasade vest	41	42	43	55		>65		0-20 = 0,007	20-40 = 0,010	20-40 = 0,032	C	Fast bet i prøve men bomskader i feltet. Malt puss 4-5 mm	17
P12	Fasade vest.	12	17	25	21		>55		0-20 = 0,007	20-40 = 0,007		C-D	Riss i pussflaten i prøvefelt. Bomskade ved siden av prøve. Malt puss 8-10 mm	
P13	Fasade vest. Flyttet til et felt med armering.	32	33	35	42		>65					B	Tverriss i søyle UK opphugging. Malt puss 4-5 mm	19, 20
P14	Fasade syd	16	17	19	15		>65		0-15 = 0,006	15-30 = 0,004		C-D	Store skader i form av bom, avskalling og frilagt arm. Malt puss 4-5 mm	23,24
P15	Fasade vest. Flyttet grunnet tilkomst.	25	28	33	27		>45		0-20 = 0,309	20-40 = 0,358		B	Fast uskadd betong. Bedre fasthet i betong. Malt puss 2-4 mm	19

P16	Fasade vest. Flyttet til felt med påvist armering.	32	35		38		>75					C	Sporadisk armeringsføring. Malt puss 2-3 mm	
P17	Fasade vest	53	53	54	49		>70					B	Hard betong med stort tilslag, men kan være en reparasjon ifm bytte av vindu. Mineralittpuss ca 2 mm?	
P18	Fasade øst.	43	50	58	60	26	29	38	0-25 = 1,005	25-50 = 0,125		B	Høy fasthet i betong. Hor. Riss i prøvefelt. Puss+Slemming 8-10 mm	32
P19	Fasade øst.	30	37	46	18	34	35	36	0-25 = 1,282	25-50 = 0,069		B/C	Faste betongflater. Deler av armeringen er antagelig fra innvendig trapp. Malt puss 3-5 mm	33
P20	Fasade øst.	12	20	25	11		>65		0-20 = 0,012	20-40 = 0,008		C/D	Opph. i fat betong men bomskade i prøvefelt. Malt puss 10-12 mm	
P 21	Fasade nord.	32	39	51	41		>95		0-25 = 0,069	25-50 = 0,007		D	Stortsteinreir i prøvefelt. Sementrik puss 1-4 mm	34
P22	Fasade nord.	20	35	40	19		>60		0-20 = 0,068	20-40 = 0,012		C-D	Svært porøs og sandig betong. Malt puss 3-5 mm	45
P23	Fasade vest. Flyttet til felt med armering.	11	12	15	23		>60		0-20 = 0,100	20-40 = 0,152		C	Steinreir på en side av frilagt armering. Malt puss 4-6 mm	55
P24	Fasade vest. Flyttet litt mot port.	65	68	72	78		>80		0-25 = 0,349	25-50 = 0,619	50-75 = 0,261	B	Malt puss Ca 6 mm	56, 57
P25	Fasade øst.	30	35	40			>80					C		

Vedlegg V2 – Plassering av betongteknologiske prøvefelt og uttak av borkjerner



- Prøvefelt for klorider, armeringsoverdekning, karbonatisering og opphugging for armeringstilstand
- Prøvefelt for utboring av 50 mm borkjerne til tynnslipsanalyse av puss og overflatebehandling
- Prøvefelt for utboring av kjerneprøver for kontroll av betongfasthet

P1- Opprinnelig prøve Ø50 for tynnslip flyttet på grunn av mye nyere reparasjoner i opprinnelig felt.

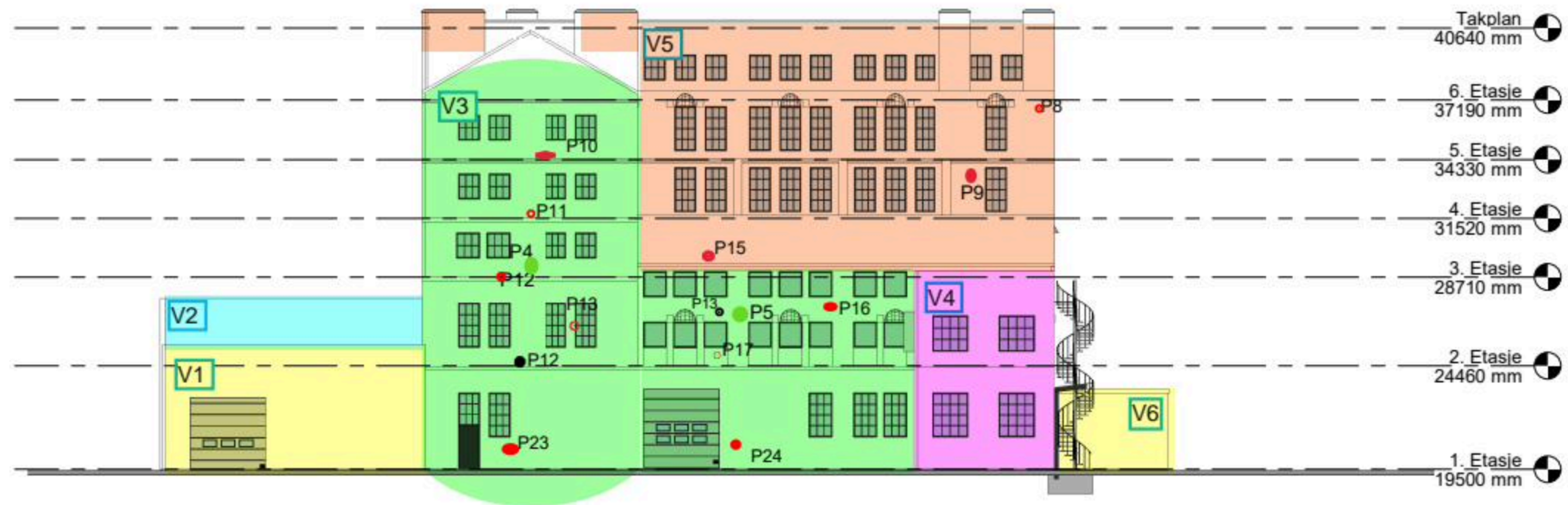
P2- Ny prøve for tynnslipsanalyse - Ø50

P3-Ny prøve for tynnslipsanalyse - Ø50

P10 - Utboring av kjerne Ø 110 flyttet

P11 - Utboring av kjerne Ø 110 som planlagt

Rev	Revision Description	Issued by	Checked by	Date
Client	BYGG 160	Drawn by	Checked by	Issue date
	FASADE	Scale	Size	18.10.22
	SØR	Sheet Number	Rev.	
		A60-03		



- Prøvefelt for klorider, armeringsoverdekning, karbonatisering og opphugging for armeringstilstand
- Prøvefelt for utboring av kjerneprøver for kontroll av betongfasthet
- Prøvefelt for utboring av 50 mm borkjerne til tynnslipsanalyse av puss og overflatebehandling

P4- Opprinnelig prøve Ø50 for tynnslip flyttet opp på grunn av mye nyere reparasjoner i opprinnelig felt.

P5- Ny prøve for tynnslipsanalyse - Ø50

P12- Utboring av kjerne Ø110 som planlagt

P13- Utboring av kjerne Ø110 som planlagt

Rev	Revision Description	Issued by	Checked by	Approved by	Date
Client	BYGG 160	Drawn by	Checked by	Approved by	Issue date
	FASADE	Scale		Size	18.10.22
	VEST	Sheet Number		Rev.	A3
		A60-04			



- Prøvefelt for utboring av 50 mm borkjerne til tynnslipsanalyse av puss og overflatebehandling
- Prøvefelt for klorider, armeringsoverdekning, karbonatisering og opphugging for armeringstilstand

P7 - Utboring av kjerne Ø50 som planlagt

Rev	Revision Description		Issued by	Checked by	Date
Client	BYGG 160 FASADE		Drawn by	Checked by	Issue date
ØST			Scale	Size	18.10.22
			Sheet Number	Rev.	
			A60-01		



○ Prøvefelt for klorider, armeringsoverdekning, karbonatisering og opphugging for armeringstilstand

P6- Ny prøve for tynnslipanalyse - Ø50

Rev	Revision Description		Issued by	Checked by	Date
Client	BYGG 160		Drawn by	Checked by	Issue date
	FASADE		Scale		18.10.2022
	NORD		Sheet Number		Size
			A60-02		A3
					Rev.

Vedlegg V3 – Analyserapport betongkjerne, Universitet i Agder



UNIVERSITETET I AGDER

UNIVERSITETET I AGDER

Fakultet for teknologi og realfag

UNIVERSITY OF AGDER
Faculty of Engineering and Science
N-4879 GRIMSTAD, NORWAY

TESTRAPPORT



Data om oppdrag

Mottatt dato: 12.05.2023

UiA regnr: BYG2023-3

Kunde: Stærk & Co as
Havnegata 1, 4836 Arendal

Tittel: **Trykktesting og densitet av sylinderborede betongkjerne**

Benyttet utstyr: Hydraulisk trykkpresse, FORM+TEST PRÜFSYSTEME,
DIGIMAXX C-20 3000kN
Betongslipemaskin, FORM+TEST PRÜFSYSTEME WSM 3/230
Betongsag, Tyrolit Hydrostress TME 900

Kommentarer: Oppdragsgiver har selv foretatt
utboring av kjerneprøver.
Prøvene ble testet selv om høyde var mindre enn diameter

Tester utført ihht: NS-EN 12390-1:2012 Del 1: Form og mål til prøvelegemer
NS-EN 12390-3 Prøving av herdnet betong
Del 3: Prøvelegemers trykkfasthet
NS-EN 12390-7 Prøving av herdnet betong
Del 7: Densitet av herdnet betong

Avvik fra standarder: Prøve P10 og P13 har ikke høyde like diameter, men ble testet etter
ønske fra oppdragsgiver

Tester utført av:



20/05-2023

Anette Heimdal, Overingeniør, UiA

Dato

Kontrollert av:



24/5- 2023

Paul R. Svennevig, Instituttleder, UiA

Dato

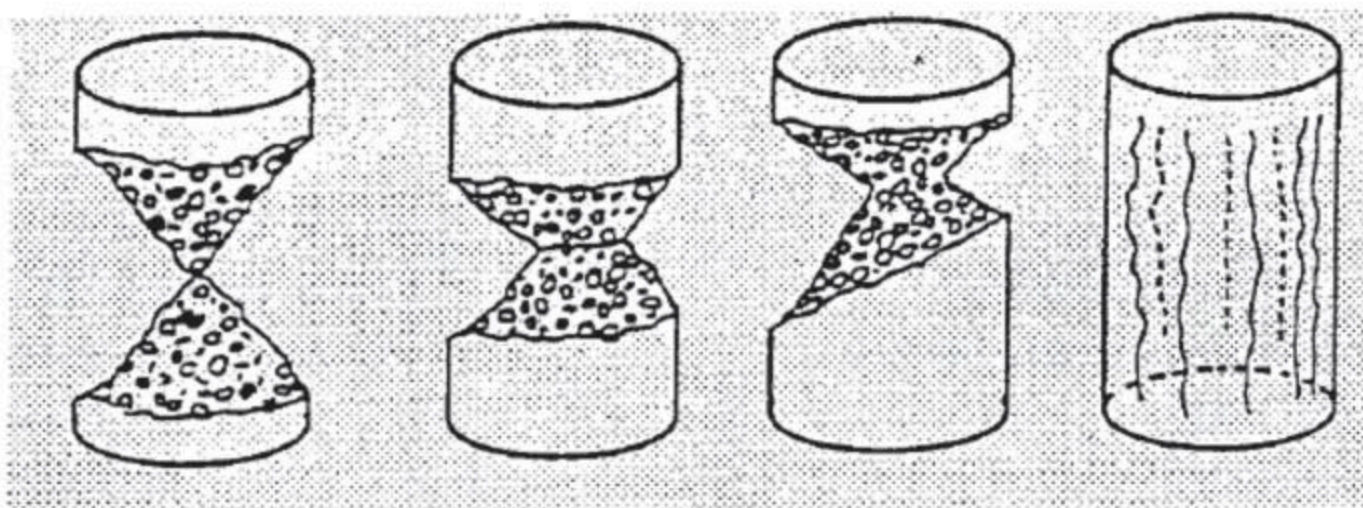
Data fra oppdragsgiver						
Prøvenr →	P10	P12	P13			
Dato _{mottatt}	12.05.2023	12.05.2023	12.05.2023			
Overdekning _{oppgitt}	ikke oppgitt	ikke oppgitt	ikke oppgitt			
D _{max}	ikke oppgitt	ikke oppgitt	ikke oppgitt			
kjerne l _{max}	144,46	118,14	124,21			
kjerne l _{min}	89,36	112,02	94,33			
Overflate _{OK}						
	Grovt avrettet	Grovt avrettet	Grovt avrettet			
Overflate _{UK}						
	Knekt borekjerne	Knekt borekjerne	Knekt borekjerne			

Data etter kutting og sliping						
Prøvenr →	P10	P12	P13			
I vannbad, dato	12.05.2023	12.05.2023	12.05.2023			
Test dato	16.05.2023	16.05.2023	16.05.2023			
Overflatetilstand	fuktig	fuktig	fuktig			
D _m	104	104	104			
l _{prøvestykke}	92	104	91			
D _m /l _{prøvestykke}	1	1	1			
Trykkfasthet MPa sammenlignes med karakteristisk fasthet for	terning	terning	terning			
armeringsjern i prøve?	---	Ja	Ja			
før sliping; Ø	---	10	8			
etter sliping						
mm til topp	---	---	---			

Densitet (etter vannlagring, før kutting og sliping)						
Prøvenr →	P10	P12	P13			
m _a masse i luft	2484,30	2292,20	2203,60			
m _w masse i vannbad	1426,80	1303,30	1308,70			
ρ _w	998,00	998,00	998,00			
V (dm ³)	1,06	0,99	0,90			
Densitet (kg/m ³)	2345	2313	2457			

