NGU RAPPORT 2024.024

Kirkens geologi stein for stein: Kartlegging og proveniens av steinmurverk i Bergens middelalderkirker

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

NGU RAPPORT
Geologi for samfunnet – kunnskap for framtida

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315 Torgarden
7491 Trondheim
Tlf. 73 90 40 00

Rapport nr: 2024.024
ISSN: 0800-3416 (trykt)
ISSN: 2387-3515 (online)
Gradering: Åpen

Tittel: Kirkens geologi stein for stein: Kartlegging og proveniens av steinmurverk i Bergens middelalderkirker
Forfatter: Tom Heldal, Anette Granseth, Ole Egil Eide og Øystein J. Jansen
Oppdragsgiver: Bergen Kirkelige Fellesråd
Fylke: Vestland
Kommune: Bergen

Kartblad: (M=1:250.000):
Kartbladnr. og -navn: (M=1:50.000):
Forekomstens navn og koordinater:
Sidetall: 116
Pris: 630

Feltarbeid utført: 5-16. juni 2023
Rapportdato: September 2024
Prosjektnr: 324230
Ansvarlig: Kari Aslaksen Aasly
Emneord: kleberstein, kirke, middelalder, proveniens, naturstein, magnetisk susceptibilitet, pXRF,

Sammendrag:
Opprinnelsen til stein som er benyttet i bygging av middelalderbygg kan fortelle oss mye om både bygningshistorie og ressursutnyttelse. Så langt det lot seg gjøre innen tildelte rammer ble steintyper i Mariakirken, Korskirken og Domkirken kartlagt, med vekt på middelalderens bruk. I tillegg ble tårnfoten til Nonneseter Kloster og Muren kartlagt, sistnevnte fordi den er bygget av gjenbrukt middelalderstein fra Munkeliv kloster.

Kartleggingen foregikk visuelt, men støttet av dronefotografering. I tillegg testet vi bærbar røntgenfluoressens (håndholdt XRF) og målinger av magnetisk susceptibilitet for å vurdere anvendelsen av slike ikke-destruktive metoder. Vi bygget også kartleggingen på tidligere arbeid av Jansen, Eide og Heldal, mye av det upublisert. Rapportens omfang (i særlig grad knyttet til delen om steinbrudd) har betydelig mer innhold enn oppdragets størrelse ville ha gjort mulig. Men samtidig er rapporten en god kontekst og arena for å tilgjengeliggjøre slikt upublisert arbeid.

Noen av våre konklusjoner er ikke overraskende basert på tidligere kjennskap til bygningene. Imidlertid setter kartene det hele i en ramme som gir annerledes slutninger enn før med mer sporadiske data, og bygningenes historiske utvikling kommer frem på en sterk og visuell måte. Vi har også møtt en rekke overraskelser og nye perspektiver gjennom kartleggingen.

Rapporten beskriver i stor grad hvordan det er sannsynlig at fire viktige forekomster av kleberstein dominerte middelalderens byggverk: Urda ved Lyklingfjord i Bømlo, Baldersheim i Bjørnafjorden, Hana i Vaksdal og Lysekloster steinbrudd nær klosteret i Bergen. Disse fire ressursene ble utnyttet til ulik tid, slik at de definerer nærmest stratigrafiske nivåer i kirkene. Gjennom ressursbruken kan vi også lese indikasjoner på et skifte i tilegning av ressurser til kirkene.

Selv om Middelaldersteinen var et hovedfokus, har det kommet mye interessant informasjon fra kartlegging av seinere steinbruk i ombygginger og restaurering.

Innhold

1. Innledning 5
1.1 Bakgrunn og faglig underlag 5
1.2 Kort historikk om bygningene 5
1.3 Bygningene, underlag og leveranser 11
2. Kartleggingsmetoder og sporing 13
2.1 Kartlegging og datainnhenting 13
2.2 Vurdering av ikke-destruktive målemetoder 14
2.3 Data fra eldre analyser av REE og isotoper 20
3. Steintyper og steinbrudd 23
3.1 Om tolkning av proveniens 23
3.2 Kleberstein «Urda» 25
3.3 Kleberstein «Baldersheim» 29
3.4 Kleberstein «Lysekloster» 31
3.5 Kleberstein «Hana» 33
3.6 Kleberstein «Russøy» og «Bergsholmen» 35
3.7 Kleberstein «Arnafjord» 41
3.8 Kleberstein «Kvernes» 42
3.9 Kleberstein «Ådland» 44
3.10 Flekket Kleberstein 46
3.11 Kleberstein «Gravdal» 48
3.12 Kleberstein «Sele» 50
3.13 Ukjent mørk brun kleberstein 53
3.14 Svart kleberstein 54
3.15 Ukjent grågrønn kleberstein 54
3.16 Ukjent lys grønn kleberstein 55
3.17 Grønnskifer 56
3.18 Fyllitt 57
3.19 Kvartsitt 57
3.20 Sandstein 58
3.21 Bruddstein 59
4. Kirker og andre bygninger 61
4.1 Mariakirken 61
4.2 Domkirken 72
4.3 Syntese Domkirken 77
4.4 Korskirken 78
4.5 Nonneseter Tårnfot 84
4.6 Muren 86
5. Konklusjon 89

FORORD

For flere av forfatterne har klebersteinen i den bergenske middelalderen vært en kontinuerlig eller sporadisk tilbakevendende utfordring de siste 30 år. Hva kan klebersteinen i kirkene fortelle oss? Problemstillingen har brakt oss på mang en rundtur i Hordaland, Rogaland og Sogn og Fjordane på jakt etter kildene til disse byggeriene. Det har vært en utfordrende og komplisert tur, for det meste avbrutt og avløst av andre arbeidsoppgaver, men likevel et sted tankene og noen ganger beina og laboratoriene våre har brakt arbeidet noen skritt fremover. Og et par tilbake også. For vi har gjennom dette arbeidet oppdaget at kleberstein er en særdeles vanskelig bergart å spore. For det første er kleberstein en bergart som er dannet ved kjemisk omdanning av andre bergarter. For det andre kan slike bergarter vise svært store, interne variasjoner. For eksempel kommer de to mest ulike middelalderske klebersteinene i Mariakirken fra samme steinbrudd, tror vi. For det tredje er kleberstein en form for kjemisk søppelkasse der flere bergarter som reagerer med hverandre og danner kleberstein mens de etterlater «avfallet» sitt.

På de 30 årene kom vi et stykke på vei, men manglet en grundig gjennomgang stein for stein. Derfor var det svært gledelig at Kirken i Bergen og Riksantikvaren syntes det var viktig å få dokumentert bruken av stein i bergenskirkene. Så gledelig at jobben med å tolke og tegne 11-12000 steiner var helt greit i jakten på et større gode – nemlig helheten.

I den sammenheng ønsker vi å takke Inger-Marie Aicher Olsrud ved Riksantikvaren og Arne Tveit hos Bergen Kirkelige Fellesråd for å lansere ideen og etter hvert tenne på vårt forslag. Takk til Arne også for ekstremt hurtig iverksetting av en innvendig fotogrammetrimodell av Mariakirken, og takk også til de Arne bør takke for det. Takk også til Øivind Olsen, som tilrettela våre tilganger, og til Ellinor og Torgeir som i stor grad bidro til å gjøre våre til dels merkelige målinger og oppførsel i Mariakirken til et meget hyggelig minne. I tillegg retter vi en varm takk til Lohnes arkitektkontor, som laget fasadesnittene i Mariakirken med nærmest alle steiner tegnet: det var viktig for vårt arbeid.

Vi mener vi og oppdragsgiver har fått mye ut av dette prosjektet, og håper det kan fungere som en pilot for noe som vi mener bør gjøres med alle historiske bygninger der stein er et viktig materiale: dokumentasjon av steintyper og proveniens. Det finnes geologiske fagmiljø som kan gjøre slikt, og erfaringen i Bergen tilsier at her er det et veldig stort potensial.

Merk at vi prøver minst mulig å blande inn kunsthistoriske tolkninger. Dette er et dokumentasjonsprodukt, som kan bli underlag for mer historiske tolkninger og beskrivelser.

Leveransen inkluderer:

- NGU Rapport 2024.024
- Vedlegg 23 plansjer (23 sider)

Trondheim, 24. september 2024

Kari Aslaksen Aasly
Leder seksjon for mineralressurser

Tom Heldal
Forsker

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og faglig underlag

I den senere tid har ønske om å få utført en god dokumentasjon av steinmaterialet som er benyttet i Bergenske middelalderkirker kommet klart frem gjennom seminarer og møter om disse kirkene. I den forbindelse søkte Bergen Kirkelige Fellesråd tidlig 2023 om økonomisk støtte til å gjøre en slik jobb, det vil si en dokumentasjon av steintyper, deres opprinnelse (proveniens) og fordeling i kirkene. NGU skulle være utførende partner på grunn av særlig kompetanse og eksisterende datagrunnlag. Ole Egil Eide og Øystein James Jansen skulle tilknyttes som støttekunnskap med særlig lang erfaring og betydelig kunnskap om kirkenes murverk og historie. Prosjektet ble bevilget mai 2023 og arbeidet startet juni 2023.

Prosjektet bygger på en serie av tidligere arbeid, inklusiv:

- Kartlegging og karakterisering av klebersteinsbrudd i Vestland knyttet til proveniens av bygninger og gjenstander 2000 - 2010 (Heldal & Jansen 2000, Heldal et al. 2004, Jansen et al. 2009, Heldal 2015, Jansen 2015, Jansen & Heldal 2017, Hansen et al. 2017).
- Upublisert arbeid av Jansen og Eide 2012 – 2020.
- Planer og tegninger fra Acasia og Jan Lohne Arkitekter AS, som delvis ble benyttet som bakgrunn for kartleggingen.

De bergarter som ble benyttet i middelalderen er vesentlig kleberstein. Det er en talkrik[1], bløt bergart som er lett å forme og har ekstremt dårlig varmeledningsevne. Det gjør at den tåler varme mye mer enn andre bergarter, og holder på varmen i lang tid etter varmekilden er fjernet. Det er en viktig grunn til at vi benytter kleberstein i ovner og peiser i dag.

Kleberstein var godt kjent i Norge fra før middelalderen, helt tilbake til steinalderen. Kleberstein ble benyttet til fiskekroker og -søkker, seremonielle klubber, støpeformer, vevlodd, spinnehjul, lamper, gryter og baksteheller. Derfor var bergarten allerede dypt forankret i norsk materialkultur da kirkebyggerne satte i gang tidlig på 1100-tallet. Siden Vestlandet i stor grad består av harde bergarter, ga trolig klebersteinen en kjærkommen mulighet for tilgang til et lett formbart steinmateriale som attpåtil er brannsikkert.

Vi har kartlagt mye middelaldersk kleberstein i murene til bergenskirkene. Men også andre bergarter og mer kleberstein, som har blitt supplert i seinere tiders reparasjoner og restaurering. Med støtte fra tidligere innsamlet kunnskap og skriftlige kilder har vi utviklet begrunnete hypoteser om hvor disse steinene kommer fra, det vil si hvilke steinbrudd. Vi har i tillegg befart noen av de mest aktuelle steinbruddene og sammenlignet egenskaper med observasjoner og målinger i kirkene, samt vurdert prøvesamlinger fra steinbrudd ved Institutt for Geovitenskap, Universitetet i Bergen.

1.2 Kort historikk om bygningene

Under har vi oppsummert hovedtrekkene i de undersøkte bygningenes historie.

1.2.1 Mariakirken

Ifølge Lidén (2000) er kirken oppført mellom 1140 og 1180 (Figur 1). Den ble skadet av branner i 1198 og 1248. Etter siste brann ble trolig nordtårnet sterkt skadet, og gjenoppbygget etterpå. Samtidig ble koret forlenget. På 1500-tallet ble søndre sideskipsmur hevet. I 1549 korbuen tatt ut og erstattet med en rektangulær åpning. Sakristiet ble bygget i 1770. Fra 1858 til 1876 var det omfattende restaurering, der blant annet søndre tårn ble tatt ned og gjenoppbygget. Ny korbue kom også på plass. Ekroll & Stige (2000:166-168) åpner for mulig nybygging av tårnene også etter brannen i 1198, samt at nordtårnet ble bygget høyere etter 1248, noe som også førte til forhøyning av sørtårnet.

[1] Mineralet talk er det som benyttes i talkum

Figur 1. Mariakirken sett fra vest, 2003.

1.2.2 Domkirken

Ekroll & Stige 2000 (162-165) starter historien i 1248, med «en eldre kirke» ødelagt av brann som så ble gjenoppbygget. Kirken brant igjen i 1270. etter det fikk kirken sin nåværende form, inkl. koret og Skrudhuset. Nye tilføyelser kom på 1600-tallet – heving av tårnet og bygging av søndre sideskip. Kirken undergikk betydelig restaurering i 1880-83. Grindverk i koret har hovedtrekk fra slutten av 1200-tallet, trolig noe ombygging på 1400-tallet og betydelig restaurert/ombygget i 1880 (Figur 2).

Eide (2020) skisserer en mer detaljert historikk, blant annet flere byggetrinn basert på tolkning av murverket: Olavskirkens første trinn (ca. 1140), Olavskirkens andre trinn (ca. 1160), Olavskirkens tredje trinn (ca. 1190), Fransiskanernes første utvidelse (ca. 1240), Fransiskanernes andre utvidelse (etter 1248), Fransiskanernes tredje utvidelse (kor og skrudhus, ca. 1300). Derpå kom det mange episoder med mulig ombygging: 1536 og etter brann i 1623, 1640 og 1702. Samt restaurering 1880-83. Dette har ført til omfattende gjenbruk av stein, kanskje både tre og fire ganger.

Domkirkens skrudhus oppfattes å være reist samtidig med korutvidelsen sist i 1200-tallet, og det er da etter alt å dømme blitt benyttet kleber fra østveggen i det allerede stående kor som igjen regnes med å ha blitt ombygd alt rundt 1240 da fransiskanerne overtok kirken. Skrudhuset ble restaurert av Blix rett etter 1870, dvs. et snes år før resten av kirken. Men bygningen var på det tidspunktet allerede vesentlig endret.

Ifølge Eide ble Domkirkens sideskip i sin helhet nyoppført ved restaureringen i 1882/83. Dette gjelder også vestfasaden med trappetårnet.

Figur 2. Vestsiden av tårnet i Domkirken, 2003.

1.2.3 Korskirken

Ifølge Lidén (1982: 110-128) var Korskirken (skipet og koret) ferdigbygget før den nevnes i Sverres Saga 1181 (Figur 3). Branner/mulige branner forekom i 1198, 1248, 1393, 1413, 1476, 1582, 1623, 1640 og 1702. Klokketårnet kom i 1594, søndre korsarm i 1615, nordre i 1632. Tårnet fikk sin nåværende form i 1720-årene. Betydelige interiørmessige forandringer ble utført i 1750-årene og i 1850-årene, restaurering i 1896 og i 1939-50. Utvendig murverk har mest bevart middelalder, mens interiør inklusive portaler er nesten totalt skiftet ut. Nordportalen har Christian VI sitt monogram. Sørportalen har rester fra 1600-talls portal, ellers nyere. *Portaler fra 1896* inkluderer døråpning til skipet fra tårnfoten, døråpningen fra koret til sakristiet på kirkens sørside og døråpning fra koret til gangen og sakristiet på kirkens nordside.

Figur 3. Korskirken fotografert rundt 1880. Fotograf: Knud Knudsen. Arkivet etter Formannskapet, Bergen Byarkiv.

1.2.4 Nonneseter Kloster – Tårnfot

Ommundsen (2019) beskriver i en populærfaglig artikkel at klosteret ble trolig oppført i første halvdel av 1100-tallet, «på landet» - utenfor bybebyggelsen. De første beboerne var trolig 12 nonner fra Benediktinerordenen. På siste halvdel av 1200-tallet ble klosterkirken utvidet mot øst, og i 1320 var det i alt 35 nonner i klosteret. Svartedauden rammet hardt, og i 1455 ble de få gjenværende nonnene kastet ut til fordel for Birgittinerne, som var «hjemløse» etter at Munkeliv Kloster brant. I 1528 ble klosteret gitt til Vincent Lunge, og ble Lungegården. Etter siste brann i 1891 ble ruinene gitt til Fortidsminneforeningen. I dag er det kun tårnfoten (Figur 4) og deler av et gotisk korkapell/sakristi igjen.

Figur 4. Tårnfotens portal.

1.2.5 Muren

Muren (Figur 5) ble bygget i 1560-årene som privathus for lensherren Erik Rosenkrantz (Riksantikvaren, Kulturminnesøk URL). Rosenkrantz hadde fått tillatelse fra kongen til å hente kleberstein fra ruinene av Munkeliv kloster, som brant i 1455. Klebersteinene ble brukt i hjørner og innramminger. Det er altså, så vidt vi vet, ingen «fersk» kleberstein i Muren, kun gjenbrukt stein. Bygningen fikk skader i flere bybranner på 1600-talet, og har vært igjennom mange ombygginger. Det er likevel en av få bygninger i Bergen som har overlevd siden 1500-talet.

Figur 5. Muren.

1.3 Bygningene, underlag og leveranser

Prosjektet omfatter kartlegging av stein i Mariakirken, Domkirken og Korskirken. I tillegg har vi tatt med Tårnfoten fra Nonneseter Kloster og Muren på Murallmenningen, som delvis kan bestå av gjenbrukt stein fra Munkeliv Kloster (Heldal & Jansen 2000).

Underlag for kartlegging varierer sterkt mellom disse bygningene. I tilfelle Mariakirken hadde vi nøyaktige tegninger av tverr- og horisontalsnitt der alle steiner var tegnet inn. Det ga store muligheter for detaljert kartlegging. Derfor er mer enn halvdelen av arbeidet konsentrert her. Fra Domkirken hadde vi tegninger med lite detaljer. Arbeidet ble derfor konsentrert om de middelalderske utvendige fasadene slik at disse kunne fremstilles detaljert. Tilbygg og restaurering er beskrevet i lite detalj og gjennom illustrerte eksempler. Korskirken er nylig kalket, slik at lite av utvendig fasade er synlig. Derfor omfattet vår studie en analyse og tolkning av historiske bilder med resulterende illustrasjoner. Innvendige portaler ble også kartlagt. Tårnfoten til Nonneseter Kloster ble kartlagt ved observasjoner og foto, og illustrasjoner ble utformet fra dette. Det samme gjelder for Muren. Tabell 1 oppsummerer dette.

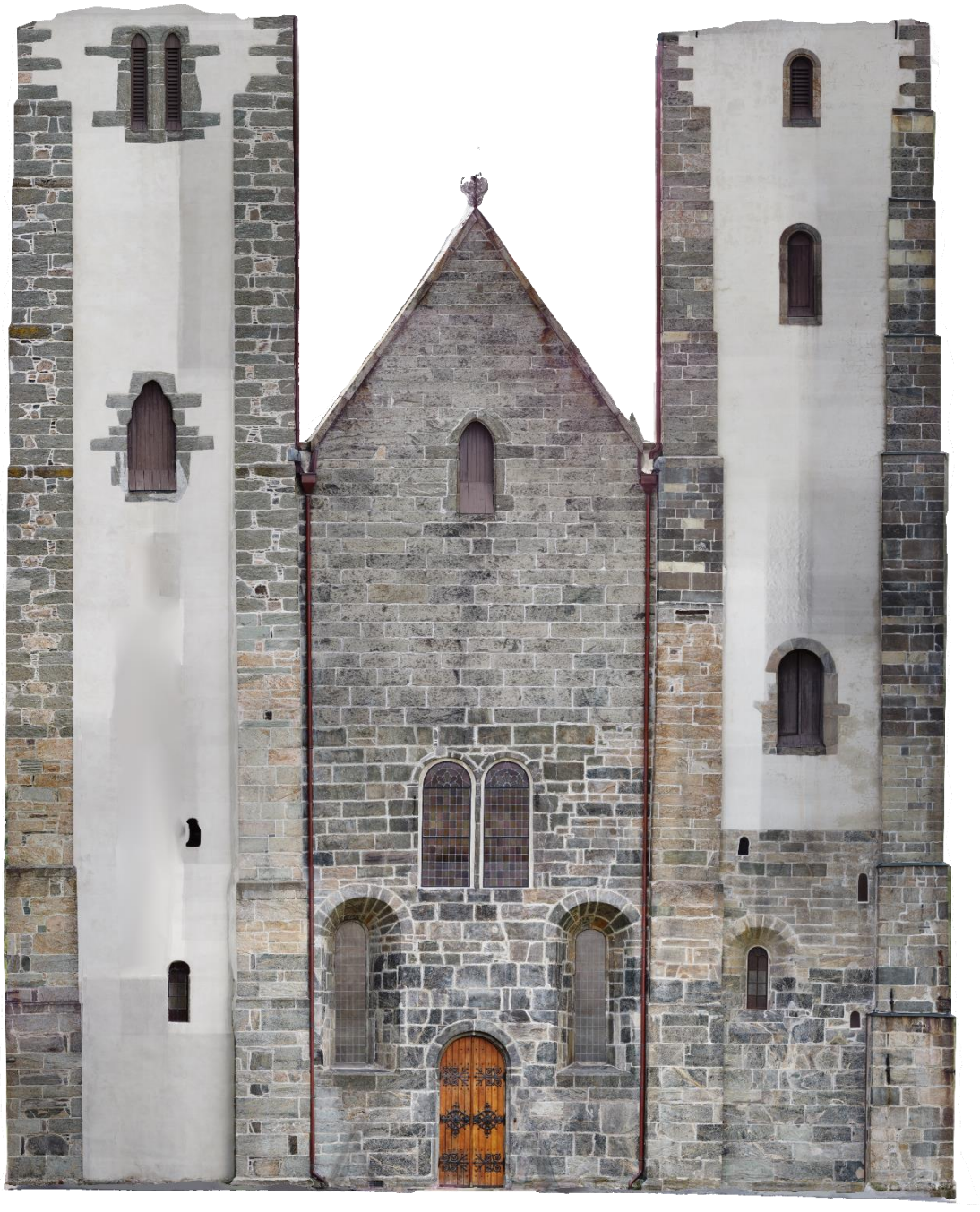
Tabell 1. Bygninger, underlag og leveranser knyttet til prosjektgjennomføring.

Bygning	Underlag	Leveranse
Mariakirken	Detaljerte innvendige og utvendige fasadetegninger fra Jan Lohne Arkitekter AS (15 stk)	Detaljert kart i skala over bergarter/steinblokker i alle tegninger. Beregninger av blokkstørrelser og volum.
Domkirken	Enkle utvendige fasadetegninger	Detaljert kart i skala over utvendige middelalderfasader. Illustrert beskrivelse av andre fasader og interiør. Beregninger av blokkstørrelser og volum.
Korskirken	Historiske fotos, tatt før kalking	Illustrerte beskrivelser av fasader basert på historiske foto. Illustrert beskrivelse av portaler.
Nonneseter, Tårnfoten	Fotografering	Illustrerte beskrivelser basert på observasjoner og foto
Muren	Fotografering	Illustrerte beskrivelser basert på observasjoner og foto

2. KARTLEGGINGSMETODER OG SPORING

2.1 Kartlegging og datainnhenting

Feltarbeidet ble utført i perioden 5. til 16. juni 2023, hvor vi brukte en kombinasjon av metoder for å dokumentere og kartlegge kilden til bygningssteinene. Vi fløy med drone for å dokumentere fasadene til Mariakirken og Domkirken med høy-oppløselige bilder. Vi brukte DJI Mini Pro 2, som er en Legacy-drone og tilhører droneklasse <249g. Dronen ble flydd under A1, i henhold til regler gitt av Luftfartsverket. Dronen er utstyrt med kamera som fotograferte hvert 2-3 sekund, som gir en serie med bilder som overlapper hverandre. Prosessering av bildene fra droneflyvningen ble utført i programvaren Agisoft Metashape Professional Edition, hvor seriene med bilder ble sammenstilt til en fotogrammetrisk modell (Figur 6).



Figur 6. Fotogrammetrimodell av vestfronten av Mariakirken i Bergen. Fotografering er utført med drone og bildene er sydd sammen ii programvaren Agisoft Metashape Professional.

Kartleggingen av bygningssteinene ble utført ved å identifisere karakteristiske trekk ved de ulike bygningssteinene som er brukt i kirkebyggene, for eksempel geologiske egenskaper som har blitt knyttet til en spesifikk type bygningsstein og steinbruddet denne typen stammer fra. Hver bygningsstein ble gruppert så godt det lot seg gjøre, som resulterte i et fargekodet kart over kirkefasadene.

Sammenstillingene av de fargekodete kartene og endelig kartlegging ble utført i GIS-programvaren ArcGIS Pro. Hver fasade ble georeferert til korrekt skala og hver eneste bygningsstein ble fargekodet. Ved å bruke korrekt skala, kan man summere antall blokker, beregne fordeling av blokkstørrelse og estimere totalt volum bruk av hver type bygningsstein. En gjennomsnittlig blokkdybde på 20 cm ble brukt til å beregne volum, underbygget av observasjoner fra arkeologiske utgravinger av Mariakirken på sekstitallet (Arkitekturhistoriker Ole Egil Eide, personlig kommentar juni 2023).

Vi målte også magnetisk susceptibilitet og brukte ikke-destruktiv geokjemisk analyse av bygningssteinene for å supplere kartleggingen. Vi brukte et lommeformat magnetisk susceptibilitetsmåler (SM-30 by ZH Instruments) for å måle magnetisk susceptibilitet, hvor de målte verdiene kan relateres til tilstedeværelsen eller fraværet av magnetiske mineraler i bygningssteinene. Med denne metoden kunne vi identifisere ulike grupper med bygningssteiner. Vi brukte en håndholdt XRF (*X-ray fluorescence* - Røntgenfluorescens) av typen XL5 Thermo Fischer til å analysere både bygningssteiner med både kjent og ukjent opphav. Analysene ble utført for å teste om ikke-destruktive geokjemiske analyser kan brukes til å identifisere og klassifisere de ulike bygningssteinene. Vi utførte omtrentlig 100 punktanalyser, hvor hver enkelt analyse ble kjørt i minst 60 sekunder. Flere analyser ble utført på samme bygningsstein, for å fange den den naturlige geokjemiske variasjonen til bygningssteinene.

2.2 Vurdering av ikke-destruktive målemetoder

2.2.1 Håndholdt XRF

Formålet med å bruke håndholdt XRF var å teste om den kan brukes som en effektiv fremgangsmåte for å identifisere grupperinger og trender i geokjemisk data av kleberstein i steinkirkene. Målinger av kleberstein utført med håndholdt XRF ble sammenlignet med destruktive laboratorieanalyser utført ved Norges Geologiske Undersøkelse. Vår erfaring gjennom dette prosjektet, hvor det ble analysert kleberstein, så var ikke dette en effektiv metode. Forutsetningen for at en slik geokjemisk metode skal fungere er at hver klebersteinstype fra ett steinbrudd har en unik geokjemisk sammensetning og den kan gjenskapes ved analysering. Av geologien, så er kleberstein er en bergartstype som dannes ved omvandling av en bergart til en ny bergart, hvor det vil være store kjemiske endringer gjennom omvandlingsprosessen. Da i tillegg en rekke forskjellige bergarter, fortrinnsvis jern-magnesiumrike bergarter (peridotitter, dunitter, gabbro, osv..) kan omvandles til kleberstein, så vil kleberstein kunne bestå av en rekke forskjellige mineraler i ulike mengder og i ulike kornstørrelser, som for eksempel talk, karbonater, magnesitt, magnetitt og kloritt (Hansen et al. 2017); dette er mineraler som i tillegg har stor variasjon i kjemisk sammensetning. For å si det rett ut, kleberstein er en søppelkassebergart med søppelkassemineraler.

Vi analyserte kjente klebersteinstyper fra Mariakirken, Korskirken, og Domkirken, samt prøver hentet fra utvalgte steinbrudd for å danne et datagrunnlag som kunne sammenlignes mot kleberstein med ukjent opphav. Vi valgte grunnstoffene og forholdstallene mellom Al/Mg, Co/Ni, Cr/Ni, Fe/Ni og Zn/V, etter Hansen et al. 2017 (ikke alle plott er vist), for å ha et utvidet sammenligningsgrunnlag. I vår analyse av de geokjemiske dataene fra den håndholdte XRF-en, kom vi over scenarier og utfordringer som er verdt å trekke frem:

a) Det er overlapp mellom de ulike typene kleberstein. (Figur 7)

Sett samlet så overlapper de geokjemiske dataene fra de ulike kjente og ukjente klebersteinstypene i stor grad, noe som gjør det vanskelig å skille ulike typer fra hverandre ved å

bare bruke deres geokjemiske sammensetning. Dette vil være en stor utfordring i scenarier der klebersteinstypen er ukjent.

b) Det er ikke overlapp internt i samme type kleberstein (spredning i dataene). (Figur 8)

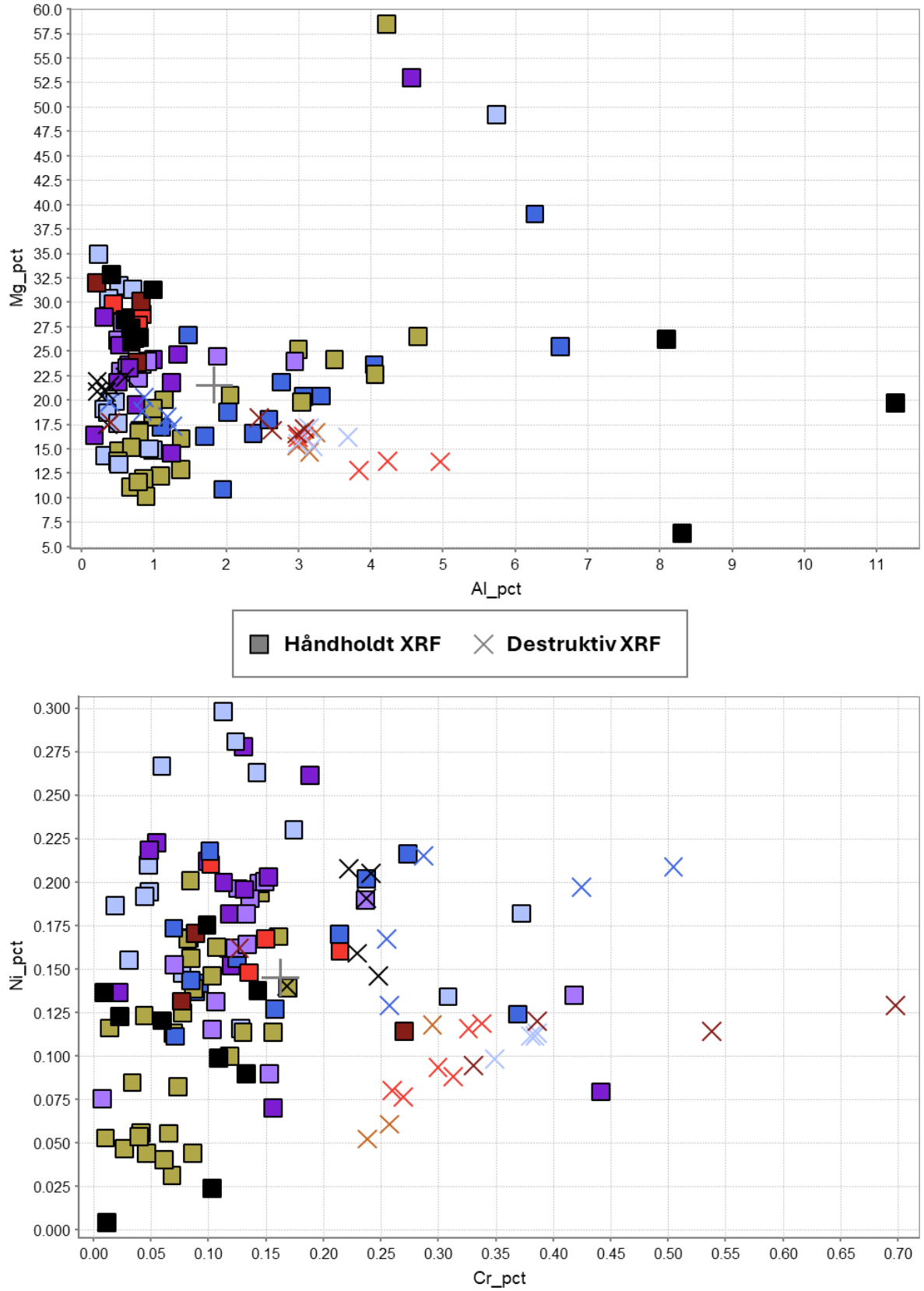
Eksempelvis viser målingene av Baldersheim-type kleberstein spredning i den geokjemiske sammensetningen, like stor spredning som hele datasettet vårt. Slik vi ser det, kan spredningen ha to forklaringer i dette tilfellet. 1) Det kan være intern geokjemisk variasjon i én type kleberstein, eller 2) man har analysert en type kleberstein som er tolket til å stamme fra Baldersheim, men som ikke stammer derifra. Da får man en falsk spredning i dataene. Å skille mellom de to forklaringene vil være vanskelig kun basert på det geokjemiske dataene fra håndholdt XRF.

c) Det er vanskelig å sammenligne geokjemiske data fra håndholdt XRF og XRF fra destruktiv metode.

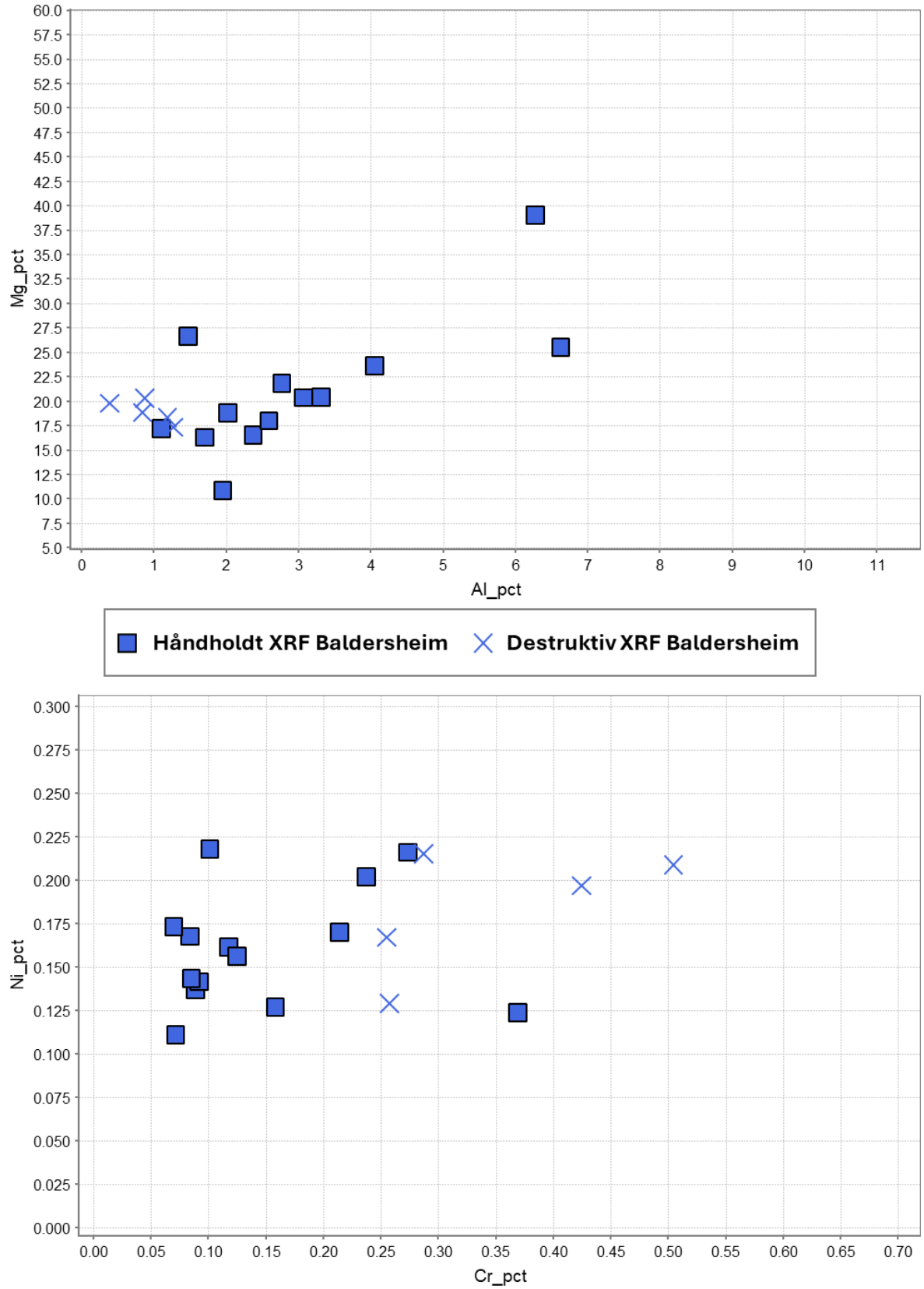
Utfordringen med den håndholdte XRF-en er at den analyserer en svært liten overflate per analyse, omtrentlig 1 cm^2. Til sammenligning vil en analyse utført med destruktive geokjemiske metoder være utført på et mye større volum med prøvemateriale. Å analysere et større volum med prøvemateriale er en måte å tilstrebe representativ sammensetning for materialet. For å oppnå en mer korrekt geokjemisk sammensetning når man analyserer med håndholdt XRF, så bør materialet (les: kleberstein) være finkornet (hvert mineralkorn er liten i størrelsen). I mange av tilfellene i de ulike steinkirkene og av bruddmaterialet, så er klebersteinen grovkornet (hvert mineralkorn er stort i størrelsen). Da vil man ikke få en representativ sammensetning for typen kleberstein. For å kompensere for den store kornstørrelsen bør man da utføre mange analyser for å fange opp den reelle geokjemiske variasjonen.

Dersom man skal bruke håndholdt XRF til å gjøre målinger, så bør materialet være (1) finkornet og man bør (2) utføre mange målinger på samme materiale for å etterstrebe en representativ geokjemisk sammensetning for materialet.

Vi konkluderer med at håndholdt XRF var ikke en effektiv fremgangsmåte for å identifisere grupperinger og trender i de geokjemiske dataene av kleberstein i steinkirkene. Håndholdt XRF vil potensielt være en nyttig, supplerende metode, dersom det blir brukt sammen med visuelle, beskrivende metoder, og hvor man utfører en robust, statistisk analyse av et stort utvalg av de geokjemiske dataene.



Figur 7. Illustrerende data fra håndholdt XRF (firkant) og data fra destruktiv XRF fra laboratorium (kryss). Benevning er i vektprosent. Fargene tilsvarer de samme som er brukt i plansjene over kartlagte steinkirker.



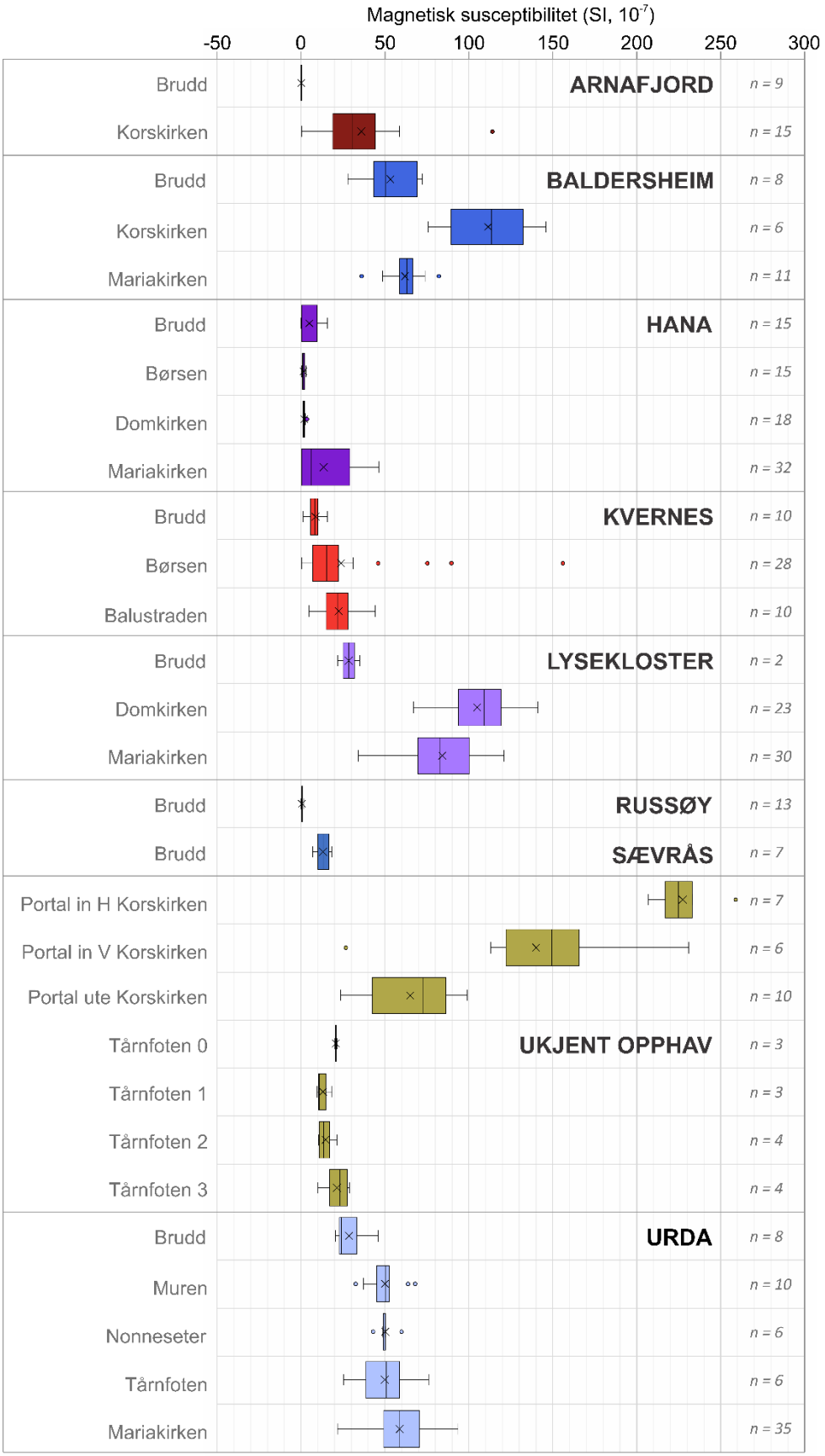
Figur 8. Illustrerende data fra håndholdt XRF av Baldersheim-type kleberstein (blå firkant) og data av Baldersheim-type kleberstein fra destruktiv XRF fra laboratorium (blått kryss). Benevning er i vektprosent.

2.2.2 Magnetisk susceptibilitet

Formålet med å bruke magnetisk susceptibilitetsmåler var å se om man kan identifisere grupper og trender i de magnetiske målingene av kleberstein i steinkirkene. Hver måling tar kun et par sekunder og gir umiddelbart en verdi som representerer magnetiske egenskapene til materialet man måler, da spesielt mineralet magnetitt som er kjent for å være svært magnetisk, derav navnet. Under dannelsen av kleberstein vil man kunne få dannet magnetitt, derfor anså vi måling av magnetiske egenskaper som en potensielt nyttig metode. Men en utfordring med denne metoden på kleberstein er at kleberstein er en svært heterogen bergart, bestående av mange forskjellige mineraler i ulike mengder, som nevnt i 2.2.1. Det vil også si at det er svært varierende mengder med mineralet magnetitt, som vil særlig påvirke målingene av magnetisk susceptibilitet.

Vi målte magnetisk susceptibilitet på kjente klebersteinstyper fra Mariakirken, Korskirken, og Domkirken, samt på prøver hentet fra utvalgte steinbrudd (Figur 9) for å danne oss en oversikt over den faktiske variasjonen på magnetiske egenskaper i kleberstein.

Vi kunne ikke danne oss et fullstendig overordnet og tydelig bilde av hvilken type hver eneste blokk var ved kun å bruke magnetisk susceptibilitet; for det er det for stor variasjon i magnetiske egenskaper i kleberstein. Vi møtte på de samme utfordringene som ved å bruke håndholdt XRF punkt a) og punkt b): Det er overlapp mellom de ulike typene kleberstein og det er ikke overlapp internt i samme type kleberstein (spredning i dataene). Men metoden kunne identifisere enkelte typer, som kleberstein fra Hana. Klebersteinen som kommer fra Hana ga konsekvent lave målinger sammenlignet med andre typer som ble målt, på grunn av det lave innholdet av magnetiske mineraler. I dette prosjektet kunne vi enkelt identifisere typen fra Hana, til tross for at Hana-typen kan ha noe varierende utseende. Samtidig kunne vi ekskludere andre typer som tidvis ga lave målinger, fordi deres beskrivelse og geologiske kontekst kunne ikke sammenlignes med kleberstein fra Hana. Vi konkluderer med at å måle magnetisk susceptibilitet vil kunne være et meget nyttig verktøy dersom det brukes sammen med visuelle og beskrivende metoder, samt at man bruker geologisk informasjon som grunnlag.



Figur 9. Målinger av magnetisk susceptibilitet av kleberstein. Fargene tilsvarer de samme som er brukt i plansjene over kartlagte steinkirker.

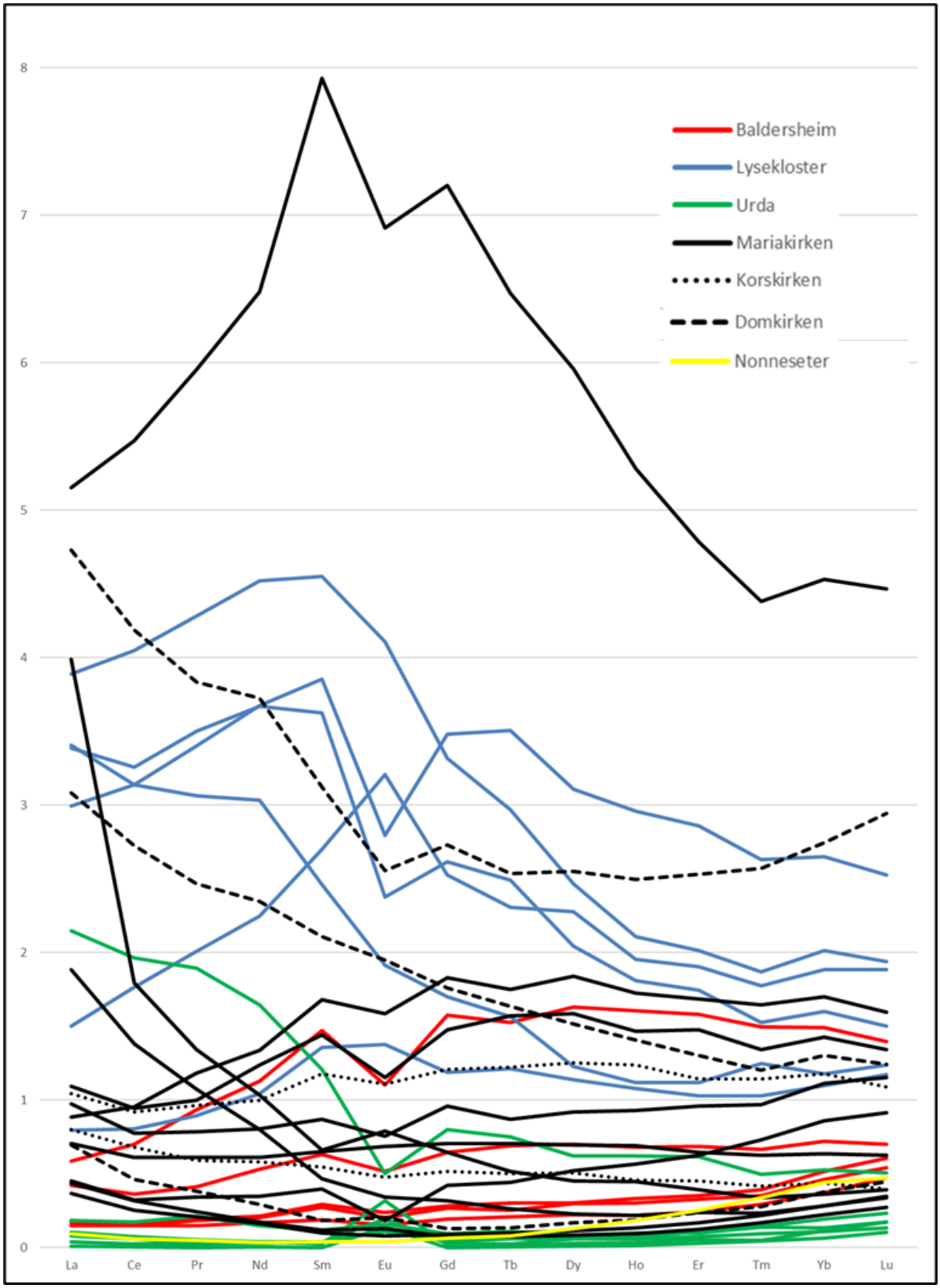
2.3 Data fra eldre analyser av REE og isotoper

I tillegg til destruktiv XRF som beskrevet over, har vi i tidligere prosjekter utført andre analyser på samme materiale, inklusiv REE (sjeldne jordartsmetaller) og isotoper (strontium (Sr) og Neodym (Nd)). Det kan være nyttig for den videre lesing av rapporten å oppsummere resultatene fra disse.

