

# SANERINGSPUDS

Til fugt- og saltbelastet murværk



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Indhold

---

Forord	4
Intro til publikationen	6
<b>Baggrundsforståelse</b>	
Forstå fugt og salte i murværk	7
Forstå udfordringerne med fugt- og saltbelastet murværk	9
Traditionelt dansk murværk	10
Saneringspuds som alternativ løsning	12
<b>Læring fra projektet</b>	
Resultater	14
Anbefalinger	15
Vejledning	17
<b>Cases</b>	
Case 1	22
Case 2	24
<b>Et spadestik dybere</b>	
Testede systemer	26
Laboratorietest - høj belastning af både fugt og salt	28
Tests i ældre ejendomme	36
Effekts på murværkets tilstand	40
Effekt på indeklima	41

## Om udgivelsen

Publikationen er udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med Olav de Linde, Tækker Group, COWI og Nationalmuseet. Tak til Grundejernes Investeringsfond for at støtte projektet.

Denne publikation er målrettet byggebranchens rådgivere, men kan læses af alle med interesse for saneringspuds og udfordringer med fugt- og saltbelastet murværk, herunder også studerende fra byggeriets uddannelser.

Udover denne publikation er der udarbejdet en one-pager, som samler essensen af projektet.

Publikationen er udgivet i 2020. Det er tilladt at kopiere tekst fra denne, såfremt der laves tydelig kildehenvisning.

## Forfatter:

Mette Stubager Moesgaard, Teknologisk Institut

## Layout & tryk:

Teknologisk Institut

## ISBN:

978-87-7756-795-7



Nordic Swan Ecolabel  
5041 0826



# FORORD

---

Den danske bygningsmasse består af mange murede bygninger. Murværk er en stolt dansk tradition, og der er løbende brug for ny viden inden for området, særligt i forhold til vedligehold af vores murede bygninger.

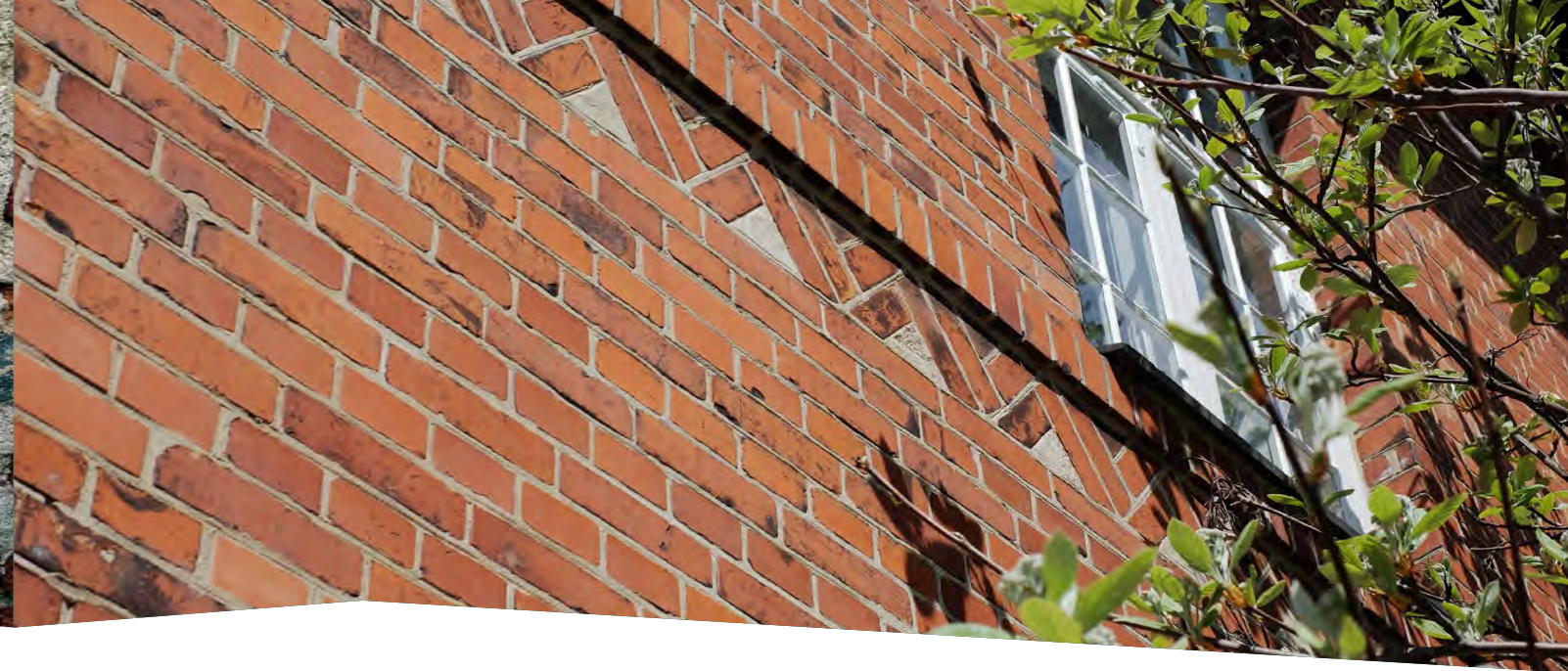
En af udfordringerne for det murede byggeri er fugt- og saltproblemer i murværk. En mulig løsning på fugt- og saltproblemer i eksisterende murværk kan være saneringspuds, og i denne publikation er der fokus på netop saneringspuds.

Projektets formål har været at teste og dokumentere effekten af kommercielt tilgængelige saneringspudssystemer på murværk udsat for varierende belastning med

fugt og salte. I arbejdet er der fokuseret på murværk baseret på både traditionelle danske murværksmaterialer samt nyere murværksmaterialer. Denne publikation er udarbejdet til formidling af projektets resultater.

På baggrund af det udførte arbejde udarbejdes en vejledning for arbejdets udførelse og valg af pudstyper. Nærværende publikation søger derfor at afdække potentialet for anvendelse af saneringspuds, og komme med anbefalinger til bygge- og anlægsbranchen om nødvendige øvrige tiltag, som skal udføres for at sikre en robust løsning ved anvendelse af saneringspuds.





## INTRO TIL PUBLIKATIONEN

---

Denne publikation samler resultater, test og erfaringer fra projektet "Fugt- og saltproblemer i dansk murværk – saneringspuds som optimal løsning".

Publikationen indeholder også anbefalinger for arbejdet med saneringspuds samt en mulighed for at få mere viden om emnet via to cases og ved at dykke dybere ned i projektets erfaringer.

Ud over denne publikation, er der udarbejdet en one-pager, som samler essensen af projektet. Denne udgivelse

er målrettet byggebranchens rådgivere, men kan læses af alle med interesse for saneringspuds og udfordringer med fugt- og saltbelastet murværk.

De indledende afsnit giver en forståelse af problematikken og præsenterer projektets anbefalinger. Efterfølgende afsnit giver læseren mulighed for at få yderligere information om emnet og kræver en forståelse af byggefaglige termer for at få det fulde udbytte.

God læselyst!

## BAGGRUNDSFORSTÅELSE

---

### Forstå fugt og salte i murværk

I murværksmaterialer transporteres fugt via en kombination af to forskellige mekanismer; på væskeform via kapillærtransport grundet materialets porestruktur og på dampform via diffusion.

