

Rettleiar i bruk av kalk for vedlikehald og restaurering av steinkyrkjer frå mellomalderen

Utforma av Fabrica AS på oppdrag frå Riksantikvaren

Forfattarar: Morten Stige og Per Storemyr, Fabrica kulturminnetjenester, Eva Stavsøyen, Nidaros Domkyrkjes Restaureringsarbeid. Omsett til nynorsk av Arnt Magne Haugen.



«Søsterkirkene» på Gran. Etter 200 år har Mariakyrkja endeleg fått puss att. Foto: Fabrica.

Innhald

Rettleiing for lesaren	4
Boks A: Omgrep som gjeld kalk – frå råstoff til herding av mørtel	5
DEL 1: KULTURHISTORISK OG TEKNISK BAKGRUNN.....	7
1 Innleiing	8
Boks B: Seks prinsipp for istandsetjing av freda kalkmurverk	12
2 Mellomalderkyrkjene.....	14
3 Konstruksjonar og material gjennom historia.....	16
Mellomalderen (1050-1537).....	17
Etterreformatorisk ombygging og istandsetjing (1537-1850).....	18
Moderne ombygging og istandsetjing (1850-1990).....	18
«Kalkrenessansen» (frå 1980-talet)	19
4 Bygningskalk	27
DEL 2: PRAKTISK UTFØRING AV RESTAURERING OG VEDLIKEHALD.....	31
5 Gamle og nye skadar	32
6 Val av kalk.....	40
Boks C: Offerpuss	43
7 Planlegging og prosjektering av istandsetjing	44
Boks D: Kulturminnelova	47
8 Stillas, rigg og drift.....	48
9 Meisling og finreinsk	52
Boks E: Bestemme og fjerne måling.....	58
10 Konservering, reparasjon og utskifting av stein	60
Boks F: Beslag	64
Boks G: Muranker og jern.....	66
11 Lesking og mørtelblanding	68
12 Spekking	74
Boks H: Spekking mellom kvader og dekorstein	79
Boks I: Korleis unngå skadar i framtida ved kalkarbeid?.....	81
13 Utvendige pussarbeid.....	82
14 Innvendige pussarbeid	90
15 Slemming	93
16 Kvitkalking	96
17 Etterarbeid.....	101
Boks J: Mariakyrkja på Gran. Restaurering med tradisjonelle materialar.....	105

Boks K: Tingvoll kyrkje. Nokre gonger bør sementen få stå	107
Boks L: Tanum kyrkje, Larvik. Når enkelt vedlikehald trumfar bevaring av puss	109
Boks M: Moster gamle kyrkje. Utfordringane med å vedlikehalde NHL 3,5-puss	111
Boks N: Nidarosdomen. Steinhuggerarbeid	113
18 Bygningsarkeologi	114
19 Dokumentasjon.....	118
20 Vedlikehald	121
Litteratur	123
Nyttige nettstader	123

Rettleiing for lesaren

Denne rettleiinga dekkjer restaurering og vedlikehald av murverk bygd med kalkmørtlar i steinkyrkjer frå mellomalderen. Dette inneber ofte å fjerne uheldige materialar i fuger, puss og måling frå tidlegare istandsetjingar – og deretter bruke eigna kalkmørtlar for heil eller delvis restaurering. Andre gonger, dersom utgangspunktet er ein mur bygd opp med kalkmørtlar, er det tilstrekkeleg med vedlikehald med tilsvarande materialar. Rettleiaren tek også for seg behandling av skadar på stein.

Slikt arbeid heng nøye saman med anna istandsetjing, knytt til å halde tak tette, renner og nedløp opne, sikre at fundamenta er stabile og godt drenerte og at inneklimaet er sunt for bygning og folk. Men denne rettleiaren set søkelys på murverket – på kalk og stein. Nyttig informasjon om andre sider ved istandsetjing av mellomalderkyrkjer kan du finne i [Riksantikvarens rettleiarar](#).

Rettleiaren består av 20 kapittel og ein rekke faktaboksar med undertema og konkrete døme.

Del 1 gir ein kulturhistorisk og teknisk bakgrunn for bygginga av steinkyrkjene og dei materiala som er brukt. Her går vi også igjennom kalk som byggjematerial. Målsetjinga for rettleiaren er oppsummert i Boks B som inneheld seks prinsipp for istandsetjing av freda kalkmurverk.

Del 2 tek utgangspunkt i at det er gjennomført eit forprosjekt for murverket, men går likevel igjennom typiske skadar. Kapitla er strukturert etter arbeidsgangen i eit typisk istandsetjingsprosjekt, som startar med å fjerne skadde og dårlege materialar og fortset med reparasjon av bygningsstein og utbetring av murverket, ved spekking, pussing og kvitkalking. Innhaldet er skriva for å gi brei innsikt i problemstillingar og løysningar. Ein kan difor lesa alt frå start til slutt, medan den som allereie har grunnleggjande kunnskapar, vil kunne ha nytte av å slå opp i enkelte kapittel.

Etter denne lesarrettleiinga finst ei ordliste over omgrep som både kan vera til nytte som ei rask innføring i viktige tema, og som oppslagsliste for dei viktigaste faglege omgrepa.

Det er svært vanskeleg å skildre alle desse ulike, komplekse prosessane med ord. Ikkje alle praktiske scenarior kan dekkast og skildrast her. Dei fleste oppgåver krev problemløysing på staden. Denne rettleiinga gir nokre rammer og eiretning, men alle val må tas ut frå dei lokale tilhøva.

Rettleiaren omhandlar mellomalderkyrkjer, men har stor overføringsverdi til kalkmura kyrkjer og andre bygningar av naturstein, som er bygd fram til midten av 1800-talet. Då byrja Portlandsement og nye byggjeteknikkar å gjera seg gjeldande. Teglsteinsmur er ikkje bevart i ståande mellomalderkyrkjer i Noreg, anna enn i enkelte bygningsdelar som kvelv og omrammingar rundt vindauge. Difor er ikkje teglmur dekt i rettleiaren, sjølv om prinsippa for val av material og utføring er tilsvarande.

Boks A: Omgrep som gjeld kalk – frå råstoff til herding av mørtel

Brentkalk: Faste stykke av brennt kalk frå kalkbrenning. Kjemisk er dette hovudsakleg CaO, som er svært ustabil ved påverknad av fukt og må lagrast lufttett. Brentkalk kan også ha hydrauliske bestanddelar, og kan malast ned til pulver.

Dolomittisk kalk: Råstoff, magnesiumrik kalkstein og marmor. I Noreg m.a. i Rogaland og på Toten. Etter brenning gir dolomittisk kalk eit meir komplekst bindemiddel enn «vanleg» kalk som er rik på CaCO₃. Dette vil ikkje omhandlast vidare i lista over omgrep.

Herding av hydraulisk kalk: Kombinasjon av karbonatisering og hydraulisk herding, dvs. danning av ulike kalsiumsilikat- og andre hydrater ved reaksjon med vatn.

Hybridmørtel: Mørtel med bindemiddel av to (eller fleire) typar kalk, t.d. luftkalk (CL90) og NHL 2. Ein moderne framgangsmåte for å avstemme mørtel eigenskapar til eit definert føremål.

Hydraulisk kalk: Kalk som herdar ved hjelp av både CO₂ og vatn (hydraulisk betyr «med vatn»). Dette kan framstillast ved å brenne ureint råstoff som inneheld silikatmineral, eller ved å tilsette reaktive silikatmineral, t.d. finkorna pozzolan/vulkansk oske og Portlandsement (malen sementklinker). Samband av jern er ofte til stades. Gir vanlegvis sterkare og tettare bindemiddel enn luftkalk.

Kalk: Overordna omgrep. Situasjonsavhengig betydning. Kan bety t.d. kalkstein, kalsiumkarbonat, kalkbindemiddel, brennt kalk og kalkmørtel.

Kalkbrenning: Brenning av kalkstein eller marmor på over ca. 850 grader for å produsere brennt kalk. Delmengda av kalk etter brenning er i stor grad bunden i kalsiumoksid (CaO). Ein skil mellom **industrikalk** produsert i store, moderne omnar som er oppvarma med olje, gass, kol eller elektrisitet og **tradisjonskalk** som er produsert i små vedfyrte omnar.

Kalkmørtel: Overordna omgrep for alle slag kalkrike bindemiddel som er blanda med tilslag, til mørtel. Gjeld mørtlar til ulike føremål: **murmørtel**, **fugemørtel**, **spekkemørtel** og **pussmørtel**.

Kalkskorper har likskapar med sintersjikt, men kan bli tjukkare. Dei dannar seg ved for mykje fukt i muren frå ferske fuger, lekkasjar og riss i puss og fuger. På upussa mur står dei fram som skjemmaende lyse kalkutfellingar.

Kalksprett: Utvikling av små skadar i fersk puss pga. korn som ikkje er ferdigleska. Lesking på veggen gir utviding av volum og sprenging. Ein kan unngå dette ved god blanding og normalt reparere ved å skure over det aktuelle området.

Kalkstein: Råstoff, sedimentær (avsetnings-) bergart danna frå kalkrike organismar, t.d. skjell og korallar. Ofte fossilrik. Reine variantar har høgt innhald av kalsiumkarbonat (eller kalkspat, CaCO₃), i ureine variantar opptre større eller mindre mengder av særleg silikatmineral (kvarts, feltspat, glimmer osv.)

Karbonatisering er namnet på herdeprosessen for luftkalk: Opptak av CO₂ frå lufta og danning av kalsiumkarbonat. Går seinare i djupe fuger enn elles i eit ferskt kalkarbeid, fordi dei har overskot av fukt som hindrar opptak av CO₂ i lang tid. Karbonatisering krev ein viss mengde fukt, men overskot er skadeleg og hindrar herdeprosessen.

KC-mørtel: Mørtel med bindemiddel av luftkalk og Portlandsement. Svært mykje brukt, frå andre halvdel av 1800-talet, ved restaurering av mellomalderkyrkjer. «Murmørtel» er ein typisk KC-mørtel. Delinnhald av kalk og sement vert uttrykt som t.d. KC 50/50 på volumbasis. Di meir sement (C), di sterkare og tettare mørtel.

Komprimering: «Tetting» av svinnsprekkar i pussmørtel, ved behov også i spekkemørtel. Dette kan utførast med trepinne eller strieball. Skal ikkje utførast før mørtelen har riktig konsistens, den kan ikkje vera for våt og ikkje for tørr. Ein må bruke minimalt trykk for å unngå at mørtelen slepper frå underlaget (utvikling av bom). Mørtelen skal ikkje glattast.

Kvitkalking: Sluttbehandling over slemming eller direkte på puss, ev. også direkte på spekka fuger og stein. Tilverka frå leska kalk til konsistens som lett mjølk. Skalpåførast med kost, gjerne i mange lag, med opptørk mellom. Blir også kalla **kalkkviting** eller **kalking**.

Lesking: Utsetjing av brennt kalk for vatn under varmeutvikling og reaksjon til leska kalk, dvs. kalsiumhydroksid, Ca(OH)₂. Inkluderer danning av hydrauliske bestanddelar når brennt råstoff er ureint.

Luftkalk: Kalkbindemiddel som i hovudsak herdar ved reaksjon med karbondioksid (CO₂) frå lufta. Luftkalk er brennt frå reint råstoff. «CL90» er ei moderne nemning. Det betyr at leska kalk inneheld meir enn 90% kalkhydrat, Ca(OH)₂. Luftkalk er eit porøst, svakt bindemiddel, men ved riktig bruk er det som regel passe sterkt til istandsetjing av murverk som opphavleg er bygd med kalk.

Mager og feit kalk: Feit blir i dag vanlegvis bruka om kalkrik mørtel som er seig på murskeia. I eldre kjelder er feit kalk brukt om bindemiddel som treng mykje tilslag for å fungere som mørtel. Dette er gjerne reine luftkalkar, medan hydrauliske kalkar som oftast er magre.

Marmor: Råstoff, metamorf (omdanna), krystallin bergart danna frå kalkstein. Ingen eller svært få fossil. Reine variantar har høgt innhald av kalsiumkarbonat og ureine variantar ein del silikatmineral som for kalkstein.

Meddregen fuger: Utjamning av overskytande fugemørtel over dei næraste steinoverflatene, slik det gjerne blei gjort ved historisk bygging av steinmurverk. No også brukt for målretta påkast av mørtel på fugene for å oppnå same verknad.

Mørtelblanding: Overordna omgrep for alle former for blanding av alle slag kalkbindemiddel med tilslag. Blanding kan gjerast for hand eller maskinelt med tvangsblandar eller visp. Blandingsforhold blir oftast oppgitt på volumbasis og er knytt til leska kalk. 1:1 betyr 1 del leska kalk og 1 del tilslag. **Ver merksam på at 1 del brent kalk gir 2 delar leska kalk.** Dette er særleg viktig ved mørtellesking.

Mørtellesking: Lesking av brent kalk, også hydraulisk brent kalk, saman med tilslag til mørtel. Det er fleire framgangsmåtar. Det engelske omgrepet *hotmix* blir gjerne bruka. Vanleg i eldre tider. Mørtelen kan nyttast varm eller avkjølt, oftast kort tid etter blanding.

NHL: Naturleg hydraulisk kalk (*Natural Hydraulic Lime*). Gjeld alle former for hydraulisk kalk brent frå ureint råstoff. I dagens praksis særleg knytt til industribrent, ureint råstoff og foredling til ulike hydrauliske klasser: **NHL 2** (svakt-), **NHL 3,5** (moderat-) og **NHL 5** (eminent hydraulisk), der tala angir minimum trykkfastheit etter 28 dagars herding. Blir seld i pulverform eller ferdig blanda med tilslag, også som pulver.

Portlandement: Blir ofte berre kalla «sement». Sterkt hydraulisk bindemiddel som berre herdar med vatn. Blir produsert frå ulike kalkråstoff og tilsetjingsstoff som blir brent ved høg temperatur (ca. 1400 grader) til klinker (kalksilikat, aluminat og feritt), som blir malen ned til pulver. Tallause variantar. Patentert i 1824. Sementar frå 1800-talet er svært annleis enn i dag.

Pussing: Tynnare og tjukkare lag av mørtel på det ferdig spekka murverket. Utføringa følgjer steinoverflatene, tjukkare puss blir ikkje utforma som brett puss. Blir kasta på og trekt av med eigna murskei, og skura ut med eigna trebrett eller strieball.

Påkast: Påføringsmetode for mørtel til spekking eller puss som blir kasta på med murskei med kraft. Gjerne brukt om den siste delen av spekking av fuger ut mot

murverksoverflata og om påføring av første del av ein puss, då gjerne som ei slags **grunning**

Sintersjikt er tynne og tette **kalkskorper** som kan oppstå når muraren arbeid for mykje med mørteloverflata. Bearbeidinga dreg dei fine- kalkpartiklane mot overflata. Dette hemmar herdeprosessen, om sjiktet ikkje blir skrapa bort.

Slemming: Kalkvelling tilverka frå leska kalk til konsistens som tjukk fløte som del av sluttbehandlinga av heile murverket, over meddregne fuger og stein eller over puss. Kalles gjerne «**sandkalk**» ved tilsett fin sand. Kan påførast med eigna kost.

Spekking: Fylling av fuger med spekkemørtel etter utkrassing av skadd, eldre mørtel. Ved fuger som er breie og djupe nok brukar ein **pinningsstein**, tilpassa, gjerne flate stein, som blir mura inn i fuga, eller pressa/banka inn i den ferske mørtelen på kant. Mørtel blir gjerne kasta på, men det er også vanleg å presse eller stampe den inn. Val av murskei/spekkeskje blir tilpassa aktuelt arbeid.

Subhydraulisk kalk: Svært svakt hydraulisk kalk, i overgangen mellom luftkalk (CL90) og svakt hydraulisk kalk. Vanleg i Noreg i eldre tider, ved brenning av litt ureint råstoff.

Tilslag: Sand og grus til blanding av mørtel. Skarp, rein naturleg grusig sand eller sandig grus, utan humus. Opp til 8-10 mm kornstørrelse er gjerne bruka tradisjonelt, men det er betydeleg variasjon, og type er avhengig av føremål (fugemørtel, pussmørtel osv.). Tilslag blir gjerne kalla «sand».

Tørresking: Lesking av brent kalk ved tilføring av tilpassa vassmengde for produksjon av tørt bindemiddel i pulverform. Omgrepet **hydratkalk** blir brukt for tørreska luftkalk. Må oppbevarast lufttett. Tradisjonelt tilverka ved utsetting av brent kalk, også hydraulisk, for luftfuktigheit. Blir blanda med tilslag og vatn til mørtel.

Våtlesking: Lesking av brent kalk med overskot av vatn til ein pasta av Ca(OH)_2 . Ulike omgrep, avhengig av framstilling og lagring: **Våtleska kalk**, **kulekalk**, **deigkalk** og **stampet kalk**. Må lagrast lufttett. Eignar seg ikkje for meir hydrauliske kalkar fordi dei kan herda før bruk. Langtidslagra kalk har svært finkorna bindemiddel og blei gjerne brukt til finare arbeid. Blir blanda med tilslag til mørtel. Variant er jordlesking; nedgraving av brent kalk i jorda.

DEL 1: KULTURHISTORISK OG TEKNISK BAKGRUNN

1 Innleiing

Istandsetjing for vedlikehaldsvenleg murverk

Vi står overfor store arbeid på dei bevarte steinkyrkjene. Målet er å få sett dei i stand slik at gamle og nye material fungerer godt saman. Slik kan kyrkjene i framtida haldast i stand på ein føreseieleg måte. Rettleiaren dekkjer både grunnleggjande istandsetjing og regelmessig vedlikehald, som i prinsippet skal utførast med tilsvarende material og metodar som då bygningen blei oppført. Målet for slik istandsetjing er å finne ein god veg fram til vedlikehaldsvenleg murverk – altså eit murverk det er lett å halde ved like, samtidig som dei kulturhistoriske verdiane til murverket vert teke vare på.

Mellomalderkyrkjene er av dei viktigaste gruppene kulturminne vi har. Dei er mellom 500 og 900 år gamle og har vore i samanhengande bruk fram til i dag, i motsetnad til dei fleste andre automatisk freda kulturminne. Dei har også vore den viktigaste møteplassen i lokalmiljøa sine gjennom mesteparten av denne lange historia.

Murverket er den mest bestandige delen av steinkyrkjene, men samtidig den delen vi har minst kunnskap om. Årsaka er mangel på samtidige, norske kjelder til byggjemåte og materialbruk. Berre gjennom undersøking av bygningen kan vi forstå korleis den i si tid blei konstruert. Ved kvar istandsetjing vert historisk materiale fjerna, og dermed delar av kunnskapspotensialet – samtidig som kvart inngrep gir moglegheit til å lære meir. At både murarar og rådgjevarar lærar å lesa murane og tek ansvar for å dokumentere funn, er avgjerande for at uerstatteleg kunnskap ikkje skal gå tapt. Muraren må ta på seg brillene til bygningsarkeologen – og rådgjevaren må lære muraren sitt verktøy å kjenne.

Rettleiaren er skriven med tanke på tverrfagleg arbeid og er meint å vera til nytte for alle som skal prosjektere og gjera praktisk arbeid på kyrkjene. Den er fyrst og fremst retta mot kompetente murarar og rådgjevarar. På same måte som det vert stilt krav til at handverkarar skal ha fagskulepoeng eller studiepoeng innanfor praktisk bygningsvern, eller kunne dokumentere tilsvarende realkompetanse, må rådgjevarar også ha spesialkompetanse. Arbeidet krev samspel mellom erfarne murarar og ein rådgjevar som kan sikre gode murarfaglege val og god ivaretaking av kulturminneverdiane. Formålet er samtidig å gi byggherrar, fagspesialistar og antikvariske myndigheiter eit godt grunnlag for å bestille og kvalitetssikre istandsetjingsprosjekt og vedlikehald.

Alle mellomalderkyrkjer er ulike når det gjeld detaljer i byggjing, materialbruk, utføring, restaureringshistorie og klimabelastning. Difor kan ikkje rettleiaren gi ein standard framgangsmåte som kan nyttast frå kyrkje til kyrkje. Mange løysingar vil kunne fungere på dei fleste kyrkjer, men ikkje utan å vurdere kvar enkelt bygning eller bygningsdel. Kva skadar skal utbetrast? Korleis er skadehistoria? Kva for material finn vi i bygningen og kva metodar har vore brukt? På grunnlag av svara på slike spørsmål, kan antikvariske myndigheiter, rådgjevararar og erfarne murarar finne fram til tilpassa løysingar og gode metodar. I dei fleste tilfelle vil dette seie utvendig puss som står seg over lang tid utan å bidra til opphoping av fukt i muren. og som ikkje krev anna vedlikehald enn lokale pussreparasjonar på særleg utsette stader, og jamleg kvitkalking der vêret tek mest.

Den praktiske delen tek utgangspunkt i arbeid med brent kalk som vert mørtelleska på byggeplassen. Dette vil som oftast vera ein god framgangsmåte, som stiller høgast krav til muraren sin kompetanse. Difor er det eit godt utgangspunkt for å drøfte dei utfordringane han står framfor når det gjeld vurdering av ein mørtel og ikkje minst god fuktkontroll gjennom heile arbeidsprosessen. Dette er like viktig uansett kva slag kalk ein arbeider med.

Til den innvendige pussen vert det stilt litt andre krav, og oppbyggjinga blir difor annleis. Den skal også ha ein porøs og open struktur for å ta opp og gje frå seg fukt, men den blir ikkje utsett for

frostsprenging og annan direkte klimapåkjenning. Det betyr at den kan byggjast opp av svak kalk i tjukkare lag for å gi ei jamn overflate, noko som var finare og betre eigna som underlag for kalkmaleri.

Rettleiaren dekkjer ikkje gjennomføring av forprosjekt, som er heilt avgjerande for planlegging av større istandsetjingsarbeid. Forprosjekta omfattar arkivsøk for å forstå restaurerings- og bygningshistoria, tilstandsanalyse, etablering av prøvefelt, mørtel- og andre materialanalysar, i tillegg til utprøving av ulike mørtlar og pussvariantar. Prøvefelta blir evaluert etter å ha stått i minst éin heil vinter, utsett for regn, snø og kulde. For slike forprosjekt har Fabrica utarbeidd ein eigen [retteleiar](#) (2021) for Riksantikvaren og Kirkens arbeidsgiverorganisasjon (KA).

Råda i rettleiaren byggjer på den kunnskapen og dei erfaringane vi har i 2026. Kalktradisjonen i Noreg har vore broten fleire gonger sidan mellomalderen, slik at det framleis er mykje vi ikkje forstår fullt ut. Berre vidare arbeid basert på erfaringane her, saman med fortsett prøving og feiling, kan gi oss enda betre forståing for berekraftig tradisjonelt vedlikehald og istandsetting av murverk frå mellomalderen i kyrkjene våre.

1 Figurar:



Muren viser ei tydeleg stussfuge og ombrukt stein etter eit tverrskip som er rive. Murverket er den einaste kjelda til denne delen av bygningshistoria. Frå Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Biletet viser eit mellomaldersk murverk etter høgtrykksspyling som har fjerna all puss og mykje av fugene. Kjeldeverdien er sterkt redusert. Nesodden kyrkje. Foto: Leiv Bjerve.



Kvitkalking må haldast ved like slik det har vore gjort gjennom hundreåra. Kalkfille og kalktønne frå kyrkjeloft. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Kalking som vedlikehald av 1700-talls puss på Moster gamle kyrkje. Foto: Terje Berner.

1. Det historiske murverket set premissane for alt istandsetjingsarbeid

Lag prøvefelt for å undersøke materialbruk og utføring i fuger, pinning, puss og slemming/kvitkalking før val av løysingar for heile murverket. Berre skadd murverk og murverk med openberre uheldige material skal reparerast. Tidlegare materialbruk, vedlikehald og restaurering må kartleggjast, dokumenterast, rapporterast og formidlast så godt som mogleg. Dette inneber undersøking av skriftlege kjelder og murverket i seg sjølv. Målet er å oppnå tilsvarande eller tilpassa:

- a. Type kalk
- b. Sand
- c. Lesking og blanding
- d. Blandingsforhold
- e. Pinning
- f. Pusstjuknad
- g. Pussoverflate
- h. Slemming/kvitkalking

2. Bruk så svake material som mogleg og så sterke som det trengs

Kalken i mellomaldermørtlane er som regel luftherdande eller svakt hydrauliske. Mørtlane er rikare på kalk enn moderne mørtlar. Ved riktig behandling gir dette faste mørtlar, utan at dei blir sterkare og tettare enn naudsynt for eit bestandig murverk. Valet av sand kan også bidra til ein bestandig mørtel som ikkje er hard og tett.

Sementhaldige mørtlar eller sterke NHL-mørtlar brukt i reparasjonsarbeid passer dårleg saman med dei relativt svake gamle mørtlane. Sterkare mørtlar held ofte betre på kort sikt og kan vera enklare å arbeide med, anten dei er hydrauliske kalkmørtlar eller sementbaserte, men dei kan føre til skadar på murverk og underliggande kalkmørtlar på lang sikt.

3. Eldre kalkfuger og puss skal bevarast i så stor grad som mogleg

Ikkje hogg ut eldre kalkmørtlar frå fuger og steinflater. Berre laus og øydelagt kalkmørtel skal fjernast. Kalken er historieforteljar og har vel så høg kjeldeverdi som steinen. All fingerfast kalk skal bli ståande. Dette gjeld også eventuelle etterlate restar av puss utover steinane i tillegg til både djupe og grunne fuger.

4. Lag ein vedlikehaldsvenleg mur

Vel som hovudregel lik materialbruk på heile eksteriøret. Det gjer arbeidet enklare for handverkarar som skal reparere i framtida. Sjå an slitasje frå vêret og lag eit tilpassa vedlikehaldsprogram som tek omsyn til at det er stor forskjell på forvitring og skadar frå vegg til vegg. Ein godt utført kalkpuss kan lett haldast ved like både der det er pusskader og der kvitkalkinga er nedsliten. Kalken seier tydeleg frå når det er behov for vedlikehald.

5. Bruk kalksesongen til utvendig kalkarbeid

Kalksesongen i det meste av landet er frå slutten av april til månadsskiftet juli/august.

Natttemperaturen på muren skal ikkje vera under 5 grader når ein arbeid med kalk, og det skal vera frostfritt i minst to-tre månader etter at arbeidet er avslutta. Dette reduserer risikoen vesentleg for skadar på nyleg utført arbeid. Risikoen for skadar aukar om det blir mura til slutten av august eller seinare, utan varme på stillaset. Nokre stader kan kalksesongen vera kortare eller lengre. Sjølv om det *kan* gå fint å arbeide utover hausten, kan ein ikkje vite det før i etterkant. Seine arbeid krev meir tildekking. Det kan i alle tilfelle vera naudsynt å la stillaset stå gjennom den fyrste vinteren, eller ein kan spenne opp eit stramt nett frå gesimsen.

6. Still krav til byggherren sinplanlegging og muraren sin kompetanse

Byggherren må gi rammer som gjer det mogleg å rekke arbeida innanfor kalksesongen, sjølv om uventa ting skulle skje. Om det likevel viser seg at det blir for seint på året må ein vurdere å stoppe arbeidet eller å plassere ansvaret for den ekstra risikoen.

Når alt er godt planlagt og det er gjort tilpassa val av kalkmaterial, er det muraren det kjem an på. Eit godt resultat er heilt avhengig av god fuktstyring gjennom heile prosessen. Det må ikkje vera for tørt og ikkje for fuktig. Dette gjeld heile vegen frå lesking, blanding, spekking, pussing og i herdeperioden fram til mørtelen er fast nok til å klare seg sjølv. Blanding, forvatning og ettervatning er ein viktig del av handverket til muraren. Ein må unngå sintersjikt (tynne kalkskorper) som hemmar herding og gjer at ferske arbeid vert utsette for frost. Tilstrekkeleg skjerming mot sol, vind og regn under arbeidet og i byrjinga av herdeperioden er også avgjerande. Muraren må ha støtte frå ei kompetent byggeleiing for kvalitetssikring gjennom heile prosessen.

Det er også muraren som har best moglegheit til å finne stillasstokkar som er mura inn, ombruka stein og dei beste mørtelprøvene. Berre ein erfaren handverkar som er på stillaset kvar dag kan gjera dei observasjonane, vurderingane og justeringane som trengst.

2 Mellomalderkyrkjene

Ivaretaking av kulturminneverdiane

I Noreg er det bevart ca. 160 ståande mellomalderkyrkjer av stein. Dette er meir enn halvparten av steinkyrkjene som faktisk blei bygd mellom ca. 1050 og 1537. Det seier mykje om kvaliteten på desse bygningane, som no er opptil 900 år gamle. Kyrkjene har vore den viktigaste møteplassen i lokalmiljøa gjennom mesteparten av historia si og difor har dei blitt teke vare på.

Dei fleste steinkyrkjene blei bygd mellom 1100 og 1250 i det vi kallar romansk stil. Stilen er kjenneteikna ved bruken av runde bogar og murar der steinen ligg på den største flata, og ofte er mura med jamne skift. Etter 1250 finn vi fyrst og fremst ombyggingar og utvidingar i gotisk stil som kan kjennast att ved bruken av spissbogar. Gotisk murverk har ofte dei store steinane stilt på høgkant, og med mykje bruk av mindre stein som er sett i kalk (pinningsstein) for å fylle ut veggflata.

Det var berre i domkyrkjer og andre særleg påkosta bygningar at steinane blei hogde til som presise kvadrar med fem rette sider. Dei fleste mindre kyrkjer er bygd med grovt tilhogde blokker som vi kallar «tuktasteinsmur». Hjørnekvadrar er likevel vanleg på dei fleste kyrkjer, det same gjeld presist tilhogde steinar rundt vindauge og dørøpningar. Sjølve murverket har også mange likskapar i alle kyrkjene. Veggane blei bygd som kistemurer med ein tjuknad på 1-2 meter, der «kista» er definert av ein indre og ein ytre murvange som er ganske jamne, og ei murkjerne som består av meir uregelmessig stein lagt i kalkmørtel. Om kjerna i muren er godt bygd, så ligg mykje av styrken til murverket der.

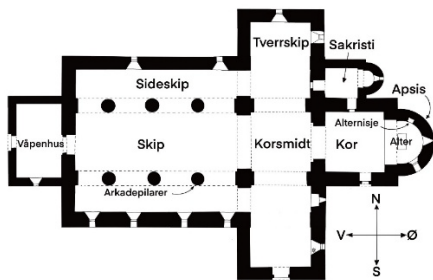
Kyrkjer bygd med tuktasteinsmur har vanlegvis vore pussa både innvendig og utvendig heilt frå dei var nye. Utvendig puss har vore viktig for å ta vare på murverket på ein effektiv måte, men truleg også fordi det må ha vore attraktivt å lage ein stor kvit bygning som raga opp mellom dei andre grå og svarte trebygningane.

Sjølv om mange mellomalderkyrkjer ser like ut ved fyrste blikk, er dei aldri identiske. Kvart bygg er tilpassa lokale forhold som til dømes tilgang på material. Det betyr at det alltid er naudsynt å gjera forundersøkingar av den kyrkjebygningen som skal setjast i stand. Ein kan ikkje gå ut frå at den er identisk med nabokyrkja. Den kan vera fleire generasjonar yngre eller eldre eller den kan vera bygd med andre material.

Alle mellomalderkyrkjene har ein lang istandsetjings- og restaureringshistorie med varierende materialbruk og handverksmetodar. Sidan siste halvdel av 1800-talet er det brukt sementhaldige mørtlar i fuger og puss. Sterke kalksementmørtlar (KC) eller reine sementmørtlar er dårleg tilpassa svakare murverk av kalk, og har forårsaka betydelege skadar. Det same gjeld moderne organiske målingar som inneheld plaststoff og cellulose. Dei moderne materiala har stort sett gitt eit lite fleksibelt og tett murverk, noko som har gått ut over bevaring av kalkmørtel i fuger og murkjerne. Ofte krev fjerning av uheldige, moderne materialar den største innsatsen i eit restaureringsprosjekt.