Trykktesting						
Prøvenr →	P10	P12	P13			
Trykkflate mm ²	8534,66	8519,12	8524,84			
Pålast hastighet MPa/s	0,60	0,60	0,60			
Trykkfasthet MPa	22,60	31,40	36,90			
Trykkfasthet MPa ihht NS-EN 12504-1 pkt 9	22,5	31,3	36,8			

Godkjent bruddform ihht NS-EN 12390 - 3



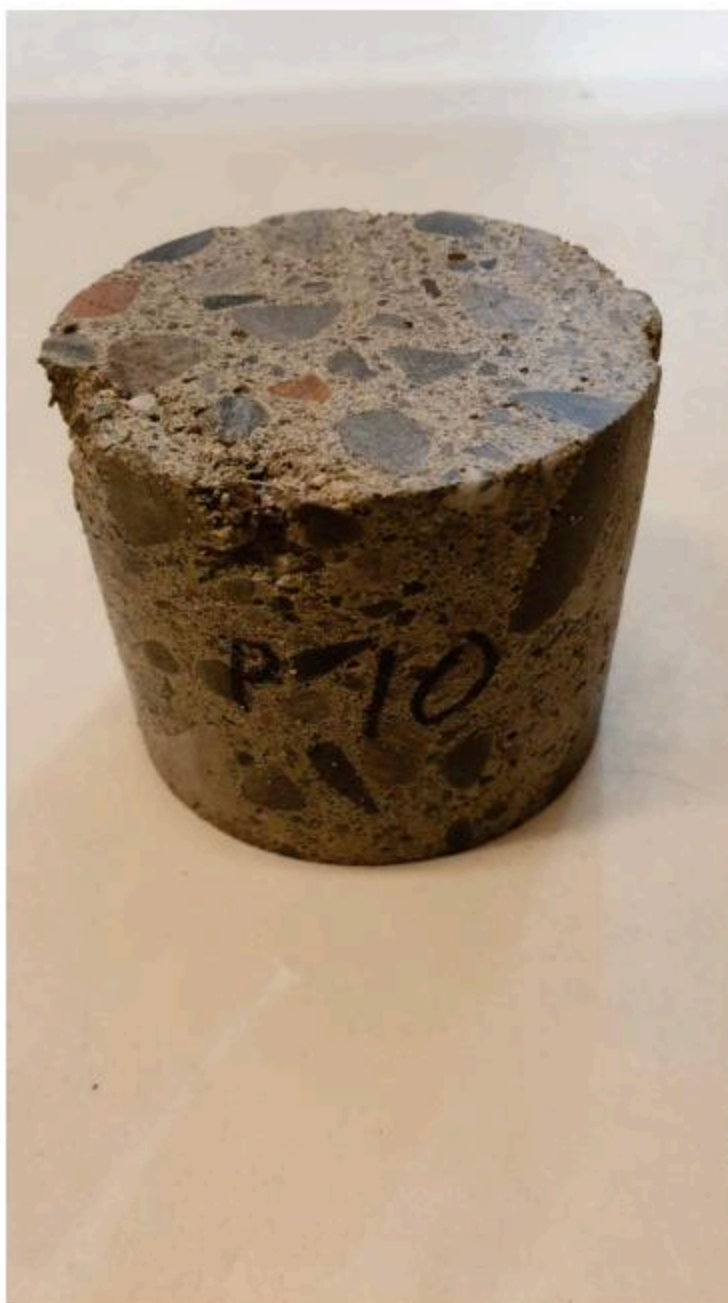
Figur 3 – Tilfredsstillende bruddform for sylinderformede prøvelegemer

Kommentar:

Prøvene har bruddform tilsvarende i figuren
Prøvene hadde godkjent bruddform.

Vedlegg 1:

Prøvestykker etter sliping



Prøvestykke P10



Prøvestykke P12



Prøvestykke P13



Universitetet i Agder

UNIVERSITETET I AGDER

Fakultetet for teknologi og realfag

Jon Lilletunsvei 9

N-4879 Grimstad, NORWAY

Telefon +47 37 23 30 00

Vedlegg V4 – Analyserapport puss og overflatebehandling, SEIR-Analyse

Rekvirent:
Stærk & Co AS
Havnegaten 1
NO-4836 Arendal

Sag: 230603
Rapport nr.: R230603

Dato: 12. juli 2023
Side 1 af 46

RAPPORT

Bygværk:

**Hydroparken, Notodden
Bygg 160**


Prøver:

**Prøver fra facader
(7 stk.)**

Undersøgelser:

**Tyndslibsanalyse:
■ Farve- og puds/beton-analyse**

Oplæg.....	side 2
Sammenfatning og vurdering af resultater.....	side 4
Tyndslibsanalyser.....	side 12
Fotodokumentation	side 39


Torben Seir
Geolog, Cand. Scient.


Sanne Spile
Konservator, Cand. Scient.

Oplæg

Rekvirent

Stærk & Co AS
Havnegaten 1
NO-4836 Arendal

Kontaktperson: Hartvig Angell Johnsen

Tel: +47 37 00 57 55
Tel (mobil): +47 411 45 190
E-mail: haj@stark.com

Prøvemateriale

Prøvematerialet består af følgende prøver modtaget på laboratoriet den 6. juni 2023:

Prøve nr.	Mærket	Prøvetagningssted (oplyst af rekvirent)	Prøvetype/prøvebeskrivelse	Undersøgelser
P230603-1	Prøve 1	Gavlfasade syd, fløy fra 1918	Borekerne af lysegrå beton med rester af lysegrå og hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 72-86 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-2	Prøve 2	Fasade syd, høyblokk fra 1928	Borekerne af lysegrå beton med et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 52 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-3	Prøve 3	Fasade syd, trappesjakt øst for høy- blokk	Borekerne af lysegrå beton med tynde lag af lysegrå og hvidgrå, finkornet mørtel (puds) på overfladen. Pudsens overflade er dækket af et gulhvidt farvelag på overfladen. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 58 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-4	Prøve 4	Gavlfasade vest, fløy fra 1918	Borekerne af lysegrå beton med tynde lag lysegrå og hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 57-68 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-5	Prøve 5	Langfasade vest, fløy fra 1918	Borekerne af lysegrå beton med tynde lag af lysegrå og hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 78-90 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-6	Prøve 6	Langfasade nord, fløy fra 1918	Borekerne af lysegrå beton med et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 55-60 mm	Tyndslibsanalyse
P230603-7	Prøve 7	Langfasade øst, fløy fra 1928	Borekerne af lysegrå beton med tynde lag af lysegrå og hvidgrå, finkornet mørtel (puds). Pudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Dimensioner (borekerne): Ø45 x 78-82 mm	Tyndslibsanalyse

Skema 1: Beskrivelse og registrering af de modtagne prøver

Udover prøverne er der modtaget en beskrivelse af prøvetagningssteder

Undersøgelser

Der er fremstillet og analyseret tyndslib af alle prøver. Analysen omfatter for hver prøve:

- Beskrivelse af prøvens opbygning
- Beskrivelse af mørtlernes (pudsens/betonens) bestanddele
- Bestemmelse af mørtlernes (pudsens) sammensætning; det vil sige bestemmelse af mængden af henholdsvis tilslag, bindemiddel og luft. Bestemmelsen er udført ved punkttælling
- Beskrivelse og bestemmelse af evt. forekommende farvelag
- Vurdering af bindemiddeltyper (mørteltyper)
- Vurdering af omdannelses- og nedbrydningstegn.

Resultater

Resultaterne af undersøgelsen fremgår af afsnittet: *Tyndslibsanalyser*. Resultaterne er endvidere sammenfattet og uddybende vurderet i afsnittet: *Sammenfatning og vurdering*. Fotos af udvalgte observationer fra tyndslibsanalyserne er placeret i afsnittet: *Fotodokumentation*.

Forbehold

De anførte resultater er alene baseret på materialerne i de undersøgte prøver og gælder kun for det pågældende bygværk som helhed, i den udstrækning de undersøgte prøver er repræsentative.

Sammenfatning og vurdering af resultater

Der er undersøgt 7 stk. puds/betonprøver med malingslag udtaget fra facader til bygg 160 på Hydroparken i Notodden. Undersøgelsen er udført ved mikroskopisk analyse (tyndslibsanalyse). Resultaterne af tyndslibsanalyserne fremgår af efterfølgende afsnit i rapporten. I nærværende afsnit er givet en sammenfattende vurdering af de væsentligste resultater, herunder en estimering af blandingsforholdene for de til pudsen anvendte mørtler baseret på resultaterne af udførte punkttællinger.

Prøve mærket: **Prøve 1 – Gavlfasade syd, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-1)

Prøven omfatter lysegrå beton med resterne af et tyndt lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds) med gulhvidt og et gråblåt farvelag på overfladen (farvelag 1 og 2). Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag 2 (yderst)	Gråblå plastmaling
Farvelag 1	Gulhvid plastmaling
Puds 2, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,5 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)
Puds 1, grundingslag	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende) og portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand med største kornstørrelse omkring 0,5 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 20 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (moderat)

Supplerende vurderinger – prøve 1

Grundingslaget (puds 1) og den hvidgrå tyndpuds (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen. Den til både grundingslaget og tyndpudsen anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gulhvide plastmaling (farvelag 1) og den efterfølgende gråblå plastmaling (farvelag 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af tyndpudsen.

Det blå pigment (farvelag 2) er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,3 mm af den gråblå plastmaling. Overfladen har herved fået en hvid, bleget kulør. Det blå pigment er angiveligt ikke kulørstabil.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen betonen.

Prøve mærket: **Prøve 2 – Fasade syd, høyløkk fra 1928** (Lab nr.: P230603-2)

Prøven omfatter lysegrå beton med et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (tyndpuds) efterfulgt af et gråblå farvelag på overfladen. Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag (yderst)	Gråblå plastmaling
Puds, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,5 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (moderat)
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand/grus med største kornstørrelse omkring 5 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)

Supplerende vurderinger – prøve 2

Tyndpudsen er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af betonen. Der optræder en del overfladeparallele revner i tyndpudsen med revnevidde op til 0,3 mm. Årsagen til revnedannelsen er formentligt frysning under fugtbelastede forhold. Den til tyndpudsen anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gråblå plastmaling (farvelaget) er påført den i forvejen afrensede overflade af tyndpudsen. Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,05 mm, hvilket har givet overfladen en hvid, bleget kulør.

I dele af betonen og tyndpudsen er det oprindeligt grå cementklinker-mineral ferit (cementkemisk betegnet C₄AF) omdannet til gulorange okker-lignende mineral. Omdannelsen har givet de berørte dele af betonen og tyndpudsen en blegorange kulør. Omdannelsen kan formentligt tilskrives udefra kommende påvirkninger.

Prøve mærket: **Prøve 3 – Fasade syd, trappesjakt øst for høyblokk**

(Lab nr.: P230603-3)

Prøven omfatter lysegrå beton med et tyndt lag hvidgrå cementsvumme på overfladen (farvelag 1) efterfulgt af et tykt lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) og et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds). Tyndpudsens overflade er dækket af et gulhvidt farvelag (farvelag 2). Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag 2 (yderst)	Gulhvid plastmaling
Puds 2, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,2 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (moderat)
Puds 1, grundingslag	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende) og portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand med største kornstørrelse omkring 1 mm
Blandingsforhold:	KC 50/50/600
Luftindhold:	5 vol%
Farvelag 1	Hvidgrå cementsvumme
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 16 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (moderat)

Supplerende vurderinger – prøve 3

Den inderste hvidgrå cementsvumme (farvelag 1) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter udstøbningen af betonen.

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsens (puds 2) bærer præg af at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen forvitrede overflade af den hvidgrå cementsvumme (farvelag 1). Den til både grundingslaget og tyndpudsens anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gulhvide plastmaling (farvelag 2) er påført den i forvejen forvitrede overflade af tyndpudsens (puds 2).

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsens eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 4 – Gavlfasade vest, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-4)

Prøven omfatter lysegrå beton med et relativt tykt lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds). Tyndpudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag 1 (yderst)	Gråblå plastmaling
Puds 2, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,3 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (moderat)
Puds 1, grundingslag	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende) og portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand med største kornstørrelse omkring 1 mm
Blandingsforhold:	KC 20/80/400
Luftindhold:	17 vol%
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 16 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (højt)

Supplerende vurderinger – prøve 4

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsen (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen. Den til både grundingslaget og tyndpudsen anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gråblå plastmaling (farvelaget) er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af tyndpudsen (puds 2). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,01-0,04 mm af den gråblå plastmaling, hvilket har givet overfladen en hvid, bleget kulør.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 5 – Langfasade vest, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-5)

Prøven omfatter lysegrå beton med et tyndt lag grå cementsvumme på overfladen (farvelag 1). Derefter følger tynde lag af henholdsvis hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 1, tyndpuds), lysegrå, finkornet mørtel (puds 2, grundingslag) og yderst endnu et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 3, tyndpuds). Tyndpudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag (farvelag 2). Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag 2 (yderst)	Gråblå plastmaling
Puds 3, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,5 mm
Blandingsforhold:	Som KC 30/70/300
Luftindhold:	6 vol%
Puds 2, grundingslag	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende) og portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand med største kornstørrelse omkring 1 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)
Puds 1, hvidgrå puds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,4 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)
Farvelag 1	Grå cementsvumme
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 18 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (højt)

Supplerende vurderinger – prøve 5

Den grå cementsvumme (farvelag 1) bærer præg af at være påført den i forvejen tilsmudsede overflade af betonen.

Den hvidgrå tyndpuds (puds 1) bærer præg af at være påført den i forvejen forvitrede overflade af cementsvummen (farvelag 1).