Murværksmaterialer kan således optage fugt via vejrligspåvirkninger eller i ældre byggeri opført uden fugtspærre via opstigende grundfugt.

Kilder til salt i ældre murværk kan være (prioriteret rækkefølge):

- Opstigende grundfugt medtager salte fra terræn
- Tøsaltning

- Tidligere anvendelse af bygning, eksempelvis pakhus med lagring af salt, gødningsstoffer og lign
- Salte i udgangsmaterialet (gult tegl, strandsand i mørtel, gips i cement)

Salte er opløselige i vand, og vil derfor opløses i den fugt, som murværket optager. Desuden er salte hygroskopiske og vil således også tiltrække og binde fugt fra den omgivende luft.

Opløste salte transporteres via fugtens kapillære transport i materialerne. Når fugten via diffusion fordampes, vil de opløste salte fælde ud.

Hvis fugtens fordampningszone ligger på overfladen af murværket vil saltene fælde ud på overfladen. Dette giver anledning til udblomstring af salte. Se billede 1.

Hvis fugtens fordampningszone ligger bag overfladen af murværket, vil saltene fælde ud inde i materialet.

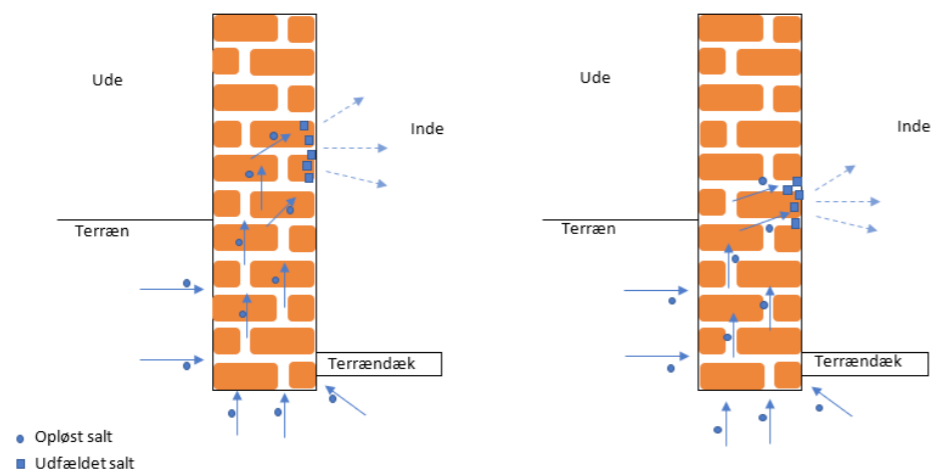
Denne udfældning giver anledning til en trykpåvirkning af materialet. Over tid kan dette føre til afskalninger fra murværksmaterialerne. Se også billede 2-4 på modsatte side.

Figur 1 viser en skematisk illustration af optag og transport af fugt og salte i murværk.



BILLED 1

**FIGUR 1**  
 Fuldt optrukne pile angiver optag og transport af fugt på væskeform. Stiplede pile angiver frigivelsen af fugt på dampform. Illustrationen til venstre angiver murværk opmuret med luftkalkmørtel. Her vandrer fugt og salte langt og er koncentreret i teglet. Illustrationen til højre angiver murværk opmuret med hydraulisk mørtel. Her vandrer fugt og salte ikke så langt og koncentrerer sig i mørtlen.



## Forstå udfordringerne med fugt- og saltbelastet murværk

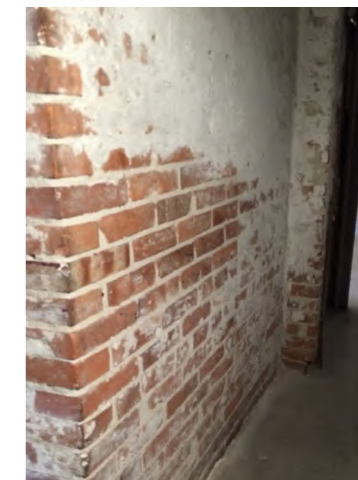
For at forstå udfordringerne med fugt- og saltbelastet murværk, skal man bl.a. vide mere om traditionelt dansk murværk, hvordan og hvorfor skaderne opstår og hvilke skader der kan opstå. Det ser vi nærmere på i dette afsnit, hvor vi også kommer omkring de traditionelle løsninger.

### Typiske skader

Belastning fra fugt og salte er en af de hyppigste årsager til skader i det murede byggeri. De typiske skader som følge af fugt- og saltbelastning er:

- Forvitring og misfarvning af både tegl og mørtelfuger
- Afskalning af evt. overfladebehandling
- Skimmelvækst

Fugt- og saltskader forekommer både udvendigt bl.a. omkring sokler og indvendigt især i kældre og er generelt svære at udbedre.



BILLEDE 2



BILLEDE 3



BILLEDE 4



BILLEDE 5

## Traditionelt dansk murværk

I Danmarks undergrund findes meget rene forekomster af kalksten bestående udelukkende af calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Dette medfører, at vi i Danmark traditionelt har anvendt mørtler baseret på kalk som eneste bindemiddel.

Ved brænding af kalksten og efterfølgende læskning dvs. tilsætning af vand fremstilles calciumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), som er bindemidlet i kalkmørtel.

Kalkmørtler baseret på calciumhydroxid udvikler styrke ved reaktion med  $\text{CO}_2$  fra luften. Herved dannes calciumcarbonat. Rene kalkmørtler kaldes således også for luftkalkmørtler.

I Danmark kan anvendelse af cement til mørtler dateres tilbage til ca. 1860. I en lang periode blev cement primært anvendt til udvendigt pudsmørtel. Først omkring 1955 blevet det i Danmark udbredt at anvendes opmuringsmørtler indeholdende cement. Cement anvendes her i kombination med kalk i de såkaldte kalkcementmørtler (KC-mørtler), hvor både cement og kalk (calciumhydroxid) er tilstede som bindemiddel. Cement er et hydraulisk materiale, som udvikler sin styrke med reaktion med vand.

Fremstilling af luftkalkmørtler kræver som nævnt meget rene forekomster af kalksten. I lande syd for Danmark som f.eks. Tyskland er sådanne rene kalkforekomster mindre udbredte. Råmaterialerne har her været en blan-

ding af kalk og ler eller vulkansk materiale. Disse lande har således ikke tradition for anvendelse af luftkalkmørtler, men har i stedet historisk anvendt hydrauliske kalkmørtler. Hydrauliske kalkmørtler består tilsvarende kalkcementmørtler af en kombination af et hydraulisk bindemiddel og et bindemiddel, som udvikler styrke ved reaktion med  $\text{CO}_2$ . Fra et kemisk perspektiv svarer hydrauliske kalkmørtler således til kalkcementmørtler.

De lande, hvor saneringspudssystemerne er udviklet har således ikke samme tradition som os i Danmark for at anvende rene luftkalkmørtler til opmuring. Det er derfor vigtigt at teste, i hvilket omfang typen af opmuringsmørtel har betydning for effekten af saneringspuds.