REE står for Rare Earth Elements (sjeldne jordartsmetaller). I tillegg til å være ekstremt viktig for vindturbiner, mobiltelefoner og andre produkter i vårt moderne samfunn, kan forholdet mellom dem i bergarter si noe om hvor bergarten kommer fra. Det er i første rekke mønsteret av plottete linjer som er viktig, ikke nødvendigvis sammenfallende verdier. I Figur 10 har vi plottet REE-verdier fra Urda, Lysekloster og Baldersheim steinbrudd og Mariakirken, Domkirken, Korskirken og Nonneseter tårnfot. Vi kan se at noen prøver fra Mariakirken og Domkirken ligger høyt i diagrammet, nær Lysekloster steinbrudd. Andre ligger lengre nede med en viss match med Urda og/eller Baldersheim. Tårnfoten i Nonneseter har lagt seg pent ned i den største klyngen av Urda.

REE analysene gir noen indikasjoner (Jansen & Heldal 2017, Hansen et al. 2017), men i likhet med andre geokjemiske metoder kan det være overlapp mellom steinbrudd slik at vi ikke kan bruke dem som fasit. Men her er oppsummert for REE:

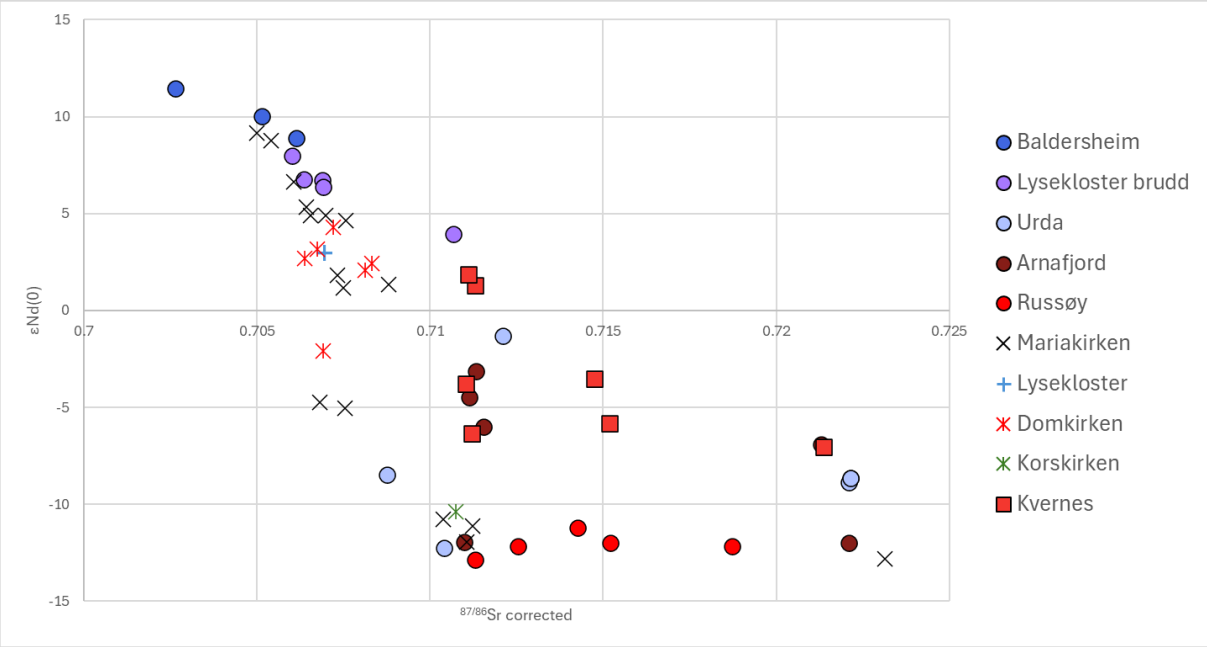
- Prøver fra Mariakirken matcher Urda, Baldersheim og Lysekloster steinbrudd.
- Prøver fra Domkirken matcher Urda og Lysekloster steinbrudd. Førstnevnte overlapper mot Baldersheim.
- Prøver fra Korskirken matcher Urda og/eller Baldersheim.
- Prøve fra Nonneseter tårnfot matcher Urda.



Figur 10. REE diagram for Baldersheim, Urda og Lysekloster steinbrudd samt Mariakirken, Domkirken, Korskirken og Nonneseter tårnfot. Analyser utført ved Universitetet i Bergen.

Isotoper (grunnstoffvarianter) av neodym (Nd) og strontium (Sr) er en annen vei. Disse isotopene er vanskelig å forstå, men de sier noe om opprinnelsen til klebersteinen og er dermed ganske diagnostisk. I Figur 11 har vi plottet prøver fra Mariakirken, Domkirken, Korskirken og Lysekloster mot verdier fra en del steinbrudd (Baldersheim, Urda, Lysekloster steinbrudd, Arnafjord og Russøy). Plottet forteller oss følgende:

- Prøver fra Mariakirken og Korskirken plotter innenfor felt for Urda. Det er flere steinbrudd i det feltet, men ingen som har visuelle likheter med Urda.
- Prøver fra Domkirken og Mariakirken plotter i og nær feltet for Lysekloster steinbrudd, og det samme gjør en prøve fra selve klosteret.
- Prøver fra Mariakirken plotter i feltet for Baldersheim.



Figur 11. Strontium og neodymisotoper fra kirkene og klebersteinsbrudd. Analyser utført ved Universitetet i Bergen.

Oppsummert gir både isotoper og REE noe variabel match mellom kirker og steinbrudd, men de fleste prøvene gir en match som er sannsynlig. I arbeidet med denne rapporten har derfor de tidligere utførte analyser vært viktig for de hypoteser vi hadde da vi startet dette prosjektet; at Urda, Baldersheim og Lysekloster steinbrudd var av vesentlig betydning for de middelalderske byggerier i Bergen. En fjerde kilde, Hana, er mindre geokjemisk dokumentert, men har andre karaktertrekk som vi har benyttet (se kapittel 2.2.2 og 3.5).

3. STEINTYPER OG STEINBRUDD

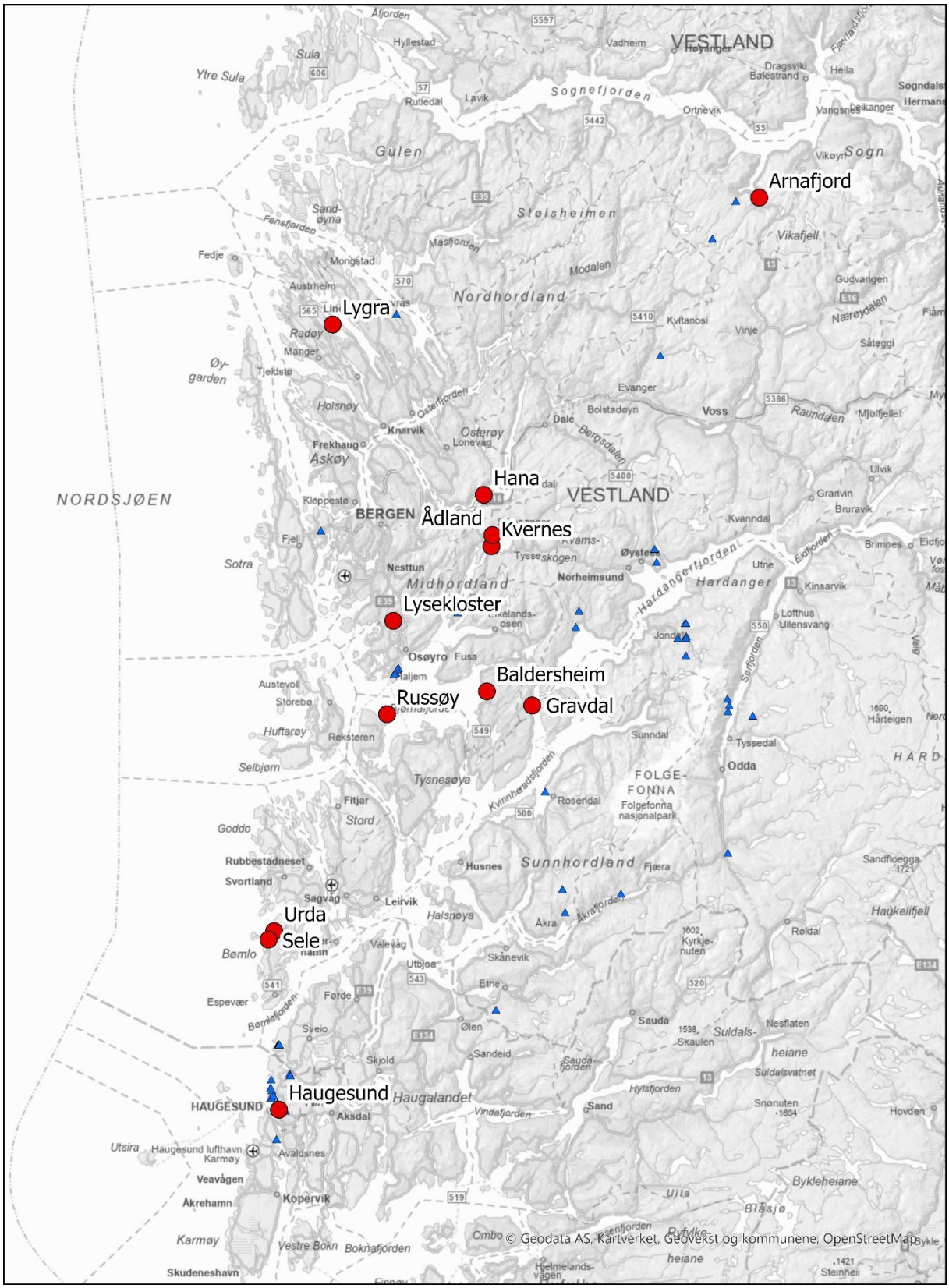
3.1 Om tolkning av proveniens

Kleberstein er en vanskelig bergart å proveniensbestemme fordi det som regel er store variasjoner internt i forekomstene. Det er i hovedsak fordi kleberstein dannes ved omvandling av andre bergarter, fortrinnsvis jern-magnesiumrike, noe som har etterlatt sterke variasjoner i strukturelle, kjemiske og mineralogiske aspekter. For å knytte et bestemt klebersteinsbrudd til bruk i en bygning må vi derfor være sikre på hvilke variasjonsmønstre som finnes i bruddet.

Det har vi utført på flere måter:

1. Undersøkelser og observasjoner i klebersteinsbruddene; dette har gitt oss en del data, men metoden har begrensninger siden flere av bruddene er uttømt, slik at vi kun ser det som sist ble drevet ut av stein.
2. Undersøkelser og observasjoner i bygningene; vi ser etter «missing links», det vil si steinblokker som inneholder flere varianter. Slik kan vi bygge opp et «overlappsmønster» for hvert brudd og dermed anslå variasjonsbredde og sannsynlighet for at en gruppe variasjoner kommer fra ett og samme brudd.
3. Skriftlige kilder; vi har ikke slike kilder fra middelalderen, men fra restaurering og nybygg med kleberstein. Der skriftlige kilder påpeker hvilke steintyper som er benyttet, kan vi sammenligne disse med stein fra eldre perioder og matche variasjonsmønstre.
4. Geokjemiske data/analyser; noen steinbrudd er «hektet» på middelalderbruk gjennom geokjemiske analyser (Jansen et al. 2009, Jansen & Heldal 2017, Hansen et al. 2017). Det gir en tilleggsindikator for bestemmelse av proveniens.

Noen steinbrudd fremstår ganske unike, mens andre viser overlapp med hverandre. Det er derfor fare for forveksling i noen tilfeller. Vi har valgt å ta utgangspunkt i det vi kan kalle *diagnostiske kriterier* og lansert hypoteser for proveniens ut ifra det og punktene ovenfor. Når vi navngir et brudd som proveniens, er det fordi det nevnte brudd ut fra dagens kunnskap har mest sammenfallende trekk. Vi kan ikke utelukke at vi tar feil. Likevel mener vi at grupperingen av stein i kirkene i stor grad reflekterer steinbrudd, og så er spørsmålet om vi har «gjettet» riktig steinbrudd eller om det finnes noen vi ikke har oppdaget. En oversikt over klebersteinsbrudd som er omtalt i denne rapporten er gitt i Figur 12. For andre bergartstyper har vi så langt det lar seg gjøre beskrevet kilder som er nærliggende.



Figur 12. Omtalte klebersteinsbrudd (røde sirkler). Andre klebersteinsbrudd er vist med blå trekant.

3.2 Kleberstein «Urda»

3.2.1 Beskrivelse

Klebersteinen vi kaller Urda (etter navnet på gården ved bruddet) er en blågrå kleberstein med tydelig breksjestruktur, der fragmentene gjerne har en litt rundet form og omsluttes av karbonatrike partier og årer, gjerne brunforvitret i bygninger (Figur 13) men hvite i friskt brudd.

Estetisk variasjonsbredde: bergarten er ganske homogen, men størrelsen på fragmentene i breksjen kan variere fra blokk til blokk, fra rundt 5-10 cm til nesten en halv meter.

Magnetisk susceptibilitet: målingene viser ganske tett samling på et middels nivå. Det gjør at den kan skilles fra kleberstein med svært lav eller svært høy susceptibilitet.

Geokjemiske karakteristika: Urda er svært variabel både med tanke på XRF, REE og isotoper. XRF og isotoper fungerer best for å skille fra Baldersheim, mens REE skiller den fra Lysekloster.

Hovedtrekk for identifisering: breksjestruktur og blågrå farge. Markert og lite muligheter for forveksling.

Figur 13. Typisk variasjonsbredde i kleberstein som vi tror er fra Urda, Mariakirken

3.2.2 Argumenter for proveniens

Steinen fra bruddet ved Urda har en svært særegen struktur, som vi ikke har sett i noen andre forekomster. Det finnes også geokjemiske data som gir sannsynlig proveniens:

- Sr-Nd isotopanalyser og REE analyser fra Mariakirken viser match med Urda steinbrudd (Jansen 2014a).

3.2.3 Steinbruddet

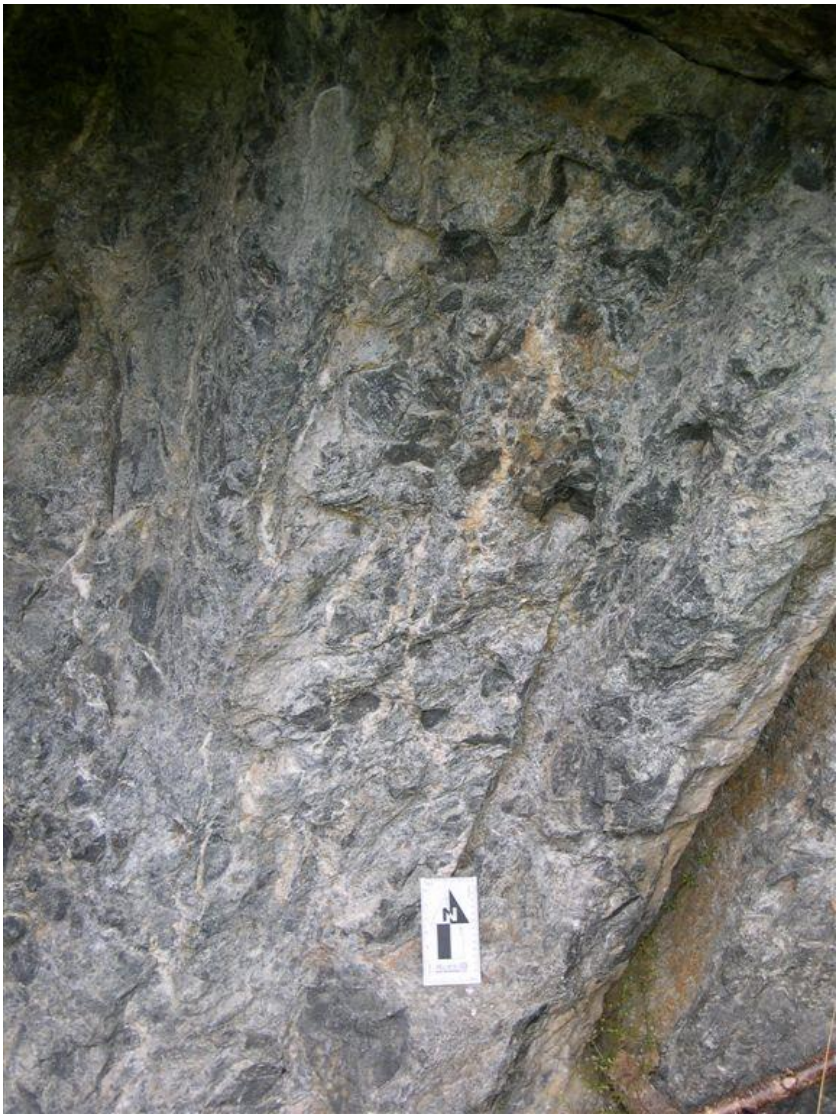
Urda klebersteinsbrudd ved Lyklingfjorden i Bømlo er hittil den eneste kjente forekomst på Vestlandet som har slike visuelle trekk som beskrevet over (Heldal et al. 2004, Figur 14). Klebersteinsbruddet er beskrevet av geologen H. Reusch (1883) der det vises til at det finnes spor etter drift «i fordums tid». A. Helland (1891) refererer disse opplysningene. I 1950 er bruddet registrert av Per Fett, og kort omtalt i hans «Førhistoriske minne i Sunnhordland 1973 – Finnås».

Prestegjeld". Ellers fantes ingen opptegnelser eller beskrivelser av steinbruddet, før avgrensete geologiske og arkeologiske undersøkelser i 2001-2002 (Heldal et al. 2004).

Steinbruddet er totalt rundt 90 meter langt, og den best synlige delen utgjøres av en 4-6 meter høy bruddvegg (Figur 15). I denne veggen finnes tallrike spor etter kvadersteinuttak (Figur 16). Uttakene er foretatt ved å hugge kanaler rundt blokkene, som deretter ble frigjort ved kiling. I bruddets østligste del finnes spor etter gryteuttak som trolig pre-daterer kvaderdriften. I deler av bruddveggen finnes spor etter sporadiske uttak (prøvedrift?) på et senere stadium – trolig slutten av 1800-tallet eller begynnelsen av 1900-tallet; der er her boret korte hull for utsprengning eller kiling av stein.

Klebersteinbruddet ved Urda ble trolig forlatt rundt midten av 1100-tallet. I murverk fra andre halvdel av 1100-tallet finner vi ikke denne steintypen. Observasjoner i bruddet bekrefter dette. Vi mener at steinbruddet på Urda på det nærmeste ble tømt for brukbar stein før det ble forlatt. Det geologiske skissekartet i Figur 18 viser at det kun står et tynt lag igjen av kleberstein inn mot serpentinitten nord for bruddet.

Foran den synlige bruddkanten ligger et stort område dekket av skrotmasser fra driften (Figur 17). Det ble bekreftet med prøvestikk (Figur 18). Steinbruddet vitner følgelig om inndrift fra sør som gradvis transformerte fast fjell til produsert kvaderstein og huggeskrot. Etter rundt 30 meter tok ressursen slutt og bruddet ble forlatt. Vår tolkning er at steinbruddet var den viktigste kilden til kleberstein i første halvdel av 1100-tallet, helt til ressursene var oppbrukt.

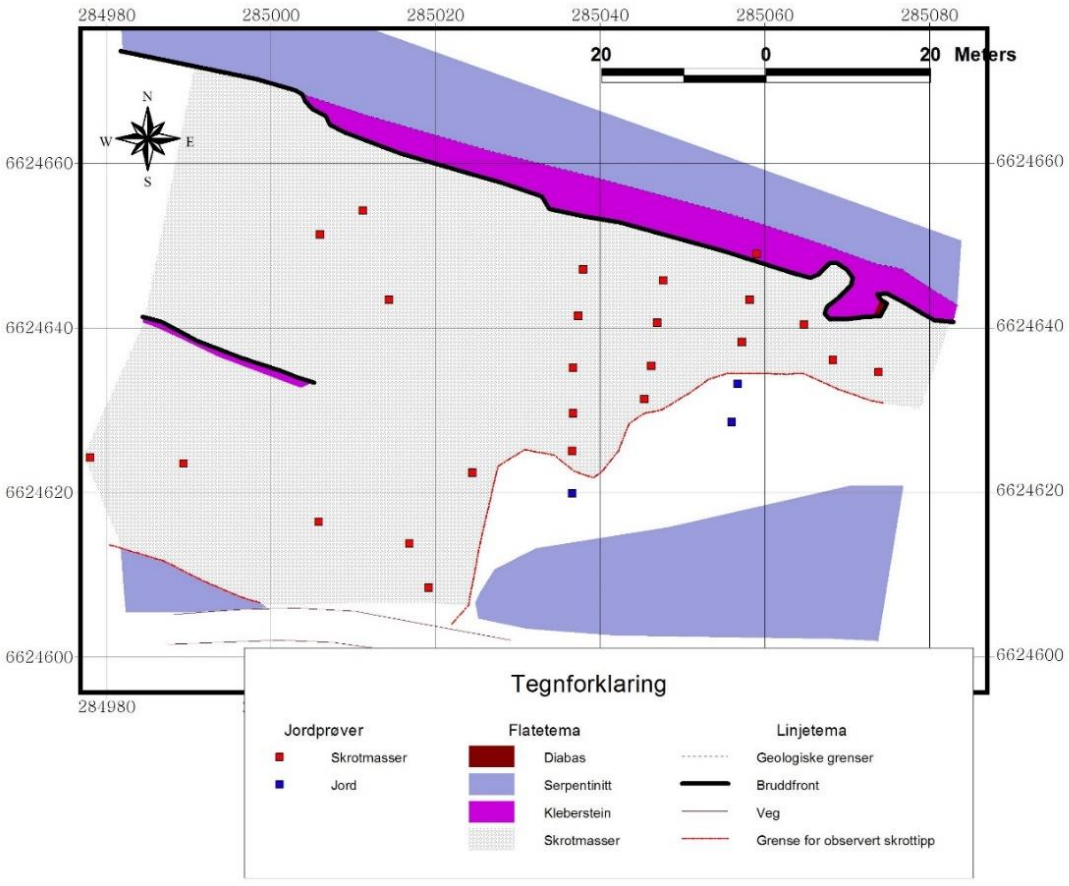


Figur 14. Fra bruddvegg ved Urda, tilsvarende breksjestruktur som vist i Figur 13.

Figur 15. Gjenstående bruddvegg i klebersteinbrudd, Urda, Bømlo. Kanaler for hugging av kvaderstein er merket med rød strek.

Figur 16. Huggete kanaler for frigjøring av kvadersteinsblokker.

Figur 17. Eng som skjuler store mengder skrotmasser fra klebersteinsdriften.



Figur 18. Kart over Urda klebersteinsbrudd (fra Heldal et al. 2004).

3.2.4 Hovedtrekk for identifisering

Klebersteinen ved Urda har et svært karakteristisk utseende som ikke er funnet noen andre steder i Vestland eller for den saks skyld Norge.

3.3 Kleberstein «Baldersheim»

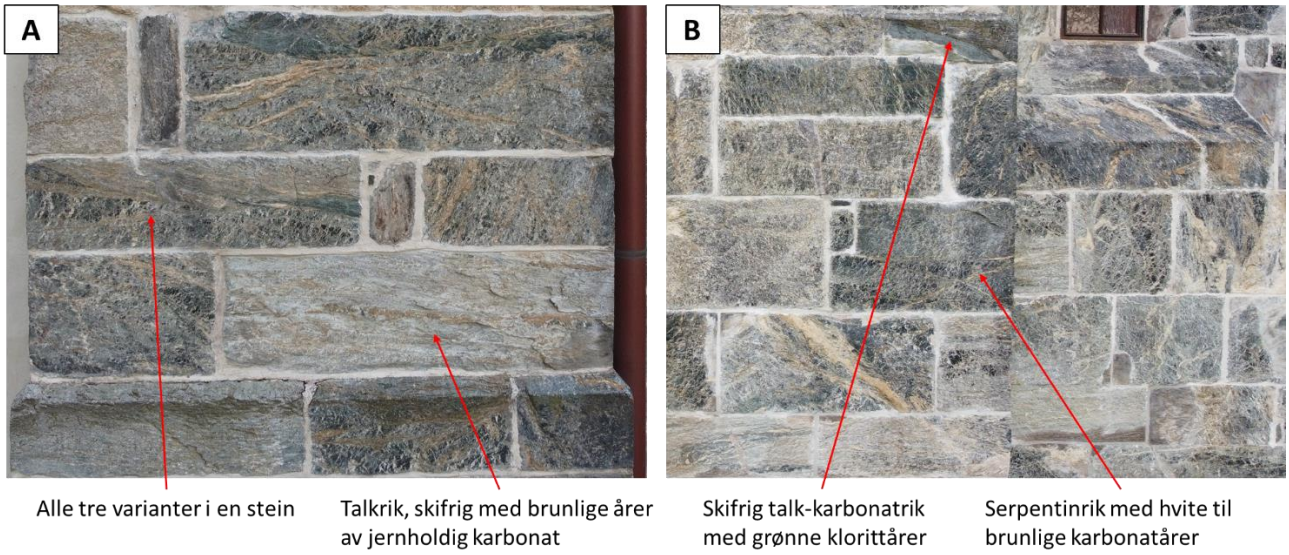
3.3.1 Beskrivelse

Dette er en svært variabel kleberstein, fra massiv, mørk grønn serpentinitt med markert nettverk av hvite karbon- og talkårer, til skifrig kleberstein med grønnlige (klorittrike) foliasjonssjikt og også tykkere klorittrike soner/lag.

Estetisk variasjonsbredde: fra grønnsvart, massiv serpentinittisk kleberstein med nettverk av hvite karbonatårer, til skifrig/foliert kleberstein med typisk vekslende talkrike, karbonatrike og klorittrike lag i en ganske grov foliasjon. Det er vanlig å finne tykkere klorittårer i steinen, samt intim veksling mellom flakige klorittiske og talkrike skifrighetsplan (Figur 19).

Magnetisk susceptibilitet: Baldersheim ligger litt høyere enn Urda, men det er ganske store variasjoner.

Geokjemiske karakteristika: Baldersheim kan overlappe med noen steinbrudd på XRF, men er lett å skille fra Urda. Det samme gjelder isotoper, mens REE viser overlapp.

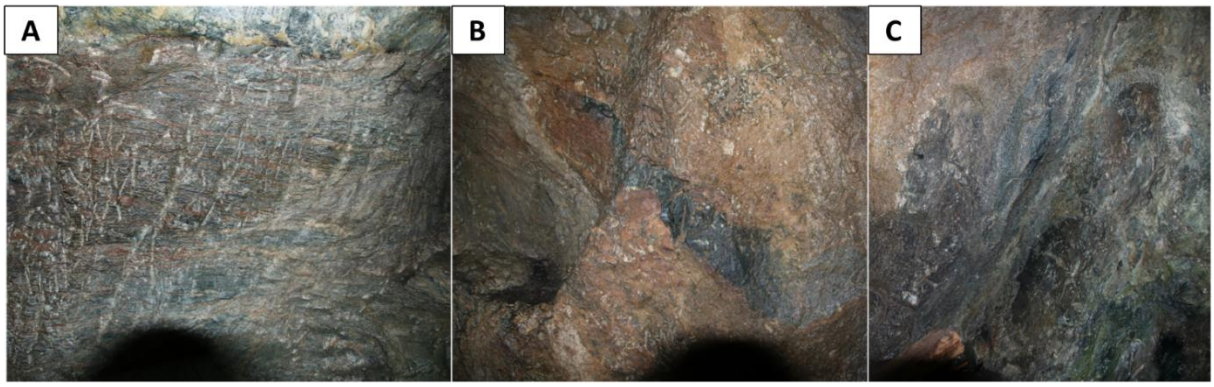


Figur 19. Variasjonsbredde i kleberstein som antas å komme fra et brudd i Baldersheim.

3.3.2 Argumenter for proveniens

Årsaken til at vi antar at Baldersheim steinbrudd er kilde til denne type kleberstein er følgende:

- Visuelle likheter mellom klebersteinen i Figur 19 og observasjoner i steinbruddet (Figur 20)
- Visuelle likheter med gjenbrukt stein fra Onarheim middelalderkirke (1180-1200), som er blitt geokjemisk sporet til steinbruddet i Baldersheim (Jansen & Heldal 2017).
- Sr-Nd isotopanalyser og REE analyser fra Mariakirken som viser god match med Baldersheim brudd (Jansen 2014).

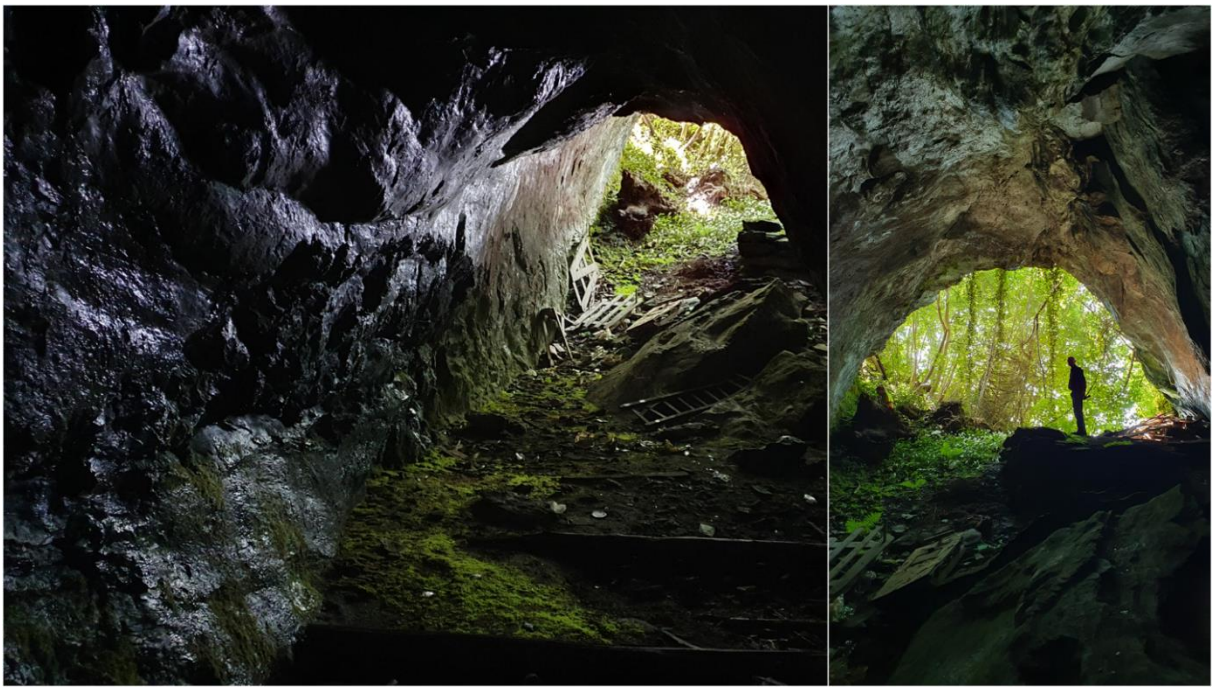


Figur 20. Huggete bruddkanter, Baldersheim. A: intim veksling mellom talkrike, klorittrike og karbonatrike skifrighetsplan. B: enklave av mørk serpentinitt med hvite årer. C: klorittåre NØ-SV i bildet. Hvert bilde viser ca en meter bredde.

3.3.3 Steinbruddet i Baldersheim

Steinbruddet fremstår i dag som en hule/tunnel, ca. 29m lang, opptil 6m høy og 10m bred (Figur 21). Deler av taket har rast ned etter driften tok slutt. Veggene viser huggespor etter manuelle uttak med spisshakke eller lignende (Figur 20). Store huggeflater tilsier uttak av kvaderblokker. Det finnes også uttak etter små objekter, trolig fiskesøkker fra moderne tid.

Utenfor bruddinngangen er det bevokste hauger med skrotstein fra driften. Disse strekker seg ganske langt utenfor og antyder at mye berg er fjernet i dagbrudd før driften gikk under bakken. Det vil si at vi kun har tilgang til det som tilhørte siste fase av drift.



Figur 21. Baldersheim steinbrudd - sett fra innsiden mot utgangen.

3.3.4 Hovedtrekk for identifisering

Visuelt utseende: fra grønnsvart, massiv serpentinittisk kleberstein med nettverk av hvite karbona- og talkårer, til skifrig/foliert kleberstein med typisk vekslende talkrike, karbonatrike og klorittrike lag i en ganske grov foliasjon.

3.4 Kleberstein «Lysekloster»

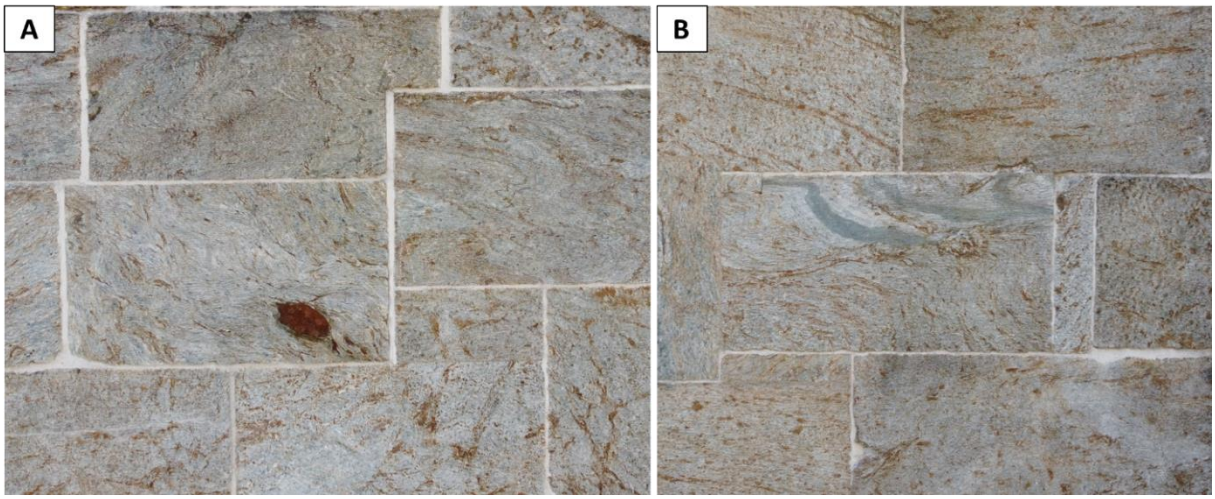
3.4.1 Beskrivelse

Skifrig kleberstein med enkelte klorittårer/lag omsluttet av reine talksoner. Klebersteinen er med nevnte unntak temmelig homogen, og preges av foliasjon med finskala veksling mellom talk og mørk brun, rustent karbonat. Foliasjonen er ofte småfoldet, og under utsatte eksponeringsforhold kan vi noen steder se avflaking av foldete foliasjonsflak.

Visuell variasjonsbredde: foliert, vekslende talk-rusten karbonat-grønnlig kloritt, småfoldet og med spredte grønne klorittårer, omsluttet av rein, nesten hvit talk (Figur 22). Over tid forvitrer steinen til en matt, grågrønn overflate.

Magnetisk susceptibilitet: Stor variasjon, og målinger fra bygg viser stor overlapp med Baldersheim.

Geokjemiske karakteristika: Vi har begrensete XRF-data fra Lysekloster steinbrudd. REE og isotoper gir en signatur som kan ha noe overlapping med Baldersheim.



Figur 22. Variasjoner i antatt kleberstein fra Lysekloster sitt steinbrudd.

3.4.2 Argumenter for proveniens

Årsaken til at vi antar at Lysekloster steinbrudd er kilde til denne type kleberstein er følgende:

- Sammenligning med stein som er brukt i Lysekloster, der samme variasjonsbredde i visuelt utseende kan sees (eksempel i Figur 23). Vi forutsetter her at Lysekloster er bygget av steinen som ble tatt ut et par kilometer nordøst for klosteret (se også Hommedal 2017).
- Visuelt utseende: foliert, vekslende talk-rusten karbonat-grønnlig kloritt, småfoldet og med spredte grønne klorittårer, omsluttet av rein, nesten hvit talk (Figur 22). Over tid forvitrer steinen til en matt, grågrønn overflate.
- Sr-Nd isotopanalyser og REE analyser fra Mariakirken og Domkirken viser match med Lysekloster steinbrudd og Lysekloster (Jansen 2014a, 2014b).

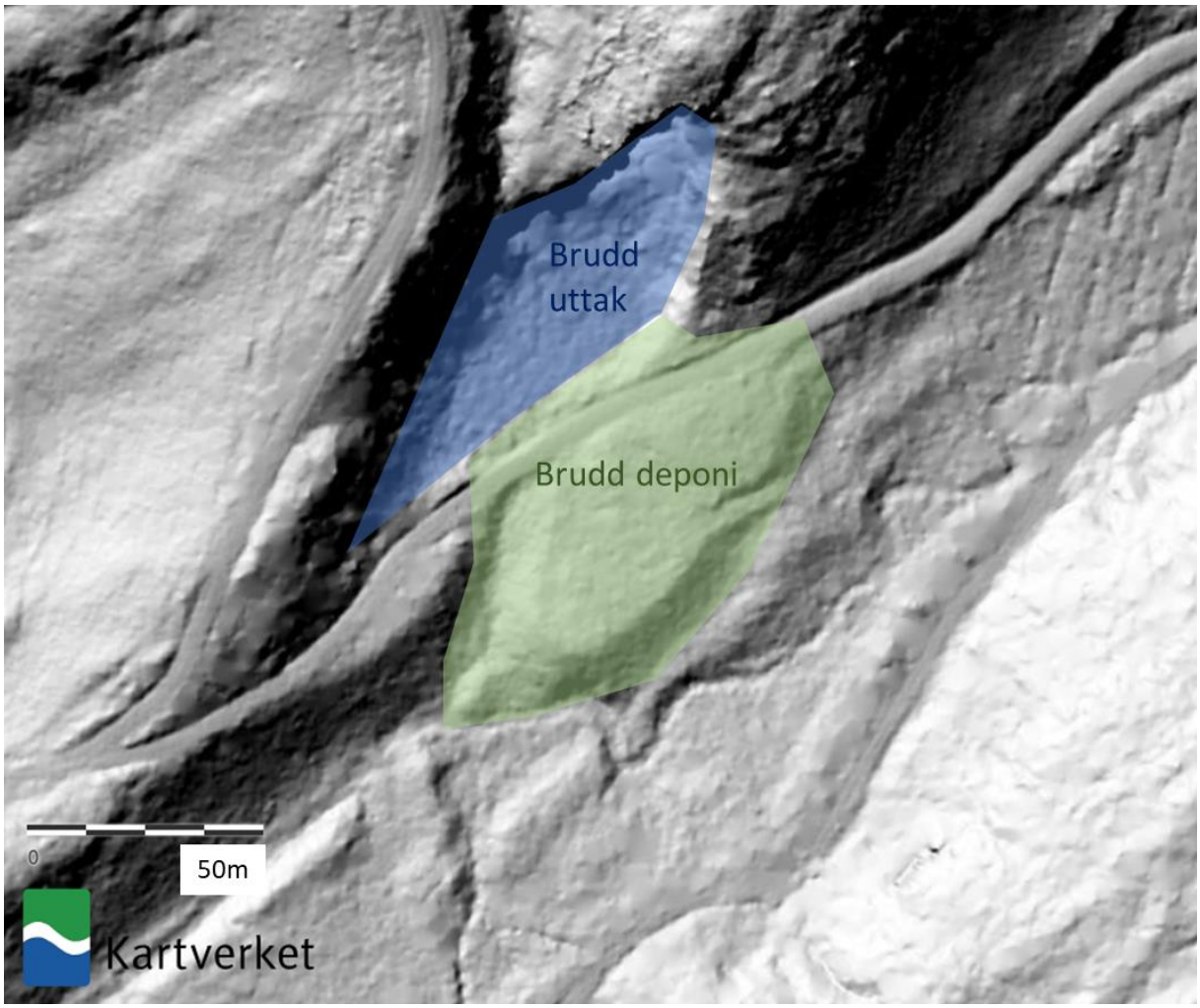
Figur 23. Kleberstein brukt på Lysekloster.

3.4.3 Lysekloster steinbrudd

Lysekloster steinbrudd ligger rundt 700 meter nordøst for klosteret. I dag er det så godt som intet igjen av denne ressursen. Kun en grop, som vitner om uttak av en linse med kleberstein som tynner ut mot nordøst (Figur 24). I den nordøstre delen er det mulig å se «siste rest» av forekomsten som en metertykk sone, klemt mellom andre bergarter. Helland (1893:135) omtaler også steinbruddet som tømt for brukbar stein.

Mesteparten av det som en gang var klebersteinsforekomsten ved Lysekloster er altså å finne i klosteret og andre bygninger, samt i deponiet nedenfor bruddet. Der ligger huggeavfall og blokker som var for dårlig til å kunne brukes.

Hoderegning basert på terrengformene kan antyde et uttatt volum på 30-40.000 kubikkmeter stein. Deponiet kan være 20.000 kubikkmeter, hvilket skulle tilsi at nærmere halvparten, kanskje mer, havnet i deponiet.



Figur 24. Rester etter klebersteinsbruddet ved Lysekloster. Blått område er grop etter uttak av berg, grønt område deponi av skrotmasser fra driften. Moderne grusveg skjærer gjennom øvre del av deponiet.

3.4.4 Hovedtrekk for identifisering

Visuelle trekk: klorittlag/årer omsluttet av talk, foliasjon rett eller foldet, mørk brunt karbonat, ellers grågrønn vitringsflate i eldre fasader. Selv om enkeltsteiner fra Lysekloster kan forveksles med noen andre kilder, kan større flater med Lysekloster stein fremstå svært homogene.

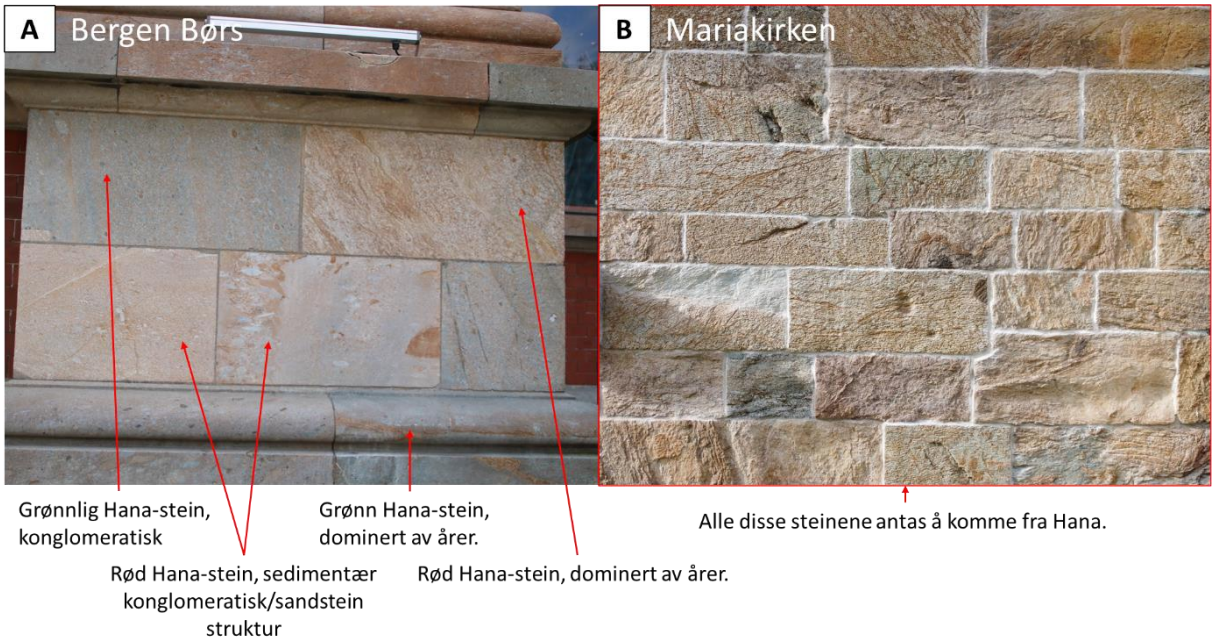
3.5 Kleberstein «Hana»

3.5.1 Beskrivelse

Kleberstein som kan fremstå rød rustforvitret eller grønnlig. I mange tilfeller kan vi se sedimentære strukturer, bevis for at den stammer fra sandstein og konglomerat, som den eneste av klebersteinene. I andre tilfeller er ikke dette så fremtredende, og steintypen fremstår mer lik andre kilder, med krysskuttende årer av rødbrunt karbonat.

Estetisk variasjonsbredde: fra steiner med klare, sedimentære strukturer (lag med sand, grus og rundete steiner), til mer foliert med karbonatårer. Fargen varierer fra grønnlig til sterkt rødbrun (Figur 25).

Magnetisk susceptibilitet er fraværende til svært lav. Det skiller den fra andre klebersteiner.



Figur 25. Varianter av stein fra Hana. A: moderne tid Bergen Børs. B: antatt Hana i Mariakirken.

3.5.2 Argumenter for proveniens

Årsaken til at vi antar at Hana steinbrudd er kilde til denne type kleberstein er følgende:

- Fremstår visuelt karakteristisk, der en stor andel av steinene viser sedimentære strukturer, slik som lagning og konglomeratlag. Slike trekk er hittil ikke observert i noen andre klebersteinsbrudd i Vestland.
- Skriftlige kilder viser til Hana som viktig kilde til fasaden i Bergen Børs, som kan sammenlignes med kirkefasadene.
- Kleberstein fra Hana har svært lav magnetisk susceptibilitet. Dette avviker såpass mye fra andre varianter at vi ser på det som diagnostisk for bruddet.

3.5.3 Hana steinbrudd

Klebersteinbruddet ligger i Vaksdal kommune, 50-75 meter over havet mellom gårdene Hana og Staveneset. Adkomst er sti fra Stavenesveien.