Det lysegrå grundingslag (puds 2) og den yderste hvidgrå tyndpuds (puds 3) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen forvitrede overflade af den underliggende, hvidgrå tyndpuds (puds 1). Den til både grundingslaget (puds 2) og tyndpudsen (puds 3) anvendte portland-cement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gråblå plastmaling (farvelag 2) er påført den i forvejen forvitrede og tilsmudsede overflade af den underliggende hvidgrå tyndpuds (puds 3). Det blå pigment (farvelag 2) er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,03 mm, hvorved overfladen har fået en hvid, bleget kulør.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 6 – Langfasade nord, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-6)

Prøven omfatter lysegrå beton med tynde lag af hvidgrå og grå cementsvumme på overfladen (farvelag 1 og 2) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds, tyndpuds). Tyndpudsens overflade er dækket af gulhvide og gråblå farvelag (farvelag 3 og 4). Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag 4 (yderst)	Gråblå plastmaling
Farvelag 3	Gulhvid plastmaling
Puds, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,5 mm
Blandingsforhold:	Som KC 30/70/300
Luftindhold:	6 vol%
Farvelag 2	Grå cementsvumme
Farvelag 1	Hvidgrå cementsvumme
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 16 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (højt)

Supplerende vurderinger – prøve 6

Den hvidgrå cementsvumme (farvelag 1) bærer er påført den i forvejen forvitrede overflade af betonen.

Den efterfølgende grå cementsvumme (farvelag 2) vurderes at være påført den i forvejen svagt forvitrede overflade af den hvidegrå cementsvumme.

Den yderste hvidgrå tyndpuds vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter den grå cementsvumme (farvelag 1). Den til tyndpudsens anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gulhvide plastmaling (farvelag 3) og yderste gråblå plastmaling (farvelag 4) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen forvitrede og let tilsmudsede overflade af tyndpudsens (puds). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,03 mm af den gråblå plastmaling. Overfladen har herved fået en hvid, bleget kulør.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 7 – Langfasade øst, fløy fra 1928** (Lab nr.: P230603-7)

Prøven omfatter lysegrå beton med et tykt lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, meget finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds). Tyndpudsens overflade er dækket af et gråblåt farvelag. Sammensætningen af de enkelte lag er som følger:

Farvelag (yderst)	Gråblå plastmaling
Puds 2, tyndpuds	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Portlandcement (hvid), tilsat lidt almindelig grå portlandcement
Tilslag:	Hvidt marmorknus med største kornstørrelse omkring 0,8 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (lavt)
Puds 1, grundingslag	Kalkcementmørtel
Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende) og portlandcement (grå)
Tilslag:	Naturligt sand med største kornstørrelse omkring 2 mm
Blandingsforhold:	KC 30/70/700
Luftindhold:	11 vol%
Beton (inderst)	Beton
Bindemiddel:	Portlandcement (grå)
Tilslag:	Sand og sten med største kornstørrelse omkring 16 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt (højt)

Supplerende vurderinger – prøve 7

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsen (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen. Den til både grundingslaget og tyndpudsen anvendte portlandcement er karakteristisk for midten af 1900-tallet.

Den gråblå plastmaling (farvelaget) er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af tyndpudsen (puds 2). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,04 mm af den gråblå plastmaling, hvilket har givet overfladen en hvid, bleget kulør.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Tyndslibsanalyser

Prøve mærket: **Prøve 1 – Gavlfasade syd, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-1)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af høj styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 20 mm. Borekernens ydre endeflade fremstår overvejende som en brudflade. På en lille del af betonens overflade er bevaret tynde lag af lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds) med et gråblåt farvelag på overfladen. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 25 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1 og 2	0,0 – 0,5 mm	Lysegrå, gulhvide og gråblå farvelag
	Puds 2, tyndpuds	0,0 – 1,0 mm	Hvidgrå, meget finkornet mørtel (enkelt rest)
	Puds 1, grundingslag	0,0 – 1,3 mm	Lysegrå, meget finkornet mørtel (enkelt rest)
Inderst:	Beton	op til 24 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag 1 og 2

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Kun som enkelte rester
Farvelag 2	0,00 - 0,20 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (30 µm) ¹⁾ – meget Kalk (25 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (3 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt

Fortsættes

¹⁾ Største kornstørrelse. 1 µm = 0,001 mm

Farvelag 1	0,00 - 0,35 mm	Organisk farve	Kulør: Gulhvid
		Bindemiddel:	Plastbaseret
		Fyldstof:	Kalk (20 µm) – meget Talk (25 µm) – noget
		Pigment:	Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt Orange pigment som okker (2 µm) – meget lidt

Beskrivelse af puds 2, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,4 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C₃S) og belit (C₂S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C₄AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet kan karakteriseres som moderat.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,2 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, grundingslag

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør grundingslaget (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat, bjergartskorn af granit og gneiss samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 0,4 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet, naturligt sand.

Bindemiddel

Let uensartet, mikrokrySTALLİnsk masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk kantrundede klumper på op til 0,3 mm af mikrokrySTALLİnsk kalk.

Korn med velkrySTALLİserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige korn på op til 0,10 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristisk for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som lavt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Grundingslaget indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,4 mm. Der ses enkelte svindrevner.

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen (der er ikke udført punkttælling):

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af kantrundede sten af gneiss og kvartsit med største kornstørrelse i tyndslibet på 9 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat, en del bjergartskorn af granit og gneiss, enkelte bjergartskorn af sandsten og basalt samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 3,4 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand.

Bindemiddel (cementpasta)

Ensartet, mikrokrySTALLİnsk masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrySTALLİserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,25 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder noget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 1,6 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Grundingslaget (puds 1) og den hvidgrå tyndpuds (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen.

Den gulhvide plastmaling (farvelag 1) er påført den i forvejen afrensede overflade af tyndpudsen (puds 2). Den efterfølgende gråblå plastmaling (farvelag 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort herefter.

Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,03 mm af den gråblå plastmaling.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen betonen.

Prøve mærket: **Prøve 2 – Fasade syd, høyblokk fra 1928** (Lab nr.: P230603-2)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af høj styrke med største kornstørrelse for tilslaget omkring 5 mm. På betonens overflade optræder et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds, tyndpuds). Tyndpudsens overflade fremstår let ujævn, let stænkpuddagtig og er dækket af et gråblåt farvelag. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 23 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag	0,0 – 0,2 mm	Gråblåt farvelag
	Puds, tyndpuds	0,2 – 2,0 mm	Hvidgrå, meget finkornet mørtel
Inderst:	Beton	op til 21 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Let ujævn, let stænkpuddagtig
Farvelag	0,00 - 0,15 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (25 µm) – meget Kalk (20 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (2 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt

Beskrivelse af puds, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,6 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİnsk masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİnsk kalk.

Korn med velkrySTALLİserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet kan karakteriseres som moderat.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,2 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover enkelte bjergartskorn af sandsten og basalt samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2,9 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand/grus.

Bindemiddel (cementpasta)

Ensartet, mikrokrySTALLİnsk masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrySTALLİserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,25 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Cementrige klumper på op til 4 mm forekommer. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder noget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 1,6 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Tyndpudsen er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af betonen. Der optræder en del overfladeparallele revner i tyndpudsen med revnevidde op til 0,3 mm.

Den gråblå plastmaling (farvelag) er påført den i forvejen afrensede overflade af tyndpudsen. Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,05 mm af den gråblå plastmaling.

I den yderste del af betonen og tyndpudsen er det oprindeligt grå cementklinker-mineral ferrit (cement-kemisk betegnet C_4AF) omdannet til et gulorange okker-lignende mineral, hvilket har givet betonen og tyndpudsen en blegorange kulør.

Prøve mærket: **Prøve 3 – Fasade syd, trappesjakt øst for høyblokk**
(Lab nr.: P230603-3)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af høj styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 16 mm. Den ene halvdel af borekernens ydre endeflade fremstår som en brudflade i betonen. På den anden halvdel er overfladen dækket af et lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds) og et gulhvidt farvelag. Tyndpudsens overflade fremstår let ujævn, let stænkpuddagtig og er dækket af et gulvidt farvelag. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 24 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 2	<0,1 – 0,2 mm	Gulhvidt farvelag
	Puds 2, tyndpuds	0,0 – 0,9 mm	Hvidgrå, meget finkornet mørtel
	Puds 1, grundingslag	5 – 6 mm	Lysegrå, finkornet mørtel
	Farvelag 1	<0,1 – 0,5 mm	Hvidgrå cementsvumme
Inderst:	Beton	op til 18 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag 2

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gulhvid, mat. Let ujævn, let stænkpuddagtig
Farvelag 2	0,02 - 0,15 mm	Organisk farve Kulør: Gulhvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Kalk (25 µm) – meget Talk (25 µm) – noget Pigment: Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt Orange pigment som okker (3 µm) – meget lidt

Beskrivelse af puds 2, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,2 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet kan karakteriseres som moderat.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder noget luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,2 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, grundingslag

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør grundingslaget:

Tilslag: 52 vol%

Tilslag bestående af kantrundede bjergartskorn af granit og gneiss samt mineralkorn af kvarts og feldspat. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit og enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 1,2 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet, naturligt sand.

Bindemiddel: 43 vol%

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk kantrundede klumper på op til 0,3 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk. Enkelte klumper fremstår anormalt isotrope og med relikte spalteplaner fra den til kalkbrændingen anvendte kalksten (marmor). Klumperne udgør 5 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige korn på op til 0,25 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør 9 vol% af bindemidlet.

Korn af underbrændt kalksten: Kantrundede brudstykker på op til 0,25 mm af hvid, metamorf kalksten (marmor) med tegn på brænding i form af delvis omdannelse til mikrokrySTALLİNSK kalk, svarende til kalken i det omgivende bindemiddel, samt tilstedeværende små bobler af formentlig kuldioxid. Kornene udgør 2 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 5 vol%

Grundingslaget indeholder noget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,8 mm. Der ses enkelte svindrevner.

Beskrivelse af farvelag 1

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Farvelag 1	0,00 - 0,50 mm	Svumme Kulør: Hvidgrå Bindemiddel: Portlandcement (hvid) tilsat lidt portlandcement (grå) Fyldstof: - Pigment: -

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af en kantrundede sten af gneiss og metasandsten med største kornstørrelse i tyndslibet på 7 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2,0 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand.

Bindemiddel (cementpasta)

Let uensartet, amorf til mikrokrySTALLİNSK masse af overvejende carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,20 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er carbonatiseret til en dybde af 7 til 15 mm målt fra betonens overflade.

Luft

Betonen indeholder noget luft i form af kugleformede bobler til let irregulære luftindeslutninger på op til 2,0 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Den inderste hvidgrå cementsvumme (farvelag 1) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter udstøbningen af betonen.

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsen (puds 2) bærer præg af at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen forvitrede overflade af den hvidgrå cementsvumme (farvelag 1).

Den gulhvide plastmaling (farvelag 2) er påført den i forvejen forvitrede overflade af tyndpudsen (puds 2).

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 4 – Gavlfasade vest, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-4)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af middel styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 16 mm. Betonens overflade er dækket af et lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds. Tyndpudsens overflade fremstår let ujævn, let stænkpuddagtig og er dækket af et gråblåt farvelag. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 23 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag	<0,1 – 0,2 mm	Gråblåt farvelag
	Puds 2, tyndpuds	0,0 – 1,2 mm	Hvidgrå, meget finkornet mørtel
	Puds 1, grundingslag	1,6 – 3,8 mm	Lysegrå, finkornet mørtel
Inderst:	Beton	op til 19 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Let ujævn, let stænkpuddagtig
Farvelag	0,00 - 0,20 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (50 µm) – meget Kalk (25 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (3 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt

Beskrivelse af puds 2, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,3 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som moderat.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder noget luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,1 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, grundingslag

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør grundingslaget:

Tilslag: 43 vol%

Tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit og enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 1,2 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet, naturligt sand.

Bindemiddel: 40 vol%

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk kantrundede klumper på op til 0,3 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk. Enkelte klumper fremstår anormalt isotrope og med relikte spalteplaner fra den til kalkbrændingen anvendte kalksten (marmor). Klumperne udgør 5 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige korn på op til 0,10 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør 17 vol% af bindemidlet.

Korn af underbrændt kalksten: Kantrundede brudstykker på op til 0,15 mm af hvid metamorf kalksten (marmor) med tegn på brænding i form af delvis omdannelse til mikrokrySTALLİNSK kalk, svarende til kalken i det omgivende bindemiddel, samt tilstedeværende små bobler af formentlig kuldioxid. Kornene udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 17 vol%

Grundingslaget indeholder meget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,4 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af en kantrundede sten af gneiss og metasandsten med største kornstørrelse i tyndslibet på 8 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 3,2 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand.

Bindemiddel (cementpasta)

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,15 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder meget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 2,4 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsen (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen.

Den gråblå plastmaling (farvelag) er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af tyndpudsen (puds 2). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,01-0,04 mm af den gråblå plastmaling.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 5 – Langfasade vest, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-5)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af høj styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 18 mm. Direkte på betonens overflade optræder et gråt svumme-lignende (farvelag 1). Derefter følger tynde lag af henholdsvis hvidgrå, finkornet mørtel (puds 1, tyndpuds), lysegrå, finkornet mørtel (puds 2, grundingslag) og hvidgrå, finkornet mørtel (puds 3, tyndpuds). Overfladen på den yderste tyndpuds fremstår ujævn, stænkpuksagtig og er dækket af et gråblåt farvelag (farvelag 2). Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 25 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 2	0,0 – 0,3 mm	Gråblåt farvelag
	Puds 3, tyndpuds	0,4 – 2,3 mm	Hvidgrå, finkornet mørtel
	Puds 2, grundingslag	0,0 – 1,5 mm	Lysegrå, finkornet mørtel
	Puds 1, tyndpuds	0,1 – 0,5 mm	Hvidgrå, finkornet mørtel
	Farvelag 1	<0,1 – 0,6 mm	Grå cement-svumme (<i>»sement-slemming«</i>)
Inderst:	Beton	op til 22 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag 2

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Ujævn, stænkpuksagtig
Farvelag 2	0,00 - 0,25 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (50 µm) – meget Kalk (25 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (3 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt

Beskrivelse af puds 3, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen:

Tilslag: 36 vol%

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,55 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel: 58 vol%

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk. Klumperne udgør 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,10 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør 14 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 6 vol%

Tyndpudsen indeholder noget luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,1 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 2, grundingslaget

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør grundingslaget (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit og enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 0,8 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet, naturligt sand.