Mellomalderkyrkjene er automatisk freda etter kulturminnelova, fordi dei høyrer til ei av våre viktigaste grupper av kulturminne. (Ref. til Boks D) Steinkyrkjene har høg kjeldeverdi knytt både til religiøs praksis og trusliv, kunstnarisk utsmykking av bygg og inventar og til utvikling av kalkbasert natursteinsmur som byggeteknikk. Det er ingen skriftlege kjelder som fortel om teknikkar og prosessar ved byggjing med stein i Noreg i mellomalderen. Difor er det berre ved å hente informasjon frå sjølve byggverka, særleg når dei vert sette i stand, at vi kan få ny kunnskap om byggeteknikken.

2 Figurar:



Namn på dei vanlegaste delane av ein mellomalderkyrkje. Teikning: Espen Sørburø, NDR.



Ei typisk romansk kyrkje med skip, kor og apsis som er sette saman som byggjeklossar. Apsisen er mura med kvaderstein, medan dei andre murane er laga av tukta stein. Talgje kyrkje i Rogaland. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Nidarosdomen er vårt einaste døme på internasjonal gotikk. Her er ikkje berre høgrestmur med spissbogar og ribbekvelv, men og system av såkalla strebepillarar som stør veggane, som er både tynnare og med større lysopningar enn i dei romanske kyrkjene. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Eit blick inn i koret i Ulnes kyrkje fortel mykje om korleis den er endra gjennom historia. Mellomaldermurane står, men korbogen er utvida og veggane smykka med nye kalkmåleri frå 1700-talet. Lysgloben er eit bidrag frå 1900-talet. Foto: Morten Stige, Fabrica.

3 Konstruksjonar og material gjennom historia

Mangfald i stein og kalk

Kalktradisjonen i vår del av verda breidde seg nordover i Europa som ein del av romarane sin ekspansjon for 2000 år sidan. Sjølv om bygging i mur ikkje nådde opp til Norden før i mellomalderen, var det den antikke tradisjonen som var kjelda då svensken Peder Månsson skildra kalkhandverket på slutten av 1400-talet.

Mellomalderen (1050-1537)

Kyrkjebygginga i Noreg er prega av eit stort mangfald innan hovudgruppene stein og mørtel. Stein til tukasteinsmur var så kortreist som råd. Transporten gjekk alltid med båt der det var mogleg. Det blei brukt splitta åkerstein, stein frå lokale urer og morener, men vi kjenner også til eitt og anna steinbrot i fast fjell, i berg som typisk har sprekkar og naturleg kløyv, og som difor var enkel å bryte og kile ut.

Tukta stein i norske steinkyrkjer er nesten alltid lokal. Finare stein til kvader, hjørnekvader, profilar, portalar og omrammingar av vindaugs- og dørøpningar kan vera lokal, men som regel måtte den regionale geologien saumfarast for å finne bra stein som faktisk kunne hoggast utan å sprekke opp. I Noreg er det lite letthogd sandstein og kalkstein, som er dei viktigaste steinslaga til Europas kyrkjebygging. Det er berre i Grenland og i regionen frå Drammen/Oslo og nordover til Mjøstraktene (det geologiske Oslofeltet) det finst brukbar kalkstein, medan sandstein også finst nokre få andre stader.

Frå Rogaland til Nord-Noreg er det mange små førekomstar av kleberstein og tilsvarande bergartar. Dessutan finst det førekomstar av marmor. Dermed blei desse ressursane dei viktigaste for finhogd stein og kalkmørtel. Førekomstane kan ligge spreidd, og det måtte ofte lang transport til. Dei lengste avstandane for «finstein» vi kjenner er 100-150 km. Marmor til kalkbrenning eller ferdig brent bygningskalk kan ha vore transportert over enda lengre avstandar. Nokre stader finst det lite kleber, marmor eller kalkstein i rimeleg nærleik, som til dømes i delar av Østfold, Vestfold og Agder. Her tok ein i bruk harde, «granittiske» steinsortar til finstein.

Kalk i mellomalderen

Fyrst og fremst er det store regionale og lokale forskjellar basert på eigenskapane til råstoffet, men det er også forskjell på korleis brenning blei utført i dei hundrevis av enkle omnane som har vore i bruk. Ei førebels oppsummering av tilgjengeleg kunnskap frå analyse av mellomaldermørtlar og moderne kalk brent på tradisjonelt vis har gitt eit samansett bilete av mur- og fugemørtlar.

Bruksegenskapane og haldbarheita til mørtlane er ikkje berre tufta på eigenskapane til den brente kalken, men i høg grad også på tilslag, blanding og korleis mørtelen vert påført og ettersett. Fyrst og fremst var tilslaget i mellomalderen ofte heilt lokalt, ofte godt naturleg vaska og sortert elvesand, eller sand frå breelver med litt finstoff, og ikkje sjeldan strandsand og skjelsand. Kornstørrelsen i tilslaget varierer frå fin sand til grov grus, ofte ganske uavhengig av bruksområde, med unnatak av tynne fuger mellom kvaderstein, der ein måtte ha fin sand.

Eit felles trekk er at bindemiddelet av kalk "ber" mørtelen, dvs. at delen av bindemiddel er høg, gjennomsnittleg ca. kalk : tilslag = 1 : 1,5 på volumbasis. Ved «magre» bindemiddel, som ofte er litt hydrauliske, er delen av tilslag som er tilført låg, og blandingsforholdet kan gå heilt mot 4:1. I motsett tilfelle, ved «feit» kalk, ofte godt brent luftkalk, heller blandingsforholdet mot 1:2. Omgrepet «feit» vert også brukt om mørtel med mykje bindemiddel. Det er elles så langt ikkje funnet organiske tilsetjingar som t.d. linolje i dei norske mellomaldermørtlane. Dette er ein av grunnane til at slik tilsetjing ikkje er bruka i mørtlar ved istandsetjing i dag.

Korleis veggane blei overflatebehandla i mellomalderen har vore mykje diskutert. Vi veit at alle ståande kyrkjer som har murverk av tukta stein, med eitt unntak, har vore pussa fram til nyare tid og så langt attende vi kan følgje kjeldene. Dessutan finn vi utvendig kalkpuss frå mellomalderen. Det står fram som svært sannsynleg at pussing av vegg utandørs har vore normalen. Dette er i dei fleste tilfelle også den beste og enklaste måten å bevare murverk på over tid. Utvendig mellomalderpuss ser ut til å ha vore ganske tynn, men påført på meddregne fuger, slik at det likevel blir ganske jamne muroverflater.

Innvendig er det ingen tvil om at veggane blei pussa i mellomalderen. Det gjorde mykje for å lysne kyrkjeromma som i alle fall på 1100-talet hadde svært små vindauge. Pussen fekk også funksjon som berelag for kalkmåleri, av dei har vi nokre som er bevarte. Innvendig er det nok fyrst og fremst pussa for utsjånaden si skuld, og vanlegvis er pussen tjukkare enn på ytterveggen. Innvendige, sikre mellomalderpussar i kyrkjeromma er lite undersøkt. Analyser og observasjonar av sikker mellomalderpuss på gavlar oppe på kyrkjeloft, der overflata ofte er bearbeidd med murskei, viser ikkje store forskjellar frå mellomalderske mur- og fugemørtlar.

Når det gjeld kvitkalking og slemming generelt i mellomalderen har vi også mager kunnskap. I dei få tilfella der ein kan sjå sikre slemme- eller kvitingslag, kan ein ane at det dreier seg om relativt tjukke lag som er annleis enn dei særstynne laga med kvitkalking som er vanlege i dag. Og fordi dei aller fleste råstoffa brukt i Noreg var ureine, blei ikkje slemming/kvitkalking heilt kvit, men hadde ein beige eller lysebrun fargetone.

Etterreformatorisk ombygging og istandsetjing (1537-1850)

Vi har eit rikholdig kjeldemateriale for kalkproduksjon frå etterreformatorisk tid. Kalkbrenning breidde om seg, og frå tid til anna blei det brent kalk nær sagt over alt der det fanst råstoff. Men ein kan også sjå utviklinga mot ei «sentralisering». Vi kjenner til større «kalksentra» frå seinare tider i fleire delar av Oslofeltet frå Grenland, via Oslo-området til Mjøstraktene, og langs kysten frå Rogaland og nordover, særleg i Sunnhordland, på Sunnmøre og fleire stader langs Trondheimsfjorden. Frå etterreformatorisk tid er det også kjelder som viser import av kalk til Vestlandet frå Skottland og Tyskland, medan kalk frå Oslo-området blei eksportert sørover.

Kalk som var brukt til istandsetjing av mellomalderkyrkjer fekk eit anna preg enn kalkane frå byggeperioden. Berre få kyrkjer er undersøkt, men på Vestlandet har det vore brent kalkmørtlar frå urein marmor som har meir hydrauliske eigenskapar, og som har vore teke i bruk til reparasjon og pussing. Det same gjeld faste kalkar som har vore brent frå urein kalkstein fleire stader på Austlandet. Desse mørtlane er ofte svært rike på bindemiddel, med mykje meir kalk enn tilslag og med færre store porar enn i mellomalderen. Nokre mørtlar kan kanskje også ha tilsetjing av organiske stoff. Men frå Agder til Trøndelag er det også brukt både faste og lause kalkar som er lite hydrauliske, ganske ofte med bindemiddel vi enno ikkje forstår opphavet til.

Det nye mangfaldet representerer eit brot med tradisjonane frå mellomalderen. I tillegg finn ein også svake leirmørtlar i reparasjonar enkelte stader.

Moderne ombygging og istandsetjing (1850-1990)

Portlandsement blei for alvor teke i bruk i Noreg i andre halvdel av 1800-talet, ikkje minst til dei store restaureringsarbeida på Stavanger domkyrkje og Nidarosdomen frå 1860-åra. Sementen var dyr og ein blanda den difor med kalk til kalksement (KC). Den tidlege sementen var dessutan grovmalen og blei difor ikkje like sterk som moderne sement.

Vi har nokre få døme på gode, særstynne KC-mørtlar frå 1800-talet, mellom anna i delar av Nidarosdomen og Stavanger domkyrkje, men også i puss på soknekyrkjer. Mørtlane liknar mange mellomaldermørtlar fordi dei har ganske låg hydraulisk styrke, men også fordi dei har relativt høgt innhald av bindemiddel.

Sementinnhaldet i KC-mørtlar auka jamt og trutt dei neste tiåra, og med modernismen på 1930-talet og bygging av militære anlegg under krigen, blei sementen meir vanleg. Den blei også sterkare og tettare, noko som gjorde den meir skadeleg for underliggjande kalkmurverk. Murarar som vart utdanna etter krigen fekk mindre opplæring i bruk av kalk, og handverkstradisjonane frå den storskala kalkbygginga som mellom anna gav oss murbyen Oslo, blei broten. Dette førde til at sement kom ukritisk i bruk til restaureringsarbeid, trass i spreidde forsøk frå Riksantikvaren på å vidareføre bruken av kalk.

Det same gjaldt for overflatebehandlinga. Rein kalk-kvitkalking blei erstatta av nye material med påstandar om at dei var betre og «vedlikehaldsfrie». Det var mineralske produkt som silikatmåling, sementmåling og mineralittmålingar og -slemmingar. Desse produkta fungerer godt på sement, men ikkje på svakare underlag av kalk. Enda verre var bruken av organisk måling og slemmingar med tilsetjing av olje, cellulose og ulike plastprodukt som akryl og lateks, i tillegg til hybridar som silikonharpiks. Dette er produkt som er enda tettare enn dei uorganiske og som dessutan kan trekke inn i pussen og øydeleggje denne permanent.

Sjølv om det skjedde endringar i materialbruken allereie frå etterreformatork tid, markerer 1900-talet det endelege brotet med kalktradisjonane frå mellomalderen. Kontinuiteten i materialbruk, som hadde vara frå 1050 til 1850, og som lett kunne haldast ved like med kjente produkt av same slag, var ettertrykkeleg broten.

«Kalkrenessansen» (frå 1980-talet)

På 1980-talet var ikkje lenger skadane frå sementmørtlar og plastmålingar til å kome forbi, og Riksantikvaren fekk gehør for å prøve ut reine kalkprodukt til arbeid på kyrkjene. Skepsisen var framleis stor og det var lenge vanleg praksis å kaste inn nokre nevar med sement sjølv om bestillinga var rein, luftherdande kalkmørtel.

I byrjinga blei det brukt industrielt produsert, tørrleska hydratkalk og våtleska «deigkalk». Dessutan blei ofte kalkfattige mørtlar blanda i 1:3, som var norma frå slutten av 1800-talet. Ein tok ikkje godt nok omsyn til kalksesongen og ofte strakk utvendig pussarbeid seg langt ut over hausten. Resultatet blei ein svært stor del mislykka prosjekt der pussen fall av eller blei skadd etter kort tid. Nokre gonger blei dette bøtt på ved å ta i bruk KC-mørtlar på ny.

Blanda erfaringar med luftherdande kalk opna for omfattande bruk av importerte, industrielt produserte, naturleg hydrauliske kalkar (NHL). Det gjorde det enklare å få til ein bestandig puss, men som oftast var desse NHL-mørtlane sterkare og tettare enn den underliggjande kalkmørtelen. Det står framleis att å sjå i kva grad desse mørtlane kan medføre skadar på underliggjande kalkmur, på same måte som KC- og sementmørtlar har gjort.

NHL kjem i sekkar og er ofte ferdigblanda med tilslag. Dette har forenkla logistikken, men samstundes har handverkaren i praksis mista moglegheita til sjølv å tilpasse mørtelen til oppgåvene.

Dei fyrste forsøka på å gjenoppta kalktradisjonane ved småskala kalkbrenning kom i gang på slutten av 1990-talet. Dette skjedde parallelt med starten av NHL-bølgja. Frå 2012 har tradisjonelle, vedfyrte kalkomnar fått større utbreiing, og det er bygd fleire småomnar for å produsere kalk til enkeltprosjekt på «mellomaldermåten». Samtidig har brenninga gitt heilt ny innsikt i eigenskapane til dei gamle kalkane. Frå nokre omnar vert det no levert kalk på bestilling til større prosjekt. Tradisjonskalk som er basert på lokale eller regionale kalkførekomstar blir brukt på mellomalderkyrkjer, men utan ei større satsing på dette feltet vil dette neppe kunne dekke heile behovet.

Brenningane har også gitt ny innsikt i mangfaldet av kalk og kan bidra til at vi også får utvikla industrimørtlar som liknar meir på ein vanleg type frå mellomalderen: Luftkalkar med ein svak

hydraulisk komponent, godt under NHL 2 som er vanlegast i dag. Dette kan bidra til at langt fleire prosjekt får godt tilpassa kalkar.

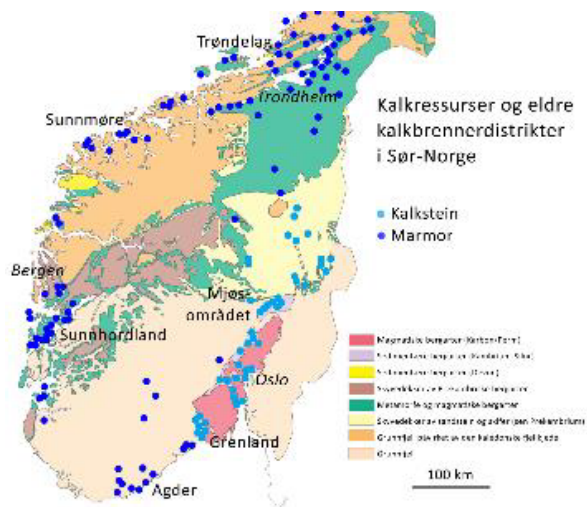
Ei anna utvikling som har gått parallelt med tradisjonsbrenning, er mørtellesking av kalken, noko ein trur var vanleg i mellomalderen. Fleire murarar beherskar slike metodar i dag. Dette bidreg openbert til betre resultat enn då «kalkrenessansen» starta på 1980-talet. Men dette gjeld berre når vi samstundes lærar av andre feil, held oss til kalksesongen og gir passende tildekking av ferske kalkarbeid.

3 Figurar:

Mellomalder



Kong Nimrod overvakar bygginga av Babels tårn. Det interessante er at biletet viser realistiske detaljar frå ein tysk byggjeplass i år 1400. Nede til høgre vert det blanda kalk til murarane, som arbeid oppe på stillaset. Bokillustrasjon i MS 33 i J. Paul Getty Museum.



Oversikt over kalkstein- og marmorførekomstar i Sør-Noreg. Ved nesten alle desse førekomstane kan ein finne restar av gamle kalkomnar og kalkverk. Figur: NGU.



Steinbrotet på Øysand i Trøndelag. Dette er eit av dei største steinbrota for kvader og dekorstein i landet og frå 1100-talet forsynte det Nidarosdomen og fleire andre kyrkjer i regionen med stein. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



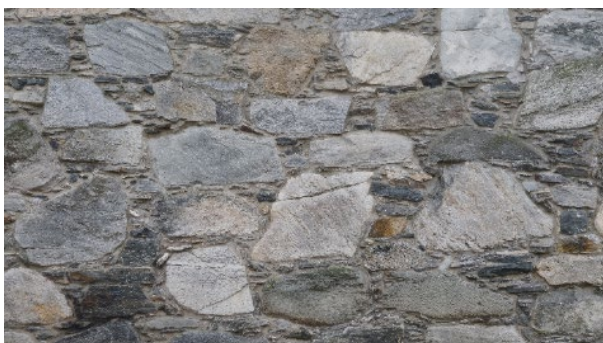
Det er stor variasjon i fundamenteringa av mellomalderkyrkjene, men ofte er det lagt tørrmurt åkerstein i botnen av ein grøft på 0,5-1 meters djup. Tingvoll kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Mellomalderkyrkjene er bygd med kistemur. Det vil seie at det er eit ytre og eit indre murskal med ei kjerne av stein og kalk i midten. Mo kyrkjeruin er mura opp att, men ein kan sjå korleis muren er bygd. Foto: Morten Stige, Fabrica.



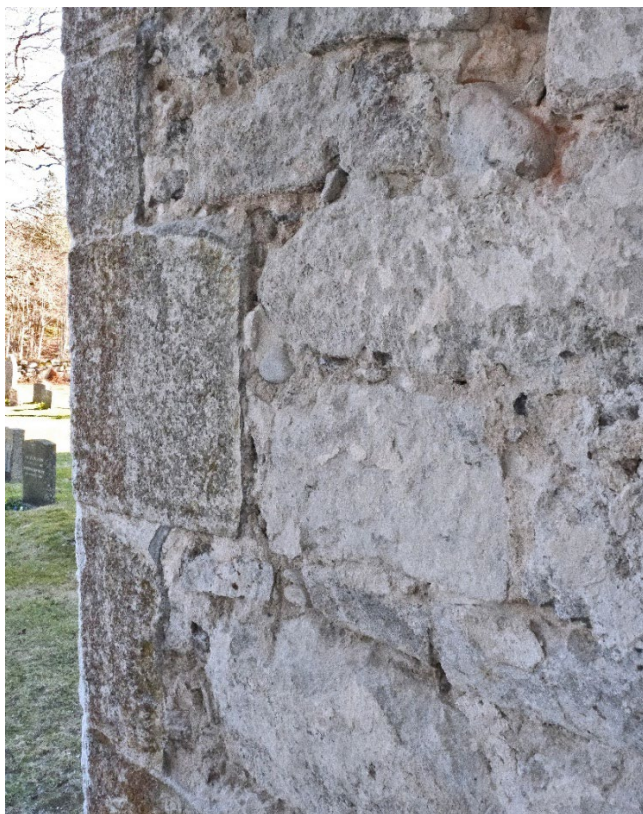
Både kvadmuren med heilt jamne skift på Gamle Aker kyrkje og tuktasteinsmuren på Gamle Tingelstad kyrkje er døme på romansk murverk. Foto: Morten Stige, Fabrica.



I det gotiske murverket i Stavanger domkyrkje står steinen på høgkant og har felt med pinningsstein i mellom, medan det romanske murverket på Sørbø kyrkje har liggjande stein, ganske jamne skift og mykje færre pinningsstein. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Sakristiloftet på Værnes kyrkje har eit døme på sikker datering av utvendig puss på koret på kyrkja, fordi sakristiet er eit tilbygg frå 1400-talet på nordsida av det romanske koret. Fugene er dregne ut på steinen (meddregne) og laget med puss er ganske tynt, men har likevel gitt ei jamn overflate. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Nivået på hjørnekvadrane avslører at murverket har hatt meddregne fuger og ein tynn puss. Tanum kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



På mellomalderkoret i Vår Frues kyrkje i Trondheim har vindauga vore utvida på 1800-talet. Dei nye vindauga er mura med teglinnfatningar med eit nivå som viser at det er planlagt for ein tjukk puss. Pussen blei hogd ned på 1900-talet. Foto: Morten Stige, Fabrica.



I mellomaldermur er det vanlegvis brukt kalkmørtlar, men i skipet på Ulnes kyrkje, som for ein stor del blei mura om på 1700-talet, er det brukt leire i fugene. Foto: Morten Stige, Fabrica.

1850- no



Den sementhaldige pussen sprekk av i store flak, medan eldre kalkpuss ligg under. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Ein rein kalkpuss som trong vedlikehald med kvitkalking blei i staden sett inn med ein organisk forsterka slemming. Det gav ei tett overflate trass i produsenten sine påstandar om diffusjonsopenheit. Over tid flaka slemminga av der det var mest fukt. Resten måtte fjernast mekanisk for å kome ned til den vedlikehaldsvenlege kalkpussen. Ogn kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



I 2001 blei den fyrste kalkkommen for moderne restaureringsarbeid bygd på Karljohansvern i Horten. Bygging og foto: Terje Berner.

4 Bygningskalk

Kalken er gullet

Historikken viser at kunnskapen om å brenne og leske kalk til bindemiddel er føresetnaden for ein utvikla steinarkitektur – slik som i mellomalderkyrkjene. Men kva er det eigentleg som skjer når kalkråstoffet blir brent, når den brente kalken blir leska og når mørtelen herdar?

Kalksirkelen er ei forenkling, men gir ei grunnleggjande innføring i prosessane frå råstoff, via brenning og lesking, til herding av kalk. Vi bruker omgrepet «sirkel» fordi det kjemiske råstoffet som oftast er kalsiumkarbonat (CaCO_3), og det ferdige kalkbindemiddelet er akkurat det same. Via brenning av råstoffet på 850-900 grader, og påfølgjande lesking og herding, får ein altså kalsiumkarbonat på nytt, berre i ei mykje meir finkorna form.

Reaksjonslikningane for den enklaste kalksirkelen er slik:

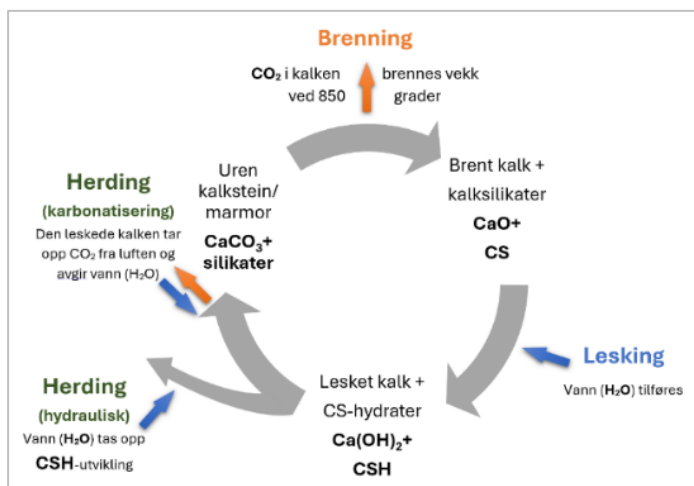
- Brenning: $\text{CaCO}_3 + \text{varme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- Lesking: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{varme}$
- Herding: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Her ser vi at karbondioksid (CO_2) blir brent ut av råstoffet og det dannar seg brent kalk eller kalsiumoksid (CaO). Kalkstykkja i kalkommen vil for det meste halde på forma under brenninga, men dei blir skjøre og mister omtrent halve vekta.

CaO er svært ustabilt og vil straks reagere med fuktigheit i lufta og gi portlanditt (kalsiumhydroksid, Ca(OH)_2). Denne prosessen kan ein kontrollere ved lesking med vatn, som går svært raskt og utviklar mykje varme når råstoffet er godt brent. Kalsiumhydroksid er også ustabilt og reagerer spontant med CO_2 i lufta: Kalken karbonatiserar, eller herdar, og går attende til kalsiumkarbonat.

Det finst mange kalksirklar, avhengig av kjemien i råstoffet. Dolomittisk kalk (magnesiumholdig kalk) har t.d. ein mykje meir kompleks sirkel.

Kalksirkelen som er vist under er også meir kompleks. Den tek omsyn til at råstoffet som oftast er litt ureint og inneheld silikatmineral, t.d. kvarts, feltspat og glimmer. Ved brenning, lesking og herding vil dette råstoffet i hovudsak framleis gi kalsiumkarbonat (CaCO_3) som bindemiddel. I tillegg blir det danna kalsiumsilikat ved brenning, forenkla: CS. Dette er klinkermineral, litt som i Portlandsement, og ved lesking og herding tek desse opp vatn. Dei hydratiserer eller viser hydraulisk herding, som går raskare enn karbonatisering. Vanlegvis blir det også danna fleire andre hydrauliske bestanddelar, som ikkje er vist i figuren under.



Teikning: Per Storemyr, Fabrica.

Kalk er ikkje berre kalk

Murarar har alltid vore nøydd til å forhalda seg til ulike slags kalkar. I dag er det i prinsippet fire hovudtypar. Utgangspunktet er brentkalk som er leska og blanda på ulike måtar:

- Brent kalk. Uleska kalk i form av stykkalk, eller som malen til pulver
- Hydratkalk. Tørrleska til pulver
- Våtleska kalk. Deigkalk eller kulekalk (luftkalk)
- Ferdigmørtlar. Hydratkalk, med eller utan tilslag

I tillegg skil vi mellom luftkalk og hydraulisk kalk. Luftkalk herdar berre ved opptak av CO₂ frå lufta, medan hydrauliske kalkar herdar både med CO₂ og vatn. Alle kalktypene kan anten vera luftkalk eller hydrauliske, med unnatak av våtleska kalk som ville ha byrja å herde om den var hydraulisk. Dei hydrauliske kalkane spenner frå subhydraulisk til svakt, moderat og sterkt hydraulisk.

Tradisjonsbrenning i Noreg gir ofte subhydrauliske kalkar, medan dei sterkare hydrauliske kalkane gjerne er NHL (Natural Hydraulic Lime) i ulike styrkeklasser. I tillegg kjem hybridkalkar, t.d. blandingar av NHL og luftkalkar som blir bruka for å justere styrken og andre eigenskapar til kalken.

Aktuelle kalktyper i dag

I dag er det ingen norske kalkar på den kommersielle marknaden, som tilsvarar dei som blei brukt i mellomalderen og etterreformatorisk tid. Det næraste ein kjem er brent marmor frå Verdal som blir produsert av Franzefoss på Hylla i Trøndelag. Her kan ein få tak i stykkalk, også i knust eller malen form. Denne kalken er svært rein, dvs. luftherdande, fordi den i hovudsak er berekna for papirindustrien. Sidan 1990-talet har denne kalken vore mykje brukt til restaureringsprosjekt.

Norsk brent kalk må ein elles skaffe ved leveransar frå små verksemder som driv regelmessig tradisjonsbrenning av regionalt råstoff i små, vedfyrte omnar. Slike verksemder finst i dag i Trøndelag, Vestland, Agder og i Innlandet. Det totale volumet av denne brenninga er berre nokre få tonn i året og kalkane som bli brend er typisk subhydrauliske og relativt kvite, men stort sett med ein beige eller gulaktig let. Dei har vore brukt historisk, og til fleire store restaureringsprosjekt dei siste åra. For tida er dette dei kalkane som kjem nærast dei gamle kalkane på kyrkjene.

Det er fleire industrielle produsentar av hydratkalk, våtleska kalk, og dels også brent kalk i Sverige og Danmark. Dette er i hovudsak svært reine kalkar som ofte blir omtala som CL90, noko som tyder at dei har eit innhald på meir enn 90% Ca(OH)₂ etter at dei er leska. Mange av dei blir seld på den kommersielle marknaden i Noreg. Sverige har likevel det mest utvikla miljøet for tradisjonsbrent kalk i Norden. Her vert det drive i større skala og ein kan få tak i fleire slag brentkalk, hydratkalk og våtleska kalk – både frå reint og meir ureint råstoff.

Hydrauliske kalkar som har vore brukt i Noreg er importert frå større produsentar i særleg Frankrike, men også frå Tyskland og andre europeiske land. Ein skil mellom NHL 2, NHL 3,5 og NHL 5, der tala står for den tillatne minimale trykkstyrken etter 28 dagar. Det medfører at mørtlane kan vera betydeleg sterkare enn det som er oppgitt, utan at det er i strid med standarden. Det tyder også at dei uansett vil bli vesentleg sterkare over tid fordi herdinga langt frå er avslutta etter ein månad. Slike mørtlar er enkle å skaffe på den kommersielle marknaden. Dei blir levert i sekkar, og ein kan få dei ferdig blanda med tilslag.

Same kva slag kalk ein vel, skal ein lesa og forstå både produktdatablad og produsenten si tilråding, før ein tek i bruk kalken.

4 Figurar:



Nedknust marmor til brenning av kalk i Franzefoss' kalkverk på Hylla i Trøndelag. Etter brenning blir omnen tømt for stykkkalk som deretter blir malen ned til pulver før lesking. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Tradisjonell kalkovn i Mosterhamn, bygd i 2023 for Moster Amfi. Her kan ein sjå alle ledd i kalkbrennarprosessen, frå konstruksjon av kvelv til brennkammeret, fylling av omnen, brenning og uttak av brent kalk. Omnen rommar snautt 10 tonn stein og brenninga tek 3-5 døgn. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Eldre kalkkule i kjellaren under Nidarosdomen. Den våtleska kalken har stått lufttett i fleire tiår og er framleis godt brukbar. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Dei vanlegaste kalkprodukta: NHL i sekk, tradisjonsbrent stykkkalk og våtleska kulekalk. Foto: Martin Mannhart.

DEL 2: PRAKTISK UTFØRING AV RESTAURERING OG VEDLIKEHALD

5 Gamle og nye skadar

If it ain't broken, don't fix it

Mellomalderkyrkjer som har stått ein tid utan istandsetjing og vedlikehald vil ha større eller mindre, *synlege* og *aktive* skadar, som avflaking av kvitkalking og puss, og smuldrande fuger. Dette er ofte forårsaka av pågåande lekkasjar, stigande fukt frå bakken, sterk vêreksposering langs hjørne eller på ein heil «vêr-side», ofte i kombinasjon med bruk av ueigna material. Med «ueigna materialbruk» meinast m.a. tette sement- og plasthaldige materialar som bidreg til å stenge fukt inne i murverket. Skademekanismane er ofte frostsprenging og saltforvitring, det siste oftast innvendig. I tillegg kjem skadar som følgje av bevegelsar i bygningen og alle former for biologisk vekst. Slike tema er behandla i [Fabricas Vegleiar Forprosjekt for istandsetting av middelalderkirker i stein \(2021\)](#) og [KAs Skadevegleiar: Identifisering av bygningsskader på middelalderkirker i stein \(2024\)](#)

«Vêrsida» og «lesida»

Noreg har fleire klimasoner, og mellomalderkyrkjene er eksponert for vêret på særskilt vis i Innlandet, langs Skagerrakkysten eller på Vestlandet. Likevel viser erfaring at det særleg er forskjellane mellom dei eksponerte «vêrsidene» og «lesidene» på den enkelte kyrkja som avgjer kor haldbar særleg kalken er. Dersom vind og slagregn for det meste kjem frå sørvest, kan sør- og vestfasadane bli skadd etter ganske kort tid, medan veggane mot nord og aust kan vera nesten utan slitasje. Dette betyr at ein må vera meir påpasseleg ved arbeid på vêrsida, særleg når det gjeld god tildekking av ferske arbeid. Det vil dessutan oftast vera behov vedlikehald langt oftare på vêrsida enn på lesida, t.d. når det gjeld regelmessige småreparasjonar og kvitkalking.

