



# Det vanskelige mørtelvalget

Camilla Sandem Dhelie

Bergen 25.3.2026

# Postulat fra oktober 2023



- **Johanneskirken** har aldri vært tett
  - Herdebetingelsene
  - Stor tro på moderne materialer på tradisjonelle byggemetoder
  - Massivmur og hulmur med hull inn mot varm side
  - Sterke og tette spekkemørtler
  - Betongavdekninger
  - Innvendig pusset med tette mørtler (og malt)
  - Saltutfellinger
  - Impregnering
- Kombinasjonene har vist seg over tid å være skadelig

# Mørtelhistorikken basert på analyser (2020-2025)

## • 1894

- Murmørtel, KC 50/50/(450-250)
- Fugemørtel, KC 10/90/150. Bindemiddelrike, ca 15mm fugetykkelse
- Pussmørtel ute (3 sjikt), KC 20/80/250
- Pussmørtel inne
  - KC 20/80/200 (tårn)
  - Ren luftherdende kalk (skip)
- Klinker, <0,1kg/m<sup>2</sup> og 2-5% vannabsorpsjon
- Bakmurstegl, 1,1-1,8 kg/m<sup>2</sup> og 6% vannabsorpsjon

## • Andre observasjoner

- Rask påføring mellom sjikt
- 1800-talls sement (grove korn)
- Luftherdende kalk
- Sterkt fuktpåvirket
- Jernoksid sort i fugemørtel
- Renset med saltsyre

## • Rehabiliteringer

- 1930-tallet
  - Murmørtel KC 50/50/450
  - Fugemørtel KC 20/80/200
- ? Impregneringssjikt
- 1950-tallet
  - Trolig KC mørtler
- ? Impregneringssjikt
- 1994-2015
  - Klinkerfug 1mm tykkelse.
  - Murmørtel: NHL 3,5, 3 mm svakt pigmentert
  - Pussmørtel skip KC-mørtler og tette malinger:



# La fugene gjøre jobben!

...*Det som først kommer inn, skal raskt ut igjen*

## Materialkombinasjonen


- Klinker og sementfuge → Tett ytre sjikt som fungerer som regnskjerm
- Bakvegg med høyt porevolum og høyt kapillærsug → vil ta opp og avgi fukt.



## Hvordan styre fukttransporten

- *Fjerne* sementfugene- helt inn til fast mørtel
  - Respekting med NHL, svakere enn både klinker og baktegl, god kapillærsuging og moderat dampmotstand
- *Aksepter* at klinker er lavtsugene, la fugene gjøre jobben
  - Optimalisere fugeprofil og tekstur (ikke glatt fuge- bruk pinne)
  - Detaljer i overgangene.
  - Variere fugeoverflaten avhengig av belastning
- *Krever* diffusjonsåpne vegger også innvendig
  - Unngå tette plastmalinger
  - Bruk kapillæraktive systemer (kalk, silikat, leirpuss, hampakalk)
- *Kontroll* på beslag, dryppneser, nedløp og sålbenker

Detaljene i helheten er avgjørende. Det er samvirket som gir effekten- ikke det enkelte tiltak.