I dag fremstår mesteparten av bruddet som utdrevet, illustrert med ganske store deponier av huggeskrot. Restene av bruddveggen er bratt og høy (rundt 26-30 meter, Figur 26). Det har vært drevet ca. 30 meter inndrift inn til denne, og bruddet fremstår som en grøft skåret inn i et bratt skrånende terreng. Litt hoderegning antyder nærmere 4000 kubikkmeter uttatt bruttovolum.

Vi vet fra skriftlige kilder at steinbruddet var i drift i «fordums tider» (Heldal & Jansen 2000) og at bruddet ble gjenopptatt i moderne tid på slutten av 1800-tallet. Vi antar at klebersteinsbruddet har hatt en kjerne av delvis kleberomdannet serpentinitt som er mer talkrik utover med overgang til klastiske klebersteinsforekomster (konglomerat) som helt ytterst og i de smaleste partier er forskifret til talkskifer.

Figur 26. Hanabruddets sørlige avgrensing - høy bruddvegg av smalnende klebersteinsforekomst. Se personer for skala.

3.5.4 Hovedtrekk for identifisering

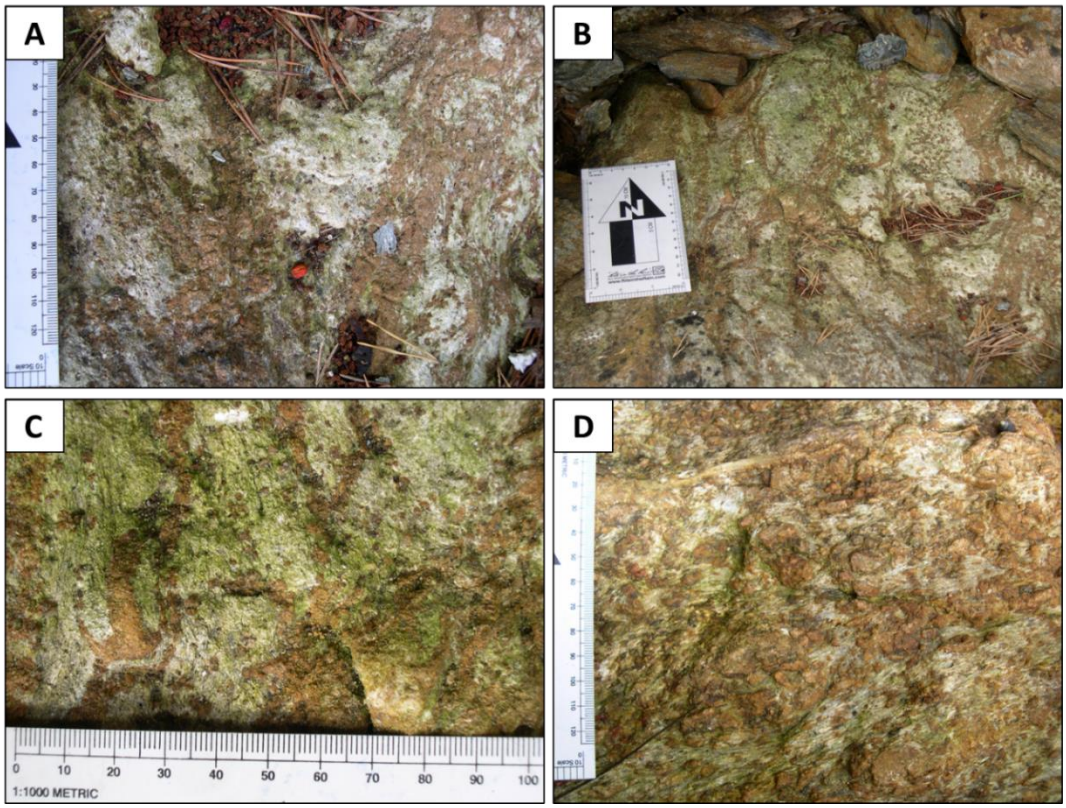
Rødfarget rustforvitring, konglomerat- og sandsteinstruktur og lav eller fraværende magnetisk susceptibilitet. Arnafjord er trolig den forekomst som er lettest å forveksle med Hana, da de samme varianter som er beskrevet fra Hana forventes å være til stede i Arnafjord. Men siden konglomeratisk kleberstein har en uomtvistelig og dokumentert kobling til Hana, og ikke til Arnafjord, antar vi med sannsynlighet at Hana representerer den viktigste middelaldersteinen av de to.

3.6 Kleberstein «Russøy» og «Bergsholmen»

3.6.1 Beskrivelse

Klebersteinen på Russøy synes i vesentlig grad å bestå av en lys, talkrik type, med årer og korn av rustbrunt karbonat (Figur 27). Det finnes også mer serpentinholdig kleberstein, med mørkere brunt karbonat i årer og korn, ofte med tynne striper av hvit talk (Figur 28). Klebersteinen på Russøy er foliert, men det er ikke et veldig markant trekk i bergarten.

På naboøya Bergsholmen er det et mindre brudd som tilsynelatende har ganske identisk stein som Russøy. Men berget er sterkt forvitret (Figur 29), slik at vi ikke kan se gode bergflater slik som på Russøy.



Figur 27. Varianter av lys, talkrik kleberstein med årer og korn av rødbrunt karbonat. Fra Russøy.

Figur 28. Variant av serpentinholdig, mørk grønnlig kleberstein årer og korn av mørkebrunt karbonat, gjerne ledsaget av talkrike striper.

Figur 29. Svært forvitret kleberstein i gjenværende bruddvegg på Bergsholmen.

3.6.2 Argumenter for proveniens

Geokjemiske analyser fra Russøy (Sr-Nd isotoper (Jansen et al. 2006) pluss REE) samsvarer godt med prøver som stammer fra Munkeliv Kloster. Stein fra Munkeliv Kloster ble gjenbrukt til å bygge Muren på 1500-tallet (Heldal & Jansen 2000). En del av steinen i Muren viser store visuelle likheter med den som er observert i bruddet på Russøy.

3.6.3 Russøy steinbrudd

Hovedbruddet ligger på sørsiden av Russøy, ca. 30 meter fra sjøen. Det finnes også et mindre brudd og flere prøveuttak nede ved sjøkanten. Bruddet er kun tilgjengelig fra båt, og det er ingen bebyggelse eller infrastruktur på øya.

Bruddet ble registrert 01.06. 1998 av avdelingsingeniør Svein Ove Agdestein ved Bergen Museum (Top. ark. Nr. 02753). Nærmere undersøkelser i 2003 (Jansen et al. 2004) inkluderte kartlegging og utpumping av vann for å studere nedre del av hovedbruddet.

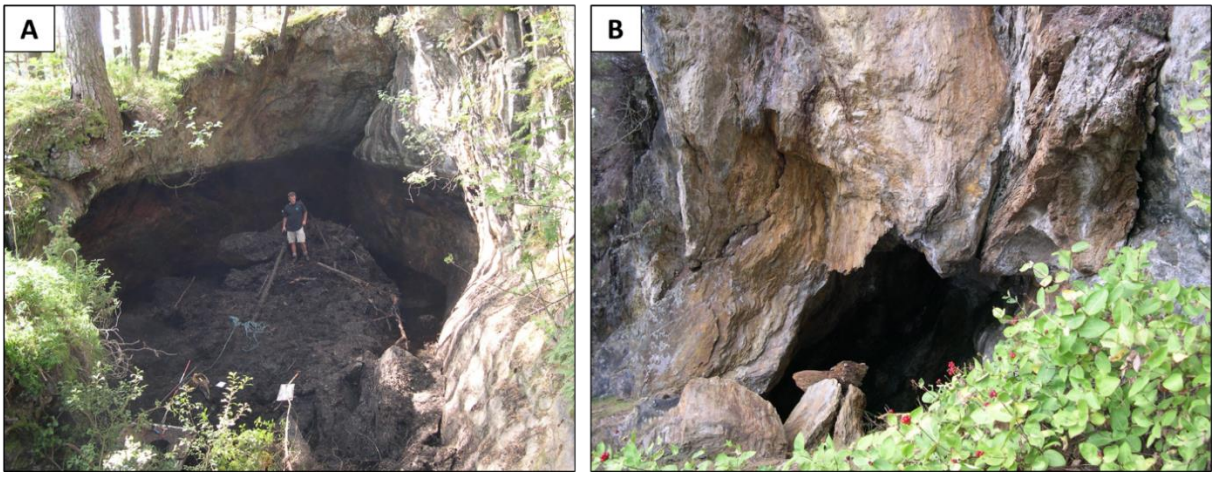
Hovedbruddet utgjør en linseformet, vannfylt grop/gruve, ca. 25 meter lang og 10 meter på det bredeste (smalner til om lag 1.5 m i begge ender). Største målte dybde fra overflaten er 12 meter. Forekomsten synes å være tømt for brukbar kleberstein, og bruddet definerer et negativt "avtrykk" av den opprinnelige linseformete forekomsten, omgitt av fyllitt (Figur 30, Figur 31). Bruddet er dypest i den vestlige delen som befinner seg under et overheng av fyllitt. Bunnen av bruddet skråner oppover mot øst, og her finner vi den antatte utgangen/transportveien fra bruddet.

Sør og sørøst for bruddet, mot sjøen, finner vi skrotmasser fra klebersteinsdriften. Gjennom disse går et spor/fordypning som vi antar representerer transportvei ned til sjøen. Der dette sporet

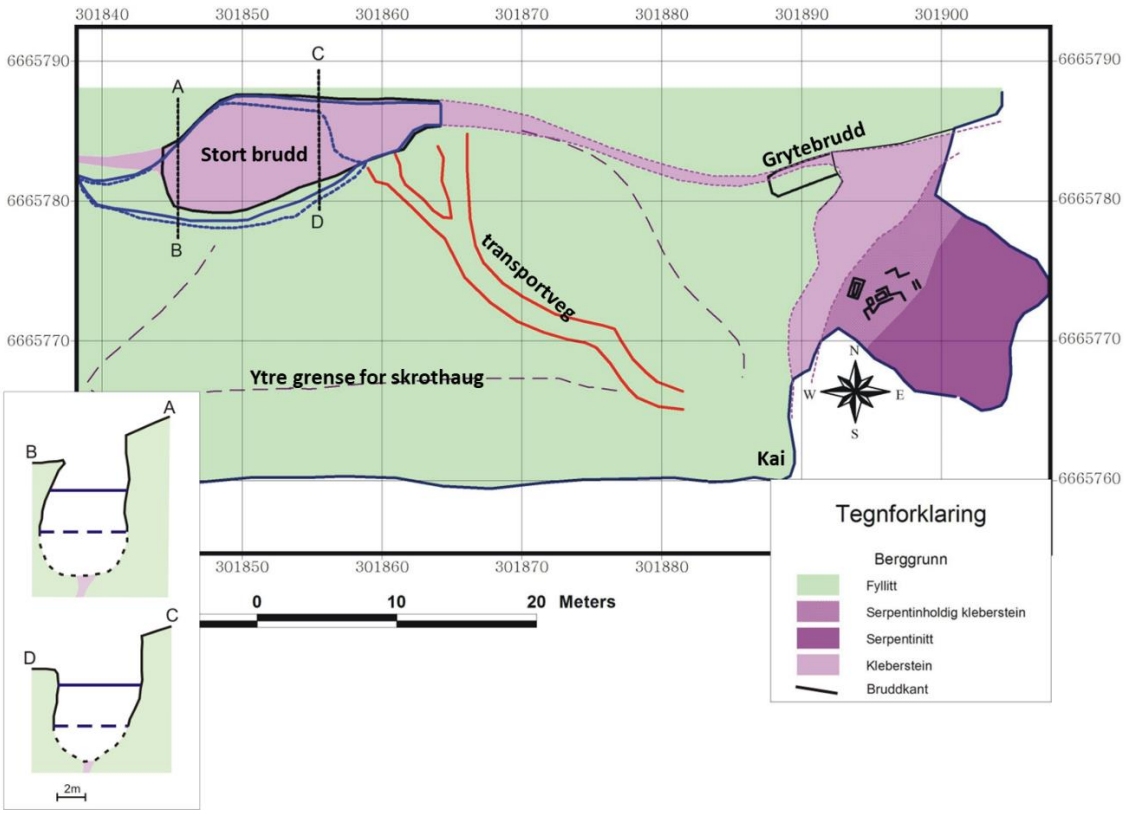
kommer ned til sjøen finnes en provisorisk "kai" – der fyllitt-knausene er planert ved kiling/hugging. Like øst for "kaien" finnes et lite steinbrudd (hule som er 5 meter dyp og 2 meter bred/høy; Figur 30B) der det er spor etter gryteuttak. Flere spor som kan tolkes som prøvehugging av kvaderblokker sees på svabergene nær hulen.

Ved utgangen av hovedbruddet ble det foretatt et arkeologisk prøvestikk. Det avdekket langsgående rund-stokker i bunn, som underlag for tversgående, kløyvde "sviller" som er festet til de underliggende med firkantete trenagler – i uthugde forsenkninger i svillene. I begge ender av stikket er det fast fjell, og «svillene» viser økse-hoggete endeflater ved sin avslutning mot berget. I sørlige del av stikket dreier bruddets «utgang» mot sørøst, og i denne delen er det lagt et nytt lag med kløyvde stokker – slik at de ligger normalt på «transportretningen». Konstruksjonen antas å være rester etter et svillesystem beregnet på å frakte steinblokker opp av bruddet. Dette vil i så fall underbygge indikasjonene på at det er kvaderstein som har vært hovedproduktet. En trebit fra denne konstruksjonen ble datert til ca. 1100.

Basert på bruddets størrelse estimeres brutto steinuttak til å være rundt 1000 kubikkmeter, noe som kan ha gitt rundt 1000 kvaderstein regnet etter gjennomsnittlige kvader-størrelser (om lag 1/3 m^3).



Figur 30. Steinbrudd på Russøy. A: hovedbruddet, tappet for vann. B: mindre brudd nede ved sjøen.



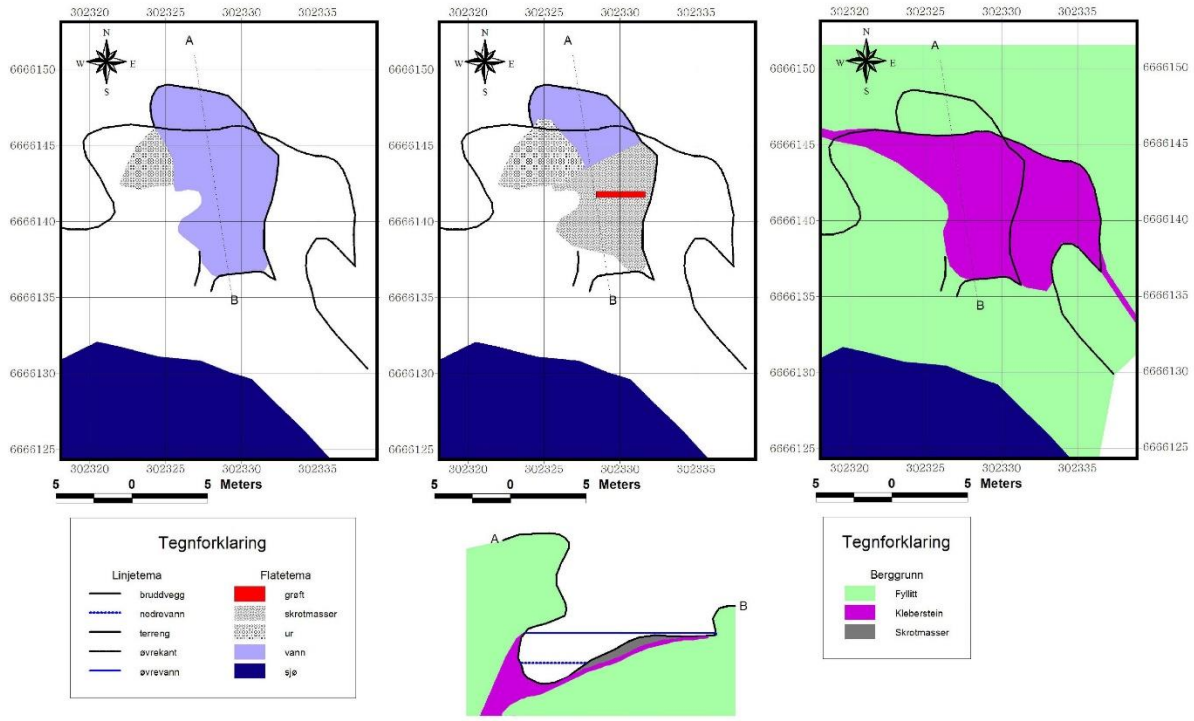
Figur 31. Skissekart over klebersteinsbruddet på Russøy (fra Jansen et al. 2004).

3.6.4 Bergsholmen steinbrudd

Steinbruddet ligger like ved sjøen på sørvestsiden av Bergsholmen. Akkurat som på Russøy fremstår bruddet som et negativt avtrykk av en klebersteinsforekomst, nå utdrevet (Figur 32, Figur 33). På begge sider av hulrommet ser vi tynne soner med kleberstein. Opprinnelig har forekomsten hatt en linseform med ca. 10 x 10 meter utbredelse og 6-7 meter tykkelse. Det er ingen markerte skrottipper rundt bruddet, trolig ble skrotet dumpet i sjøen rett nedenfor.

Bruddet ble registrert 01.06.1998 av avdelingsingeniør Svein Ove Agdestein ved Bergen Museum (Top. ark. Nr. 02753). Nærmere undersøkelser i 2003 (Jansen et al. 2004) inkluderte kartlegging og utpumping av vann for å studere nedre del av hovedbruddet.

Figur 32. Vannfylt brudd på Bergsholmen (A), foto mot vest som viser gjenværende tynn sone med kleberstein (B).



Figur 33. Kart og tverrsnitt over klebersteinsbrudd før og etter tømming av vann.

3.6.5 Hovedtrekk for identifisering

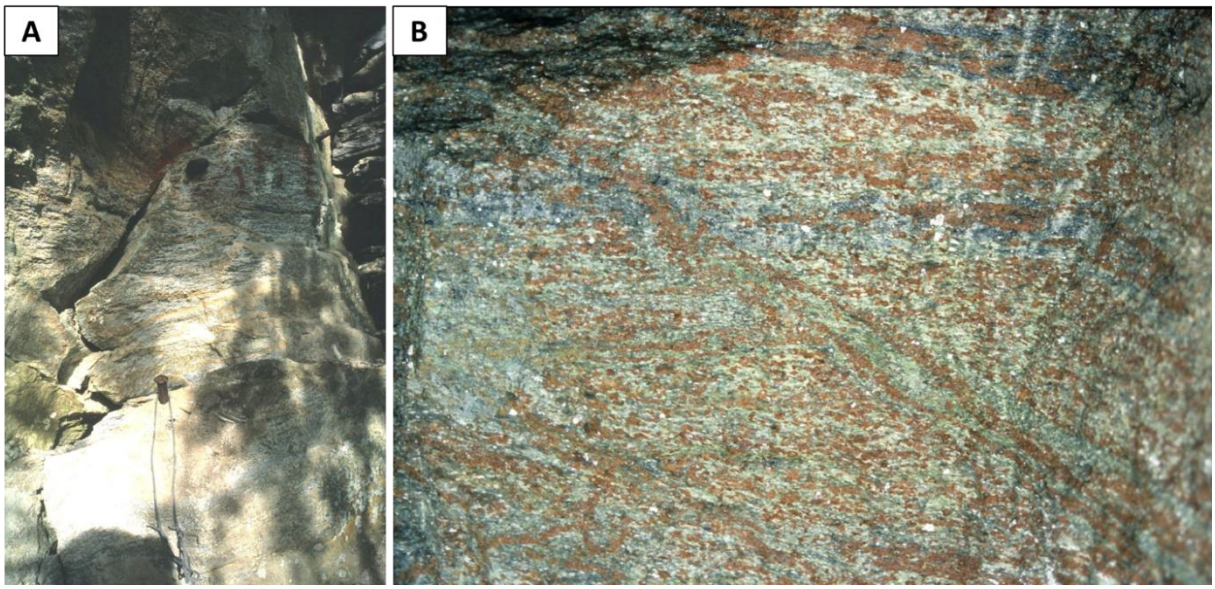
Lys grå talkrik, med rødbrune årer og korn av karbonat. Muligens en mørkere grønngrå serpentinholdig variant med mørk brunt karbonat i årer og korn flankert av tynne striper med hvit talk.

3.7 Kleberstein «Arnafjord»

3.7.1 Beskrivelse

Ved Arnafjord har det vært store klebersteinsbrudd gjennom mesteparten av historien etter steinalderen, og med stor sikkerhet var det drift på bygningsstein i middelalderen. Steinen ble også svært viktig i restaureringsperioden i de bergenske kirkene, særlig Domkirken (Helland 1893:139). Klebersteinen er temmelig «feit», det vil si talkrik. Det førte til gruvedrift på talk mellom 1907 og 1984.

På grunn av at det har vært ganske massive inngrep i forekomstene over lang tid, er det litt vanskelig å peke på spesielle varianter for proveniens; mesteparten av klebersteinen som en gang var der er jo fraktet bort og brukt. Ut ifra det vi har sett visuelt i ett av bruddene (Figur 34) og det vi har sett av bruk i bygninger med enten svært sannsynlig proveniens eller kilder som nevner det (Figur 35) kan vi konkludere med at Arnafjord viser store variasjoner fra serpentinittisk grønnlig stein til lys, talkrik kleberstein med knorter og årer av sterkt rustbrunt karbonat.



Figur 34. Bruddvegg med huggemerker i Arnafjord (A), nærbilde av kleberstein i bruddet (B).

Figur 35. Kilder sier at stein fra Arnafjord ble brukt i Domkirkens sideskip fra slutten av 1800-tallet. A viser variasjonsmønstre i kvaderstein (merk to gjenbrukte steiner av Hana og Urda), B er Hove kirke – klebersteinen (de lyse steinene) kommer etter all sannsynlighet fra de nærliggende bruddene ved Arnafjord.

3.7.2 Argumenter for proveniens

Det er først og fremst i restaureringsperioden at Arnafjord synes aktuell i bergenske byggverk. Vi har ingen indikasjoner på bruk i middelalderen i denne byen. Det bør nevnes at Arnafjord kan forveksles med Kvernes og ikke-konglomeratiske varianter fra Hana.

3.7.3 Arnafjorden steinbrudd

Inne i Arnafjorden nær gården Dale er det en rekke brudd og gruver i flere forekomster av kleberstein. Helland (1893) nevner det som seinere ble kalt for «Dalebruddene» litt sørøst for gården Dale. Det er mulig at de eldste bruddene finnes der. Ellers er det nevnt en rekke navn for lokalisering av gruver og klebersteinbrudd: Johilleren, Kalveskår, Katlaberget, Gammelgruven, Ørneredet, Skredhamrane og Klev[2].

3.7.4 Hovedtrekk for identifisering

Ofte talkrik (lys og «feit») med sterkt rustrøde knorter og årer av karbonat. Kan føre grønne, serpentinrike partier og veksler mye mellom de to. Det er også mulighet for konglomeratisk kleberstein. Derfor er det mulighet for forveksling med Hana, men hittil er det kun Hana som har dokumentert av konglomeratisk kleberstein i Bergen.

3.8 Kleberstein «Kvernes»

3.8.1 Beskrivelse

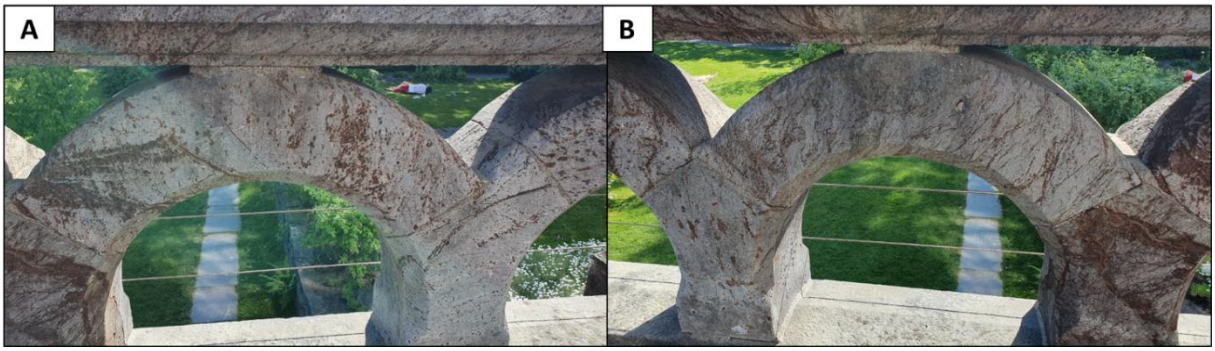
På kvernes i Samnanger er det ett stort brudd og trolig flere små. Ifølge Helland (1893:136) gir bruddet *«god, vakker sten»* uten å definere det nærmere. Vi antar imidlertid at det da dreier seg om en ganske homogen, talkrik kleberstein med spetter og årer slik vi ser i steinens bruk i Balustraden ved Naturhistoriske Samlinger (Figur 36 og Figur 37A, C), siden eventuelle avvik fra dette sikkert ville vært nevnt av Helland. Det gjør han også: *«Her optræder ogsaa noget ren grøn talk»*. Det klaffer godt med prøver fra UiBs magasin hvorav en er ganske grønn og talkrik (Figur 37B).

3.8.2 Argumenter for proveniens

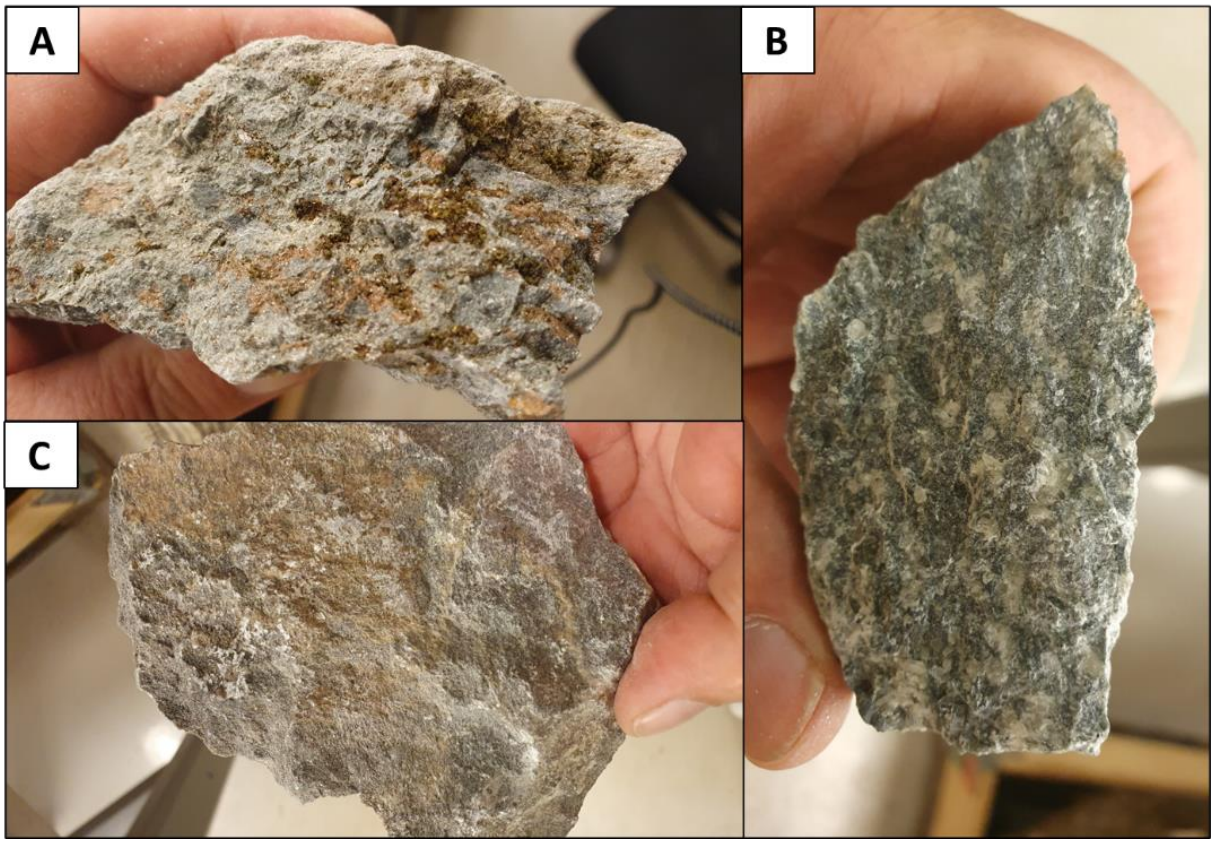
Vi har til nå ikke funnet kilder eller data som tilsier at Kvernes ble benyttet i Bergen i middelalderen. Geokjemiske data motstrider også dette – Kvernes har ikke geokjemiske signaturer som samsvarer med middelalder i Bergen. Derimot kan den ut ifra notater fra Prof. Niels Henrik Kolderup festes til balustraden i Naturhistoriske Samlinger ved Bergen Museum (Figur 36). Videre, at den kan forekomme i restaureringsarbeider fra seint 1800-tall i Domkirken, og i Bergen Børs, samt i det gamle posthuset og «Permanenten», begge fra 1896 (Heldal & Jansen 2000). Den kan altså ha vært ganske intensivt drevet på slutten av 1800-tallet.

I vår kontekst forutsetter vi at Kvernes ikke er vesentlig i middelalderske byggverk i Bergen. Men den er nyttig som referansestein i seinere bruk.

[2] NGU Industrimineraldatabase, Registrering 1417 - 303 Framfjord, https://aps.ngu.no/pls/oradb/minres_deposit_fakta_NY.Main?p_objid=13247&p_spraak=N



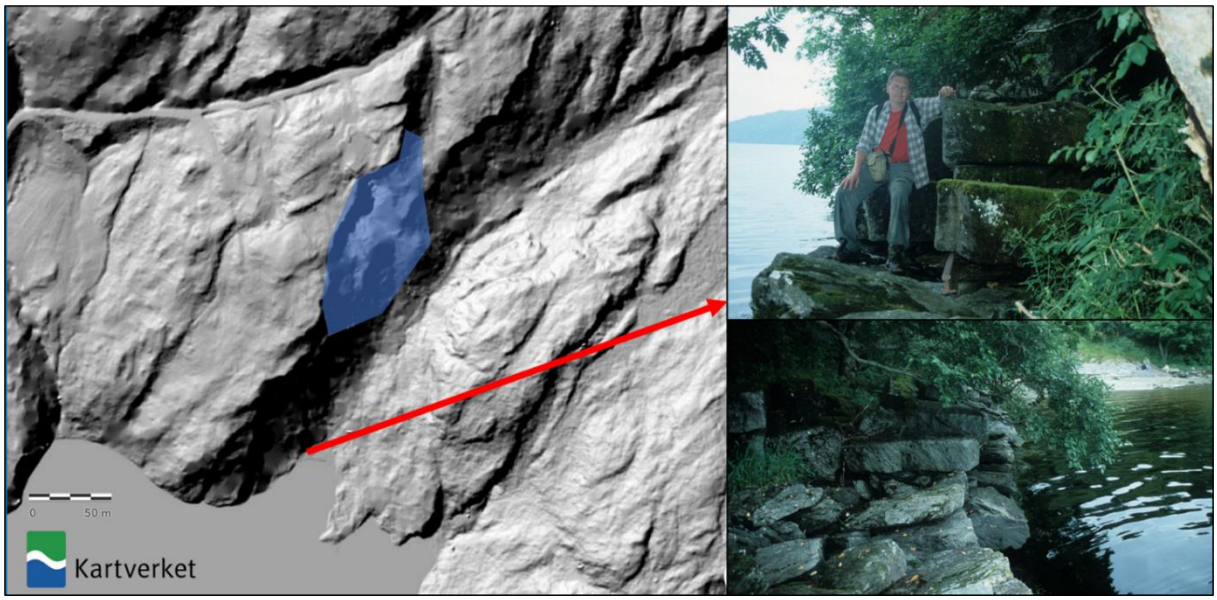
Figur 36. Kleberstein fra Kvernes i balustraden i de naturhistoriske samlinger, Bergen Museum. A: lys, talkrik kleberstein dominert av rustr4øde karbonatkorn. B: lys, talkrik kleberstein dominert av rustrøde karbonatårer.



Figur 37. Kleberstein fra Kvernes, UiB. A: lys, talkrik kleberstein med rustrøde korn av karbonat. B: Grønnlig kleberstein med lyse spetter av karbonat. C: lys, talkrik kleberstein med årer av rustrødt karbonat.

3.8.3 Kvernes steinbrudd

Et stort steinbrudd finnes like ved Øvre Kvernes gård (Figur 38). Huggete flater og stor inndrift tilsier at det har vært drevet ut betydelige volum kleberstein her. Vi finner i tillegg et blokklager nede ved sjøen, huggete blokker klare for transport (Figur 38). Noen av blokkene hviler på jernbaneskinner (kanskje det var bane fra bruddet til sjøen?) slik at det ikke er tvil om at disse blokkene er fra moderne tid, trolig slutten av 1800-tallet.



Figur 38. Venstre: Hovedbrudd på Kvernes (blå farge). Høyre: ubenyttet blokklager ved sjøen nedenfor. Blokkene er hugget manuelt med spisshakke. Bruk av jernbaneskinne som strø under blokker tyder på at dette er blokker fra moderne tid (trolig seint 1800-tall).

3.8.4 Hovedtrekk for identifisering

Vi bruker Balustraden som «typeområde» for denne klebersteinen. Det kan være mulig å forveksle den med Ådland (som vi ikke vet så veldig mye om bortsett for at det finnes en del serpentinitt derifra) og Arnafjord.

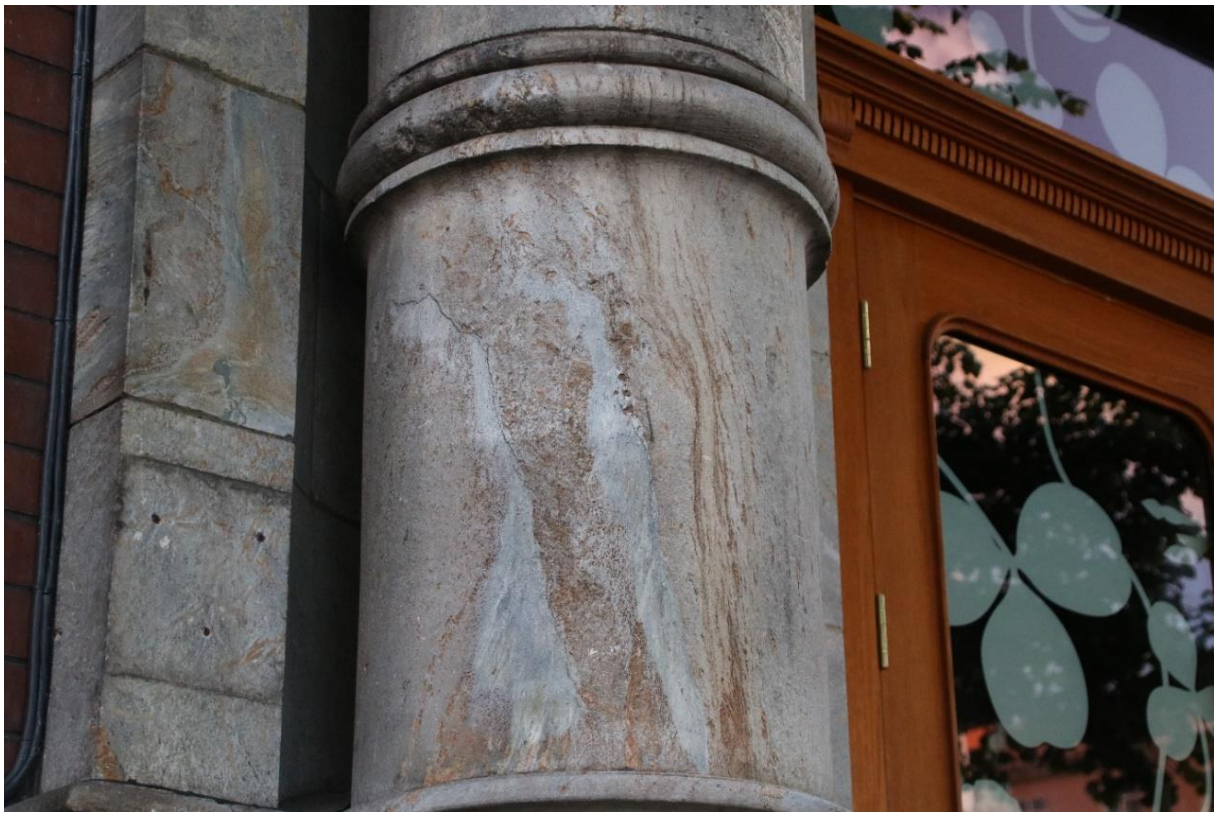
3.9 Kleberstein «Ådland»

3.9.1 Beskrivelse

Vi har knapt prøver fra Ådland, steinbruddet er i stor grad bygget ned i moderne tid. Vi må se på annenhånds opplysninger, som for eksempel Helland (1893:135). Han skriver om steinen fra Ådland: *«Stenen, der delvis er blandet med magnesit, er anvendt til børsen i Bergen. Det er i det hele ikke nogen særdeles god sten»* og *«Serpentinen, som optræder i det hængende over denne sten, har været anvendt til blokke ved Bergens børs og er en vakker sten, men noget haard at tilarbeide»*.

Altså, en karbonatrik kleberstein som ikke er særlig god, og en vakker serpentinitt skal finnes i Børsen (Figur 39, Figur 40), der det ellers også er benyttet mye stein fra Hana.

Vi forutsetter følgelig at iallfall de serpentinrike deler av børsen kan stamme fra Ådland.



Figur 39. En beskrivelse av «ikke nogen særdeles god sten» kan passe med disse elementene fra Børsen. Kom de fra Ådland?

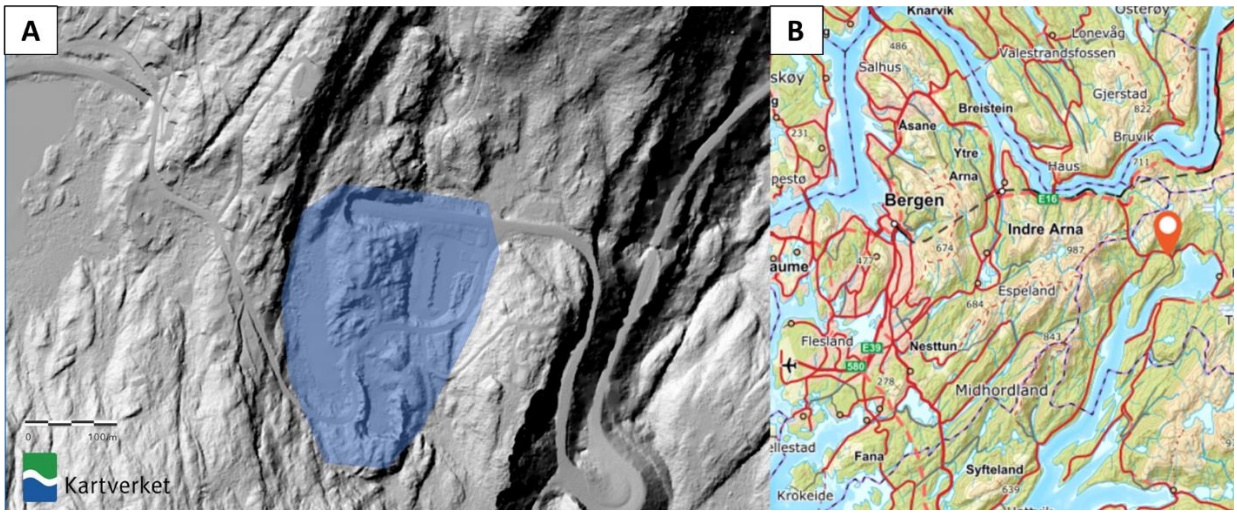
Figur 40. «Serpentinen, som optræder i det hængende over denne sten, har været anvendt til blokke ved Bergens børs og er en vakker sten, men noget haard at tilarbeide» passer godt med denne varianten fra Bergen Børs. Ådland?

3.9.2 Argumenter for proveniens

Vi har ingen indikasjoner på middelaldersk bruk av kleberstein/serpentinitt fra Ådland. Men steinen går inn i Christies restaureringscocktail for Domkirken og Håkonshallen sammen med den nærliggende Kvernes og mer fjerntliggende Arnafjord, og den er brukt i Bergen Børs. Vi Forutsetter (ut fra tolkning av Helland (1893)) at det er høyest sannsynlighet for at de mest serpentinrike varianter innenfor Christies restaurering av Domkirken på 1880-tallet har opphav i Ådland.

3.9.3 Ådland steinbrudd

Ut ifra beskrivelser i Helland (1893) og egne, historiske observasjoner, antar vi at de gamle steinbruddene ligger nær det østlige innslaget til Raunekleivstunnellen like vest for Ådland (Figur 41). Dette området er sterkt forstyrret i moderne tid.



Figur 41. A: Oversikt over antatt utbredelse til det gamle bruddområdet på Ådland. B: lokalisering.

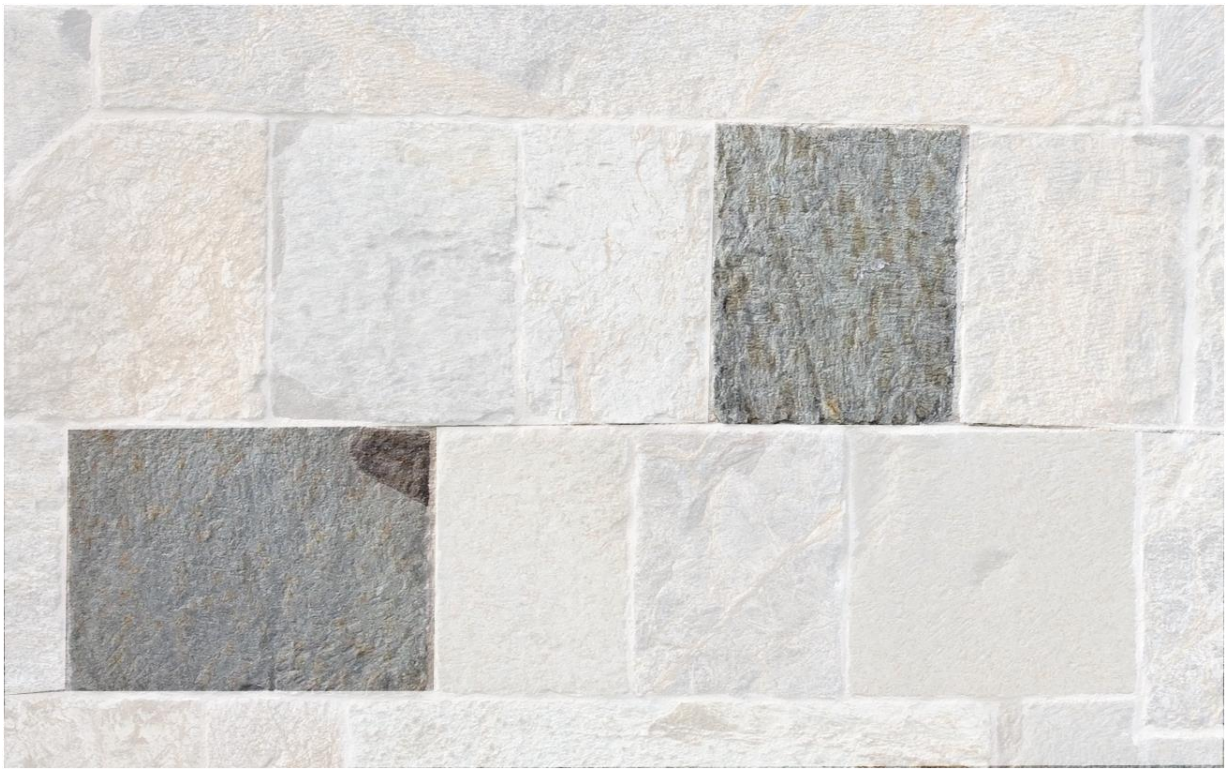
3.9.4 Hovedtrekk for identifisering

Vi forutsetter at denne steinen har vært benyttet i en begrenset periode mellom 1882 og 1900. Beste metode for identifisering er serpentinitt og lag av dette.

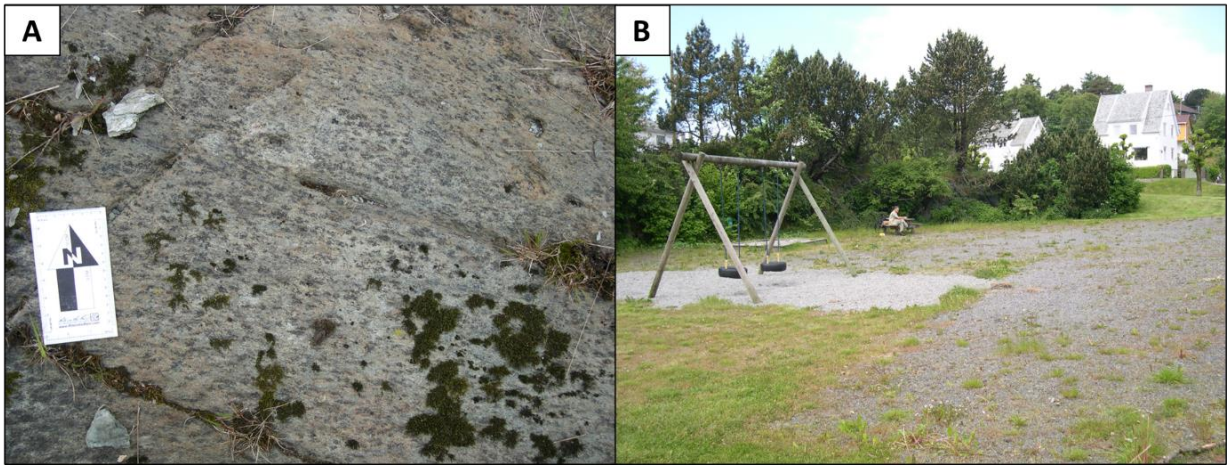
3.10 Flekket Kleberstein

3.10.1 Beskrivelse

Ganske mørk, grønnlig-grå kleberstein med markerte «flekker» av aggregater med brun/mørk grå karbonat, gjerne 2-5 cm. Flekkene kan fremstå både som brunlige og mørke grå i fasader. I Bergen er dette ikke en viktig steintype, og det ser ut til at den i små mengder kun har vært brukt til restaurering (Figur 42). Steinens visuelle karakter gjør det naturlig å sammenligne den med brudd i Haugesundområdet (Figur 43A). Det antatte hovedbruddet i Haugesund er dessverre utilgjengelig i dag, da det er grundig gjenfylt og planert (Figur 43B). Steinen har imidlertid vært viktigere sør for Bergen og kan sees i Avaldsnes Kirke og Stavanger Domkirke (Figur 44).



Figur 42. "Flekket" kleberstein slik den fremkommer i restaurerte deler av Mariakirken. Andre typer i figuren er skravert vekk.



Figur 43. "Flekket" kleberstein, Haugesund. A: fra Sandmyr klebersteinbrudd ved Haugesund, B: sted for antatt hovedbrudd i Haugesund ved Tolgetjønn, i dag helt gjenfylt.

Figur 44. «Flekket» kleberstein slik den fremstår i Avaldsnes Kirke (A) og Stavanger Domkirke (B).