Skadar som ikkje lenger er aktive

Det finst mange gamle skadar som ikkje lenger er aktive. Slike skadar treng ikkje å vera ein trussel for bygningen, sjølv om murverket kan sjå slite ut. Eit typisk døme er dersom ein lekkasje har vore utbetra og muren seinare har tørka opp, altså at ein har fjerna årsaka, men utan at sjølve skaden er reparert.

Å bedømme risikoen knytt til slike og mange andre skadar kan vera vanskeleg; det beste hjelpemiddelet ein har er gamle foto, t.d. i Riksantikvarens arkiv (bildearkiv.ra.no, med registrering), på digitaltmuseum.no eller i Nasjonalbiblioteket (nb.no). Om ein kan følgje skaden langt attende i tid utan at den har utvikla seg noko særleg betyr det vanlegvis at risikoen er låg. Då er det viktig å vera ekstra på vakt ved restaureringsarbeid, slik at ein ikkje fjernar dette partiet utan å sjå nærmare etter. Det *kan* t.d. bestå av verdfull gammal puss som bør bevarast.

Gamle reparasjonar

Det kan ligge verdfull gammal puss i murverket, rett under openberre skadar, t.d. etter at ueigna puss og måling er fjerna. Det er *no* muraren blir sett på prøve – for kor langt skal ein eigentleg gå i å fjerne og reinmeisle skadd materiale før ein kan spekke og pusse på ny? Kva har skjedd i ein gammal mur når kalken er laus eller hard, eller når ein finn parti med heilt andre materialar enn stein og kalk frå mellomalderen?

Noko av det mest typiske ein møter på, er gamle reparasjonar av svært ujamn kvalitet. Dei kan vera fleire hundre år gamle og er særleg knytt til gamle lekkasjar, sprekkar/setningsskader, hogging for nye eller utviding av gamle vindauge. Det kan også vera fleire generasjonar med reparasjonar i sokkelsona eller langs murkronene. Svært mykje av kyrkja si historie ligg i slike reparasjonar. Etter at slike funn er drøfta med byggjeleiinga, må det handterast nennsamt, både der ein må fjerne øydelagde delar og ved reparasjon.

Ofte er det brukt laust brend teglstein frå etterreformatorisk tid til å fylle inn, og ofte er svak og laus kalk til stades. Noko av dette kan det vera både freistande og naudsynt å fjerne for å oppnå eit stabilt underlag for spekking og pussing. Laust brend teglstein har t.d. evna til å suge opp mykje vatn og kan difor bidra til djupare frostsadar. Men som hovudregel skal ein berre reparere med kalk. Nokre gonger kan slike parti også ha vore reparert på nytt, med harde, sementhaldige mørtlar. Sementen kan sitje godt fast og vera vanskeleg å få bort. I slike tilfelle må ein alltid vurdere om ein skal fjerne den eller la den bli ståande – fordi ein kan skape for mange nye øydeleggingar ved fjerning.

Bom

Bom, som vanlegvis er holrom bak puss, er ei svært vanleg svakheit i murverket. Viss det er gammal bom, så skil vi mellom open bom der holrommet er knytt til ein skade i pussen, og lukka bom der pussen er intakt. Lukka bom kan oppstå under pussarbeidet, dersom pussen tørkar for fort eller om den blir komprimert for hardt. Ved å stryke forsiktig over med ein lett meisel og lytte etter hól lyd, kan ein som regel kartlegge omfanget og kor alvorleg det er. Årsakene til gammal bom er vanskelegare å fastslå, og kan også vera knytt til t.d. sprekkar i underliggande stein eller djupare holrom i ein fuge. Bom kan vera stabil over lang tid utan at ein treng å gjera inngrep, særleg dersom pussen er tjukk og «sjølvberande». I andre tilfelle, og i alle fall når det er utvikla open bom, vil det vera behov for å reparere slike parti. Å feste pussen att, t.d. ved å injisere kalk i holrommet på baksida, er nær umogleg, anna enn på små område.

Om bomparti i ny puss skal få stå eller ikkje er eit spørsmål om omfang og risiko for vidare skadeutvikling. Ofte vil ein bom kunne stå greitt på ein nordvegg, medan den bør utbetrast på ein fasade mot sør.

Riss og sprekkar i pussen

Det er mange slag riss og sprekkar i ein mur. Dei alvorlegaste er knytt til t.d. setningar, utbulingar på grunn av lekkasjar, frostsprenging og mørtel i oppløysning bak det ytre murskalet, eller for høgt kvelvtrykk mot mur. Mindre alvorlege sprekkar kan vera slikt som krakelering i puss eller slepp mellom ulike materialar og element, t.d. langs vindauge eller mellom eksponerte fugemørtlar og stein.

Utbetring av årsakane til alvorlege sprekkdanningar på grunn av setningar og kvelvtrykk omhandlast ikkje i denne vegleiaren. Likevel kan ein måtte forhalda seg til dei ved reparasjonsarbeid. Om ein t.d. vel å ikkje utbetre årsakane til mindre setningar i grunnen, kan ein bli nøydd til å behandle murverket omkring ein sprekk på tilsvarande vis som elles i muren. Då tek ein høgde for at sprekken snart kan kome att og at det dermed er naudsynt med jamlege småreparasjonar/vedlikehald m.a. for å hindre at det kjem inn vatn. Ved utbuling kan det vera behov for å demontere ein del av det ytre murskalet og setje det opp att, samtidig som ein sørgjer for at det ikkje kan oppstå nye lekkasjar.

Mindre riss er enklare å forhalda seg til. Om pussen er krakelert, kan det vera naudsynt å fornye den dersom det også finst betydeleg bom. Slepp mellom mur og vindaugsrammer er ofte knytt til bruk av

ueigna materialar, t.d. sementmørtlar, som kan erstattast med kalk. Det same kan gjelde i tilfelle der ein har slepp mot eksponerte stein.

Holrom i muren

Ved meisling av dårlege fuger kjem ein ikkje sjeldan over holrom inne i muren. Det er ikkje einstyddande med skade. Mange murar blei bygd utan at ein var så nøye med å fylle alle holrom med mindre stein og kalkmørtel. Dette gjeld både murkjernar frå mellomalderen, som ikkje alltid er så kompakte som idealet seier, eller der skadar og opningar er mura igjen seinare. Men når det er mykje smulder frå mørtel eller berre sand, kan det vera fare på ferde, særleg om det også er andre teikn til ustabilitet, som «mage» på muren. Då må ein vurdera demontering. Injisering av mørtel er vanlegvis ikkje ei god løysning.

Oppløysning og utfelling av kalk

Smuldrande mørtel er eit resultat av at kalken er løyst opp av fuktigheit. Frost- og saltsprenging kan også bidra. Kalk er svakt løyseleg, men også følsam overfor kjemiske endringar i porevatn. Eit lite steg i ein retning kan gi oppløysning, eit lite steg i ein annan kan gi utfelling eller rekrystallasjon. Difor finn ein ofte faste mørtelbitar saman med smulder i ein mur som er sterkt prega av fukt. Slike bitar er styrkt ved at den oppløyte kalken er felt ut (rekrystallisert) og har fylt riss og porer i mørtelen. Ofte må båe delar fjernast ved ein restaurering.

Rekrystallasjon skjer også i mindre skala på nesten alle kalkmura vegger som er utsett for fukt. Det er altså vanleg at ein godt mura og pussa vegg blir sterkare av noko fuktigheit over tid, så lenge det ikkje blir store lekkasjar som forstyrrar balansen. Fenomenet blir kalla kalkens *sjølv-helande eigenskapar*, frå det engelske «self-healing, som er eit vanleg bruka omgrep.

Om kalken har svake eller moderate hydrauliske eigenskapar, kan mørtelen bli hard og tett. Det er fordi dei hydrauliske komponentane i gamle mørtlar har evna til å utvikle seg over tid, ofte gjennom fleire hundreår. Når slike mørtlar blir utsett for lekkasjar og frost, eller ved oppsamling av fukt bak enda hardare og tettare fuger av sement, kan dei sprekke opp i flak og splinter, på ein annleis måte enn «vanlege», smuldrande kalkmørtlar. Slike flak og splinter må bli fjerna før ny spekking, og det kan ofte vera behov for å også fjerne underliggande mørtel om den er blitt for hard.

Kalkskorper

Kvite kalkskorper på overflata av ein natursteinsbygning som ikkje er pussa er vanlege ved lekkasjar. Skorpene kan vera danna ved oppløysning av herda kalkbindemiddel, men det er vanlegare at dei blir danna kort tid etter oppføring frå bindemiddel som ennå ikkje er herda eller karbonatisert. Då er det ennå mykje «fri kalk» i mørtelen, dvs. leska kalk, Ca(OH)_2 .

Kalkskorper er også vanlege frå sementholdig bindemiddel (C og KC) og NHL-mørtlar. Grunnen til at dei er hyppige frå sterke, sementhaldige mørtlar, er at det tek lang tid før den frie kalken i sementen karbonatiserar, og at det kan blir danna ny, fri kalk ved «etterherding» av dei hydrauliske bestanddelane.

Den frie kalken vil ved mykje fukt praktisk talt «renne» ut av fugene, den blir deretter felt ut og vil seinare karbonatisere som skorper og stalaktitt-liknande render på veggen. Dei vil vera skjemmaende på natursteinsoverflater, og kan vera vanskeleg å fjerne. Dei er eit tydeleg symptom på fukt i muren.

Sintersjikt: Tynne kalkskorper på puss og fuger

Når ein arbeid med fuging og pussing med kalkmørtlar er det viktig å forstå kalken sin kjemi. Det går nemleg for seg prosessar som er i slekt med sjølv-heilande eigenskapar og kalkskorper, også medan murarbeid er i gang. Sintersjikt blir særleg danna når ein fuge eller ein puss blir glatta, og det som skjer er at bindemiddel, dvs. leska kalk, blir trekt ut til overflata. Alle murarar kjenner fenomenet frå ein annan kant: Det tynne sjiktet over vasskorpa i ein bøtte som har stått over natta med kalk i botnen. Sintringa kan bli forsterka ved mykje fuktigheit i tida etterpå, t.d. mykje fukt i murkjerna, opptrekk frå grunnen, lekkasjar inn på muren eller kondens bak tildekkingar.

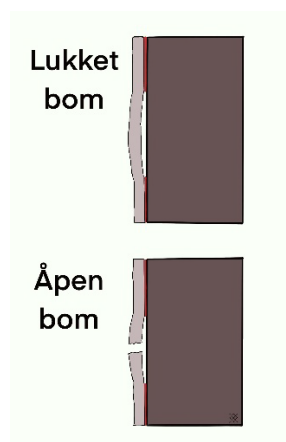
Eit sintersjikt er tett og slepper lite luft i gjennom. For fersk mørtel vil det seie at karbondioksid som trengs til karbonatisering vert hindra. Herdinga tek seg ikkje opp før det tynne sintersjiktet blir børsta eller skrapa bort. Om sintersjiktet ikkje blir fjerna frå overflata, vil mørtelen vera svært utsett for frost, og risikoen for skadar i pussen er høg.

Sintersjikt er ofte observert på kyrkjer som har blitt sett i stand dei siste 20-30 åra. Dei kan kjennast att ved ein mørkare farge og mindre evne til å suge vatn enn uskadd puss. Sintersjikt er truleg ein sentral årsak til frostskeidar gjennom dei første vintrane etter pussarbeid. Ein svært viktig del av praksisen til murarane er difor å sørge for at overflater ikkje blir glatta, og om det trengs, skrape dei opp før dei blir slemma og kvita, i tillegg til at ein har kontroll på fuktigheit frå muren og omgjevnadene.

5. Gamle og nye skadar

- Skadar i mellomalderkyrkjer kjem ofte av fukt, lekkasjar, frost, saltar, bevegsar i murverket og ueigna moderne materialar.
- Vêrsider er langt meir utsett for nedbrytning enn lesider.
- Når gamle skadar ikkje lenger er aktive treng dei ikkje alltid omfattande tiltak.
- Gamle reparasjonar kan ha høg kulturhistorisk verdi og må handterast varsamt.
- Sprekkar kan kome av setningar, lekkasjar eller svake konstruksjonar, og må vurderast kvar for seg.
- Holrom i muren er ikkje alltid skadelege og ofte bør dei bli ståande.
- Kalkskorper og sintersjikt kjem av fukt og feil tilarbeiding av fersk mørtel.
- Sintersjikt hindrar karbonatisering og aukar faren for frost.

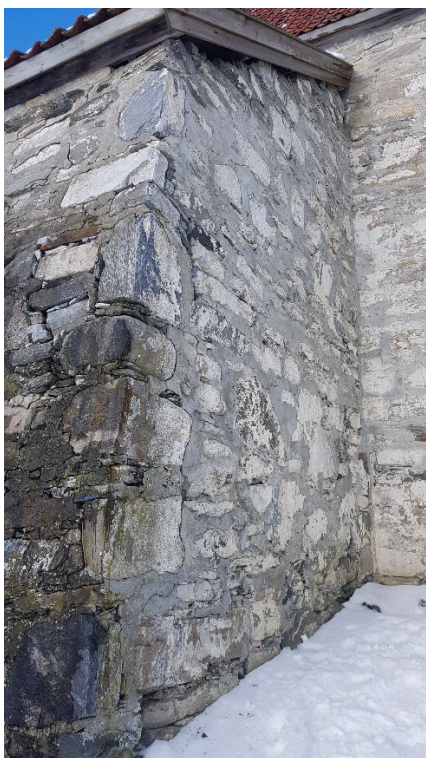
5 Figurar:



Tegning: Espen Sørburø, NDR.



Finn ut om skaden er aktiv før det blir sett i gang tiltak. Denne sementplomba på Veøy kyrkje står over ein sprekk i muren som kan sjå dramatisk ut. Den har rett nok fått eit riss sidan 1921, men det er ingen grunn til panikk. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Den midtre støttepilaren på Sakshaug gamle kyrkje hadde eit murparti i front som hadde losna frå kjernen og hadde sprekkar som indikerte fare for utrasing. Etter dispensasjon frå Riksantikvaren blei muren dokumentert og demontert for opptørking og gjenoppmuring tidleg i neste mursesong. Foto før demontering og med avdekt murkjerne. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Her er det ein setning i grunnen som undergrev hjørnet slik at det slepper frå muren. Sprekken er aktiv, men ikkje kritisk sidan resten av hjørnet ikkje er påverka av skaden. Balke kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



På Ulnes kyrkje er store delar av pussen på sørfasaden prega av «lukka» bom. Men den tjukke pussen er av 1700-tallstype, og står nærast «av seg sjølv». Her er det berre behov for mindre reparasjonar. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



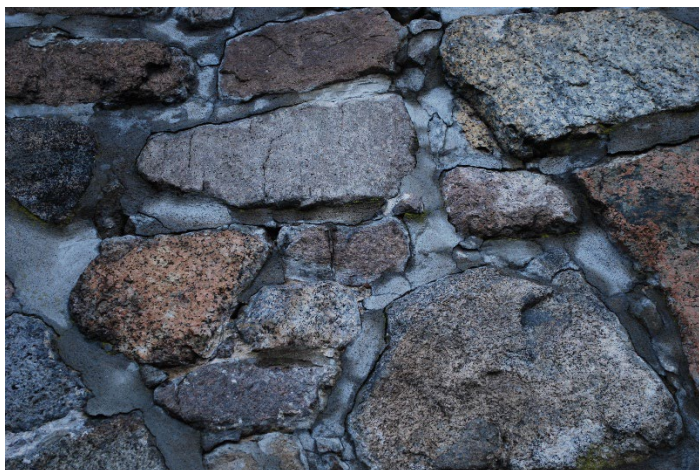
Når det veks mose ut av sprekke i pussen kan du konkludere med at murverket har vore svært fuktig. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Muren er reparert med kalkmørtlar ca. i 2010, men arbeida blei utført seint på hausten. Fugene har ikkje karbonatisert og har difor ikkje styrke til å greie seg. Orre gamle kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Dei siste 100 år har kyrkja vore halde ved like med sement i fugene og har stått utan puss. Dette har ført til djup forvitring i mange av fugene, etter kvart som sementen sprakk opp og slapp inn fukt. Hedrum kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Typiske sprekkeskader der sementfugene losnar mot steinen. Hedrum kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Kalkskorper frå det sementhaldige murverket på Nidarosdomen. Fri kalk blir vaska ut over tid og karbonatiserar på steinoverflata. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Sintersjikt og tynne kalkskorper bak flakande puss som ikkje er karbonatisert. Test med fenolftalein gir lilla farge der det ikkje er karbonatisering. Sjå også foto i kapitel 13. Talgje kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

6 Val av kalk

Like for like

Sidan det er store variasjonar i bygningshistorie, materialbruk, klima og skadar, er det berre mogleg å fastlegge heilt generelle prinsipp for val av materialar til istandsetjingsoppgåver.

Dei generelle prinsippa for val av kalk:

- Når murverket er bygd med kalkmørtlar må ein unngå sterke og tette mørtlar, dvs. i praksis mørtlar basert på sement, samt sterkare NHL-produkt med reell styrke over 2.
- Unngå slemmingar og målingar basert på silikat, sement og organiske bindemiddel.
- Bruk kalkbaserte mørtlar som ikkje er sterkare enn dei historiske mørtlane som finst bak nyare fuger og puss.

Men det vil alltid vera unntak. Om skadebildet tilseier at ein svak KC-puss kan bli ståande eller ein mur greier seg godt sjølv om den er spekka med hard sement må overflatebehandlinga tilpassast underlaget og det vil vera naudsynt å bruke hardare materialar. Riggkostnadane på vanskeleg tilgjengelege område, som t.d. tårn, kan også ha betydning for vurderinga. Impregnering, slemming eller måling basert på organiske bindemiddel som plast og olje er det likevel aldri ønskeleg å bruke på mellomalderkyrkjer.

Når dei overordna prinsippa skal omsetjast til praksis er det naudsynt å bygge på undersøkingar av den aktuelle bygningen. Eit [forprosjekt](#) skal vera utført før eit hovudprosjekt blir sett i gang. Prøvefelt bør som regel inngå i forarbeidet.

Val av kalkmørtel

Eit viktig prinsipp i all restaurering er «like-for-like», dvs. å reparere med dei same materiala som har vore nytta før. I praksis er det ofte ikkje mogleg, men det er heilt avgjerande å bruke nye materialar som passer til dei gamle når det gjeld styrke og fukteigenskapar, særleg evna til å transportere fuktigheit ut av muren. Då har ein større sjanse for å unngå skadar i overgangen mellom gammalt og nytt, men også innover i det gamle murverket. Slik kan ein sjå på ny kalkbehandling som eit offersjikt som ein veit vil måtte haldast ved like. Små skadar blir eit signal til vedlikehald, utan at ein treng å vera redd for at verdfull gammal mørtel og stein bakanfor står i akutt fare.

Det er ikkje mogleg å kopiere gamle, handverksbaserte mørtlar fullt ut, men ein kan kome eit stykke på veg:

- For mellomalderske luftkalkar eller subhydrauliske kalkar, kan ein i prinsippet ta i bruk tilsvarande kalk, eit passende tilslag og mørtelleske blandinga. For arbeid innandørs er ikkje krava til styrke like høge, og det kan t.d. vera aktuelt med våtleska kalk.
- Når det gjeld meir hydrauliske kalkar, er ikkje svaret like enkelt, fordi dei kan ha blitt mykje sterkare, og samtidig temmeleg skadd, gjennom fuktpåkjenning frå lekkasjar gjennom historia eller bak sementbaserte mørtlar. Spørsmålet blir då kor sterke mørtlar ein bør ta i bruk? Det kan verke freistande å velje mørtlar med tilsvarande styrke, men då er faren at ein kan kome til å bruke mørtlar som gir dei same skadane. Difor er det mindre risiko å bruke subhydrauliske kalkar.

6. Val av kalk

- Restaurering skal utførast med svake og opne kalkmørtlar som er compatible med det historiske murverket.
- Prinsippet «like-for-like» er sentralt ved val av material.
- Sterke sementmørtlar og tette moderne produkt skal ikkje brukast.
- Ein må også vera forsiktig med å bruke hydrauliske kalkmørtlar, fordi dei kan bli for sterke og tette over tid.
- Nye mørtlar skal vera svakare eller minst like svake som dei gamle.
- Kalkpuss kan fungere som eit offersjikt som beskyttar eldre murverk.
- Tradisjonsbrente kalkar og mørtellesking gir mørtlar som liknar historiske mørtlar.

6 Figurar:



Meddregne fuger og puss av mellomaldertype, bak tjukk puss frå 1800-talet. Her blei 1800-talls-pussen fjerna og ny mørtel vald for å fungere godt med dei eldste mørtlane. Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Mariakyrkja på Gran har fått ein kalkpuss som lever med vêret. Når den blir fuktig, blir variasjonen i suget til pussen tydeleg. Det er ikkje ein feil ved utføringa, men ein naturleg kvalitet ved kalkpussen. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Hesby kyrkje etter at den var restaurert med mørtelleska tradisjonskalk frå Mosterhamn i 2024-25. Dette er ein kalk som er svært lik den opphavlege kalken frå 1200-talet. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

Boks C: Offerpuss

Puss kan oppfattas som eit offersjikt som vil bli brote ned og som må fornyast regelmessig for å bevare murverket. Av dette har vi omgrepet offerpuss – eit omgrep som særleg blir bruka når innvendige vegger har store saltproblem. Ein offerpuss er ein midlertidig puss som blir påført for å trekke salt ut av ein bygningsdel, til dømes ein vegg. Offerpussen har særleg stort porevolum slik at den kan lagre store saltmengder. Men når offerpussens porer er fylt med salt vil også den sprengjas. Om saltinnhaldet i veggens då har minska, kan ein pusse med ein vanleg kalkpuss.

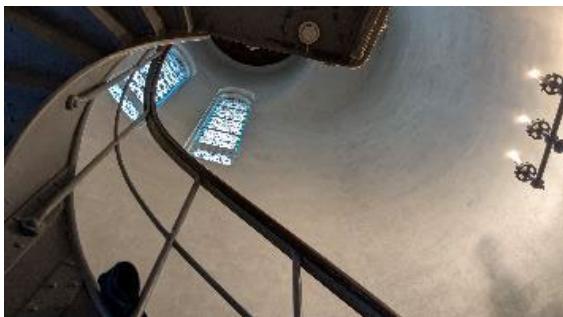
Mange vanlege, porøse, litt tjukkare kalkpussar er naturlege offerpussar og vil ofte fungere greitt om ikkje saltbelastninga er svært høg. Men det vert også framstilt moderne spesialmørtlar der porene greier å ta opp meir salt utan at pussen vert raskt nedbroten. I seinare tid er også den gamle, europeiske tradisjonen med bruk av såkalla *hampakalk* komen til Norden. Hampakalk er ein blanding av kalk og oppskoren hamp som kan fungere både som tilleggsisolering og ein slags offerpuss, særleg på teglmurverk. Til no har den vore lite brukt i Noreg. Hampakalk kan nyttast i sjikt frå ca. 2 til 10 cm tjuknad og vera berar av eit ytre sjikt med puss. Produktet tek ikkje opp salt, men held saltet i løysning i veggens bak. Laget er svært porøst, slepper ut fukt frå veggens og kan dermed naturleg regulere fuktigheita i eit rom. I mange tilfelle kan hampakalk vera aktuelt på saltskadd murverk både inne i kyrkjerom og kanskje særleg på nyare tilbygg. Ein skal likevel vera klar over at tjukkare sjikt gir effektiv tilleggsisolasjon som kan flytte frysepunktet frå utsida innover i muren.

Ein offerpuss er ein langt betre strategi enn å prøve å stenge fuktigheita inne ved hjelp av sterke mørtlar. Offerpussen bidreg til å flytte nedbrytinga frå murverket til den nye pussen – eller i tilfellet hampakalk å halde saltet i løysning inne i veggens. Det er likevel viktig å understreke at bruk av offerpuss aleine berre påverkar symptoma. Difor må ein alltid undersøke årsaka, altså kjeldene til fukt- og saltproblema, før ein tek i bruk slike metodar, og heller gjera tiltak for å avgrense fukt slik at den ikkje kjem inn i murverket.

Foto:



Mørtelleska Verdalskalk vil fungere som offerpuss i Sørbø kyrkje. Her er murverket fullt av saltar som over tid vil skade pussens dersom luftfuktigheita ikkje blir halden stabil. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Kalkpuss med hamp som fyllstoff (Hampakalk) er brukt som offerpuss i eit svært saltbelasta teglsteinsmurverk. Johanneskyrkja, Bergen. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

7 Planlegging og prosjektering av istandsetjing

Balanse mellom fysiske inngrep og bevaring av kulturminneverdiar

Prosjektering av istandsetjing av mellomaldersk murverk skal sikre varig og vedlikehaldsvenleg arbeid, og ivaretaking av kulturminneverdiane. Dette krev gode avvegingar som munnar ut i praktiske og overkomelege løysningar. På den eine sida kan vi ikkje jobbe med murverk med kvite vantar, på den annan side må den som utfører arbeidet heile tida ta omsyn til verdiane som ligg i murverket som kjelde. Det krev kompetanse og tilstrekkeleg med tid. Rammevilkåra blir lagt inn i prosjekteringa, men det vidare samspelet mellom byggeleiar, antikvarisk myndigheit og den som utfører arbeidet er minst like viktig. Målet må heile tida vera å fjerne så lite av det eldre materialet som mogleg og at ein ikkje nyttar sterkare mørtlar enn naudsynt til reparasjonar.

Som det går fram av innleiinga, dekkjer ikkje denne vegleiaren oppbygging av murverket og kartlegging av dette, heller ikkje tilstand og skadeårsaker eller bygnings- og restaureringshistorie. Dette skal vera ivareteke i eit [særskilt forprosjekt for mur](#), om det ikkje er gjort undersøkingar i andre samanhengar. Med eit slikt forprosjekt i botnen har ein grunnlag for å prosjektere detaljert nok til å søke dispensasjon frå Riksantikvaren, skaffe finansiering og lage anbudsgrunnlag for anskaffing av handverkarar.

Prosjekteringa må drøfte og ta stilling til mellom anna:

- Har nokre av murane akseptabel restlevetid utan tiltak, trass i bom og/eller svak puss?
- Må ein hogge ned all puss på dei murane som treng istandsetting?
- Kva prinsipp for bevaring av eldre puss og fjerning av mørtel i fuger skal ein følge?
- Er det behov for kraftverktøy?
- Når og korleis skal stein limast eller bytast ut?
- Omfattar planane arbeid som kan krevje konservatorkompetanse, t.d. ved mistanke om kalkmåleri eller skadar på dekorativt steinarbeid?
- Mørteloppskrifter og metode for lesking.
- Oppbygging av fuger, puss, slemming og kvitkalking, og uttrykk på ferdig mur.
- Bygging av eit effektivt stillas som gir gode tilhøve for arbeid og tildekking.
- Vurdering av korleis og kor lenge arbeida skal dekkast til.
- Kan det vera rasjonelt å gjera fleire arbeidsoppgåver frå same stillas? Kva andre arbeid er i så fall aktuelle?

Fotogrammetri er ein metode for nøyaktig dokumentering av murverket. Dette bør gjennomførast før ein upussa mur blir pussa på ny, eller etter at all puss er fjerna slik at murverket blir eksponert. Denne kjelda til bygningshistoria vil bli utilgjengeleg i mange generasjonar etter ei vellykka istandsetjing. Fotogrammetri av murverket med høg oppløysning er difor eit minimum. Ein bør også vurdere å gjera ei geologisk registrering, noko som kan vera del av arbeid med annan bygningsarkeologisk dokumentasjon (kap. 18). Fotogrammetri må bestillast i god tid og tilpassast til framdrifta slik at det kan utførast når muren er reinhoggen, men før spekking.

Måling og andre tilstøytane arbeid. Når eit godt murarstillas er på plass må det også vurderast om det er andre arbeid som står for tur. Er det t.d. vindauge som treng kitt og måling, raftekasser eller vindskier som treng reparasjon og måling eller kan det vera rasjonelt å samkøyre murarbeid med takarbeid. Dette må budsjetterast og planleggast i god tid slik at det kan tilpassast framdrifta til arbeidet med muren. Murarane får ofte også jobben med behandling av muranker og anna jern på fasadane.

Dispensasjon. Når byggherre og rådgjevar har avklart spørsmåla over er det klart for å søke dispensasjon i medhald av kulturminnelova. Det er byggherren sitt ansvar, men kan delegerast til rådgjevar. Alle ståande bygg eldre enn 1650 er automatisk freda. Freda kyrkjebygg forvalta av

Riksantikvaren. Det er ingen skjema eller formale rammer for dispensasjonssøknaden, men den må gi ei klar avgrensing av omfanget av tiltaket og prinsipp for utføringa inkludert materialbruk, metodar og mål for ferdig utsjånad. Beskrivinga av tiltaket kan vera kort, men må forklare alt som inngår i arbeidet på ein presis måte. Tiltaket må også grunngjevast ut frå skadebiletet og dei antikvariske omsyna som er tekne. Om søknaden avklarar desse spørsmåla vil dispensasjonen bli innvilga, ofte med særskilte vilkår og krav til utføringa. Det er også krav om dokumentert kompetanse og referanseprosjekt for dei som skal gjera slikt arbeid på freda bygg. Istandsetjing av murverk er normalt ikkje søknadspliktig i medhald av plan- og bygningslova.

Anskaffinga kan lysast ut parallelt med dispensasjonsbehandlinga, eventuelt med atterhald om dispensasjon og/eller tilskot. Normalt vil ein jobb med ei kyrkje vera ei offentlig anskaffing som må forhalda seg til krava i *Forskrift om offentlige anskaffelser (anskaffelsesforskriften)*. Der er det ulike terskelverdiar. Med noverande tersklar (pr. juni 2026) må oppdrag på meir enn 1,3 million kr eks. mva lysast ut på Doffin. Mindre oppdrag mellom 500 000 og 1,3 millionar kan lysast ut gjennom konkurranse mellom minst tre inviterte føretak, som er utvalde på grunnlag av kompetanse og kapasitet. Dette kan gjera prosessen noko enklare sidan konkurransen kan gå mellom føretak som allereie er kvalifiserte for oppdraget. Anskaffingar under 500 000 kan gjerast direkte, sjølv om det ofte vil vera hensiktsmessig å innhente fleire tilbod.

Anten utlysinga er open eller lukka, så må den innehalde ei beskriving av oppgåva. Sidan det er vanleg å tilrå at murarbeid på kistemur blir fakturert etter timeforbruk, er det ikkje naudsynt med ei veldig detaljert beskriving, men den må vera klår og tydeleg når det gjeld omfang og forventningar til materialbruk, resultat og framdrift. Ofte kan grunnlaget som er brukt i dispensasjonssøknaden også brukast saman med meir detaljerte beskrivingar for leveranse av stillas, rigg og drift, dokumentasjon etc.