# Det regner og muren trekker vann som en svamp. Er løsningen Impregnering ?

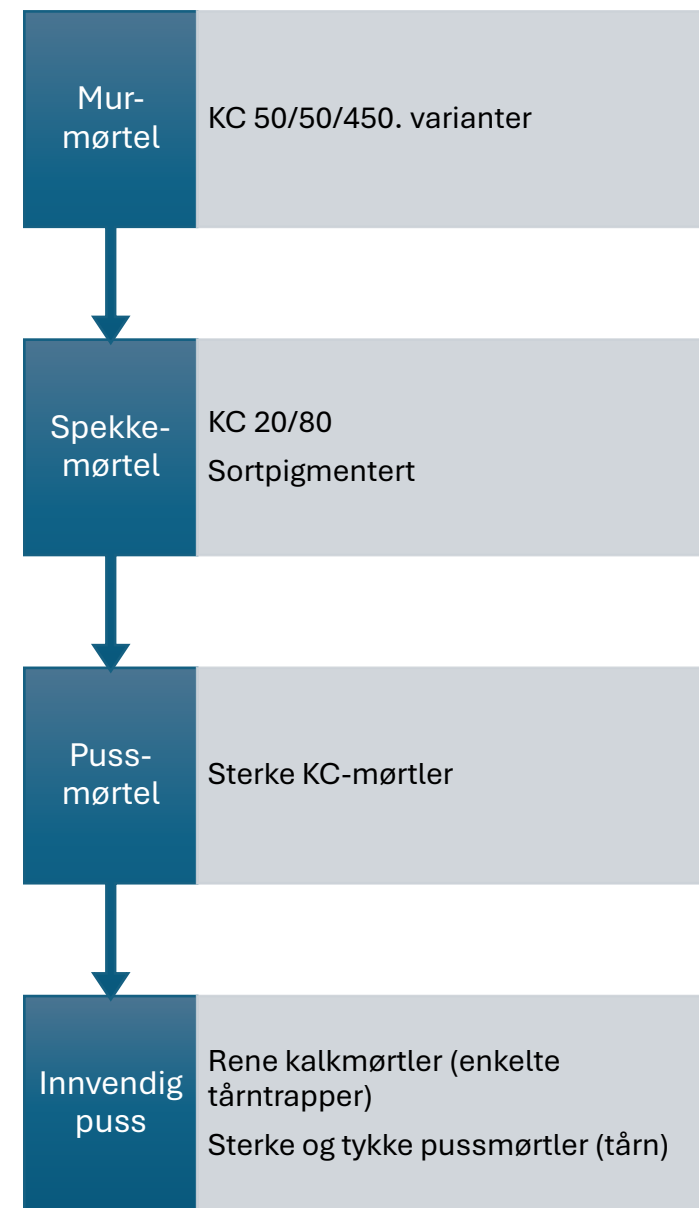
- Holder den fukten ute eller inne?
- Holdbarhet?
- Konsekvenser på sikt?
  
- Hvor kommer fukten inn? Og hvor skal den ut?
  
- Ingen god løsning for Johanneskirken!

Skal vi erstatte 1:1  
om det hadde  
vært mulig?

Denne løsningen  
var topp moderne  
teknologi i 1892.  
..og også i senere  
rehabiliteringer...

*Etterpåklokskap*

Tidlige tiders feil  
*skal/bør/må* ikke  
gjentas.



# Datidens portlandsement og nåtidens sement?

- Klinkertegl krever tettere og sterkere mørtler.
- Analyse fra 1886
  - Grovkornet
  - Svak
  - Tilsvarende NHL 2-NHL 3,5
- Typiske blandingsforhold
  - KC 50/50/300
  - 1:1 blanding
- Hva betyr det for mørtlene vi velger i dag?
  - Porestrukturen er den største forskjellen
  - NHL ligner gammel KC i porestruktur\*
  - Generisk erstatning til våte eller svært utsatte steder er NHL 3,5 og NHL 5
  - Hva med Kkh-blandinger (kalk og NHL blandet)

Magistrat Copenhagen.  
Lieferung von ca. 10 000 Fass pro 1886.

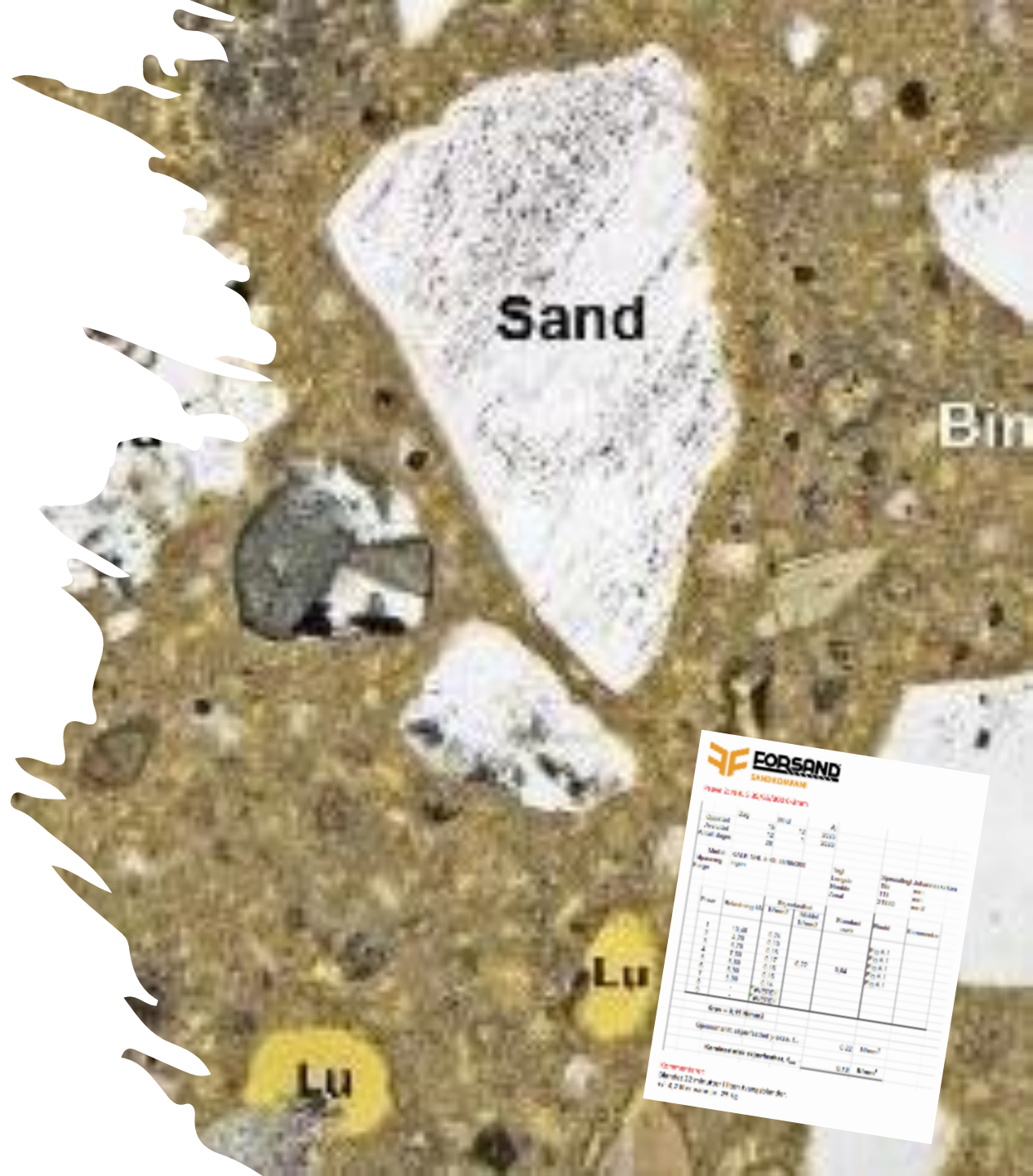
Die neben den Offerten eingelieferten Proben folgender Fabriken ergaben nachstehende Resultate:

Marke	Rückstand auf Sieben von		Zugfestigkeit in 28 Tagen 1 Cement 3 Sand
	200 Maschen	5000 Maschen	
Pahlhude . . . .	4	24	21,1 kg
Bredow . . . . .	6	36	18,3 "
Alsen . . . . .	10	35	17,0 "
Quistorp . . . .	14	27	15,4 "

81

# Hvorfor NHL og hvordan velge riktig mørtel?

- *Høyere kapillær sugesevne og lavere diffusjonsmotstand gir bedre uttørking og reduserer risiko for frostskaader*
- *Mørtelen er den som skal ofres*
- *Reduserte mekaniske spenninger. Kalkrik mørtel tillater mikrobevegelser.*
- **Utfordringer ved mørtel**
  - **Styrkeutviklingen i kalkmørtler og hydrauliske mørtler spesielt\***
    - Fordobling i Styrke fra 28 til 180 døgn (og fortsatt økende)
    - Størst endring i mørtler med NHL 3,5
    - Fleksibilitet påvirkes ikke
    - Forventning: Økt styrke = økt tetthet
- *Hva med porøsitet og mikroriss pga rekarbonatisering- dette utvikler seg også?*
- *Hva er bra nok?*
- *Hva med klimatiske utfordringer*



Kilde: «Kalkbruk, Styrka över tid», Malin Ek/Kristin Balksten 2024)



# Det vanskelige mørtelvalget

## Opprinnelig situasjon

- Sement og kalk fra 1892
- Klinker vs bakmurstegl med store tekniske forskjeller

## Dagens situasjon

- Reparasjonsmøtler KC og NHL 3,5
- Klinkerfug
- Betong

## Ønsket situasjon

- *Fukten skal lagres i fugene og i det nærmeste av baktegl. Ikke i bakvegg og innvendig puss.*
- Kompatibilitet
- Fuktransport
- Styrkeegenskaper
- Holdbarhet i lokalt klima

## Mulig løsning

- Murmørtel: KKh (Kalk + NHL) basert på NHL 5
- Spekkemørtel: KKh basert på NHL 5 ?
- Pussmørtel (ute): KKh (3 sjikt)
- Pussmørtel inne: svake kalkmørtler og Hampakalk





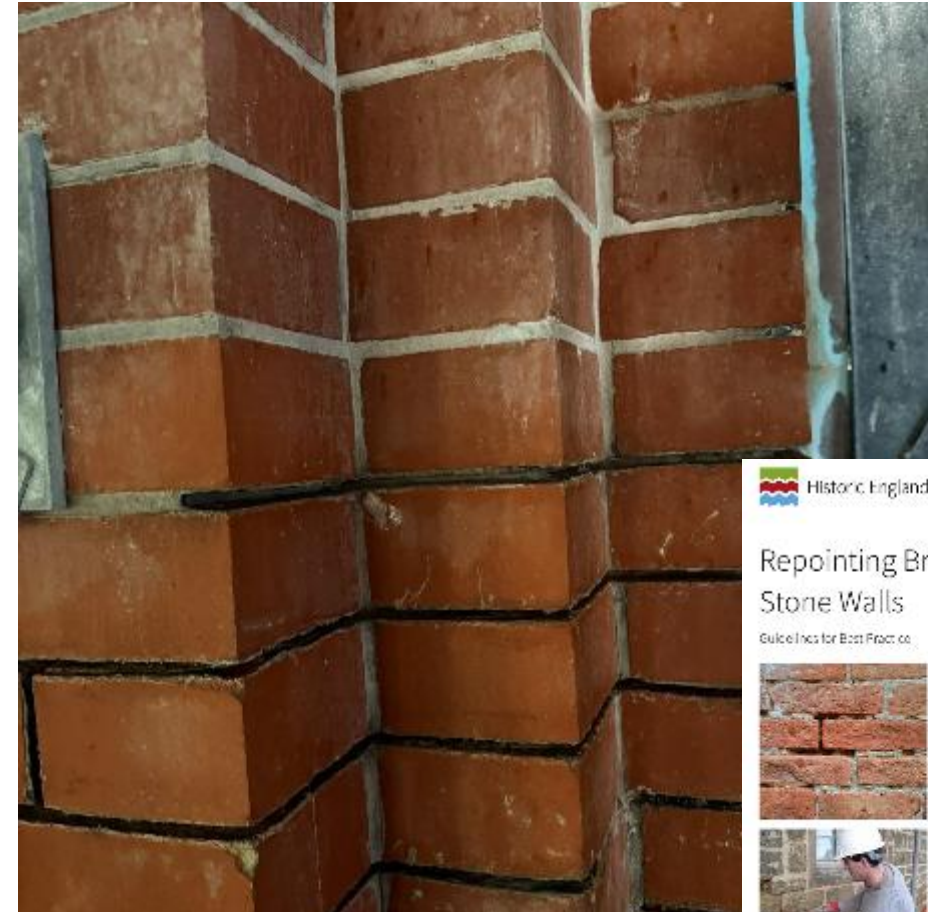
## Vi starter med å fjerne fugene

- Kalkrik erstatningsmørtel => kalkutfellinger
- Ulik murmørtel og fugemørtel => sikre fukttransport
- Utfresing av fuger => 25 mm (gir økt heft. Inn til fast mørtel)
- Hvor mye fuger skal freses?

# Full og helt eller stykkvis og delt?

- generelt: ikke fjern alt

Tema	Full utskifting av fuger	Delvis/selektiv utskifting
Fukttransport	Kan gi mer homogen, dampåpen vegg – hvis riktig mørtel	Bevarer eksisterende balanse, men kan gi lokale “flaskehalsen”
Risiko for skader	Høy risiko ved dype, harde eller mekanisk brutale uttak	Lavere inngrep, men større risiko for lokale spenninger
Bygningsfysikk	Endrer veggens totale respons – må vurderes helhetlig	Mindre endring, men kan gi uforutsigbare lokale effekter
Kulturhistorisk verdi	Mister mye originalmørtel og patina	Mer skånsomt, mer originalsubstans bevares
Kostnad/arbeid	Svært arbeidskrevende, dyrt	Mer målrettet, ofte mer kostnadseffektivt
Mulige konsekvenser	Bygningsfysisk ubalanse	Lokale variasjoner i fukttransport og tørkehastighet.



Historic England

## Repointing Brick and Stone Walls

Guidelines for Best Practice



[Trykk her for link til dokument](#)

# Full og helt eller stykkvis og delt?

- Detaljene i helheten er avgjørende

- *Fjerne sementfugene*- helt inn til fast mørtel
  - Respekting med NHL, svakere enn både klinker og baktegl, god kapillærsuging og moderat dampmotstand
- *Aksept* at klinker er lavtsugene, la fugene gjøre jobben
  - Optimalisere fugeprofil og tekstur (ikke glatt fuge- bruk pinne)
  - Detaljer i overgangene.
  - Variere fugeoverflaten avhengig av belastning
- *Krever diffusjonsåpne vegger* også innvendig
  - Unngå tette plastmalinger
  - Bruk kapillæraktive systemer (kalk, silikat, leirpuss, hampakalk)
- *Kontroll* på beslag, dryppneser, nedløp og sålbenker

Detaljene i helheten er avgjørende. Det er samvirket som gir effekten- ikke det enkelte tiltak.





## Prøveoppsett

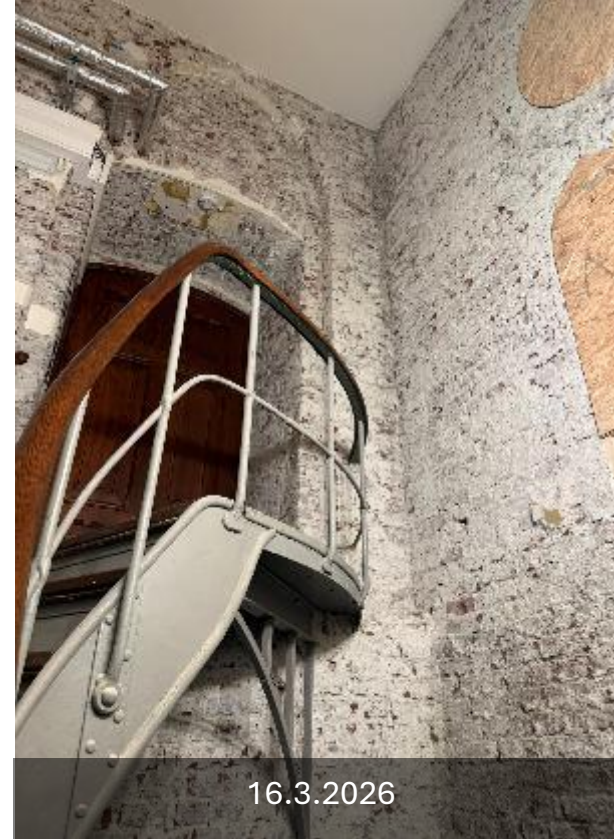
- 3 mockups murt med NHL 3,5
- 3 ulike leverandører av kalkmørtel
- 3 ulike kalkkilder
- 9 ulike varianter fra NHL 2 til KC ....
- Ulike beslagsutforminger

## Hensikt

- Hva tåler Bergens klima?
- 1-2 års belastning
- Fuktgjennomgang
- Innfesting av beslag- myk vs kalkfuge

## Pr mars 2026

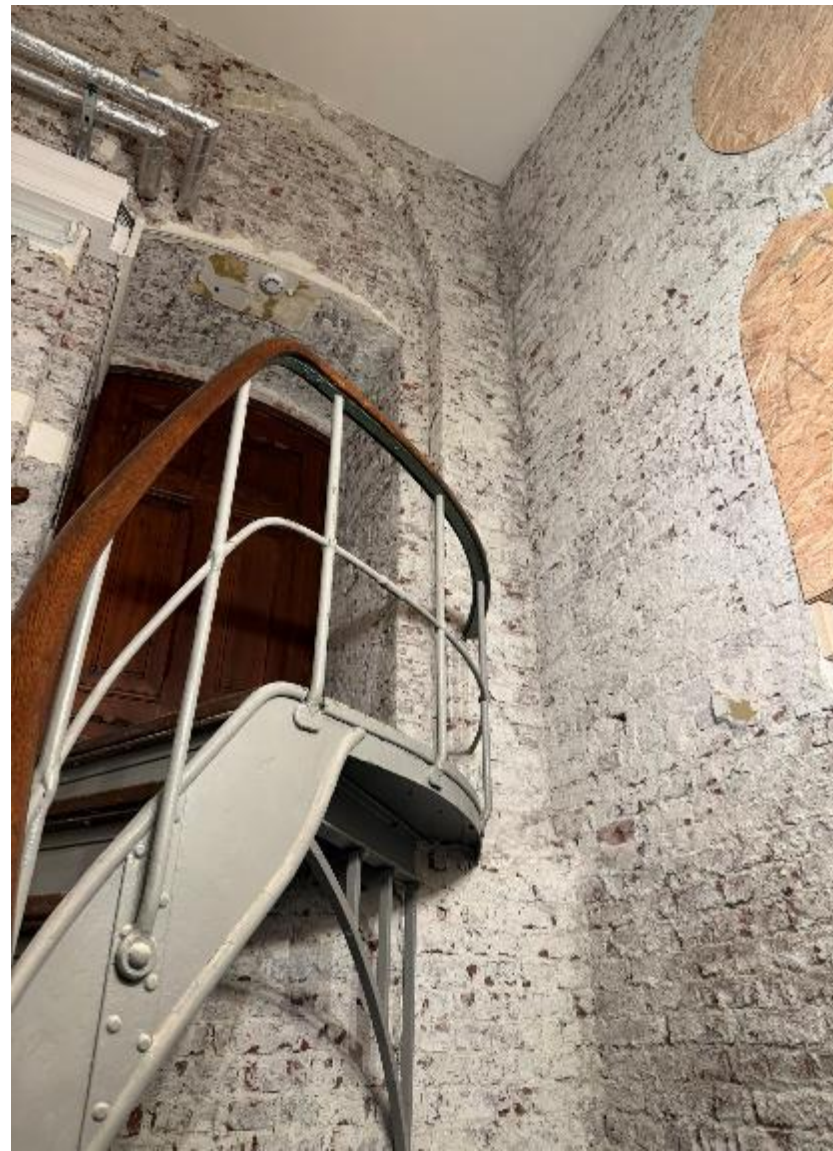
- Alle spekkefuger står bra
- Svake/høy kalkinnhold = utfellinger
- Kalkutfellinger på sortpigmentert fuge



Hvor lenge kommer mursaltene?

- Kirken er fremdeles våt
- Åpner fuger
- Tørker ut, økt ventilering
- Murverket svetter

# Innvendig puss, Hampakalk



Det vanskelige mørtelvalget må baseres på kunnskap om bygningsfysikken, konsekvensanalyser av nødvendige valg og på detaljene i helheten. Det kommer ikke an på bare mørtelen, men materialsammensetningen og forståelse av samvirket dem imellom.

*Vi kan ikke garantere resultatet. Men vi kan ta bedre og veloverveide valg basert på kunnskap og tverrfaglig samarbeid over tid.*

Camilla Sandem Dhelie

Bergen 25.3.2026