Bindemiddel

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, afrundede til kantrundede klumper på op til 0,2 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige korn på op til 0,12 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Grundingslaget indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,3 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,35 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Enkelte korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,05 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af farvelag 1

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Farvelag 1	0,06 - 0,60 mm	Cementsvumme Kulør: Grå Bindemiddel: Portlandcement (grå) Fyldstof: Sand (0,50 mm) – lidt Pigment: -

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af en kantrundede sten af gneiss og metasandsten med største kornstørrelse i tyndslibet på 6 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit og enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2,0 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand.

Bindemiddel (cementpasta)

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,25 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder noget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 1,2 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Den grå cementsvumme (farvelag 1) bærer præg af at være påført den i forvejen tilsmudsede overflade af betonen.

Den hvidgrå tyndpuds (puds 1) bærer præg af at være påført den i forvejen forvitrede overflade af cementsvummen (farvelag 1).

Det lysegrå grundingslag (puds 2) og den yderste hvidgrå tyndpuds (puds 3) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen forvitrede overflade af den underliggende, hvidgrå tyndpuds (puds 1).

Den gråblå plastmaling (farvelag 2) er påført den i forvejen forvitrede og tilsmudsede overflade af den underliggende hvidgrå tyndpuds (puds 3). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,03 mm af den gråblå plastmaling.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 6 – Langfasade nord, fløy fra 1918** (Lab nr.: P230603-6)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af middel styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 16 mm. Direkte på betonens overflade optræder tynde hvid og grå cementsvumme-lignende lag efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds, tyndpuds). Tyndpudsens overflade fremstår ujævn, stænkpuddagtig og er dækket af et gulhvidt og et blågråt farvelag. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 25 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 3 og 4	<0,1 – 0,4 mm	Gulhvidt og gråblåt farvelag
	Puds, tyndpuds	0,2 – 2,1 mm	Hvidgrå, finkornet mørtel
	Farvelag 1 og 2	0,3 – 1,1 mm	Hvidgrå og grå cementsvumme/mørtel
Inderst:	Beton	op til 22 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag 3 og 4

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Ujævn, stænkpuddagtig
Farvelag 4	0,01 - 0,25 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (50 µm) – meget Kalk (20 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (3 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt
Farvelag 3	0,02 - 0,20 mm	Organisk farve Kulør: Gulhvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (0,25 mm) – meget Kalk (25 µm) – noget Pigment: Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – meget Sort pigment som jernoxidsort (3 µm) – lidt Orange pigment som okker (2 µm) – meget lidt

Beskrivelse af puds, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen:

Tilslag: 41 vol%

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,60 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel: 53 vol%

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,1 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk. Klumperne udgør 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,15 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C₃S) og belit (C₂S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C₄AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør 12 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 6 vol%

Tyndpudsen indeholder noget luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,3 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af farvelag 1 og 2

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Farvelag 2	0,20 - 0,70 mm	Cementsvumme Kulør: Grå Bindemiddel: Portlandcement (grå) Fyldstof: Sand (0,20 mm) – lidt Pigment: - Der kan udskilles to påføringer
Farvelag 1	0,05 - 0,60 mm	Cementsvumme Kulør: Hvidgrå Bindemiddel: Portlandcement (hvid) Fyldstof: - Pigment: -

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af en kantrundet sten af kvartsit og gneiss med største kornstørrelse i tyndslibet på 11 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 3,0 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand/grus.

Bindemiddel (cementpasta)

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,20 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder meget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 3,2 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Den hvidgrå cementsvumme (farvelag 1) er påført den i forvejen forvitrede overflade af betonen. Den efterfølgende grå cementsvumme (farvelag 2) vurderes at være påført den i forvejen svagt forvitrede overflade af den hvidegrå cementsvumme.

Den yderste tyndpuds vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter den grå cementsvumme (farvelag 1).

Den gulhvide plastmaling (farvelag 3) er påført den i forvejen forvitrede og let tilsmudsede overflade af tyndpudsen.

Den yderste gråblå plastmaling (farvelag 4) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter den gulhvide plastmaling (farvelag 3). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,03 mm af den gråblå plastmaling.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Prøve mærket: **Prøve 7 – Langfasade øst, fløy fra 1928** (Lab nr.: P230603-7)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af en borekerne af lysegrå beton af middel styrke og med største kornstørrelse for tilslaget omkring 16 mm. Betonens overflade er dækket af et tykt lag lysegrå, finkornet mørtel (puds 1, grundingslag) efterfulgt af et tyndt lag hvidgrå, finkornet mørtel (puds 2, tyndpuds). Tyndpudsens overflade fremstår ujævn, stænkpuddagtig og er dækket af et gråblåt farvelag. Borekernens indre endeflade fremstår som en brudflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Der er fremstillet et tyndslib, som omfatter et aksialt orienteret snit gennem de yderste 26 mm af borekernen med orientering vinkelret på pudsens overflade med farvelag. Set i tyndslibet kan der udskilles følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag	0,0 – 0,2 mm	Gråblåt farvelag
	Puds 2, tyndpuds	0,1 – 1,0 mm	Hvidgrå, meget finkornet mørtel
	Puds 1, grundingslag	6 – 8 mm	Lysegrå, finkornet mørtel
Inderst:	Beton	op til 18 mm	Lysegrå beton

Beskrivelse af farvelag

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Gråblå, mat. Ujævn, stænkpuddagtig
Farvelag	0,00 - 0,15 mm	Organisk farve Kulør: Gråblå Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (50 µm) – meget Kalk (20 µm) – noget Pigment: Blåt pigment af ubestemt type (3 µm) – meget Hvidt pigment som zinkhvidt (<1 µm) – noget Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) – lidt

Beskrivelse af puds 2, tyndpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør tyndpudsen (der er ikke udført punktælling som følge af den lille lagtykkelse):

Tilslag

Tilslag bestående af små kantede korn af hvidt marmor (marmorknus) med største kornstørrelse i tyndslibet på 0,8 mm. Andelen af korn mindre end 0,05 mm er høj. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet marmorknus.

Bindemiddel

Ensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, typisk afrundede klumper på op til 0,15 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk.

Korn med velkrySTALLİSEREDE cementklinker-mineraler: Kantrundede, hvide til grålige korn på op til 0,07 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S) og belit (C_2S), som er karakteristiske for **hvid portlandcement**. Nogle korn indeholder endvidere cementklinker-mineralet ferrit (C_4AF), hvilket er karakteristisk for alm- **grå portlandcement**. Begge typer korn er ensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som moderat.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Tyndpudsen indeholder lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,1 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

Set i tyndslibet kan der udskilles følgende bestanddele i mørtlen, som udgør grovpudsen:

Tilslag: 57 vol%

Tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af bjergartskorn af granit og gneiss samt mineralkorn af kvarts og feldspat. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit og enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2,0 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et finkornet, naturligt sand.

Bindemiddel: 31 vol%

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Hvide, afrundede til kantrundede klumper på op til 0,55 mm af ren mikrokrySTALLİNSK kalk. Klumperne udgør 2 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige korn på op til 0,15 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør 10 vol% af bindemidlet.

Korn af underbrændt kalksten: Kantrundede brudstykker på op til 0,20 mm af hvid metamorf kalksten (marmor) med tegn på brænding i form af tilstedeværende små bobler af formentligt kuldioxid. Kornene udgør 1 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 11 vol%

Grovpudsen indeholder noget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,8 mm. Der ses enkelte svindrevner.

Beskrivelse af beton

Der kan udskilles følgende bestanddele i betonen:

Groft tilslag (sten), kornstørrelse > 4 mm

Groft tilslag bestående af en kantrundet sten af gneiss og kvartsit med største kornstørrelse i tyndslibet på 6 mm.

Fint tilslag (sand/grus), kornstørrelse 0-4 mm

Fint tilslag bestående af kantrundede mineralkorn af kvarts og feldspat samt en del bjergartskorn af granit og gneiss. Derudover en del bjergartskorn af kvartsit samt enkelte mineralkorn af amfibol. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2,0 mm. Tilslaget kan karakteriseres som et grovkornet, naturligt sand.

Bindemiddel (cementpasta)

Let uensartet, mikrokrySTALLİNSK masse af carbonatiseret cementgel med følgende type bindemiddelkorn:

Korn med velkrystalliserede cementklinker-mineraler: Kantrundede, grålige til brunlige korn på op til 0,15 mm med fuldt hydratiserede rester af cementklinker-mineralerne alit (C_3S), belit (C_2S) og ferrit (C_4AF), som er karakteristiske for **portlandcement**. Kornene er let uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Indholdet af korn kan karakteriseres som højt.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft

Betonen indeholder meget luft i form af let irregulære til irregulære luftindeslutninger på op til 1,2 mm.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Grundingslaget (puds 1) og tyndpudsen (puds 2) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den i forvejen afrensede overflade af betonen.

Den gråblå plastmaling (farvelaget) er påført den i forvejen forvitrede og/eller afrensede overflade af tyndpudsen (puds 2). Det blå pigment er delvist fraværende i de yderste 0,02-0,04 mm af den gråblå plastmaling.

Der er ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen eller betonen.

Fotodokumentation

På efterfølgende sider bringes en serie billeder fra tyndslibene. Billederne er taget ved brug af digital skanner og/eller polarisationsmikroskop. Følgende filtre og belysningsteknikker kan være anvendt:

Filtre:	- N	Parallelle polarisationsfiltre (svarende til alm. belysning)
	+ N	Krydsede polarisationsfiltre
	+ G	Krydsede polarisationsfiltre samt gipsblad indskudt i strålegangen
	F	Fluorescensmikroskopi
Belysning:	A	Gennemfaldende lys (refraktionsmikroskopi)
	P	Pålys (refleksionsmikroskopi)
	S	Gennemfaldende lys (skannet)

Hvilken belysningsteknik og hvilket filter, der er anvendt, fremgår af hvert foto.

Det skal bemærkes, at farverne på billederne ikke er naturtro på grund af de anvendte filtre og belysningsteknikker.

Ved fremstillingen af tyndslibene er prøverne omstøbt og imprægneret under vakuum med epoxy tilsat farvestoffet fluorescein. Epoxyen har på billederne en gul farve.

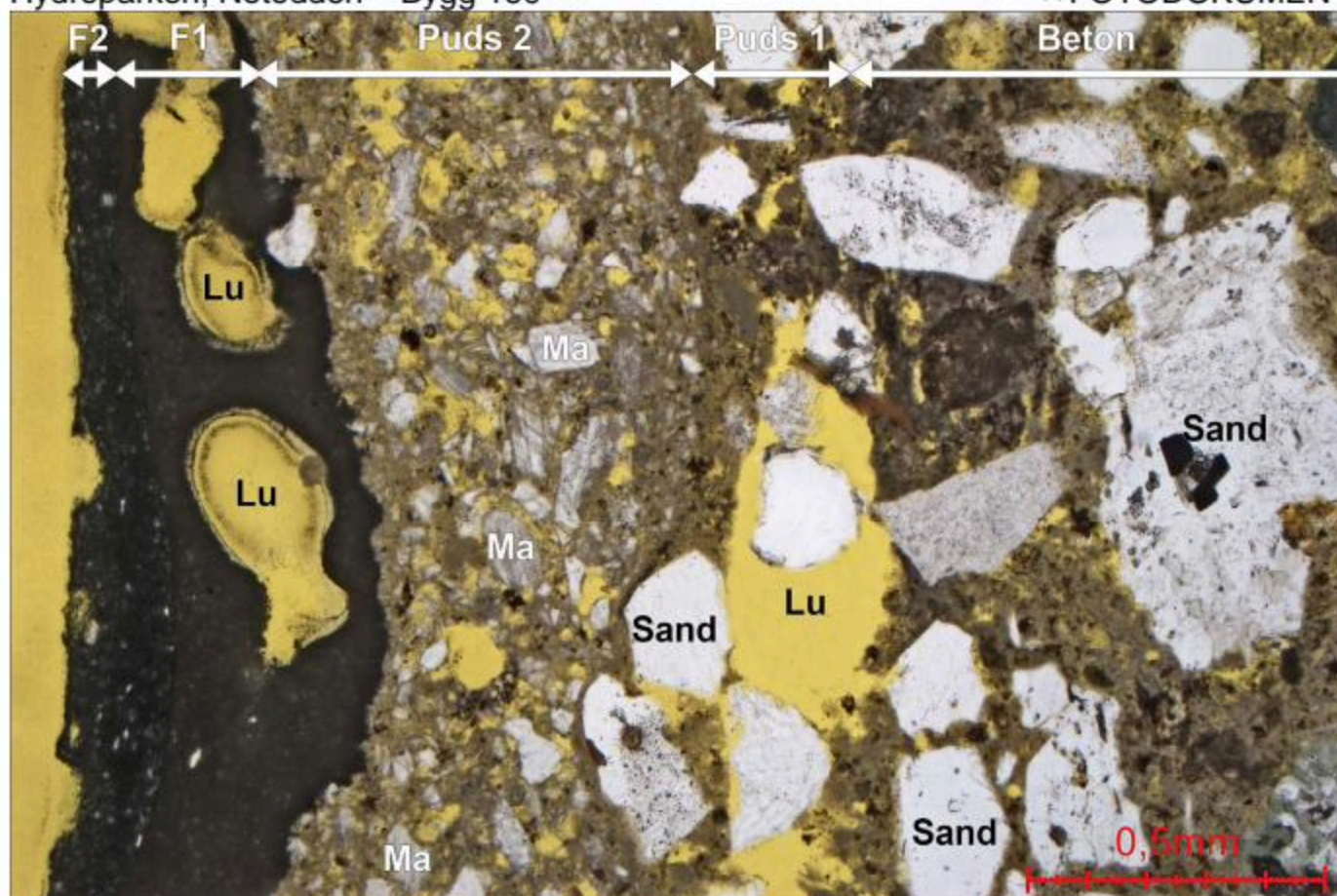


Foto: 1 (F2247-1) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-1 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 1 – Gavlfasade syd, fløy fra 1918: Billedet viser et udsnit af prøvens (betonens) overflade set i tyndslibet. Ved fremstillingen af tyndslibet er prøven omstøbt og imprægneret med epoxy, som på billedet har en gul farve. På betonens overfladen er bevaret resterne af tyndt grundingslag af kalkcementmørtel (**Puds 1**) efterfulgt af et tyndt lag tyndpuds af hvidgrå kalkcementmørtel med marmorknus (**Puds 2**). Tyndpudsens overflade er dækket af gulhvid plastmaling (**F1**) efterfulgt af gråblå plastmaling (**F2**). Luftpore = Lu