Sidan istandsetjing av mellomaldermurverk krev spesialkompetanse og mykje erfaring, bør kompetanse og oppgåveforståing vektast tyngre enn pris i kriteria for tildeling. Oppgåveforståing omfattar inngåande beskriving av framgangsmåte, tidsplanlegging og budsjett. Fordi det skal fakturerast etter timeforbruk, er budsjettet retningsgivande. Kompetanse må underbyggast med cv'ar og referansar. Sjekk referansane! Det må dessutan stillast krav til kompetanse hos ein bas/arbeidande formann som skal vera på stillaset under arbeida. Kompetente folk på kontoret har liten verdi på byggeplassen. Krav til lærlingar er også relevant.

Stillas, rigg og drift bør vera fastprispostar. Materialar blir prisa etter faktiske mengder med eit påslag som inngår i konkurransen. Konkurransen må opne for synfaring for å avklare opne spørsmål. Det bør også gjennomførast eit kontraktsmøte for å gjera vidare avklaring av gjensidige forventningar i god tid før oppstart.

I kalksesongen bør ein prioritere muring, medan arbeid som kan gjerast på andre tider av året bør gjerast då. Meisling kan ein med fordel gjera vinteren før kalkarbeida skal utførast. Det gir også moglegheit for opptørking dersom murverket er fuktig. Dersom murverket er svært fuktig må ein rekne lengre tid.

I gjennomføringsfasen bør det engasjerast ein byggeleiar, med mindre byggherre har personell med spesialkompetanse og tilstrekkeleg kapasitet til god oppfølging. Byggherre bør uansett følgje opp tett, m.a. med deltaking på alle byggemøter. Byggeleiar skal normalt ta seg av oppfølging både av økonomi og HMS i tillegg til kvalitetssikring av arbeidet undervegs. Mange er kvalifiserte til dei to første oppgåvene, men om kvalitetssikringa skal vera reell må det også stillast krav om realkompetanse på kalkmur. Er det eit større prosjekt og byggeleiar manglar denne kompetansen bør det leigast inn ein kalkmur-kyndig rådgjevar, som kan ta hand om tett oppfølging og gode avvegingar mellom tekniske løysningar og ivaretaking av kulturminneverdiane. Sjølv om istandsetjing av eit mellomaldermurverk kan vera eit relativt lite prosjekt, vil det alltid vera behov for tverrfagleg

kunnskap og så mykje erfaring som mogleg på stillaset. Framdriftsplanen må dessutan gi rom for mindre stans i arbeidet og innhenting av særskilt ekspertise ved behov. Det kan vera konservator, bygningsarkeolog, arkeolog eller geolog.

Organisering av arbeidsplassen er avgjerande for eit godt resultat. Kvart prosjekt må ha ein erfaren bas som har grundig kjennskap til kalk og tradisjonelt murverk, og som er til stades på stillaset gjennom heile prosjektet, så lenge arbeidet går føre seg. Hen har ansvar for å vegleie kollegaene og for kvalitetssikring av blanding, utføring og vatning. Det er også basen sitt ansvar å melde frå til byggeleiar om funn og avvik som kan påverke gangen i arbeidet. Det kan vera nyttig å skrive ned ansvarsfordeling og rutinar for å melde avvik og få dei ansvarlege til å signere på at føresetnadene er gjennomgått ved oppstart av prosjektet.

7. Planlegging og prosjektering av istandsetjing

- Prosjektering skal balansere bevaring av kulturminneverdiar og nødvendige tekniske tiltak.
- Forprosjekt med tilstandsanalyse, arkivsøk, prøvefelt og undersøking av materialar er avgjerande.
- Prosjekteringa må ta stilling til kva som skal bevarast, fjernast og reparerast.
- Fotogrammetri og dokumentasjon av murverket bør utførast før ny pussing.
- Søknad om dispensasjon etter kulturminnelova må skildre tiltaket med materialbruk og metodar og ein drøfting av konsekvensane for kulturminneverdiane.
- Anskaffingar bør vektlegge kompetanse og oppgåveforståing høgare enn pris.
- Mur- og pussarbeid må planleggast innanfor kalksesongen.
- Erfaren byggeleiing som inkluderer rådgivande antikvar med murkompetanse er viktig.
- Bas på stillaset med kompetanse på kalkmurverk har ein nøkkelrolle i kvalitetssikring av murarbeidet og observasjon av funn.

7 Figurar:



Murverket i Nikolaikirkeja på Gran blir dokumentert med laserskanning og fotogrammetri. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks D: Kulturminnelova

I medhald av gjeldande kulturminnelov (juni 2026) er alle ståande bygningar frå mellomalderen (eldre enn 1537) og fram til 1650, automatisk freda. Det gir strenge føringar for kva endringar som kan gjerast på bygningen. Det gjeld også nyare bygningsdelar.

§ 3. Forbod mot inngrep i automatisk freda kulturminne.

Ingen må – uten at det er lovlig etter § 8 – sette i gang tiltak som er eigna til å skade, ødelegge, grave ut, flytte, forandre, tildekke, skjule eller på annen måte utilbørlig skjemme automatisk fredet kulturminne eller fremkalle fare for at dette kan skje.

Ut frå ordlyden kan det sjå ut som t.d. utskifting av ein skadd puss ikkje er søknadspliktig, men praksis er at det blir definert som ei endring. Det er det god grunn til sidan eit slikt tiltak er inngripande og fører til tap av historisk materiale, og difor må ein søke. Dette er naudsynt for at antikvariske myndigheiter skal kunne sikre at arbeidet som blir gjort på dei freda bygningane ikkje er eigna til å skade eller ødelegge dei på sikt. Kyrkjeieigarar har t.d. fått pålegg om å fjerne plastmåling som er ulovleg påført på kalkpuss.

Berre ordinært vedlikehald er ikkje søknadspliktig, dvs. arbeid som ikkje gir inngrep; t.d. eit nytt lag med kvitkalking av same type som er brukt før på pussen.

§ 8. Løyve til inngrep i automatisk freda kulturminne.

Vil noen sette igang tiltak som kan virke inn på automatisk fredete kulturminner på en måte som er nemnt i § 3 første ledd, må vedkommende tidligst mulig før tiltaket planlegges iverksatt melde fra til vedkommende myndighet eller nærmeste politimyndighet. Vedkommende myndighet avgjør snarest mulig om og i tilfelle på kva måte tiltaket kan iverksettes. Avgjørelsen kan påklages til departementet innen 6 veker fra underretning om vedtaket er kommet fram til adressaten.

Endringar og større vedlikehaldsarbeid er søknadspliktige. Tiltak som gjeld kyrkjebygg og inventar skal søkast om til Riksantikvaren, medan tiltak som rører ved freda mellomaldergrunn skal søkast om til fylkeskommunen. Det kan t.d. vera graving for drenering eller ein ny vassleiing. Tiltak ut over vanleg vedlikehald skal også godkjennast av biskopen. Fordi biskopens hovudkompetanse er knytt til kyrkja sin funksjon er det rimeleg å forstå vanleg vedlikehald noko vidare enn i medhald av kulturminnelova, dvs. tiltak som ikkje endrar kyrkja sin utsjånad.

Midlertidig demontering og flytting av fast inventar for å legge til rette for murarbeid er også søknadspliktig i medhald av kulturminnelova.

§ 27. Straff

Den som forsettlig eller uaktsomt overtrer forbud, påbud, vilkår eller bestemmelser gitt i eller i medhold av loven her, straffes med bøter eller fengsel i inntil 1 år. Under særdeles skjerpende omstendigheter kan fengsel i inntil 2 år anvendes.

Straffeansvaret gjeld for Kyrkjeleg fellesråd, rådgivarar, byggeleiarar og utførande.

8 Stillas, rigg og drift

Godt arbeid startar med god organisasjon av byggeplassen

Istandsetjing av murverket på ein soknekyrkje er ofte ein oppgåve som ikkje krev veldig mykje av rigg og kontroll av tilgang. Det grunnleggjande er eit godt murarstillas og ein avgrensa riggplass for lagring av materialar og lesking og blanding av mørtel. Det er likevel viktig at plassering, avgrensing og utstyr er godt tilpassa oppgåva og gir ein effektiv og sikker arbeidsplass.

Stillaset er ofte ein betydeleg del av budsjettet og viktig for ein trygg arbeidsplass og eit godt resultat. Stillaset må vera utstyrt med grønt kort som viser at det er forskriftsmessig bygd. Samtidig må krava i Riksantikvarens stillasvegleiar [Riksantikvarens stillasvegleiar](#) følgjast. Det set avgrensingar for innfesting av stillaset i murverket. Ofte vil eit frittstående stillas vera det beste om det let seg gjera utan for store ekstra kostnader. Om muraren sjølv har stillas og kursa som krevst, vil dette kunne vera ein effektiv måte å drifte stillaset på, sidan det gjerne må gjerast noko tilpassing undervegs. Tildekking med presenning og duk treng også tilsyn og vedlikehald etter uvêr. Mellomaldersk kyrkjegardsgrunn er automatisk freda og kan også vera lunefull pga. graver som kan ha gitt holrom i bakken. Det er difor avgjerande at det blir lagt plater eller klossar som fordeler trykket godt, under stillasbeina. Pass på at det er passe avstanden til muren, opp til maks 30 cm, men samtidig med plass til å utføre arbeidet i stillasskillet. Bruk av flyttbare knektar inn mot muren er eit alternativ som sikrar fleksibilitet og gode arbeidsforhold. Stillaset må vera klart merkt og stengt for uvedkommande. Det kan t.d. bety at ein må fjerne stigane for tilkomst til andre nivå.

Tildekking av stillaset er nyttig både for å halde arbeidsplassen tørr, slik at det ikkje kjem regn rett på muren, men også for å kontrollere klimaet slik at ny mørtel ikkje tørkar for fort. Stillas som er dekt med duk reduserer vindtørke og gir betre moglegheit til å halde på fuktigheita. Tildekking i toppen der takvatnet blir ført bort frå stillaset over eit skrått tak eller i fleksible rør, dersom det er renner, er naudsynt både for murarane og for muren. Taknedløpa må demonterast for ikkje å kome i vegen for murarbeidet. Gras- eller grusdekket under stillaset må også dekkast til for avfall frå nedhogging og søl frå pussing. Dette gjeld også natursteinssokkel som ofte ikkje skal pussast. Treplater, presenning eller målarfilt kan brukast. Men grønne planter treng lys og luft, og tildekking på bakken må fjernast så fort som mogleg for at graset ikkje skal bli permanent øydelagt.

Kyrkja kan ha utvendig skulptur, runeinnskrifter, pussflater som skal bevarast og vindauge og dører. Slike element må også dekkjast godt til under arbeida for å unngå skadar og søl. Vurder kritisk om det er nok med ein tynn plastduk, tilskorne isolasjonsplater eller om ei form for innkassing gir best sikring.

På ein vêrutsett vegg mot vest, sør eller aust vil det ofte vera naudsynt å la tildekking stå over vinteren. Dette er særleg viktig dersom arbeidet er utført i slutten av kalksesongen. Då får pussen ei god moglegheit til å karbonatisere eller herde før den blir utsett for frost. Tildekkinga kan gjerne vera eit stramt nett utanpå eller på innsida av stillaset. Stillaset kjem særleg godt med for tildekking av gavlane. Dersom stillasleiga er høg og påkjenninga frå vêret moderat vil det oftast fungere godt å feste ein netting med lekter som blir skrudd fast ytst oppunder takutstikket. Nettingen må vera ca. ein meter lenger enn ned til bakkenivå slik at den kan rullast stramt rundt eit bord som blir forankra godt med sandsekkar, betongklossar eller andre tunge ting som hindrar at nettingen blir rive laus av vinden og byrjar å slå inn mot muren. Tildekking som losnar kan gjera meir skade enn nytte, og den krev jamleg ettersyn gjennom heile perioden. Tildekking med tett duk kort frå muren kan hemme karbonatisering og er ikkje tilrådeleg.

Lift kan vera eit godt alternativ til stillas. Det kan gi store innsparingar på avgrensa oppgåver som til dømes kvitkalking av muren. Lifta må vera tilpassa oppgåva og kome fram på kyrkjegarden utan å

skade gravstøtter eller grasplen. Det bør brukast plater eller klossar under støttebeina for fordeling av trykket, på same måte som for stillaset.

Rigg og drift er ein post med varierende innhald. Dersom arbeidet går etter timeforbruk er det ekstra viktig å avklare kva denne posten skal innehalde slik at arbeidet ikkje blir fakturert dobbelt. Ofte er det greitt å avgrense den til utførande sitt kontorarbeid med økonomi, organisering, HMS og ordinær sluttrapportering, i tillegg til reisetid og naudsynt utstyr til å drifte arbeidsplassen. Arbeid med å skaffe materialar dekkjes av påslaget. På den måten er det berre arbeid som utførast på byggeplassen som skal på timelistene. Unntaket kan vera samanstilling av dagboka og annan ekstra dokumentasjon som må gjerast på freda bygg. I førespurnaden om tilbod må det gå klårt fram kva byggherre kan bidra med av tilgang på vatn, straum, lagerplass for utstyr, spisebrakke og toalett. Dei funksjonane som ikkje er dekt må leggjast inn i tilbodet under rigg og drift.

Riggplassen må vera avgrensa med byggegjerder som kan stengjast av for kontroll av tilgang både fordi arbeida kan vera farlege og for å hindre tjuveri. Om det ikkje er eit eigna servicebygg med kapasitet i nærleiken vil ein også kunne trenge ein lagercontainer til materialar og utstyr. Husk at brent kalk er reaktivt og må oppbevarast på ein trygg måte. Kalkmørtel blandast i ein kraftig tvangsblandar. Dette krev ein del straum og det er avgjerande at kursane på riggplassen har tilstrekkeleg kapasitet. Det er også behov for vasslangar som når fram på heile stillaset. Dette er som regel enkelt på ein kyrkjegard.

HMS er eit breitt tema som fører med seg eit stort ansvar både for byggherre og utførande. God organisering av arbeidsplassen ligg i botnen og omfattar bruk av personleg verneutstyr med hjelm, hanskar, briller, hørselsvern, vernesko og godt synlege klede, og elles anna utstyr ut frå dei behova oppgåvene gir. Her er det eit omfattande regelverk som går ut over denne vegleiaren. Vi vil likevel peike på nokre særskilte utfordringar. Det gjeld god tilkomst sidan mykje av arbeida går føre seg i høgda, og med tunge materialar og reiskapar som kan skade personell og materiell om dei fell ned. Eit godt bygd stillas, som følgjer føresegnene, er ein føresetnad for dei fleste oppgåver. Organiseringa av arbeidet er også avgjerande. Ved tunge arbeid som hogging av fuger bør heile mannskapet arbeide på same høgda på stillaset for å minimere faren for skadar pga. nedfall. Ved arbeid i lift må det alltid vera to til stades på arbeidsplassen.

Arbeidet kan innebere demontering av ustabil mur og liknande krevjande oppgåver. Det stiller krav til gjennomtenkt Sikker Jobbanalyse (SJA). Ein annan faktor er at arbeid med etsande kalk krev særleg merksemd og bruk av verneutstyr som briller og hanskar til ein del oppgåver. Dersom det blir leska kalk på byggeplassen er det avgjerande at heile mannskapet er kjent med eigenskapane til brentkalk og farane ved lesketemperaturar som i nokre tilfelle kan kome opp over 300 grader. Skyljemiddel for auge må vera tilgjengeleg på blandeplassen og på stillaset. Der det blir krassa ut fuger med mørtel av silikathaldig sand, og særleg dersom ein må bruke vinkelslipar eller anna skjereverktøy, må det stillast høge krav til masker og kontroll på støvet som kan vera svært helseskadeleg å puste inn.

8. Stillas, rigg og drift

- God organisering av byggeplassen er avgjerande for sikkerheit og kvalitet.
- Stillaset må vera stabilt, bygd etter gjeldande føresegner og tilpassa freda murverk.
- Tildekking beskyttar mot regn, vind og for rask tørking.
- Tett duk nær muren kan hemme karbonatisering og bør unngåast.
- Vêrutsette fasadar treng ofte vintertildekking.
- Lift kan vera eit alternativ ved mindre arbeid.
- Riggplassen må vera sikra og tilpassa lagring av kalk og utstyr.
- HMS krev særleg merksemd ved arbeid i høgda og handtering av etsande kalk.
- Arbeid med materialar som gir mykje støv krev godt verneutstyr.

8 Figurar:



Stillas utan innfesting i murverk.



Gavlstillas som er dekt til med tett duk i toppen for å hindre at det renn vatn nedover vegg. Nettet på resten av stillaset stoppar slagregnet, men gir framleis god lufting. Nokre gonger vil ein ha tett duk på heile stillaset for å kunne ha betre kontroll på klimaet. Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Stillas med knektar gir fleksibilitet og god tilkomst til heile murflata utan at stillaslemmane kjem i vegen. Foto: Jörg Scholz.



Er det varmt og mykje vind kan det vera naudsynt med tett duk på heile stillaset for å halde fuktigheita høg nok. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Tildekking av steinskulptur med plastfolie som er festa med tape, men utan at den er limt rett på skulpturen. Lunner kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.

9 Meisling og finreinsk

Å øydelegge for å bevare

Fjerning av ueigna og skadd fuge- og pussmørtel har fleire namn, t.d. meisling, reinhogging og fugereinsk. Her brukar vi meisling for dei grovare delane av prosessen, t.d. for fjerning av pusslag og fuger, samt finreinsk før dei siste førebuingane til kalkarbeid. Då nyttast m.a. kostar, trykkluft og vatn for å fjerne laus mørtel, pulver og støv.

Tette slemmingar og plasthaldige målingar kan nokre gonger meislast eller skrapast bort slik at ein god puss kan bevarast. I andre tilfelle må det nyttast kraftverktøy eller kjemisk reinsing for måling. Kjemisk reinsing blir drøfta kort i boks E. Det er avgjerande at ein vel metodar som ikkje etterlet kjemiske restar i underliggande puss.

Muren fortel historie!

Meisling og finreinsk er ein svært kritisk del av restaurering og istandsetjing av murverk. Dette er destruktive prosessar som også kan gå fort, særleg dersom gammal puss og gamle fuger sit laust. I motsette tilfelle kan gamle sementfuger vera så harde at det krevst mykje kraft for å få dei bort og då er det ofte umogleg å også unngå skadar på sjølve steinen. I både tilfelle betyr det at ein lett kan kome i skade for å fjerne meir enn det som trengs for å skape eit godt underlag for ny kalkbehandling. Dette betyr også at kjeldeverdien til gamle fuger, puss og overflatebehandlingar går tapt (sjå kap. 19).

Muraren er den som kjem nærast muren og har difor eit særleg ansvar for å vera observant ved all fjerning av gamle materialar. Men også byggherre, prosjekterande og byggeleiar må observera og ta høgde for dokumentasjon av murverket og uttak av prøver.

Eigna handverktøy -kraftverktøy brukast berre med særskilt løyve

Eigna verktøy spelar ein sentral rolle ved all fjerning av skadde og ueigna materialar. I hovudsak skal det nyttast handverktøy fordi det vanlegvis gir best kontroll med kva som blir fjerna og kor ein må passe på å ikkje øydelegge, t.d. langs kantane av dekorstein. Ein treng eit variert utval av godt vedlikehaldne pigg- og flatmeislar, og slagarar for å gjera jobben på ein god måte. Tynne oppsprukne fuger krev finare verktøy enn breie og djupe, med hard fugemørtel av rein sement.

Kraftverktøy drive med motor eller trykkluft kan nyttast, *men aldri utan særskilt løyve frå Riksantikvaren*. Verktøyet må prøvast ut i samråd med Riksantikvaren for å sikre at det er eigna til formålet. Det finst eit stort spekter av aktuelle elektriske- og luftverktøy frå kraftige piggmeislar til nålehamrar. Vinkelslipar kan også vera eigna til å opne harde sementfuger i særskilte situasjonar. Kraftverktøy skal normalt ikkje brukast nærare enn 15 cm frå hjørnekvadrar og annan tilhoggen stein. Kraftverktøy for pigging av harde sementfuger og flatmeisling for å «skrelle» av ueigna puss som slepper lett, kan i nokre tilfelle vera vel så skånsamt som bruk av handverktøy.

Fjerning av puss og fugemørtlar er støvete. Med handverktøy på kalkpuss vil det stort sett bli frigjort kalkstøv. Det må alltid brukast støvmaske og det kan vera ein fordel med eit luftig stillas. Om det trengst vinkelslipar til å opne harde fuger vil det gi mykje finare støv som også inneheld kvarts frå sanden. Dette gir ein langt større helserisiko enn kalkstøvet og det må nyttast spesielle masker og verneklede og ein må ta særleg omsyn til støvsmitte dersom det skjer anna arbeid i nærleiken. Om mogleg bør ein unngå bruk av vinkelslipar. Tunnelvifter kan vera nyttige for å få bort støv frå arbeidsplassen.

Fjerning av skadd og ueigna overflatebehandling

Når ein støyter på moderne, harde sementslemmingar med eller utan tilsetjing av plast, silikatmåling eller oljebaserte målingar, vil det ofte ligge ein sterk KC-puss under. Då vil ein i dei fleste tilfelle meisle bort pussen. Dersom slike overflatebehandlingar ligg utanpå eldre kalkpuss, må ein prøve seg fram med mekanisk verkty, høgtrykksblåsing med eigna medium (tørris, nøtteskal, marmor) eller kjemisk reins for å vurdere om det let seg gjera å fjerne nyare lag utan å øydelegge den gamle, underliggande pussen.

I andre tilfelle kan moderne slemming ligge direkte på stein. I slike tilfelle kan hydrauliske prikkhamrar fungere godt, men berre når underlaget er hardt nok. Ein slik metode eignar seg ikkje når det t.d. er mjuk kleberstein under. Kalkstein og marmor kan også vera for mjuke til å tole prikkhamring.

Fjerning av skadd og ueigna pussmørtel

Ueigna pussmørtel vil ofte vera sterke KC-mørtlar, men det kan også dreie seg om harde NHL-mørtlar eller om lause og smuldrande kalkmørtlar. I mange tilfelle er slike nyare pussmørtlar påført eit underlag som allereie har vore meisl fri for sement. Ver merksam på at det ikkje alltid er gjort grundig nok arbeid ved tidlegare restaureringar. Det kan vera enkelt å fjerne mørtlar med handverkty, men det kan vera enda enklare og meir skånsamt med t.d. ein lett elektrisk meiselmaskin med flatmeisel. Det gjeld å kome bak pussen som då ofte vil losne i større flak.

Ofte vil det vera att restar av gammal pussmørtel, slemming og kvitkalking nær pussen som skal fjernast. I kor stor grad slikt skal bevarast må avgjerast på staden, og det avheng av alder, representativitet og kulturminneverdi, samt bevaringstilstand. Særleg fordi det finst så lite bevart utandørs mellomalderpuss i Noreg, kan slike restar vera verdfulle. Dette må undersøkast av fagfolk, og det vil ofte vera naudsynt med kantsikring og annan konserveringsinnsats før eventuell pussing, slemming og kvitkalking kan utførast over eller inntil slike parti.

Fjerning av ueigna og skadd fugemørtel

Ueigna og skadd fugemørtel kan fjernast med eigna verkty på tilsvarande vis som pussmørtel. Likevel kan det vera vanskeleg å fjerne harde sementfuger. Eit triks er å opne midten av fugen, slik at ein får frigjort spenningar i mørtelen. Då kan det bli lettare å losne mørtelen frå kantane. Ofte vil det vera behov for bruk av kraftverkty. Andre gonger bør ein la sementen stå (sjå også under boks J). Ver dessutan merksam på at det svært ofte er fjerna for lite sement ved tidlegare restaureringar.

Vanlegvis vil ein fjerne skadd fugemørtel inn til eit nivå der den er «fingerfast», dvs. der den kjennest stabil når ein prøver å fjerne den med fingrane. Målet er å bevare gamal mørtel som har behalde sin funksjon. Ny mørtel bør også kome i kontakt med den gamle, m.a. for å lette fukttransport ut av muren. Men det er ofte vanskeleg å nå heilt fingerfast mørtel utan å fjerne materiale med pinningsstein heilt inn til murkjerna. I slike tilfelle må murar og rådgjevar vurdere kor langt ein kan gå utan at viktige kjeldeverdiar ikkje går tapt.

Dei aller fleste fuger i gammalt murverk har gode pinningssteinar. Pinningsstein som står i fast mørtel skal ein ikkje ta ut. Når ein må fjerne pinningsstein skal ein merke seg korleis den er brukt slik at utføringa kan førast vidare. Ofte kan laus pinningsstein bli liggande i muren, evt. sikra med trekilar. Dette er særleg viktig ved større felt med pinningsstein, slik som i gotisk murverk. Laus stein lagrast best i bøtter på stillaset. Dårleg, oppflisa og forvitra pinningsstein skal kastast og erstattast med tilsvarande type stein. Sidan alt skal tilbake på same måte, går arbeidet mykje lettare når det same laget med murarar både meislar muren og utfører spekke- og pussarbeidet etterpå.

Når skal ein la harde fuger stå?

Det er viktig å fjerne harde og tette sementfuger for å hindre oppkonsentrering av fukt, men det er ikkje alltid mogleg eller naudsynt. I mange tilfelle er det brukt sementmørtlar mellom hjørnekvadrar av mjuk kleberstein eller kalkstein, andre stader finn ein det i portalar og rundt vindauge. Avhengig av styrke og tilstand, kan fjerning gi høg risiko for skadar i steinen, og ofte vil det beste vera å la sementen stå. I slike avgrensa område har sementen dessutan liten betydning for fukttransport i murverket.

I andre tilfelle er heile murparti mura opp att med sement, t.d. ved rekonstruksjon av eldre vindauge. Ved «massiv sementmur» er det ingen grunn til å fjerne anna enn det som skal til for å gi god heft for ny kalkpuss.

9. Meisling og finreinsk

- Fjerning av skadde og ueigna materialar er ein destruktiv prosess som må utførast varsamt.
- Gamle pussrestar og historiske overflater kan ha høg verneverdi.
- Handverkty skal vera hovudmetoda ved meisling.
- Kraftverkty kan brukast når oppgåva krev det, men dette krev særskilt løyve frå Riksantikvaren og må vera grunna av oppgåva.
- Moderne måling og slemming kan nokre gonger fjernast utan å øydelegge eldre puss, men må prøvast ut på eit avgrensa felt før hovudprosjektet startar.
- Løs fugemørtel blir normalt fjerna ned til fingerfast kalkmateriale.
- Pinningsstein skal bevarast og setjast på plass att på same stad.
- Sementfuger bør bli ståande dersom fjerning vil skade steinen.

9 Figurar:



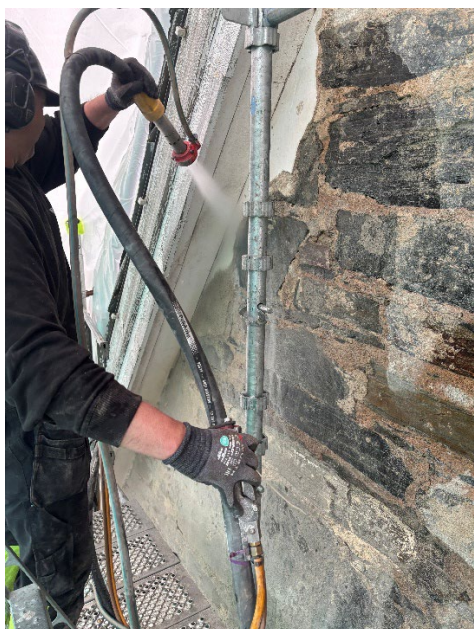
Under nyare lag med puss kan mellomalderpuss eller gammal dekor dukke opp. På Tanum kyrkje, Larvik var det eit større felt med svart måling under pussen på sørsida av muren på skipet. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Austgavlen på Sakshaug gamle kyrkje står skjerna for vêret og her er det bevart svært gammal puss sjølv etter meir enn 150 år utan vedlikehald. Dette pussfeltet er bevart og ny puss er lagt inntil. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Organisering av arbeidet slik at alle er på same stillasnivå er ein enkel måte å redusere faren for skadar pga. nedfall. Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Høgtrykksblåsing med mjuke stoffer som tørris, nøtteskal eller marmormjøl kan vera eigna for å fjerne måling eller impregnering frå gammalt murverk. Ulness kyrkje. Foto: Tore Granmo.



Det kan vera effektivt å fjerne organisk slemming med skrape. Her blir det brukt ein barkspeade. Ogna kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Nokre gonger kan meisling av puss gjerast på ein god måte med kraftverktøy, men bruken må avklarast særskilt med RA. Nøtterøy kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Nålehammar kan vera ein skånsam og effektiv måte å fjerne puss som sit godt på steinen. Det må likevel aldri brukast nålehammar på hogde steinoverflater der den kan setje merker og øydelegge bevarte meiselspor. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Meisling av sementfuger med hammar og meisel er ofte den beste kombinasjonen av god framdrift og kontroll på arbeidet, særleg i fuger. Sakshaug gamle kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Eit utval av meislar og slagarar eigna til meisling av puss og sementfuger i tukta mur. Det er avgjerande å velje rett verkty for effektivt arbeid og eit presist resultat som ikkje øydelegg muren. Foto: Vanja Elsetrønning.



Dersom muren skal pussast så kan fingerfaste eldre mørtlar og fast pinningsstein, som er bevart under nyare overflater, bli ståande og skal difor ikkje hoggast ut. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Større steinar som losnar, skal murast inn att på same stad. Det kan vera føremålstenleg å gjere det same med godt tilpassa pinningsstein. Ein enkel måte å sikre steinane på staden er å bruke trekilar. Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.

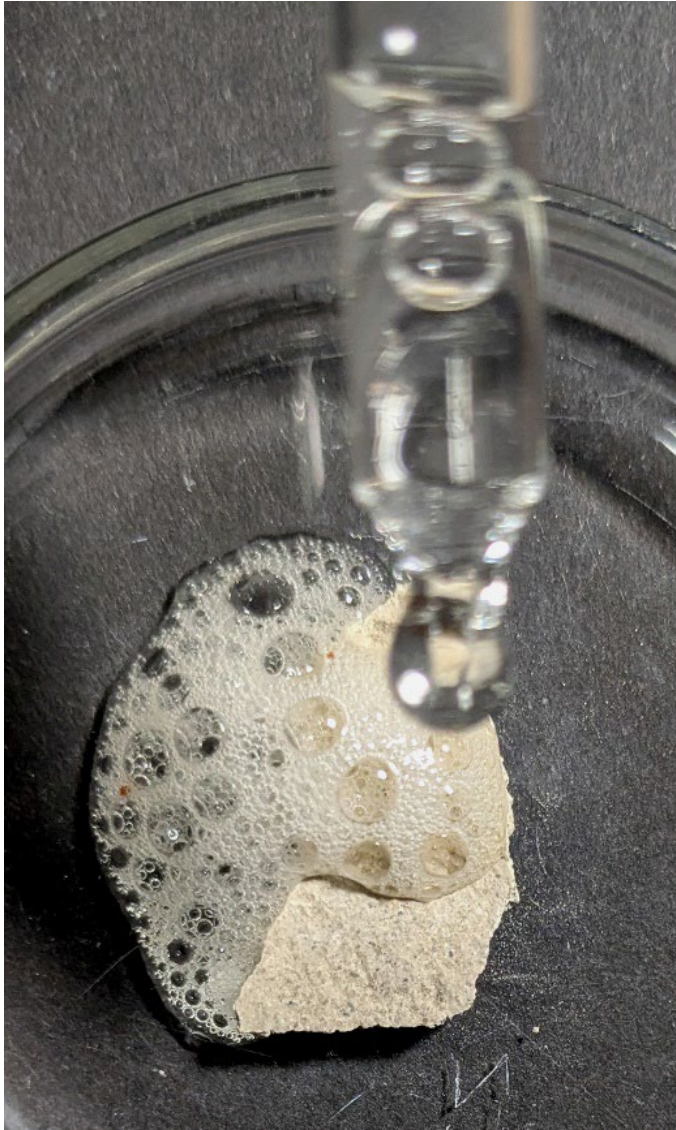
Boks E: Bestemme og fjerne måling

Nokre gonger vil det vera mogleg å bevare eldre puss så lenge moderne, tett måling kan fjernast. Ein føresetnad er at målinga ikkje har trekt inn i pussen og øydelagt grunnlaget for ny kvitkalking. Det er ofte vanskeleg å bestemme kva type måling det er, særleg fordi det på 1900-talet og framover er brukt ein rekke ulike målingar med blandingar av organiske og uorganiske komponentar. Nokre enkle metodar kan bidra til å kome på sporet av kva stoff som finst i målinga, men merk at slike testar sjeldan er heilt eintydige:

- Dråpetest: Ein vassdrope vil raskt bli sogen opp på overflater av kalk. På mindre porøse, mineralske målingar (t.d. silikat, sement) tek oppsug lengre tid. På tette, organiske målingar vil dropen bli liggande.
- Kalk blir løyst opp og bruser kraftig i 10% saltsyre. Sementhaldige slemmingar bruser mykje mindre, men ver merksam på at innhald av finmalen marmor *kan* gi kraftig brusing.
- Organiske målingar, både akryl-, lateks- og oljebaserte, kan brenne og gi stikkande lukt om ein held dei over ei open flamme. Dette kan også skje med mineralske målingar som inneheld organiske bindemiddel.
- Kaustisk soda (10% natriumhydroksid) løyser opp linolje- og alkydoljemaling. Merk at oppløysning kan gå langsamt for godt herda oljer. Vent i minst 30 minuttar.
- Lateksmaling (og også akrylmaling) løyser seg opp i alkohol og white spirit.
- Limfarge let seg vaske av overflater med reint vatn. Limfargar er difor primært brukt innvendig.

Det er svært viktig å kjenne materiala i veggene - *og kva som er verdt å ta vare på* - før ein startar med fjerning av måling og puss. Alle forundersøkingar må difor vera avslutta før ein fjernar måling. Ofte får ein ikkje eit sikkert resultat utan å sende målinga til analyse på eit laboratorium. Men dersom ein er rimeleg sikker på typen måling, kan det vera greitt å prøve seg fram med ulike metodar for målingsfjerning. Det er då viktig at ein tek omsyn til at underlaget kan ha høg kulturhistorisk verdi. Dersom ein oppdagar spor av dekor må ein straks stanse arbeidet, og kontakte vernemyndighetene. Val av metode må gjerast på grunnlag av prøvefelt der ein kan samanlikne alternative metodar i liten skala. Her er nokre moglegheiter:

- Om målinga er sprø og har dårleg heft til underlaget kan den fjernast mekanisk med ei skrape, sparkelskjei e.l. Ofte kan ein fjerne ein del av målinga på denne måten, medan andre område har betre heft.
- Blåsing med dolomitt, nøtteskal eller tørris kan fungere dersom pussene under målinga har ein tilstrekkeleg fast overflate. Det vil vera risiko for skadar om utføringa ikkje er riktig.
- Ein tradisjonell måte for å fjerne tett måling frå porøse overflater er å stryke på eit lag med dyrelim som festar seg til målinga og gir spenningar som får den til å losne frå underlaget når den tørkar. Metoden lukter fælt, men øydelegg sjeldan underlaget og fører ikkje med seg søl av vatn. Dette er mest aktuelt innandørs.
- Kjemisk målingsfjerning kan vera effektivt når ein har funne fram til rett middel etter analyser eller utprøving. Produkta har ulik evne til å trenge inn i underlaget. Ein må difor prøve ut metoden på staden og sjå om underlaget beheld openheita og sugsevna (vassdrope!) etter målingsfjerninga. Kjemisk målingsfjerning må uansett skyljast godt med reint vatn. Det kan vera greitt til utvendig bruk, sjølv om det er krav om at målingsrestane blir samla opp og levert som spesialavfall. Innvendig er det likevel problematisk.



Eit par dråper 10% saltsyre på eit flak av kalk – og det bruser friskt! Testen viser at målinga inneheld kalk. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Prøvefelt for kjemisk målingsfjerning med ulike kjemiske produkt. Hoff kyrkje på Toten. Foto: Morten Stige, Fabrica.

10 Konservering, reparasjon og utskifting av stein

Kva kan muraren gjera sjølv?

Steinen er det berande elementet i murverket og står seg stort sett betre enn kalkmørtelen. Forvitring og skadar kan likevel oppstå. Dette kapittelet dekkjer forvitring og vanlege skadar på stein samt nokre tiltak som kan vera aktuelle for å beskytte og reparere den. Kriteria for utskifting av stein og framgangsmåte blir også belyst.

Til val og utføring av konserverings- og reparasjonstiltak på stein er det vanlegvis behov for spesialkompetanse. Enkle reparasjonar av tukta stein, og i nokre tilfelle kvadrar, omfattast likevel av vanlege murarbeid.

Forvitring og skadar

I kva grad stein forvitrar vil avhenge av kor motstandsdyktig den enkelte steinen er, og kva slag påkjenning den blir utsett for. Skadar kan også oppstå av andre årsaker, t.d. naturlege svakheiter i materialet, setningar, brann, saltar eller mekanisk påverknad.

Dei aller fleste stein brukt til mellomalderkyrkjer i Noreg er ganske bestandige ved normale påkjenningar. Men det finst unntak:

- Nokre slag stein har kløyv/skifrigheit og kan lett sprekke.
- Nokre slag stein har eit så stort innhald av sulfidmineral at dei «rustar» sund.
- Nokre kalksteinar har tynne leirelag som både gir forvitring og svake soner.
- Enkelte vulkanske bergartar kan pulverisere, dvs. at korn losnar, særleg på grunn av forvitring av enkelte mineral. Det beste eksempelet er larvikitt.
- Nokre slag skifrar og fyllittar kan vera så svake at dei kan karakteriserast som «råtestein». Slike finst gjerne inne i murverk, men kan også vera pinningsstein, og er ofte kandidatar til utskifting.

Konservering av stein

Indirekte tiltak, som utbetring av murverket med kalkmørtlar eller beskyttelse i form av beslag er ofte den beste løysinga. Sjå boks F.

Første trinn i konservering av eksponert stein, vil ofte vera skånsam reingjering. Aktuelle hjelpemiddel i den forbindelse er mjuke børstar, reint vatn og dampvaskar, som drøfta i kap. 9 om finreinsk. Høgtrykksvaskar skal ikkje brukast! Forureining som ikkje lar seg fjerne med skånsame metodar kan vera mørtel, harde kalkskorper, måling, lim etc. Skal dette fjernast, må det ofte utførast mekanisk eller med kjemikaliar. Om forureininga då bør fjernast, avhenger av om den skadar steinen eller er svært skjemmande.

Forvittra stein er spesielt utsett for vidare nedbryting. Løysningar som blir hevda å kunne styrke steinens struktur og gjera overflatene meir motstandsdyktige er påføring av t.d. kiselsyreesterar og steinimpregneringar. *Noko* av dette er utprøvd og kan ha positiv effekt på *enkelte* slag stein, men kan også virke mot si hensikt. Slikt arbeid skal aldri utførast utan samråd med steinkonservator.

Reparasjon av tukta stein som kan utførast av murarar

Det er gjerne murarane som avdekker skadar på stein. Av omsyn til framdrifta i arbeidet, er det då praktisk om dei også kan utbetre skadane. Det primære formålet med reparasjon av skadar er å rette opp att steinen si styrke, funksjon og utsjånaden til murverket.

Lim og andre festemiddel har blitt brukt til reparasjon av stein heilt sidan mellomalderen. Dei eldste reparasjonane står seg godt, og det blir i dag forska på desse festemidlane sitt innhald og samansetning. Det finst førebels ikkje noko perfekt steinlim som er passe sterkt, beheld styrken over tid og i tillegg er usynleg. Difor brukast utvalde typar lim og konsoliderande middel som ofte er utvikla til andre føremål enn reparasjon av stein. Steintypen og skadens karakter er avgjerande for kva slag lim og eventuelle andre festemiddel som skal nyttast til reparasjonen.

Ein mykje brukt framgangsmåte for liming av sprekkar er basert på epoksy. Det vil då vera behov for:

- To-komponent, hurtigherdande epoksylin tilpassa steinmaterialet
- Sprøyte til injisering av lim i sprekkar
- Kilar eller stroppar til å halde flatene på plass

For at limet skal fungere som føresett må ein følgje blandingsforhold, temperatur og andre spesifikasjonar som er oppgitt av produsenten.

Fylling eller liming av sprekkar er aktuelt i tilfelle der steinen ikkje har delt seg eller ikkje kan tas ut av murverket utan å gjera meir skade. Utfylling av små, overflatiske sprekkar og festing av lause fragment skal i minst mogleg grad påverke steinens eigenskapar og utsjånad, noko som avgrensar utvalet av eigna materialar. Dersom det trengs festemiddel ut over lim og mørtel til remontering av delen, så skal arbeidet utførast av steinkonservator.

Sprekkanes storleik avgjer kva materiale som er best eigna til utfylling. Viss det er mogleg å få kalkmørtel inn i sprekken, så er det eit godt alternativ. Ved store sprekkar med bortfall av stein, kan det i tillegg vera behov for pinning. Framgangsmåten er i grove trekk den same som ved spekking eller oppbygging av fuger. I tynnare sprekkar er injeksjon av lim eit alternativ. Limet er relativt tjuktflytande, og dimensjonen på sprøytespissen må tilpassast til dette. For å hindre at limet renn ut av sprekken, kan leire eller plastilin nyttast til tetting mot overflata fram til limet er noko herda. Limsøl på steinen si overflate må fjernast etter herding slik at det ikkje blir smurt utover.

Samanliming av stein. Stein som har delt seg i to eller fleire delar kan limast saman. For at dette skal vera mogleg, må brotflatene vera tilgjengelege. Før delane kan limast saman, må alt laust materiale fjernast frå brotflatene. Deretter kan ein påføre lim på dei partia av brotflatene som får god kontakt med kvarandre når delane blir sett saman. Ved større manglar i brotflatene kan kalkmørtel nyttast som fyllmasse. Fraksjonen på tilslaget og mengd mørtel må tilpassast til behovet for utfylling av manglande steinmateriale. Dersom delane passar godt saman påførast det lim heilt ut mot kanten. Er det sår langs kantane bør det heller nyttast kalkmørtel. Delane må deretter trykkast godt saman og lim eller mørtel som blir pressa ut i samanføyinga må fjernast. Medan limet herdar må delane haldast godt saman og i korrekt posisjon ved hjelp av kilar, stroppar eller oppstempling.

Utskifting av stein

Utskifting er siste utveg. Det finst ingen fasit for når det er akseptabelt å erstatte ein stein med ny, det må ein vurdere i kvart enkelt tilfelle. Ei rettesnor er likevel at stein kan skiftast ut når den ikkje lenger fyller funksjonen sin i konstruksjonen. Det vil si at tilstanden til steinen kan føre til utvikling av skadar i murverket, og at reparasjon er umogleg.

Før den eksisterande steinen kan fjernast, må det lagast ein plan for å sikre stabiliteten til murverket under arbeidet. Både sikringstiltaka og framgangsmåten for å ta ut steinen må vurderast ut frå situasjonen. Dersom steinen til dømes er del av eit upussa kvadermurverk, eller av ei portal- eller vindaugsomramming med smale fuger, må det tas andre omsyn enn om det er ein tukta stein i eit grovare murverk.

Ein grei innfallsvinkel vil uansett vera å opne fugene og fjerne mest mogleg av mørtelen rundt steinen. Dette reduserer risiko for følgjeskader på stein og murverk som ligg inntil, og gjer det enklare å ta den ut. I beste fall kan steinen lirkast ut, heil eller i delar. Alternativet er å meisle, bore eller skjære steinen i stykke. Siste steg før innmuring av ny stein er reinsing og klargjering av «tomta».

Prinsipielt skal stein som blir teke ut erstattast med ein tilsvarande. Altså same type stein, med same storleik, form og tilarbeiding som originalen. I murverk av tukta stein kan det vera aktuelt å erstatte ein stor stein med to mindre. Dette kan gjera oppgåva enklare, men det føreset at steinen ikkje har hatt ein bindande funksjon i murverket. Ofte er det også mange slag stein i muren slik at det ikkje alltid er avgjerande å erstatte likt med likt.

Til anskaffing og tilarbeiding av ny stein som skal hoggast til kvader eller dekor, trengs steinhoggarkompetanse. Sjølve innmuringa er ein muraroppgåve.

10. Konservering, reparasjon og utskifting av stein

- Stein i mellomalderkyrkjene varierer i kvalitet, tilarbeiding og haldbarheit.
- Forvitring kjem både av naturlege svakheiter og ytre belastningar.
- Skånsam reingjering er første trinn i konservering.
- Impregnering og kjemisk behandling skal berre utførast av steinkonservator
- Sprekkar og skadar kan reparerast med epoksyim, kalkmørtel eller kombinasjonar av desse.
- Murarar kan utføre nokre slag steinreparasjonar.
- Utskifting av stein er siste utveg.

10 Figurar:



Sterk forvittra, skifrig amfibolitt kom fram som hjørnesteinar etter at pussen var meisla bort. Forvitringa kjem m.a. av svovelhaldige mineral i steinen. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Betydeleg skadd kvadermurverk er sjeldan i Noreg. Her kjem skadane av brann og saltforvitring i mjuk grønskifer. Murverket har tidlegare vore pussa for å «skjule» skadane. Vår Frue kyrkje, Trondheim. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Løveskulpturen på ein av hjørnekvadrane på Lunner kyrkje fall i bakken i 1926 då steinen sprakk på grunn av belastning eller naturleg kløyv i steinen. Foto: Erdmann, Riksantikvaren.



Forvitring av kalksteinsoverflata på Mariakyrkja på Gran etter 200 år utan puss. Forvittra stein skal normalt ikkje impregnerast, men ein kalkpuss vil stoppe nedbrytinga. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Forvitring av leirelag i kalkstein. Når steinen ligg på flasken går det gjerne bra, men dersom den står på kløyven kan lag spaltast av. Tingelstad kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Liming av stein. Første foto viser muren etter at ein tommetjukk skalk hadde losna. I andre fotoet er steinen limt på plass att og blir halde fast av elastiske kilar. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks F: Beslag

Beslag bidreg til betre avrenning og dermed mindre fuktbelastning på resten av murverket. Beslag som er festa inn i murverket er vanleg i overgangen mellom gavlvegger og tilstøytane takflater der det er risiko for fuktinntrenging. Det er også aktuelt på andre delar som blir utsett for stor belastning frå vêret, til dømes bygningselement som kragar ut frå fasadane, og sålbenkar.

For å sikre ein tett overgang må beslaget murast inn. Slissing i freda murverk blir normalt ikkje akseptert, men gammal sliss kan brukast om att. For å klemme fast beslaget er blyull godt eigna. Alternativt kan ein legge beslag inn i eksisterande fuger slik at det blir trappa inn i muren. Den enklaste og mest diskrete løysninga vil ofte vera å feste beslaget med pluggar eller stålstiftar inne i fugene og så mure det fast. Til dette kan det vera behov for ein hardare mørtel enn til resten av murverket, og her kan både NHL og KC vera gode val.

Til beslag nyttast vanlegvis tynne plater i sink, kopar eller bly. Tradisjonelt har bly vore mykje brukt og er framleis eit aktuelt materiale, då det er lett å tilpasse til uregelmessige overflater og overgangar. Val av material og utforming må likevel tilpassast det aktuelle formålet. Om beslaget vil bli eksponert for avrenning frå andre metall, må ein ta omsyn til dette ved val av materiale. Beslagsarbeid blir gjerne utført i samarbeid mellom murar og blekkslagar, og ideelt sett i samband med andre tiltak retta mot murverket.

Figurar:



Gavlbeslag av bly er festa med stålsnikar i fugene og pussa inn med NHL. Tingelstad gamle kyrkje.
Foto: Morten Stige, Fabrica.



Blybeslag pussa inn over dekklista på ein av portalane på Utstein kloster. Dette er ein effektiv måte å bremse forvitringa av steinen. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Ein blykappe over ein mellomalderskulptur på Nidarosdomen reduserer fuktbelastinga vesentleg.
Foto: NDR.

Boks G: Muranker og jern

I muren dukkar det jamleg opp jern med ulike føremål. Vanlegast er muranker som går gjennom muren og stabiliserer den ved at ein stokk eller ein jernstong går som ein strekkfisk på tvers av eit rom og er forankra i muren. Vi finn også jernband som går rundt eit hjørne eller rundt bygningen som eit korsett. Vi har også jernboltar som er bora inn i steinar for å feste taknedløp, lynavleiarar, dørhengsler osv.

Den største utfordringa er jern som rustar i steinen og sprenger den sund. Jern av dårleg kvalitet som ikkje er kapsla i bly vil etter kvart ruste, utvide seg og øydelegge steinen. Dersom det er mogleg må jern som rustar borast ut, og erstattast med syrefast materiale dersom det framleis er behov for festet. Godt jern kan fuges inn med blyull som også bidrar til å hindre rust.

Gamalt smijern har ofte høg kvalitet og rustar lite. Når det blir gjort arbeid på muren og det er god tilgang frå stillas bør utvendig jern likevel behandlast.

Dersom jerndelen berre har overflaterust vil det vera tilstrekkeleg å fjerne dette med stålbørste, eventuelt også bruke fosforsyre e.l. til å fjerne fast rust. Unngå søl på muren sidan syre løyser opp kalk. Når syra er nøytralisert med t.d. sodavask kan jernet overflatebehandlast med oppvarming og linolje. Dersom det er meir utsett for rust pga. dårlegare jernkvalitet eller salt frå sjøsprøyt kan Owatrol eller Isotrol brukast som overflatebehandling. Dette er klåre impregneringar som ikkje endrar utsjånaden vesentleg. Eit anna alternativ er måling med Hammerlakk, men den gir glatt, svart utsjånad som ikkje er ideelt.

Figurar:



Hjørnekvader med ein jernbolt som har rusta og sprengt sund heile steinen. Det er mogleg å stoppe skadeutviklinga ved å bore ut jernet eller fjerne nok rust til at den kan rustbehandlast og dermed isolerast frå vidare opprusting. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Murverket på klokketårnet ved «Søsterkirkene» på Gran er sikra med eit jernkorsett. Muren står no utan større sprekkar så anten var tiltaket svært effektivt eller så var det overflødig. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Jernanker som er rustbehandla og måla med hammerlakk (t.v.). Ofte vil behandling med linolje eller annan spesialolje vera tilstrekkeleg sidan ankra gjerne er laga av jern som har god kvalitet og rustar lite. Olje gir ei meir tradisjonell overflate (t.h.). Foto: Morten Stige, Fabrica.

11 Lesking og mørtelblanding

Rett mørtel er halve arbeidet

Ulike typar kalk krev ulike blandemåtar. Muren sin karakter og resultat frå prøvefelt vil gi eit utgangspunkt for val av kalk og blandemetode. Moglegheiter og avgrensingar er omtala i kap. 4-6.

Kalk som ferskvare og krav til lagring

Ferdigmørtlar og hydratkalk skal vera «ferske», dvs. at dei ikkje har vore utsett for luft som startar karbonatisering. Då mister kalken bindekraftene sine. Dette er ikkje eit problem ved våtleska kalk som er seld på spann med tett lokk. Kalkdeigen vil også danne eit beskyttande lag på toppen, og såleis hindre lufttilgang. Brent kalk skal også nyttast fersk, dvs. at leskeprosessen ikkje har starta ved handtering og transport. Då mister den sin reaktivitet. Ved lagring på tette plasttønner er brent kalk haldbar i mange år.

Tilslag

Tilslaget er avgjerande for mørtelen sine eigenskapar. Det påverkar fastheit, blandingsforhold, og korleis mørtelen er å arbeide med. Mørtlane som er omtala i denne vegleiaren er ofte så rike på bindemiddel at tilslaget kan ha mindre betydning enn i ein moderne mørtel. Forma på sandkorna, ein balansert siktekurve, særleg delen av finstoff, er likevel viktig, og bidreg til kor «seig», fast og haldbar mørtelen blir. Eit tilslag med lite finstoff, eller ein ubalansert kurve mot grovare partiklar, kan opplevast som «kort». Opplevinga ved bruk av mørtelen er også avhengig av eigenskapane til kalken. Dette betyr at delen av tilslag må tilpassast slik at mørtelen blir god å jobbe med.

Over tid vil ein skaffe seg erfaring med ulike kalkar og tilslag. Mange murarar har favoritt-tilslag frå ein bestemt produsent, som i Noreg i dag nesten alltid betyr naturleg, grushaldig sand frå breelv-, delta- eller elveavsetningar. I dei fleste tilfelle tilbyr produsentane tilslag med balansert siktekurve, men unngå vaska sand, som har for lite finstoff.

Forma på sandkorna spelar også inn. Sandkorn frå elveavsetningar er ofte avrunda og kan gi svakare mørtlar. Om sanden er «flisete» er også viktig. Det seier noko om i kva grad forma på korna er skifrige. Eit visst innhald av skifrige korn kan gi mørtelen «armering» og dermed høgare styrke.

Om det er tvil om tilslaget sine eigenskapar, kan ein forme ein ball av fuktig masse. Dersom den held godt saman er det normalt bra med finstoff. Det kan også vera aktuelt å setje opp prøvefelt med ulike kvalitetar av tilslag.

Kornstørrelse på tilslaget må veljast ut frå arbeidet sin art. Normalt ved spekking er 0-8/12 mm, men ved «grunnare» arbeid, eller når det i hovudsak er finare fuger, kan ein trenge finare tilslag, t.d. 0-4 mm. Det same gjeld for pussing. Ein tynn puss kan ofte ikkje ha meir enn maks. 4 mm kornstørrelse, nokre gonger enda finare, ein tjukkare puss treng grovare tilslag. Grovt tilslag var vanleg i mørtlane i mellomalderen, både til fuging og pussing. Det gir som oftast mindre svinnsprekkar.

Ferdigmørtlar inneheld tilslag og det skal berre tilsettast vatn og blandast, etter tilvisning frå produsenten. Det er likevel naudsynt å velje ein ferdigmørtel med sand som er tilpassa oppgåva.

Blandingsforhold

Det blei brukt bindemiddelrike mørtlar både til fuger og puss i mellomalderen, ofte 1:1 til 1:2. Ein såpass høg og ikkje sjeldan høgare del kalk, er truleg ein vesentleg årsak til at mellomaldermørtlane ofte hadde god bestandigheit. Blandingsforholdet var m.a. avhengig av kalken og tilslaget sine eigenskapar i tillegg til metoden for lesking.

Vi brukar gjerne dei vanlegaste blandingsforholda frå mellomalderen som utgangspunkt ved blanding av mørtlar, særleg ved bruk av mørtellesking, og også for tørreska kalk. Men ved ganske reine kalkar kan det være naudsynt å nytte meir tilslag for å unngå problem med mykje svinriss, særleg når det er tørt og varmt. Ved bruk av våtleska kalk, blir blandinga ofte for blaut ved 1:1, ofte må ein opp til 1:2 eller over, men det avheng av fastleiken/vassinnhaldet til kalkdeigen – og sjølvstøt av sanden sitt fuktinnhald. Det er viktig å bruke tørr sand ved blanding av våtleska kalk! Ved bruk av ublanda NHL 2 kan 1:2 gi ein for sterk blanding. Ein må i alle tilfelle prøve seg fram, slik at ein får mørtel som er god å jobbe med og som ikkje gir for mange svinriss. Den må likevel ikkje vera for ulik dei blandingsforholda som er prosjektert på grunnlag av produsenten sine tilrådingar, mørtelanalysar og prøvefelt.

Konsistens

Innhaldet av vatn i ein mørtel er viktig: Di mindre vatn, di mindre risiko for svinriss ved tørking og di betre fastheit og poreinnhald etter herding. Samtidig må konsistensen vera brukbar for arbeidsoppgåva, påkast krev ein mørtel som «flyt» mykje betre enn ein spekkemørtel – men utan at den er alt for våt. Spekkemørtel skal vera ganske «tørr» når den blir pressa inn i ein fuge. Ein må ikkje bruke for mykje vatn som middel for å få mørtelen til å «flyte» betre. Det er viktig å hugse at kalken er tiksotropisk, dvs. at den «flyt» ved påført kraft, slik ein kan oppleve det når ein slår mørtelen kraftig opp på murarbrettet, eller ved manuell blanding.

Det er ei utfordring å bruke lite vatn. I dag bruker ein tvangsblandarar på byggeplassen. Dei oppfordrar ikkje til lågt innhald av vatn, på same måte som når ein lager mindre blandingar for hand, med spade på fast underlag. Ein kan også blande mindre vassrike mørtlar med visp, men då også i mindre batchar. I England brukast såkalla «Roller Pan Mixers» for blanding av kalkmørtel. Dei knar mørtelen og kan vurderast også på norske byggeplassar.

Frå gammal tid veit vi at blanding av mørtel var ein viktig arbeidsprosess og vi kjenner omgrep som å «piske» kalk med avlange, trekanta jern. Om kalken blir piska vil vassinnhaldet kunne haldast nede, og bitar som ikkje er så godt leska kan bli knust og gi ein jamnare mørtel.

Blanding av tørreska og våtleska kalk

Pulver av hydratkalk i form av både CL90 og NHL bør blandast tørt med tilslaget før ein tilset vatn. Det gir ei jamnare blanding. Også her må vassmengda minimerast, men det er likevel viktig å hugse på at NHL brukar vatn i herdeprosessen og kan difor krevje meir vatn i blandinga enn CL90.

Våtleska kalk, eller kalkdeig, kan ha ulik konsistens frå produsent. Nokre er ganske faste, som ein fersk ost, andre litt blautare. For å kunne oppretthalde ei blanding som er rik på bindemiddel, er det vesentleg å bruke tørr sand, som nemnt over.

Mørtellesking

Skal mørtelen lagast av brent kalk er prosessen annleis, sidan kalken også må leskast. Først og fremst er det viktig å merke seg at blandingsforholdet blir annleis ved bruk av brent kalk, då denne vil ta opp vatn ved lesking, i tillegg til at den utvidar seg til omtrent det dobbelte. Det vil si at ein mørtel som skal ha ferdig blandingsforhold på 1:2 på volumbasis må blandast med om lag ein del brentkalk og fire delar tilslag (1:4). Stykkalk kan kome i store bitar. Difor må ein anten hogge/knuse den for å få riktig blandingsforhold, eller ein må legge til litt ekstra brent kalk på augemål. Ein kan også vege opp kalken, men då må ein rekne om frå volum til vekt, noko som kan vera tungvindt.

Lesking av brent kalk for å lage mørtel blir gjort som mørtellesking eller *hotmix*. Dette er ein fellesnemning for ulike måtar å leske kalken saman med tilslaget på. Til små volum kan ein lage ein sandhaug med ei grop i, fylle i med brent kalk, legge over sand og vatne forsiktig. I starten kan ein

som regel bruke 1,5-2 gonger meir vatn enn brent kalk på volumbasis. Etter kvart vil leskinga starte og gå føre seg som damplesking ved svært høg temperatur. Dette vil gi eit godt og finkorna bindemiddel. Mot slutten blandar ein heftig med spade, og passar på å ikkje tilføre for mykje vatn. Til slutt kan ein evt. ha blandinga over i ein stamp for å vispe den.

På ein vanleg byggeplass blir det i dag brukt tvangsblandar. Om ein knuser brentkalken til mindre bitar, kan ein legge sanden og kalken lagvis og leske som over, før blandaren blir sett i gang. Sjølv om ein skal vera forsiktig med vassmengda, er det viktig at det er nok vatn til at leskeprosessen får utvikle seg i dampen som blir danna ved så høg temperatur som mogleg, og at massen ikkje blir så seig at den set seg fast i blandaren.

Det er ulik fart på leskinga for ulike kalkar. Svakt hydraulisk brent kalk treng vanlegvis lengre tid enn luftkalk. Som regel bør blandaren gå i ein halv time eller meir. Det betyr at ein må starte mørtelleskinga i god tid før ein treng nytt materiale. Det kan også vera lurt å lage ei blanding på slutten av dagen, slik at ein kan slå den opp om morgonen. Ein slik mørtel kan brukast varm, særleg i fuger, eller stå tildekt i nokre dagar før den blir slått opp att til bruk, særleg for puss. Dette kan ein ikkje gjera ved for sterkt hydraulisk brent kalk, då den fort vil byrje å herde.

Med god logistikk og godt sortert kalk tek ikkje mørtellesking vesentleg meir tid enn andre blandemetodar.

Miniboks:

Konsistensen til mørtelen til ulike bruksområde er truleg den ferdigheita til ein dyktig murer som er mest oversett. Blandeprosessen er viktig for å kunne lage ein mørtel ein kan få på veggen! Å bruke minst mogleg vatn kan sjå bra ut under eit mikroskop, men viss vassinnhaldet er for lågt, kan påføringa bli vanskeleg og dermed føre til at arbeidet blir mislykka. Alt avheng av korleis muraren arbeider mørtelen medan den stivnar. Ein kan gjera mørtelen meir flytande ved å blande lenge. Dersom ein ikkje blandar mørtelen lenge nok og deretter berre tilset meir vatn for å oppnå ein brukbar konsistens, vil vassinnhaldet bli for høgt og gi ei svakare blanding. Kalk må arbeidast grundig, i motsetning til moderne sementmørtel. Ein svakt hydraulisk kalk kan ha dårleg plastisitet, men om den står ein dag eller to vil den bli meir brukbar. Den kan miste ein liten del av den hydrauliske herdinga si, men dette vil vera minimalt. Eit høgt vassinnhald fører til krymping når mørtelen stivnar, og det blir ei svakare mørtelblanding. Ei våt mørtelblanding er lettare å påføre, men den må også skurast meir medan den stivnar på veggen. Ein erfaren murar kjenner timinga og forstår heile prosessen – noko som eigentleg ikkje lar seg skildre skriftleg.

Chris Pennock, tradisjonsmurar

11. Lesking og mørtelblanding

- Kalk må lagrast riktig for å bevare kvaliteten.
- Tilslaget påverkar mørtelen sin styrke, plastisitet og i kva grad den kan tilarbeidas.
- Mellomaldermørtlar var som oftast svært kalkrike.
- Lågt vassinnhald gir betre fastheit og mindre svinn.
- Konsistensen må tilpassast arbeidsoppgåva.
- Hydratkalk og NHL må først blandast tørt med tilslag.
- Våtleska kalk krev tørr sand for å oppnå riktig blandingsforhold.
- Mørtellesking inneber lesking av brent kalk saman med tilslag.
- Mørtellesking kan gi mørtlar som liknar historiske mørtlar.

11 Figurar:



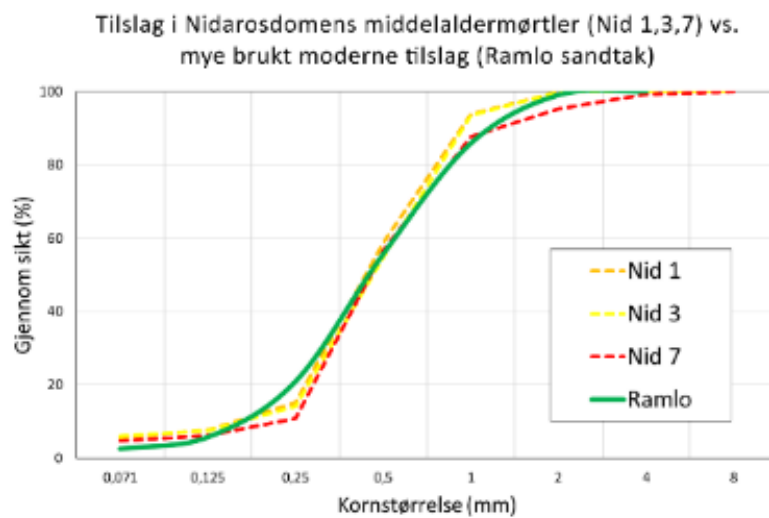
God blandeplass under tak med tvangsblandar og visp. Sakshaug gamle kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Mørtellesking i tvangsblandar. Øvst: Sand og brentkalk er lagt lagvis, med sand på toppen, og det er tilsett vatn tilsvarande omlag 1,5-2 gonger volumet på brentkalken. Leskinga går føre seg ved høg temperatur i dampen som blir utvikla. I midten: Når leskinga er ferdig og temperaturen går ned, blir det først blanda tørt. Nedst: Blandaren går ved tilsetjing av meir vatn til ønskt konsistens. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Våtlesking av brentkalk i tradisjonell kalkbenk. Vassdampen kjem av den høge temperaturen som oppstår under leskinga. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Døme på lokalt tilslag i ein av Nidarosdomen sine fugemørtlar frå 1200-talet. Siktekurven er balansert og viser ein litt høgare del av finstoff enn tilslag frå Ramlo sandtak som no er mykje brukt av kalkmurarar. Analyse av Thorborg von Konow.

Storleik (millimeter)	Storleik (mikrometer)	Nemning (Udden-Wentworth)
16–32		Grov grus
8–16		Medium grus
4–8		Fin grus
2–4		Veldig fin grus
1–2		Veldig grov sand
0.5–1	500-1000	Grov sand
0.25–0.5	250-500	Medium sand
0.125–0.25	125-250	Fin sand
0.063–0.125	63-125	Veldig fin sand
0.002–0.063	2-63	Silt
<0.002	<2	Leire

Vanlege klasser for kornstorleik og tilhøyrande nemningar. Finstoff er fellesnemning på silt og leire.



To pussmørtlar med same kalktype (Brevikkalk) og same blandingsforhold (1:2) brukt på Ulnes kyrkje i 2024. Mørtelen til venstre har grovt tilslag (0-10) mm av noko flisete sand med høgt siltinnhold frå Valdres, medan mørtelen til høyre har finare tilslag (0-4 mm) av sand med lite finstoff frå Skien. Tilslaget frå Valdres har gitt mørtelen tydeleg høgare fastheit enn tilslaget frå Skien.

12 Spekking

Vidareføring av pinning og murens karakter

Når murverket er hoggen fri for skadd puss eller uønskt sement og reinska ned til valt djupn, ofte «fingerfast» mørtel, kan ein byrje arbeidet med å bygge opp att fugene med kalkmørtlar. Spekking vil seie å bygge opp att dei djupare fugene. Utføringa av fugene vil ha stor påverknad på det endelege resultatet. Ønskt utføring må difor vera avklart før ein byrjar med spekking. Nokre gonger inneheld murkjerna så mykje oppmagasinert fuktigheit at fugene må stå opne, men skjerma for nedbør, i fleire månader eller over vinteren, før arbeidet med spekking kan starte. Prøvefelt vil ofte kunne avklare dette, men det kan kome overraskingar når fugene blir opna som vinterarbeid. Då kan ein måtte endre framdrifta.

Framgangsmåten her gjeld murverk av tukta stein, der fugene kan vera mange centimeter breie og bygd opp med pinningsstein. Spekking av kvademur og i tynne fuger mellom hjørnekvadrar og omrammingar er beskrive i Boks G.

Sprekkar og større skadar. Nokre gonger er skadane meir omfattande og det er ikkje nok at berre fugen blir utbetra. Det kan vera større sprekkar og riss i murverket på grunn av skeive setningar i grunnen eller svakheiter i murverket, t.d. på grunn av utvida vindaugsopningar. Det er også vanleg at murverket har større holrom både i kjernen og mellom steinane i murskalet. Det kan kome både av forvitring og opphavleg utføring.

I moderne tid har større holrom gjerne blitt fylt ved å injisere ein flytande kalkmørtel. Nyttan av dette er tvilsam fordi det vil tilføre mykje fukt og karbonatiseringa vil gå svært sakte og gi liten styrke. Enno meir skadeleg er injisering av sementhaldige mørtlar eller sterke NHL-mørtlar som vil kunne gi eit tett sjikt i muren. Holrom som ikkje kan spekkast på vanleg måte bør som regel bli ståande, med mindre muren bular eller det er annan indikasjon på at muren er ustabil. Då må ein heller vurdere demontering.

Der det er sprekkar og riss må det vurderast om skaden er aktiv og i så fall om den kan utbetrast på ein rasjonell måte. Setningssprekkar som skuldast rørsle i grunnen og for dårleg fundamentering kan vera komplekse og krev analyser av lokale forhold. Fundamentering og drenering fell utanfor denne vegleiaren. Ofte vil det vera naudsynt å akseptere at ein mindre sprekk vil opne seg att. Nokre gonger kan det t.d. vera endringar gjennom året utan at det er negativ utvikling i særleg grad. Det same gjeld sprekkar som kjem av svakheiter i murverket. Der vil det likevel vera mogleg å mure inn nye bindarar dersom forbandet er dårleg frå før. Slike vurderingar må ein gjera når murverket er hogd fri for puss og skadde fuger er opna.

Pinningsstein. Framgangsmåten ved vanleg spekking byrjar med at pinningsstein som ikkje sit i fast mørtel er teken ut, lagt i bøtter eller sett på plass att i muren med trekilar, slik at den er klar for ombruk. Ved utbetring av gotisk murverk med større pinningsfelt er det særleg viktig å setje tilbake pinningsstein etter meisling. Det vil også vera naudsynt å supplere med ny pinningsstein av tilsvarande type som er brukt historisk. Det er ikkje gunstig å pinne med lausbrente bitar av tegl, fordi dei syg til seg mykje fukt, men der det er teglpinning som står i faste reparasjonsmørtlar av kalk, kan dei normalt bli ståande.

Spekkearbeidet. Muren må vera blåst fri for støv og forvatna ut frå kor mykje fukt det er i muren og vêrtilhøva før arbeidet startar. Men det skal ikkje vera vassfilmar når det blir mura! Svært djupe fuger må byggjast opp i fleire omgangar, setje seg og tørke ei stund mellom kvar omgang. Det er sentralt med opptørk, viss ikkje vil pussen over djupe fuger bruke lang tid på å karbonatisere og dermed bli ømfintleg for frost.

Kor mykje kan vi bygge opp om gongen? Djupe fuger på meir enn 10-15 cm, som kan vera lengda på ein god pinningsstein, bør gjerast i fleire omgangar. La fugen stå i 2-3 veker slik at mørtelen kan sette seg og kan tørke ein del. Vanlegvis er det lite behov for ettervatning i denne fasen, anna enn ved svært tørt vêr. Start murarbeidet med ein runde der dei djupaste fugene blir spekka først av heile sesongens arbeid. Deretter kan ein ta dei fugene som kan spekkast heilt ut. Det gir naturleg framdrift med tid til tørk, dvs. at mørtelen set seg. Generelt gjeld at di meir fukt ein fuge har, di meir forsiktig skal ein vera med ettervatning.

Nokre murarar føretrekk å gyse fugene, av og til også pinningssteinane, med ei tynn kalkvelling, før spekkinga byrjar. Dette er for å betre heften til steinane. Som regel vil ein godt blanda kalkmørtel gi god heft og då kan ein med fordel unngå dette trinnet.

Når ein spekkar mot ein eksisterande mørtel, skal botnen av fugen fyllast med eigna kalkmørtel og pinningsstein blir dytta/banka inn i fugen. Er det behov for fleire pinningsstein skal dei murast opp; leggst med mørtel i mellom og bankast inn for komprimering. Pinningssteinen skal vanlegvis stikke inn i fugen og ikkje ligge plastra parallelt med muroverflata. I så fall vil den utgjere eit svakt sjikt. Vidare skal pinningssteinen byggast ut til same nivå som dei større steinane rundt, slik at fugen seinare kan byggast vidare ut mest mogleg jamt med resten av murlivet. Fordi det er viktig å føre bruken av pinningsstein vidare i den historiske muren, bør dei same murarane stå for både reinhogging og spekking.

Mørtelen til spekking bør vera så tørr som mogleg og ha relativt grovt tilslag, gjerne 0-8 mm eller grovare. Då er det mogleg å bygge tjukkare mørtellag. Mørtelleska kalk er det naturlege valet for spekkearbeid i mellomaldermurverk. Sjå elles kap. 4 og 6 om val av mørtlar og kap. 11 om blanding.

Reiskap. Til spekking trengs berre tradisjonelt murarreiskap; murarbrett, murskei og spekkeskeier av ulik breidd. Ein må ha hammar for handa for å justere pinningsstein og banke dei på plass, gjerne med enden på skaftet. Små strykejernsforma trebrett eller enda mindre verkty av tre er nyttige for komprimering av fugene. Grov strie kan også vera eigna til komprimering.

Eksponte fuger som ikkje skal pussast må ha god forankring i muren og ein djupn på minst to gonger breidda. Dei må arbeidast godt i overgangen mot steinen, og svinriss skal bli lukka utan å glatte overflata. Fugen bør heller ikkje dras ut på steinen sidan den då blir tynn i kantane og skjør. Slike fuger må følgjast svært godt opp med ettervatning og komprimering sidan dei må stå eksponerte over tid.

Fuger som blir avslutta for puss er det normale. Det vil då vera naturleg å avslutte spekkinga eit par cm under steinoverflatene og gjerne la pinningsstein stikke litt ut. Om det er naudsynt å gå over fugen for å lukke svinriss – eller fjerne sintersjikt, må den raspast opp med trereiskap eller metallbørste i etterkant. Etter at fugene har sett seg byrjar prosessen med påkast, som er behandla under kapittelet om puss.

Vatning er ein viktig del av oppgåva. Behovet for å tilføre fukt er heilt avhengig av kor mykje fukt som er i muren og i vêret når arbeidet går føre seg. Ofte kan det vera naudsynt å vente fleire veker på at fuger i fuktig murverk skal bli tørre nok til å setje seg og gi grunnlag for vidare arbeid. Det er likevel om å gjera at fugene ikkje tørkar for raskt ut i overflata medan det framleis er mykje fukt i muren. Som regel vil det difor vera naudsynt med varsam vatning av fugene dersom det er sol og/eller vind. Ein kan hengje opp striesekker framfor muren for å forseinke opptørkinga. Når det blir vatna rett på fugene skal det berre gis ein fin dusj frå slange eller trykksprøyte utan at det blir avrenning nedover vegg. Ettervatning må følgjast opp til mørtelen i fugene har sett seg og ikkje får riss og sprekkar av betydning. Dette kan ta fleire veker. Er det varmt og mykje vind må vatninga følgjast opp dagleg, også gjennom helgene. Og dersom det blir arbeidd med fleire vegger på same tid, vil det vera behov

for ulike intervall for vatning på sol- og skuggesida. Hydraulisk kalk treng også meir vatn enn luftherdande kalkar. Sjå meir om tildekking av stillaset i kap. 8.

12. Spekking

- Fuktig murverk kan trenge lang tørketid før spekking.
- Djupe fuger må byggas opp i fleire omgangar.
- Fugene må vera reine og riktig forvatna før arbeidet startar.
- Mørtelen bør ikkje vera for våt og den bør ha grovt tilslag.
- Pinningsstein skal førast vidare som del av murverket sin karakter.
- Fugene skal avsluttast på nivå med steinoverflata og skal ha ru overflate når muren skal pussast.
- Fuger som ikkje skal pussast krev ekstra oppfølging med komprimering og vatning.
- God fuktstyring er avgjerande gjennom heile herdinga.

12 Figurar:



Forvatning og utprøving av pinningsstein. Tanum kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Spekking av djupe fuger med pinning ut til murlivet. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Bevart murverk med fingerfast mørtel og pinning treng berre eit påkast på fugen for å lage eit jamt murverk. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Kalkrik mørtel og rask tørk kan ofte gi svinnsprekkar som må komprimerast, særleg dersom mørtelen er blanda med mykje vatn. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Komprimering av fuger som er bygd opp til nivået for meddregne fuger. Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Under den første tørkinga oppstod det sintersjikt på fugene. Dei kan kjennast att som lysare parti med dårlegare sug. Ved hjelp av vass-sprøyte blir dei lett synlege før fjerning med stålborste. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Typiske meddregne fuger på innandørs gavlvegg. Mellomalder, Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Spekka kalkfuger utan puss er sårbare for slepp og riss i kantane. Gamle Tingelstad kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks H: Spekking mellom kvader og dekorstein

Når kan fugene bli ståande?

Fuger mellom kvader og dekorstein er ofte smale. Fjerning av eksisterande fugemateriale, inneber då stor risiko for at det kan bli skade på steinen.

Fuger kan bli ståande

- Så lenge det ikkje er sprekkar som gir stadig fuktinngang
- Viss fjerning vil føre til skade på stein

Val av mørtel og kornstørrelse tilslag

- Dersom ein kan bruke same kalk som ein bruker til andre føremål på den aktuelle kyrkja, vil det vera den beste løysninga
- Kornstørrelsen på tilslaget må tilpassast breidda på fugene
- Alternativt kan ein komponere ein spesialtilpassa mørtel til føremålet

Reiskap

- Til fjerning av eksisterande fugemateriale: Meislar i ulik storleik/utforming og hammar.
- Til spekking: Fugeskeier tilpassa breidda på fugene.

Framgangsmåte

- Eksisterande fugemateriale fjernast så langt inn i fugen som mogleg. Minste akseptable djupn er 2 x breidda på fugene.
- Fuger må reingjerast grundig og fuktast lett.
- Fuger spekkast og følgjast opp med tildekking, etterkomprimering og vatning.
- Fuger mellom profilar og bygningselement med utkraging er spesielt utsett for uttørking og krev ekstra tett oppfølging.

Figurar:



Ein tynn spesialmeisel i herda stål med avrunda egg gjer det mogleg å opne tynne kvaderfuger. Foto: NDR.



Spekking av kvaderfuger krev tolmod og presisjon. Steinane må vaskast fortløpande for å unngå søl ut over steinen. Nikolaikyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks I: Korleis unngå skadar i framtida ved kalkarbeid?

Skadar som:

- Riss, krakelering og bom
- Sintersjikt/kalkskorper (sjå kap. 5) og etterfølgjande frostskadar
- Manglande herding/karbonatisering og etterfølgjande frostskadar

Unngåast ved:

- Å halde seg til kalksesongen frå mai til august
- Tilstrekkeleg for- og ettervatning, og klimastyring på stillaset
- Aldri glatte og trekke ut kalk til overflata, dette unngår ein ved bruk av riktig reiskap til riktig tidspunkt og så tørr mørtel som mogleg
- Tildekking gjennom den første vinteren og lengre dersom det er naudsynt. Det må aldri dekkast til på ein måte som kan gi kondens på muren
- Løpande overvaking for å gjera avbøtande tiltak og justeringar. Regelmessig testing for bom og herding

Gode vurderingar av alt dette krev handverksmessig erfaring!

13 Utvendige pussarbeid

Å bruke det ein finn på muren som mal

Korleis ein skal utforma pussen må avgjerast ut frå murens karakter. Dette blir gjerne bestemt allereie ved evaluering av prøvefelt og etter studiar av tidlegare puss på den aktuelle kyrkja. Nokre gonger vil kyrkja ha gammal puss bevart, slik at dette kan brukast som mal. I mange tilfelle vil det ikkje dreie seg om ei full fornying av pussen, men om pussing av felt som er fjerna pga. skadar, eller som delvis skal pussast over. I slike tilfelle er det tjuknad og utforming av eksisterande puss som er malen for ny pussing.

Påkast for meddregne fuger. Ved full fornying av utandørs puss vil målsetjinga ofte vera å lage ei overflate som liknar på det vi finn på kyrkjer med restar av mellomalderpuss. Det er eit murverk med meddregne fuger under pussen. Opphavleg var det eit resultat av mureprosessen når overskytande fugemørtel blei brukt til utjamning utover steinane. Ein måte å etterlikne dette på i dag, er å spekke fugene ut til murlivet og deretter kaste på fugene slik at ein kan dra mørtelen av og ut på steinane. Der det er grunne fuger vil eit slikt påkast erstatte spekking. Dei meddregne fugene skal ikkje dekke heile steinflata, men gi eit underlag for pussing eller berre kvitkalking slik at ein får ein nokon lunde jamn murflate.

Påkastet skal utførast etter at spekkinga har sett seg og er ganske fast, og gjerne før den har karbonatisert i overflata. Påkastet skal på si side stå fram med ru og rufsete overflate og det skal ikkje tilarbeidast mykje. Nokre svinriss gjer heller ikkje skade. Det er viktig at overflata gir god heft til den etterfølgjande pussen, som vil fylle opp og jamne ut. For mykje tilarbeiding og komprimering kan m.a. gi slepp frå steinflatene og ei glatt overflate med sintersjikt.

Puss i eitt sjikt. Mellomalderpuss og andre eldre pusslag er stort sett bygd opp i eitt relativt tynt lag med gjennomsnittleg tjuknad på om lag 5-10 mm. Over ein meddregen fuge skal ein altså ikkje nytte moderne framgangsmåtar som kan involvere grunning og ulike sjikt med stadig finare tilslag. Men tjuknaden på pussen vil variere ut frå murlivet sin karakter. Ganske slett, romansk murverk krev tynnare puss enn gotisk murverk. Gotisk mur kan ha breie fuger, felt med pinning og ujevn murflate. Ganske slett murverk kan i nokre tilfelle greie seg med slemming over meddregne fuger (sjå kap. 15). Samla er målet å oppnå ei overflate der ein i hovudsak følgjer murlivet og utan at muren får ein slettpussa karakter.

Pussmørtel har gjerne finare tilslag enn mørtel til spekking og meddregne fuger, ofte 0-4 mm. Den skal kastast på når dei meddregne fugene har sett seg.

Fuktig-i-fuktig? Eit viktig spørsmål ved full fornying av puss, er nettopp kor lenge spekking og påkast skal setje seg. Som nemnt over er det er ein stor fordel om tørkinga ikkje har kome for langt. Samtidig kan for tidleg arbeid på djupe fuger gi stor fare sintersjikt når fuktigheita skal ut. Setting og tørking er avhengig av vêret og ein må følgje godt med for å finne det beste tidspunktet å starte påkast av puss.

Tildekking. Fjerning av kalksøl. Ved pussing er det fare for sprut av mørtel. Det er difor viktig å dekke til alt som ikkje skal ha puss, og der det vil vera vanskeleg å fjerne kalkflekke. Dette gjeld særleg vindauge, dører og omrammingar av fint tilhogd stein, men det kan også gjelde renner og taknedløp om slike ikkje er fjerna før arbeidet. Korleis ein skal forhalda seg til leiarar for lynvernanlegg må ein også vurdere i forkant. Ein kan bruke tilskorne isoporplater i opningar, eller skjerme med lause trelemmar. Plastfolie som kan festast med eigna teip, som lett kan fjernast utan å avsette merke, kan også vera praktisk. Bakken blir dekt til med lemmer eller presenning.

Om ein skulle kome i skade for å søle til, bør kalkflekkan fjernast så raskt som mogleg, først med vatn. Bruk av utblanda 35% eddiksyre er tillate ved hardnakka flekkar. Det må nyttast eigna svampar

eller klutar. Det er viktig å først vatne så mykje at det ikkje er sug i underlaget før ein behandlar med eddik. Fortynna saltsyre skal ikkje brukast.

Forvatning er essensielt som elles ved kalkarbeid. Ved pussing er det ei ekstra utfordring at fugene syg mykje, medan steinane har lite sug. Ein skal vera svært påpasseleg for å unngå vassfilm på lite sugande stein; ein må vente til overflata berre er litt fuktig. Vassfilm vil skape dårleg heft mellom puss og stein.

Murarreiskap og påføring. Det skal berre nyttast handverktøy. Bruk av pussprøyter er ikkje eigna for slikt arbeid som dette. Ein treng ikkje anna enn eit eigna murarbrett, murskei, små pussebrett av tre og eventuelt strie for skuring. Unngå mykje glatting – det gir stor fare for sintersjikt. Påføring skal skje med hardt påkast og avdragning av overskot før nytt påkast. Hardt påkast gir best heft. Ikkje fall for freistinga til å bruke *for* blaut mørtel ved påkast.

Skuring utgjer siste del av pussinga og skal ikkje gjerast før påkastet har vorte passe fast. Det kan ta alt frå nokre timer til eit døgn eller meir, dette avheng heilt av kor lang tid det tek før pussa sett seg. Å finne det beste tidspunktet for skuring er ein erfaringssak. Det er avgjerande at pussa blir skura på rett tidspunkt og at det blir gjort skikkeleg. Om ein skurer for tidleg blir kalken dregen ut og overflata blir glatt med fare for sintersjikt. Faren for dårleg heft og bom aukar også. For sein skuring på si side gjer det vanskeleg å forme pussa.

Ein kan nytte eit «snutebrett» av tre (forma som eit strykejern) som gjer det enkelt å følge murlivet, eller strie som er forma til ein ball. *Overflata skal vera ru*, noko som betyr at det ikkje skal skurast mykje på ein og same stad. Det er ikkje så farleg om det ikkje ser heilt «fint» ut. Etter passande tørk og før slemming og kvitkalking kan ein skrape av mindre forhøgningar og **tørrkoste** overflata for tilslag som stikk ut. Ein må ikkje streve etter ei heilt perfekt overflate - pussoverflata er ikkje det ferdige resultatet!

Pussing inn mot dekorativt steinarbeid og hjørnekvadrar kan vera krevjande. Det bør sjå fint ut, m.a. når det gjeld å treffe med tjuknad på pussa og avslutning inn mot enkeltstein. Like viktig er det at ein sørgjer for å tette alle små hol og sprekkar i slike overgangar, som kan vera detaljrike. For at dette skal bli vellykka, må tildekkinga fjernast slik at overgangen kan formast i fersk mørtel og avsluttast saman med skuring av overflatene. Det er også viktig å avgjera i god tid kva som skal stå utan puss. Hjørnekvadrar og omrammingar for vindauge og portalar står vanlegvis utan puss. Om ein ønsker å endre på dette må det inngå i dispensasjonssøknaden. Ein portal kan t.d. ha hogde stein som berre delvis blir pussa for estetikken si skuld. Skal ein då velje rette linjer eller ei fortanning i overgangen mellom stein og puss? Her er kunnskapen om mellomalderens utføring svært avgrensa.

Ettervatning blir gjort som for spekking (kap. 12), men er meir krevjande. Dette er særleg fordi det vil vera naudsynt å skilje mellom puss på steinoverflater og fuger. Puss på steinoverflatene tørkar fortare ut og kan krevje meir dusjing for å hindre utvikling av svinnriss, likevel må ein ikkje vatne meir enn naudsynt. Og om fugene blir vatna for mykje, er det fare for sintersjikt. Ein kan også bidra til å hindre opptørking indirekte ved å hengje opp striesekker rett framfor muren og vatne desse med jamne mellomrom. Avhengig av vêrlaget kan det vera naudsynt å vatne etter i eit par veker eller meir. Kor ofte og korleis må muraren som kjenner veggen og dei lokale tilhøva vurdere. Ofte vil det også vera naudsynt å vatne gjennom helgene.

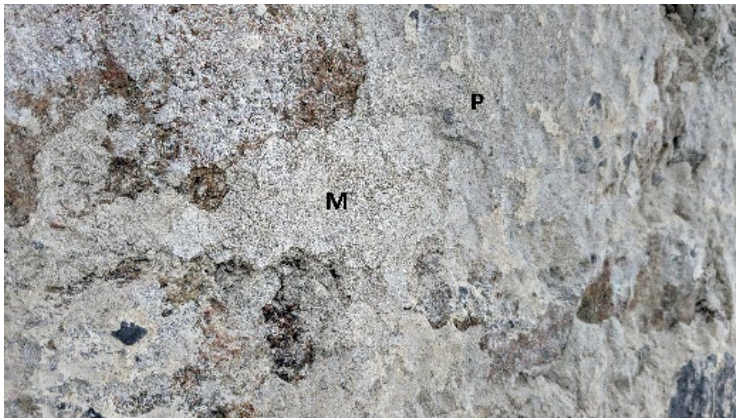
Lukking av svinnriss. Det er ikkje alltid så farleg om tynne svinnriss skulle oppstå i pussa. Dei vil bli lukka ved slemming og kvitkalking. Når større riss skal bli lukka må ein passe på å ikkje bruke mykje kraft. Då kan det fort oppstå bom. Rissa bør bli lukka ved å forsiktig stryke på langs med reiskap av tre. Riss opp til 2 mm tjuknad kan ein også lukke ved å fylle inn kalkslemming eller kalkdeig.

Fjerning av sintersjikt. Skulle det oppstå sintersjikt allereie under arbeidet med den ferske pussen, *må* dette skrapast vekk med murskei eller anna eigna verkty før pussen er blitt hard på overflata. Det kan vera vanskeleg å fjerne sintersjikt med messing- eller stålbørste på ein fast puss utan å øydelegge overflata. Det kan også vera vanskeleg å oppdage sintersjikt. Fargeforskjellar ved ettervatning kan vera ein indikasjon, like eins at pussen syg mindre der det finst eit sintersjikt. Ein bør gå nøye over pussen for å sjå etter sintersjikt.

13. Pussarbeid

- Ny puss skal tilpassast muren sin historiske karakter og tidlegare puss.
- Mellomalderpuss er normalt tynn og er lagt i eitt sjikt.
- Påkast og puss skal utførast med handverkty.
- Meddregne fuger blir bruka som underlag for tynn puss.
- Pussen skal følgje murverket og ikkje gi eit sletteputsa uttrykk.
- Overflatene skal vera ru og opne.
- For mykje tilarbeiding kan gi sintersjikt og bom.
- For- og ettervatning må tilpassast stein og fuger.
- Sintersjikt må opnast med skraping/stålbørsting når dei blir oppdaga.

13 Figurar:



Meddregne fuger tilarbeidd med murskei (M) under puss og kvitkalking (P). Fragment av sannsynleg mellomalderske mørtlar, utandørs sørvegg. Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Muren må vatnast godt før pussarbeid, t.d. med ein vasslange med dusj. Vent med påkast til steinoverflatene ikkje lenger er blanke av vatn. Tanum kyrkje, Larvik. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Grunne fuger blir bygd opp med påkast til nivået til murlivet. Stavanger domkyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Små pussebrett forma som strykejern (snutebrett) eignar seg godt til skuring av fuger og puss som skal følge karakteren til murverket. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Strieskuring eignar seg også godt, fordi det gir ei ru overflate på fuger eller puss. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Påkast av bindemiddelrik (1:1,5) hotmix som er slått kraftig opp på murarbrettet for å unngå høgt vassinnhald i den svært tynne pussen (2-4 mm). Tromøy kyrkje har eit murverk med ombrukte kvaderstein. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



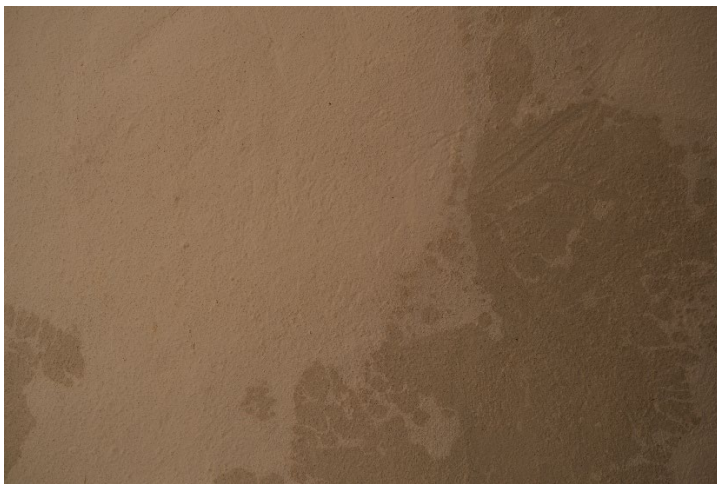
Munk og murer Fritz Düncher pussar ein kvadermur i Nürnberg i 1425. Han arbeider med ein mørtel som er så tørr at den ligg på brettet i ein klump. Kjelde: Hausbuch des Mendelschen Zwölfbrüderstiftung, Stadtbibliothek im Bildungscampus Nürnberg.



Kollegaen på Tanum kyrkje kastar på ein noko våtare mørtel. For å jamne overflata utan å glatte den dreg han pussen av med skeia. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Ferdig pussa vegg. Fargeforskjellen viser korleis fugene framleis er fuktige, medan steinoverflatene er tørre. Her må det vatnast presist, fugene treng ikkje vatn. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Dersom pussen blir glatta for mykje, eller muren får for mykje fukt frå murverket eller vass-søl, oppstår det sintersjikt som ein ofte kan sjå som misfargingar. Sintersjikta hindrar karbonatiseringa og må børstast grundig ned med stålborste så raskt som mogleg. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Felt med gammel puss er bevart i den nye pussen som er lagt på med same tjuknad. Vanlegvis blir heile veggjen kalka slik at den ser heilskapleg ut. Sakshaug kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Som biletet viser, har heile portalen vore kvitkalka tidlegare. Korleis den såg ut i mellomalderen veit vi ikkje, men i nyare tid har ein ofte valt å la hjørnekvadrar og omrammingar av dører og vindauge stå utan puss. Då er spørsmålet om ein skal velje ein rett linje eller ei fortanning som på biletet. Her er det ikkje noko fasitsvar, men det bør helst sjå bra ut. Nikolaikyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.

14 Innvendige pussarbeid

Innvendig puss har ein annan funksjon og utførast annleis enn eksteriørpuss

Oftast vil innvendige murflater stå seg langt betre over tid enn utvendig mur. Det er først og fremst skitt og mindre mekaniske skadar som fører til behov for arbeid på innermurane. Det kan likevel kome skadar frå fukt og salt gjennom muren, taklekkasjar eller opptrekk frå grunnen. Utvendig istandsetjing må difor gjerast først.

Når muren har ein funksjonell utvendig puss, tett tak og tilfredsstillande drenering, er det meste på plass. Men dersom det har vore fuktpåkjenning over tid og det er tilført saltar frå sement eller andre kjelder, kan desse bryte ned innvendig puss, også når den er ny. Då kan offerpuss (sjå boks C) og styring av inneklimate også inngå i løysninga.

Det kan også vera krevjande å gjera innvendige arbeid på puss og kvitkalking på grunn av ueigna materialar som er vanskelege å vedlikehalde. Dette kan til dømes vera for tette sementhaldige pussar eller tilsvarende tette, organiske målingar, slik som på eksteriøret.

Ofte er det fjerning av moderne måling som er hovudoppgåva innvendig. Då må ein først prøve ut metodar for målingsfjerning. (Sjå boks E.) Ein er nøydd til å finne metodar som ikkje bruker mykje vatn eller gir mykje avfall. Om mekaniske metodar ikkje fungerer, må ein prøve kjemisk målingsfjerning. Nokre gonger kan klassisk limavtrekk vera effektivt. Når målinga er fjerna må ein gjera testar og ta prøver av pussen for å sjå om bindemiddelet har trekt inn og øydelagt moglegheitene for vidare vedlikehald med kalking. I verste fall må heile pussen hoggast ned sjølv om den i seg sjølv er kalkbasert. Det er elles sjeldan omfattande skadar i innvendige fuger.

Anten det er puss som skal hoggast ned og byggast opp att eller berre kalking etter reingjering av skitten puss, er framgangsmåten i prinsippet som beskrive i kapitla om utvendig arbeid. Innvendig kan det likevel vera pusslag med kalkmåleri. Med mindre restaureringshistoria fortel tydeleg om full pussutskifting i nyare tid, må avdekking og fjerning av puss skje varsamt til ein får oversikt. Heile tida må ein sjå etter spor av måling eller raudkrit. Om det dukkar opp spor etter kalkmåleri, må ein stoppe arbeidet straks og ein må varsle byggeleiar slik at det kan hentast inn naudsynt spesialkompetanse.

Sidan det ikkje er direkte klimapåkjenning inne, er det ingen grunn til å velje hydrauliske mørtlar. Her vil ein kulekalk eller ein mørtelleska kalk som er heilt gjennomleska kunne fungere godt. Ein relativt svak og porøs puss vil bidra til eit godt inneklimate. Ein annan forskjell er at innvendig puss er gjennomgåande tjukkare og glattare enn dei eldste pussane vi finn utvendig. Eventuell slemming og kvitkalking er som på utvendig mur. Det er også behovet for ettervatning og fuktstyring. Dette er enklare i eit lukka rom når ein tek i bruk varmestyringa, men på den andre sida kan ein ikkje søle med vatn.

Det som kan vera den største kostnaden ved innvendige arbeid er tildekking og tilkomst. Dersom det er eit rikt inventar med alterskåp, preikestol, benkar, måleri og anna utsmykking på veggane, lysekroner og ikkje minst orgel, er det ein stor jobb å sikre, kanskje til og med demontere og flytte inventaret. Demontering og flytting av inventar er eit inngrep som ofte krev dispensasjon. Dersom det må hoggast puss blir det eit fint støv som trengjer inn overalt. Orgelet bør t.d. dekkjast til og setjast under trykk. Elektriske installasjonar må ofte koplast i frå. Bygging av stillas må også gjerast med stor varsemd. Det er svært viktig at både budsjett og framdriftsplan tek tilstrekkeleg omsyn til desse tilhøva. Sidan kyrkja som regel må stengjast under innvendige arbeid, er det også avgjerande å planlegge i god tid og gi kyrkjelyden ei realistisk forventning om når kyrkja kan tas i bruk att.

14. Innvendige arbeid

- Innvendig puss har ofte ein annan utføring enn utvendig puss fordi den ikkje blir utsett for vêr og vind.
- Fukt- og saltproblem må løysast før innvendige arbeid startar.
- Moderne målingar kan gjera vedlikehald vanskeleg.
- Fjerning av måling og puss må utførast svært varsamt fordi kalkmåleri og dekor kan ligge skjult under nyare lag.
- Innvendig puss er ofte tjukkare og glattare enn utvendig puss.
- Luftkalk er normalt tilstrekkeleg sterk innandørs.
- Inventar og utsmykking krev omfattande sikring under arbeida.

14 Figurar:



Innerveggane i kyrkjene har alltid vore pussa. Dette har gitt lys til rommet sjølv om det som regel var små vindauge. Ofte hadde veggane også dekor av fargerike kalkmåleri, noko som krev ein jamn og oftast noko tjukkare puss enn ute. Tingvoll kyrkje har bevarte område med puss og kalkmåleri som i alle fall går attende til ca. 1400. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Utsnitt av eit kalkmaleri i Tingvoll kyrkje av St Georg medan han dreper draken. Måleriet ligg på ein jamn puss som er noko tjukkare enn det som var vanleg utvendig.. Fotogrammetri: Past s.c.



Like under kvitkalkinga i Kvamsøy kyrkje låg det kalkmåleri frå 1700-talet. Her er dei i ferd med å bli avdekt av konservator. Foto: Hilde Viker Berntsen



Før ein sett i gang innvendige arbeid som kan gi støv, fukt eller søl, må ein sørge for flytting eller nøye tildekking av kunst, orgel og anna inventar. Nokre gonger er det mogleg å avgrense eit lokalt arbeidsområde med eit tett stillas. For å sikre mot støvlekkasje bør det også setjast opp avtrekk. Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.

15 Slemming

Nokre gonger er slemming nok

Sluttbehandling av fasaden skal gi den ei jamn overflate med kvit, eller brekt kvitfarge. Gamle fasadar har gjerne mange lag med slemming og kvitkalking i ulike tjuknader, men oftast er den tjukkare enn moderne kvitingslag. Eit skarpt skilje mellom slemming og kvitkalking er truleg eit resultat av moderne praksis. Skiljet kan vera nyttig om vi definerer slemming som ein tjukk kvitkalking med noko tilslag. Slemming blir også kalla sandkalk og det er ei god beskriving: eit sjikt med kalk og sand blanda saman til ein tynn velling som kan strykast på med murarkost. Det kan kalkast rett på pussen, men eit lag med godt tilpassa slemming først kan gi eit godt resultat og vera arbeidssparande. Slemminga vil fylle mindre riss og ujamne område i pussen og den dekker godt.

Forarbeid på gammal puss. Skal det slemmast på ein gammal puss må ein først børste overflata svært godt og deretter vaske, ofte saman med enda meir børsting. Men ver merksam på at eldre puss kan vera ganske laus – om ein tek for hardt i kan ein lage stygge sår. Det skal aldri vaskast med høgtrykk, og bruk av vatn er mest aktuelt dersom det er organisk vekst som må blautgjerast før ein skrubbar det ned. Er det mykje vekst kan sprøyting med etanol i forkant vera gunstig. Fjerning av lause materialar må gjerast med ein kraftig to-hands stålbørste og sparkelskei dersom det losnar større flak, men ein må passe på at ein ikkje «grev seg ned» i den gamle pussen. Høgtrykksblåsing med eigna medium kan vera aktuelt dersom det er brukt moderne produkt på upussa stein eller hardare KC-mørtlar som skal behaldast. Skadar i pussen må utbetrast før slemming.

Fersk puss må ha sett seg slik at den er fast og det ikkje oppstår nye svinriss, men den treng ikkje å ha tørka heilt og kan vera klar for slemming etter nokre dagar. Å slemme medan pussen framleis er fuktig vil gi god heft. Det føreset likevel at fugene har tørka tilstrekkeleg før ein byrjar å pusse. Det er i djupe fuger det meste av vatnet er – og dette er vatn som kan skape sintersjikt på både puss og slemming, som i så tilfelle må børstast bort før ein gjer vidare arbeid. Dersom det er mange større tilslagskorn som stikk ut så må pussen tørrbørstast før slemming.

Oppskrift. Slemming kan ein lage av vellagra kulekalk eller brent kalk. Kalkdeig frå kulekalk kan blandast med tilslag og vatn, ved hjelp av murvisp, til ein konsistens som tynn velling. Brentkalken kan blandast som hot-mix og vatnast ut til same konsistens. Tilslaget må vera fint, med kornstorleik mindre enn 0-4 mm. Dersom det ikkje er gitt noko anna oppskrift ut frå prøvelfelta blandar ein kulekalk og tilslag 1:1, eller brentkalk og tilslag 1:2, som bår gir 1:1 i den ferdige slemminga.

Det er ein fordel å lage kalkvatnet av same kalk og tilslagstype som dei underliggande laga av mørtel. Det gir godt samvirke og same fargetone slik at vørslyten mur ikkje blir påfallande synleg.

Det går også an å kjøpe ferdigblanda sandkalk på spann. NHL-basert slemming må ikkje brukast på luftkalkar eller tradisjonsbrente kalkar, fordi slik slemming er for sterk og tett.

Vatning og påføring. Pussen vatnast før slemming. Gi ein forsiktig dusj med slange eller trykksprøyte. Det skal ikkje renne og steinflater skal ikkje vera blanke av vatn. Vent litt etter vatning slik at det framleis er litt sug i pussen når ein tek til med slemming. Slemminga blir kosta på med murarkost. Rør jamleg i spannet så konsistensen blir jamn. Slemminga kostast ut over murflatene med kryssande strøk. Etter som arbeidet går framover vil pussen tørke opp. Ein må difor vurdere å forvatne meir under arbeidet. Det er lurt å unngå å arbeide i direkte sollys eller i sterk vind.

Etterarbeid. Sidan sjiktet er ganske tynt, så sett slemminga seg fort, men om tørken er rask bør det likevel vatnast varsamt dei første dagane. Det skal ikkje renne vatn nedover muren.

15. Slemming

- Slemming er ei tjukk kalkbehandling med fint tilslag.
- Slemming gir jamnare overflater og fyller små riss.
- Gamle pussflater må reingjerast skånsamt før slemming.
- Fersk puss kan slemmast medan den framleis er fuktig.
- Slemming blandast som ein tynn velling og påførast med kost.
- Same kalk- og tilslagstype som i underliggande lag gir best samvirke og farge.
- NHL-basert slemming skal ikkje brukast på luftkalkpuss.
- Forvatning og kontrollert ettervatning er viktig.

15 Figurar:



Slemminga er ein blanding av kalk og noko fint tilslag rørt til ein tjukk suppe. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Slemminga blir påført med murarkost. Hesby kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Ferdig slemma overflate. Tromøy kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

16 Kvitkalking

Den siste finish

Kvittingskalk er leska kalk utan tilslag og brukast som sluttbehandling av muroverflata både innvendig og utvendig. Det er fargetonen på kvitkalkinga som bestemmer det endelege uttrykket på muren. Kalken påførast som ei tynn måling med kost. Forarbeid og utføring er i hovudsak som for slemming. Når gammal kvitkalking flassar av er det på tide å kvitkalke på nytt. Det er ikkje alltid like enkelt. Ny kvitkalking festar seg dårleg på flassande underlag – det same kan vera tilfelle på faste og lite sugande pussmørtlar, som t.d. NHL 3,5, ofte også NHL 2. På NHL kan det vera naudsynt å bruke NHL-basert kalkmåling.

Forarbeid. Skal det kalkast på ein gammal puss med gammal kvitkalking må den børstast og vaskast godt ned på førehand, slik at laus slemming og kalk fjernast saman med vekst av algar og lav. Dette gjeld også for tagging dersom den ikkje har trengt langt inn i pussen. Vask skal aldri gjerast med høgt trykk, og bruk av vatn er mest aktuelt dersom det er organisk vekst som må blautgjerast for å få skrubba det av. Dersom det er mykje vekst kan sprøyting med etanol i forkant vera gunstig. Fjerning av lause materialar må gjerast med ein kraftig to-hands stålbørste og sparkelskei, dersom det losnar større flak, men som for puss må ein passe på at ein ikkje «grev» seg ned i den gamle pussen. Blåsing med eigna medium kan vera aktuelt dersom det er brukt moderne produkt på upussa stein eller hardare KC-mørtlar som skal behaldast. Skadar i pussen utbetrast før slemming.

Fersk puss kan ein børste over med ein stiv kost når den er tørr nok, mest for å fjerne sandkorn som er komen ut til overflata. Underlaget må ha sett seg slik at det er fast og ikkje oppstår nye svinriss, anten det er puss eller slemming, men det treng ikkje å ha tørka heilt og det kan vera klar for slemming etter nokre dagar. Dersom det derimot er stor fukttransport frå vatn som har samla seg i murverket, kan det vera naudsynt å vente i fleire veker før veggen er klar for kvitkalking. Då blir det mogleg å vurdere om det har oppstått sintersjikt, slik at ein eventuelt kan børste desse opne før kalkinga.

Oppskrifter. Ein kan lage kvitkalking av våtleska kalkdeig som kan vera nyleska frå brentkalk eller vellagra kulekalk. Ein fordel med å lage kvitkalking av same kalk som dei underliggande laga er tilsvarande fargetone, slik at vørs liten kvitkalking ikkje blir påfallande synleg.

Kalk til kvitkalking er i dei seinare år laget ved at 1 volumdel kalkdeig røres grundig ut i 3-5 volumdeler vatn. Nokre brukar også litt under 3 delar vatn – ein må prøve seg fram. Kalken blandast med murvisp til ein konsistens som lettmjøl. Slik kvitkalking er nær usynleg ved påføring og krev opp til fem strøk eller meir.

Ein alternativ framgangsmåte som gjer det mogleg å legge på kvitkalking i tjukkare lag som ofte finst på gamle fasadar, er å lage kvitkalkinga direkte av brentkalk. Når leskinga er ferdig slik at vi har ein varm deigkalk, kan det tilsetjast meire vatn, men det skal ikkje drype frå kosten. Kvitkalking laga på denne måten dekkjer betre og det trengs vanlegvis ikkje meir enn to til tre strøk. Om det oppstår småskala krakelering i overflata, kan det siste laget vera tynnare, slik at mikroriss i krakeleringa blir dekt. Unngå å bruke den siste resten av kvitkalking i bøtta – her vil det vera mykje botnfall.

Det går også an å kjøpe ferdigblanda kalkmåling. Dei er ofte tilsett marmormjøl for betre dekkevne. Ver merksam på at ferdige kalkmålingar kan ha andre tilsetningar som ikkje er ønskeleg på ein rein kalkpuss. Det er difor ingen grunn til å bruke den dersom underlaget består av reine kalkprodukt. Om pussen er bygd opp med NHL bør også kvitkalkinga vera NHL-basert. Unngå silikatmåling på kalkpuss. Den trengjer inn i pussen og er ikkje reversibel. På den måten hindrar den seinare tilbakeføring til kvitkalking.

Pigmentering av kvitkalking har i nokre tiår vore brukt i antikvariske prosjekt. Det er fordi dei historiske kalkane sjeldan er kritkvite i motsetning til mange av dei reine industrikalkane som har vore brukt. Dersom det skal gjerast vedlikehald av tidlegare pigmentert kalk eller opp mot felt med historiske kalkflater med naturleg farge, kan det vera naudsynt å bruke pigmentering. Dersom ein kan unngå pigmentering ved å bruke dei same kalkprodukta i puss, slemming og kvitkalking, så er det absolutt det beste.

Skal kvitkalking fargast inn mot eldre flater med kvitkalking eller kalkmåleri må det altså lages ei eiga oppskrift basert på kalkekte pigment. Dette gjeld særleg innandørs. For å fargesette kvitkalking i slike tilfelle trengs det støtte frå murkonservator eller ein handverkar som har god erfaring med å lage pigmentert kalkmåling.

Vatning og påføring. Pussen skal vatnast før kvitkalking. Gi ein forsiktig dusj med slange eller sprøyte. Det skal ikkje renne og steinflatene skal ikkje vera blanke. Vent ei stund etter vatning slik at det blir noko sug i pussen før kalkinga byrjar. Kvitkalkinga blir påført med murarkost. Rør ofte i spannet så konsistensen held seg jamn. Kvitkalkinga blir kosta ut over murflatene med kryssande strøk. Ved tynn kvitkalking (sjå over) er kvart enkelt strøk lite synleg. Ein må difor jobbe systematisk for å unngå «helligdagar». Resultatet kan ein først vurdere når strøket er tørt og kvitfargen blir synleg. Om det ikkje er slemming under så kan det ved tynn kvitkalking vera behov for fem strøk eller meir for å få ei godt dekkande kalking. For mange strøk kan auke faren for at kalken flassar av. Muren er klar for eit nytt strøk når det førre er tørt. Tørketid avheng av vêret, men ofte vil det passe med eit nytt strøk neste dag. Unngå å arbeide i direkte sollys eller sterk vind. I slikt vêr er tildekking av stillaset naudsynt.

Laus kalk i kvitkalkinga kan smitte av. Problemet kan reduserast ved ei siste runde med fiksering der ein kostar på kalkvatn på overflata. Fleire rundar med kalkvatn kan vera naudsynt, dette vil då også styrke overflata generelt. Til slutt kan ein «polere» med ei tørr, mjuk børste for å få ei overflate som smittar lite.

Kalkvatn er ein tynn oppløysning av kalk i vatn som ofte har vore brukt til både forvatning og fiksering av kvitkalking. Konsentrasjonen er så svak at det oftast vil gi liten effekt, og difor kan ein like gjerne bruke reint vatn til forvatning. 10 kg kalkdeig røres grundig ut i 100 liter reint vatn og står deretter tildekt i minst 15 timer, til kalken botnfeller. Kalkvatnet er det klåre vatnet over botnfallet. Den botnfelte kalken kan brukast om att til å lage kalkvatn fleire gonger.

Etterarbeid. Sjikta med kvitkalking er tynne, men dersom tørken er rask bør ein likevel vatne varsamt dei første dagane. Det skal ikkje renne vatn nedover muren.

16. Kvitkalking

- Kvitkalking er siste sluttbehandling med leska kalk utan tilslag.
- Kvitkalkinga bestemmer muren sitt endelege uttrykk.
- Gamle overflater må reingjerast og laust materiale må fjernast.
- Gammal kvitkalking må rufsast forsiktig opp med messingbørste.
- Fersk puss og slemming må ha sett seg før kvitkalking.
- Kvitkalking kan lagast av kulekalk eller nyleska kalk.
- Tynn kvitkalking av kulekalk krev mange strøk.
- Kvitkalking som er laga av varm kalk dekkjer betre og krev færre strøk.
- I nokre tilfelle brukar ein pigmentering for å oppnå «historisk» fargetone.
- Påføring skjer med kost og kryssande strøk.
- Kalkvatn kan brukast til fiksering av overflata.

16 Figurar:



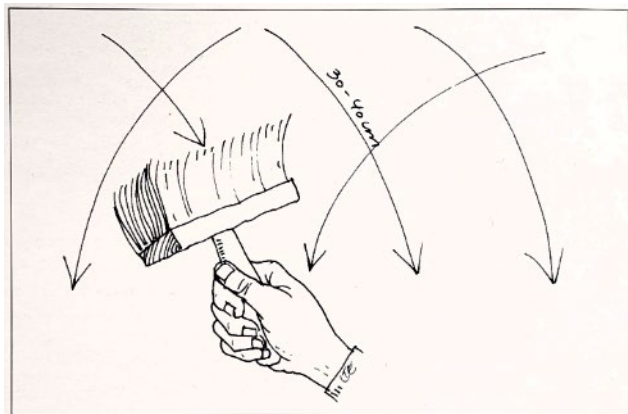
Lesking av kalk til kvitkalking. Ved seinare utblanding med vatn nyttar ein gjerne visp. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Blanding av nyleska og varm kvitkalking med visp. Framgangsmåten er den same om det brukast deigkalk. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Kvittalking av fersk kalkpuss. Høsbý kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Kalkkosten skal brukast med rørsler på kryss og tvers. Figur: Riksantikvaren.



Det er vanskeleg å få fram fargeforskjellane på kvitkalking i eit foto. Generelt hadde eldre kalkingar ein meir gyllen tone enn dagens, truleg fordi kalkane generelt var meir ureine. Her er eit forsøk på å «fange» fargevariasjonane i kvitkalking av tradisjonskalk frå Moster (K2) og Brevik (K3) og ein rein industrielt brent kalk frå Frantzefoss (K4). Prøvefelt på Hedrum kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

17 Etterarbeid

Å sikre seg mot skadar på ferske arbeid

Kalk herdar langsamt. Dessutan stoppar herdinga når det blir for kaldt og fuktig. Viss ikkje pussen har herda nok blir den svært utsett for frost. Den beste forsikringa mot skadar på fersk puss kan difor vera å la stillaset på vêrutsette fasadar stå tildekt med nett eller duk den første vinteren etter ferdig arbeid. Det er viktig at alt etterarbeid inngår i prosjekteringa frå starten av.

Vintertildekking og flikking av mindre skadar. På eksponerte fasadar er tildekking den første vinteren nesten alltid påkravd. Lite eksponerte delar kan greie seg utan, men dersom ein er uheldig med vêret slik at pussen blir gjennomtrekt av vatn før frosten kjem, så vil det bli skadar. Om stillaset er teke ned, kan ein spenne opp eit stramt nett frå takskjegget og ned mot bakken. Nettet må rekke lenger enn til bakkenivå slik at det kan rullast stramt rundt eit bord som deretter blir godt forankra med sandsekkar, betongklossar eller andre tunge ting som gjer at nettingen ikkje blir rive laus av vinden slik at den kan byrje å slå inn mot muren. Då kan den gjera meir skade enn nytte. Tildekkinga må sjåast etter jamleg gjennom heile perioden. Tildekking med tett duk nær muren kan hemme karbonatiseringa og er ikkje tilrådd.

Det er særleg viktig å unngå lekkasjar inn på stillaset eller bak duken. Takvatnet må handterast i eksisterande renner eller med midlertidige løysningar slik at det ikkje kjem på veggen. Vedlikehald av tildekkinga etter sterk vind er særst viktig. Nokre gonger kjem det likevel vatn inn på veggen, og då må ein rekne med frostskeadar.

Om stillaset skal bli ståande er ei vurdering i forhold til risiko. Har ein hatt betydelege problem med sintersjikt under arbeidet med kalken, eller om ein opplever langsam herding etter arbeidet, bør stillaset stå over vinteren, slik at ein kan unngå skadar, eller at det blir enklare å reparere i starten av neste kalksesong. Reparasjonar kan ein typisk gjera med tynne lag med puss, slemmelag og kvitkalking, etter at dei skadde områda er grundig reinska/børsta for lause delar og eventuelle sintersjikt. Reparasjonane skal normalt gjerast etter dei same oppskriftene som ved det opphavlege arbeidet.

Om det er mykje fukt i murverket og ein har hatt skadar etter første vinter, må skadane reparerast så tidleg i kalksesongen som mogleg, og med tilstrekkeleg tildekking i perioden for arbeidet og under ettervatninga. Det er ikkje uvanleg at slike problem oppstår; då må ein ha planar for å gjera det beste ut av det, og det må leggjast inn i budsjettet. Tildekking er også drøfta i kap. 8.

Kontroll av karbonatisering av fersk mørtel. Kontroll av karbonatisering og fastheit i puss og fuger er nyttig for å bedømme risiko for frostskeadar og dermed behov for tildekking.

Kor djupt karbonatiseringa går kan ein måle ved bruk av pH-indikatoren fenolftalein, som ein kan kjøpe av nokon som forhandlar kjemisk utstyr. Kontrollen gjer ein ved å hogge eit lite hol i pussen med ein fin meisel. Hølet må blåsast reint med munnen eller anna eigna utstyr, og testen kan difor ikkje gjennomførast når pussen er våt. Deretter må ein drype, eller enda betre spraye fenolftalein inn i hølet, som vil få sterkt rosa farge der det ikkje er karbonisert. Ikkje bruk for mykje væske, det gir skjemmande rosafarge inntil karbonatiseringa er ferdig. Deretter måler ein kor djupt karbonatiseringa går og loggfører dette. Oppfølgjande kontrollar må utførast ved å hogge eit nytt hol eit stykke unna det gamle, fordi hølet opnar for ekstra tilførsel av luft og dermed CO₂.

Vanleg utvikling av karbonatisering i puss er 10-15 mm i byrjinga av oktober dersom det er pussa før fellesferien, og mindre om det er pussa mot slutten av august. Sjølv om karbonatiseringa stoppar opp om hausten, vil den ta seg opp att på vårparten. Vanleg djupn i april-mai kan vera 20 mm. Men dette er sterkt avhengig av materiale, djupna til underliggande fuger og ikkje minst vêret. Di djupare fuger,

di meir fukt og meir langsam karbonatisering. Difor bør ein måle kor djupt karbonatiseringa går både i grunne og djupe fuger.

Fastleiken vurderer ein ved meisling av hòlet. Det er vanleg at pussmørtel basert på kalk er ganske smuldrande den første tida; dette betrar seg etter kvart. Ved loggføring av fastheit kan ein bruke opplevinga av kor mykje kraft som skal til for å lage eit hol med 2-3 cm djupn. Dei små hola kan enkelt reparerast med kalk neste sesong og kalkast over etter behov.

Utvikling av sintersjikt etter avslutta arbeid. Har ein hatt problem med sintersjikt under kalkarbeidet, vil dette fortsette utover hausten og vinteren og gi nye sjikt på kvitkalkinga. Det kan også oppstå utan at det har vore utvikla tidlegare. Sintersjikt kan vera vanskeleg å oppdage, men er ofte forbunde med fuktflekkar som har avvikande farge, ofte utprega gråleg eller litt brunleg, og ofte litt skinnande. Ein drope vatn vil trekke seinare inn på eit stad med sintersjikt enn der det ikkje er eit slikt sjikt. Dessutan er sintersjikt alltid forbunde med mangel på karbonatisering. Om ein test viser nær null karbonatisering nokre månader etter pussing innanfor kalksesongen, kan ein vera ganske sikker på at det er danna eit sintersjikt. Det er lurt å spørje erfarne rådgivarar eller murarar om ein er usikker.

Sintersjikt bør fjernast med messing- eller stålborste så snart som mogleg, slik at herdinga ikkje blir forseinka. Då vil herdinga kunne kome i gang att på normal måte når våren kjem. Deretter må ein vurdere når det skal kvitkalkast på nytt, gjerne tidleg i kalksesongen. Det kan dessutan vera behov for småreparasjonar og slemming dersom børstinga har ført til litt større skadar. Ny kvitkalking er alltid påkravd.

For å oppdage sintersjikt, kontrollere karbonatisering og utføre vedlikehald av stillas og duk, må ein vera til stades! Det må difor lagast ein plan for overvaking, og dette må utførast av kompetente folk.

17. Etterarbeid

- Kalk herdar langsamt og er sårbar for frost i lang tid.
- Vintertildekking er ofte naudsynt på vêrutsette fasadar.
- Nett må festast godt og haldast ved like gjennom vinteren.
- Lekkasjar på fersk puss kan gi store frostskadar.
- Små skadar kan reparerast om våren.
- Karbonatisering kontrollerer ein med fenolftalein.
- Djupe fuger karbonatiserar meir langsamt enn grunne.
- Sintersjikt kan utvikle seg også etter avslutta arbeid.
- Sintersjikt må bli raskt fjerna for å sikre vidare herding.
- Overvaking og kontroll etter utført arbeid er avgjerande for eit godt resultat.

17 Figurar:



Tildekking med nett som heng frå gesimsen og er godt forankra mot bakken kan fungere godt så lenge nettet er stramt og ikkje slit på muren. Nedisinga viser tydeleg korleis nettet har teke belastninga frå den ferske muren. Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Nettingduk som ikkje var stramma godt nok opp førde til skadar på den nye kvitkalkinga når duken «slang mot vegg» i sterk vind. Moster gamle kyrkje. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Testing av kalkmørtelen si karbonatisering med fenolftalein. Lilla farge viser kor kalken ennå ikkje er karbonisert, og dermed kor djupt karbonatiseringa går. Her er det dårleg karbonatisering! Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Takvatn som ikkje blei fanga opp i renna rann ned på muren gjennom vinteren og øydela store delar av pussen. På grunn av hellinga på muren og vêreksponeinga burde denne fasaden vore tildekt første vinteren. Sakshaug gamle kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Takdryppet gir jordsprut og stor fare for skadar på nedre del av pussen. Det kan utbetrast med renner eller etablering av eit grusbelt som fangar opp takdryppet. Mariakyrkja, Gran. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks J: Mariakyrkja på Gran. Restaurering med tradisjonelle materialar

Etter ein brann i 1813 sto den romanske Mariakyrkja på Granavollen utan puss. Etter kvart kom den under tak att og murverket blei utbetra med sementspekking av fugene i 1896. Dermed blei både «Søsterkirkene» ståande med upussa murverk. I 2022 var det behov for å setje i stand austmuren som hadde omfattande skadar på sementfugene og fuktutslag på innsida av vindauget, som kunne kome av skadar i fugene. Det blei difor sett i gang eit prosjekt der målet var å spekke om fugene med kalkmørtel.

Då stillaset var oppe synte det seg at det var betydelege skader på kalksteinsblokkene i fasaden. 200 års eksponering hadde fått fart på forvitringa av svake sjikt i steinen. Ei murarfagleg vurdering tilsa at ein puss ville vera den beste måten å ivareta både stein og kalkfuger, som stort sett var godt bevart under den grunne sementspekkinga. Puss var også den historiske utføringa som kan følgjast så langt attende som kjeldene går, og som det dessutan var bevart restar av. Alt peika også mot at dette var den opphavlege utføringa.

For å ikkje miste kalksesongen sette Kyrkjeleg fellesråd i gang ein rask prosess med ny dispensasjonsbehandling hos Riksantikvaren og eit folkemøte for å presentere problemstillinga og ønskt metode. Riksantikvaren slutta seg til ønsket om å tilbakeføre kalkpussen. Resultatet blei eit fireårig prosjekt der all sement blei fjerna frå fugene og nytt murverk er bygd opp med spekking og pinning av fuger med djupare skadar, påkast av ein tynn puss som er sekkeskurt, deretter slemming og kvitkalking. Det er brukt tradisjonskalk, i hovudsak svakt hydraulisk Totenkalk som er mørtelleska med sand frå Jevnaker. Pussen er blanda ca. 1: 1,5-2 ferdig leska. Totenkalken er dolomitthaldig og har synt seg svært godt eigna. Stillaset på austfasaden blei rigga ned i slutten av august og fasaden sto gjennom den første vinteren utan tildekking. Etter fire år er det ikkje oppstått skadar av betydning korkje på puss eller kvitkalking, sjølv rett over ein utragande base. Som bildet på framsida av vegleiaren viser, har Gran på ny fått «Søsterkirker» med kvar sin karakter; ein i kvit kalkkappe og ein med mørkegrå kvadersteinskjole.

Figurar:



Restar av gammal puss var bevart mange stader på Mariakyrkja og ga premissane for ny utføring. Det er ein tynn puss eller fleire lag slemming på meddregne fuger. På den måten blir muren ganske jamn sjølv om pussen er tynn. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Fuginga med sement går attende til 1896, men er blitt reparert i fleire rundar med sement av ulik kvalitet og farge. Det var mykje riss i overgangen mellom fuge og stein. Foto: Morten Stige, Fabrica.



For ein stor del låg det fast kalkmørtel like under sementen og den var i god nok stand til å kunne bevarast. Der blei pussan kasta rett på, medan ein i andre område måtte spekke ut og pinne djupare parti. Øvst ser vi også den lagvise forvitringa av kalksteinen. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Dokumentasjonen viser at hjørnekvadrane har vore kalkslemma, samtidig er det ikkje ønskeleg med puss på kvadrane sidan dei er hogde for å gi ein skarp hjørneavslutning. Påkastet på muren går difor mot null inn mot hjørnet. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks K: Tingvoll kyrkje. Nokre gonger bør sementen få stå

Tingvoll har den flottaste steinkyrkja på Nordmøre. Den har etter alt å dømme stått med puss sidan den blei bygd på slutten av 1100-talet, men både vest- og sørfasaden har hatt problem med fukt og skadar på murverket i mange hundre år. Fram til den store restaureringa i 1928-29 sto vestgavlen med bordkledning for å halde vatnet unna.

På 1920-talet blei det meste av fasadane spekka og pussa med KC-mørtlar. Mot vest og i vestre del av sørveggen blei fugene i staden bygd om med pinningsstein sett i ein sterk sementmørtel. Resten av sørveggen blei behandla på same måte i 1966. Først sto også desse fasadane med kvitkalking men den blei raskt vaska av. Innvendig blei det pussa med ein ganske tett KC-puss.

Dei siste 100 åra har kyrkja stått med to gråe natursteinmurar, medan resten av eksteriøret no er kalkpussa. Sidan det har vore ein del problem med salt og fukt i dei innvendige murane og nedfall av kalkmåleri frå mellomalderen, er det blitt vurdert å gjera tiltak med murverket. Første prioritet er å bytte ut den innvendige KC-pussen med ein rein kalkmørtel som transporterer og bufrar fukt betre.

Det har også vore eit ønske om å fjerne sementen frå dei to siste fasadane for å restaurere muren med kalkfuger, puss og kvitkalking. Det er gitt dispensasjon for å opne nokre representative prøvefelt for å vurdere framgangsmåte for å fjerne sementfugene og tilstanden under.

Kvaliteten på sement og utføring er førsteklasses, så det er knapt riss i overgang mellom sement og stein og også heilt minimalt med kalkutfelling på fasaden. Innmuringa av pinningsstein i fugene og fargen og hardheita på mørtelen gjer at det er naudsynt å bruke vinkelslipar, slagbor og kraftmeisel for å opne fugene. Det er likevel svært vanskeleg å sjå eller kjenne overgangen mellom fuge og bygningsstein. Sementen kan difor ikkje fjernast utan å gjerast vesentleg skade på murverket. Prøvefelt viste heldigvis også at underliggande mørtlar som ligg 6-12 cm inn i fugene ikkje er vesentleg nedbrotne eller våte.

På dette grunnlaget er det bestemt at sementfugene skal få stå på dei to murane. Prøvefelt er reparert med 2/3 ferdigblanda KC 50/50 og 1/3 mursement, så det er å håpe at dei vil stå like godt.



Tingvoll kyrkje sett frå sørvest. Dei to upussa gråsteinsmurane får i alle fall fram dei flotte hjørnekvadrane og portalen i kvit marmor. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Sementfugene frå 1930-talet står nesten utan riss eller kalkskorper. Risset på biletet er tetta av ein heilt lokal kalkutfelling. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Fugene er mura med pinningsstein sett i sement med ein djupn på 10 cm og meir. Dette gir ein svært sterk fuge der det kan vera nesten umogleg å skilje mellom stein og sement. Sjølv med vinkelslipar og pigghammar for å opne midten av fugen er det svært tidkrevjande å få hol på den. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Her er eit lite parti opna med vinkelslipar, bormeisel og handmeisel. Arbeidet gjer meir skade enn nytte og sementmurverket må bli ståande. Foto: Morten Stige, Fabrica.

Boks L: Tanum kyrkje, Larvik. Når enkelt vedlikehald trumfar bevaring av puss

Nokre gonger kan ein eldre puss stå ganske bra, sjølv om den gjennom 1900-talet har vore måla med moderne produkt. Det kan t.d. dreie seg om sementhaldige slemmingar med tilsetjing av organiske bindemiddel som akryl. Eller det kan vera kalkbaserte produkt med celluloselim. Andre gonger kan det vera silikatmåling. Men sjølv om tilstanden kan virke nokså grei ved første augekast, vil det alltid vera skadar som må utbetrast. Det kan dreie seg om avflaking etter lekkasjar frå takrenner, open bom langs dei nedre delane av murane eller mindre skadar rundt vindaug. Ofte vil det også dreie seg om organisk vekst som algar og bakteriar.

Korleis skal ein behandle slike skadar når ein veit at ein siste finish med kvitkalking sikkert vil bli bra på reparerte områder, men at den ikkje vil få god nok heft på den moderne målinga? Samstundes veit ein at dei moderne målingane ikkje er å oppdrive lenger. Det oppstår med andre ord eit dilemma: Pussen er litt for god til å bli meisla bort, men fasaden kan heller ikkje haldast ved like på normalt vis med kalk.

Eit døme på dette har vi på Tanum kyrkje ved Larvik. Kyrkjens noverande «hovudpuss» er kalkpuss med ørlitt tilsetjing av sement frå så tidleg som 1865. Kyrkja hadde opphavleg normal kvitkalking og er i høgste grad bevaringsverdig, men har naturlegvis fått ein del skadar opp igjennom åra. Frå 1950-til 1970-talet blei fasadane ved to høve måla og slemma med plast- eller oljebaserte produkt, i tillegg til «Mineralux», sementhaldig slemming med akryl.

Utbetring av skadar som har oppstått kan fint gjerast med ny kalkpuss, men på andre stader er det ikkje mogleg å fjerne dei moderne målingane utan å øydelegge den svake 1865-pussen bak. I eit pågåande prosjekt valde ein difor å ofre pussen til fordel for nypussing av heile fasadar. Det er trist å måtte meisle bort ein slik puss, men fasaden må kunne haldast ved like også i framtida. Og i dette tilfellet vil framtidig vedlikehald vera mykje enklare med ein heilskapleg ny puss: Muren er blitt vedlikehaldsvenleg og ein kan utan vidare fortsette med kalk.



Sørveggen på skipet. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Typisk utsjånad på hard Mineralux som ligg som ei slemming på Tanum kyrkje sine ytterveggar. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Fjerning av den Mineralux-behandla pussen med bruk av meisel og slagar. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

Boks M: Moster gamle kyrkje. Utfordringane med å vedlikehalde NHL 3,5-puss

I 2008 blei dei svært vêreksponerte vest- og sørveggane på Moster gamle kyrkje på Bømlo pussa med NHL 3,5. Pussinga gjekk føre seg på eit fint kvadermurverk i kleberstein, som fleire tiår tidlegare hadde blitt spekka med sterkt sementhaldige mørtlar. Før 2008 hadde dei byrja å sprekke opp. Fordi det var vanskeleg å fjerne desse mørtlane, gjekk ein altså ut frå at ein såpass sterk mørtel som NHL 3,5 burde kunne «gjera jobben» - dvs. beskytte kvadermurverket og hindre inntrenging av vatn gjennom sprekkar i sementmørtelen. Det har då også delvis fungert. Men 15 år seinare, i 2023, var pussen temmeleg «sliten». Over alt på fasadane hadde pussen svinnsprekkar bak NHL-slemming/tynnpuss, som på si side hadde flaka av i store parti.

Eit større reparasjonsprosjekt inkluderte også dei andre veggane, som hadde god kalkpuss heilt frå 1500- til 1700-talet. Det blei bestemt å la NHL-pussen stå inntil vidare, men å behandle den med ny kvitkalking basert på tradisjonskalk – slik som dei andre veggane. Dette var lettare sagt enn gjort. Kvitkalkinga festa seg godt på dei gamle kalkpussane, men etter å ha børsta bort lause flak av slemming og kvitkalking på NHL-pussen med stålbørste, var det svært vanskeleg å få ny kvitkalking til å sette seg. Pussen var ganske enkelt for tett, og for lite sugande for vanleg kvitkalking. Etter ein reparasjonskviting i 2024 har veggane førebels stått seg slik passe bra, men dei vil krevje svært hyppig vedlikehald.

Det finst fleire døme på utfordringar med å vedlikehalde NHL-puss med vanleg kvitkalking, m.a. på Tromøy kyrkje som blei delvis reparert i 2014, med ein puss basert på NHL 3,5. Her er det også utvikla omfattande svinnsprekkar og ny, vanleg kvitkalking har dårleg moglegheit til å få feste over tid.

Ein kan dra to lærdommar av desse døma: Om det av *særskilte grunner etter grundig overveging* nyttast ein så sterk mørtel som NHL 3,5 på eit mellomaldersk murverk, krevst det:

- Mykje ettervatning for å hindre svinnsprekkar. NHL 3,5 er ein hydraulisk mørtel som krev betydeleg meir vatn enn ein vanleg luftkalk eller ein subhydraulisk kalk for å herde
- Tilpassa vedlikehald med NHL-basert slemming/kvitkalking. Ein kan ikkje forvente å kunne bruke vanleg luftkalk over alt, til kvitkalking av ein kyrkje som har vore delreparert med NHL 3,5. Og ein bør heller ikkje kvitkalke ein luftkalkpuss med noko anna enn luftkalk. Å bruke ulike kvitkalkingar kan på si side gi betydelege fargeforskjellar.



Moster gamle kyrkje før vedlikehald i 2024. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Krakelering og flaking av puss basert på NHL 3,5. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



Moster gamle kyrkje. Her er det svært vanskeleg å få ny kvitkalking til å feste på NHL-pussen. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

Boks N: Nidarosdomen. Steinhuggerarbeid

Eit fåtal steinhoggarar, tilknytt bygghytter ved domkyrkjene, held framleis delar av det tradisjonelle steinhoggarfaget i hevd. Hovudoppgåva er hogging av kopiar til erstatning for kvadrar, profilar og dekorative element med skadar som ikkje kan reparerast.

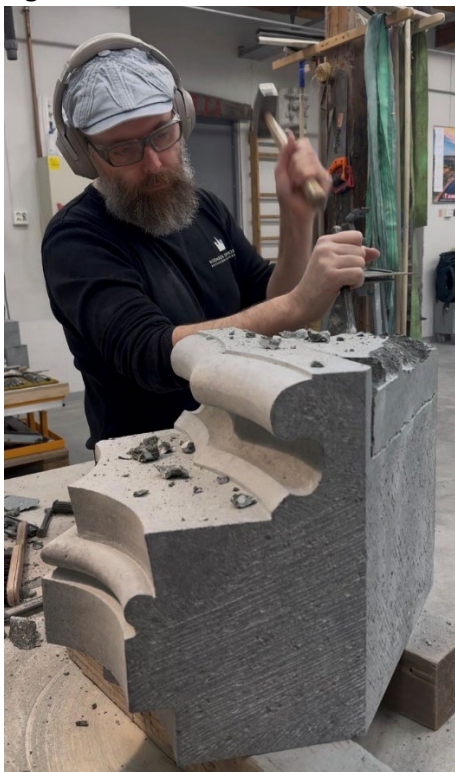
Utgangspunktet for ein kopi er arbeidsteikningar, malar eller modellar, i tillegg til eit emne av same type stein som originalen. Dette vil ofte vera kleberstein, som i dag er vanskeleg å få tak i. Alle klebersteinsbrotta som har vore i drift opp gjennom historia er nedlagde. Det eine unnataket er klebersteinsbrotet i Målselv, Troms, som er drive av NDR.

Både arbeidet i steinbrotet og tilskjeringa av emne til steinhoggaren blir i dag gjort maskinelt. Når det gjeld vidare tilarbeiding, er framgangsmåtane og verktøyet som blei utvikla til hogging av stein i mellomalderen så godt tilpassa eigenskapane til materialet at dei framleis er i bruk.

- Steinhogging inneber å fjerne delar av materialet til det planlagde objektet står att.
- Til arbeidet nyttast handverktøy med rett eller spiss egg og slagreiskap, samt hjelpemiddel som vinklar og passarar.
- Sidan målet er å lage ein kopi er tilnærminga til objektet si form systematisk og kontrollerbar.
- Når ein stein skal passe perfekt inn i eksisterande murverk, stillar det store krav til presisjon i alle ledd i prosessen.

Steinhoggaren og muraren har samarbeidd tett sidan mellomalderen. Dette samarbeidet er framleis avgjerande for reparasjonen av dekorstein og kvader på kyrkjene våre.

Figurar:



Profilstein til Nidarosdomen under arbeid på restaureringsarbeida sin verkstad. Foto: NDR.

18 Bygningsarkeologi

Murarane som bygningsarkeologar

Å hogge ned puss og opne fuger i eit murverk er som å opne ein bok. Vanlegvis er det berre muraren som er med på heile prosessen og som dermed kan hente ut informasjonen, så lenge hen har kunnskapar til å lesa murverket. Når istandsetjinga er ferdig, vil nokre av sidene vera rive ut og boka vil vera lukka for fleire generasjonar. Det er difor avgjerande at dei som jobbar med dette viktige kulturhistoriske materialet veit kva dei skal sjå etter. Murarane vil ofte trenge støtte frå bygningsarkeologar, konservatorar eller geologar for å tolke funna og gjera vidare analyser. Det er viktig å forstå når ein må varsle byggeleiinga om funn som krev vidare undersøkingar.

Det mest grunnleggjande er observasjonar av sjølve murverket, som heile denne vegleiaren har handla om. Kva slags stein er brukt til murverk og pinning og korleis er steinen bearbeidd? Kva slag mørtlar er brukt inn mot kjernen og i dei ulike sjakta, samt gjennom generasjonar med reparasjonar og vedlikehald? Korleis har muroverflata vore til ulike tider? Kan vi finne spor etter kalkmåleri eller annan dekor?

Kartlegging av stein gir informasjon om kor steinane kan vera brotne, og dermed om transport og logistikk i mellomalderen og ved seinare restaureringar. Ulike slag stein kan også bidra til å bestemme byggetrinn, t.d. når det er ulike stein i ulike delar av bygningen.

Ombruka bygningsstein. Tilhoggen bygningsstein var ein verdfull resurs som alltid blei bruka om att. Tukta stein er vanskeleg å kjenne att, men til dømes kvader fortel klart om tidlegare byggefasar. Lett krumma stein frå ein apside kan t.d. vera bruka om att i ein rett mur og kan på den måten vera ei sikker kjelde til korleis det romanske koret var avslutta. Andre gonger finn ein stein med dekor eller profilar.

Steinhoggarmerke er bumerke frå steinhoggarane som laga kvader og annan finstein. Merkinga var ein måte å halde oversikt over produksjonen til kvar steinhoggar, som fekk løn på akkord. Difor finst slike merke vanlegvis berre i domkyrkjene som hadde store bygghytter, men det hendte også at dei produserte for soknekyrkjene slik at ein t.d. kan finne steinhoggarmerke på ein fin portal.

Mørtelprøver frå dei ulike laga av murmørtel og puss kan vera verdfull dokumentasjon. Det føreset nærfotografering av funnstaden, presis merking på plan eller fasadeteikning og prøvepose, og ei beskriving av dei ulike laga på prøvestaden. Det vil gi kunnskap om bygnings- og restaureringshistoria og t.d. moglegheit til å samanlikne mørtelbruken i ulike delar av bygningen for å vurdere samtidighet. Tynnsliipsanalysar av mørtelprøvene kan gi ei djupare forståing av mørtlane si oppbygging og eigenskapar, i tillegg til opphav til råstoff og korleis kalken er brent. Kolbitar i mørtelen gjer det mogleg å datere kalkbrenninga og dermed byggefasen då mørtelen blei brukt. Det kan vera vår einaste sikre veg til datering av ein murbygning ved sidan av C14 dateringar av sjølve kalkmørtelen, som også kan gi verdfulle resultat.

Kalkmåleri og annan dekor på murflatene er særleg interessante både i seg sjølv og fordi dei kan gi datering av pussene dei ligg på. Kalkmåleri finst først og fremst på innvendig puss, men måla omrammingar av opningar eller graffiti med raudkrit kan ein også finne utvendig. Ved slike funn må arbeidet med pussfjerning straks stoppast, og konservatorekspertise må hentast inn.

Innmura stillasstokkar er direkte spor attende til den mellomalderske byggeplassen. Då var det vanleg med flygande stillas, dvs. at ein jobba frå plankar som kvilte på horisontale stokkar som var mura inn med passande mellomrom. På den måten kunne stillaset flyttast oppover etter kvart som muren vaks. Nokre gonger er sjølve den avkappa stokken bevart i murverket, andre gonger er det berre avtrykket av hòlet etter stokken som gjerne er rundt og med ein diameter på 10-15 cm. Stillashola kan fortelje om byggeprosessen og bør teiknast inn på ein fasadeplan. Er stokkendane

godt bevarte kan dei gi grunnlag for dendrokronologisk datering. Vanlegvis er det for få årringar slik at C14 datering, som er mindre presis, må nyttast.

Bygningsarkeologiske spor kan ligge godt gøymd under pussen. Det kan vera spor etter byggetrinn, restar av igjenmura vindaugsopningar og portalar eller ommuringar som ein kan lesa som vertikale stussfuger. Manglande forband mellom bygningsdelar er også umogleg å sjå før murverket er frilagt.

Alle bygningsarkeologiske funn må meldast til byggeleiinga og dersom det t.d. er restar av kalkmåleri, som kan bli øydelagde, må det vidare arbeidet stoppast til ein har ein sikker strategi for vidare avdekking. Det må avtalast om muraren sjølv tek ansvaret for prøvetaking, merking, innteikning på fasadeplan og rapportering, om det skal gjerast av byggeleiar eller om det skal hentast inn ekspertise utanfrå. Vidare må det vurderast kva analysar som skal gjennomførast og om dette eventuelt krev eiga finansiering. Det er mogleg å få utført mørtel- og dateringsanalysar både i Noreg og ved utanlandske laboratorium. Alle bygningsarkeologiske funn må meldast til Riksantikvaren enten fortløpande eller i sluttrapporteringa av prosjektet. Kor fort det må meldast frå avheng av om funna utløyser behov for nye dispensasjonar.

Figurar:



Registrering av ombruka apsidekvadradar på Mariakyrkja, Gran. Kvar stein er målt opp, steintypen er bestemt og merkt av på fasadeteikninga. Registrering: Tore Granmo.



Steinhoggarmerke og hoggespor på portalomramminga på Sakshaug kyrkje, syner samanhengen med bygghytta ved Nidarosdomen. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Pose med ei merkt mørtelprøve fotografert framfor muren der prøva er teken ut. Slike foto saman med eksakt beskriving av prøvestaden på kyrkja og frå kva lag prøva kjem, er avgjerande for at prøva skal vera brukbar til forståing av murverket. Foto: Per Storemyr, Fabrica.



På Seljord kyrkje er ein labyrinth, som kan vera frå mellomalderen, måla utvendig på vestveggen. Slik dekor kan ligge under kvitkalking og pusslag og krev stor merksemd når ein arbeider med avdekking av eldre og ukjent murverk. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Flygande stillas er vist på bokillustrasjon av den mellomalderske byggeplassen i kapitel 3. Vi kan finne slike innmura stillasstokkar og hol med avtrykk av stokkar som helsingar frå murarkollegaer i mellomalderen. Tanum og Hesby kyrkjer. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Den igjenmura sørportalen i Hesby kyrkje blei avdekt under nedhogging av innvendig puss. Portalen var kjent, men den mindre, firkanta opninga ved sidan av var det ingen som visste om. Det er truleg eit vindauge til dåpshuset frå 1600-talet. Foto: Morten Stige, Fabrica.



Innmura kvaderstein med både hoggespor frå mellomalderen og runeinnskrift. Delar av innskrifta manglar så det skjuler seg antakeleg fleire slike steinar i murverket, med skrifta inn. Talgje kyrkje. Foto: Morten Stige, Fabrica.

19 Dokumentasjon

For aktuell istandsetjing og for evig tid

Alle byggeprosjekt skal avsluttast med at utførande firma leverer ein såkalla FDV, ei oversikt over metodar og materialbruk i det utførte arbeidet. Formålet er å gjera vidare drift og vedlikehald enklare. Arbeid på freda bygningar krev vesentleg meir omfattande dokumentasjon. Når Riksantikvaren gir dispensasjon for eit tiltak er det under føresetnad av at både situasjonen før prosjektstart, arbeidsprosessen og det ferdige resultatet blir dokumentert med foto og skildringar. Ved istandsetjing av store murflater kan dette bli mange foto og eit stort materiale.

Dokumentasjonen er også viktig for å finne årsakane dersom det oppstår skadar på det utførte arbeidet. Dette kan vera avgjerande for å avklare ansvar for garantiarbeid og det gir moglegheit for betre arbeid ved reparasjonar. Då er det naudsynt med ein presis dagbok som dokumenterer klima og framgangsmåte under dei kritiske murarbeida. Samtidig er det nyttig med dokumentasjon av utviklinga av muren etter avslutta arbeid. Det kan med fordel gjerast både av utførande og av byggeleiar. Slik kan t.d. manglande karbonatisering dokumenterast og i beste fall førebyggast. Dersom det blir avdekt sintersjikt i løpet av sommaren kan dei bli børsta ned i tide slik at pussa toler vinteren.

Fotogrammetri eller 3-D-skann av bygningen inngår ofte i eit forprosjekt. Dette er særleg viktig om bart murverk skal pussast eller heile murflater frileggast for puss. Då kan ein lage presis dokumentasjon av murverket gjennom fotogrammetri. Avdekt murverk må registrerast når det er hogd fri, men før spekkinga byrjar. Presist teikningsmateriale, helst med innteikning av enkeltsteinar gir eit uvurderleg grunnlag for å dokumentere dagsverka i dagboka og bygningstekniske eller bygningsarkeologiske funn. Utførande må ha teikningane både elektronisk og på papir for bruk på byggeplassen.

Dagboka er kjernen i den antikvariske dokumentasjonen. Her skal følgjande tema vera dekt:

- Vêret med temperatur, RH, sol og vind
- Mannskap og tidsbruk
- Utført dagsverk teikna inn på fasadeteikning
- Utført arbeid med metode og materialbruk
- Observasjonar av murverket
- Bygningsarkeologiske funn
- Grunngevingar av val som er gjort under arbeidet

Det er avgjerande at dagboka faktisk blir førd dagleg, slik at den er presis og etterretteleg. Dette bør gjerast i brakka på slutten av dagen, før ein reiser heim. Fotografi tekne undervegs er avgjerande. Nøkkelfoto med korte bilettekster blir lagt inn kvar dag. Til saman utgjer fotoa i seg sjølv ein god oversikt over situasjonen før oppstart, arbeidet som er utført og det ferdige resultatet.

Det finst ingen offisiell mal for dagbokskriving for arbeid på freda bygg. Det finst derimot mange ulike byggeappar for bruk til timelister og annan dokumentasjon. Dagbokmalen kan med fordel leggjast inn her slik at arbeidet blir best mogleg integrert i firmaet sine vanlege system. Byggherre og byggeleiar kan få innsyn i appen eller dagboka, som kan leverast som pdf kvar veke eller kvar 14. dag. Ein samla pdf må leverast på slutten av kvar sesong.

Byggemøtereferata er byggherrens dokumentasjon av prosessen. Referata vil alltid dekke status for framdrift og tekniske avklaringar som må gjerast undervegs. Dersom det blir lagt inn foto av viktige diskusjonspunkt, gir desse referata også ei god oversikt over byggeprosessen, som med fordel kan

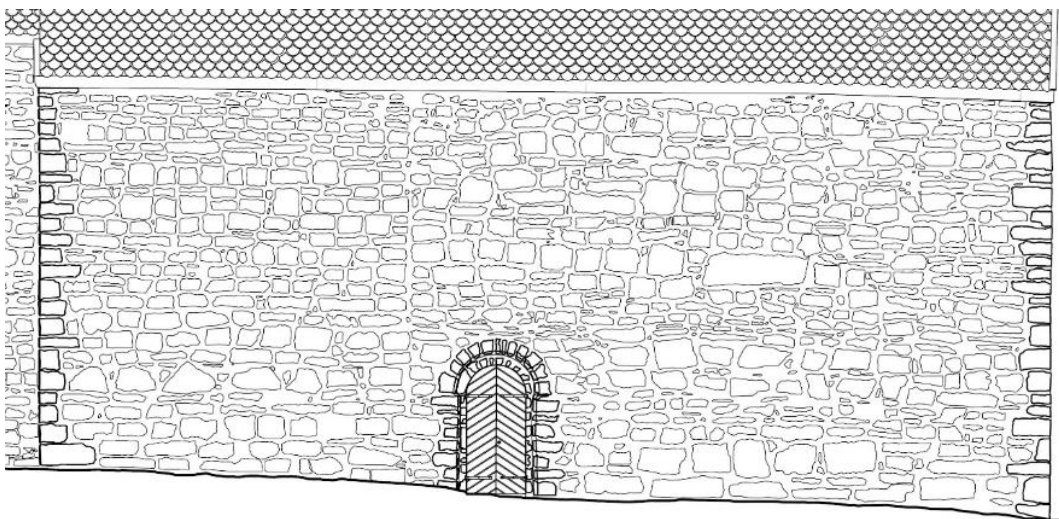
arkiverast. Sidan byggemøtene dekkjer avvik frå avtala framdrift og tidsbruk er dei også viktige ved eventuelle diskusjonar om ansvarsfordeling.

Sluttdokumentasjonen er ei samanstilling av arbeida i ein sesong eller gjennom heile prosjektet. Det er ei kortare oppsummering av dagboka som kan kome opp i fleire hundre sider.

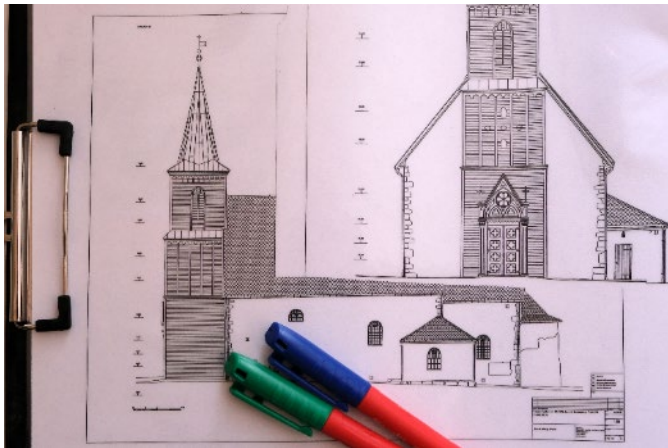
Sluttdokumentasjonen blir ofte laga av byggeleiar eller rådgjevar, men om utførande har levert ei oppsummering som del av dagboka kan det utgjere hovuddelen av sluttdokumentasjonen. Tema som må dekkast er:

- Måla for arbeidet basert på forprosjekt med prøvefelt
- Stillas og rigg
- Utført arbeide med tidsromma for dei ulike deloppgåvene
- Skadeomfang på overflata og i fugen, samt avdekt fukt
- Bygningsarkeologiske funn
- Materialbruk
- Utføring av dei ulike laga
- Tidsbruk og forbruk av materialar
- Utviklinga av mur og puss etter ferdigstilling og eventuelle tiltak

19 Figurar:



Ortofoto og utteikna fasadar med murverk. Mariakyrkja, Gran. Fotogrammetri: Past s.c.



Teikningar av dei aktuelle fasadane er foliert slik at dagsverk kan teiknast inn med vaskbar tusj. Murmeister Mannhart.

Mannhart AS
 martin@mannhart.no · +4798677472 · Org.nr: 919042214
 Prosjekt: 2346923 | Tanum kirke

Dagbok - restaurering

Dato
 09.03.2026

Bemanning
 Anders H skisaker, Bjørn Saga, Martin Saga

Værforhold
 Temp, vind, RF, regn
 Værstasjon

Utført arbeid
 Kort beskrivelse av dagsverket.
 Redskapsbruk og evt resept på mortelen.
 Eventuelle problemer.
 Etterarbeid; komprimering og ettervanning.
 Hugging av pusslag på gavelvegg

Funn
 Mortelprøver, stillashull, gjenmurte åpninger, utskiftet stein, gjenbrukt stein, huggespor, steinhuggermerker, dekor, runeinnskrifter og eldre graffiti.
 Stor sprekk som går fra bunn til topp

Observasjoner
 Skader, fukt i murverket, sementbruk, fasthet i kalkfuger, pluggar og annet som gir rust, svin og tørkesprekker, heft.
 Mye teglstein i fuger

Bilde dokumentasjon og inntegning
 Inntegning, dagsverk og spesielle observasjoner




Dagbok frå Tanum kyrkje med avmerking av dagsverk, foto av skade og beskriving av utført arbeid, funn og observasjonar. Murmeister Mannhart.

20 Vedlikehald

Gjer deg kjent med kyrkja di!

Det viktigaste målet med denne vegleiaren er å vise korleis ein kan restaurere murverket på ei mellomalderkyrkje. Fokus har vore på tradisjonelle materialar og metodar, og godt handverk, slik at kyrkja blir enkel å vedlikehalde i framtida. Kalk har vore stikkordet, slik at ein enkelt kan halde fram med å nytte kalk til større og mindre reparasjonar, samt til jamleg kvitkalking i vedlikehaldsfasen.

Overvaking og etterarbeid (kap. 17) kan overlappe med vedlikehaldsfasen, som i prinsippet startar den dagen stillas eller nett er fjerna. Vidare vedlikehald av kyrkja skal vera ein del av planlagd forvaltning, drift og vedlikehald (FDV), og det bør ha eit realistisk budsjett. Det vil innebere fleire slag indirekte tiltak for å ta vare på muren, ikkje minst kontroll og vedlikehald av takrenner og -nedløp. Her er likevel fokuset på utvendig mur og slitasje og skadar som kan oppstå, i tillegg til korleis ein kan behandle dei.

Vedlikehald kan ikkje utførast utan regelmessig overvaking, der funn blir loggført og foto tekne av problematiske soner på kyrkja. Overvakinga vil vise **kor** skadar typisk oppstår, **kva** slags skadar det er snakk om og **når** det skjer. Etter kvart som ein får oversikt over dei typiske skadesituasjonane, kan kunnskapen brukast til å planlegge og budsjettere vedlikehald i mange år framover. God kjennskap til kyrkja er den beste føresetnaden for godt vedlikehald.

Det typiske er at skadar oppstår mykje hyppigare på vørsida enn på lesida; t.d. som avflaking av kvitkalking og avflaking av puss langs hjørne, under sålbenkar og i sokkelsona. Det kan t.d. skje ved første frost etter ein våt haust og ved sterkare frostepisodar etter vått vør om vinteren. Dessutan kan nokre vegger vera særleg utsett for organisk vekst. Det skuldast ofte tre på kyrkjegardane. Kor kritiske skadene er vil variera. Noko avflaking av kvitkalking kan skje kvart år på dei aller sterkast eksponerte delane, medan murar på lesida kan stå i 20 år eller meir utan at det skjer særleg mykje. Nokre gonger kan det brått oppstå større avflaking, eller eit pussparti kan falle ned – ein spesiell vørsituasjon kan vera årsaka. Oftast vil ein oppleve meir langsam utvikling av skadar som gjerne aukar i omfang etter kvar vinter. Ein godt utført puss vil likevel normalt ha ein levetid på fleire tiår. Det er kvitkalkinga som er vedlikehaldssjiktet.

Mange kan male eit hus. Det er ikkje veldig annleis å kalke ei pussa kyrkje viss ein får opplæring av kyndige folk. Men det kan vera behov for stillas, med mindre det held med stige og lift, eit lengre godvørsvindauge, samt betydeleg børsting for å fjerne «flass» og sikre god heft for ny kvitkalking. Det kan også vera naudsynt å fjerne organisk vekst med etanol. Det er svært gunstig om det sist utførte istandsetjingsprosjektet har etterlete seg eit par tønner med den same kvitingskalken som då blei brukt. Arbeidet skal elles utførast på tilsvarande måte som ved istandsetjingsarbeidet.

Ein bør ikkje kalke over skadar for å «skjule» dei. Dersom det har oppstått avflaking, riss eller andre større skadar, må det fagfolk til for å gjera reparasjonsarbeidet. Då vil det kome godt med om jamleg loggføring og fotografering av skadane er utført. Ein godlogg vil alltid gjera det enklare å forstå årsaker og velje den beste måten for reparasjon.

20 Figurar:



Typisk skadesituasjon. Vatn renn ned på muren frå vindaugsopninga og gir ein ekstra fuktbelastning som øydelegg kvitkalkinga og krev jamleg vedlikehald. Hedrum kyrkje, Larvik. Foto: Per Storemyr, Fabrica.

Litteratur

Balksten, Kristin & Paulien Strandberg-dei Bruijn (red.) 2019: Hampakalk. Tilläggsisolering på reveterade trähus och saltskadat tegelmurverk. Slutrapport: <https://sparaochbevara.sjå/wp-site-content/uploads/2019/04/Antologi-hampakalk-2019.pdf>

Copsey, Nigel 2019: Hot Mixed Lime and Traditional Mortars. A practical guide to their use in conservation and repair. The Crowood press.

Fabrica 2021: Vegleiar Forprosjekt for istandsetjing av mellomalderkyrkjer i stein. KA og RA.

Kyrkjas arbeidsgiverorganisasjon (KA) 2024: Skadevegleiar: Identifisering av bygningsskader på mellomalderkyrkjer i stein.

Stige, Morten 2025: Utvendig puss på norske mellomalderkyrkjer. Fortidsminneforeningens årbok 2025. s. 161-178.

Storemyr, Per 2015: Nidarosdomens grunnfjell. I steinbryterens fotspor frå det gamle Egypt til Europas nordligste katedral. Nidaros Domkyrkjes Restaureringsarbeids forlag.

Nyttige nettstader

Cathedral communications ltd.: <https://www.buildingconservation.com/>

Building limast forum: <https://www.buildinglimesforum.org.uk/>

Nordisk forum for bygningskalk: <https://www.kalkforum.org/litteratur-om-kalk>