3.10.2 Argumenter for proveniens

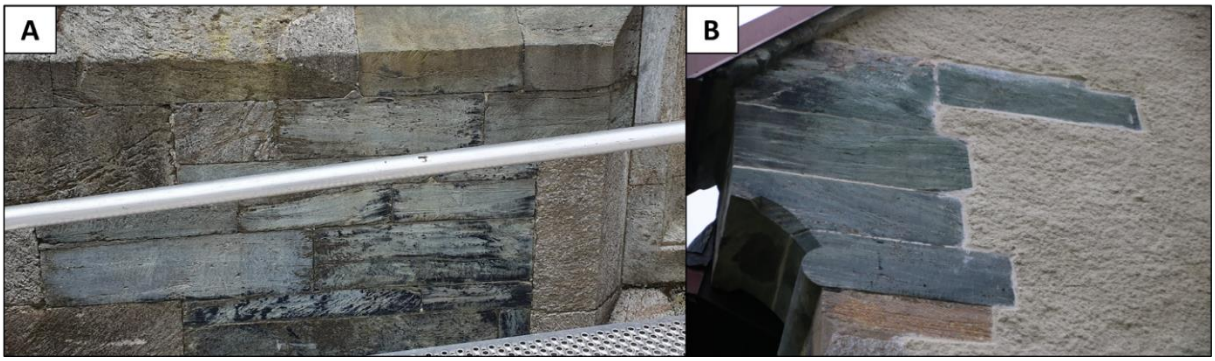
Hittil er klebersteinen fra Haugesund den eneste vi har sett på vestkysten som har et slikt markert, flekkete utseende. Utstrakt bruk i Avaldsnes av samme type støtter argumentet, da det er naturlig at lokale kilder til stein ble benyttet der.

3.11 Kleberstein «Gravdal»

3.11.1 Beskrivelse

Noen steder i Domkirken finner vi en mørk grønn, skifrig stein med noen lyse lag og årer. Denne er ikke helt ekte kleberstein, men mer en talkholdig klorittskifer, som har visse likheter med bakstehellestein fra Ølve (Jansen & Heldal 2017) (Figur 45). Vi mener å finne likheter med denne og stein som ifølge skriftlige kilder ble brukt i Norges Banks bygning fra 1840-årene (Heldal & Jansen 2000), og som ifølge de samme kilder kom fra et steinbrudd i Gravdal, Kvam kommune i Hardanger.

Vi tolker bruken av denne steinen i Domkirken til vesentlig å være restaurering på 1800-tallet. Men vi kan ikke utelukke tidligere bruk.



Figur 45. Mørk grønn, skifrig, talkholdig klorittskifer i Domkirken. A: like ved nordportalen, B: Skrudhuset.

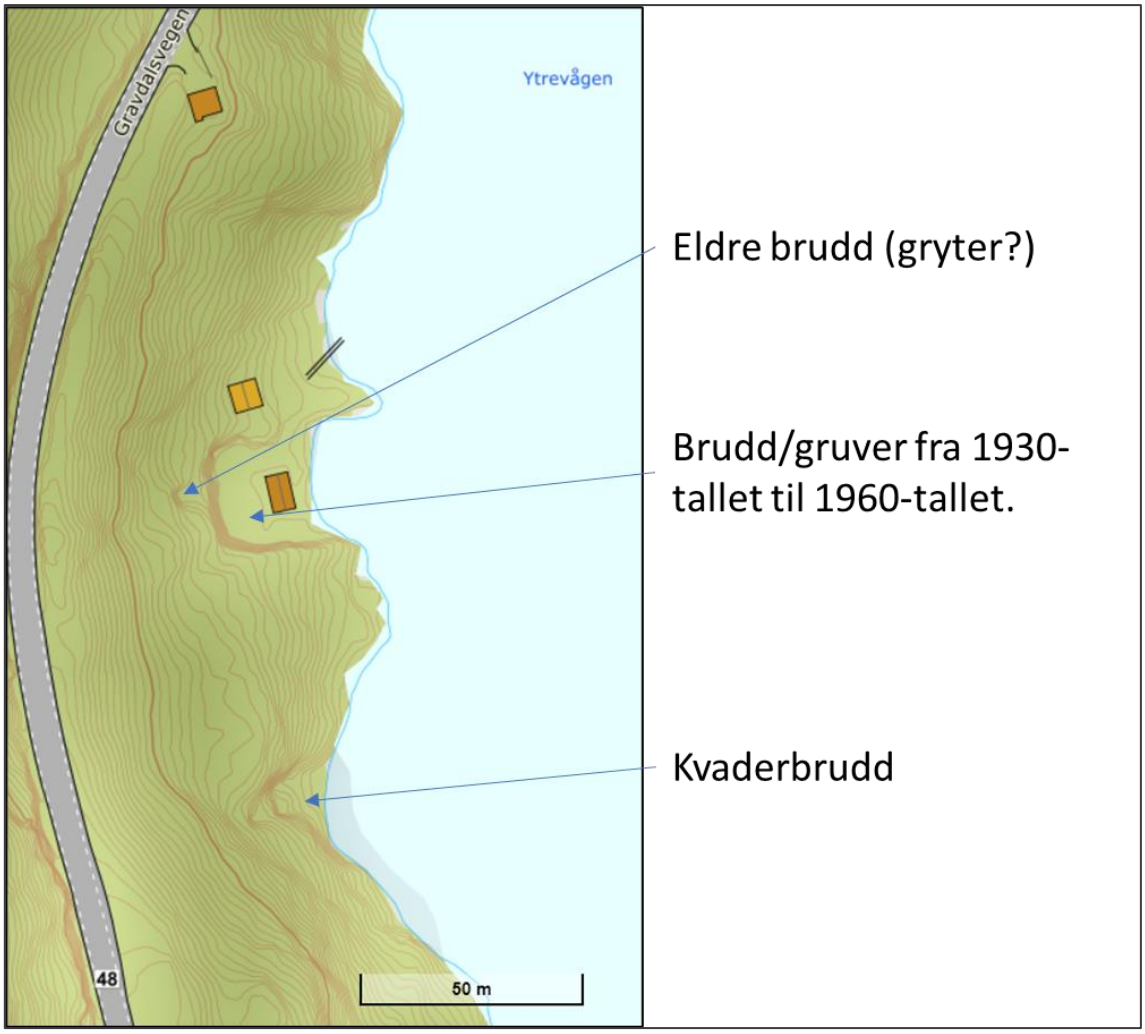
3.11.2 Argumenter for proveniens

Vi vet at steinen fra Gravdal var i bruk i Bergen på 1800-tallet, og steinen i Domkirken viser store visuelle likheter.

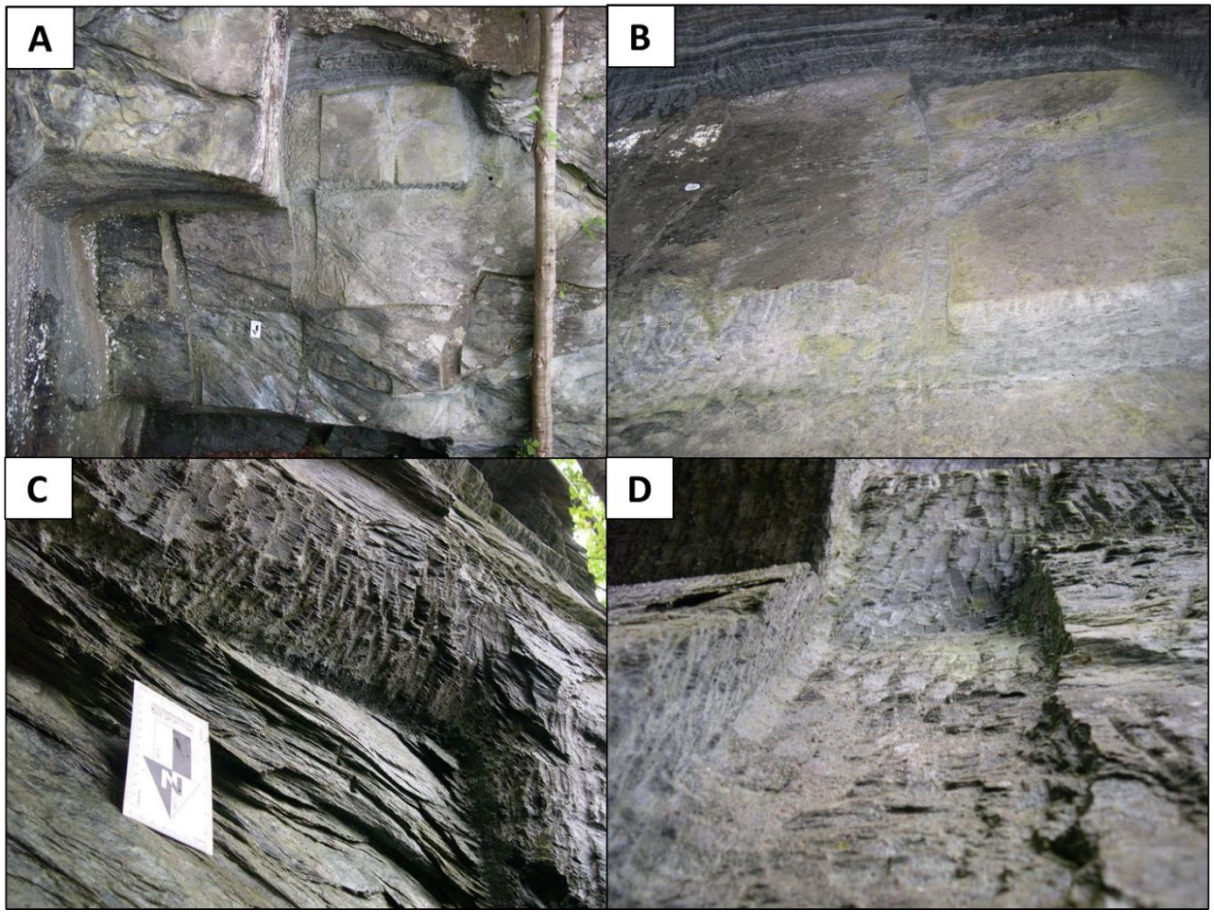
3.11.3 Gravdal steinbrudd

Det er egentlig to steinbrudd i Gravdal, like ved siden av hverandre (Figur 46). Det nordligste skal ha inneholdt spor etter gryteuttak (kulturminnesøk, «Gravdal, steinbrudd»), som senere er ødelagt av gruvevirksomhet på 1900-tallet.

Det sydligste bruddet viser tydelige spor etter kvaderstein-uttak (Figur 47).



Figur 46. Steinbrudd i talkrik klorittskifer, Gravdal. Kvaderbruddet er relevant i denne rapporten.



Figur 47. Fra bruddet i Gravdal. A: Spor etter uttak av kvaderstein (kanalhugging rundt steinene, splitting langs vertikal skifrighet, B: detalj med meislet kilespor og tverrsnitt i bakkant som viser båndet og skifrig stein, C: spor etter bruk av spisshakke for kanalhugging, D: spor etter meislete kanaler.

3.12 Kleberstein «Sele»

3.12.1 Beskrivelse

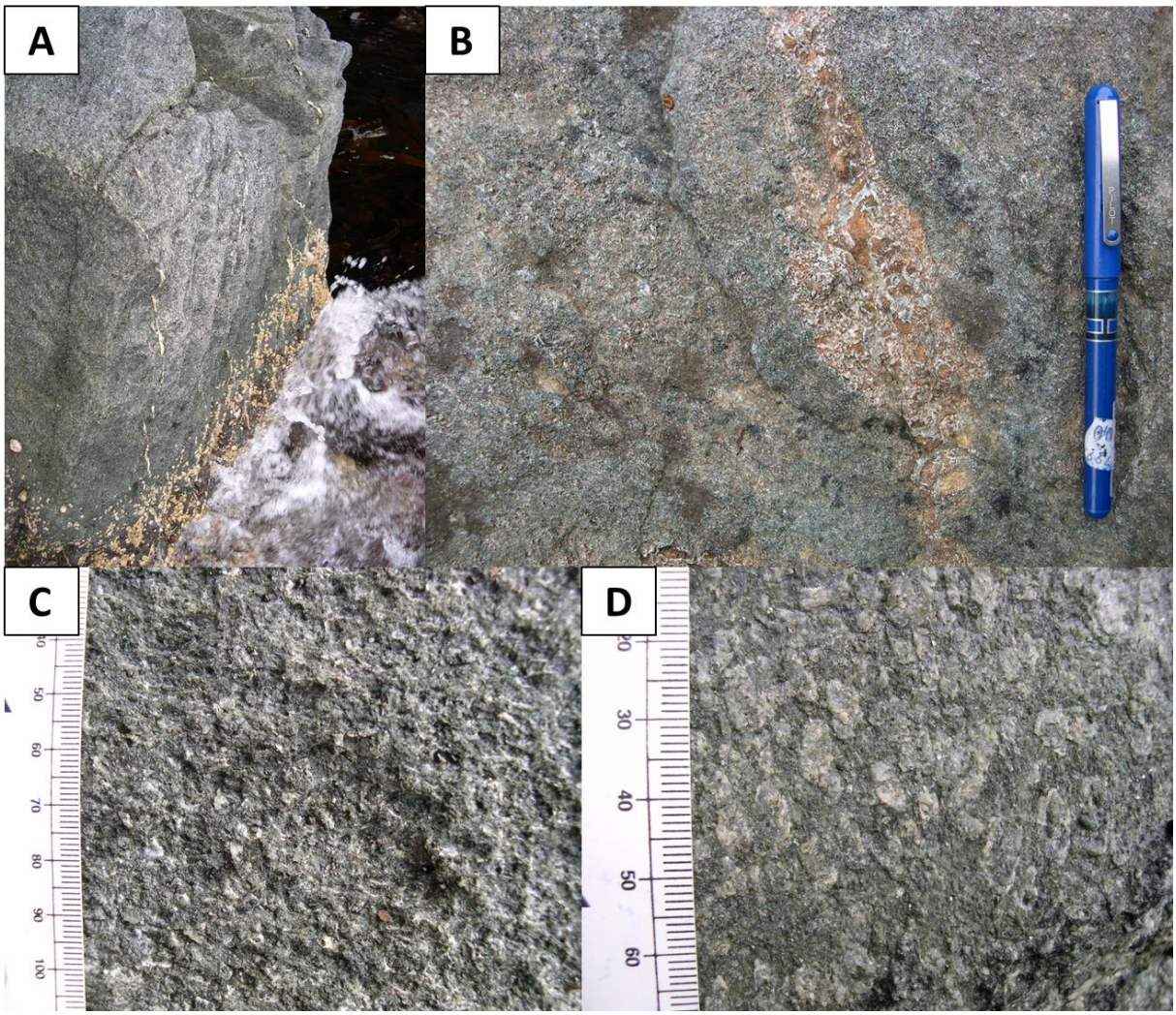
Forekomsten finnes i en skråstilt sprekkekløft som skjærer en halvøy nord-syd, litt sydvest for Lykling i Bømlo (Figur 48). Vi kan la Reusch (1888) beskrive:

«*Paa et nes ved Sele, … sees en forekomst af vegsten (eller klebersten), som nærmest maa ansees for at være en meget forandret diabas.*»

«*Den omgivende bergart er en grøn, tæt bergart, tildels med mandelstenagtig struktur. En lagning falden de omtrent 50° mod vnv. er seet. Bergarten overskjæres af et nord-sydgaaende, ganglignende, 1 til 2 meter bredt parti af vegsten ……I vegstenen, som er grønliggraa og blød, sees med blotte øine noget carbonspat, der sandsynligvis er talkspat. Spaten forekommer dels udsondret i smaa, indtil omtrent 1/2 cm. store, mandelformede smaapartier*»

Med andre ord, en spettet bergart, der vi legger til at spettene er talkrike aggregater som hviler i en mer finkornet kloritt-talk matriks. Sporadisk gjennomskjæres bergarten av brune karbonatårer, gjerne iblandet hvit talk (Figur 49).

Figur 48. Lokalisering av Sele-bruddet. Kart: Kartverket.



Figur 49. Sele kleberstein. A) spor etter uttak i spettet talk-kloritt kleberstein, B) spettet talk-kloritt kleberstein med sporadiske årer av brunt karbonat, tildels iblandet hvit talk, C og D) henholdsvis middels- og grovkornet, spettet kleberstein.

3.12.2 Argumenter for proveniens

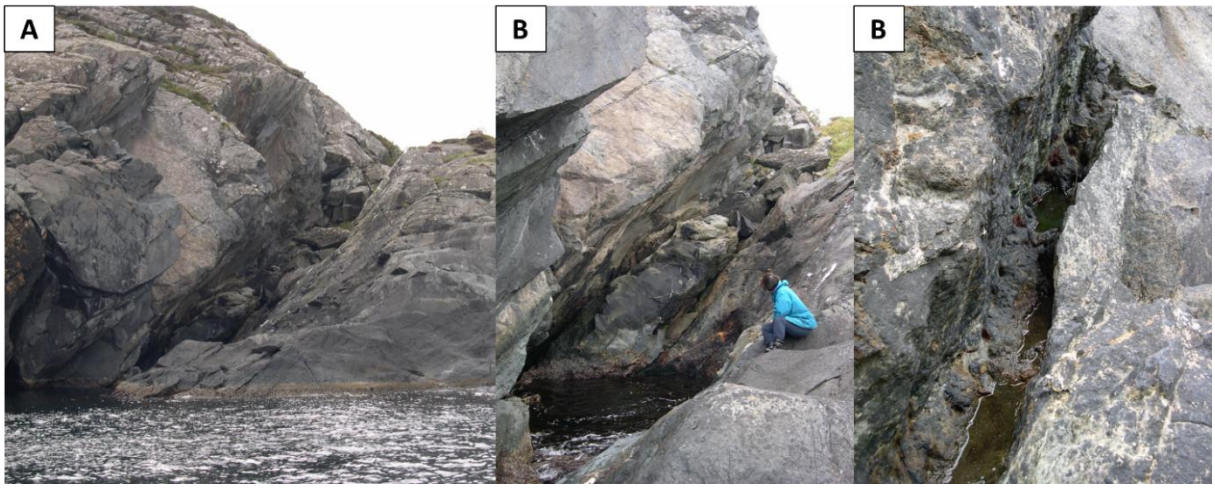
Sele er med i oversikten på grunn av at det finnes kilder som sier at den er benyttet til restaurering av Domkirken (se bl.a. Heldal & Jansen 2000). Et par liknende steiner er observert i Domkirkens sideskip (Jansen 2014b).

3.12.3 Sele steinbrudd

Steinbruddet er lite, og det er i en liten forekomst, rundt 1-2 meter tykk. Det finnes noen spor etter uttak, det vil si borehull for sprengning og huggete kanaler for å frigjøre blokker (Figur 50). Men det er helt sikkert at det ikke kan ha vært tatt ut mye stein i dette bruddet. Reusch (1888) nevner spor etter uttak:

«*…. parti af vegsten som man har forsøgt at udvinde*»

I og med at sporene etter uttak er særdeles sparsomme er det sannsynlig at det er de samme som vi har observert. I så fall er de etablert i god tid før 1888. Reusch beskriver i forordet at hans første feltsesong i området var i 1882, og han sluttførte i 1885.



Figur 50. Steinbruddet på Sele. A) sett fra sjøen, B) bruddet er lite og forekomsten smal, C) spor etter håndhugget kanal for blokkuttak.

3.13 Ukjent mørk brun kleberstein

3.13.1 Beskrivelse

«Mørk, brun kleberstein» er beskrevet som en egen type, siden den har en distinkt, mørk brun forvitringsfarge som kan vise en massiv eller noe skifrig struktur, og kan ha enten et massivt utseende eller preget av «knotter» av brunt karbonat. Typisk er markerte årer av brunt karbonat som gjennomskjærer en del av kvaderne (Figur 51). Hittil har vi kun sett denne i Mariakirkens sørlige tårn. Det vil si at den er knyttet til restaurering. Vi har foreløpig ingen forslag til proveniens.

Merk at selv om kilden er ukjent kan vi ikke utelukke at det er en variant av mer kjente forekomster som vi hittil ikke har observert in situ.

Figur 51. "Mørk brun kleberstein" fra det sørlige tårnet i Mariakirken.

3.14 Svart kleberstein

3.14.1 Beskrivelse

Svart kleberstein er et vanlig innslag i restaureringsperioden (Figur 52). Det er en mørkt kornet bergart, med noe utviklet skifrighet, som består av vesentlig kloritt og talk. Vi kjenner godt til slike bergarter i byggerier i Bergensområdet på begynnelsen av 1900-tallet. Vi kjenner ikke til bruk før dette, og mener at slike bergarter ikke ble utnyttet i middelalderen. Det er sannsynlig at denne restaureringssteinen kom fra et steinbrudd i Nordhordland, Lygra, eller Luro, i Lurefjorden.

Figur 52. Bruk av svart kleberstein i restaurering, slutten av 1800-tallet, Mariakirken.

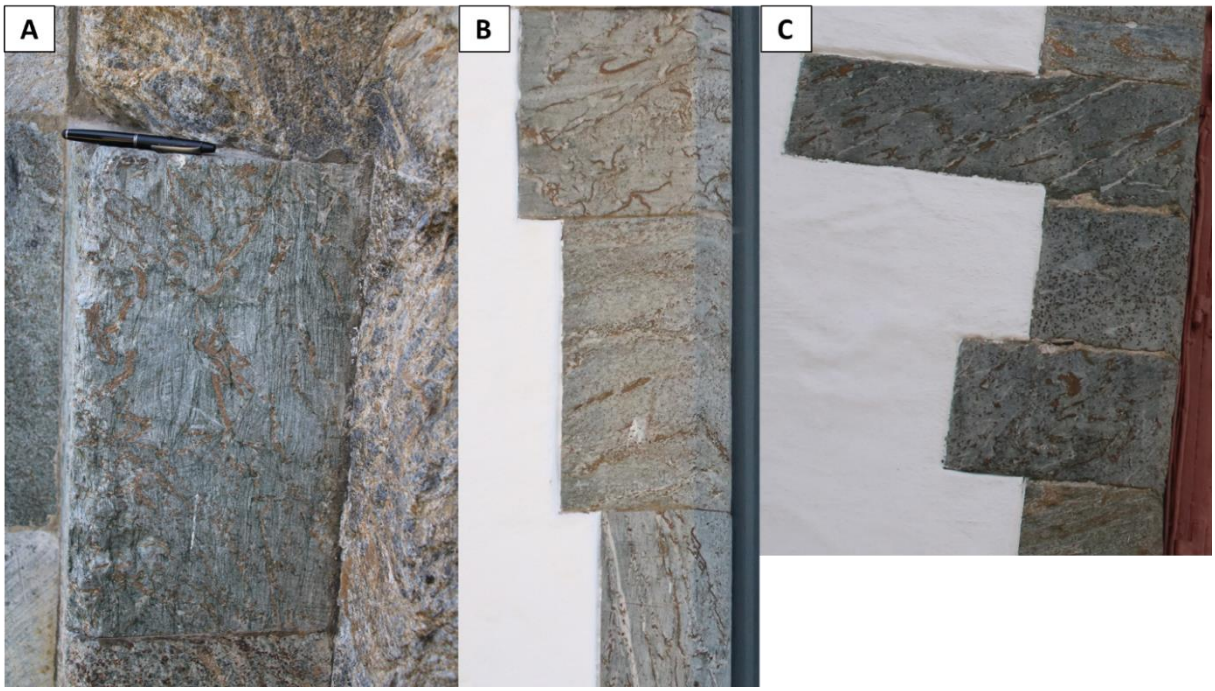
3.15 Ukjent grågrønn kleberstein

3.15.1 Beskrivelse

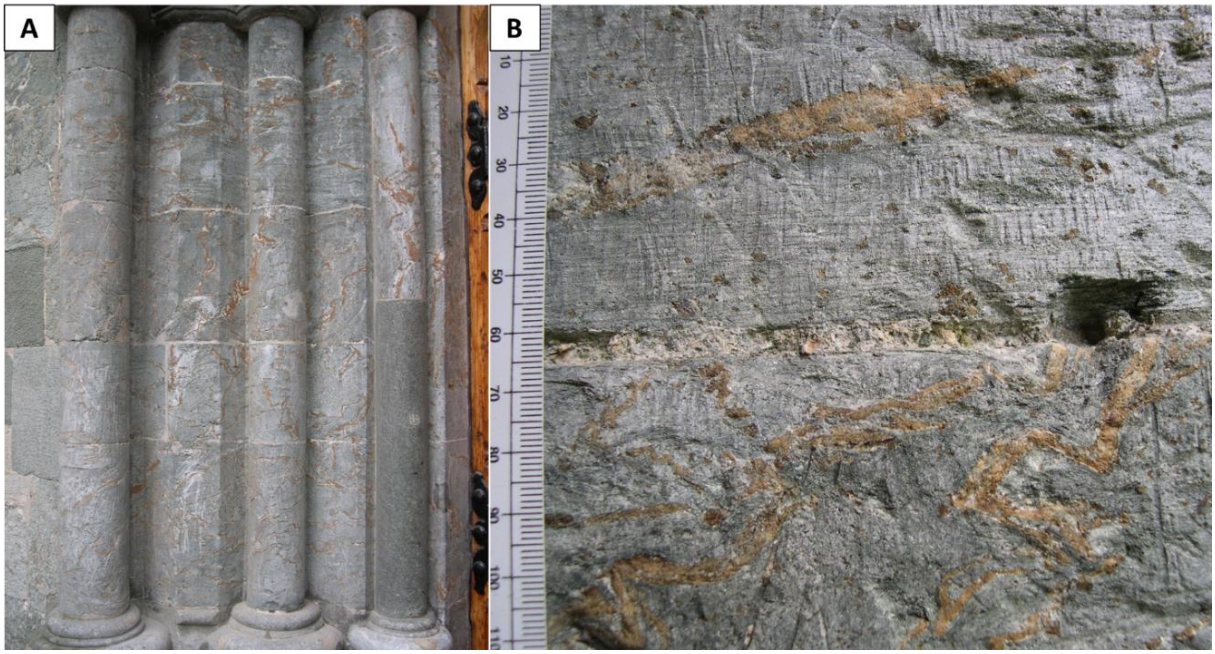
Klebersteinen er ganske talkrik, med en finkornet grågrønn til mørk grå bakgrunnsfarge. Mørk brune skarpt brune karbonatårer fremkommer ofte i et uvanlig mønster: nærmest fiskekroklignende, sikksakkete og foldete mønstre. Hvite talkårer forekommer parallelt med, på tvers av eller inni karbonatårene.

Denne typen har vi ikke observert i noen av bruddene. I Bergen har vi funnet den i Domkirken, Muren og Nonneseter Tårnfot (Figur 53). Den er svært lik, kanskje identisk med det som i Stavanger Domkirke kalles «Stavangerkleber» (Figur 54A). Vi har også observert noen steiner i Avaldsnes Kirke (Figur 54B).

Merk at selv om kilden er ukjent kan vi ikke utelukke at det er en variant av mer kjente forekomster som vi hittil ikke har observert in situ.



Figur 53. Kleberstein med ukjent proveniens i Nonneseter Tårnfot (A) og Muren (B, C).



Figur 54. Liknende kleberstein i Stavanger Domkirke (A) og Avaldsnes Kirke (B).

3.16 Ukjent lys grønn kleberstein

3.16.1 Beskrivelse

Finkornet, foliert, men jevn «kleberstein». Den har en lys grønn grunnmasse med mørkere folia og noen steder sonerte, sirkulære omdanningssoner. Det ser ut til å være en talkblandet olivinstein, der mørkere soner kan være serpentin. Vi kjenner ikke til steinbrudd i denne varianten. I Bergen er den kun observert i innvendig portal mot vest i Korskirken og på noen av løvehodene som henger på Naturhistorisk museum (som visstnok skal komme fra Munkeliv kloster (Aslaksen et al. 2020) (Figur 55). Begge disse er oppført på slutten av 1800-tallet. Ifølge Helland (18:138) var en olivinstein i drift en periode på nordsiden av Maurangerfjorden.

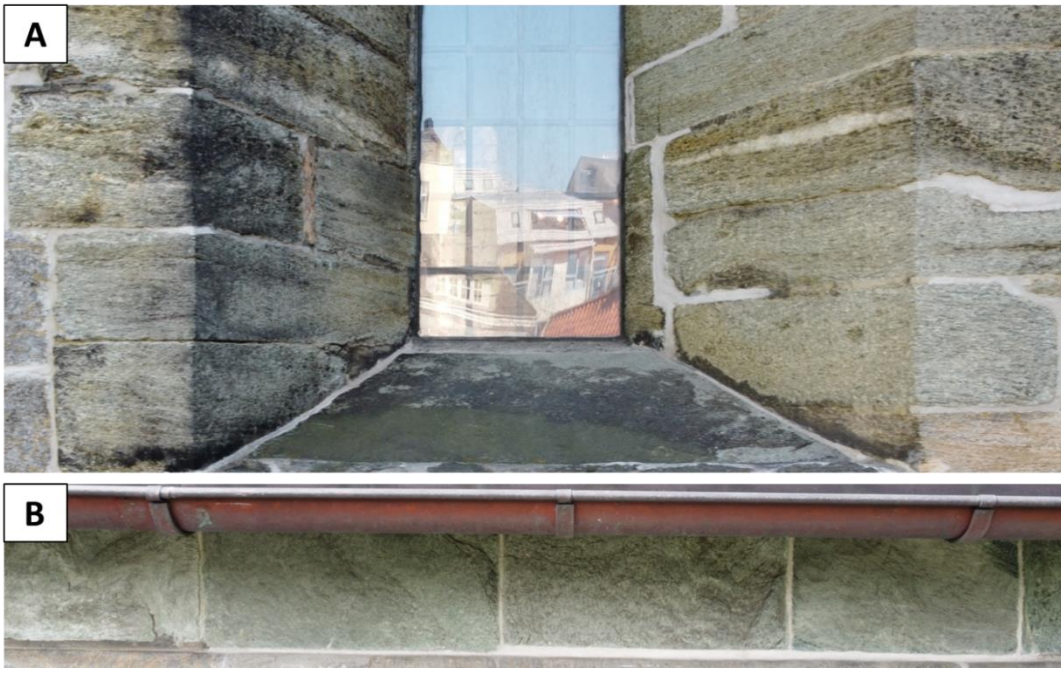
Figur 55. Løvehode på Naturhistorisk Museum (A) og liknende stein i innvendig portal i Korskirken (B).

3.17 Grønnskifer

3.17.1 Beskrivelse

Bergarten er kun brukt til restaurering i Mariakirken; vindu på nordfasaden samt rekke med kvadere helt opp mot tak (Figur 56).

Det er en lys grønnlig skifer, fargen tilsier at den inneholder en del av det flakformete mineralet kloritt. Klorittskifer er derfor også en korrekt betegnelse. Vi har ingen holdepunkter for å kunne si hvor denne kommer fra.

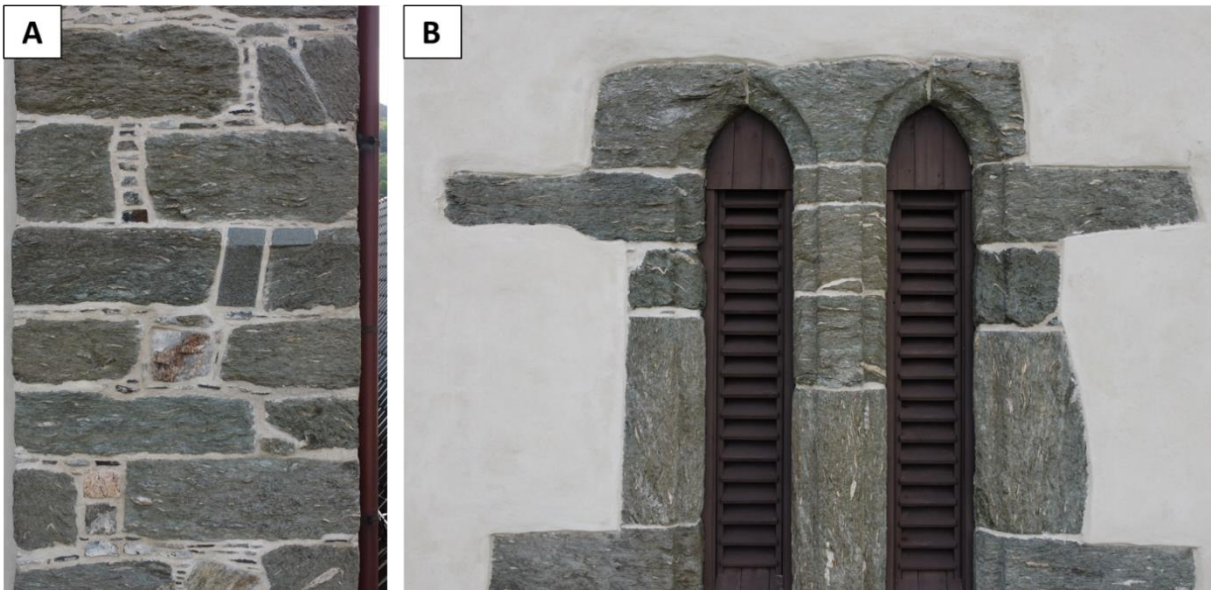


Figur 56. Grønnskifer i Mariakirken. A: vindu på nordsiden, B: rad under tak (visflate er parallelt med foliasjon).

3.18 Fyllitt

3.18.1 Beskrivelse

Grågrønn til svart fyllitt med lyse kvartsårer. Tydelig foliasjon/skifrighet, ofte småfoldet. Den er brukt utelukkende i Mariakirkens nordlige tårn samt innramming av enkelte vinduer på vestfasaden (Figur 57). Slike fyllitter er ikke til stede i den lokale geologien. Vi må til Os-Halhjem-Ulven for å finne større mengder med denne bergarten. Det vil altså være den nærmeste realistiske kilden.



Figur 57. Fyllitt i Mariakirken fra nordtårnet (A) og vindu på fasaden (B).

3.19 Kvartsitt

3.19.1 Beskrivelse

Kvartsitt, eller kvartsskifer, er en bergart som benyttes mye fra begynnelsen av 1800-tallet i Bergen, og i Dreiers stikk fra 1830 er det mulig å se et steinbrudd på Sydneshaugen (Heldal & Jansen 2000). Sydneshaugkvartsitt eller Dragefjellkvartsitt er navn som er benyttet. Det var også brudd ved Rothaugen i Sandviken, som er en enda nærmere kilde.

Kvartsitten er ikke rein og hvit, og en del andre mineraler (blant annet glimmer) er iblandet slik at den virker ganske mørk i friskt brudd. Vi finner den i en rekke murer i byen, blant annet grunnmuren til Bergen Børs.

Det synes å ha vært vanlig å hugge kvartsittens overflate med hakke og/eller meisel, litt grovt, og her og der løsnet litt mer og etterlot grunne hull som fremtrer som mørke flekker etter lang tids forvitring (bleking) av den meislete flaten (Figur 58A). Huggemerkene spriker litt slik at vi ser flere retninger i hver blokkflate. Men mer finhuggete arbeider kunne også leveres (Figur 58B og C).

Det finnes en god del av slik kvartsitt i øvre del av Mariakirkens vestfront, på det sørlige tårnet og arbeider rundt vinduene på både sør- og nordvegg. Vi antar at alt dette stammer fra restaurering på 1800-tallet.

Figur 58. Kvartsitt i Mariakirken. A: vestfronten, med karakteristiske mørke flekker der det er brudd i overflaten. B: finhuggete kvartsittblokker over vindu, snitt på tvers av skifrighet (lagning), C: finhugget kvartsitt over vindu med visflate parallelt med skifrighet (lagning).

3.20 Sandstein

3.20.1 Beskrivelse

I Mariakirkens sørlige tårn finnes en god del beige sandstein. Siden årstallet 1876 er gravert inn like over regner vi med at den ble montert like før. Sandsteinen er svært homogen og tilsynelatende finkornet. Det er vanskelig å se sandsteinens geologiske karakter på grunn av huggemerkene på overflaten (Figur 59).

Vi tviler på at denne sandsteinen er norsk. Det finnes i alle fall ikke liknende stein på Vestlandet. Derimot vet vi at det ble innført en god del sandstein fra Tyskland til Bergen i Hansatiden og trolig også etterpå. Sandsteinen kan ha kommet som verdifull ballast med skip som returnerte etter å ha levert fisk. Den ble gjerne kalt for «Bremerstein» siden den ble lastet i Bremen. Sannsynligvis kommer den fra Hannover-området, der den kalles Obernkirchen-sandstein.

Sandsteinen fra Obernkirchen har vært utnyttet i mangfoldige hundre år, og er kjent for sin høye kvalitet. I dag er det den mest ettertraktede sandstein for restaurering i Europa. Vi vet også at den ble benyttet i norske bygninger på 1860-tallet (eks. Pikerealskolen fra 1861, Heldal 2011).

Ballaststeinen som kom til Bergen ble brukt til flere formål, kanskje mest til gravsteiner. Hvorvidt det som ble benyttet i Mariakirkens tårn er gjenbrukte gravsteiner, ubrukt ballaststein på lager eller nyinnkjøpt, er vanskelig å utrede.

Figur 59. Sandstein i Mariakirkens sørlige tårn. Kommer denne fra Obernkirchen i Tyskland?

3.21 Bruddstein

3.21.1 Beskrivelse

På både nord- og sørvegg i Mariakirken finnes murverk av bruddstein, i sør kombinert med Hana kleberstein. Bergartene som er benyttet varierer: øyegneis, båndgneis, kvartsskifer og amfibolitt. Mellom større blokker er det brukt pinningssteiner av kvartsskifer og andre harde, skifrige bergarter (Figur 60 og Figur 61).

- Alle disse bergartene finnes i lokalområdet. Det mest sannsynlige er derfor at de er hentet der, så nært som praktisk mulig. Et par observasjoner kan være nyttig i videre tolkninger:
- Bruddsteinens visflater er i stor grad enten naturlige sprekkeflater på tvers av kløv i bergarten, eller spalteplan langsetter bergartens kløvplan. Her er altså ikke bearbeidete visflater.
- Bruddsteinen på sørfasaden har mer homogent utvalg av stein enn nordsiden.
- All bruddsteinen på sørsiden virker påvirket av sterk varme. Den rødlige fargen sier oss sterk oksidasjon fra toverdig til treverdig jern av overflaten til bergarter som opprinnelig er grønnlig til grå. Naturlig oksidasjon vil ta lengre tid.
- Bruddsteinen på nordsiden er mer blandet; noen steiner virker varmepåvirket, andre ikke. Murverket synes mer omarbeidet enn på sørsiden.

Figur 60. Bruddstein, Mariakirkens sydvegg. Montert i kombinasjon med Hana kleberstein (dimmet). Rødfargen antyder brannpåvirkning.

Figur 61. Bruddstein, Mariakirkens nordvegg. Brune steiner kan ha blitt utsatt for brann. Ellers bærer murverket preg av reparasjon og utskifting.

4. KIRKER OG ANDRE BYGNINGER

I denne delen presenterer vi hva vi har kartlagt/beskrevet av stein fra de ulike byggene. Beskrivelsene for hvert bygg er nøkterne og forhåpentligvis objektive, uten å dra slutninger av mer spekulativ karakter. En del av fasadekartene som presenteres her foreligger også som større plansjer og som digitale filer i flere formater. Vi vil oppfordre forskere i flere disipliner å bruke denne kartleggingen til underlag for egen forskning.

4.1 Mariakirken

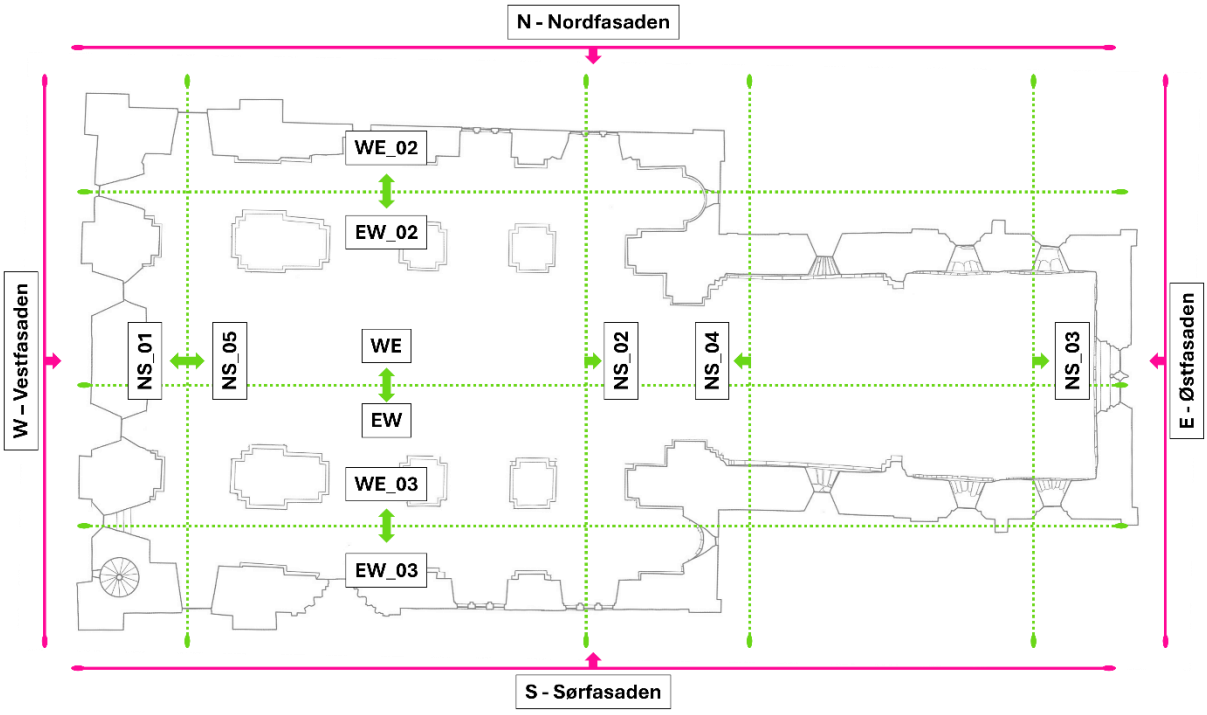
4.1.1 Data

Mariakirken fremstår som den mest komplett kartlagte av bygningene. Det skyldes mye et godt grunnlag for kartlegging. Her vil vi spesielt nevne Arkitekt Jan Lohnes fasadekart og snitt, til sammen 15 (Figur 62). Disse har vært svært hjelpsomme. I tillegg hadde vi tilgang til en innvendig, dynamisk 3D-modell som var meget nyttig for detaljert opptegning og sammenligning med foto i kjølvannet av feltarbeidet.

Utvending har vi brukt drone både for sammenstilling av fotogrammetriske modeller og for detaljfotografering av fasadedeler som er vanskelig å studere fra bakkenivå.

Vi har kartlagt nesten hver eneste synlige stein i Mariakirken. Unntak er enkelte reparasjonsfelt og deler gjenoppbygget i moderne tid der diversiteten av stein gjør det svært tidkrevende å kartlegge.

Fasadekartene og tverrsnittene ble importert til ArcGIS Pro og rektifisert til et fiktivt, men skalatro koordinatsystem. Så ble steinene tegnet oppå som polygoner. Hver polygon fikk dermed en korrekt størrelse, og vi kunne bruke GIS-verktøy for utregning av arealer. Kombinert med «tenkte» tykkelser på steinblokkene fikk vi frem estimerte volum på hver blokk.



Figur 62. Jan Lohne Arkitekters 15 tverrsnitt sett ovenfra. Horisontalsnittet (nr 16) er figurens bakgrunn.

4.1.2 Resultat middelalder

I middelalderen er det en klar fordeling av fire hovedtyper kleberstein:

- Den første som er brukt (opp til rundt 1150) mener vi er fra Urda i Bømlo. Her var det et stort klebersteinsbrudd som forsynte mange byggverk, blant annet i Bergen, med stein. Bruken av denne ble avsluttet rundt 1150, av det vi tror skyldes at bruddet var utdrevet.
- To nye steintyper dominerer tiden etterpå. Vi mener disse to kommer fra henholdsvis Baldersheim i Bjørnafjorden kommune, samt Hana i Vaksdal. I begynnelsen synes Baldersheim å være eneste kilde, men etter hvert kommer Hana inn og i siste halvdel av 1100-tallet se vi sambruk mellom de to.
- Koret, som ble bygget etter brannen i 1248, ble bygget av kleberstein som vi mener kommer fra Lysekosters steinbrudd. I tillegg ser vi gjenbruk av tidligere klebersteinstyper.

Også bruddstein er brukt i fasadene, trolig fra rundt 1170 og fremover. Dette er gneisvarianter som godt kan være hentet helt lokalt i området nær kirken.

Et mysterium i Mariakirken er en søyle av hvit marmor i sørportalen. Den er sannsynligvis opprinnelig 1100-tall. Vi vet intet om hvorfor denne enslige marmorsøylen er plassert der, men vi mener at den er plassert der med hensikt, at den stikker seg ut blant all klebersteinen med hensikt, og at det ligger en større fortelling bak denne enn at det er en tilfeldig stein som er plassert der av praktiske årsaker.

Det nordlige tårnet har en noe uklar opprinnelse. Det har falt ned flere ganger, blant annet etter brannen i 1248. Når den versjonen vi ser i dag ble bygget er imidlertid ikke avklart. Steinen som er brukt er fyllitt med kvartsårer. Nærmeste forekomst til Bergen er Halhjem-Os-Ulven. Det er altså vanskelig å si om fyllitten er middelaldersk eller seinere.

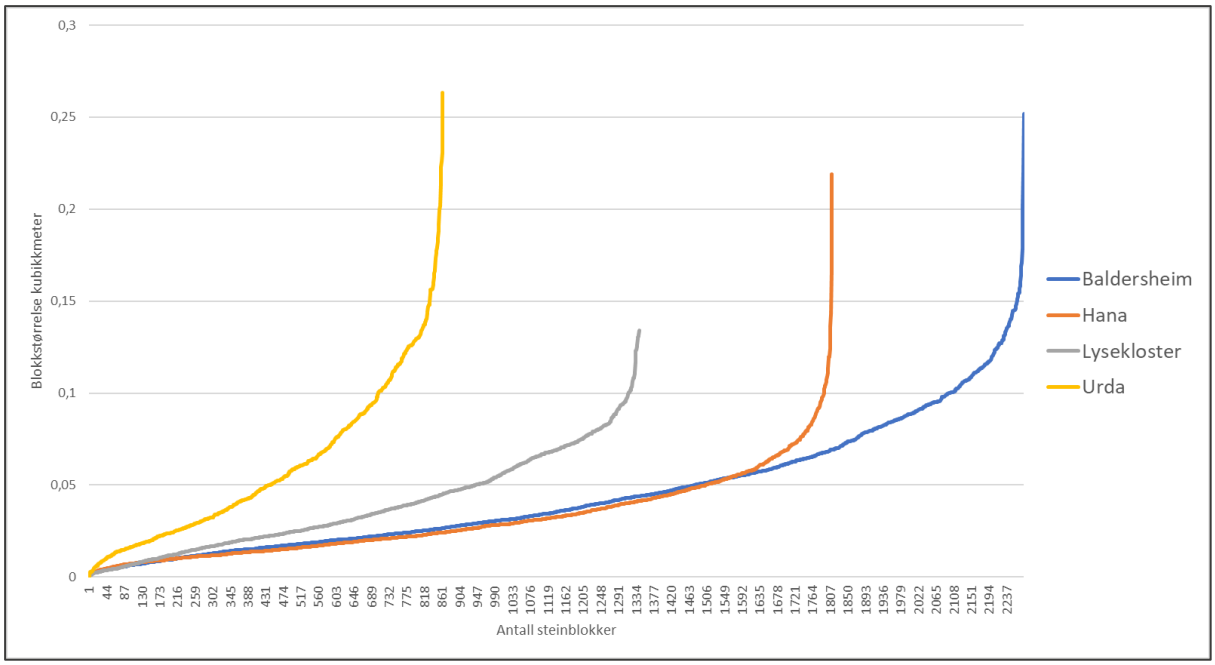
Når vi ser på mengden kleberstein benyttet i middelalderen, kommer det fram at Baldersheim er den i volum viktigste kleberstein i kirken, nesten dobbelt så mye i volum som både Urda, Hana og Lysekloster (Tabell 2). Vi ser også at når det gjelder gjennomsnittsstørrelse på blokk er det Urda som er høyest, fulgt av Baldersheim, Lysekloster og Hana.