Fugt og salte bevæger sig som nævnt forskelligt i murværk opmuret med hhv. luftkalkmørtel og kalkcementmørtel. I murværk opmuret med luftkalkmørtel vandrer fugt og salte langt og både fugt- og salte koncentrerer i murstenene. I murværk opmuret med kalkcementmørtel (eller mørtel indeholdende hydraulisk kalk) vandrer fugt og salt ikke så langt og både fugt og salte koncentrerer i mørtlen. Dette er tidligere illustreret i Figur 1.

Billede 6 og 7 viser et murværkselement opmuret med luftkalkmørtel (12%). Murværket har været placeret i saltholdig væske i 6 måneder. Billede 6 viser, at hele murværkselementet er opfugtet og fremstår mørkt. Billede 7 viser, at saltudblomstringer på toppen af muren primært dannes på overfladen af murstenene, hvor salte netop er koncentreret.

Billede 8 og 9 viser et murværkselement opmuret med kalkcementmørtel (KC 50/50/700). Murværket har været placeret i saltholdig væske i 6 måneder.

Billede 8 viser, at murværket er opfugtet ca. halvvejs op, og at der netop i overgangen mellem opfugtet og tørt murværk dannes en fordampningszone, hvor salte fælder ud.

Både billede 8 og 9 viser, at udfældningen af salt primært sker fra mørtelfugerne, hvor fugt og salte er koncentreret.

### Traditionelle løsninger

Den traditionelle tilgang til håndtering af fugt- og saltbelastning i murværk er ofte udbedring af symptomer ved udskiftning af skadet puds eller delvist udbedring af malede overflader.

Laves der tiltag til udbedring af skaderne er det som oftes at standse fugttilførelsen f.eks. fra opstigende grundfugt. Hertil kan man anvende forskellige metoder som f.eks. fysiske fugtspærre.

En ulempe ved denne tilgang er, at selvom det lykkedes at standse eller begrænse fremtidig opstigende grundfugt har metoderne begrænset effekt i forhold til at reducere skader som følge af udfældning af de salte, som allerede er optaget i murværket. Dvs. sådanne løsninger kan ofte ikke stå alene.



BILLEDE 6



BILLEDE 7



BILLEDE 8



BILLEDE 9

## Saneringspuds som alternativ løsning

I dette afsnit ser vi nærmere på saneringspuds og hvordan det kan være en alternativ løsning til den traditionelle tilgang.

Saneringspuds er udviklet netop til overfladebehandling af fugt- og saltbelastet murværk med henblik på at håndtere både udfordringen med fugt samt udfordringen med skader opstået som følge af udfældning af salte. Der eksisterer flere kommercielle saneringspudsprodukter og -systemer på det danske marked. Kendskabet og udbredelsen af systemerne i Danmark er dog begrænset. For at opnå større erfaringsgrundlag for anvendelse af saneringspuds på murværk baseret på danske materialer, er der udført test af sådanne systemer – både under kontrollerede forhold i laboratoriet samt i fugt- og saltbelastede kældre i ældre byggeri.

### Hvad er saneringspuds?

Saneringspuds er et pudssystem, som er udviklet specielt til at håndtere murværk belastet med fugt og salte. I saneringspuds er den kapillære transport af fugt på væskeform lav, mens fordampningen af fugt via diffusion er høj.

Saneringspuds lader således fugt med opløste salte trænge nogle millimeter ind i pudsen, hvorefter fugten fordamper og saltet fælder ud inde i pudsen. Dette efterlader en tør pudsoverflade fri for saltudblomstringer.

Den tørre pudsoverflade er godt for indeklimaet i forbindelse med indvendige fugt- og saltbelastede murværk. Og udfældningen af salte inde i pudsen frem for på overfladen efterlader et præsentabelt udtryk.

Saneringspudsens særlige egenskaber opnås ved at opbygge et velegnet poresystem og en indre hydrofobering af pudsen. Dvs. pudsoverflader – både indre og ydre – skyr vand. Desuden baseres saneringspuds på hydraulisk bindemiddel, som oftest cement, som sikrer hurtig styrkeudvikling, og som er et stærkt materiale, der er i stand til at modstå det tryk som udøves, når salte fælder ud. Herved kan man undgå afmeling og forvitring via det tryk, som saltudfældningen medfører.

Saneringspuds kan anvendes alene eller i kombination med en grundpuds, som påføres bag saneringspuds. Anvendes grundpuds skal denne have gode kapillære egenskaber, så fugt og salte trækkes fra selve murværket og over i grundpudsen, hvorefter fugten fordamper og saltene fælder ud i laget af saneringspuds yderst.

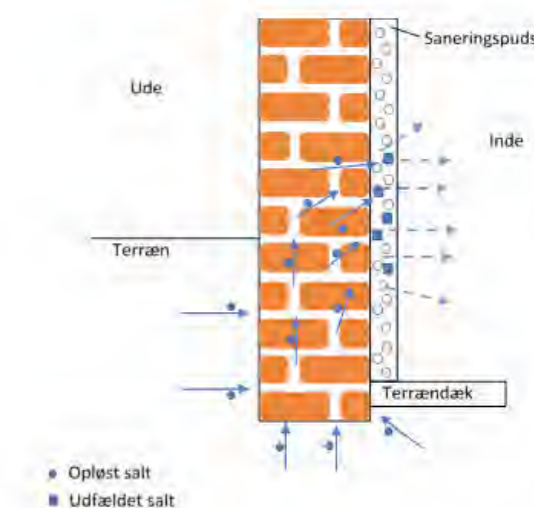


FIGUR 2

Figur 2 viser en skematisk illustration af saneringspuds på fugt- og saltbelastet murværk.

De fuldt optrukne pile angiver transport af vand på væskeform fra omgivelserne og gennem murværket. Med vandet transporteres opløste salte illustreret med cirkler. Saneringspudsen har lav diffusionsmodstand, og der dannes en fordampningsfront inde i saneringspudsen.

Fordampningen er illustreret med stiplede pile. Da fordampningsfronten dannes inde i det hydrofoberede pudslag sker udfældningen af salte her. Den porøse struktur illustreret med runde cirkler i pudslaget gør, at der er plads til saltet.





## LÆRING FRA PROJEKTET

I dette afsnit præsenterer vi projektets resultater, anbefalinger og kommer med en vejledning for brug af saneringspuds. Afsnittet indeholder desuden to cases, som præsenterer hver deres udfordring og løsning.

### Resultater

I projektet er der udført forsøg med 6 forskellige saneringspudssystemer. Alle systemer er kommercielt tilgængelige i Danmark. Systemerne er anvendt efter producentens forskrift, og systemerne er testet på murværk med primær fokus på traditionelt ældre murværk baseret på luftkalkmørtel, under følgende betingelser.

Test er udført over 12 måneder.

- Kraftigt fugt- og saltbelastet. Laboratorieforsøg under kontrollerede betingelser. Udført for murværk opmuret med både luftkalkmørtel og kalkcementmørtel.
- Høj fugt- og saltbelastning på kældervægge opmuret med luftkalkmørtel i ældre muret etageejendom.
- Lav fugt- og høj saltbelastning på kældervægge opmuret med luftkalkmørtel i ældre muret pakhus.