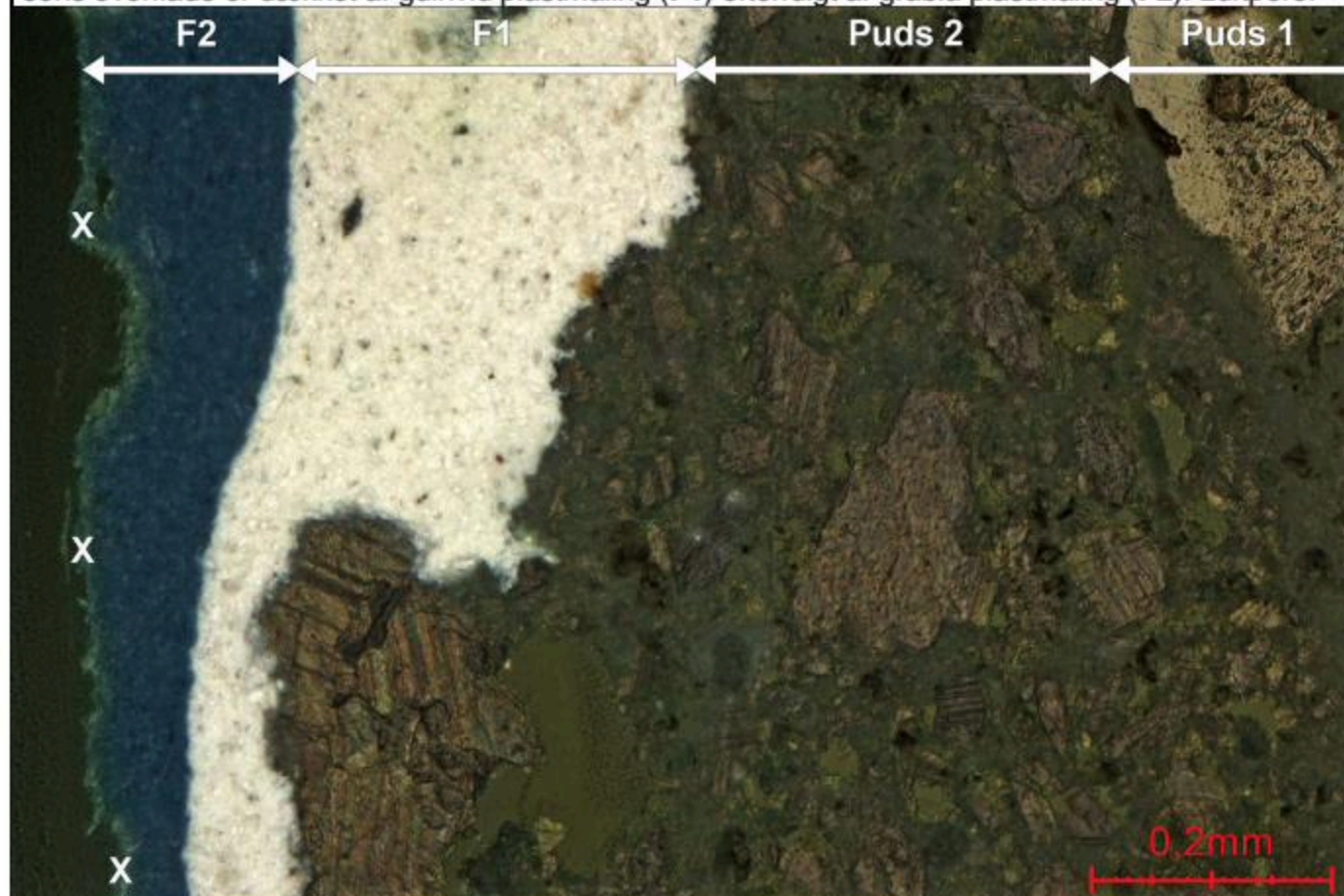


Foto: 2 (F2247-2) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-1 Belysning: P Filter: +N

Prøve mærket: Prøve 1 – Gavlfasade syd, fløy fra 1918: Billede viser de to lag plastmaling ved øget forstørrelse og under anvendelse af en anden type belysning og mikroskopfilter, som bedre gengiver de aktuelle kulører. Det blå pigment i den gråblå plastmaling er ikke kulørstabil og overfladen fremstår afbleget (X)

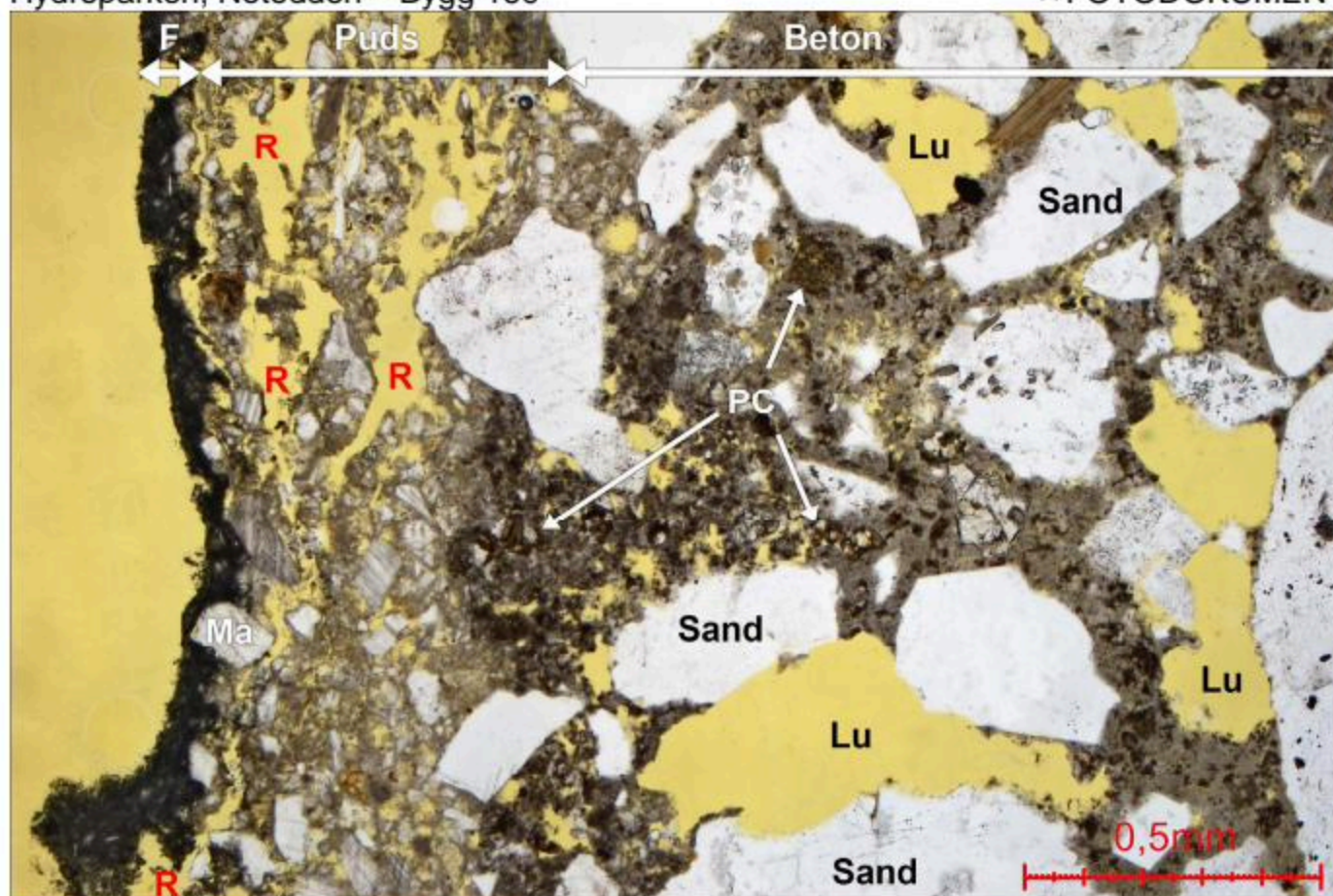


Foto: 3 (F2247-3) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-2 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 2 – Fasade syd, høyblokk fra 1928: Billedet viser et udsnit af betonens overflade med den tilstedeværende hvidgrå tyndpuds af kalkcementmørtel med marmorknus (Puds) og blå plastmaling (F). Tyndpudsen fremstår nedbrudt med overfladeparallelle revner (»riss«) (R). I den underliggende beton ses mange korn af portlandcement (PC). Korn af marmorknus = Ma. Luftporer = Lu

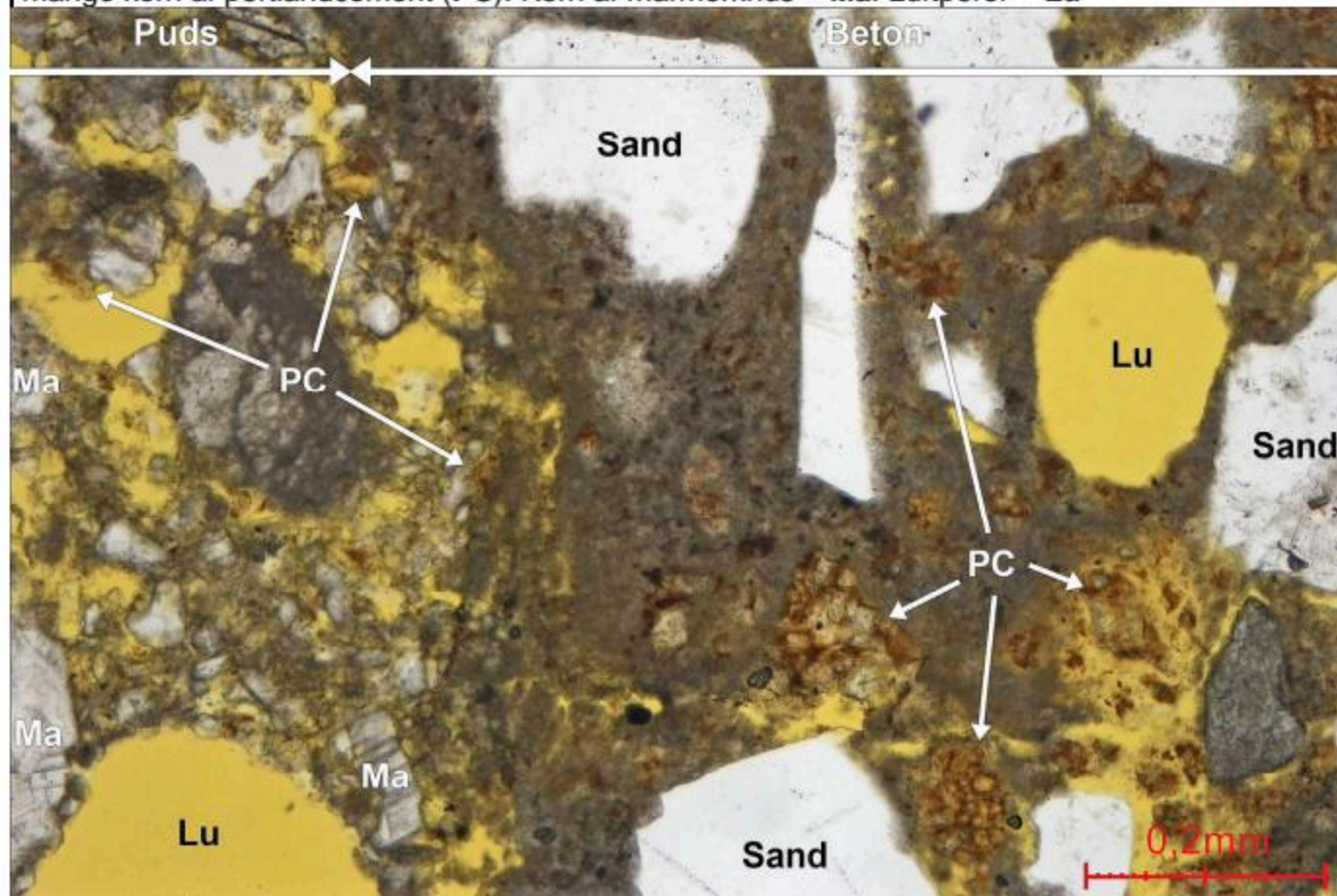


Foto: 4 (F2247-4) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-2 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 2 – Fasade syd, høyblokk fra 1928: I områder af prøven er det grå cementklinker-mineral ferrit i portlandcementen (PC) nedbrudt og omdannet til gulorange, okker-lignende mineraler. I de berørte områder har både den oprindeligt lysegrå beton og den oprindeligt hvidgrå tyndpuds (Puds) herved fået en blegorange kulør. Marmorknus = Ma. Luftporer = Lu