Det kan forklare at Urda var så vidt vi vet eneste kleberstein benyttet tidlig på 1100-tallet i Mariakirken: store blokker er mål på forekomstenes kvalitet. Når Urda var tømt, så måtte man ty til andre råvarer med lavere kvalitet. Figur 63 viser blokkfordeling mellom steintypene og Figur 64 viser mengdefordeling i antall.

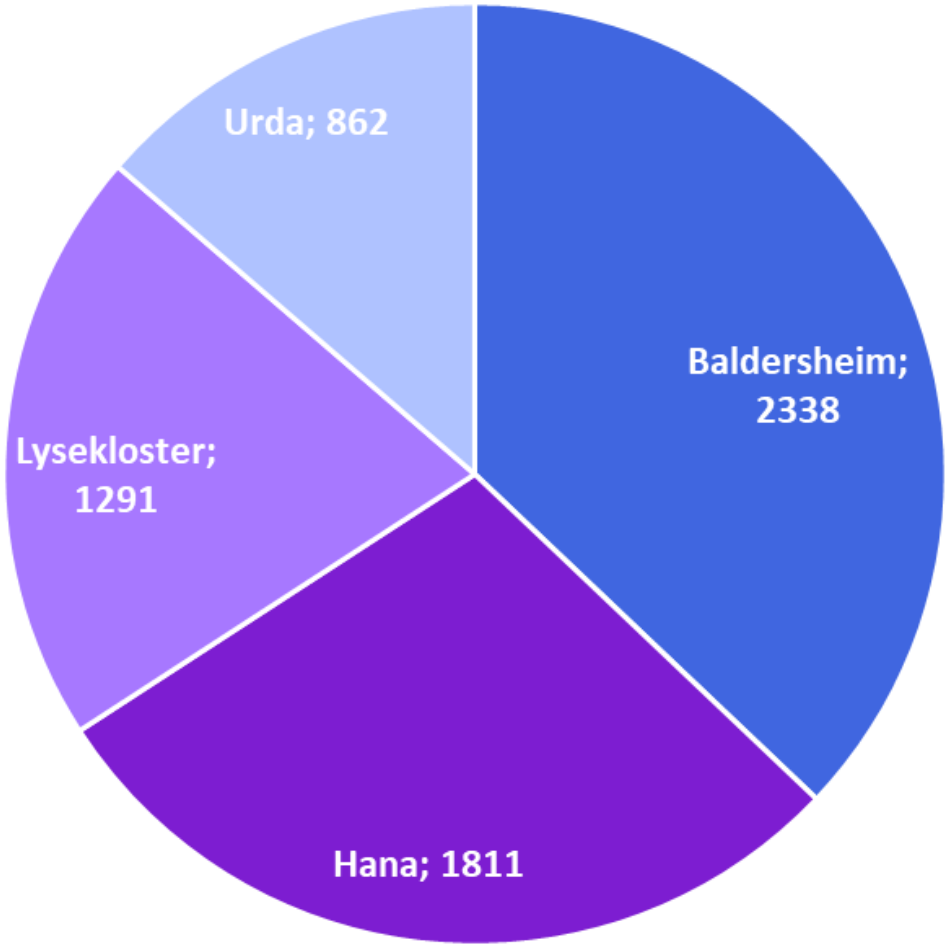
I deler av bygget har proveniensbestemmelse vært krevende. Det gjelder særlig korets ulike deler. Årsaken er likhet mellom de lyseste varianter av kleberstein fra Baldersheim og den fra Lysekloster. Det har ført til flere runder med tolkning og retolkning. Vi tror likevel at såpass grundige gjennomganger har resultert i det mest sannsynlige proveniensbildet.

Tabell 2. Middelaldersk kleberstein i Mariakirken. Volum, blokkstørrelser og kartlagte steinblokker.

Brudd	Antall steiner	m^3	Tonn	Gj.sn m^3	Gj.sn kg	Spenn kg
Urda	862	51,4	138,8	0,06	162	1,4-702
Baldersheim	2338	104,9	276	0,045	121,5	2-680
Hana	1811	56,3	152	0,031	83,7	2,7-594
Lysekloster	1291	50,0	140	0,039	105,3	1-350
Totalt	6302	262,6	709,0			



Figur 63. Fordeling av blokkstørrelser for de fire hovedtyper kleberstein fra middelalderen (antall/volum).



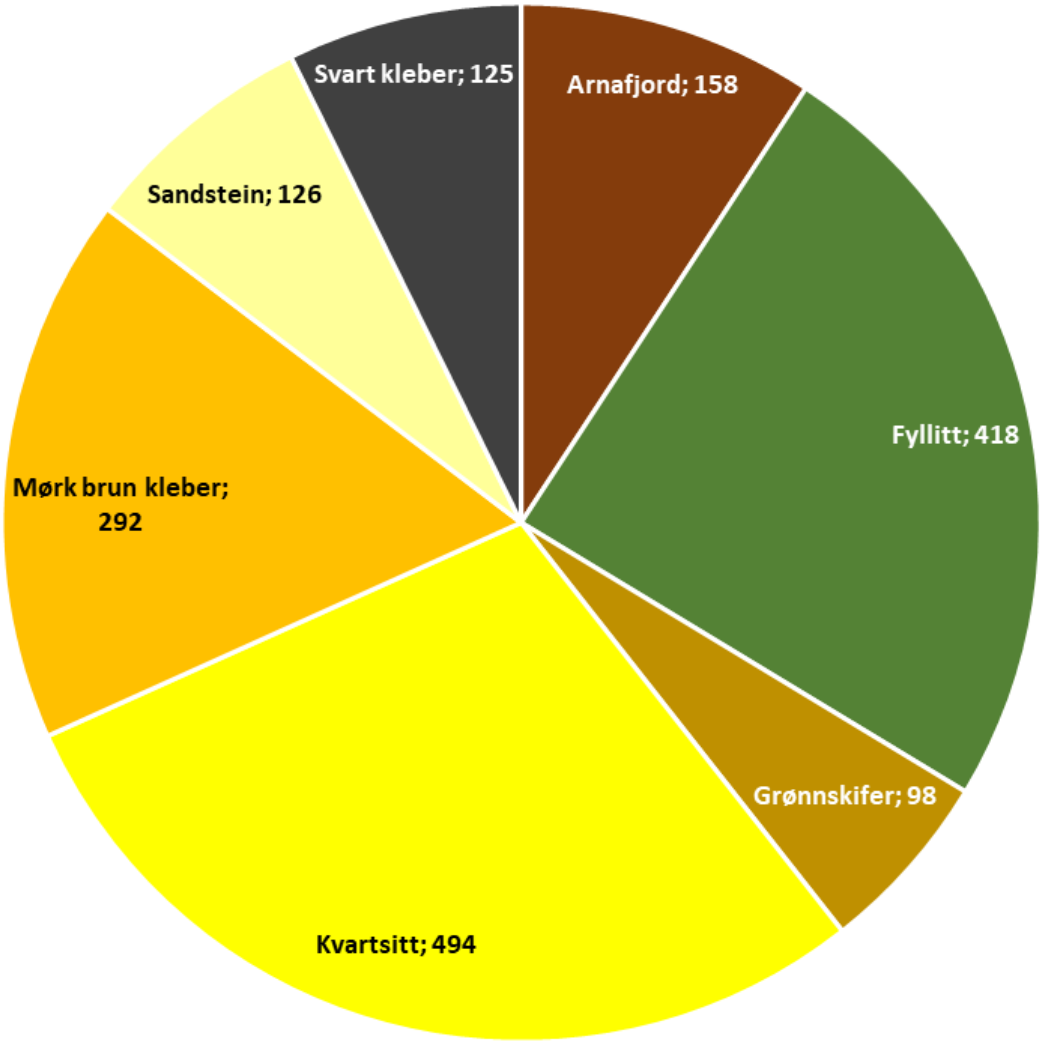
Figur 64. Fordeling av middelalderstein (inkl. gjenbruk) - antall. N=6302

4.1.3 Resultat seinere perioder

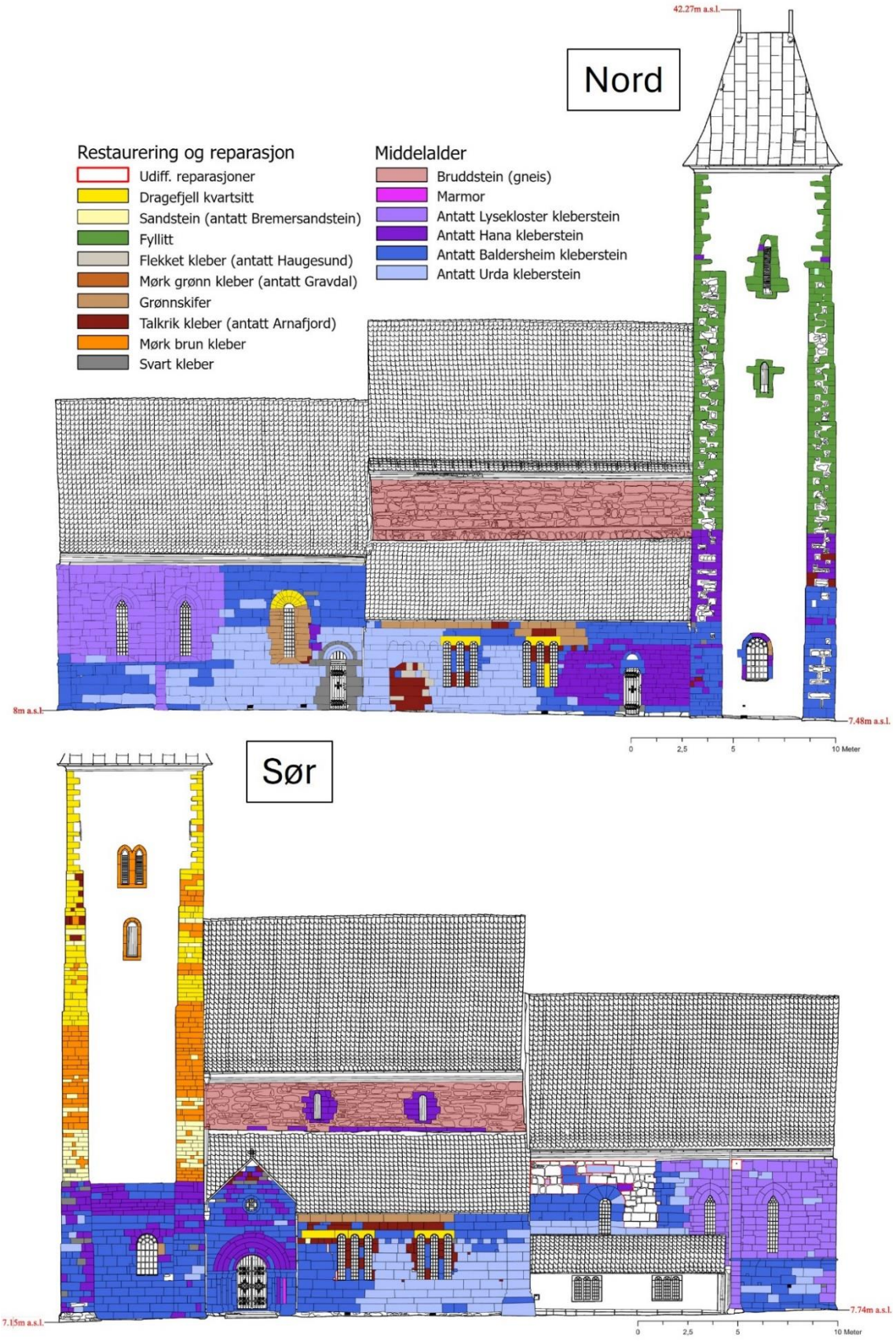
Som tidligere nevnt, vet vi ikke helt når fyllitten i det nordlige tårnet ble benyttet. Det kan ha vært fra middelalder til moderne tid.

Vi vet imidlertid at fra 1858 da restaureringen startet, ble en rekke nye steintyper introdusert i kirken. Vi har en veldig talkrik og samtidig svært variabel kleberstein som kan være fra Arnafjord i Sogn. Dette støttes av skriftlige kilder (). Vi har en mørk brun kleberstein som vi ikke kjenner kilden til. Vi har svart kleberstein som vi mener kommer fra Lygra, flekket kleberstein som ligner på en type fra Haugesund, grønn kleberstein som kan komme fra Gravdal i Hardanger, samt en grønnskifer (klorittskifer?) som vi ikke kjenner opphavet til.

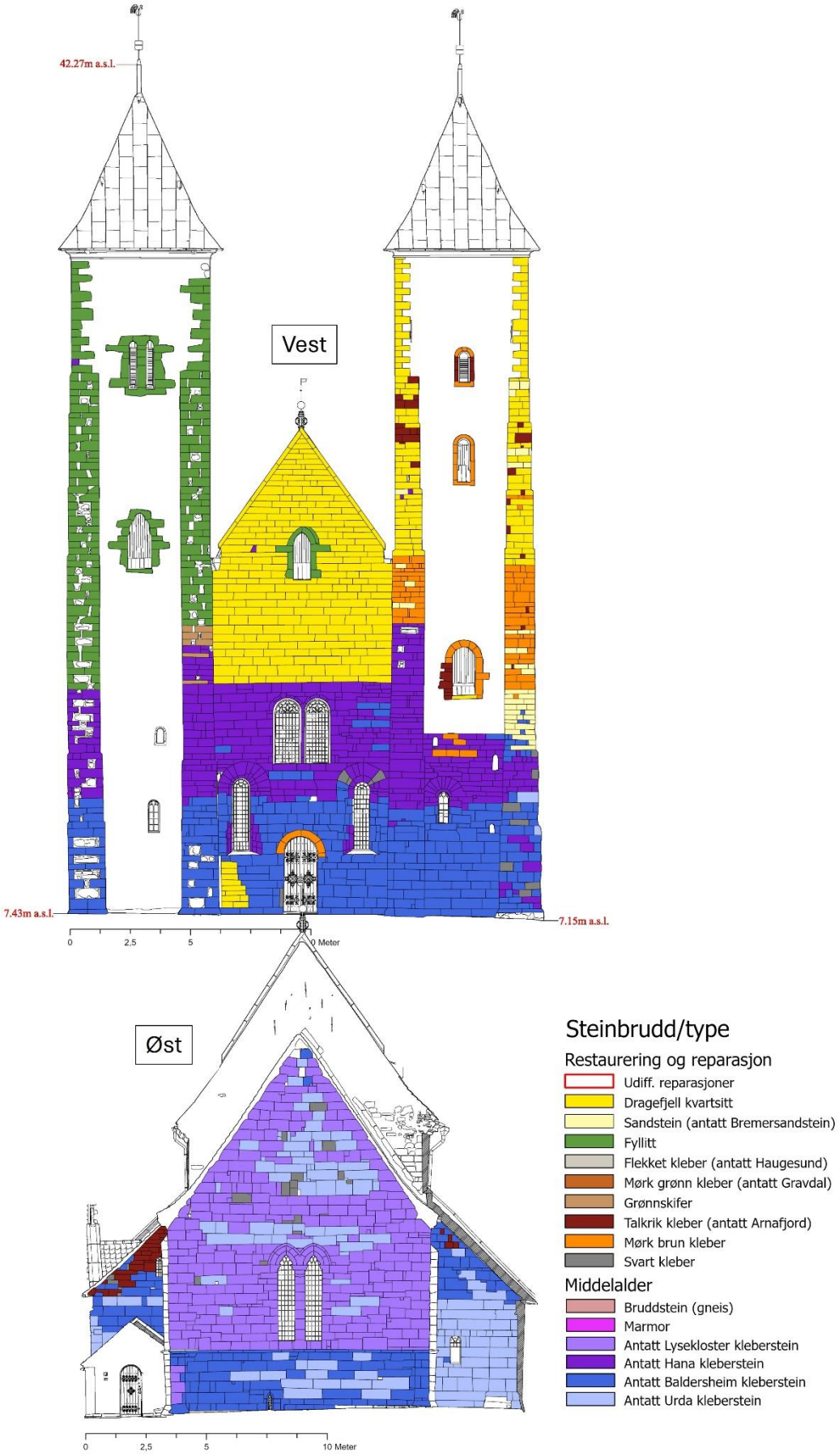
Kvartsitt (enten fra Dragefjellet eller Rothaugen) er benyttet i betydelig grad i utvendig fasade (over vinduer i sør og nord, gavl i vest og sørlige tårn). I Sørlige tårn (rundt midten) finnes også mange blokker av beige sandstein, som vi mener kan være tysk, bragt til Norge som ballast fra Bremen. Fordeling av de viktigste restaureringssteinene er gitt i Figur 65. Kart over forskjellige fasader og snitt er gitt i Figur 66 til Figur 73 under.



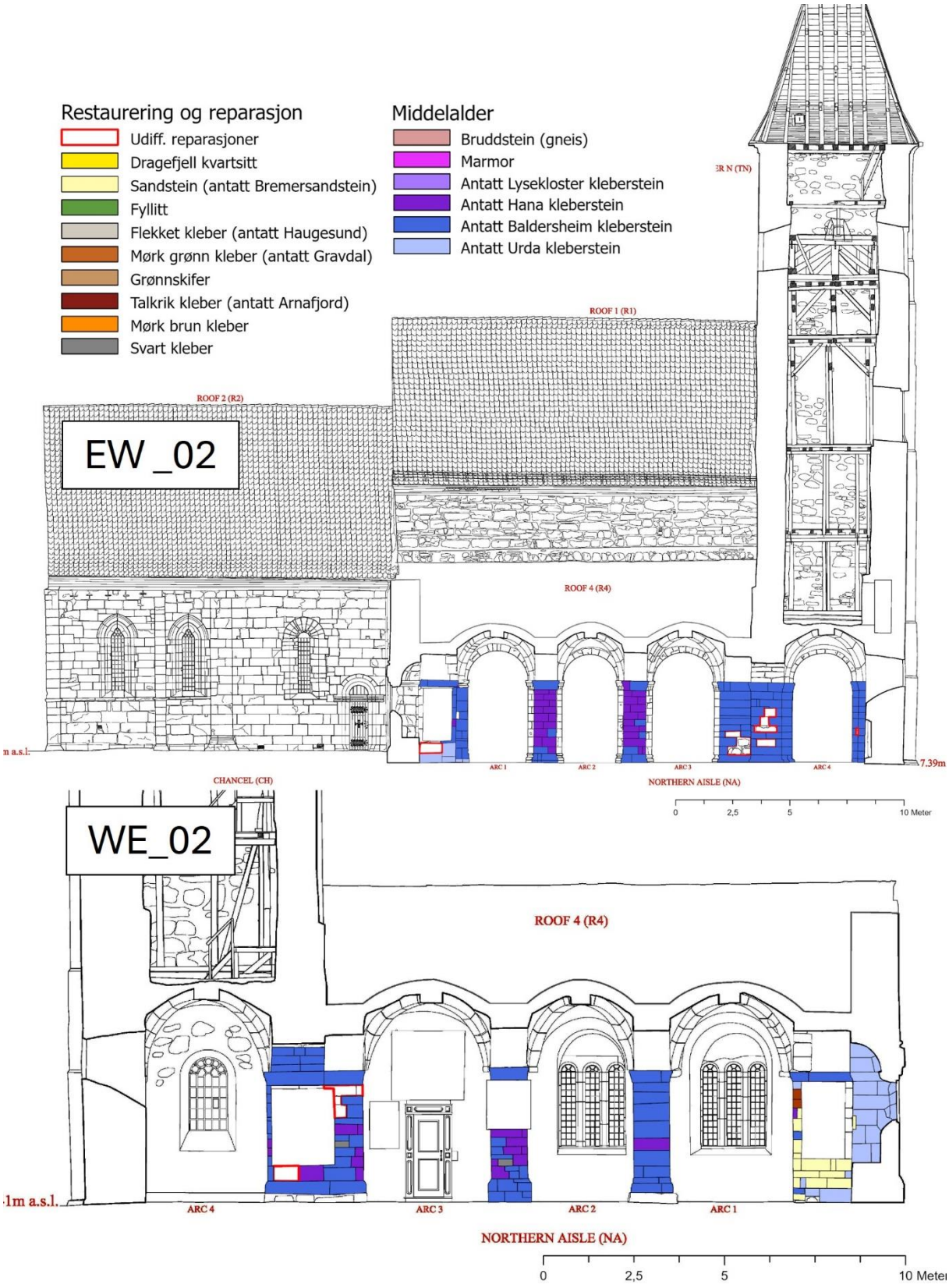
Figur 65. Fordeling av restaureringsstein (ikke inklusiv ubetydelig bruk) - antall. N=1711



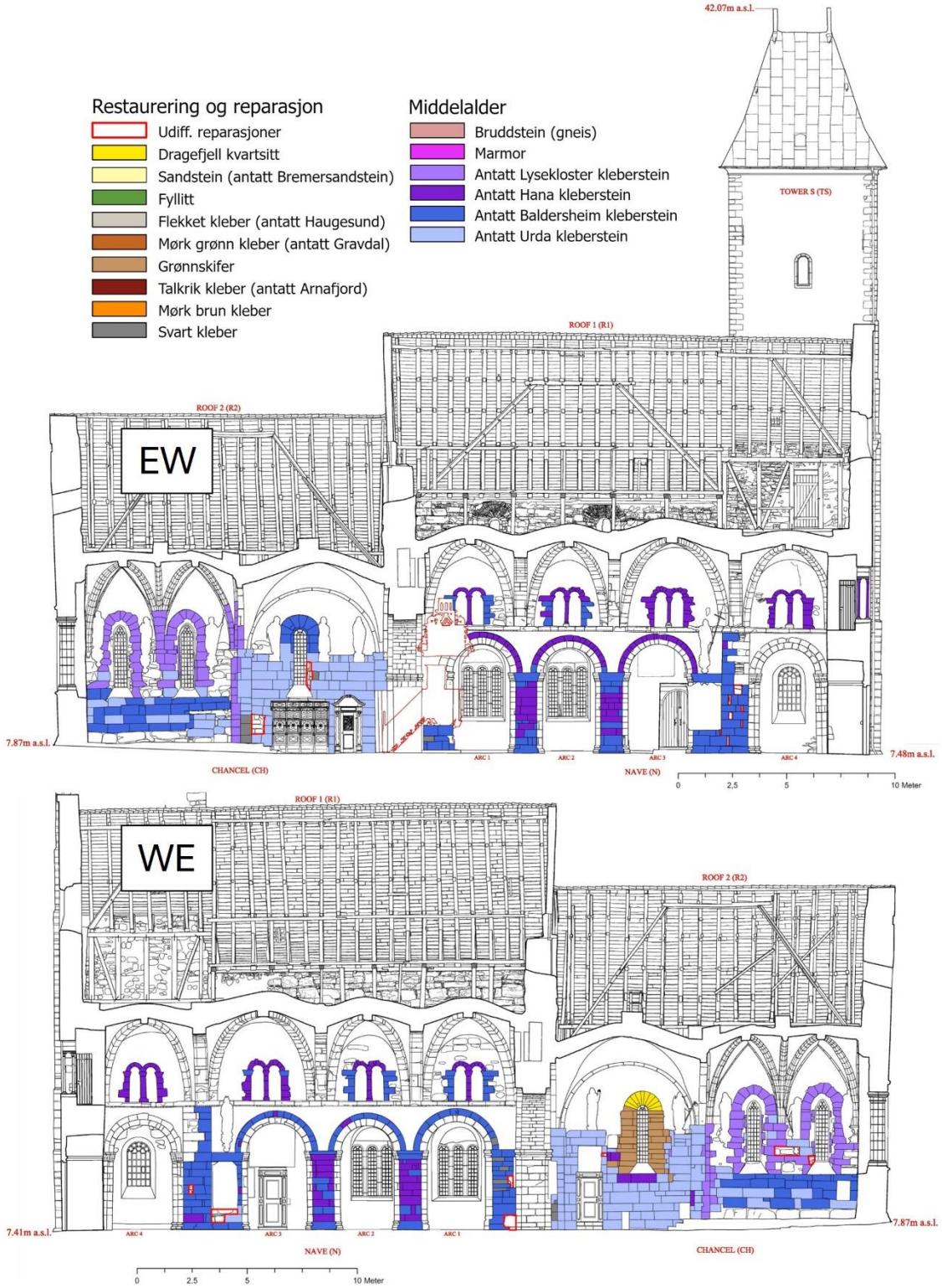
Figur 66. Utvendige fasader, sør og nord. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



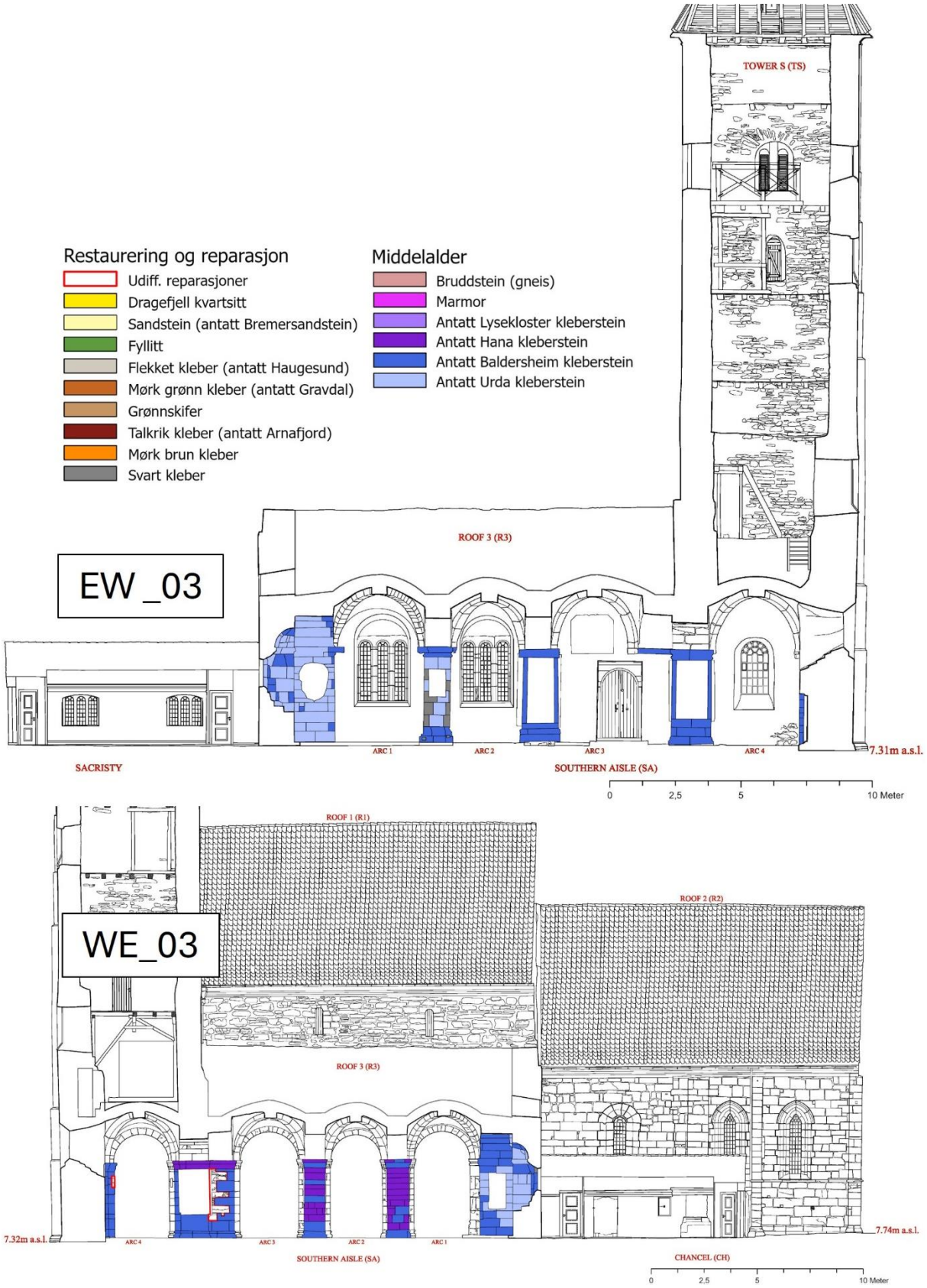
Figur 67. Utvendige fasader av Mariakirken vest og øst. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



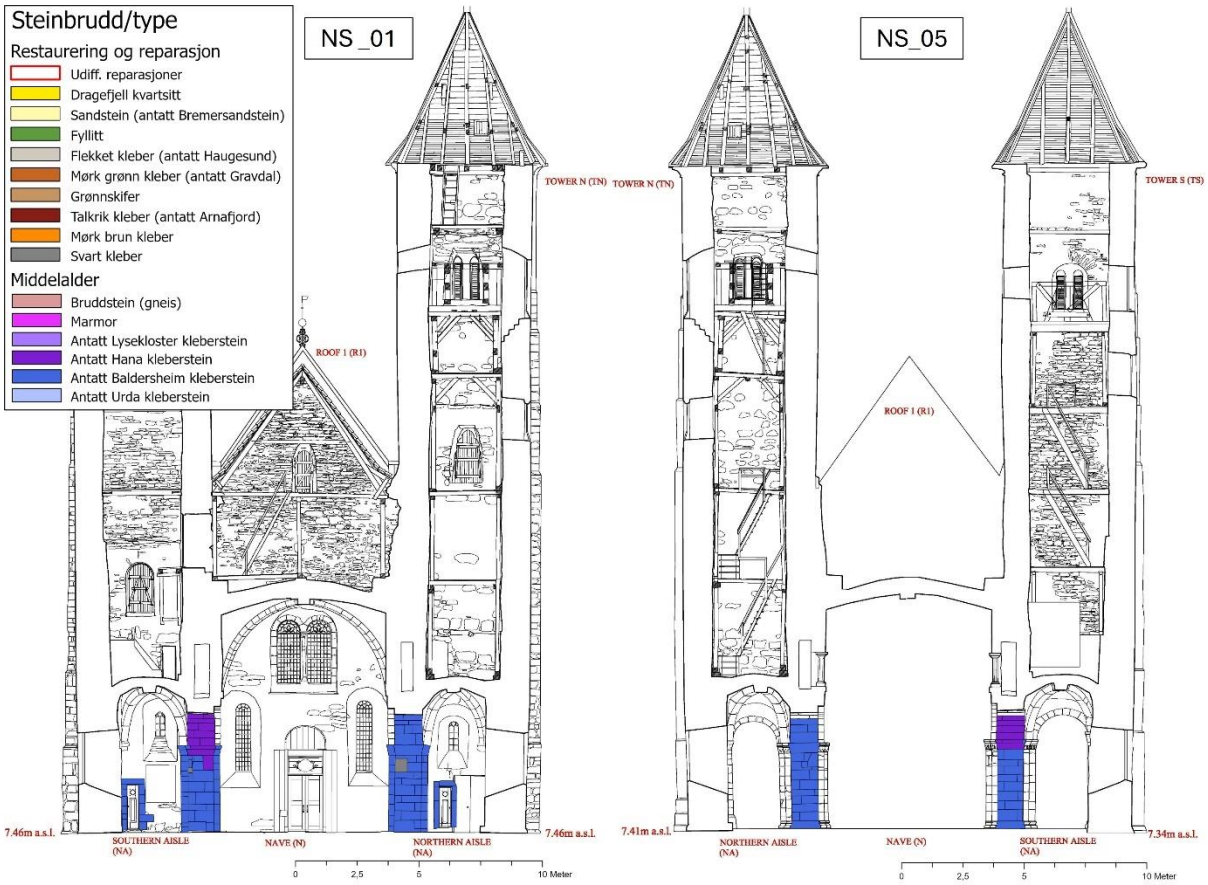
Figur 68. Innvendige snitt EW_02 og WE_02 i henhold til figur Figur 62. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



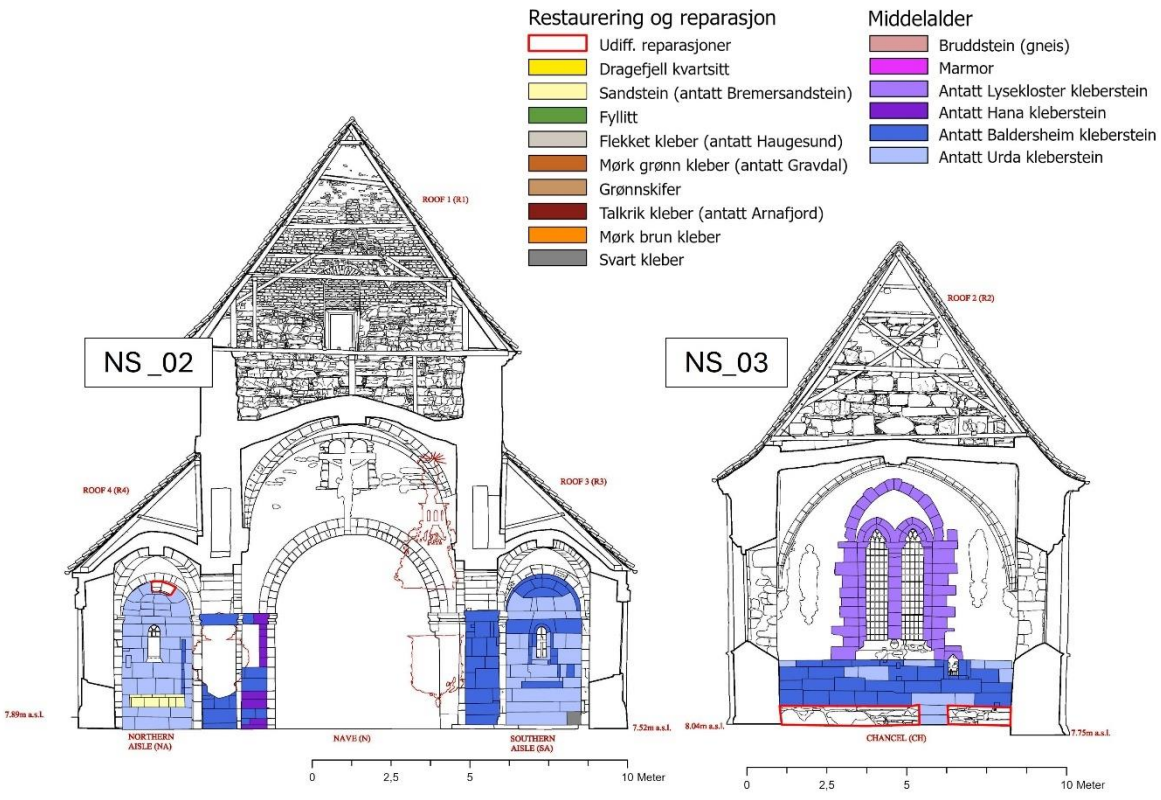
Figur 69. Innvendige snitt EW og WE i henhold til figur Figur 62. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



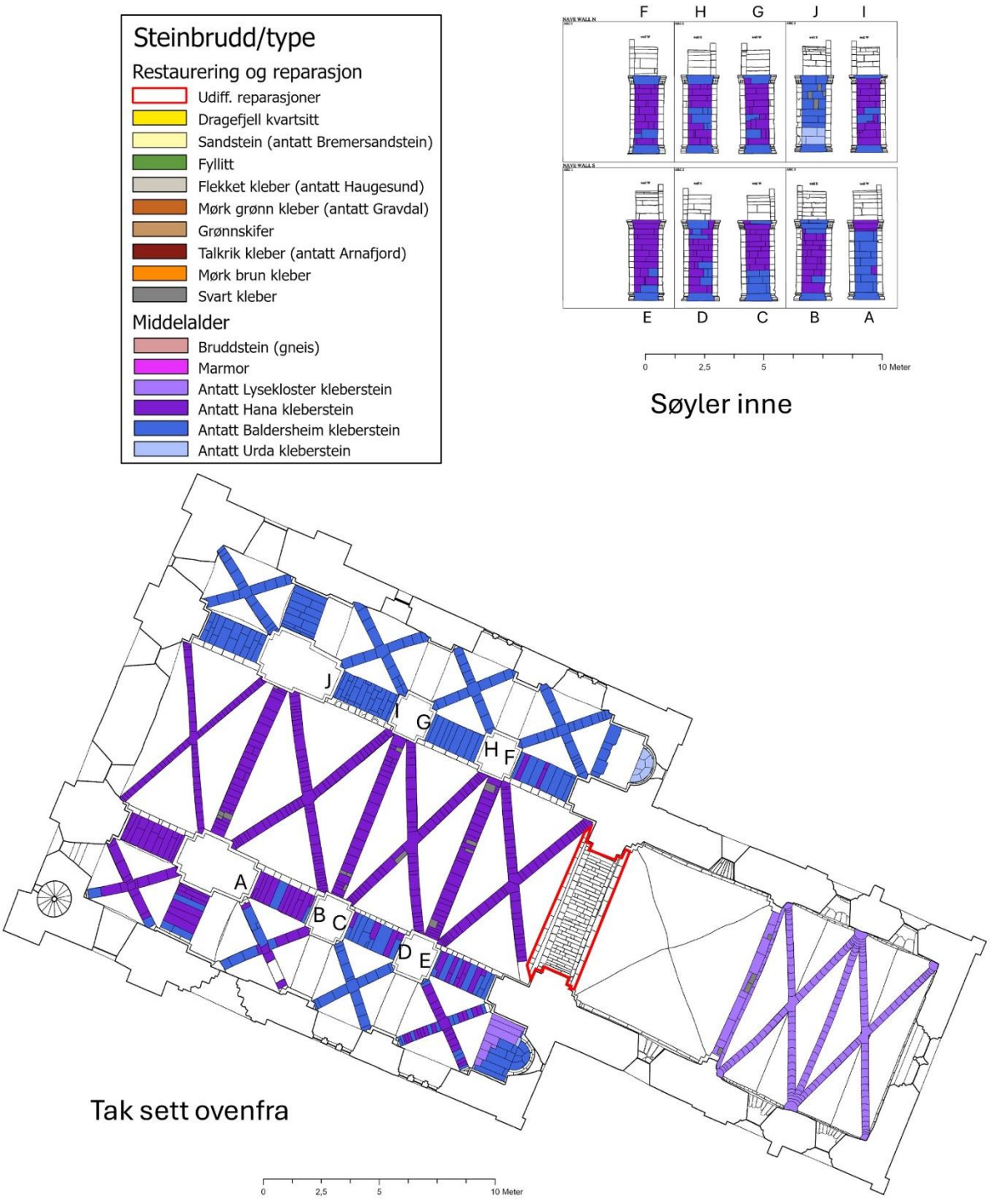
Figur 70. Innvendige snitt EW_03 og WE_03 i henhold til figur Figur 62. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



Figur 71. Innvendige snitt NS_01 og NS_05 i henhold til figur Figur 62. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



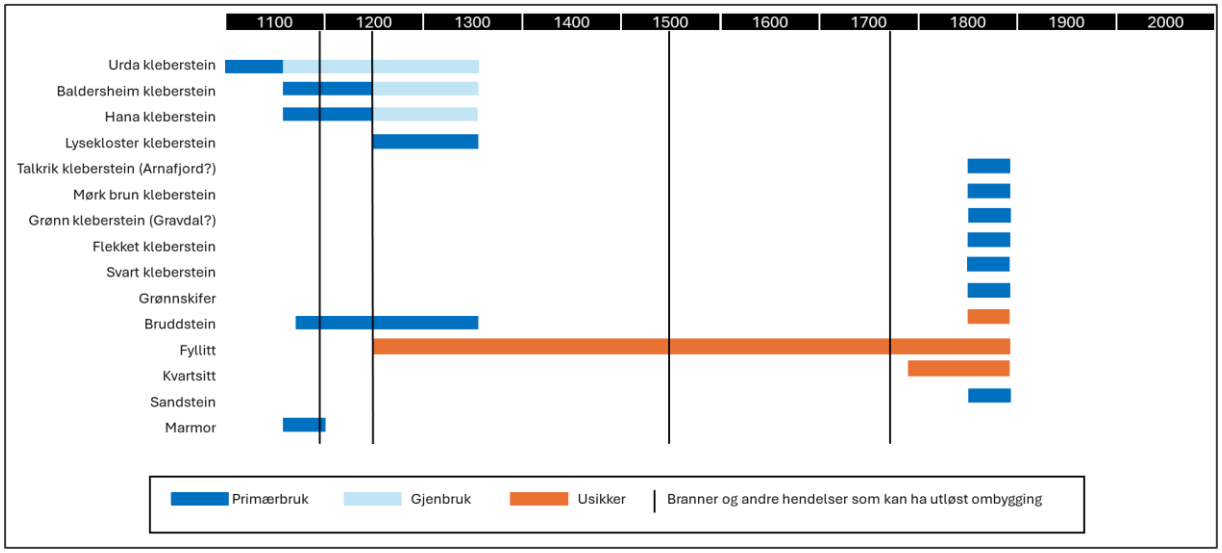
Figur 72. Innvendige snitt NS_02 og NS_03 i henhold til figur Figur 62. Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.



Figur 73. Innvendige søyler og tak (se A-J for plassering). Bakgrunn er fremstilt av Jan Lohne Arkitekter AS.

4.1.4 Kort syntese

Opprinnelsen til steinene i Mariakirken forteller mye om ressurstilgang i middelalder og seinere, men kan også gi oss hint om bygningenes historie. Vi ønsker ikke å spekulere mye på det, men heller presentere en syntese over bruk av stein i Mariakirken over nesten tusen år (Figur 74).



Figur 74. Steintyper, tid og type bruk i Mariakirken, samt hendelser som har eller ikke har utløst betydelige bygningsmessige tiltak. Merk at tidsangivelser er omtrentlige.

4.2 Domkirken

4.2.1 Data

Underlagsmaterialet i Domkirken var langt nær så detaljert som Mariakirken. Utvendig hadde vi enkle fasadekart. For tårnets tre synlige fasader (nord, vest og sør) brukte vi droneopptak til å sette sammen fotogrammetriske mosaikker. Det gjelder også deler av nordsiden av skipet.

Fasadekartene og fotogrammetriske mosaikker ble importert til ArcGIS Pro og rektifisert til et fiktivt, men skalatro koordinatsystem. Så ble steinene tegnet oppå som polygoner. Hver polygon fikk dermed en korrekt størrelse, og vi kunne bruke GIS-verktøy for utregning av arealer. Kombinert med «tenkte» tykkelser på steinblokkene fikk vi frem estimerte volum på hver blokk.

Skrudhuset og koret fremstår sterkt forstyrret/endret. Sideskipet er fra restaureringen. Derfor (kombinert med tidspress) er disse tre behandlet i mindre detalj og vi viser eksempler og definerer steintyper som er benyttet. Det samme gjelder Domkirken innvendig.

I kronologien forholder vi oss til den detaljerte tolkningen av Eide (2020).

4.2.2 Resultat Middelalder

Eides første trinn (Eide 2020) er fra ca. 1140. Rester kan sees i murverket på nordsiden, der vi ser kvadermur av kleberstein fra Urda (Figur 76C). Vestover i murverket kommer vi til et felt som vesentlig inneholder kleberstein fra Hana, samt gjenbrukt stein fra Urda (Figur 76C). Det er Eides trinn 2, 1140 og fremover. Det tredje byggetrinn som Eide (2020) kaller Olavskirkens vestvegg og tårn, ble også oppført i hanastein. Trinnet fremstår i dag hanastein i vestveggen, som ble gjenbrukt i femte trinn (Figur 76A), som Eide kaller Fransiskanernes andre utvidelse. Det er fra et tidspunkt enten like før eller etter brannen i 1247 (Eide 2020). I dette trinnet er det stein fra Lysekloster som er nykommer og dominerer (Figur 76A, B, C).

Koret og Skrudhuset kommer til rundt 1300. Innvendig synes Lysekloster å være dominerende. Vi kan imidlertid ikke utelukke at vi tar feil, fordi steinen er svært forvitret og belysning var vanskelig under vårt besøk. Vi fikk dessverre ikke anledning til å besøke Skrudhuset innvendig.

Utvendig inneholder koret og Skrudhuset en mektig blanding av stein. Lysekloster, Hana og noen slengere av Urda er representert, sammen med en rekke andre klebersteinstyper som er kommet til gjennom seinere ombygginger og reparasjoner (Figur 77). I Skrudhuset har per i dag kun det sørøstre vinduet som har originalt murverk, resten er gjenbruk og ny stein fra restaurering på 1870-tallet.

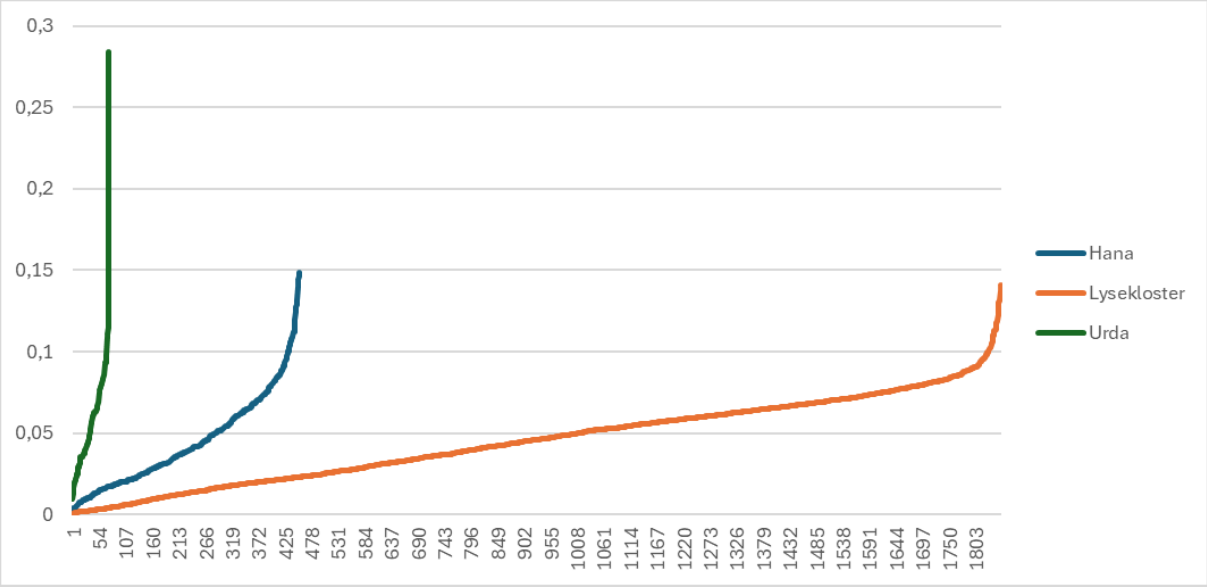
Korets utvendige vegger er derfor såpass blandet at det er meget vanskelig og svært tidkrevende med stor usikkerhet å kartlegge i detalj. Vi har følgelig ikke prioritert det.

I Tabell 3 har vi angitt antall blokker, totalt volum/vekt, gjennomsnitt volum/vekt per blokk og spennvidde av blokkstørrelser fra de tre hovedtyper av middelaldersk stein – Urda, Hana og Lysekloster. Fordeling av blokkstørrelser er fremstilt grafisk i Figur 75.

På samme måte som i Mariakirken kan vi se at Urda har markert større blokker enn de andre to. Uten å spekulere på årsak, kan vi som tidligere nevnt antyde at blokkstørrelser gjerne kan ha sammenheng med forekomstenes natur og ytelse.

Tabell 3. Telling av middelaldersk stein i Domkirken på de områder som dekkes av Figur 76.