Resultaterne viser, at ved kraftig opfugtning af murværket med over 10% fri fugt ses skadesudvikling med misfarvning af pudsoverfladen og gennembrud af salte for flere af de testede systemer.

Generelt har de testede systemer svært ved at klare sig på murværk opmuret med luftkalkmørtel, dvs. traditionelt ældre dansk murværk. Her ses for flertallet af de testede systemer tidlige gennembrud af salte og misfarvninger af mørteloverfladerne. Skaderne opstår for flere systemer allerede efter 1-2 måneder. Årsagen vurderes at være, at luftkalkmørtlen forårsager en kraftigere fugtbelastning af selve saneringspudsen.

Hvor saneringspudsen opfugtes og ikke længere fremstår tør, sker en acceleration af skadesudviklingen med vedhæftningssvigt mellem murværk og puds samt forvitring af pudsen. Dette er primært en udfordring for murværk opmuret med luftkalkmørtel. Ét pudssystem klarer sig gennem alle tests uden skader ved høj fugtbelastning på murværk opmuret med luftkalkmørtel.

For murværket opmuret med kalkcementmørtel er omfanget af skader generelt lavere og skaderne opstår senere. Igen ses det, at højt indhold af fri fugt i murværket (>10%) medfører risiko for at selve pudsen opfugtes og at dette igen accelerer skadesudviklingen.

For at opnå mere robuste resultater med et bredere udvalg af de systemer, som er tilgængelige på det danske marked, er det således nødvendigt at sikre sig, at indholdet af fri fugt i det pågældende murværk ikke overstiger 10%.

Det betyder, at de saneringspudssystemer, som er tilgængelige på det danske marked, generelt ikke kan

stå alene som eneste foranstaltning for at undgå skader på kraftigt fugt- og saltbelastet murværk. En væsentlig årsag hertil er, at vores danske tradition for anvendelse af luftkalkmørtel til opmuring i ældre byggeri fra før ca. 1955.

### Anbefalinger

Før man påbegynder en udbedring med saneringspuds, er det således nødvendigt at vide hvilken opmuringsmørtel der er anvendt; luftkalkmørtel, kalkcementmørtel eller hydraulisk kalkmørtel. Især luftkalkmørtler kræver øget opmærksomhed på nedbringelse af fugtniveauet i murværket.

Herefter bør fugtbelastningen af murværket undersøges. Fugt i murværk kan være tilstede som fri fugt eller som fugt bundet i salte. Det er den frie fugt, som kan give opfugtning af saneringspuds og derved et accelereret skadesforløb. Det er således den frie fugt, som skal bringes ned under det anbefalede niveau. Måling af fugtniveau på stedet med diverse sensorer tager ikke højde for, om fugten er tilstede som fri fugt eller bundet i salte. En sådan adskillelse af fugt i fri fugt og hygroskopisk bundet fugt kan bestemmes i et laboratorium ved udtagning af en boreprøve. Denne undersøgelse giver desuden en værdi for materialets saltbelastning. For udførelse af ovenstående tests kan et analyselaboratorium kontaktes.

Det bedste tiltag til reduktion af fugtbelastningen i murværk afhænger af årsagen til fugtbelastningen i den konkrete situation.





For kælderydervægge er indskæring af fugtspærre og udvendig efterisolering med et diffusionsåbent materiale samt omfangsdræn oftest den bedste løsning. Denne løsning er dog også omfattende.

I mange tilfælde vil en mindre omfattende løsning som f.eks. efterisolering eller omfangsdræn være tilstrækkeligt. For vurdering af det bedste tiltag i den pågældende situation anbefales det, at kontakte en rådgiver inden for området.

Da saneringspudsoverfladerne ikke er sugende, er det vigtigt, at kælderrum opvarmes og ventileres, sådan at kondensdannelse på pudsoverfladen undgås. Kondensdannelse på pudsoverfladen kan give risiko for skimmelvækst.

Eventuel overfladebehandling, som anvendes oven på saneringspudsen, vil næsten uundgåeligt reducere dampdiffusionen fra pudsens overflade. Overfladebehandling må således forventes at introducere en øget risiko for saltskader i saneringspudsen. De forskellige leverandører af saneringspuds giver, afhængig af det specifikke produkt, forskellige anbefalinger omkring overfladebehandling.

For at sikre, at saneringspudsen belastes mindst muligt i perioden umiddelbart efter påføring, hvor dens fulde styrke endnu ikke er udviklet, anbefales det, at den relative luftfugtighed i omgivelserne holdes under 65% i en periode på 14 dage efter påførelse af pudsen. Dette sikrer, at pudsens hydrofobe karakter udvikles hurtigst muligt.

For optimal effekt af saneringspudsen er det desuden vigtigt at sikre sig et sundt indeklima med passende temperatur og relativ luftfugtighed, således der er udtørringspotentialet fra overfladerne. Dette sikres ved opvarmning af kælderrum samt ventilation.

## Vejledning

Nedenstående vejledning er gældende både for murværk opmuret med kalkcementmørtel og luftkalkmørtel. Dog er særlige opmærksomhedspunkter omkring luftkalkmørtler angivet.

- Indholdet af fri fugt i murværket skal bringes ned omkring max 10%. For luftkalkmørtler dog gerne ned omkring 5%.
- Herefter skal murværket have lov at stabilisere sig ved det nye fugtniveau.
- Defekt murværk udbedres og murværket rengøres for udfældede salte.
- Ved højt saltindhold (>3% salt ved måling af hygroskopisk fugt) kan fuger udkradses til 20 mm. Herved nedsættes murværkets saltbelastning. Dette tiltag vil især have effekt for murværk med kalkcementmørtel. Efterfølgende fugning udføres med fugemørtel iht. producentens anbefaling.
- Saneringspuds kan herefter anvendes efter producentens forskrift. For murværk med luftkalkmørtel anbefales det at vælge en saneringspuds med lavt



- fugtoptag og forholdsvis høj porøsitet og hydrofob karakter. Spørg producenterne for yderligere vejledning. Pudsens anvendes efter producentens forskrift.
- For at sikre hurtig udvikling af pudsens hydrofobe karakter anbefales det, at den relative luftfugtighed i omgivelserne holdes under 65% i en periode på 14 dage efter påførelse af saneringspudsens.
  - Kælderrum skal opvarmes og ventileres for at undgå kondensdannelse på overfladen af saneringspudsens.

For yderligere vejledning anbefales det at rådføre sig med producenten af den valgte saneringspuds.





## CASES

### Case 1

#### Problemstilling

Omfattende afskalninger på puds og overliggende blankt murværk pga. saltudfældninger (billede 10 og 12). Murværket er opført i 1990 og allerede kort efter opførelsen fremstår soklen med mørkfarvning og skjoldet udseende. Der foretages gennem en årrække gentagne reparationer, bla. tyndpudsning, udkradsning og ny tyndpudsning – uden succes.

#### Løsning

I 2015 besigtiges murværket og det konstateres at den primære årsag til skaderne er kortslutning af fugtspær-

re. Det har bevirket at der er trukket salte op i murværket, som har resulteret i afskalninger på både puds, fuger og mursten.

Murværket udbedres ved udkradsning af fuger, udskiftning af beskadigede mursten, korrekt placering af fugtspærre, omfugning og pudsning med saneringspuds op til fugtspærren. Over fugtspærren er anvendt traditionel pudsmørtel. Tre år efter udbedringen fremstår sokkel og murværk uden mørkfarvning og afskalninger (billede 11 og 13).

Der er 2 forhold som er afgørende for at soklen i dag står uden skader:

## CASES

1. Fugtspærren er placeret korrekt. Fugttransporten op i murværket er afbrudt.
2. Udkradsning af fuger i 20 mm har fjernet en del af saltet. Især fugerne var fugt og saltbelastet, derfor har udkradsning af fuger og omfugning nedsat den samlede belastning af pudslaget.

Da man har valgt at anvende traditionel puds over fugtspærren må forventes øget vedligehold da der er en ophobning af salte i dele af murværket.

Murværket var før korrekt placering af fugtspærre moderat fugtbelastet. Denne situation må forventes at være uændret under fugtspærren. Anvendelse af saneringspuds under fugtspærren har været succesfuld, dog må forventes øget vedligehold, da murværket her fortsat er fugt- og saltbelastet. Dog er fugtbelastningen moderat, hvilket er medvirkende til at saneringspudsen fremstår uden skader tre år efter udbedringen.



BILLEDE 10



BILLEDE 11

Foto af skadessted før og efter udbedring med saneringspuds hhv. januar 2015 og december 2018.



BILLEDE 12



BILLEDE 13

Foto af skadessted før og efter udbedring med saneringspuds hhv. januar 2015 og december 2018.



## Case 2

### Problemstilling

Udvendig indfarvet tyndpudset facade med skader i 0,5-1 meters højde. Skaderne ses i form af afskalning af tyndpuds, forvitring af fuger og enkelte teglsten. Murværket er massivt og er af ældre dato. Indvendigt er der efterisoleret med en let konstruktion og indlagt lodret fugtspærre.

### Løsning

Udbedringerne påbegyndt i 2006, er sket ved afrensning af facaden, som efterfølgende er pudset med saneringspuds, og herefter malerbehandlet med silikatmaling. Allerede et år efter registreres skader på den renoverede facade i form af afskalninger af malingslaget.

Den fortsatte skadesdannelse skyldes sandsynligvis at saneringspudsen er overfladebehandlet med et produkt som har reduceret dampdiffusionen fra saneringspudsen.

## CASES



**BILLEDE 14**  
Nordfacade før renovering (2006)



**BILLEDE 15**  
Nordfacade efter renovering (2008).  
Gentagne malerudbedringer af facaden.



## ET SPADESTIK DYBERE

I de kommende afsnit kan du få mere indgående viden om projektets resultater og baggrund for anbefalinger og konklusioner.

Det er også her du finder oversigter og skemaer og kan se de enkelte testresultater fra projektarbejdet.

### Testede systemer

6 kommercielle saneringspudssystemer til fugt- og saltbelastet murværk, som er tilgængelige på det danske marked er testet under forskellige betingelser:

- Kraftigt fugt- og saltbelastet. Laboratorieforsøg under kontrollerede betingelser. Udført for murværk opmuret med både luftkalkmørtel og kalkcementmørtel.
- Høj fugt- og saltbelastning på kældervægge opmuret med luftkalkmørtel i ældre muret etageejendom.
- Lav fugt- og høj saltbelastning på kældervægge opmuret med luftkalkmørtel i ældre muret pakhus.

Alle testede systemer er et-komponent systemer, hvor samme puds påføres i et eller to lag. Bagved påføres for 5 af 6 systemer et delvist dækkende udkast af mørtel med en anden sammensætning en den anvendte saneringspuds. Skema 1 viser en oversigt over systemerne.

## ET SPADESTIK DYBERE

Densitet og hydrofob karakter er undersøgt eksperimentelt.

Skema 1 viser, at 5 af de testede 6 systemer falder under den tidligere beskrivelse af egenskaber for saneringspuds med følgende fællestræk:

- Cement er eneste eller primære bindemiddel. Det sikrer høj styrke og hurtig styrkeudvikling
- Hydrofob karakter, som sikrer gode diffusionsegenskaber

- Lav densitet og høj porøsitet, som giver plads til udfældende salte.

System B skiller sig ud ved ikke at have hydrofob karakter. Dette stemmer overens med, at leverandøren beskriver systemet som værende primært til håndtering af fugt ved en kombination af kapillærtransport og diffusion. System F adskiller sig desuden ved at være fiberforstærket.

IDENTIFIKATION	A	B	C	D	E	F
<b>SANERINGSPUSSYSTEM</b>						
<b>System</b>	Et-komponent + udkast.	Et-komponent + udkast.	Et-komponent + udkast.	Et-komponent + udkast.	Et-komponent + udkast.	Et-komponent + udkast.
<b>Saneringspuds</b>	Påføres som to lag	Påføres som to lag	Påføres som to lag	Påføres som et lag	Påføres som et lag	Påføres som to lag
<b>Bindemiddel</b>	Portland cement (primært) og calciumhydroxid	Portland cement (primært) og calciumhydroxid	Portland cement	Portland cement	Portland cement (primært) og calciumhydroxid	Portland cement
<b>Densitet rel. traditionel kalkcementpuds</b>	0,53	0,42	0,62	0,48	0,54	0,60
<b>Hydrofob karakter</b>	Stærkt hydrofob	Ikke hydrofob	Let hydrofob	Hydrofob	Stærkt hydrofob	Stærkt hydrofob
<b>BAGVEDLIGGENDE LAG</b>						
<b>Fugtreducering</b>	Sokkelløsning med kemisk fugtspærre lodret samt i udkradset fuger.		Kemisk fugtspærre påføres lodret på alle lodrette overflader.		Ingenting	Ingenting
<b>Udkast</b>	50% dækkende, hydraulisk bindemiddel	50% dækkende, kalkcementbaseret	50% dækkende, saneringspudsen tilsat vedhæftningsforbedrende materiale	50% dækkende, saneringspudsen tilsat vedhæftningsforbedrende materiale	50% dækkende, hydraulisk bindemiddel	Ingenting

SKEMA 1

## Laboratorietest - høj belastning af både fugt og salt

De 6 udvalgte saneringspudssystemer testes på fugt- og saltbelastet murværk under kontrollerede laboratoriebetingelser.

Her opmures 6 murværkselementer med luftkalk mørtel (12%) og 6 elementer med kalkcementmørtel (KC 50/50/700). Billede 16 viser de tre mure opmuret med luftkalkmørtel.

Gennem et år udsættes murene for kraftig fugt- og saltbelastning ved at nederste skifte står i saltvand. Saltvandet indeholder de mest almindeligt forekommende salte i murværk. Disse er kalium, calcium, natrium, nitrat, chlorid og sulfat.

Murenes gennemsnitlige saltindhold ved pudsning efter 12 måneders belastning med saltholdig væske.

- 0,6% for murværk med luftkalkmørtel
- 0,4% for murværk med KC-mørtel.

Forskellen i det gennemsnitlige saltoptag for murværk opmuret med de to mørteltyper afspejler den øgede fugttransport i luftkalkmørtel sammenlignet med hydraulisk mørtel.