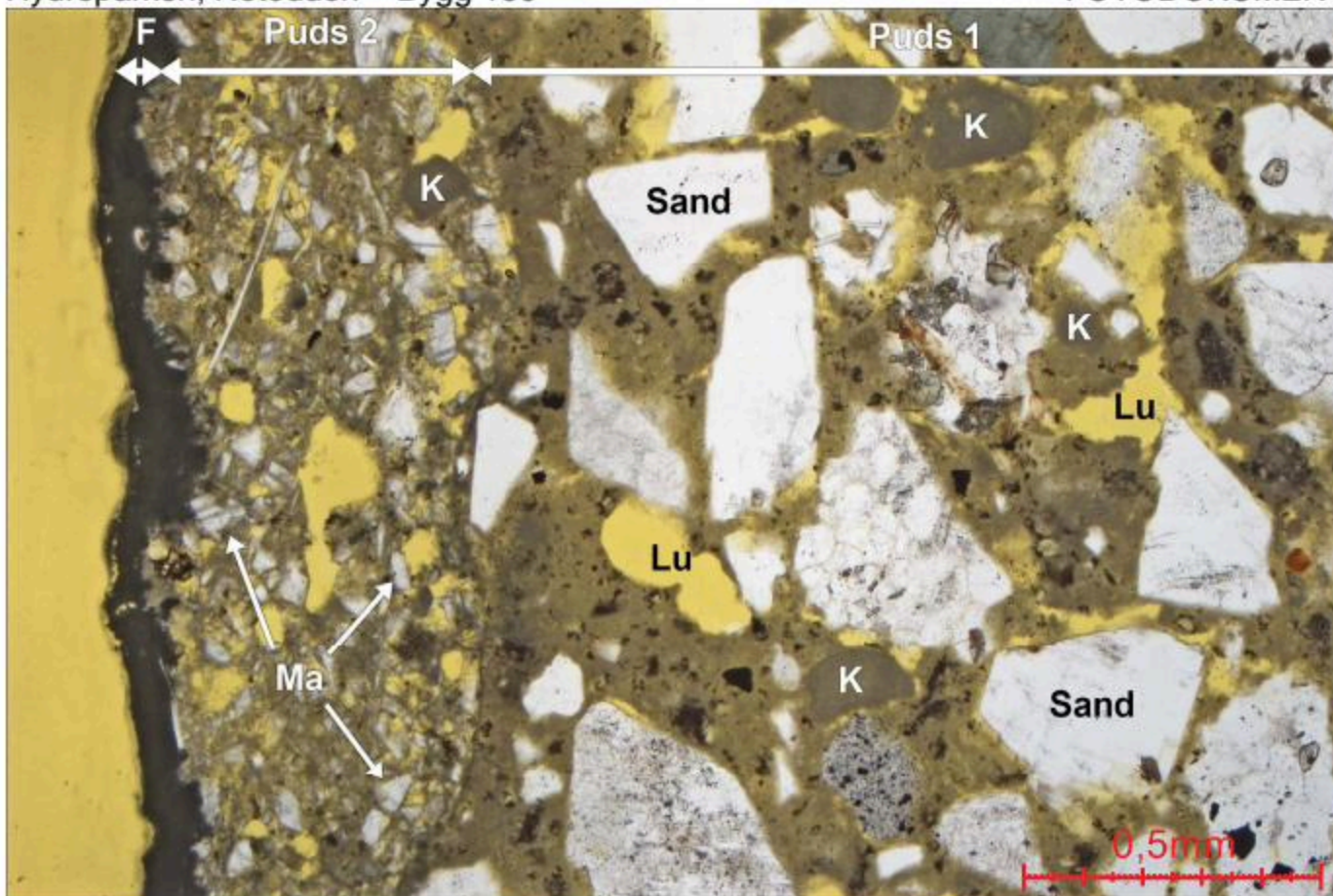


Foto: 5 (F2247-5) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-3 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 3 – Fasade syd, trappesjakt øst for høyblokk: Billedet viser et udsnit af prøvens overflade med det tilstedeværende grundingslag af lysegrå kalkcementmørtel (**Puds 1**), tyndpuds af hvidgrå kalkcementmørtel med marmorknus (**Puds 2**) og blå plastmaling (**F**). Korn af marmorknus = **Ma**. Luftporer = **Lu**. Klumper af kalk = **K**

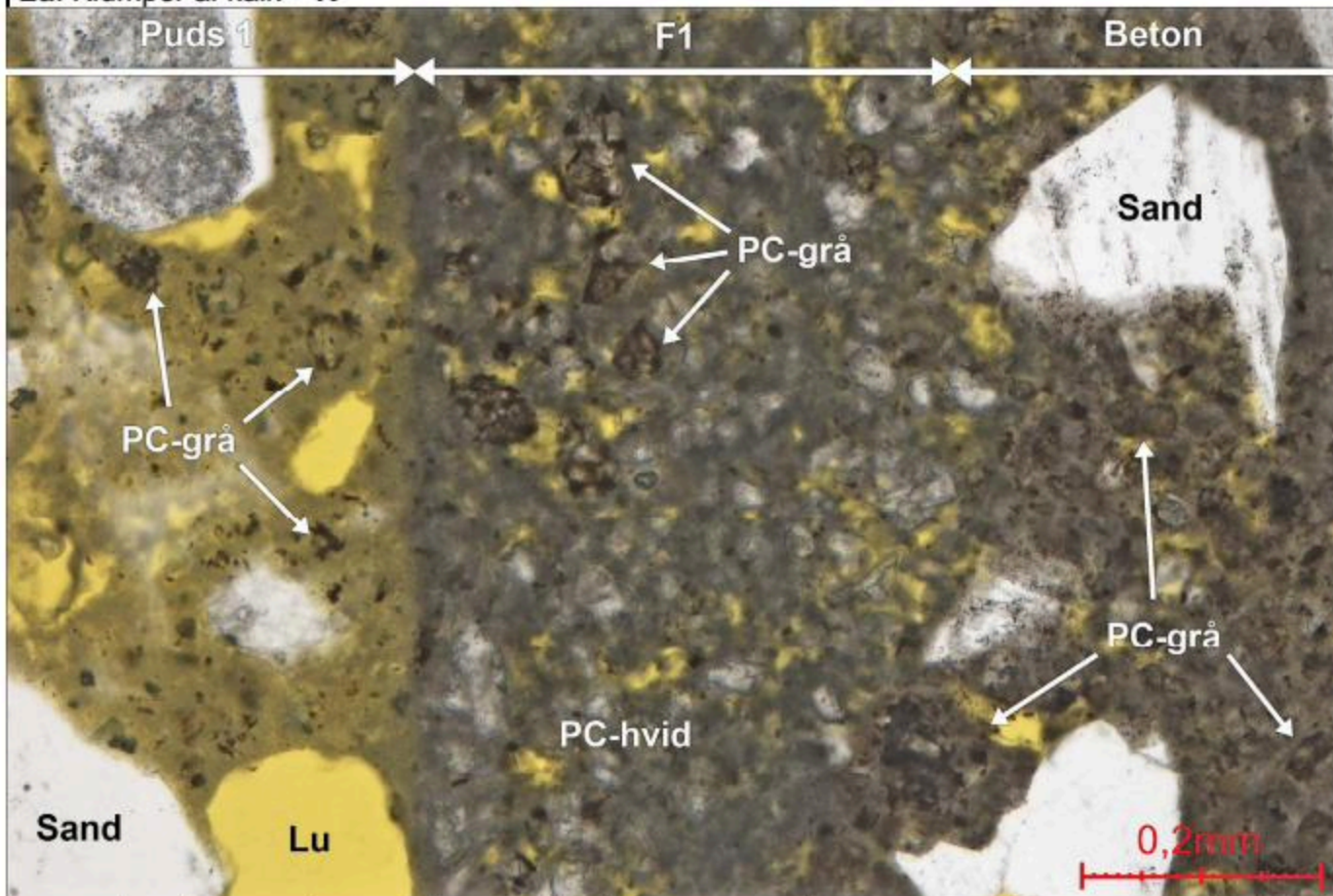


Foto: 6 (F2247-6) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-3 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 3 – Fasade syd, trappesjakt øst for høyblokk: Billedet viser et udsnit af overfladen på den i prøven inderste beton, hvorpå der er bevaret rester af ældre, hvidgrå cementsvumme (»slemming«)(**F1**) med bindemiddel af hvid portlandcement (**PC-hvid**) tilsat lidt almindelig grå portlandcement (**PC-grå**). Til venstre ses den inderste del af det efterfølgende grundingslag af kalkcementmørtel (**Puds 1**)

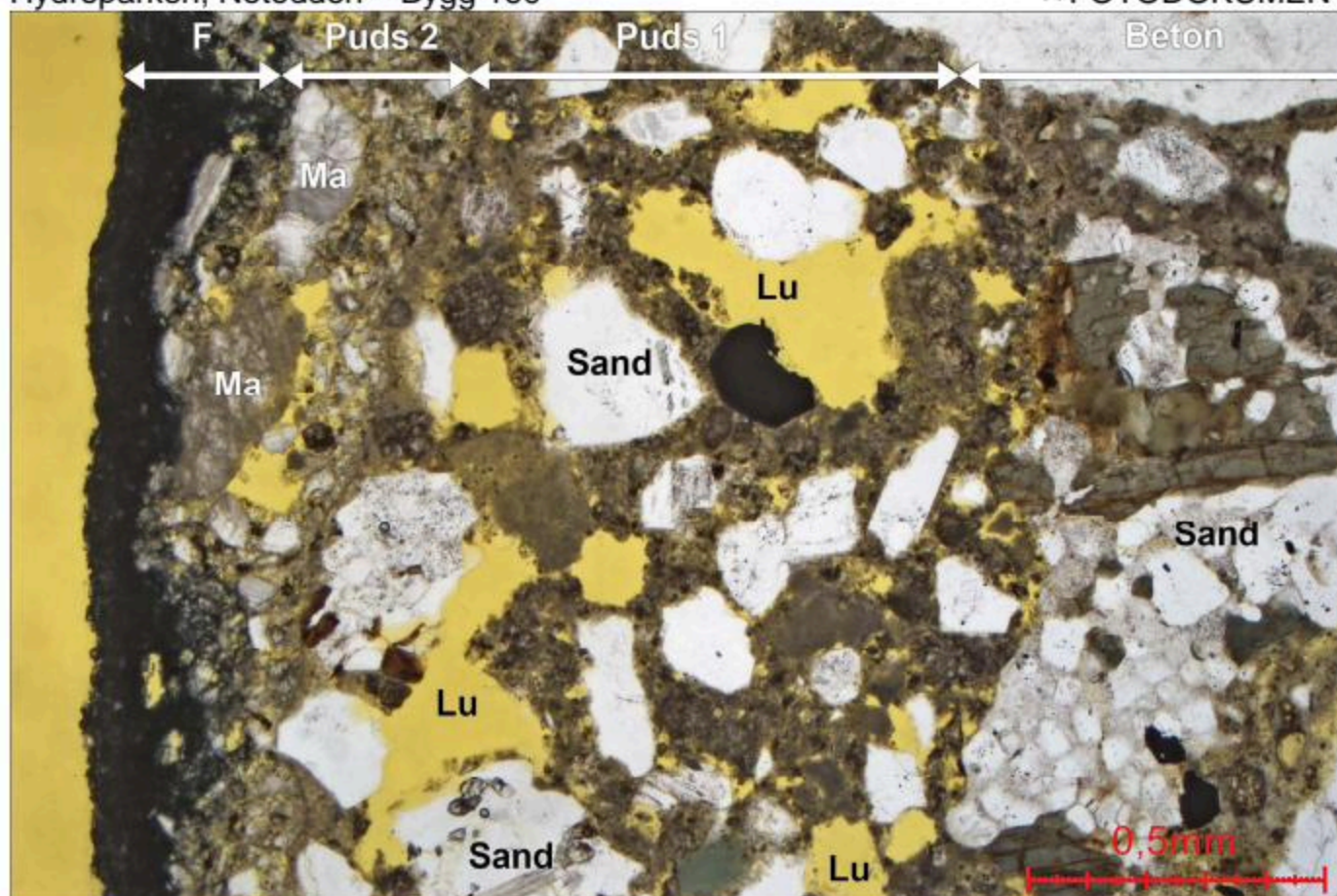


Foto: 7 (F2247-7) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-4 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 4 – Gavlfasade vest, fløy fra 1918: Billedet viser et udsnit af betonens overflade med det tilstedeværende grundingslag af lysegrå kalkcementmørtel (**Puds 1**), tyndpuds af hvidgrå kalkcementmørtel med marmorknus (**Puds 2**) og blå plastmaling (**F**). Korn af marmorknus = **Ma**. Luftporer = **Lu**

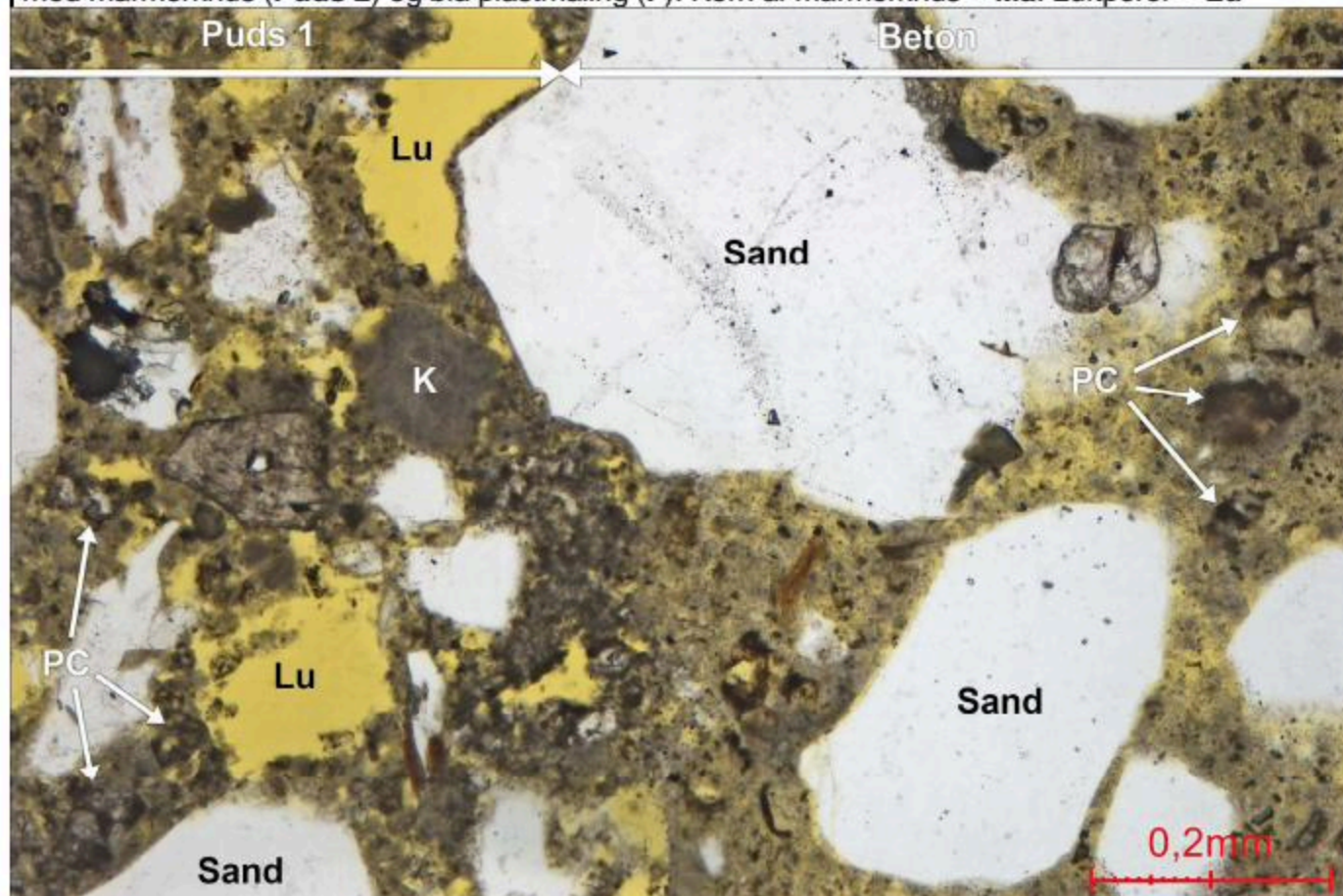


Foto: 8 (F2247-8) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-4 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 4 – Gavlfasade vest, fløy fra 1918: Billedet viser et udsnit af kontakten mellem den i prøven inderste beton og det efterfølgende lysegrå grundingslag af kalkcementmørtel (**Puds 1**). Grundingslaget er påført den i forvejen afrensede overflade på betonen. Korn af portlandcement = **PC**. Klump af kalk = **K**. Luftporer = **Lu**

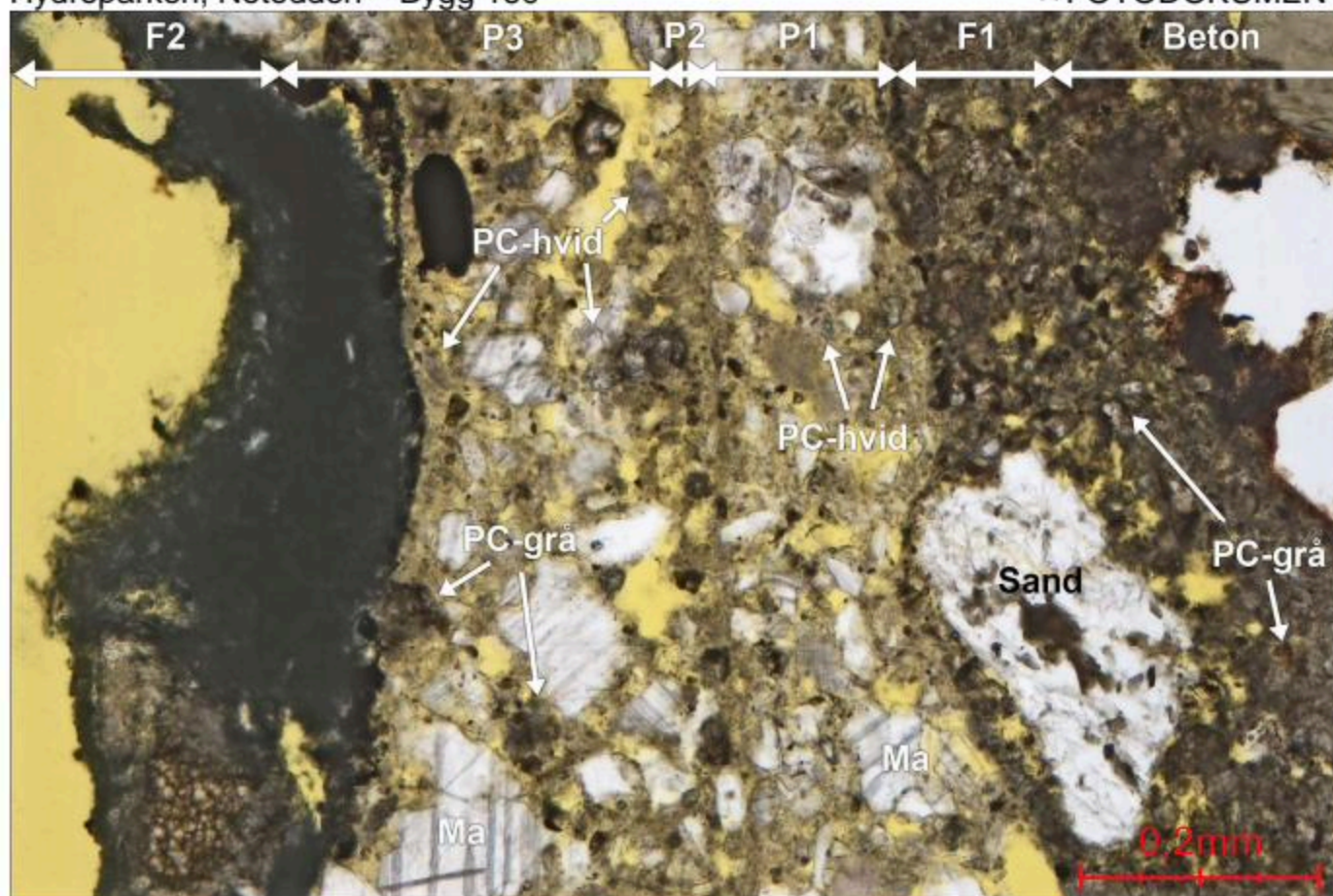


Foto: 9 (F2247-9) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-5 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 5 – Langfasade vest, fløy fra 1918: Billedet viser et udsnit af betonens overflade med de tilstedeværende lag af lysegrå cementsvumme (F1), hvidgrå tyndpuds af kalkcementmørtel med marmorknus (P1), lysegråt grundingslag af kalkcementmørtel (P2), hvidgrå tyndpuds af kalkcementmørtel (P3) og blå plastmaling (F2). Korn af hvid portlandcement = PC-hvid. Korn af almindelig grå portlandcement = PC-grå. Korn af marmorknus = Ma

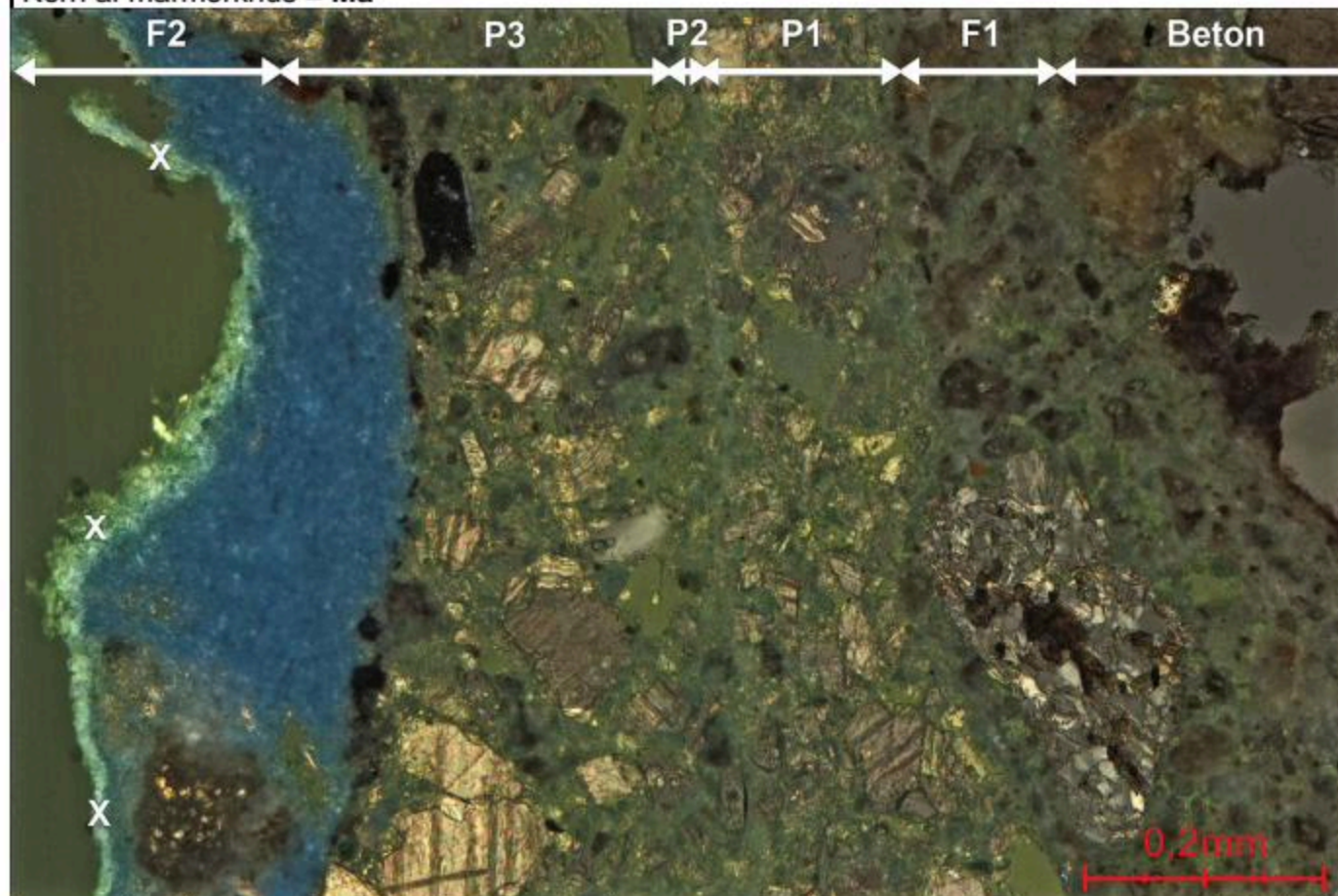


Foto: 10 (F2247-10) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-5 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 5 – Langfasade vest, fløy fra 1918: Billede viser samme udsnit af tyndslibet som foto 9, men en anden type belysning og mikroskopfilter er anvendt, som bedre gengiver de aktuelle kulører. Det blå pigment i den gråblå plastmaling fremstår afbleget i den yderste del (X)

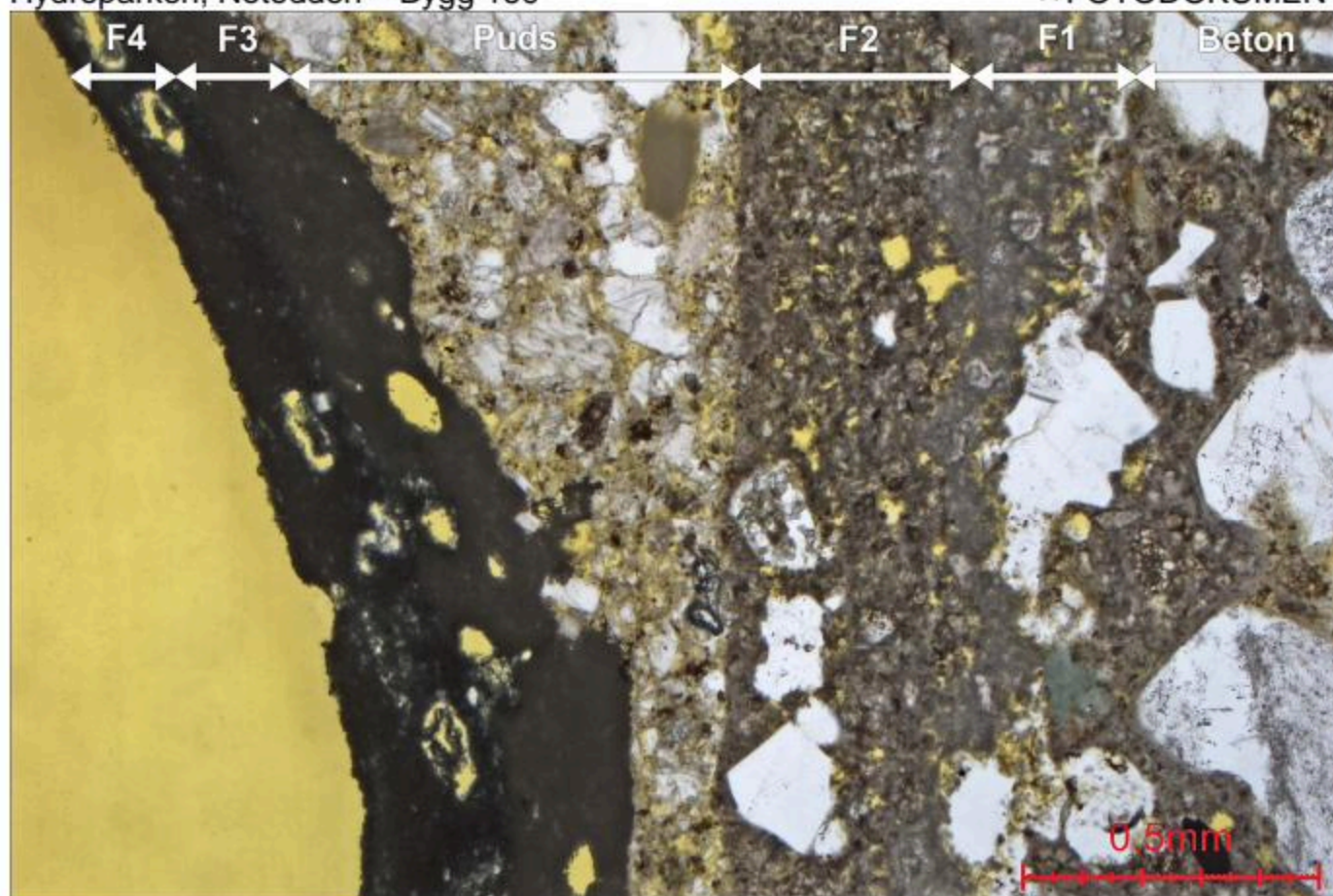


Foto: 11 (F2247-11) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-6 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 6 – Langfasade nord, fløy fra 1918: Billedet viser et udsnit af betonens overflade med de tilstedeværende lag af hvidgrå cementsvumme (F1), lysegrå cementsvumme (F2), hvidgrå tyndpuds af kalkcementmørtel med marmorknus (Puds), gulhvid plastmaling (F3) og gråblå plastmaling (F4)

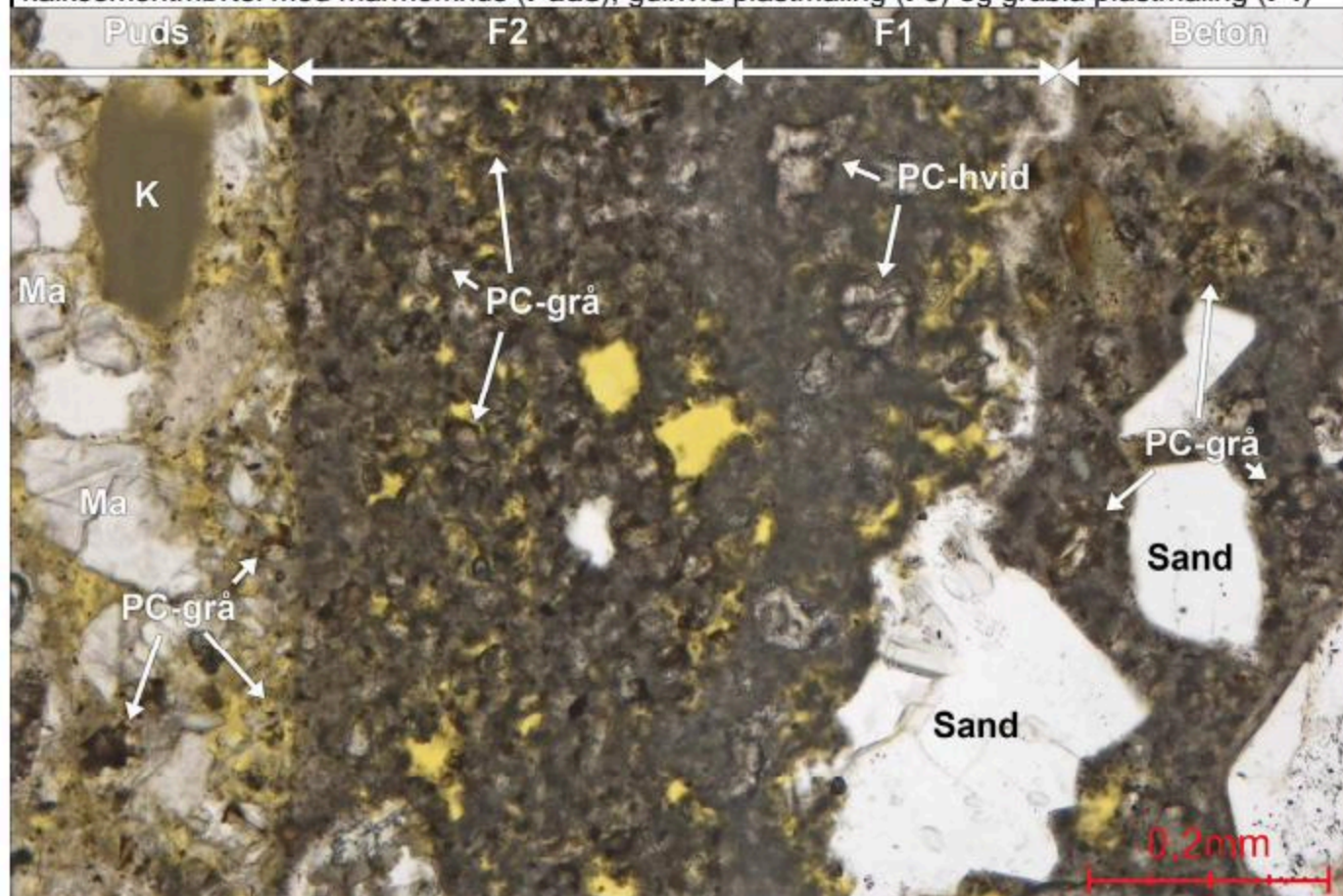


Foto: 12 (F2247-12) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-6 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 6 – Langfasade nord, fløy fra 1918: Den hvidgrå cementsvumme (F1) er påført den i forvejen forvitrede overflade af betonen. Den lysegrå cementsvumme (F2) og den efterfølgende hvidgrå tyndpuds (Puds) vurderes at være påført tidsmæssigt kort efter hinanden på den svagt forvitrede overflade af den inderste hvidgrå cementsvumme (F1). Korn af hvid portlandcement = PC-hvid. Korn af almindelig grå portlandcement = PC-grå. Klump af kalk = K. Korn af marmorknus = Ma

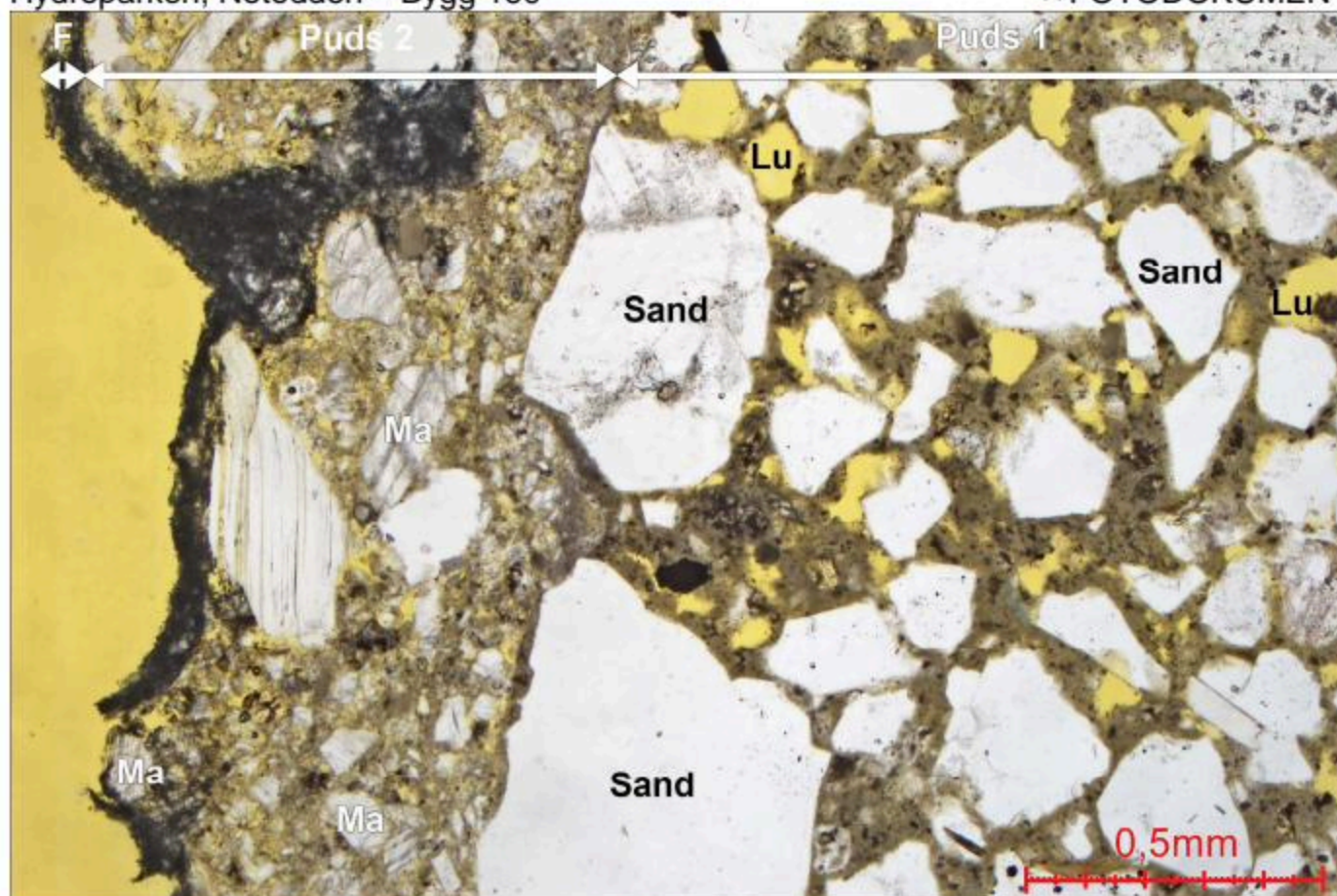


Foto: 13 (F2247-13) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-7 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 7 – Langfasade øst, fløy fra 1928: Billedet viser et udsnit af prøvens overflade med det tilstedeværende grundingslag af lysegrå kalkcementmørtel (**Puds 1**), tyndpuds af hvidgrå kalkcementmørtel med marmorknus (**Puds 2**) og blå plastmaling (**F**). Korn af marmorknus = **Ma**. Luftporer = **Lu**

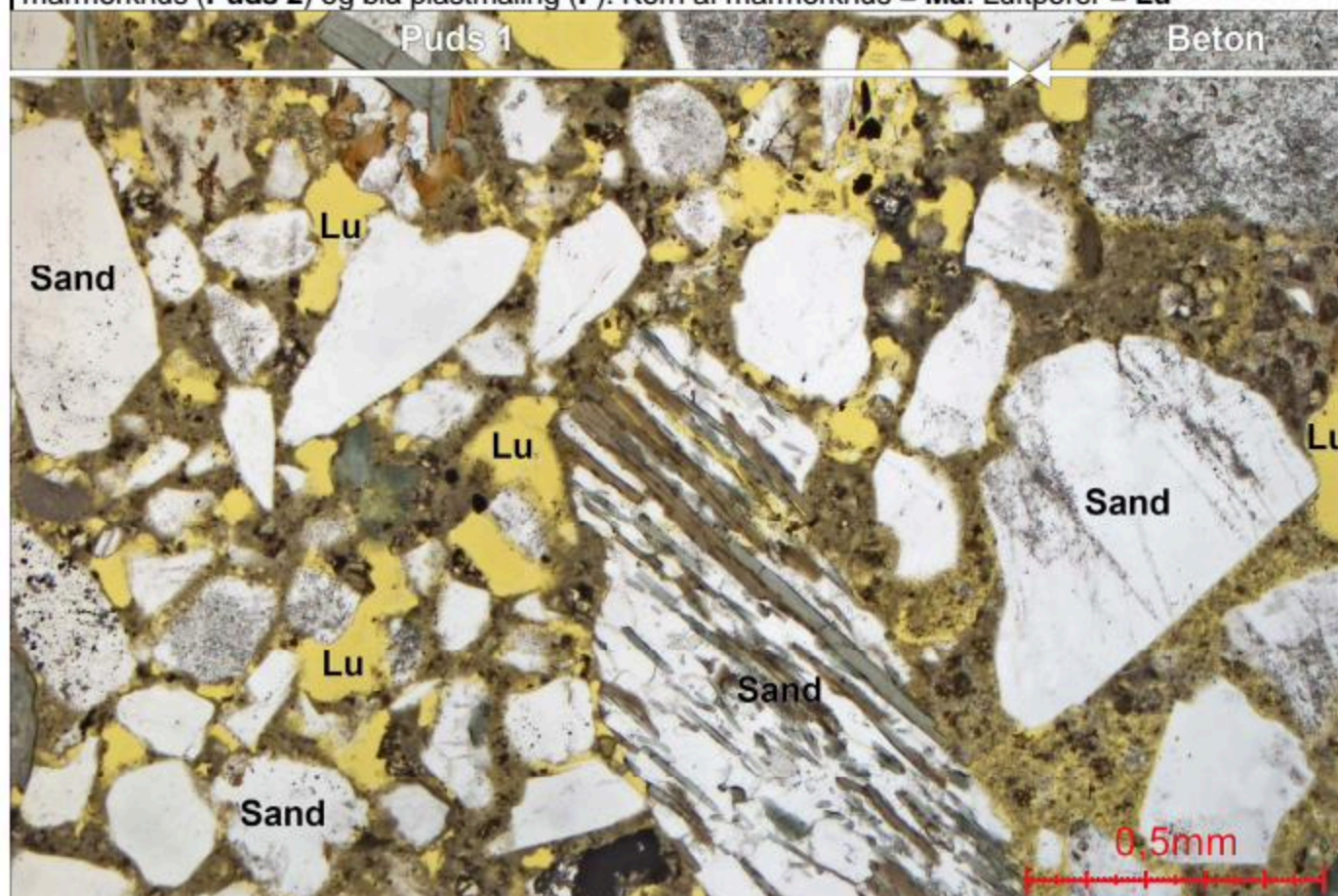


Foto: 14 (F2247-14) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P230603-7 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prøve 7 – Langfasade øst, fløy fra 1928: Billedet viser et udsnit af kontakten mellem den i prøven inderste beton og det efterfølgende lysegrå grundingslag af kalkcementmørtel (**Puds 1**). Grundingslaget er påført den i forvejen afrensede overflade på betonen. Luftporer = **Lu**