Brudd	Antall steiner	m^3	Tonn	Gj.sn m^3	Gj.sn kg	Spenn kg
Urda	73	4,24	11,44	0,06	156,7	25,6 - 766,2
Hana	454	20,3	54,8	0,045	120,6	2,9 – 400,7
Lysekloster	1854	83,9	226,6	0,045	122,2	1,7 - 381
Totalt	2381	108,5	292,8			



Figur 75. Fordeling av blokkstørrelser i Domkirken fordelt på de tre hovedtyper kleberstein. Y-aksen er størrelse i kubikkmeter (m^3) og X-aksen er antall blokker.

Figur 76. Domkirken fasader. Vest (A), Sør (B) og Nord (C). Tegning på dronemodell georeferert til Acacias fasadetegninger.

Figur 77. Broget kleberstein i koret: gjenbrukt Hana, Lysekloster og noe Urda, samt ny stein trolig fra Arnafjord, Kvernes/Ådland samt «mørk brun kleberstein» lik den vi finner i Mariakirken (kap. 3.13.) og «grågrønn kleberstein» (kap. 3.15).

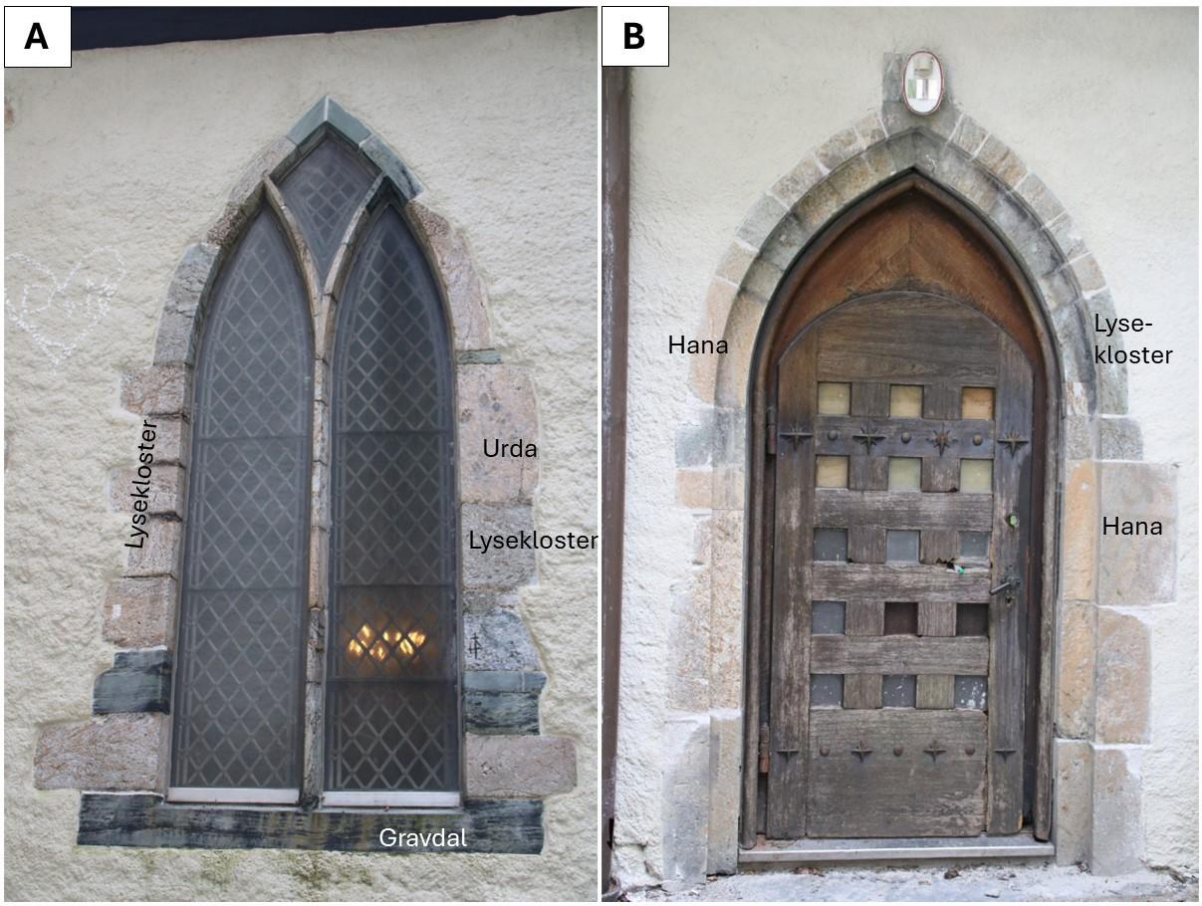
4.2.3 Resultat ombygging/restaurering

Utvendig kor (Figur 77) og Skrudhuset (Figur 78, Figur 79) bærer preg av mye blanding av stein. Vi finner gjenbruk av Urda, Hana og Lysekloster. For seinere tilskudd finnes det skriftlige kilder som nevner både Arnafjord og Kvernes (inkl. Ådland?) som restaureringsstein på 1870-80-tallet (Tabell 4). Sideskipet inneholder stort sett de samme steintypene.

Tabell 4. Observerte klebersteintyper fra andre kilder enn middelalderske.

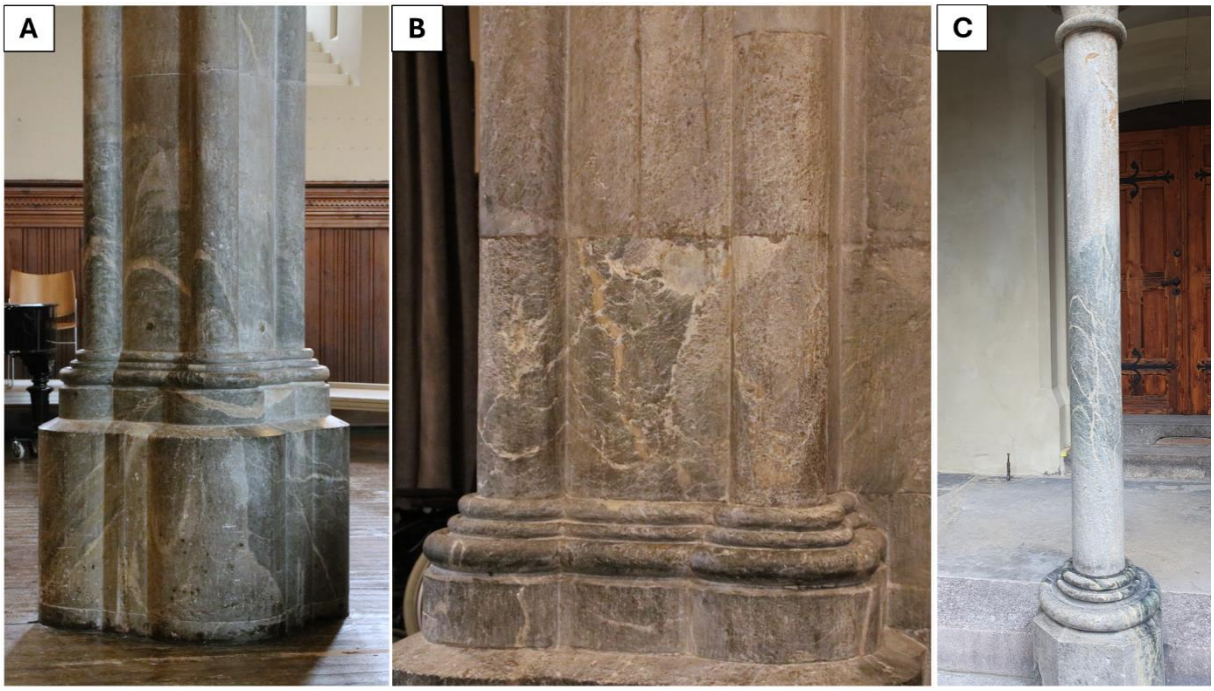
Kleberstein type	Mulig opprinnelse	Kommentar
Mørk grønn, finkornet, skifrig	Gravdal	Kun i Skrudhuset
Talkrik kleberstein med markerte, rustrøde karbonatårer og knotter	Arnafjord?	
Talkrik «fet» kleberstein uten særlig struktur	Arnafjord?	
Vekslende talkrik-karbonatrik kleberstein og grønn serpentinitt	Kvernes/Ådland?	
Mørk brun kleberstein med sporadiske karbonatårer	?	Se kapittel 3.13.
Grågrønn kleberstein med anomal karbonatåre-struktur og hvite talkårer	?	Se kapittel 3.15
Svart kleberstein	Lygra?	Kun sporadisk

Innvendig i skipet og stort sett innvendige portaler er det brukt restaureringsstein på 1880-tallet. Det er stort sett talk-karbonatrik stein, men med markerte serpentinittiske soner (Figur 80A og B). Vi finner lik stein utvendig i sideskipet her og der (Figur 80C). Her møter vi et problem: vi har kilder (Helland 1893) som beskriver Ådland som nærmest rein serpentinitt, men det kan finnes talkrike soner i den likevel. I Kvernes har vi observert serpentinitt i tillegg til talkrik kleberstein. Alle disse tre bruddene ligger altså og veksler mellom talk-karbonatrik kleber og serpentinitt. Følgelig står vi særdeles svakt når vi skal prøve å peke på en bestemt stein og fastslå opprinnelse.



Figur 78. Fra Skrudhuset - kombinasjon av gjenbruk middelalderstein (Urda, Lysekloster, Hana) og ny restaureringsstein (Gravdal).

Figur 79. Skrudhuset - gjenbruk av stein fra Urda. Grønn stein fra Gravdal(?) i toppen.



Figur 80. A og B: vekslende talkrik og serpentinrik kleberstein fra restaureringen, innvendig. C) søyle i sideskipet som er talk-karbonatrik kleberstein i topp og bunn, serpentinitt i midten. Arnafjord, Kvernes, eller Ådland? Eller alle?

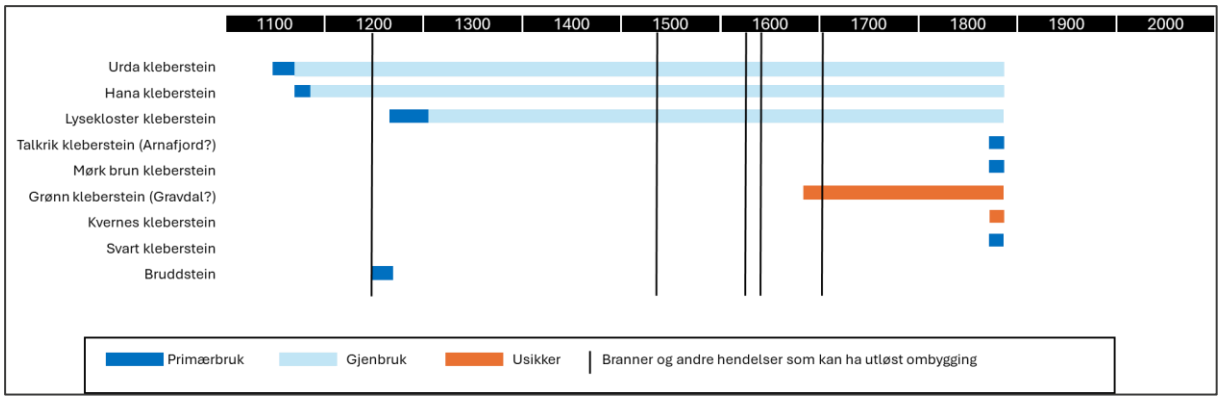
4.3 Syntese Domkirken

Domkirken har en ytterst komplisert historie som speiles av en like komplisert fordeling av stein. For det første er det en rekke primære byggetrinn i middelalderen, og så flere episoder med mulige endringer etter det, og til slutt en omfattende restaurering. Vi har forsøkt å oppsummere i Figur 81.

På flere måter kan vi se på Domkirkens steinbruk som en akkumulering av steintyper i konstruksjonen gjennom byggetrinn og tid, her er kirken et skoleeksempel. Hvis vi tenker oss at hvert nytt byggetrinn bringer inn en ny steintype vil vi få en situasjon som vist i Tabell 5. Med andre ord, kontinuerlig gjenbruk øker kompleksiteten i steinbruken for hvert trinn. Det kan være at samme stein har blitt gjenbrukt både tre og fire eller flere ganger, slik som oppsummert i Eide (2020).

Tabell 5. Tenkt situasjon med akkumulering av stein i bygg ved introduksjon av en ny type for hvert byggetrinn.

Byggetrinn	Ny steintype	Akkumulering av steintyper
1	A	A
2	B	A, B
3	C	A, B, C
4	D	A, B, C, D
5	E	A, B, C, D, E
6	F	A, B, C, D, E, F



Figur 81. Steintyper, tid og type bruk i Domkirken, samt hendelser som har eller ikke har utløst betydelige bygningsmessige tiltak. Merk at tidsangivelser er omtrentlige.

4.4 Korskirken

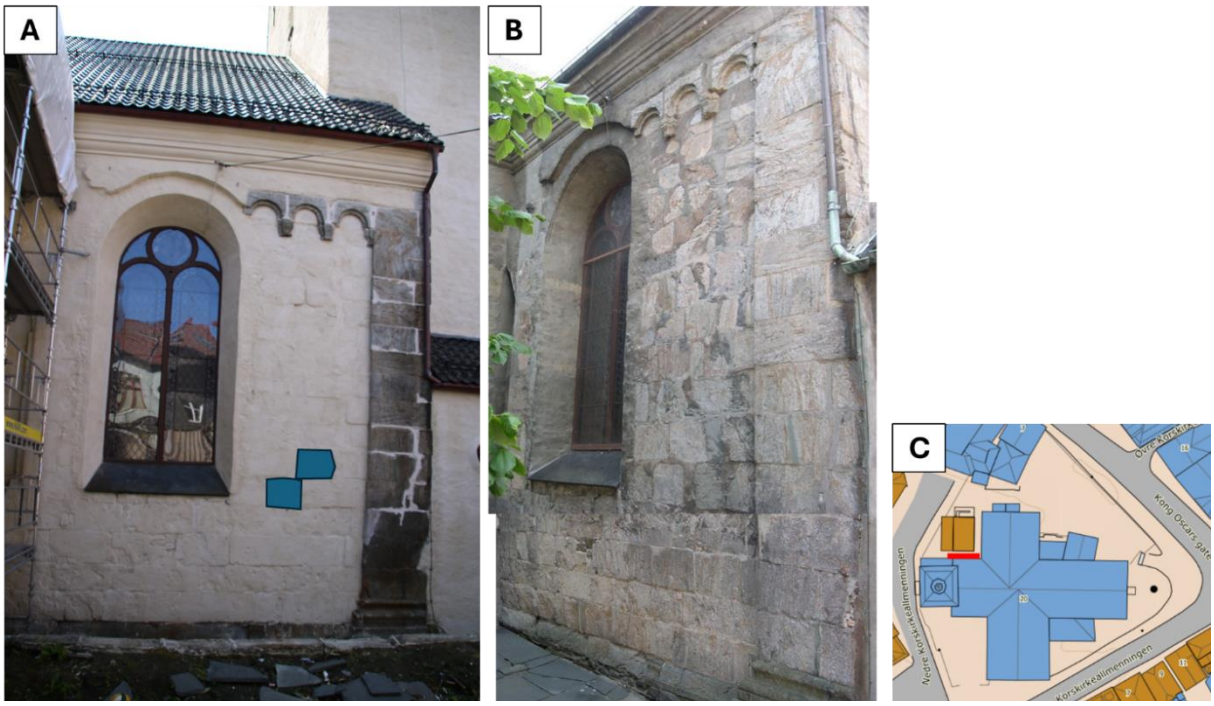
4.4.1 Data

Vi har ikke hatt/benyttet detaljerte fasadekart eller tegninger for Korskirken. Derimot hadde vi samlinger av foto som ble tatt før kalking. Vår dokumentasjon er følgelig kun basert på foto før og etter. Det gir likevel en pekepinn på hva som er primært i fasadene og de steintyper som er benyttet.

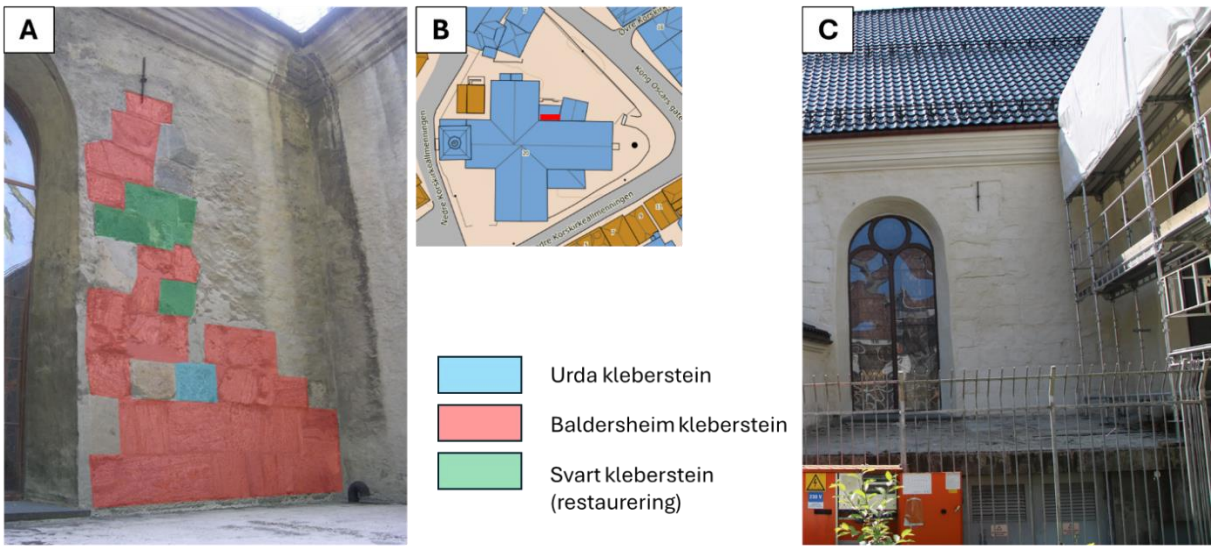
Merk at en deler av kirken var tildekket eller utilgjengelig under vårt besøk grunnet restaureringsarbeider. Følgelig har vi ikke beskrevet vestportal eller ytre del av nordportal.

4.4.2 Resultat middelalder

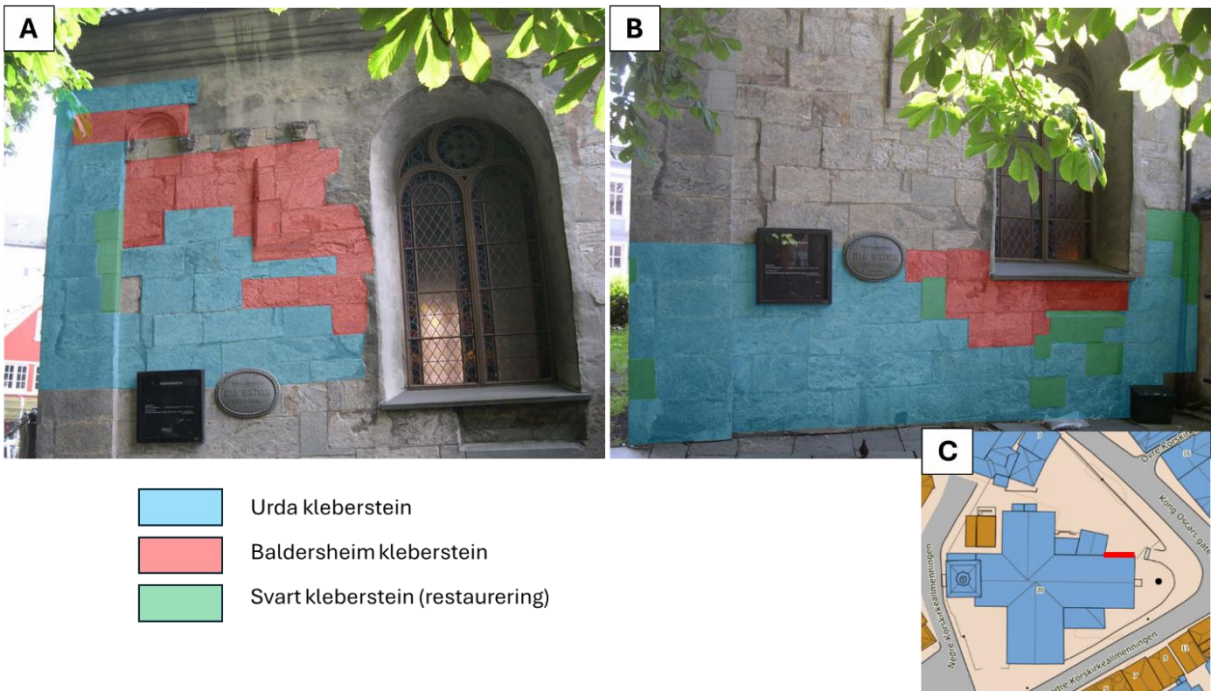
Det er all hovedsak to klebersteinstyper som dominerer skip/kor i middelalderen: Urda og Baldersheim. Vi har samlet forskjellige fasadebilder i Figur 82 til Figur 88. Selv om begge typer alternerer de forskjellige stedene, er det grunnlag for å si at nedre del av murverket domineres av Urda i øst og Baldersheim i vest. I tilfellet at Urda er første steintype som tas i bruk, vil det tilsi at byggingen har startet i øst. Det er også verd å merke seg at vi ikke ser Hana og Lysekloster i bruk, og at Baldersheim/Urda opptrer helt til topps i det middelalderske murverket. Det kan gi grunnlag for tanken om at Korskirken sto ferdig før de nevnte steintyper ble tatt i bruk i Mariakirken og Domkirken.



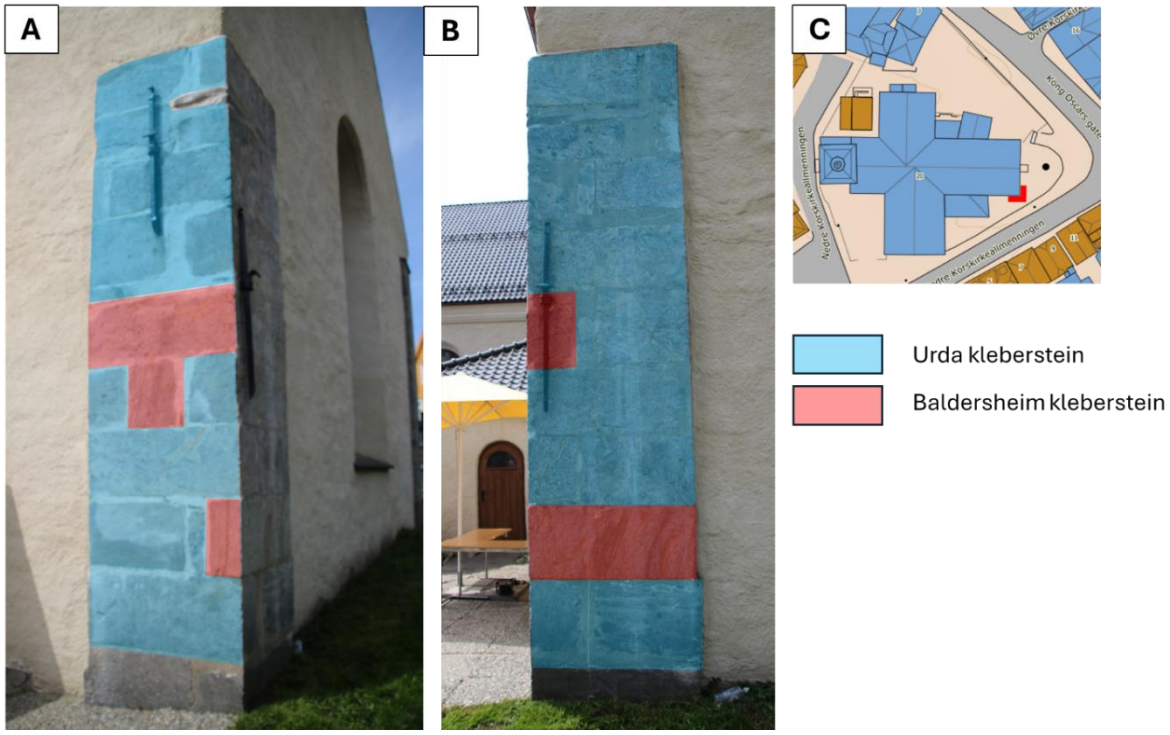
Figur 82. Korskirken nordvest. Dagens situasjon (A), bilde før kalking (B) og lokalisering (C). De to blå feltene i A angir Urda-stein. Resten er Baldersheim.



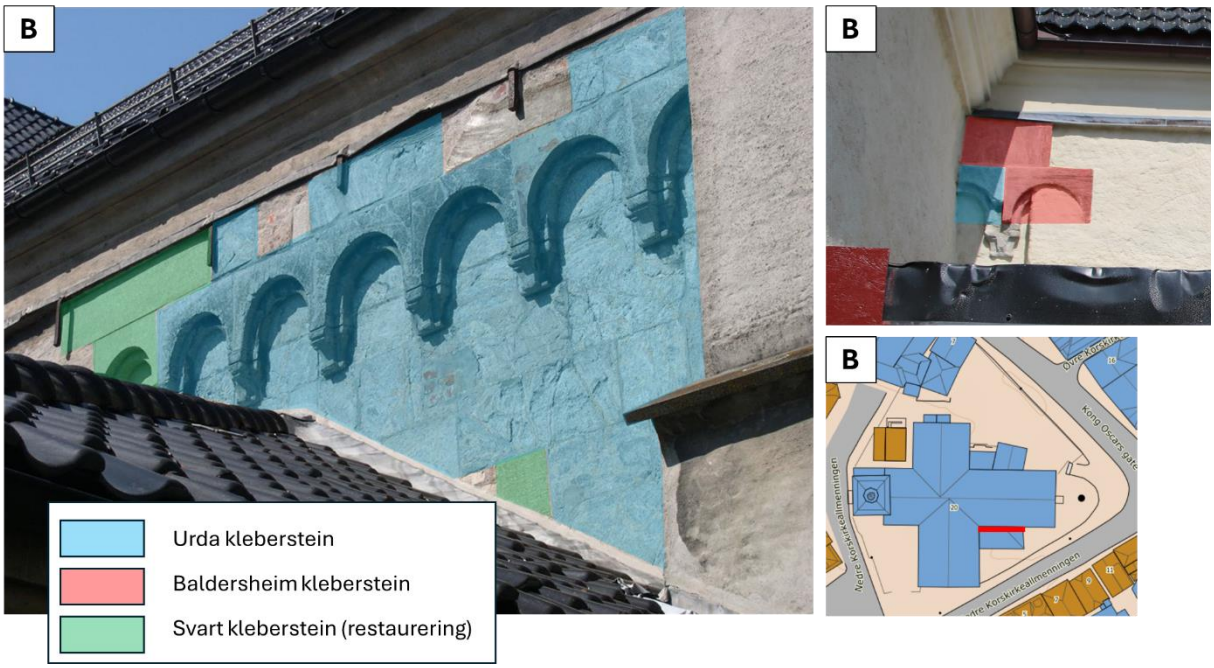
Figur 83. Korskirken midtre skip nord (A), lokalisering (B) og samme del som det ser ut i dag (C).



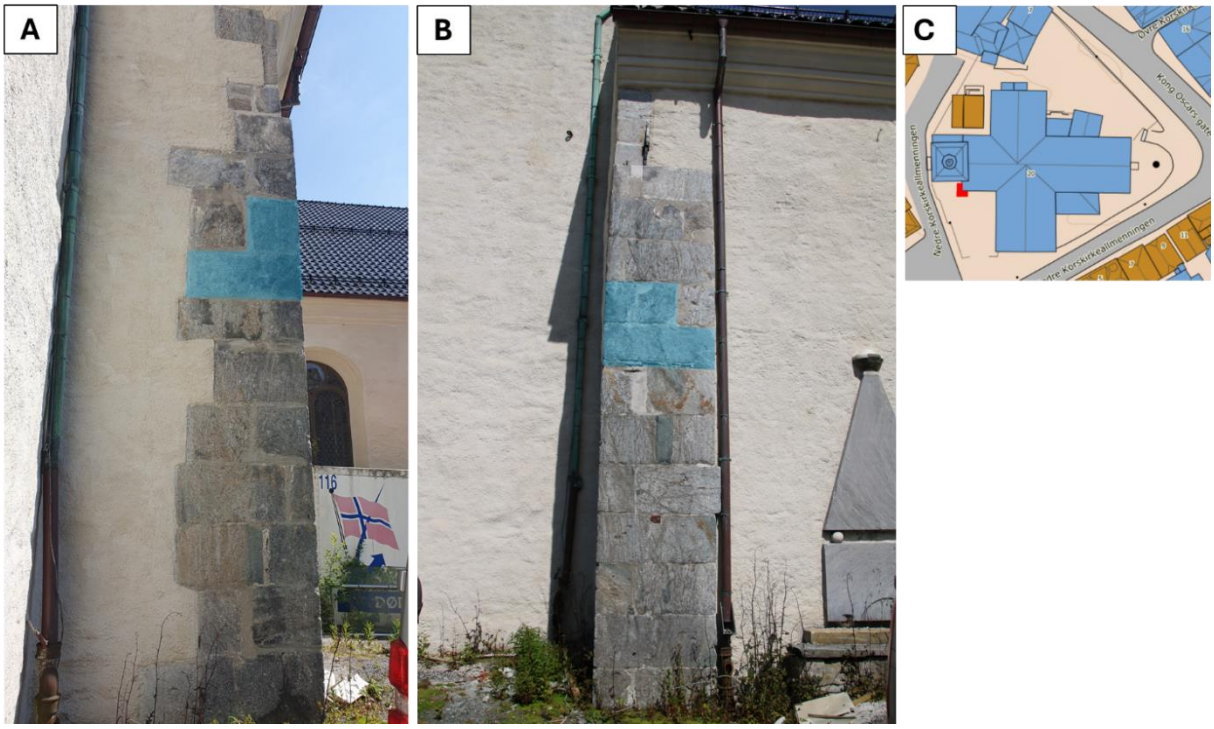
Figur 84. Korskirken nordøstvegg. A) øvre del, B) nedre del, C) lokalisering.



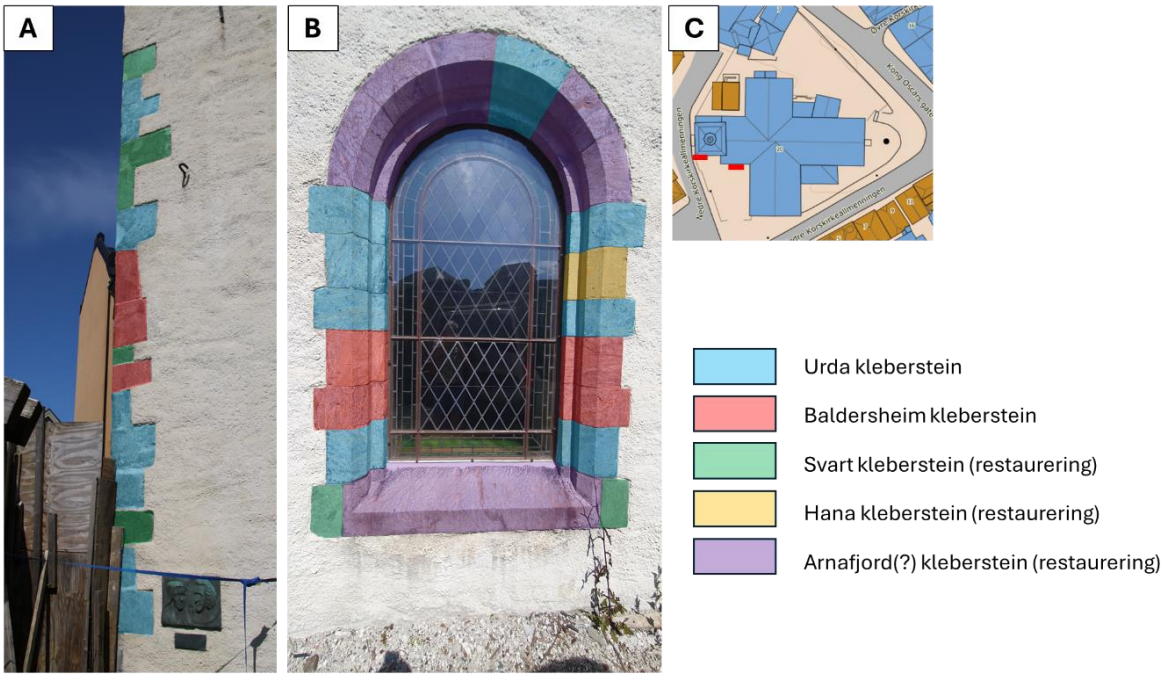
Figur 85. Korskirken skip sydøst-hjørne. A) sydvendt, B) østvendt, C) lokalisering.



Figur 86. Korskirken skip sydøstlige vegg. A) ytre del, B) indre del, C) lokalisering.



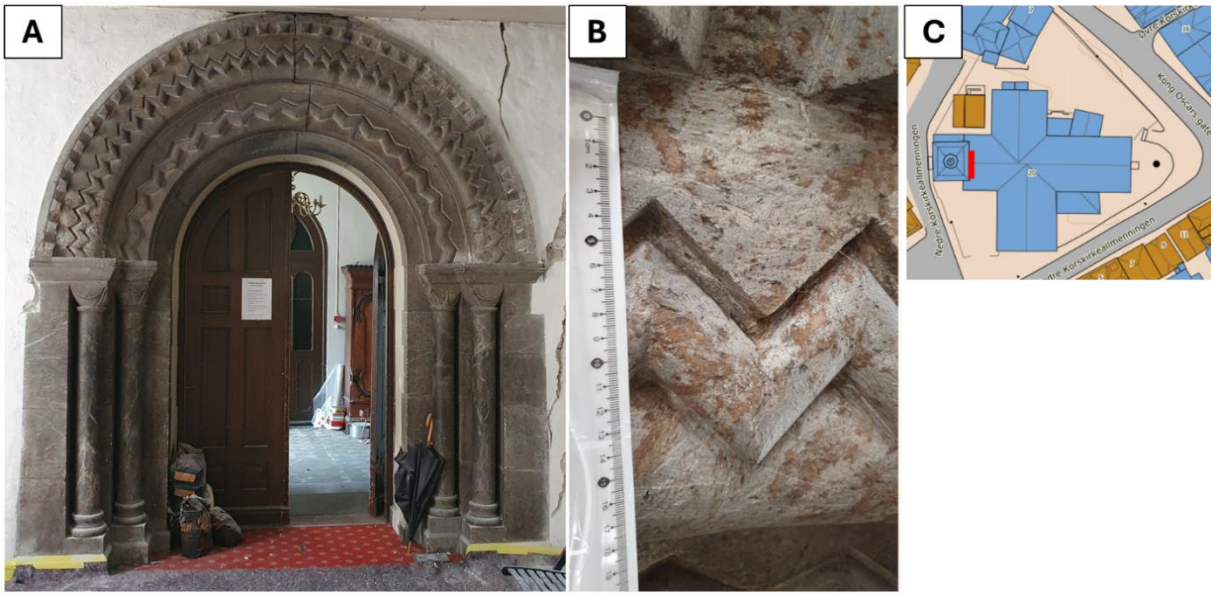
Figur 87. Korskirken skip sørvest-hjørne. A) vestvendt, B) sørvendt, C) lokalisering. To steiner (merket blått) er Urda, resten Baldersheim.



Figur 88. Korskirken sørvest. A) tårnhjørne mot vest, B) vindu (slått ut under restaurering), C) lokalisering.

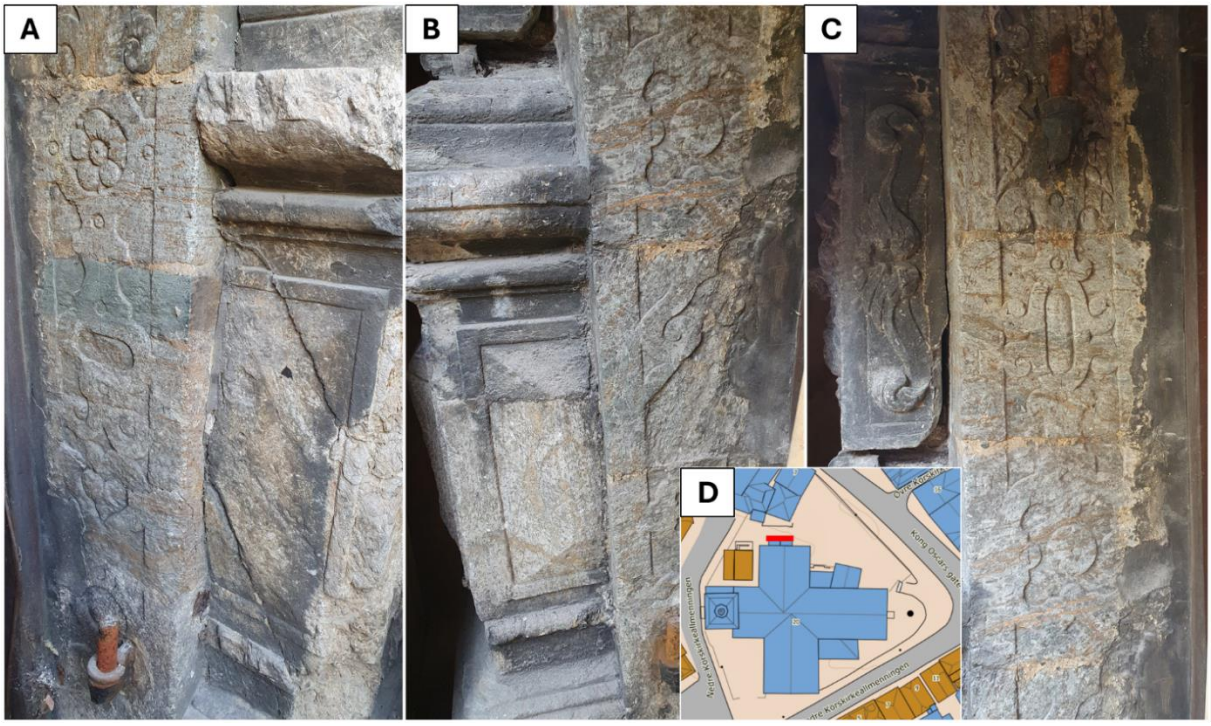
4.4.3 Resultat senere byggetrinn og restaurering

Tårnet ble bygget rundt 1590, og med innslag av Urdastein i hjørnekvadre er det sannsynlig at tårnet ble bygget av stein fra et nedrevet bygg som ble oppført før 1150, kanskje Nonneseter, Jonskloster eller Nicolaikirken. To innvendige portaler er mellom skip og tårn, begge fra restaurering på 1890-tallet. Den østvendte består av talkrik kleberstein med knorter og årer av rustbrunt karbonat, som passer godt til beskrivelse av kleberstein fra Arnafjord (Figur 89). Den vestvendte portalen har stein av en helt annen karakter, en finkornet, foliert lys grønnlig kleberstein, muligens med olivin (Figur 90, se kap. 3.16). Vi har ingen informasjon om kilden. Den såkalte renessanseportalen på nordenden av korsarm består av sterkt forvitret kleberstein, foliert med talk-karbonat-kloritt, og sporadisk tykkere klorittårer (Figur 91). Den kan ligne på Lysekloster, men vi har ingen holdepunkt til å konkludere.



Figur 89. Intern portal, østvendt. A) oversikt, B) detalj av kleberstein, C) lokalisering.

Figur 90. Intern portal, vestvendt. A) oversikt, B) detalj av kleberstein, C) lokalisering.



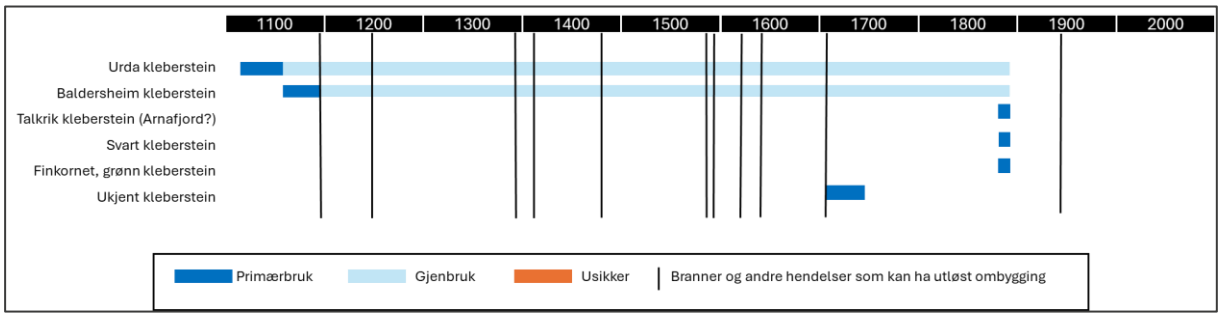
Figur 91. Korskirken nordportal. A, B, C) detaljer av kleberstein, D) lokalisering.

4.4.4 Syntese Korskirken

Korskirkens middelalderske historie og sammensetning synes enkel i forhold til Mariakirken og Domkirken: Urda og Baldersheim er benyttet til å bygge den første fullstendige kirken, trolig ferdig allerede rundt 1150. Urda var den første steintype som ble brukt, som etter hvert ble avløst av Baldersheim

Etter middelalderen blir bildet atskillig mer komplisert, med en stor mengde hendelser som kan ha ført til byggetrinn, reparasjoner og tillegg (Figur 92). Her har vi atskillig mindre kontroll, og mye av dette er tildekket i dag.

Det er vår forståelse at den middelalderske «geologiske stratigrafien» i murverket kan gi betydelige implikasjoner i forståelsen av kronologien for middelalderkirker i Bergen. Iallfall er det grunnlag for å stille spørsmål ved etablerte teorier. Derfor er det et tankekors at tolkningen av det nevnte murverket kun kunne gjøres fordi forfatterne hadde historiske bilder fra før kalking av fasader.



Figur 92. Steintyper, tid og type bruk i Korskirken, samt hendelser som har eller ikke har utløst betydelige bygningsmessige tiltak. Merk at tidsangivelser er omtrentlige.

4.5 Nonneseter Tårnfot

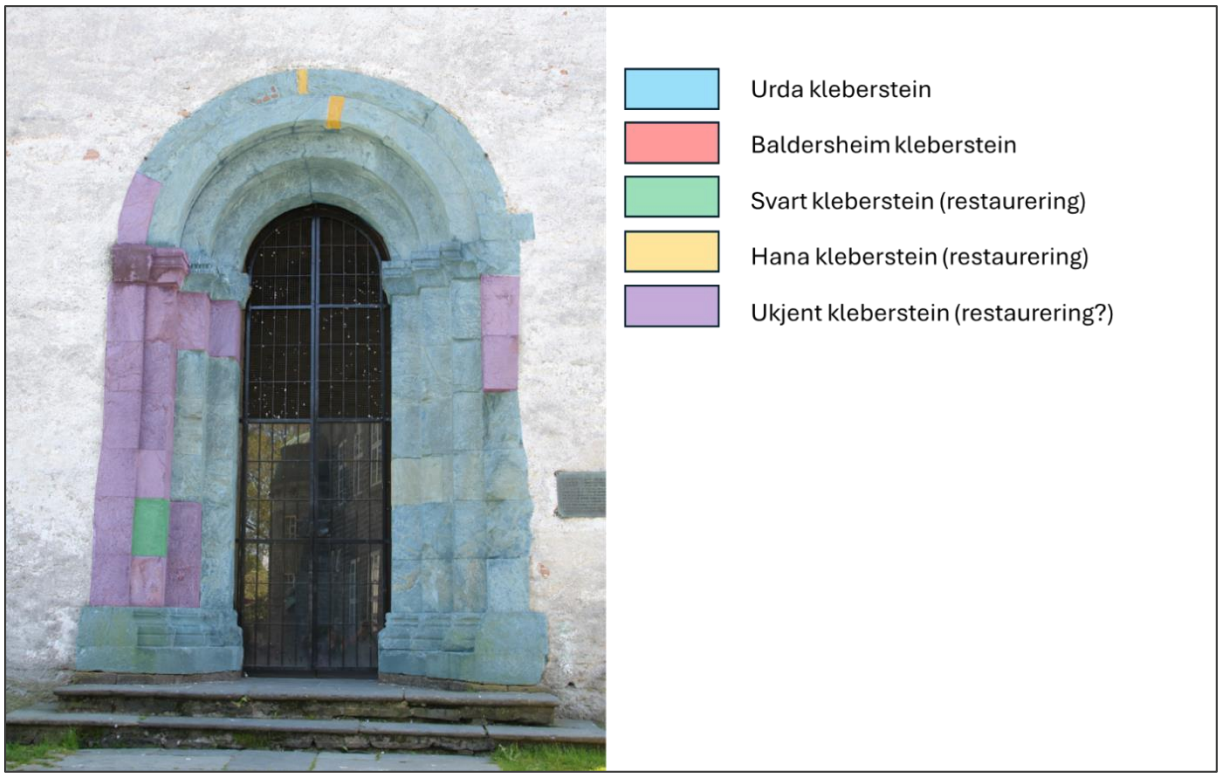
4.5.1 Data

For tårnfoten har vi kun brukt observasjoner og målinger på stedet innvendig og utvendig, kombinert med fotodokumentasjon og presenterer dette.

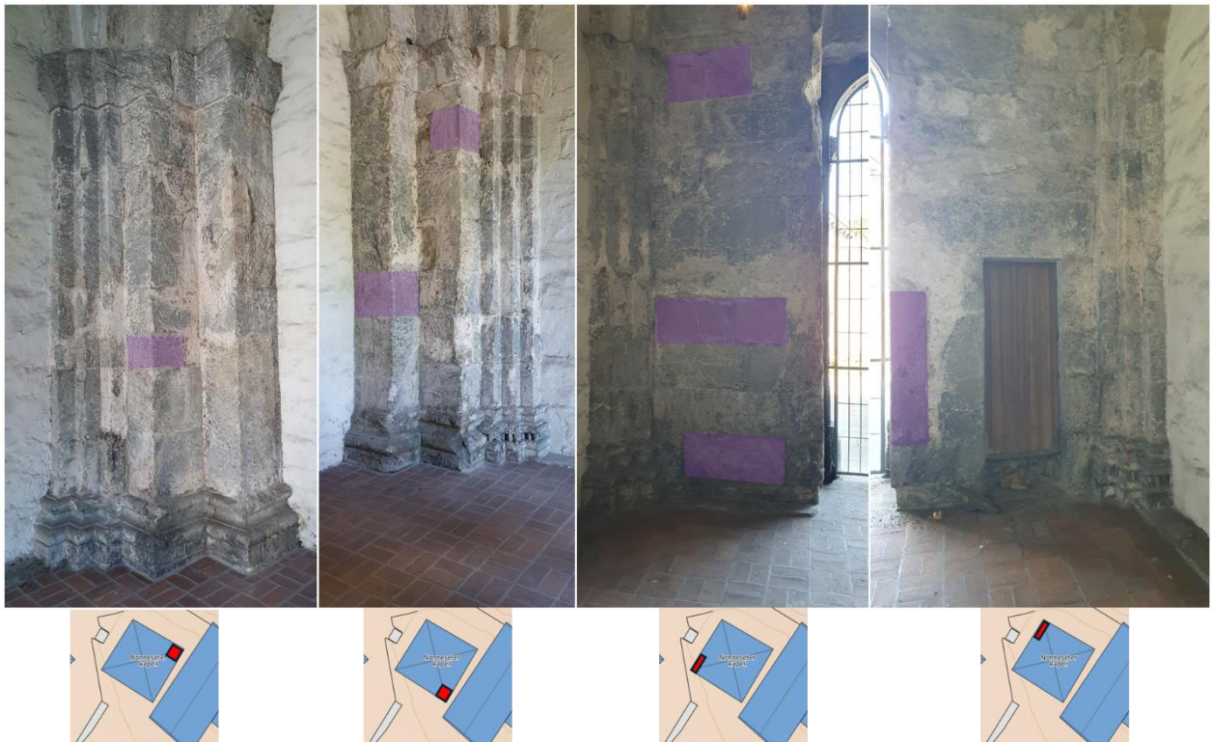
4.5.2 Resultat Tårnfoten

Kartleggingen viser at de synlige deler av tårnfoten vesentlig er bygget av Urda kleberstein. I tillegg finner vi noen små biter av Hana samt en del ukjente (Figur 93, Figur 94). Siste gruppe inkluderer grågrønn kleberstein som er beskrevet i kap. 3.15. og svart kleberstein.