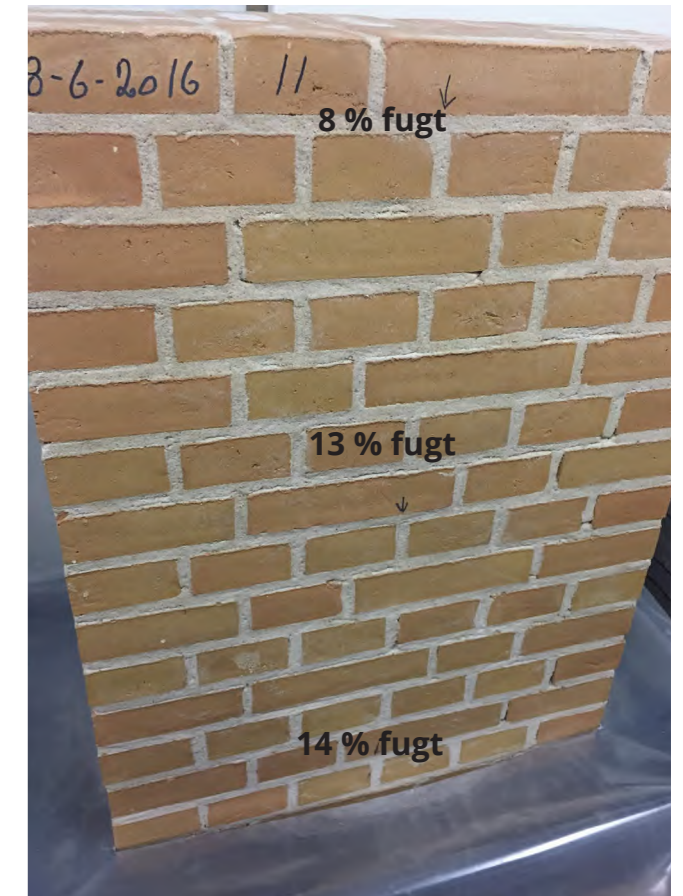
Forud for pudsning af murværkselementerne med saneringspuds ses følgende fordeling af fugt.



BILLEDE 16

## Opmuring med luftkalkmørtel (Billede 17)

- Der ses markante indhold af fugt øverst i murværket, ca. 8%.
- Nederst er fugtindhold ca. 14%
- Der ses let saltudfældning øverst i murværket omkring hjørner, hvor fordampningen er størst samt fra den vandrette top. Saltudfældningen ses mest fra teglet.



BILLEDE 17

**Opmuring med kalkcementmørtel** (billede 18)

- Øverst er murværket tørt med fugtindhold omkring 1%
- Midt på murværket ses fugtindhold omkring 5-6%
- Nederst er murværket kraftigt opfugtet med fugtindhold på ca. 13%.
- Nederste del af murværket er tydeligt mørkfarvet grundet indhold af fugt.
- Der ses en udfældningzone af salt midt på murværket. Saltudfældning ses primært fra mørtelfuger.

De observerede fugtniveau for testmurene i laboratoriet ligger således på niveau med de fugtindhold, som erfaringsmæssigt findes i kældre i ældre fugtbelastet murværk opført uden fugtspærre.

Efter et års fugt- og saltbelastning pudses murene. Her efter fortsætter fugt- og saltbelastningen og eventuel skadesudvikling følges over tid. Murenes gennemsnitlige saltindhold ved forsøgets afslutning efter yderligere 12 måneder (12 måneders fugt- og saltbelastning uden puds + 12 måneders fugt- og saltbelastning med saneringspuds) er bestemt til:

- 0,8% for murværk med luftkalkmørtel
- 0,6% for murværk med KC-mørtel.

Tidspunkt for første observerede skade samt graden af skade ved forsøgets afslutning efter yderligere 12 måneder ses i skemaerne 2 og 3 på modsatte side. Skemaerne viser også en oversigt over de observerede typer af skader.



BILLEDE 18

De testede pudssystemer fungerer generelt dårligere på murværk opmuret med luftkalkmørtel sammenlignet med kalkcementmørtel. For murværk med luftkalkmørtel fremstår én mur uden skader efter 12 måneders testperiode. Skader opstår efter 1-6 måneder.

For murværk opmuret med kalkcementmørtel fremstår 2 systemer helt uden skade ved forsøgets afslutning. 4 mure fremstår lettere skadet. Skader kommer senere på mure med cementbaseret opmuringsmørtel og omfanget af skader efter 12 måneder er væsentlig mindre. De observerede skadestyper er primært af æstetisk karakter med gennembrud af salt. Der observeres ingen vedhæftningssvigt og revnedannelse i pudsen på murværk opmuret med kalkcementmørtel.

Billederne på de næste sider viser eksempler på murenes fremtoning efter 12 måneder.

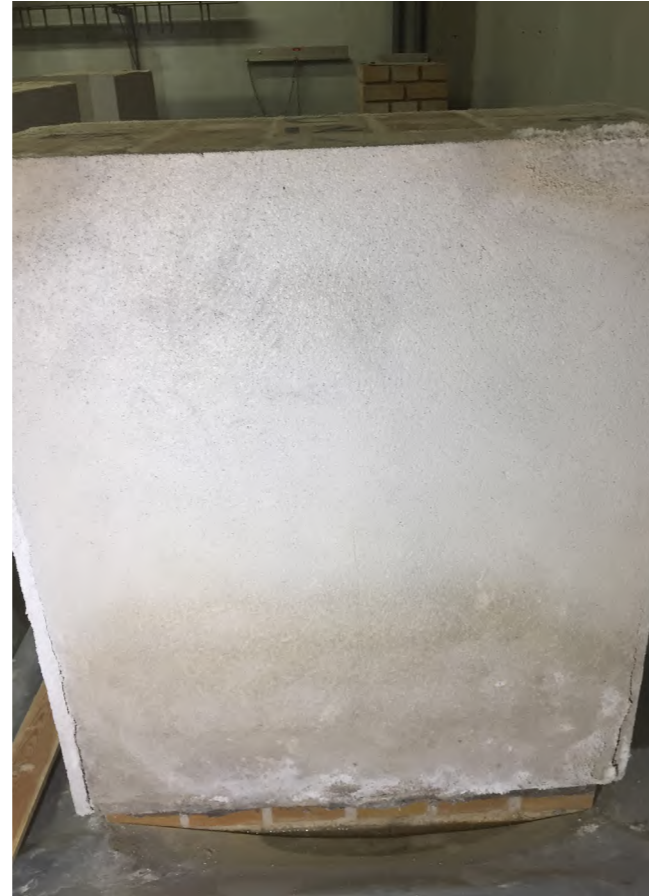
Kalkmørtel			
System	Første skade	Status 12 måneder	Skadestype
A	6 måneder	Moderat skadet	Gennembrud af salt Stedvis mørk misfarvning af pudsoverflade Vedhæftningssvigt mellem murværk og puds
B	1 måned	Moderat skadet	Gennembrud af salt Stedvis mørk misfarvning af pudsoverflade Vedhæftningssvigt mellem murværk og puds
C	2 måneder	Lettere skadet	Gennembrud af salt Punktvis brunlige misfarvninger på pudsoverflade. Saneringspudsen er opfugtet i bunden.
D	1 måned	Omfattende skade	Omfattende gennembrud af salt Stedvis mørk misfarvning af pudsoverflade Saneringspudsen er opfugtet i bunden. Vedhæftningssvigt mellem murværk og puds
E	1 måned	Omfattende skade	Omfattende gennembrud af salt Vedhæftningssvigt mellem murværk og puds. Forvitring af puds Saneringspudsen er opfugtet i bunden. Afskalning af overfladebehandling
F	Ingen skade	Ingen skade	-

SKEMA 2

KC-mørtel			
System	Første skade	Status 12 måneder	Skadestype
A	11 måneder	Lettere skadet	Gennembrud af salt i mindre omfang
B	12 måneder	Lettere skadet	Gennembrud af salt i mindre omfang
C	Ingen skade	Ingen skade	-
D	5 måneder	Lettere skadet	Gennembrud af salt i mindre omfang Let stedvis mørk misfarvning af pudsoverfladen Saneringspudsen er lettere opfugtet i bunden.
E	5 måneder	Lettere skadet	Gennembrud af salt i mindre omfang Saneringspudsen er lettere opfugtet i bunden.
F	Ingen skade	Ingen skade	-

SKEMA 3





**BILLEDE 19**

**System D på murværk med ren kalkmørtel.**

Efter 12 måneder ses omfattende skade med udblomstring af salt gennem pudsens både i toppen og i bunden. Der ses mørk misfarvning af pudsens primært på nederste 1/3 af muren, samt vedhæftningssvigt mellem murværk og puds omkring hjørner nederst.

Første skade med saltudblomstring og mørkfarvning på nederst på muren blev observeret efter 1 måned.



**BILLEDE 20**

**System F på murværk med ren kalkmørtel.**

Her ses ingen skader efter 12 måneder. Pudsens er overfladebehandlet med forskellige løsninger.



**BILLEDE 21**

**System D på murværk med kalkcementmørtel.**

Efter 12 måneder ses lettere skade med mørk misfarvning af pudsen helt mod bunden samt gennembrud af salt også i bunden.

De første skadestegn noteres efter 5 måneder.



**BILLEDE 22**

**System B på murværk med kalkcementmørtel.**

Dette system har en sokkelløsning nederst. Efter 12 måneder ses lettere skade i form af saltudblomstring nederst på saneringspudsen over soklen. Denne skade observeres første gang ved de 12 måneder.

## Tests i ældre ejendomme

Flere af de kommercielle saneringspudssystemer er desuden testet på saltbelastede kældervægge i ældre byggeri.

Tests er udført på to lokationer:

- Pakhus fra 1923-1924. Kælderrummene er opvarmede og tests er udført på skillevægge.
- Etageejendom fra 1900. Kælderrummet er ikke opvarmet og tests er udført på kælderydervæggens indvendige side.

Alle 6 saneringspudssystemer er testet i kælderrum under Pakhus, mens 2 systemer er testet i kælder under etageejendom.

Nedenstående skema 4 opsummerer forholdene for de to testlokationer forud for test med saneringspuds.

Dvs. i pakhuset er murværket udsat for lav belastning med fugt og høj belastning af salte. I kælderen under etageejendom ses høj fugtbelastning og moderat/høj belastning af salte.

Pakhus opført år 1923-1924	
Mørteltype til opmuring	Luftkalkmørtel
Vægfelter til test	Skillevæg i trappeopgang samt i opvarmet kælderrum.
Tilstand af murværk forud for opstart af forsøg	Omfattende afskalninger af puds. Puds er skruk. I kælderrum ses også saltudfældninger.
Fugtbelastning af murværk	Fugtindhold på maks 3%
Saltindhold i fordampningszone	Op til 7% i opvarmet kælderrum. Op til 4% i trappeopgang.
Testede systemer	Alle 6 systemer

Etageejendom opført år 1900	
Mørteltype til opmuring	Luftkalkmørtel
Vægfelter til test	Ydervægge hhv. mod fortov og mod lukket gård. Kælderrummet er ikke opvarmet.
Tilstand af murværk forud for opstart af forsøg	Kraftige afskalninger af puds og saltudfældninger
Fugtbelastning af murværk	Nederst ses fugtindhold på 12-15%. Omkring terræn falder fugtindholdet til 5-8%.
Saltindhold i fordampningszone	Op til 5% mod fortov, hvor der formodes at blive tøsaltet. Max 1,5% mod gården.
Testede systemer	B og F

SKEMA 4

Billede 23 og 24 viser kældervægge i pakhus forud for overfladebehandling med saneringspuds.

Billede 25 viser kældervæg i pakhus efter afrensning og klar til saneringspuds  
Billede 26 viser kældervæg i etageejendom forud for overfladebehandling med saneringspuds.

Billede 27 viser kældervæg i etageejendom efter afrensning og klar til saneringspuds.

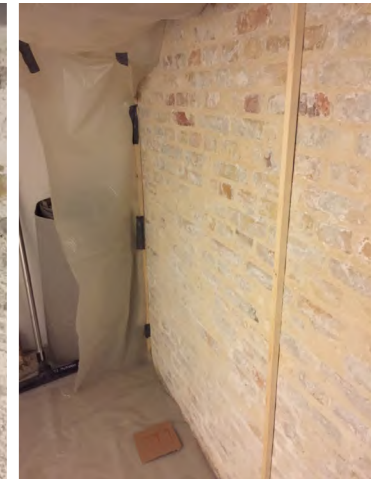
Alle de pudsede testfelter følges og vurderes visuelt hver anden måned gennem 12 måneder. Tidspunktet for observation af den første skade samt beskrivelse af skadestypen kan ses i skema 5 på følgende side.



BILLEDE 23



BILLEDE 24



BILLEDE 25



BILLEDE 26



BILLEDE 27

Kælder, pakhus Højt saltindhold og lavt fugtindhold			
System	Første skade	Status 12 måneder	Skadestype
A	1 måned	Lettere skadet	Stedvis mørk misfarvning af pudsoverfladen
B	1 måned	Lettere skadet	Gennembrud af salt Stedvis mørk misfarvning af pudsoverfladen
C	Ingen skade	Ingen skade	-
D	1 måned	Lettere skade	Stedvis mørk misfarvning af pudsoverfladen
E	Ingen skade	Ingen skade	-
F	Ingen skade	Ingen skade	-

Kælder, etageejendom Højt fugtindhold og lavt saltindhold			
System	Første skade	Status 12 måneder	Skadestype
B	1 måned	Lettere skadet	Gennembrud af salt Stedvise mørke misfarvninger af pudsoverfladen
F	Ingen skade	Ingen skade	-

SKEMA 5

I det opvarmede kælderrum i pakhuset opstår svindrevner i forbindelse med tørring af saneringspudsen. Årsagen vurderes at være, at dette rum er opvarmet, hvilket giver høj udtørringshastighed. Da saneringspudsen er påført i et relativt tykt lag har dette givet anledning til revnedannelse i pudsen. Revnedannelsen betragtes ikke som en skade ved evaluering af saneringspudsens performance.

Billederne på den følgende side viser eksempler på murenes fremtoning efter 12 måneder. Billede 28 viser system D testet i kælder under pakhus. Efter 1 måned ses fremtoning af mørke plamager i pudsen. Der ses ikke yderligere udvikling i skaderne frem til 12 måneder. Skadesomfanget vurderes som værende lettere.

Billede 29 viser system B testet i kælder i pakhus. Første skade med fremtoning af mørke plamager i pudsen ses efter 1 måned. Efter 2 måneder ses også gennembrud af salte. Herefter ses ingen yderligere skadesudvikling frem mod 12 måneder. Skaderne vurderes at være af lettere omfang.



BILLEDE 28



BILLEDE 29



BILLEDE 30

Billede 30 viser system E testet i kælder i pakhus. Der ses ingen skader efter 12 måneders testperiode.

Billede 31 viser system B testet i kælder under etageejendom. Efter 1 måned ses mørke misfarvede områder samt gennembrud af salt primært omkring fordampningszonen i det bagvedliggende murværk. Der ses ingen yderligere skadesudvikling frem til 12 måneder. Skaderne betegnes som værende af lettere omfang.

Billede 32 viser system F testet i kælder under etageejendom. Der ses ingen skader efter 12 måneders testperiode.



BILLEDE 31



BILLEDE 32

## Effekt på murværkets tilstand

Fugtindholdet i murværket bag saneringspudsen er målt for at undersøge hvorvidt pudsen på overfladen er i stand til at reducere fugtindholdet i murværket.

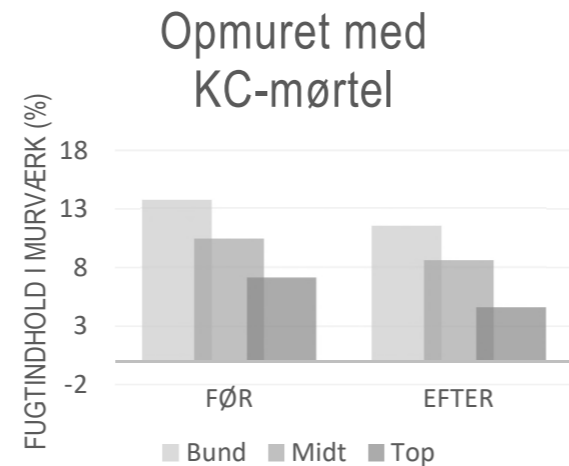
Ved fugtindhold i murværket større end 5% kan det forventes at anvendelsen af saneringspuds vil føre til en reduktion af murværkets fugtindhold. Jo større fugtindholdet i murværket er des større reduktion vil kunne forventes. Generelt gælder, at den største reduktion vil kunne forventes for kraftigt opfugtet murværk (>10% fugt) baseret på kalkcementmørtler.

For kraftigt opfugtet murværk (>10% fugt) ses dog også en øget risiko for at selve saneringspudsen opfugtes, hvilket giver en accelereret skadesudvikling for pudsen.

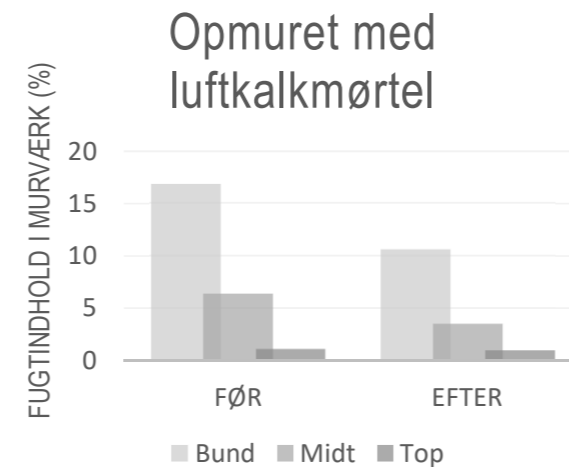
Fald i fugtniveau vil afhænge af det anvendte saneringspudssystem.

Figur 3 og 4 viser to eksempler på fugtindhold i murværket forud for behandling med saneringspuds og efter 12 måneders behandling med saneringspuds. Dataene er fra murværkselementer med nederste skifte i saltvand testet i laboratoriet.

Figur 3 og 4 *Før* angiver fugtindholdet i murværket efter 12 måneders fugtbelastning, men forud for pudsning med saneringspuds. *Efter* angiver fugtindholdet efter 12 måneders behandling med saneringspuds.



FIGUR 3



FIGUR 4

## Effekt på indeklima

Flertallet af de testede pudssystemer fremstår, efter 12 måneders testperiode, tørre uden fri fugt selv ved høje fugtindhold i det bagvedliggende murværk.

I bunden af murværkselementerne som er placeret direkte i vand, og hvor fugtindholdet er 10% eller større fremstår saneringspudsen dog for nogle systemer våd. Fugtindholdet i saneringspudsen er her markant lavere end i det bagvedliggende murværk.

Anvendelsen af saneringspuds på kraftigt opfugtet murværk kan således mindske risikoen for skimmel, da indholdet af fri fugt i det yderste materialelag reduceres. Ved relative luftfugtigheder over 75 % ses øget risiko for skimmelsvamp. Ved anvendelse af saneringspudssystemer skal man således sikre sig, at den øgede tilledning af fugt til boligens indeklima håndteres ved eksempelvis ventilering. Modsat gælder det dog, at der ved kondensdannelse på pudsoverfladen på en kold kældervæg, stedvist vil forekomme høje fugtindhold, da fraværet af kapillarsugning i pudsen gør, at den dannede kondens ikke optages og spredes i materialet. Dette vil medføre en risiko for skimmelvækst på pudsoverfladen. Denne risiko kan reduceres ved ventilering af det pågældende rum.

### Effekt af lodret kemisk fugtspærre

Forud for pudsning med saneringspudssystemerne C og D er murværket behandlet med en vandafvisende kemisk forbindelse, som danner en film på overfladen. Herved søges overførsel af fugt til saneringspudssystemer reduceret.

Ved måling af fugtniveauet i murværket bag saneringspudses ses ingen tegn på, at denne behandling presser fugten længere op i murværket. Denne betragtning om, at fugten ikke presses op i murværket gør sig gældende både for murværk opmuret med luftkalkmørtel og med kalkcementmørtel.

Generelt, anbefales det dog, at man skal være varsom ved anvendelse af lodrette fugtspærre, da det netop herved risikeres, at fugt stiger længere op i murværket. Herved kan udfordringerne med fugt skubbes højere op i murværket. For ældre murværk med træbjælkelag i etagedæk vil der desuden være en risiko for opfugtning og senere råd i disse bjælker.



## Om publikationen

Den danske bygningsmasse består af mange murede bygninger. Murværk er en stolt dansk tradition, og der er løbende brug for ny viden inden for området, særligt i forhold til vedligehold af vores murede bygninger.

En af udfordringerne for det murede byggeri er fugt- og saltproblemer i murværk. En mulig løsning på fugt- og saltproblemer i eksisterende murværk er saneringspuds, og i denne udgivelse er der fokus på netop løsninger med saneringspuds.

Publikationen er udarbejdet af Teknologisk Institut med støtte fra Grundejernes Investeringsfond, GI.