Det synes følgelig som at tårnfoten ble bygget helt og fullt av Urda kleberstein, og så har de andre typene kommet inn gjennom restaurering.



Figur 93. Tårnfotens portal og steintyper.



Figur 94. Tårnfotens indre hjørner med lokalisering gitt under hvert bilde. Fiolett farge angir ukjent kleberstein, resten er Urda.

4.6 Muren

4.6.1 Data

For Muren har vi kun brukt observasjoner og målinger på stedet kombinert med fotodokumentasjon og presenterer dette.

4.6.2 Resultater Muren

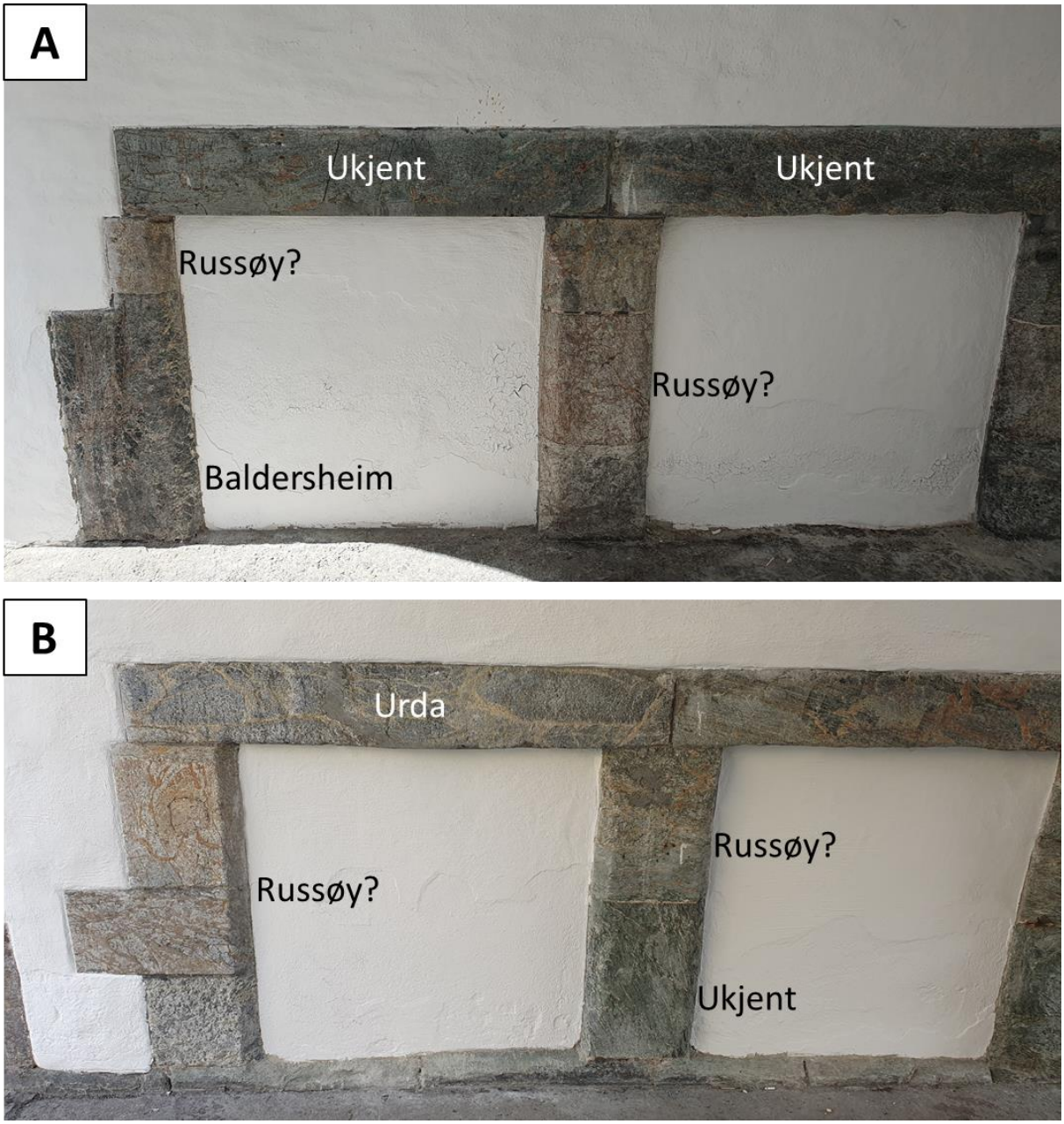
Vi har forutsatt at muren (Figur 5, Figur 95) i vesentlig grad har kleberstein gjenbrukt fra Munkeliv Kloster. Det medfører at vi i første rekke tolker klebersteinene til å være knyttet til middelalderbrudd, og utelukker derfor en del seinere restaureringsstein. Vi har sammenfattet som vist i Tabell 6, se også Figur 96 og Figur 97. Et unntak er en grågrønn kleberstein som kan tendere mot mørk grå. Denne er nærmere beskrevet i kap. 3.15.

Tabell 6. Klebersteinstyper observert i Muren.

Kleberstein type	Mulig opprinnelse	Kommentar
Foliert talk-karbonat-kloritt kleberstein	Lysekloster	Kan komme fra seint byggetrinn i Munkeliv Kloster
Talkrik kleberstein med markerte, rustrøde karbonatårer og knotter	Russøy, (Bergsholmen)	Visuell sammenligning med brudd. Støttes av isotopdata og radiometriske dateringer i brudd.
Mørk grå kleberstein med breksjestruktur	Urda	Sporadiske steiner
Mørk grågrønn, hard kleberstein med talkører i *en-echelon* mønster	Baldersheim	Sporadiske steiner
Grågrønn kleberstein med anomal karbonatåre-struktur og hvite talkårer	?	Se kapittel 3.15

Figur 95. "Tunellen" i Muren kledd med forskjellige typer kleberstein.

Figur 96. Antatt stein fra Lysekloster i Muren.



Figur 97. A: Baldersheim, mulig Russøy/(Bergsholmen) og ukjent grågrønn kleberstein i Muren. B: Urda og mulige steiner fra Russøy/(Bergsholmen) i Muren.

5. KONKLUSJON

Vi har kartlagt stein i middelalderbygninger i Bergen, samt etter-reformatorisk tilbygning og restaurering som er laget av resirkulert middelalderstein og stein fra nye kilder. Vi vil trekke følgende konklusjoner:

- Vi mener at vi med stor sannsynlighet har kartlagt proveniens til steintyper som er brukt, i alle fall middelalderstein. Vi har noen «ukjente» steinbrudd, men det er fra seinere ombygginger og restaurering.
- Vi kan ikke utelukke feil, og i noen tilfeller er overlapp mellom aktuelle kandidater for steinbrudd betydelig, både i forhold til visuell identifisering og analyser av egenskaper. Kartene bør derfor betraktes som «avansert og sannsynlig hypotese».
- Vi mener å ha grundig sannsynliggjort at fire klebersteinsbrudd var av særlig viktighet i middelalderen: Urda i Bømlo, Baldersheim i Bjørnafjorden, Hana i Vaksdal og Lysekloster steinbrudd i Bergen.
- Urda var enerådende til forekomsten var uttømt på midten av 1100-tallet.
- Baldersheim kom inn som råstoff på slutten av Urdas levetid. De to var samvirkende (brukt samtidig) i en kort periode. Like etter kom Hana, som i en periode ble brukt parallelt med Baldersheim. Lysekloster steinbrudd kom inn på 1200-tallet og dominerer de gotiske delene av Mariakirken og Domkirken.
- Nordre tårn i Mariakirken er gjenoppbygget på et foreløpig ukjent tidspunkt med bruk av fyllitt. Vi mener det er veldig sannsynlig at fyllitten er transportert til Bergen fra avstand, der Halhjem/Os er nærmeste kilde. Det åpner for nye spørsmål i bygningshistorien.
- Steintyper definerer en stratigrafi i bygningene. Det mener vi kan benyttes i større grad for tolkning av alder på byggetrinn i kirker i Bergen, og trolig bedre datering av kirker.
- Vi mener at kartlegging av steintyper i dette prosjektet har bidratt til nye data for kunst- og arkitekturhistorikere som igjen kan føre til nye tolkninger av bygningshistorien.
- Derfor mener vi at dokumentasjon av steinproveniens bør være en standard prosedyre i forbindelse med dokumentasjon og restaurering av middelalderbygninger i Norge.
- Vi har testet ut ikke-destruktive analysemetoder, og konkluderer ut ifra det at håndholdt XRF fungerer dårlig på kleberstein med kornstørrelse over 1 millimeter, mens måling av magnetisk susceptibilitet kan fungere i å isolere enkelte steinbrudd fra andre.

REFERANSER

Aslaksen, K.O., Jansen, Ø.J. & Høyer, J. (2020) En byhistorie i kleber, Årbok for Universitetsmuseet i Bergen. 2020, 25, 45-53, https://hdl.handle.net/11250/2994715

Eide, O.E. (2020) Bergen Domkirke i seks trinn. Upubl. notat

Ekroll, Ø. & Stige, M. (2000) Kirker i Norge, Middelalder i Stein, ARFO, 289s https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2014121107545?page=0

Hansen, G., Jansen, Ø.J. and Heldal, T. (2017) Soapstone Vessels from Town and Country in Viking Age and Early Medieval Western Norway. A Study of Provenance, In: Hansen, G. and Storemyr, P. (eds.) Soapstone in the North. Quarries, Products and People 7000 BC - AD 1700, UBAS (University of Bergen Archaeological Series) 9, 249-329, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/16580

Heldal, T. & Jansen, Ø. J. 2000: Steinbyen Bergen. Fortellingen om brostein, bygg og brudd. Nord4 Forlag, 200s, http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2016022648037

Heldal, T., Jansen, Ø. & Kaland, S. (2004) Geologiske og arkeologiske undersøkelser av klebersteinsbrudd på Russøy og Bergsholmen, Tysnes, og ved Urda, Bømlo. Upubl. Rapport til Riksantikvaren, 28s

Heldal, T. (2015) Perspectives on the characterization of ancient soapstone quarries. In: Indrelid, S., Hjelle, K. L. and Stene, K. (eds.) Exploitation of outfield resources - joint research at the university museums of Norway, Universitetsmuseet i Bergen Skrifter, 32, 175-188, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/10072

Heldal, T. (2011) Naturstein i Trondheim, NGU, 26s https://www.ngu.no/upload/stein_i_trondheim.pdf

Helland, A. (1893) Tagskifer, heller og vekstene, NGU 10, 178s. https://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000036156

Hommedal, A. T. (2015) From collection to quarry – Lyse Abbey's role as soapstone supplier in the Middle Ages. In: Indrelid, S., Hjelle, K. L. and Stene, K. (eds.) Exploitation of outfield resources - joint research at the university museums of Norway, Universitetsmuseet i Bergen Skrifter, 32, 155-167, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/10072

Hommedal, A. T. (2017) Cistercian Soapstone. Production and Delivery of Building Material from Lyse Abbey to Bergen in the 13th century, In: Hansen, G. and Storemyr, P. (eds.) Soapstone in the North. Quarries, Products and People 7000 BC - AD 1700, UBAS (University of Bergen Archaeological Series) 9, 391-405, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/16580

Jansen, Ø.J. (2014a) Notat 6.8.14 – Mariakirken august 2014, Upubl. Notat, 8s.

Jansen, Ø.J. (2014b) Notat 6.8.14 – Domkirken og Korskirken, Upubl. Notat, 3s.

Jansen, Ø.J., Heldal, T., Pedersen, R.B., Ronen, Y. & Kaland, S.H.H. (2009): Provenance of soapstone used in medieval buildings in the Bergen region, Western Norway. In: Maniatis, Y.: Asmosia VII - actes du VIIe colloque international de l'ASMOSIA, École Francaise D'Athènes, Bulletin de Correspondance Hellénique supplement, 51, 581-595

Jansen, Ø. J. (2015) Provenancing soapstone – experiences from different geochemical methods. In: Indrelid, S., Hjelle, K. L. and Stene, K. (eds.) Exploitation of outfield resources - joint research at the university museums of Norway, Universitetsmuseet i Bergen Skrifter, 32, 167-175, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/10072

Jansen, Ø. J. and Heldal, T. (2017) The Building Stones from the Vanished Medieval Church at Onarheim, Tysnes, Hordaland County in Western Norway: Provenancing Chlorite Schist and Soapstone, In: Hansen, G. and Storemyr, P. (eds.) Soapstone in the North. Quarries, Products and People 7000 BC - AD 1700, UBAS (University of Bergen Archaeological Series) 9, 359-391, https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/16580

Kulturminnesøk, Gravdal, steinbrudd URL https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am-lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=60.13109259254143,5.898853540420532,60.12783311254113,5.907222032546997&zoom=18&id=d175de89-65fb-11eb-9df2-005056bf3d73

Kulturminnesøk, Muren, URL https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am-lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=60.39565149650223,5.318359136581421,60.39394481013217,5.321363210678101&zoom=18&id=86012

Lidén, H-E. & Magerøy, E. M. (1983) Norges Kirker – Bergen, Bind II, Riksantikvaren, Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 323s https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2014021748017?page=7

Lidén, H. E. (2000) Mariakirken i Bergen, Mangschau, 69s https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2011083006002?page=1

Ommundsen, Å. (2019) Nonneseter, web-artikkel, URL https://www.grind.no/midthordland/bergen/nonneseter

VEDLEGG – 23 Plansjer

Plansje 1: Mariakirken - Oversikt horisontalt tverrsnitt sett ovenfra

Plansje 2: Mariakirken - Vestfasaden sett mot øst (W)

Plansje 3: Mariakirken - Nordfasaden sett mot sør (N)

Plansje 4: Mariakirken - Sørfasaden sett mot nord (S)

Plansje 5: Mariakirken - Østfasaden sett mot vest (E)

Plansje 6: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra nordlig sideskip mot nord (WE_02)

Plansje 7: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra nordlig sideskip mot sør (EW_02)

Plansje 8: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra midtskip mot nord (WE)

Plansje 9: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra midtskip mot sør (EW)

Plansje 10: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra sørlig sideskip mot sør (EW_03)

Plansje 11: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt fra sørlig sideskip mot nord (WE_03)

Plansje 12: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt gjennom tårnene mot vest (NS_01)

Plansje 13: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt gjennom tårnene mot øst (NS_05)

Plansje 14: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt gjennom koret mot øst (NS_02)

Plansje 15: Mariakirken - Innvendig tverrsnitt gjennom koret mot øst (NS_03)

Plansje 16: Mariakirken - Søyler innvendig

Plansje 17: Mariakirken - Grunnflate innvendig takstruktur sett ovenfra

Plansje 18: Domkirken - Nordfasaden sett mot sør

Plansje 19: Domkirken - Vestfasaden sett mot øst

Plansje 20: Domkirken - Sørfasaden sett mot nord

Plansje 21: Mariakirken - Utbrettet versjon av alle fire fasader

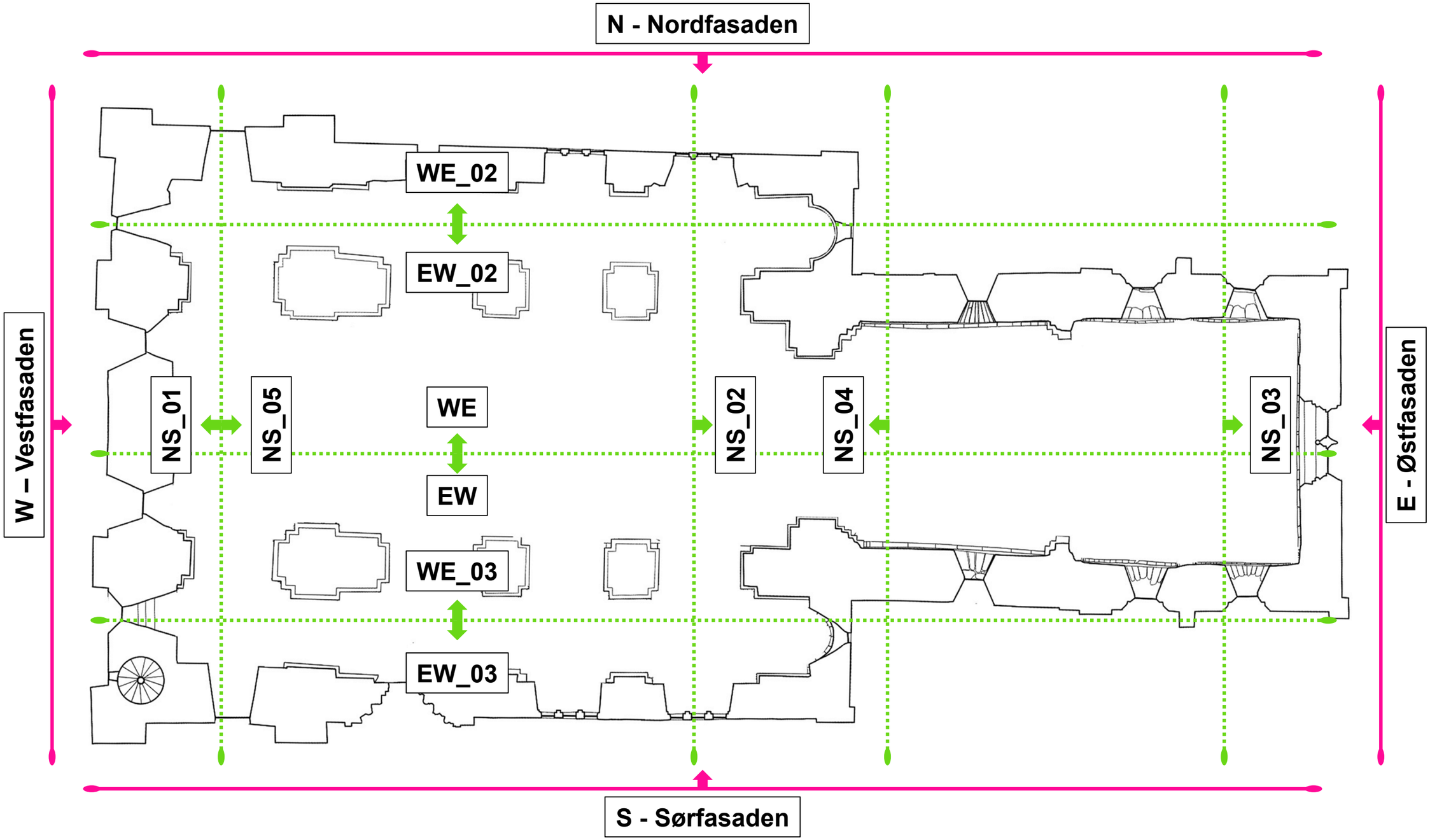
Plansje 22: Domkirken - Utbrettet versjon av alle fire fasader fotogrammetri

Plansje 23: Domkirken - Utbrettet versjon av alle fire fasader kartlagt

N
V Ø
S

Plansje 1: Oversikt horisontalt tverrsnitt sett ovenfra iht Jan Lohne Arkitekter AS sine tegninger
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -



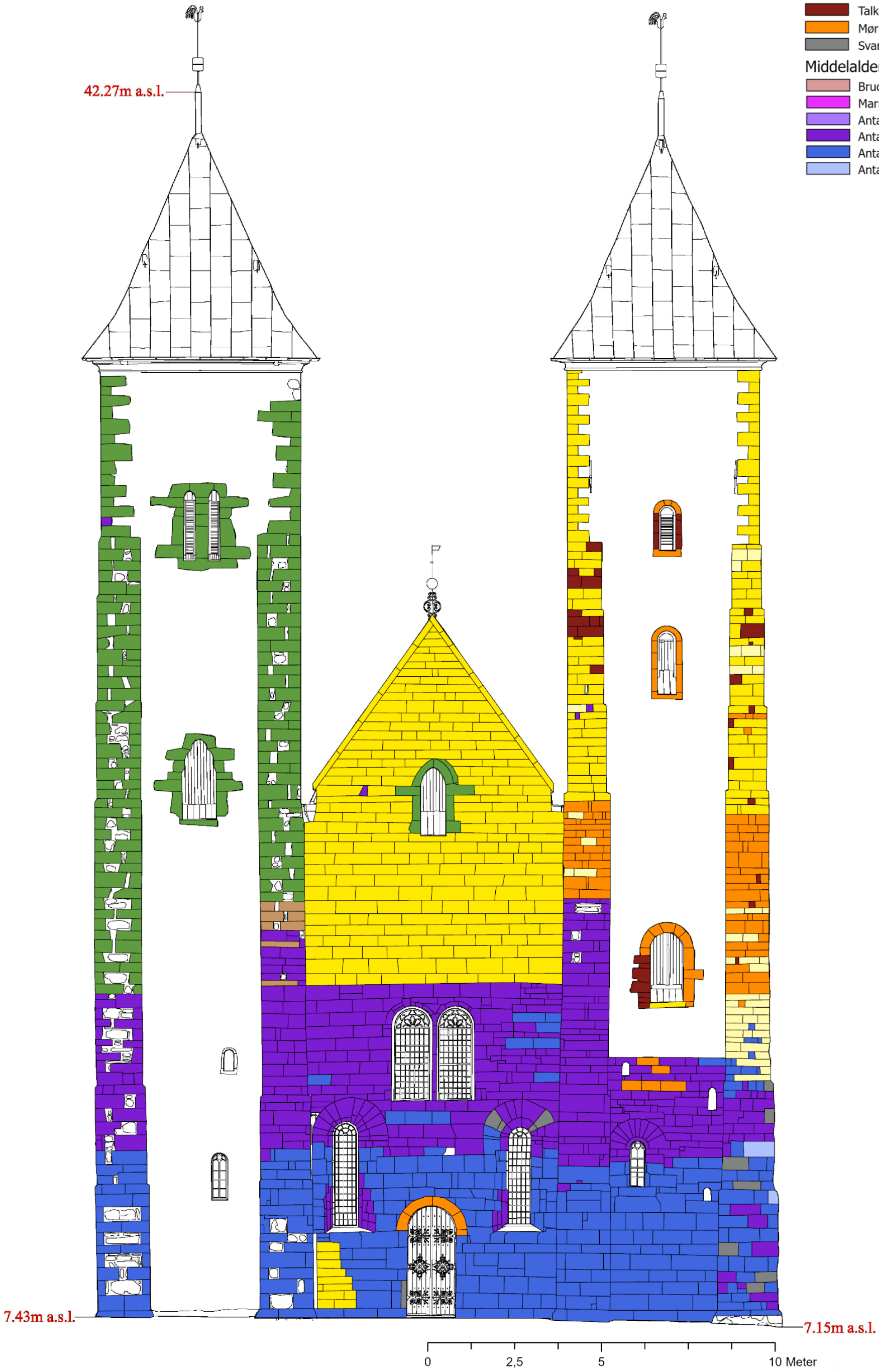
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 2: Vestfasaden sett mot øst (W)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 3: Nordfasaden sett mot sør (N)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

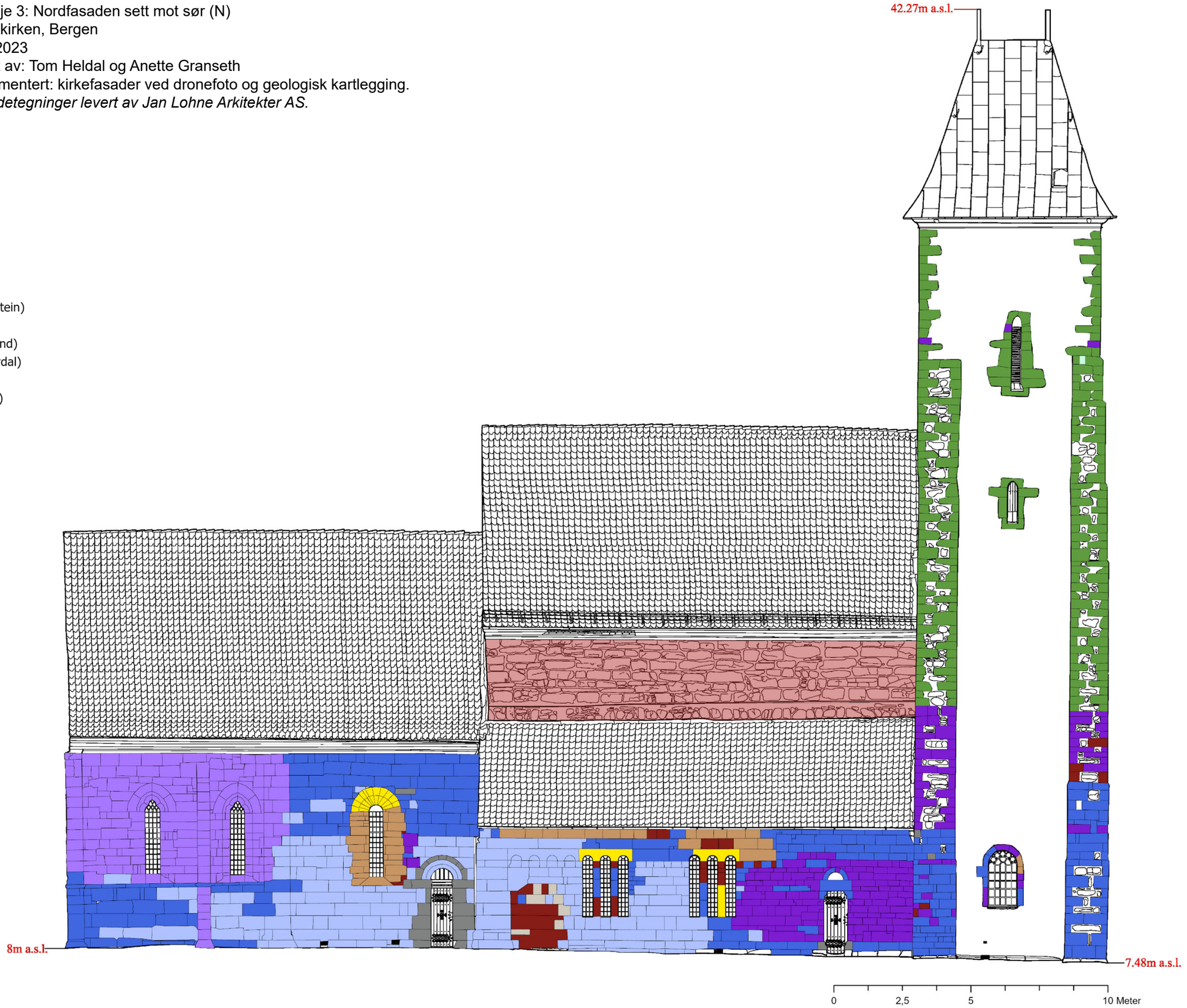
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

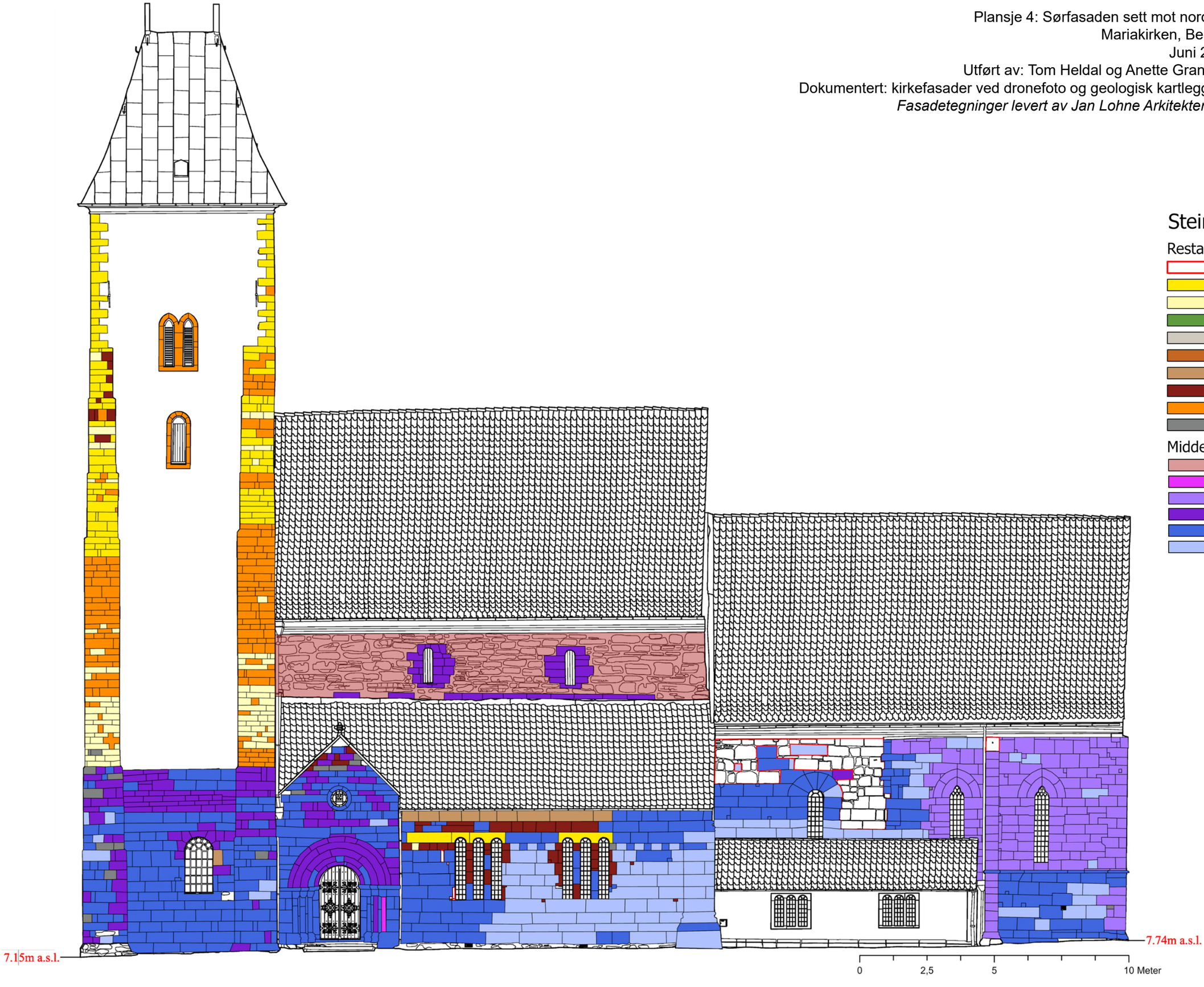
Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



Plansje 4: Sørfasaden sett mot nord (S)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -



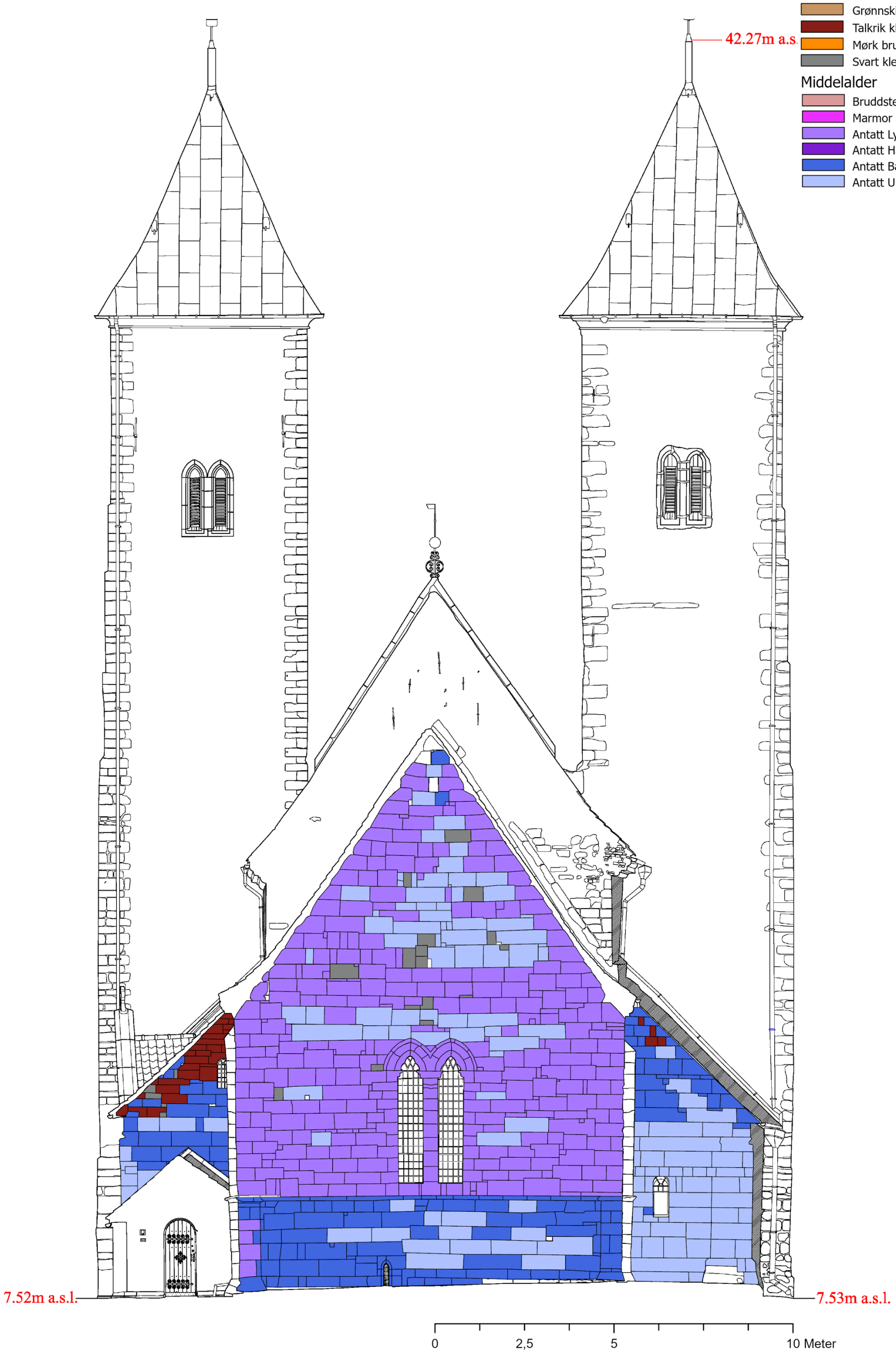
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 5: Østfasaden sett mot vest (E)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.



Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

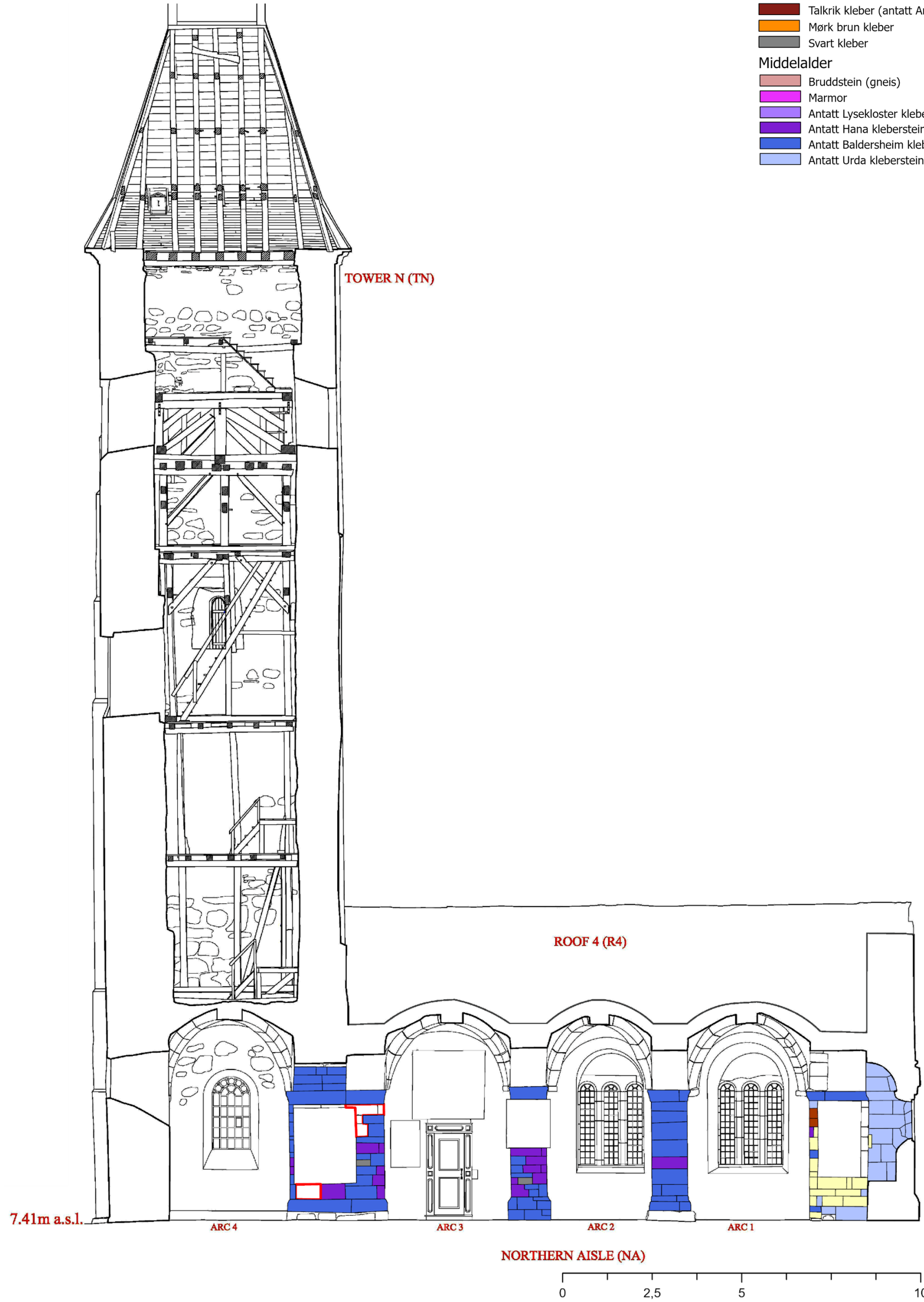
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 6: Innvendig tverrsnitt fra nordlig sideskip mot nord (WE_02)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 7: Innvendig tverrsnitt fra nordlig sideskip mot sør (EW_02)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

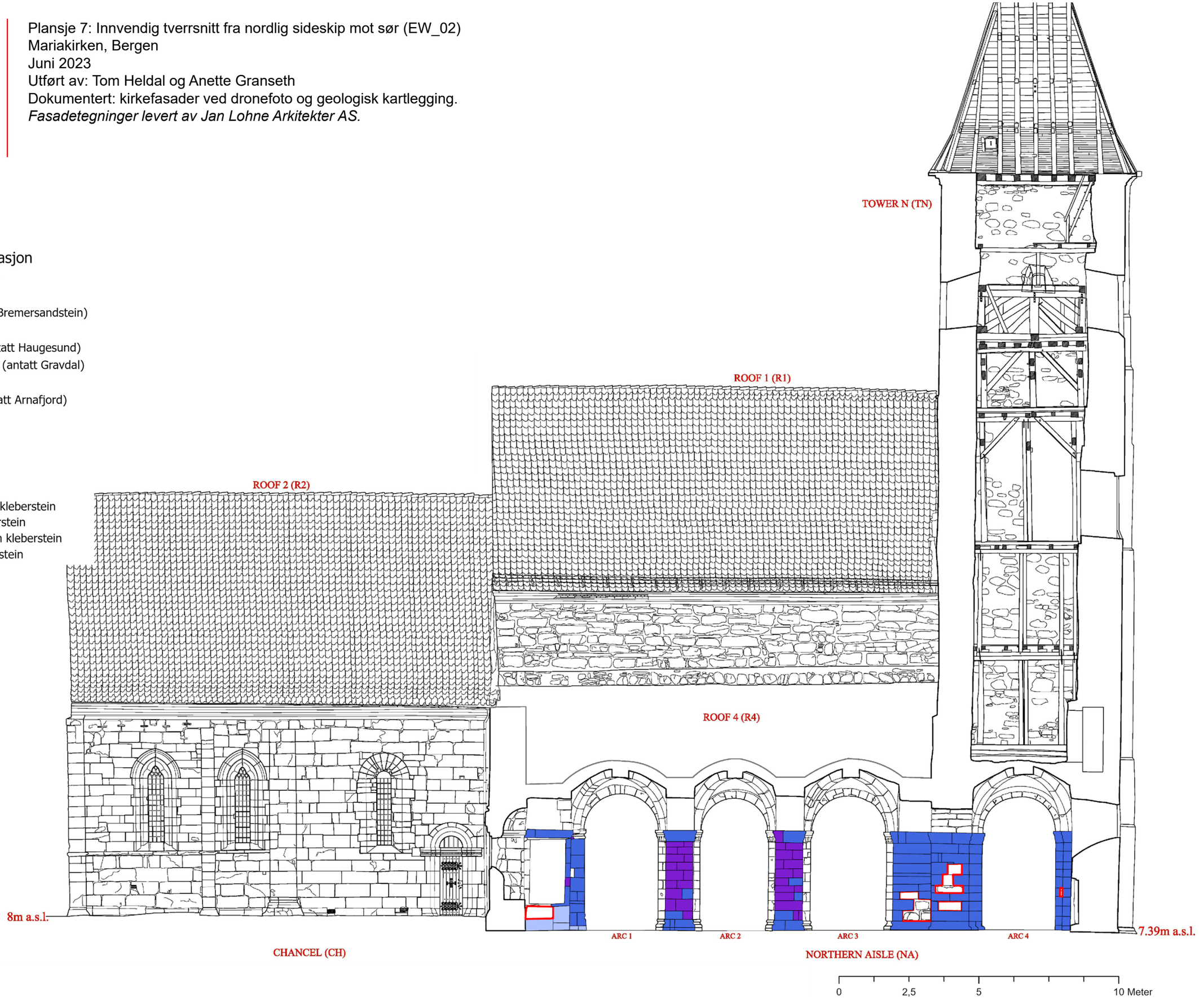
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

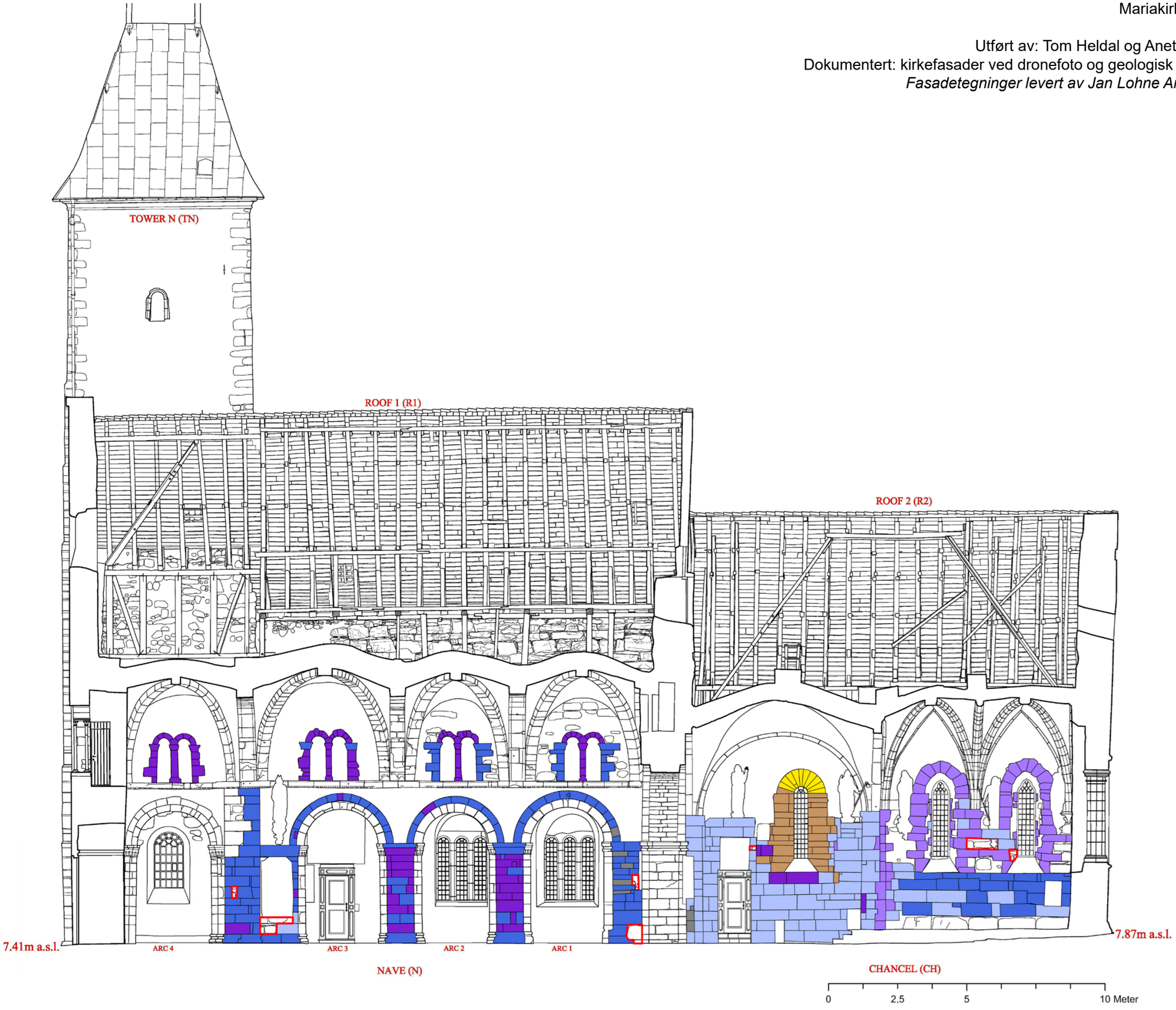
Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



Plansje 8: Innvendig tverrsnitt fra midtskip mot nord (WE)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -



Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 9: Innvendig tverrsnitt fra midtskip mot sør (EW)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

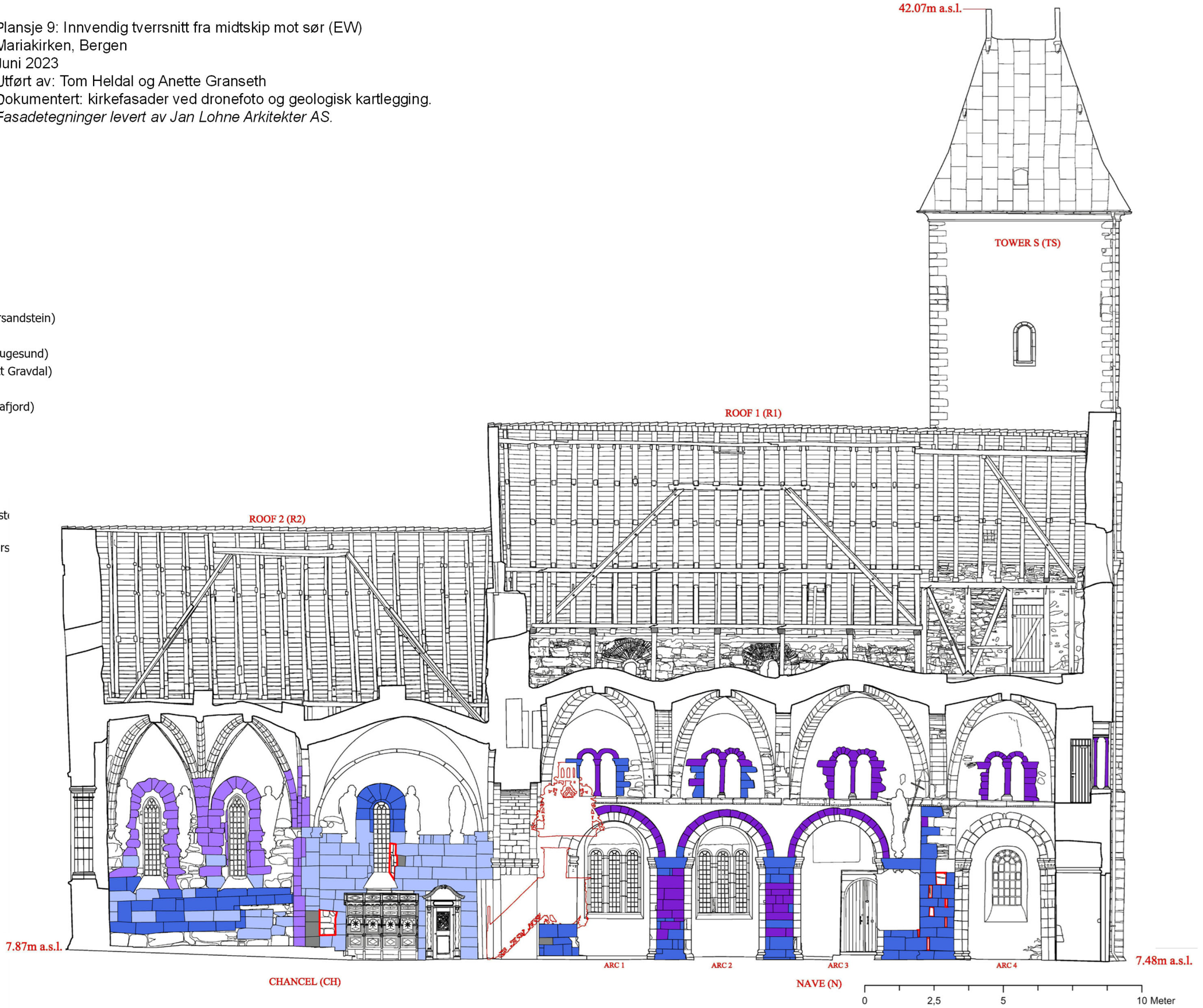
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

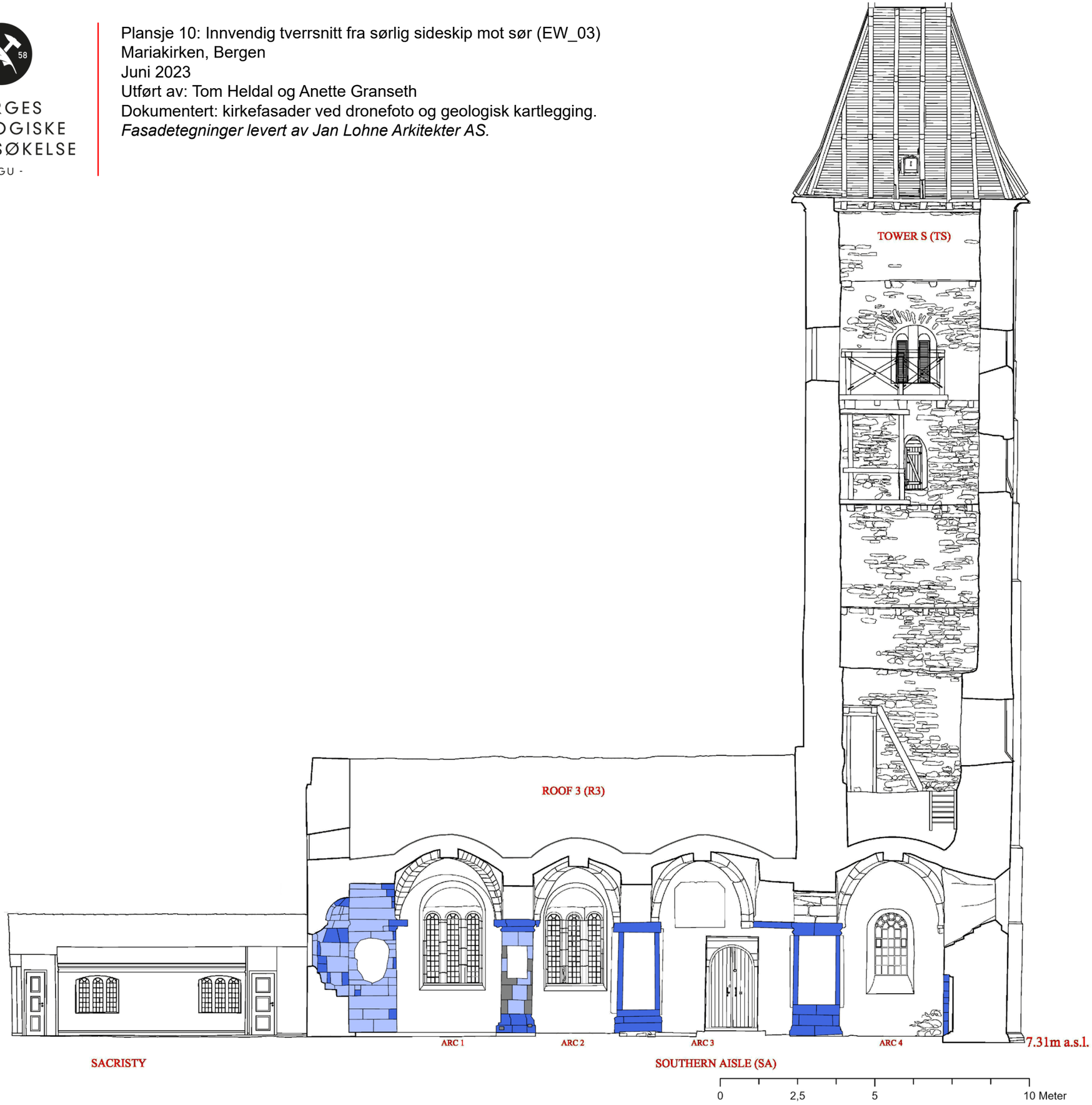
Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberst
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim klebers
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 10: Innvendig tverrsnitt fra sørlig sideskip mot sør (EW_03)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.



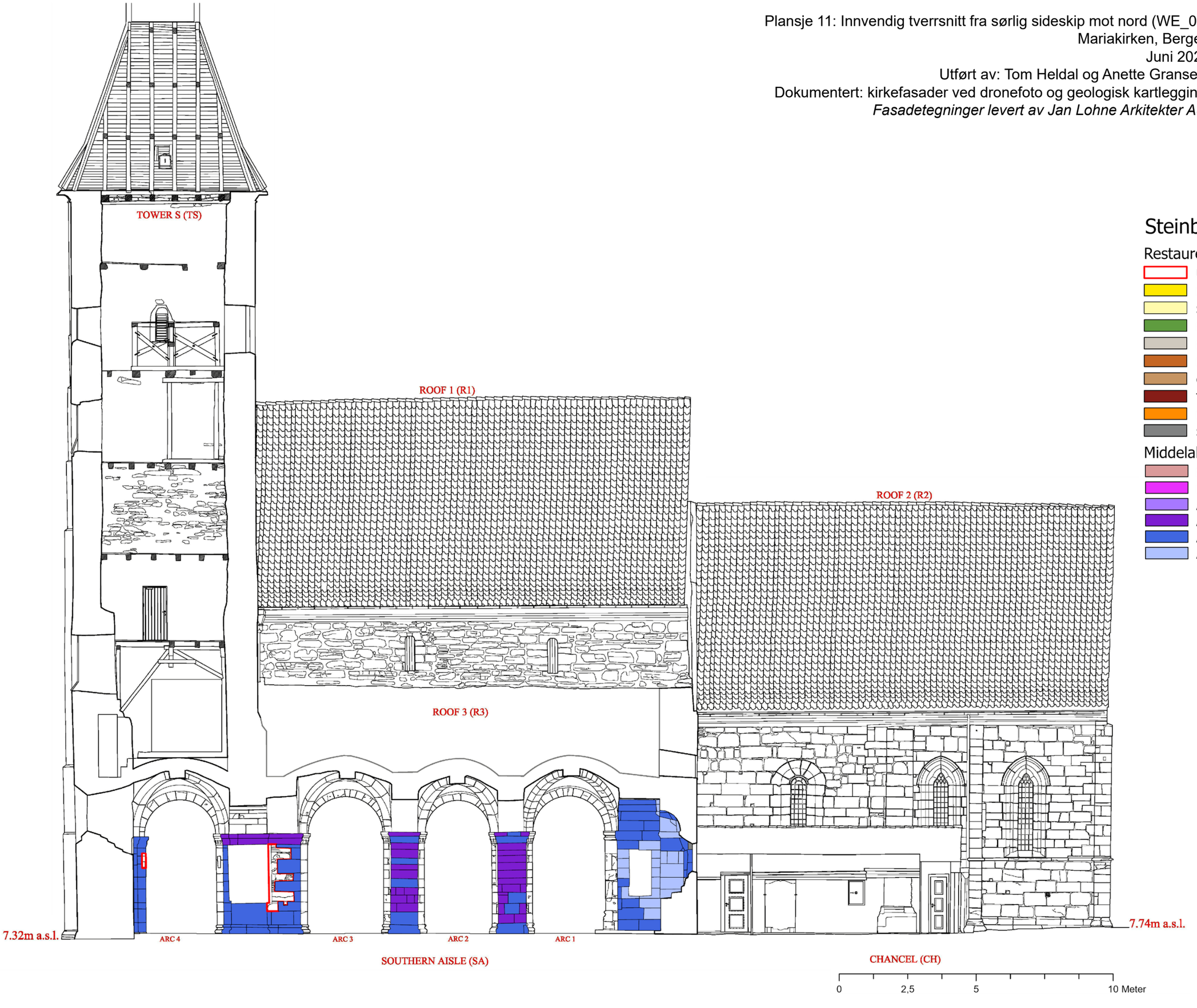
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

Plansje 11: Innvendig tverrsnitt fra sørlig sideskip mot nord (WE_03)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -



Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 12: Innvendig tverrsnitt gjennom tårnene mot vest (NS_01)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

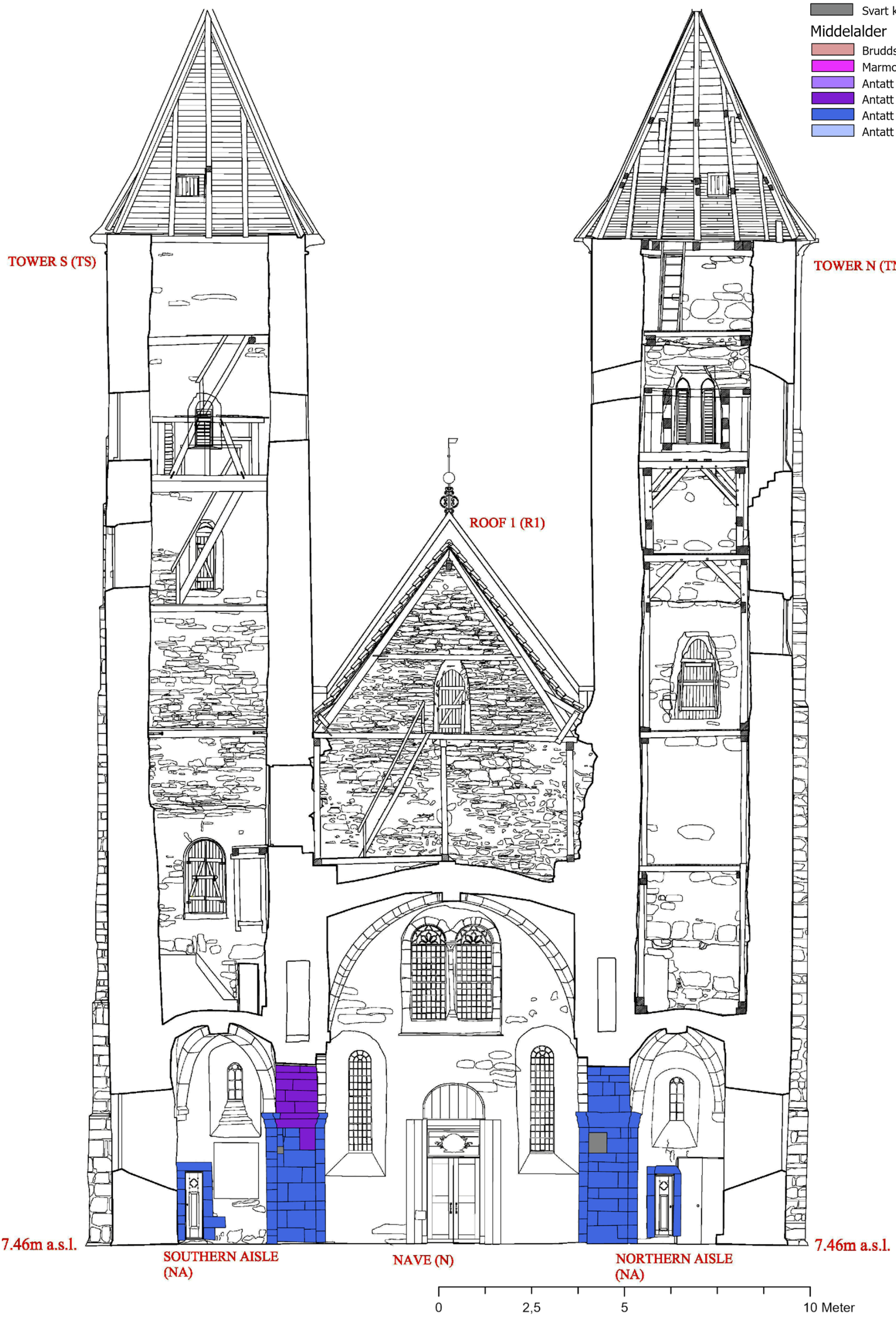
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 13: Innvendig tverrsnitt gjennom tårnene mot øst (NS_05)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

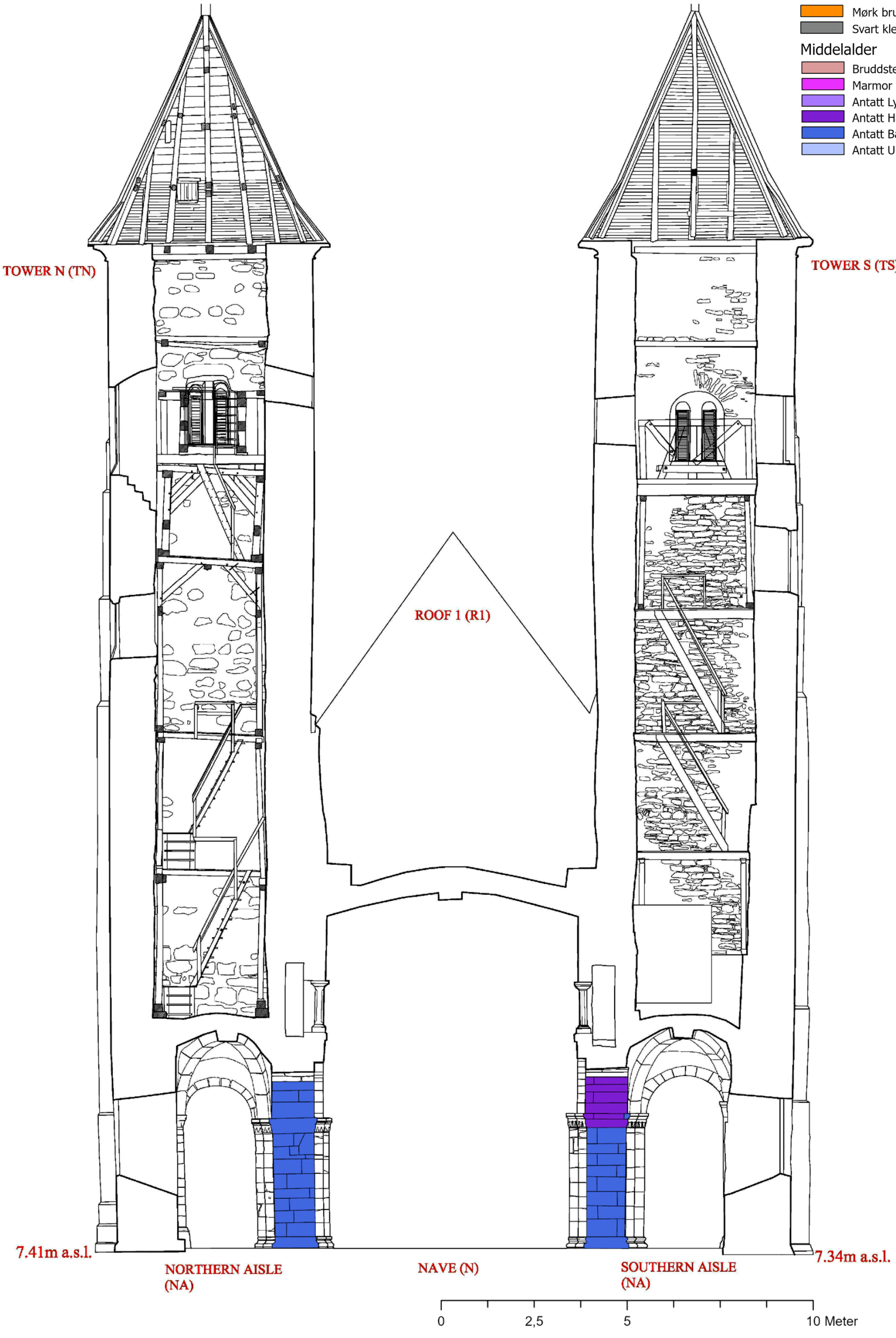
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 14: Innvendig tverrsnitt gjennom koret mot øst (NS_02)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

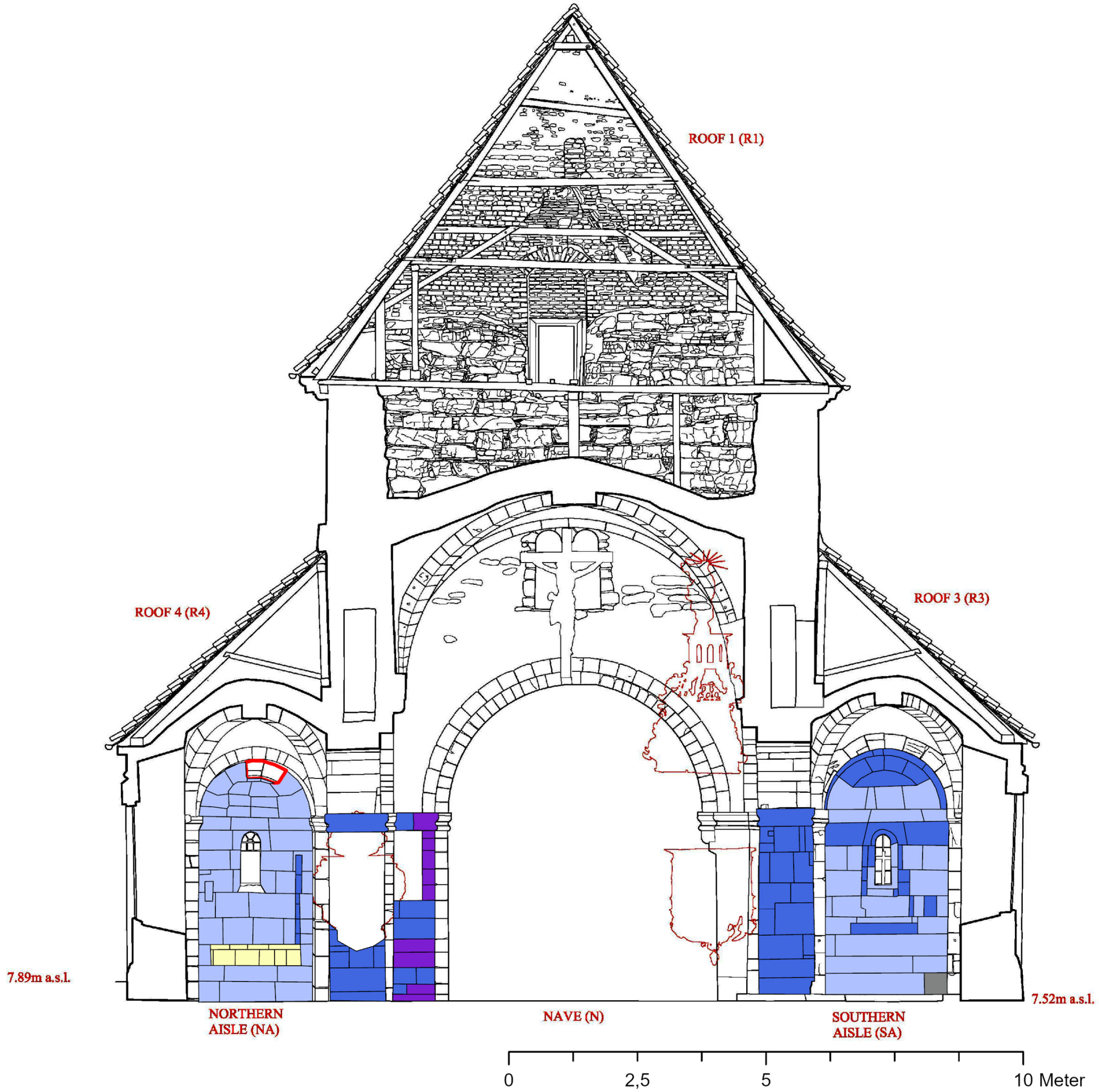
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 15: Innvendig tverrsnitt gjennom koret mot øst (NS_03)
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

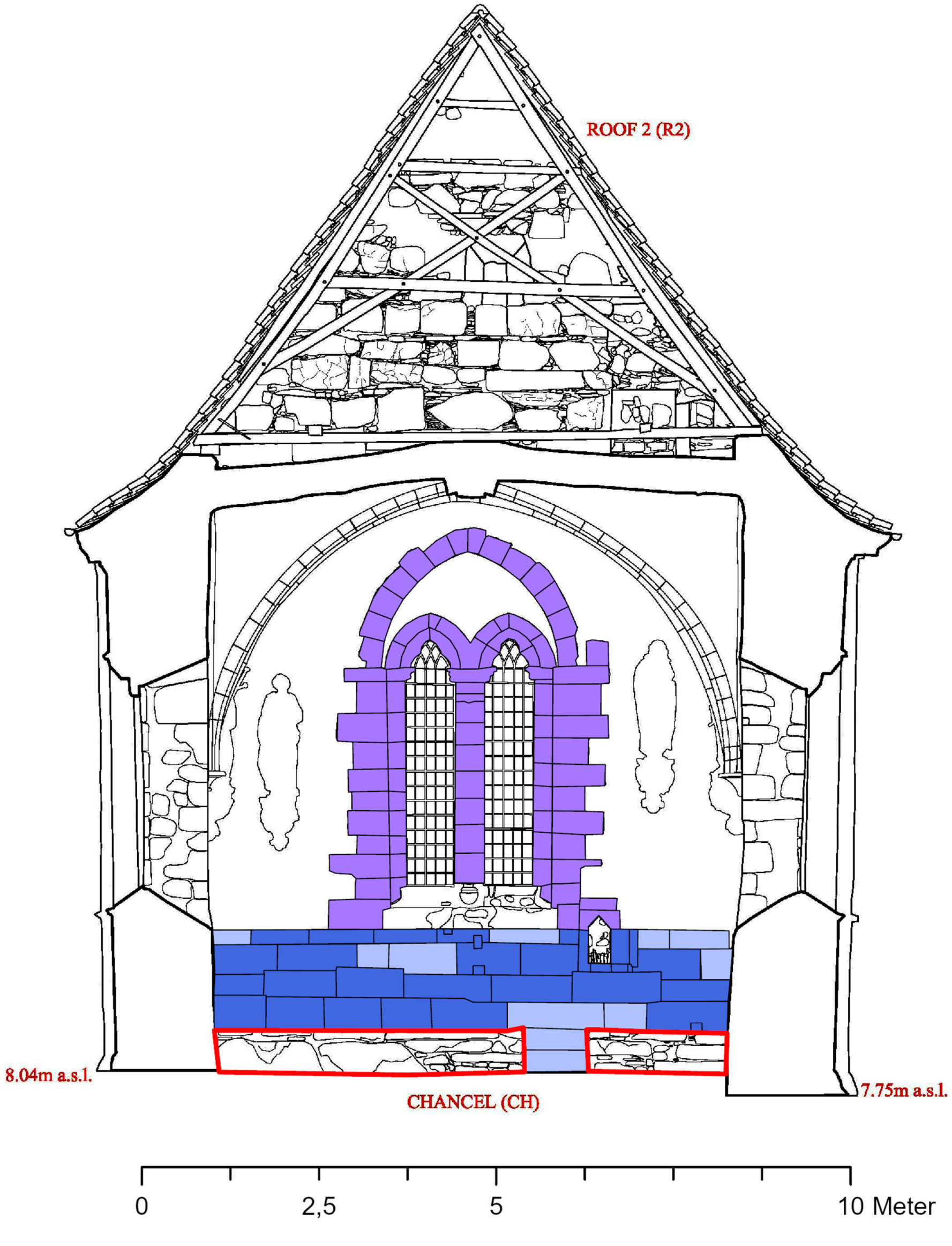
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon

- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

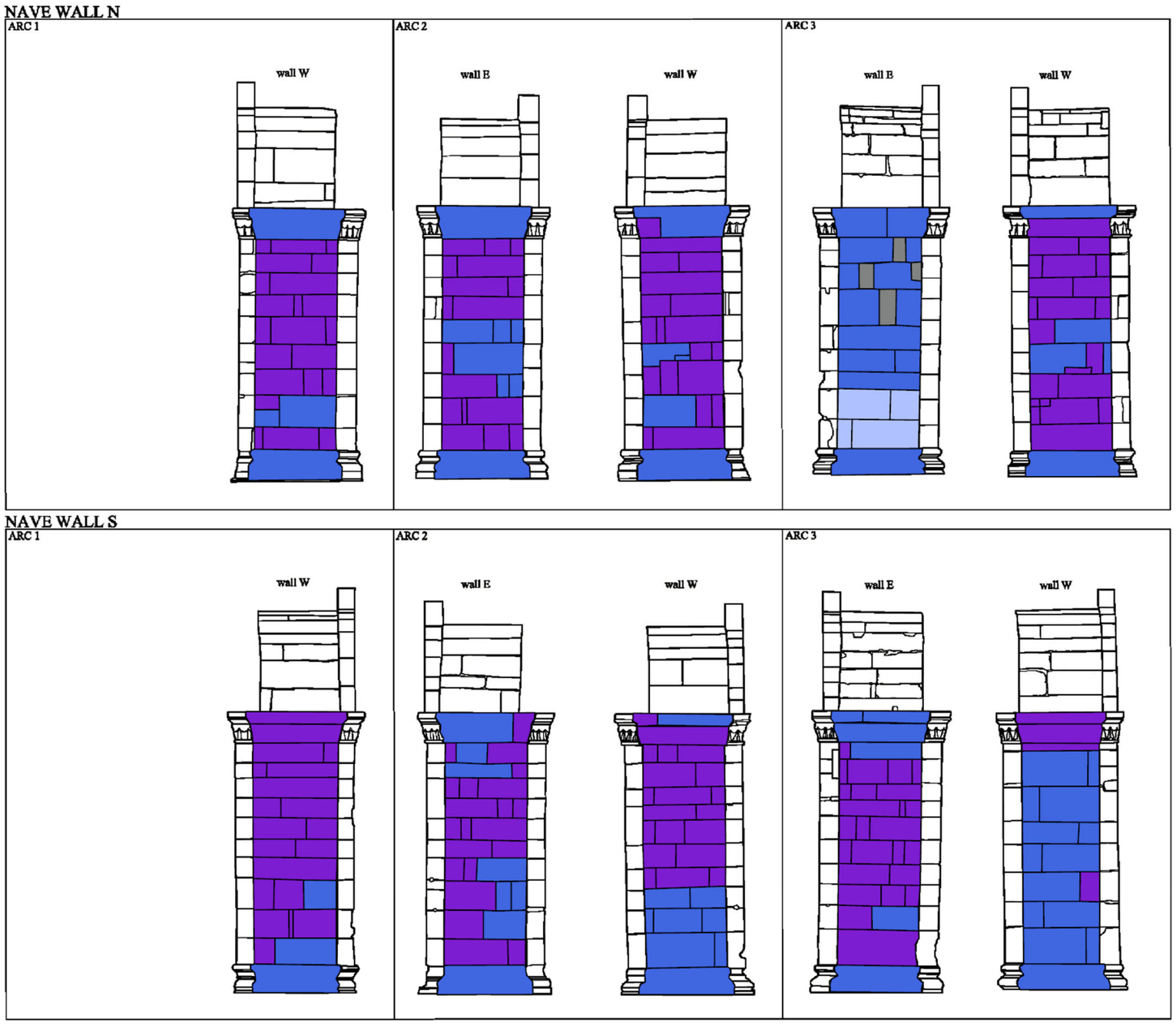
Middelalder

- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 16: Søyler innvendig
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.



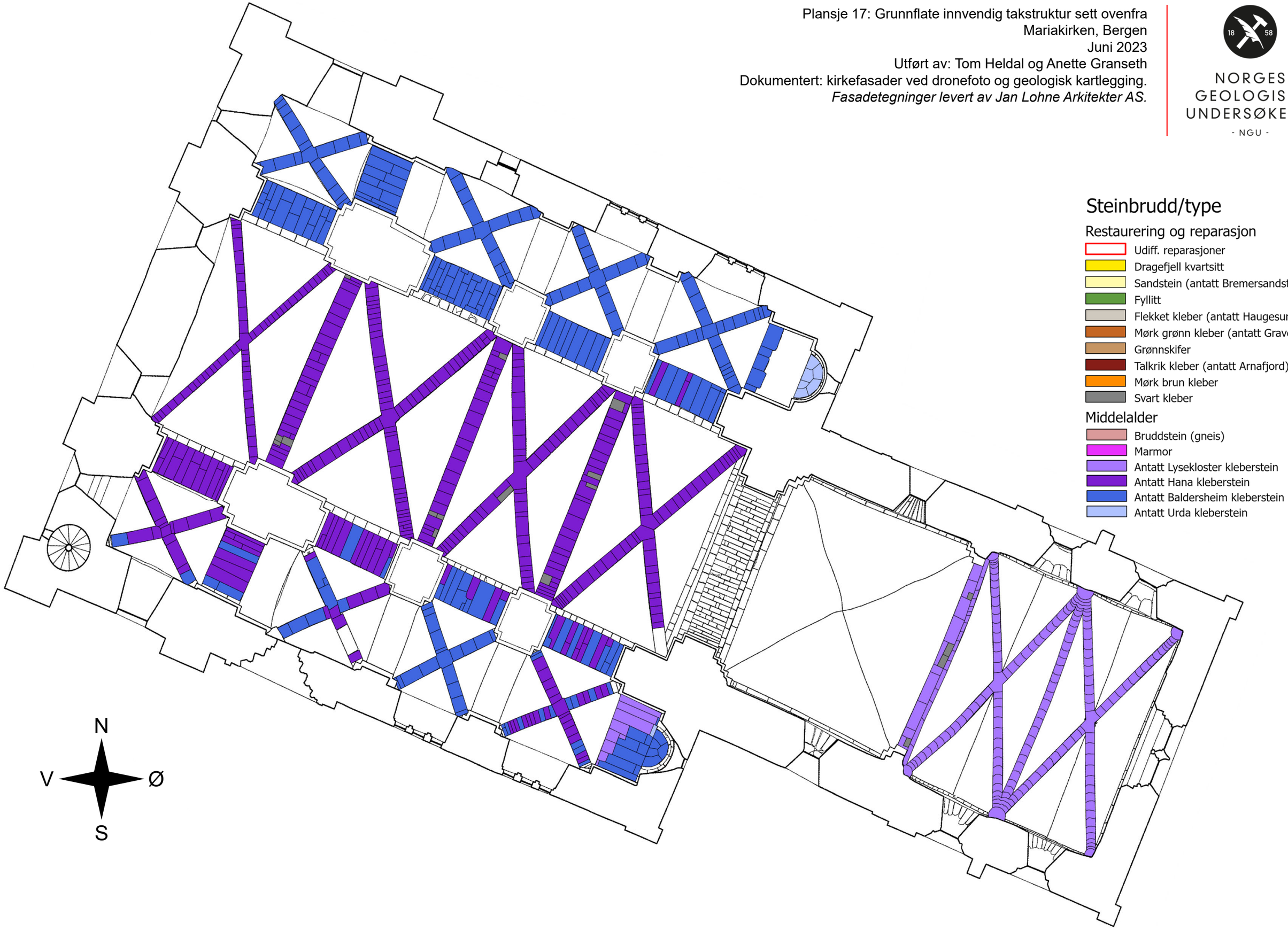
Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

Plansje 17: Grunnflate innvendig takstruktur sett ovenfra
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -



Steinbrudd/type

Restaurering og reparasjon
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

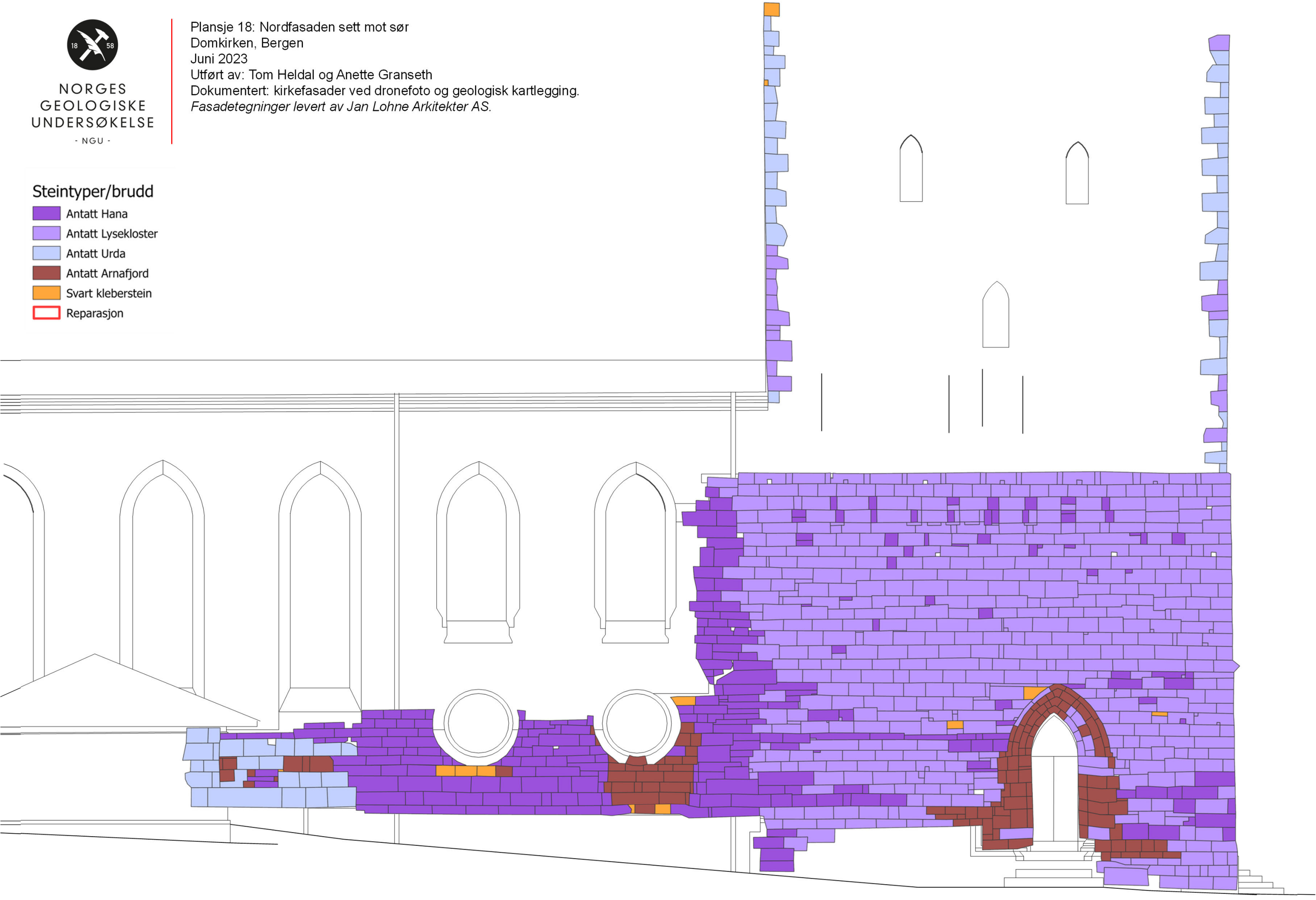
Middelalder
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 18: Nordfasaden sett mot sør
Domkirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

Steintyper/brudd

- Antatt Hana
- Antatt Lysekloster
- Antatt Urda
- Antatt Arnafjord
- Svart kleberstein
- Reparasjon



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 19: Vestfasaden sett mot øst
Domkirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

Steintyper/brudd

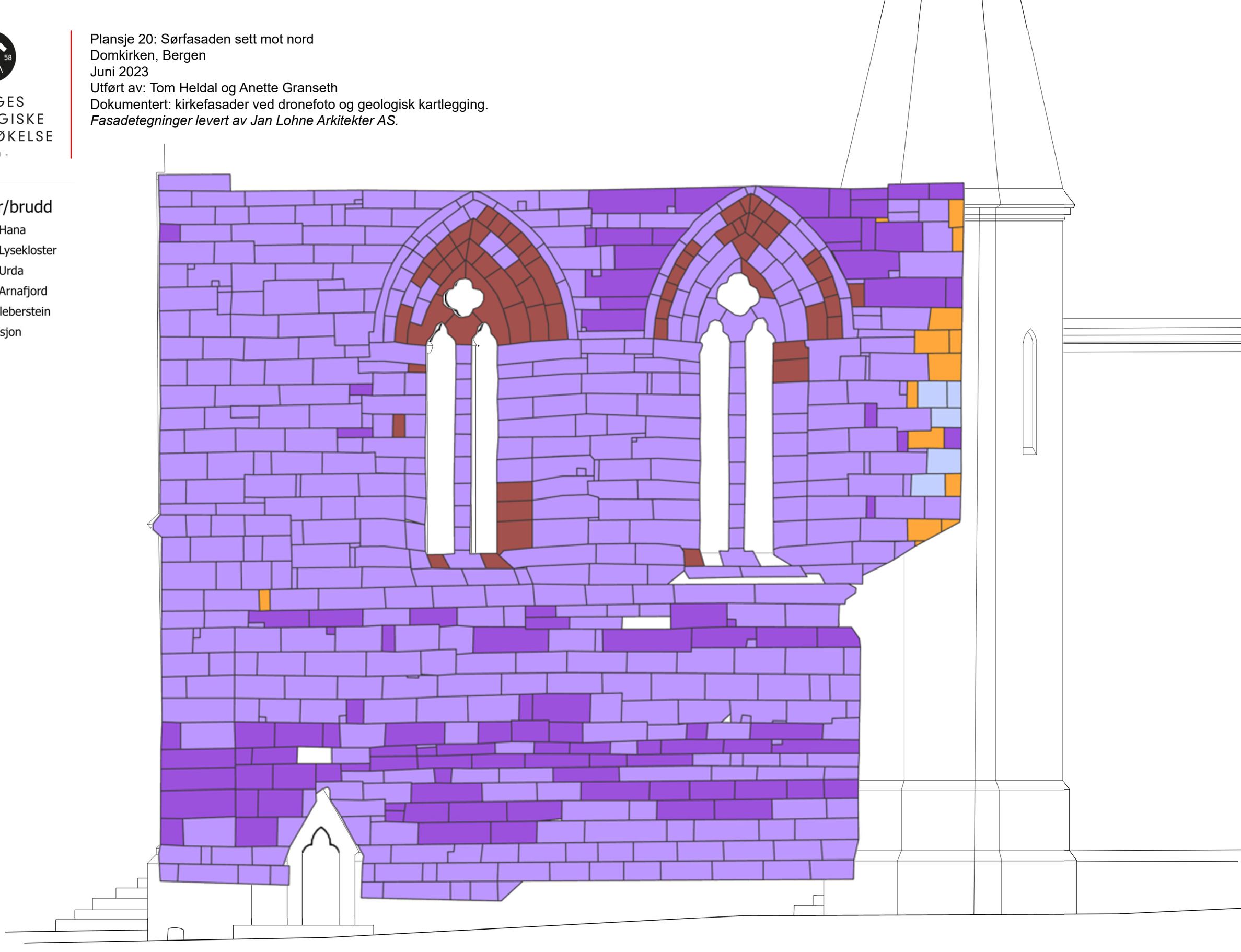
- Antatt Hana
- Antatt Lysekloster
- Antatt Urda
- Antatt Arnafjord
- Svart kleberstein
- Reparasjon

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 20: Sørfasaden sett mot nord
Domkirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

Steintyper/brudd

- Antatt Hana
- Antatt Lysekloster
- Antatt Urda
- Antatt Arnafjord
- Svart kleberstein
- Reparasjon



Plansje 21: Utbrettet versjon av alle fire fasader
Mariakirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

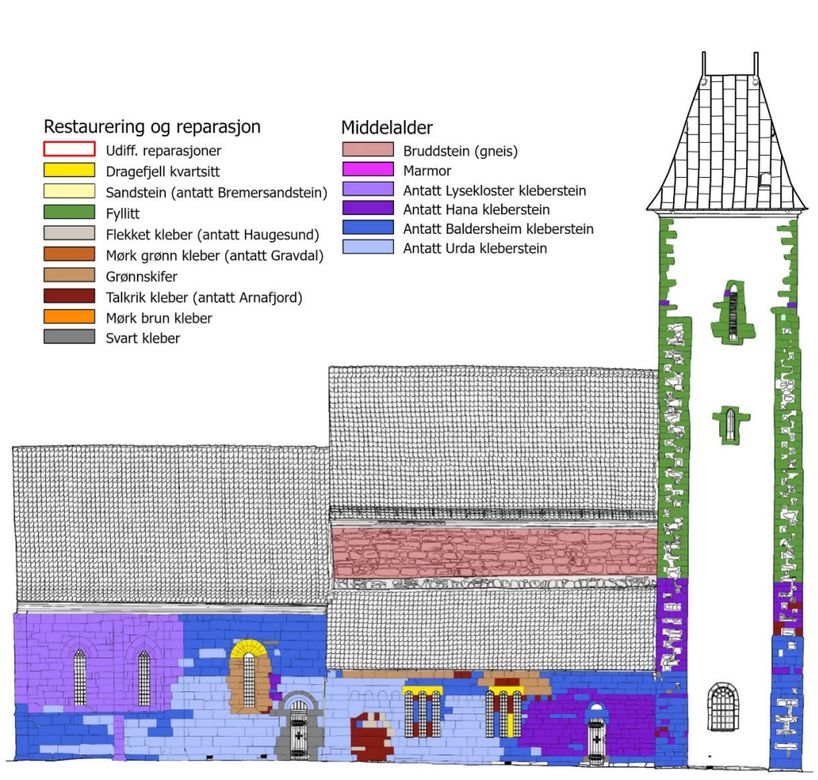
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Restaurering og reparasjon

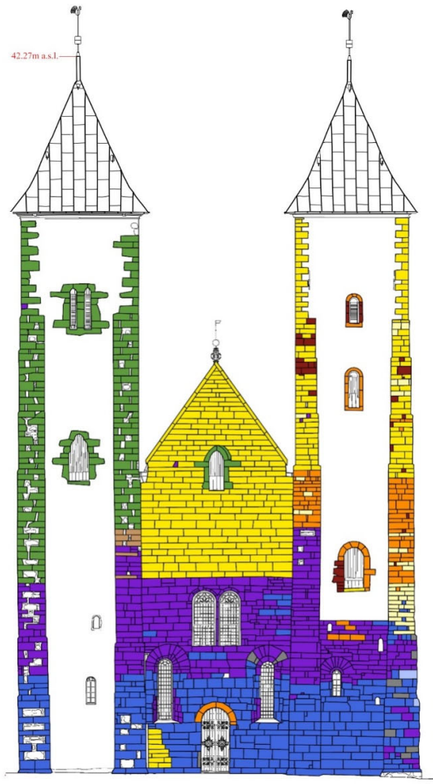
- Udiff. reparasjoner
- Dragefjell kvartsitt
- Sandstein (antatt Bremersandstein)
- Fyllitt
- Flekket kleber (antatt Haugesund)
- Mørk grønn kleber (antatt Gravdal)
- Grønnskifer
- Talkrik kleber (antatt Arnafjord)
- Mørk brun kleber
- Svart kleber

Middelalder

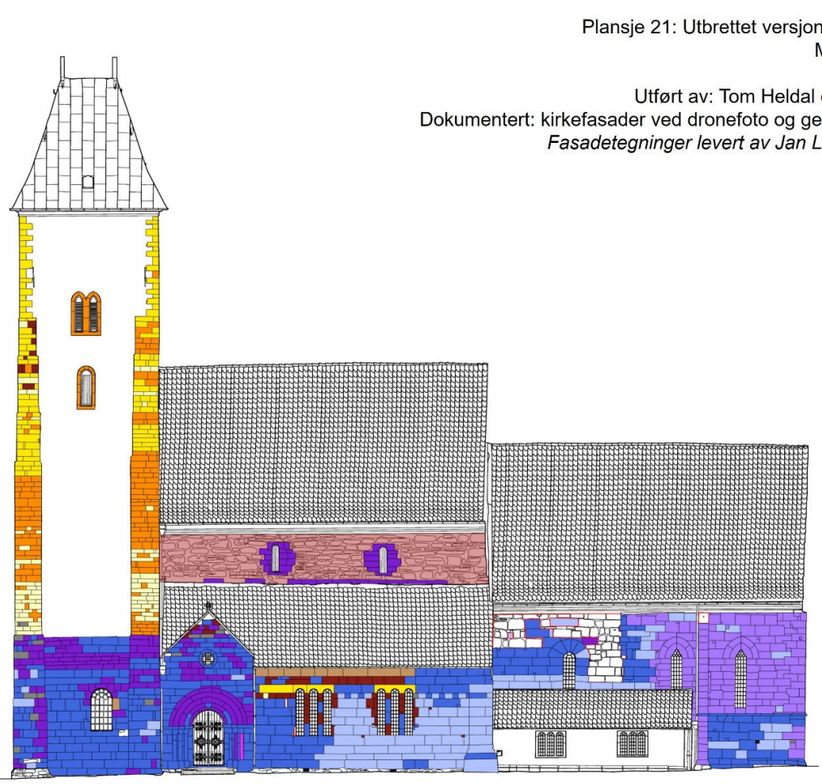
- Bruddstein (gneis)
- Marmor
- Antatt Lysekloster kleberstein
- Antatt Hana kleberstein
- Antatt Baldersheim kleberstein
- Antatt Urda kleberstein



Nordfasaden



Vestfasaden (front)



Sørfasaden

Østfasaden

Nordfasaden

Vestfasaden (front)

Sørfasaden

Østfasaden

Plansje 22: Utbrettet versjon av alle fasader
Domkirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Plansje 23: Utbrettet versjon av alle fasader
Domkirken, Bergen
Juni 2023
Utført av: Tom Heldal og Anette Granseth
Dokumentert: kirkefasader ved dronefoto og geologisk kartlegging.
Fasadetegninger levert av Jan Lohne Arkitekter AS.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -