

TERMALFOTOGRAFERING AV KALK PÅ KIRKEVEGG

Termalundersøkelse av kalken på Domkirken, Mariakirken og
Korskirken i Bergen.

Jani Causevic





Tittel Termalfotografering av kalk på kirkevegg Termalundersøkelse av kalken på Domkirken, Mariakirken og Korskirken i Bergen.	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 103/2022	Publiseringsdato 04.10.2022
	Prosjektnummer 1022411	Oppdragstidspunkt 07-08.09.2022
	Forsidebilde Domkirken sett mot Ø. Foto: J.Causevic	
Forfatter(e) Jani Causevic	Sider 38	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Digital dokumentasjon, kulturminner og landskap	

Prosjektleder Jani Causevic
Prosjektmedarbeider(e) Mona Bogen
Kvalitetssikrer Knut Paasche

Oppdragsgiver(e) Bergen Kirkelige Fellesråd
--

Sammendrag På oppdrag fra Bergen Kirkelige fellesråd ble det utført termalfotografering av tårnet på Domkirken, tårnene på Mariakirken og en vegg på Korskirken. Formålet med fotograferingen var å undersøke om termalfotografi kan brukes som et hjelpemiddel ved tilstandsvurderingen av kalken. Denne rapporten inneholder kun beskrivelse av hvordan oppdraget ble gjennomført, og en gjennomgang av resultatene. Ingen tolkninger av tilstand er utført i denne rapporten.

Emneord Termalfotografering, Drone, Bergen, Bergen kirkelige fellesråd.
--

Avdelingsleder

Knut Paasche

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
2	Arbeidsmetoden	6
2.1	Domkirken:.....	7
2.1.1	Temperatur på hele vegger.	9
2.1.2	Temperatur mellom vegger	15
2.1.3	Andre elementer	16
3	Mariakirken:	20
3.1	Temperatur mellom vegger på sørtårnet.....	20
3.1.1	Temperaturvariasjoner sørlig tårn.	22
3.1.2	Temperatur på hele veggen i sørtårnet.	23
3.2	Temperaturforskjeller mellom vegger på Nordtårnet.....	28
3.2.1	Temperatur på hele veggen i Nordtårnet.	29
4	Korskirken:.....	34
5	Referanser	37

1 Innledning

7. og 8. september 2022 ble tårnene på Mariakirken, tårnet på Domkirken og en vegg på Korskirken i Bergen dokumentert ved hjelp av et termalkamera av typen H20T festet på en drone av type DJI Matrice 300. Arbeidet ble utført av Jani Causevic (dronepilot), med assistanse fra Mona Boge og Øyvind Olsen som passet på at utenforstående personer ikke kom innenfor operasjonsområdet. Hovedmålet med undersøkelsen var å undersøke om bruk av termalkamera kan gi ytterligere informasjon til de fagkyndige innenfor feltet, slik at de kan bedømme statusen på kalken. Denne rapporten har ikke som mål å komme med tolkninger av statusen for kalken og bygningene, da dette er utenfor dette oppdraget. Med rapporten følger alle fotoopptakene som ble gjort av kirken.

2 Arbeidsmetoden

Oppdraget er definert som droneflyving i tettbebygd strøk, som medfører at piloten må ha lisens av typen specific. På grunn av at vi bruker en termal sensor, måtte Norsk sikkerhetsmyndighet varsles om oppdraget. Før oppdraget kunne utføres ble det søkt tillatelse fra Bergen kommune angående avsperring av undersøkelsesområdet. Det ble også sendt søknad til politiet i Bergen. Alle søknadene ble godkjent for operasjonen.

Bygningene ble dokumentert ved bruk av termalkamera påkoblet en drone. Vi utførte flyvninger rundt tårnene på Mariakirken 7. september, før solen traff tårnene. Det ble forsøkt å undersøke Domkirken den samme dagen, men pga. at solen hadde stått opp ble det valgt å utsette oppdraget til neste dag for best mulig resultat. Domkirken ble undersøkt 8. september. Begge områdene ble avgrenset med varselsteip rundt operasjonsområdet, og naboene ble varslet med plakater dagene før oppdraget ble utført.

Det var opprinnelig planlagt å undersøke den eldste kalkede veggen etter restaureringen på Korskirken (personlig korrespondanse med Arne Tveit, kirkebyggsjef). Dessverre var det en misforståelse som medførte at et stillas var oppført på den aktuelle veggen for arbeid på vinduer. Dette medførte at deler av veggen var skjermet, og eventuell termalfotografering av veggen kunne gi dårligere resultater. Etter samtale med Arne Tveit, ble det bestemt å undersøke den østre veggen på Korskirken.

Termalbildene ble først prosessert i programvaren Thermo Converter. Dette for å konvertere DJI-bildene til et lesbart FLIR-format. Deretter ble bildene prosessert i FLIR Thermal Studio. Her ble temperaturskalaen tilpasset de ulike bygningene, samt at bilder for 3D-modeller ble eksportert både med enhetlig, felles temperaturskala i farger, samt i gråskala i Enhanced Digital View. Sistnevnte er en modus hvor hvert bilde har en individuell, tilpasset temperaturskala for å vise mest mulig detaljer. Disse bildene ble brukt for å lage 3D-modeller ved hjelp av programvarene RealityCapture og Metashape. Deretter ble bildene med felles temperaturskala brukt som tekstur for å få én felles temperaturskala på hele veggene. Denne prosessen ble gjennomført for å lage helhetlige ortofoto av veggene for å se eventuelle temperaturvariasjoner i veggen i full høyde.

2.1 Domkirken:

Domkirken i Bergen ble dokumentert 8.9.2022, fra kl 0757 – 0827. Det var delvis overskyet vær, og ca. 14 grader. Solen skinte ikke på Domkirken under undersøkelsen (Fig. 1).

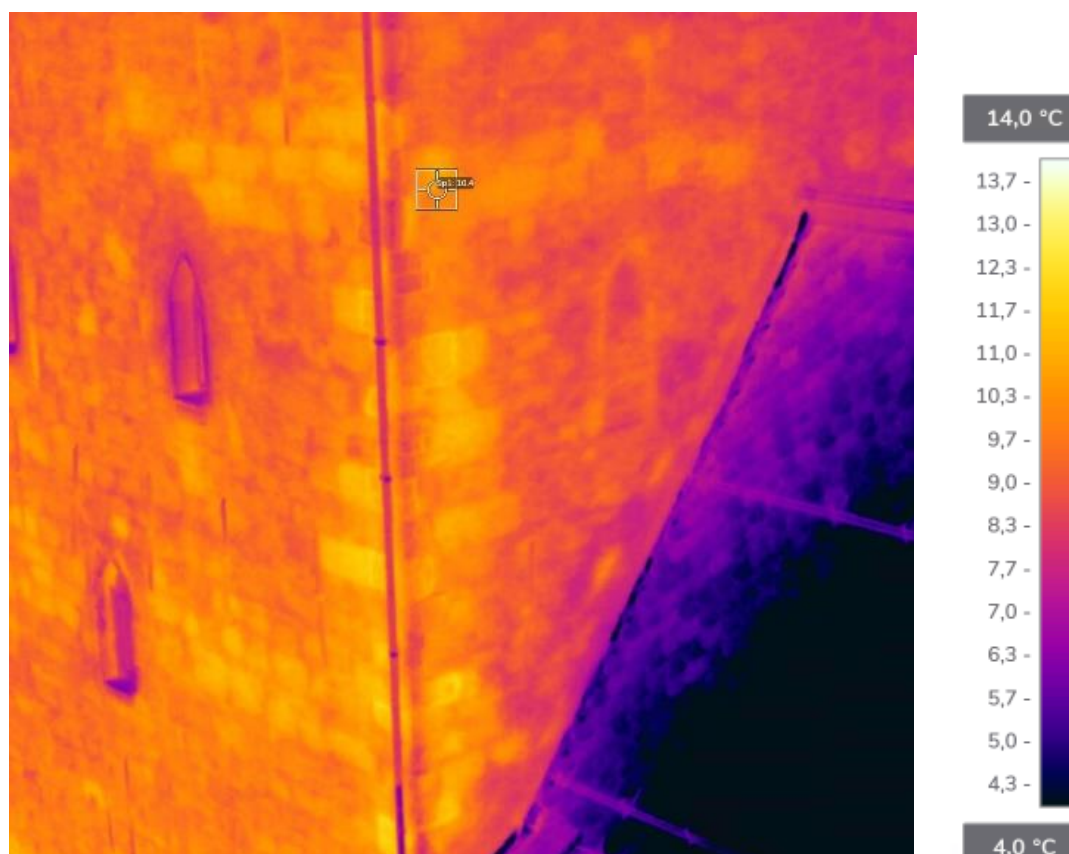


Figur 1 Domkirken sett mot SØ. Foto: J. Causevic

Det samme området ble dokumentert på starten og slutten av undersøkelsen av Domkirken i Bergen (Fig. 2 og Fig. 3). Dette var for å undersøke mulige endringer i temperaturen av bygningen under selve undersøkelsen. Bildene viser at temperaturen er lik på begge bildene, som tilsier at temperaturen på bygningen kan ha holdt seg stabil under hele undersøkelsen.



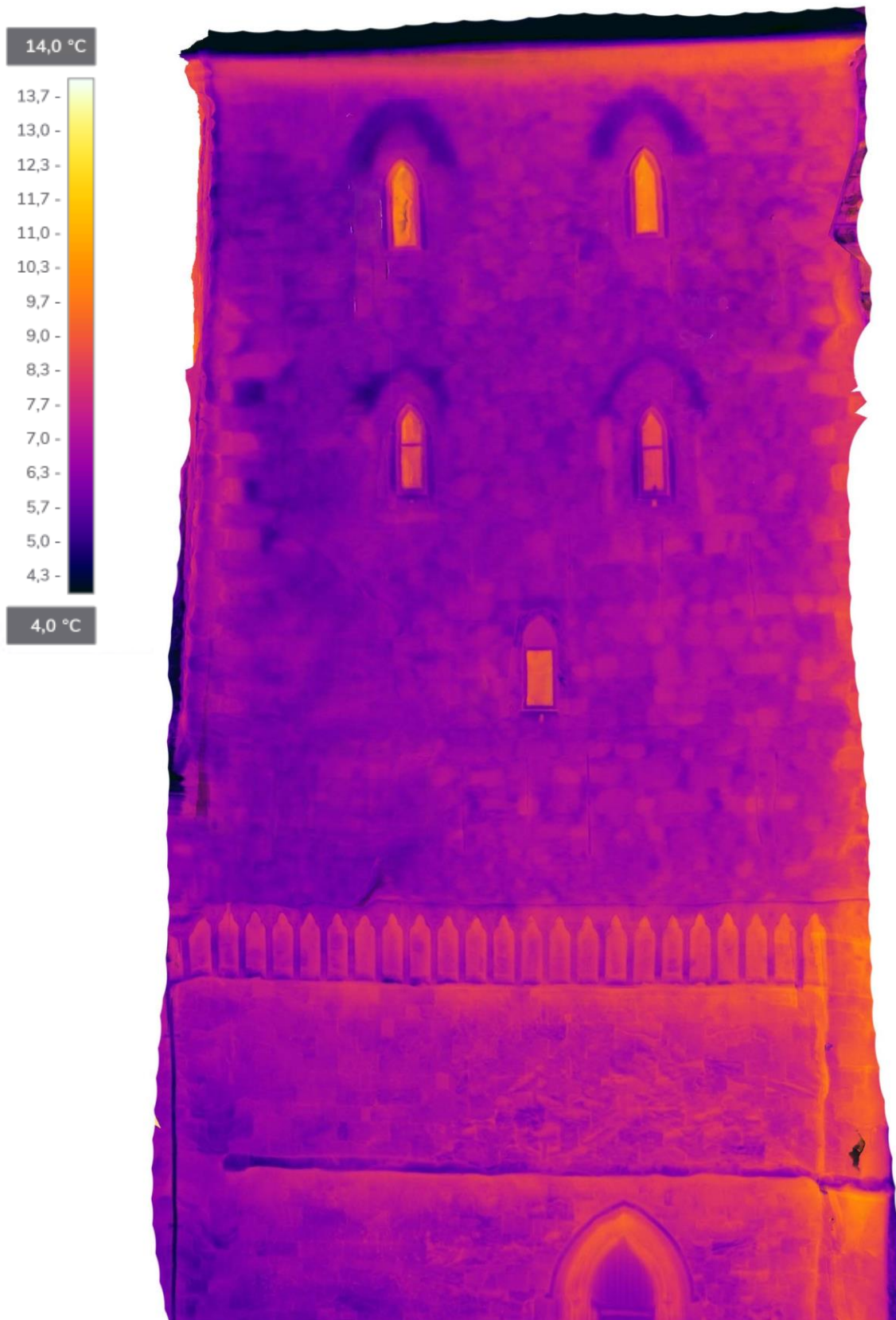
Figur 2 Østveggen i Domkirken på starten av droneoppdraget. Foto: J. Causevic. Sett mot



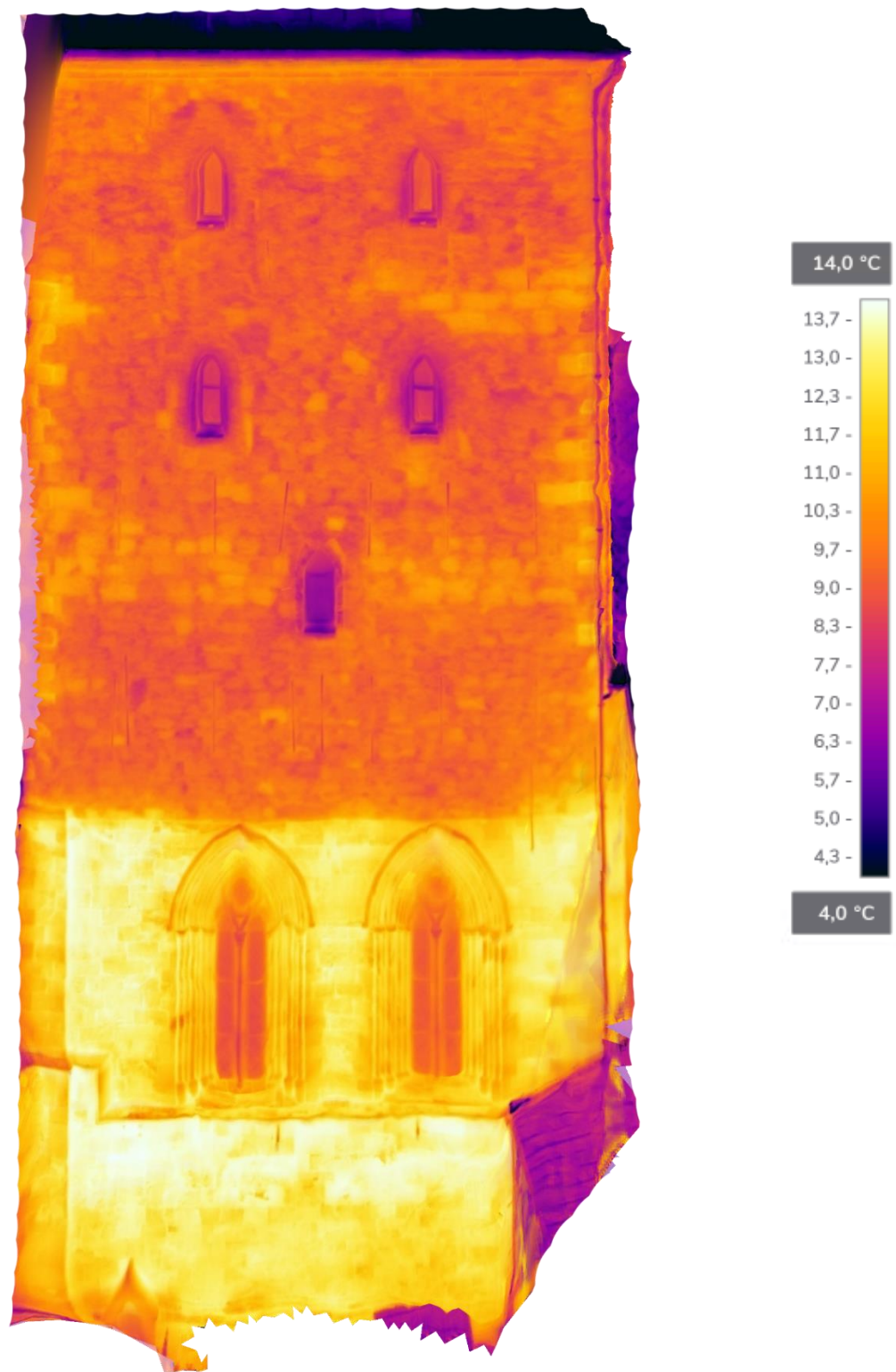
Figur 3 Østveggen i Domkirken på slutten av droneoppdraget. Foto: J. Causevic. Sett mot NV

2.1.1 Temperatur på hele vegger

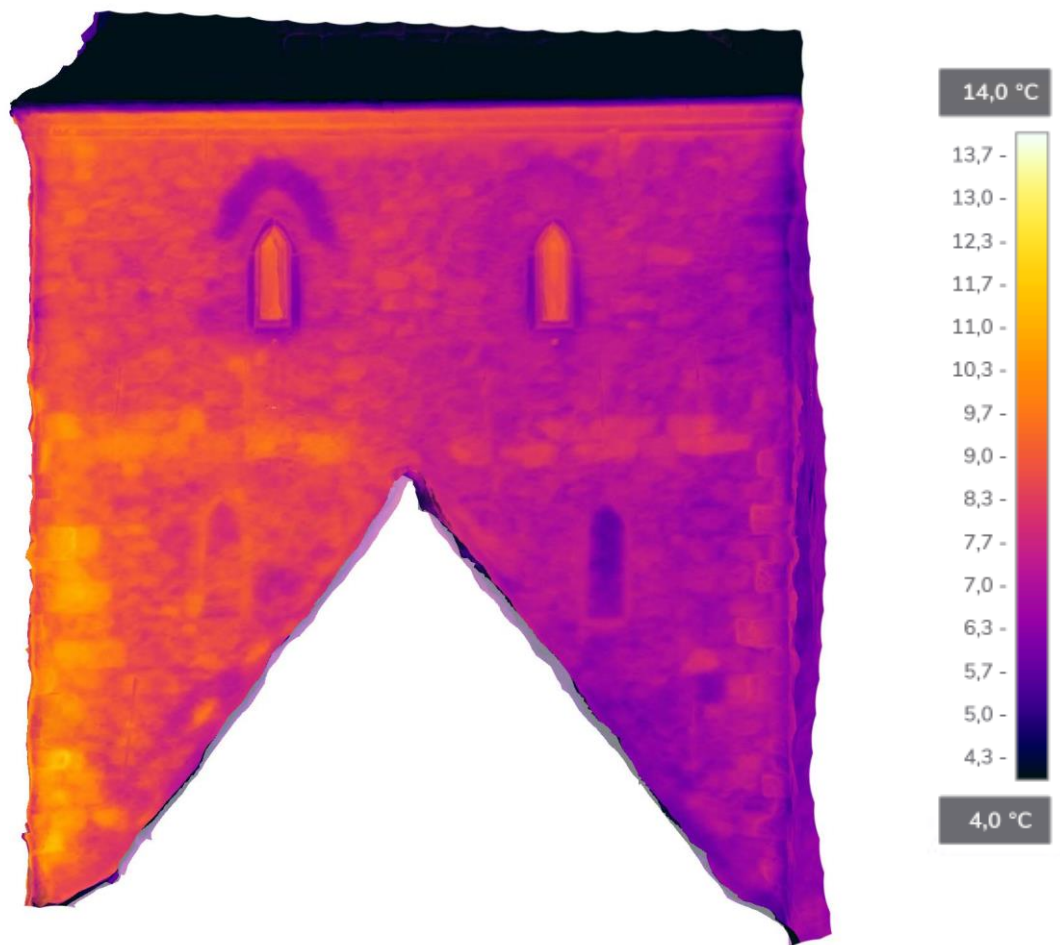
Ved bruk av bildebasert modellering («fotogrammetri») i programvaren RealityCapture ble bildene satt sammen til en 3D-modell hvor ortografiske bilder kunne genereres og eksporteres (Fig. 4 - Fig. 6). Dette ble gjort for å vise temperaturen av veggen i full høyde. Det var dessverre ikke mulig å sette sammen den vestre veggen av Domkirken i modellen. Dette kommer av at det var begrenset hvor dronen kunne fly, på grunn av utenforstående mennesker, noe som gjorde det vanskelig å ta bilder fra visse vinkler. Det var uansett mulig å dokumentere hele veggen fra dronens posisjon (Fig. 7 og Fig.8.)



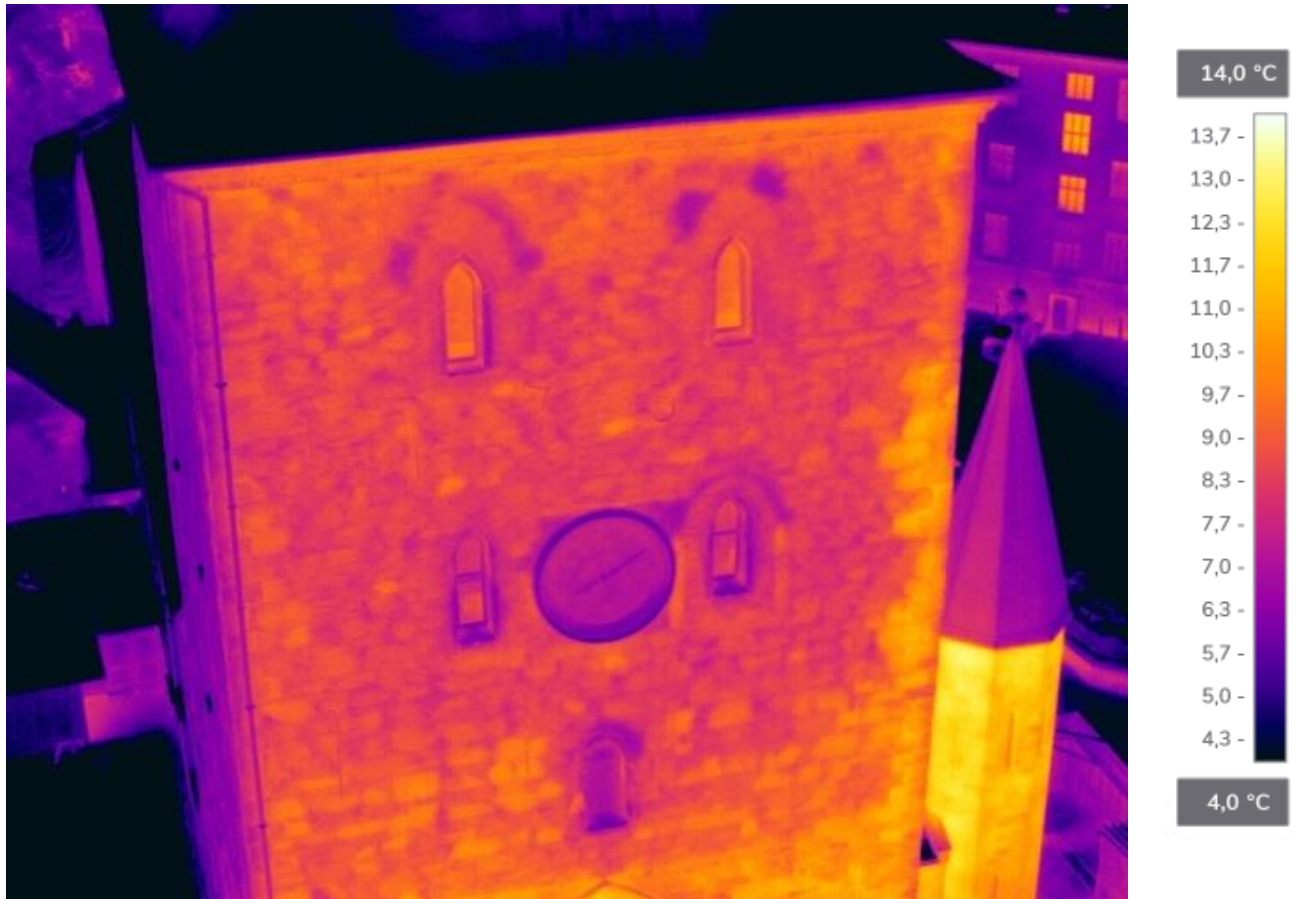
Figur 4 Nordveggen i Domkirken. Ortofoto basert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



Figur 5 Sørveggen i Domkirken. Ortofoto basert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



Figur 6 Østveggen i Domkirken. Ortofoto basert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



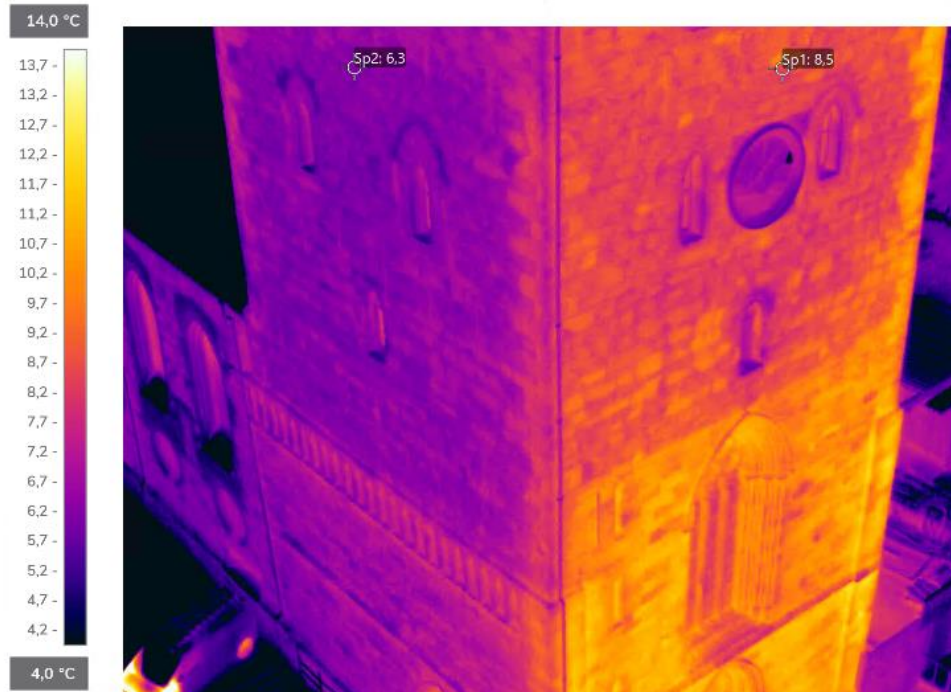
Figur 7 Øvre del av vestveggen i Domkirken. Foto: J. Causevic.



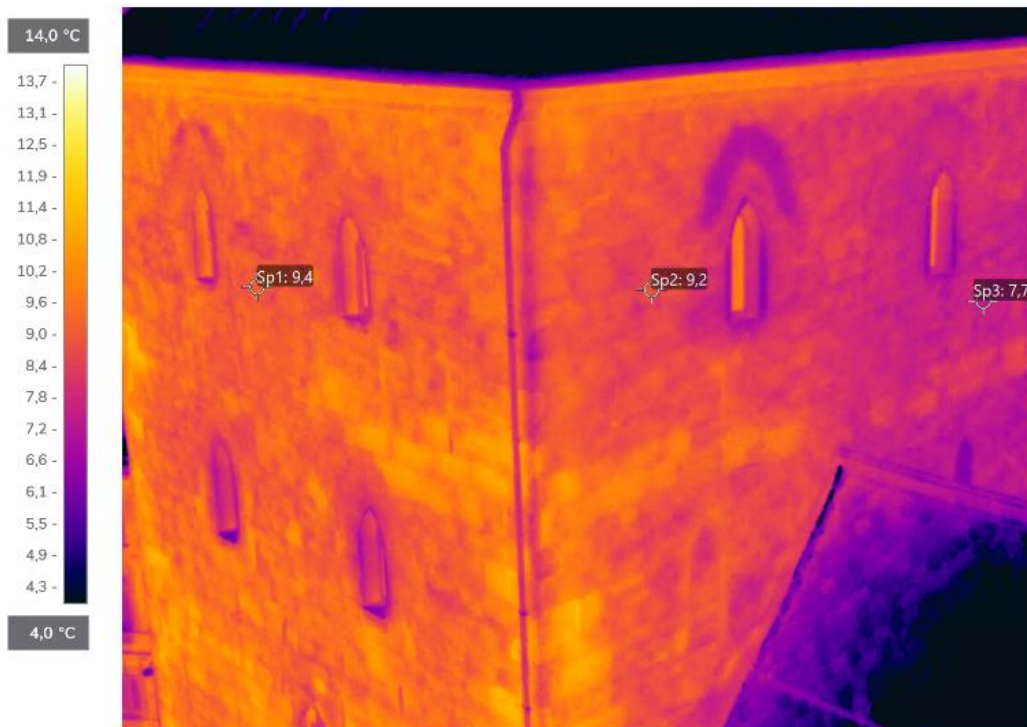
Figur 8 Nedre del av vestveggen i Domkirken. Foto: J. Causevic.

2.1.2 Temperatur mellom vegger

De påfølgende bildene viser temperaturvariasjoner mellom de ulike veggene i Domkirken. Det fremstår at den nordre (Fig. 9) og deler av den østre vegg (mot nord) er kjøligere enn de andre veggene (Fig. 10). Temperaturvariasjonen på østveggen kunne også observeres på termalbildene (Fig. 11), som er tatt rett mot vegg.



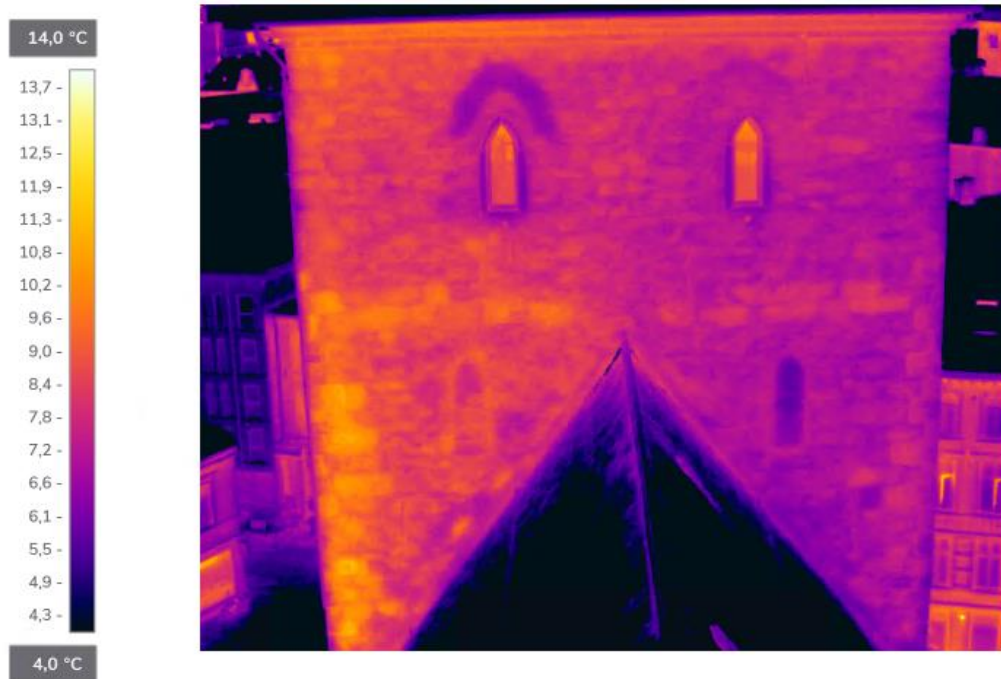
Figur 9 Temperaturforskjeller på nord- og vestvendt vegg. Figur: J. Causevic.



Figur 10 Temperaturforskjeller på sør- og østvendt vegg. Figur: J. Causevic.

2.1.3 Andre elementer

I den østlige vegg ble det observert mulige rester av to gjenmurte vinduer i nedre del av muren (Fig. 11). Det sørlige vinduet er ikke like tydelig som det nordlige, som samsvarer med det som kan observeres i det vanlige bildet (Fig. 12). Hvor det nordlige vinduet er delvis synlig på bildet (Fig. 12), mens det sørlige er meget vanskelig å observere.

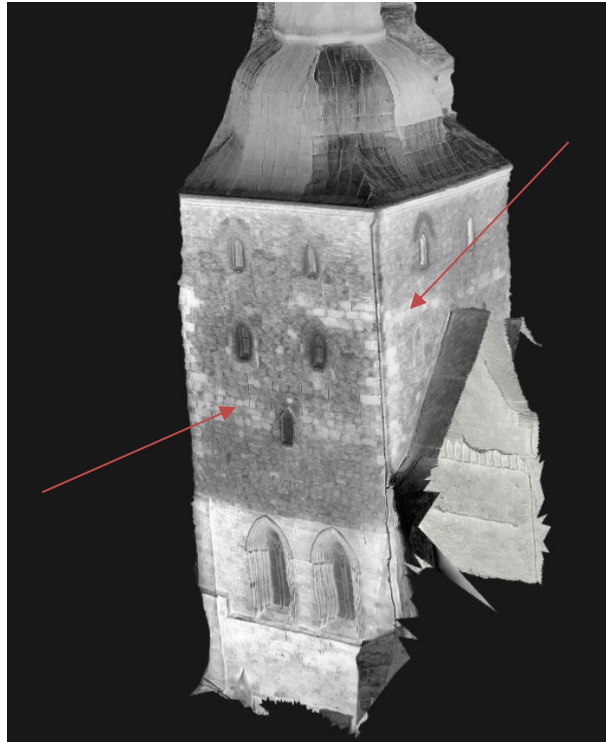


Figur 11 Gjenmurte vinduer i østveggen kan ses i nedre del av bildet. Figur: J. Causevic. Sett mot V

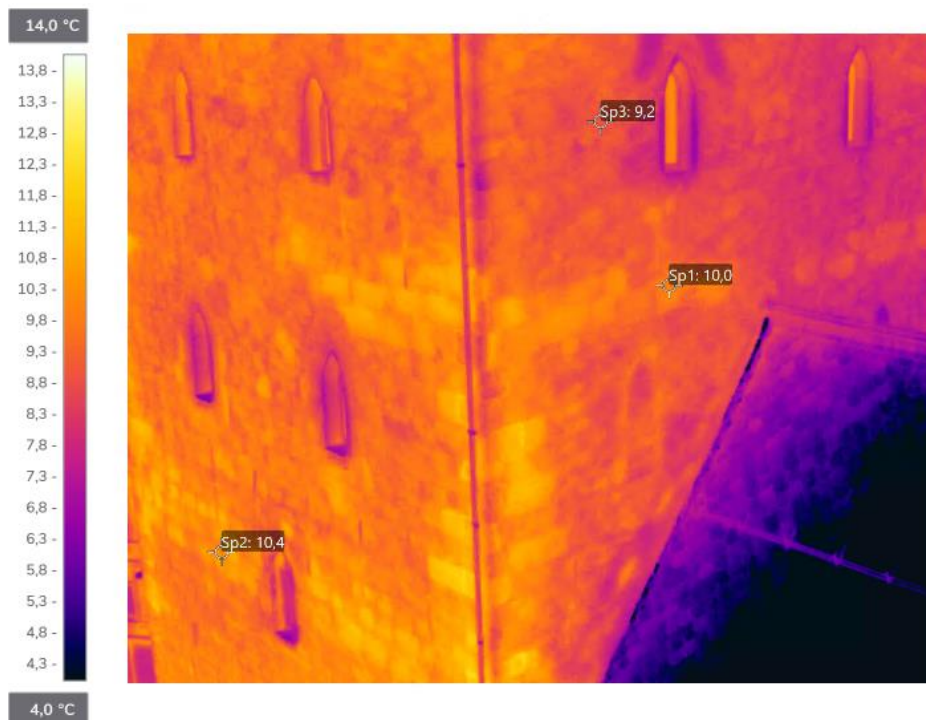


Figur 12 Østveggen vist med vanlig bilde. Foto: J. Causevic. Sett mot V

På sør- og vestsiden av tårnet kan det observeres horisontale linjer (Fig. 13 og 14). Disse linjene er varmere enn resten av overflaten.

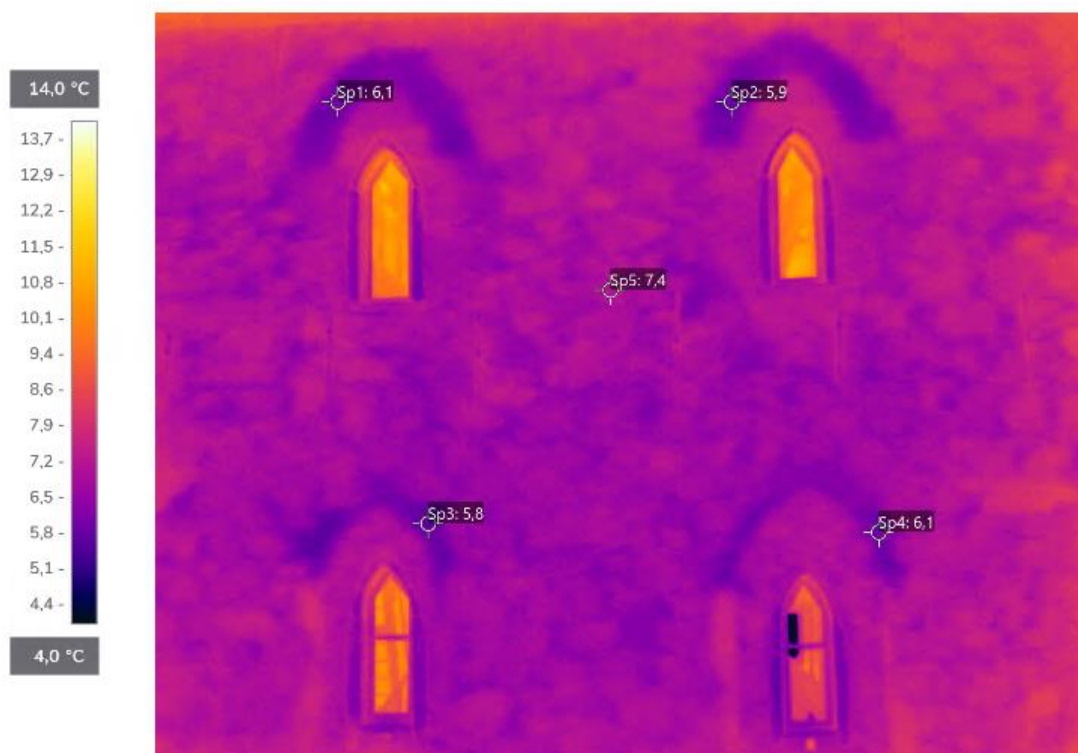


Figur 13 Domkirken sett mot NV. 3D-modell med optimalisert tekstur i Digital Enhancement View. Sett mot NV



Figur 14 Viser temperaturforskjeller på de horisontale linjene som er observert på øst og sørveggen. Sett mot NV

Over nesten samtlige vinduer er de observert temperaturforskjeller som buer nedover mot vinduet (Fig. 15). Disse er ikke synlige på vanlige bilder (Fig. 16).



Figur 15 Buede temperaturforskjeller over vinduene på nordveggen. Figur: J. Causevic. Sett mot S



Figur 16 Forskjellene i muren over vinduene vises ikke på vanlige bilder. Foto: J. Causevic. Sett mot S

På nordsiden av Domkirken ble det avslutningsvis tatt et par bilder av vestveggen av en mindre bygning. Termalbildene viser klare temperaturforskjeller i veggen (Fig. 17).



Figur 17. Temperaturforskjeller i vestveggen i en mindre bygning nord for Domkirken. Figur: J. Causevic. Sett mot SØ



Figur 18 Et vanlig bilde av den samme bygningen som i Figur 17. Foto: J. Causevic. Sett mot SØ

3 Mariakirken:

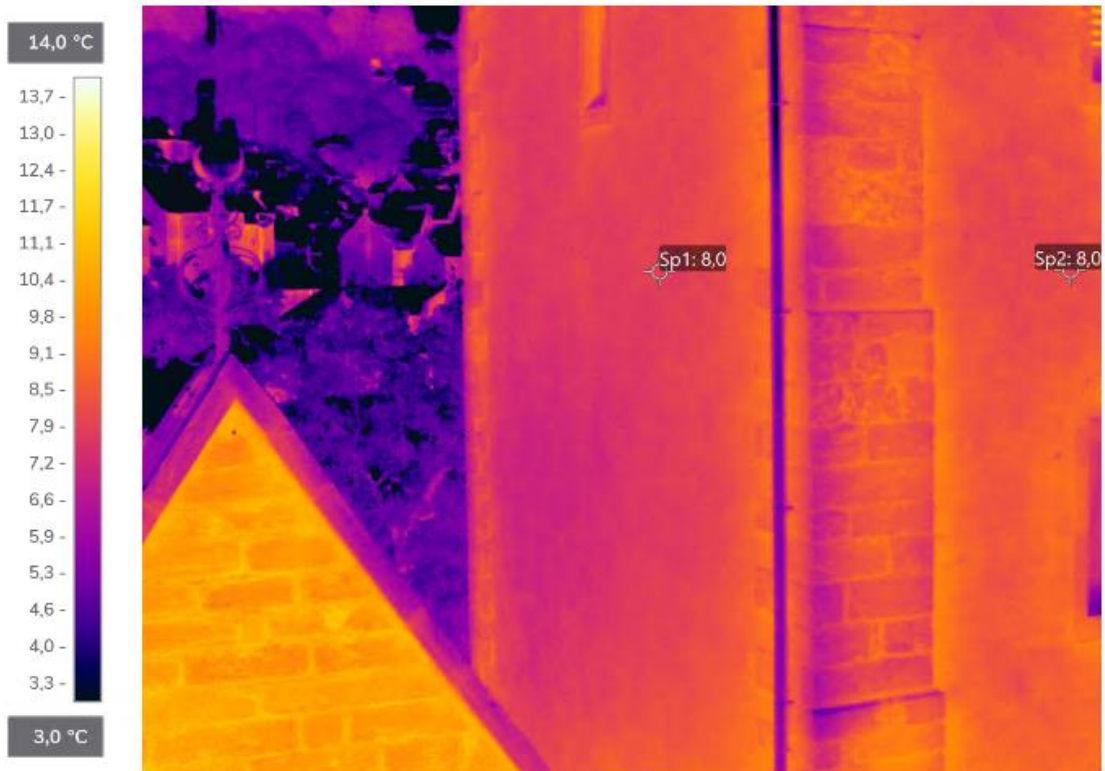
Mariakirken i Bergen ble dokumentert 7.9.2022 fra kl 0820 - 0850. Det var klar himmel og ca. 14 grader. Solen skinte ikke på Mariakirken under undersøkelsen.

3.1 Temperatur mellom vegger på sørtårnet

De påfølgende bildene viser temperaturvariasjoner mellom de ulike veggene i sørtårnet i Mariakirken (Fig. 19 og 20). Veggene hadde på fotograferingstidspunktet en relativt jevn temperatur mellom seg, men vegg i sør var litt varmere enn resten.



Figur 19 Temperaturene på sør- og østveggen i det sørlige tårnet i Mariakirken. Figur: J. Causevic. Sett mot NV.



Figur 20 Temperaturene på vest- og nordveggen på det sørlige tårnet i Mariakirken. Figur: J. Causevic.
Sett mot SØ

3.1.1 Temperaturvariasjoner sørtårnet.

Det var kun observert én tydelig temperaturforskjell på det sørlige tårnet i Mariakirken. Nederst på den østlige vegg er det observert et område som er varmere enn resten av overflaten (Fig. 21).



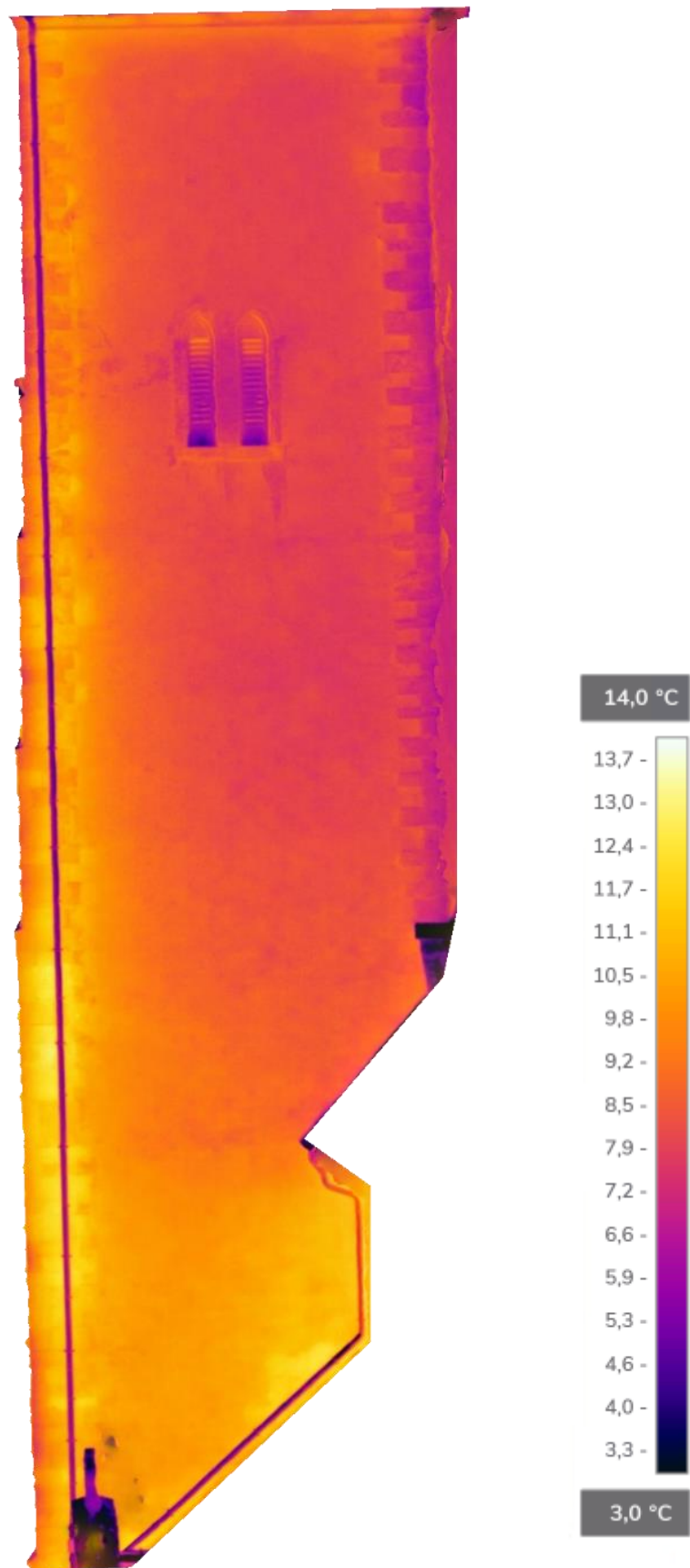
Figur 21 En lokal temperaturforskjell på østsiden av det sørlige tårnet. Figur: J. Causevic. Sett mot V



Figur 22 Et vanlig bilde av det samme området som Figur 21. Foto: J. Causevic. Sett mot V

3.1.2 Temperatur på hele veggen i sørtårnet.

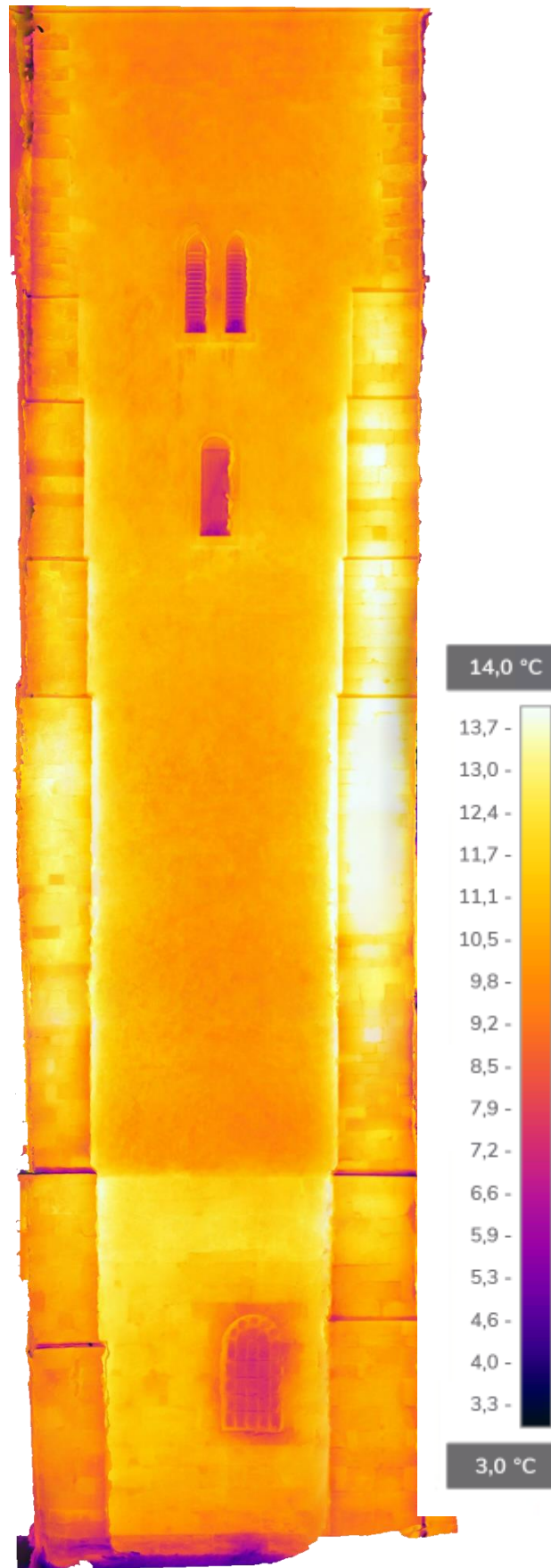
Ved bruk av programvaren RealityCapture ble bildene satt sammen til en 3D-modell hvor ortografiske bilder kunne genereres og eksporteres fra (Fig. 23-25). Dette ble gjort for å vise temperaturen av veggen i full høyde. Det var ikke mulig å sette sammen den nordre veggen av Mariakirken, men hele veggen kunne likevel dokumenteres fra der dronen kunne fly (Fig. 26).



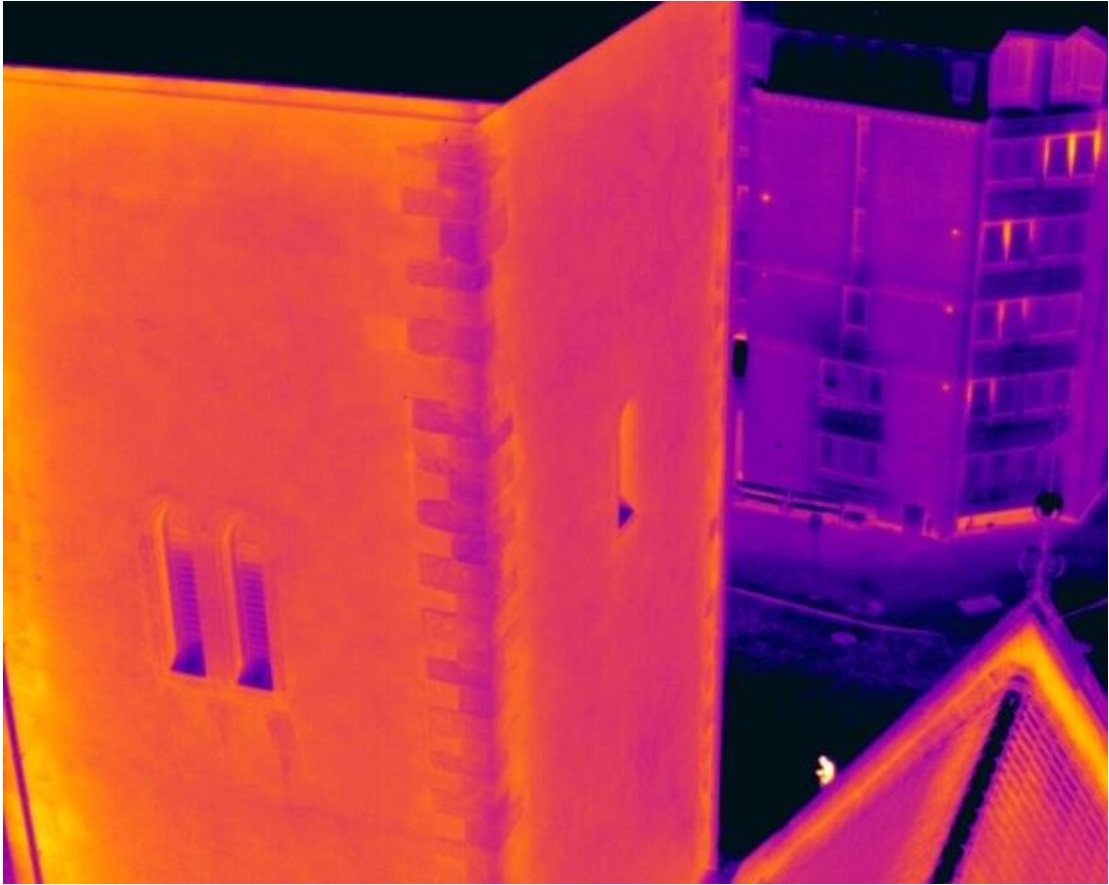
Figur 23 Østsiden av sørtårnet. Ortofoto basert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



Figur 24 Vestsiden av sørtårnet. Ortofotobasert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



Figur 25 Sørsiden av sørtårnet. Ortofoto basert på 3D-modell. Figur: J. Causevic.



Figur 26 Nordsiden av sørtårnet. Foto: J. Causevic. Sett mot VSV

3.2 Temperaturforskjeller mellom vegger på nordtårnet

De påfølgende bildene viser temperaturvariasjoner mellom de ulike veggene i nordtårnet i Mariakirken (Fig. 27 og 28). Veggene hadde ved fotograferingstidspunktet en relativt jevn temperatur, men veggen i nord er litt kjøligere enn resten.



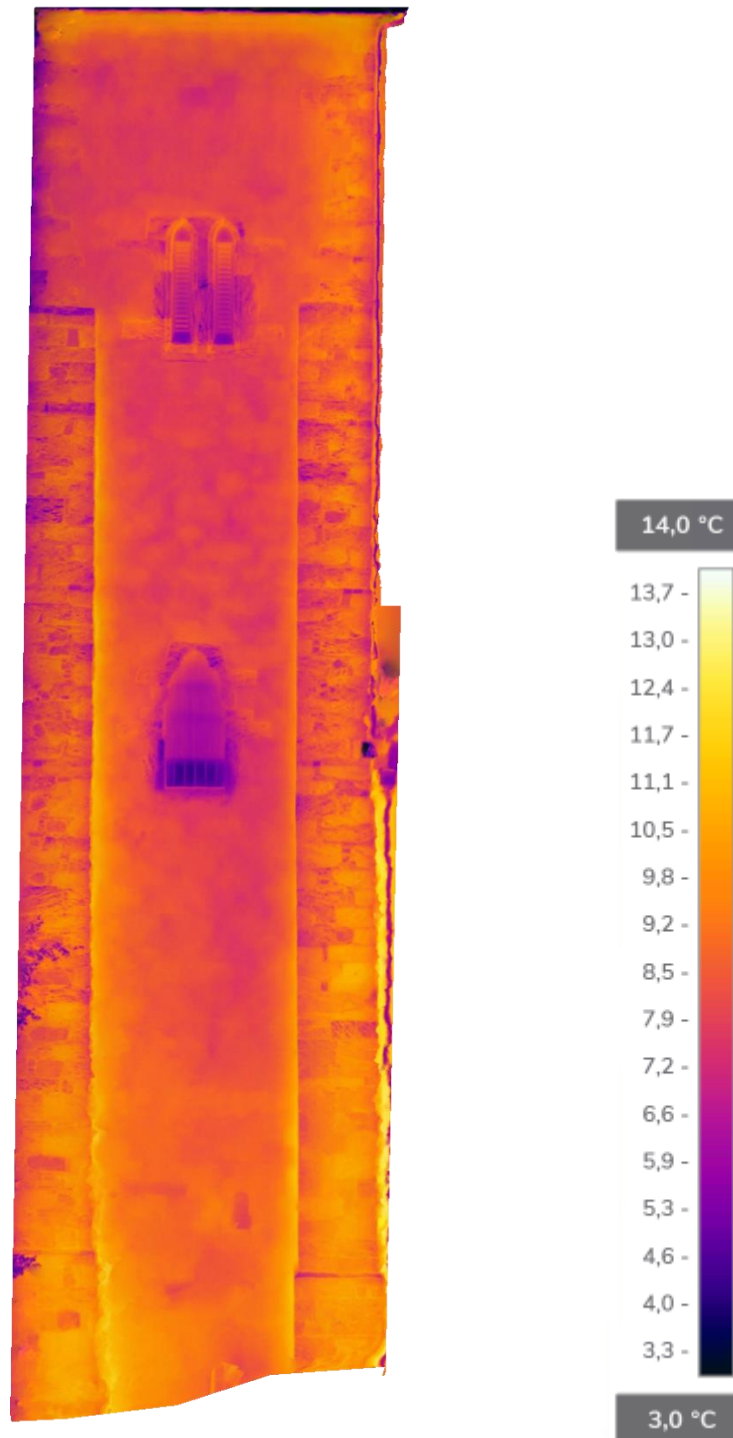
Figur 27 viser temperaturen mellom vest og nordveggen i nordretårn i Mariakirken. Sett mot VSV.



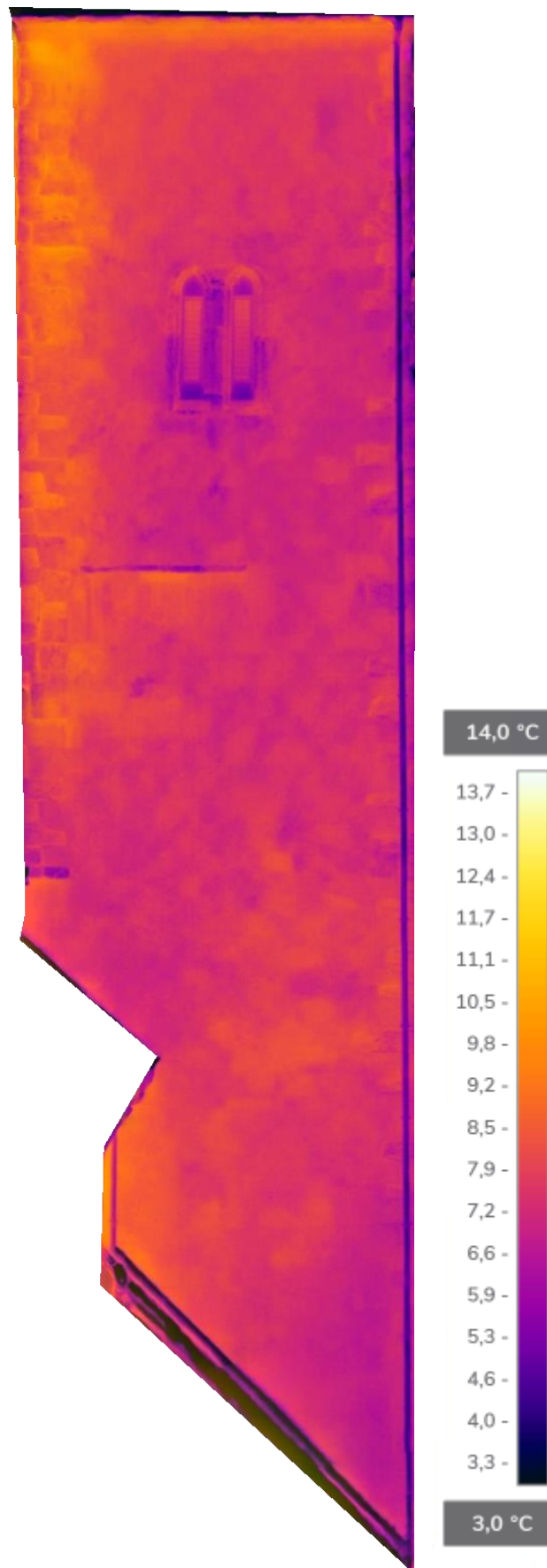
Figur 28 viser temperaturen mellom sør og vest veggen i nordretårn i Mariakirken. Sett mot NØ.

3.2.1 Temperatur på hele veggen i nordtårnet.

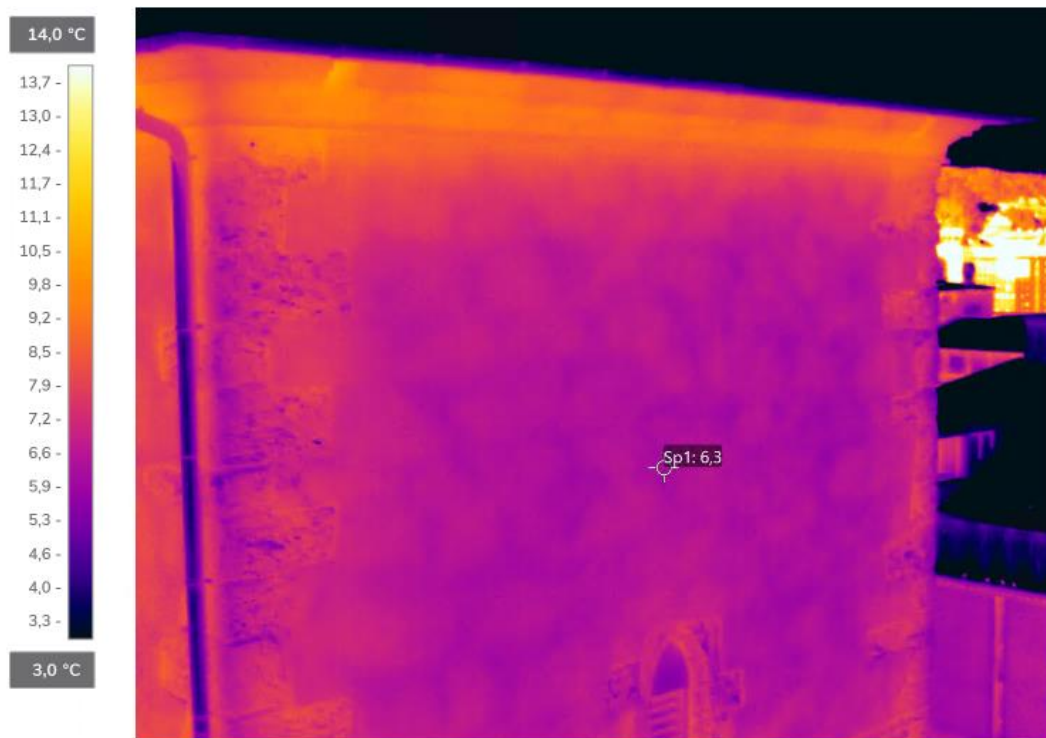
Ved bruk av programvaren RealityCapture ble bildene satt sammen til en 3D-modell hvor ortografiske bilder kunne genereres og eksporteres fra (Fig. 29 og 30). Dette ble gjort for å vise temperaturen av veggen i full høyde. Det var ikke mulig å sette sammen den nordre og sørlige veggen i nordtårnetet i Mariakirken. Den nordlige veggen var for nærme trær, men ble stegvis dokumentert i full høyde (Fig. 31- 34). Den sørlige veggen kunne dokumenteres i full høyde fra der dronen kunne fly (Fig. 35).



Figur 29 Vestsiden av nordtårnetet i Mariakirken. Figur: J. Causevic



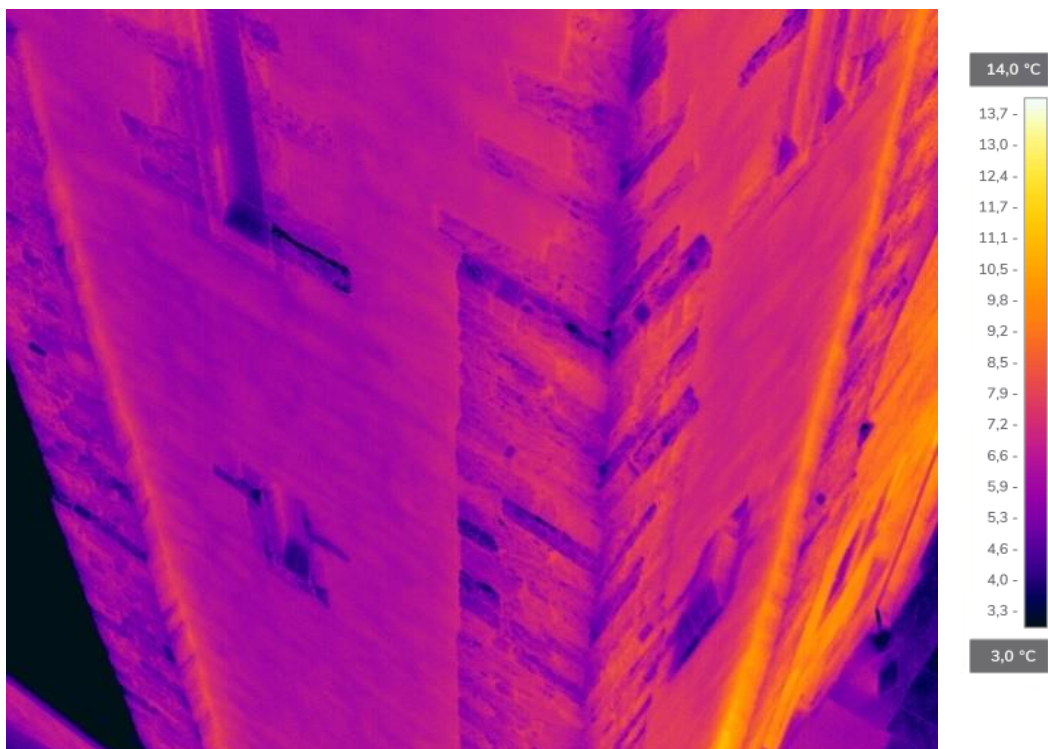
Figur 30 Østsiden av nordtårnet i Mariakirkens. Figur: J. Causevic.



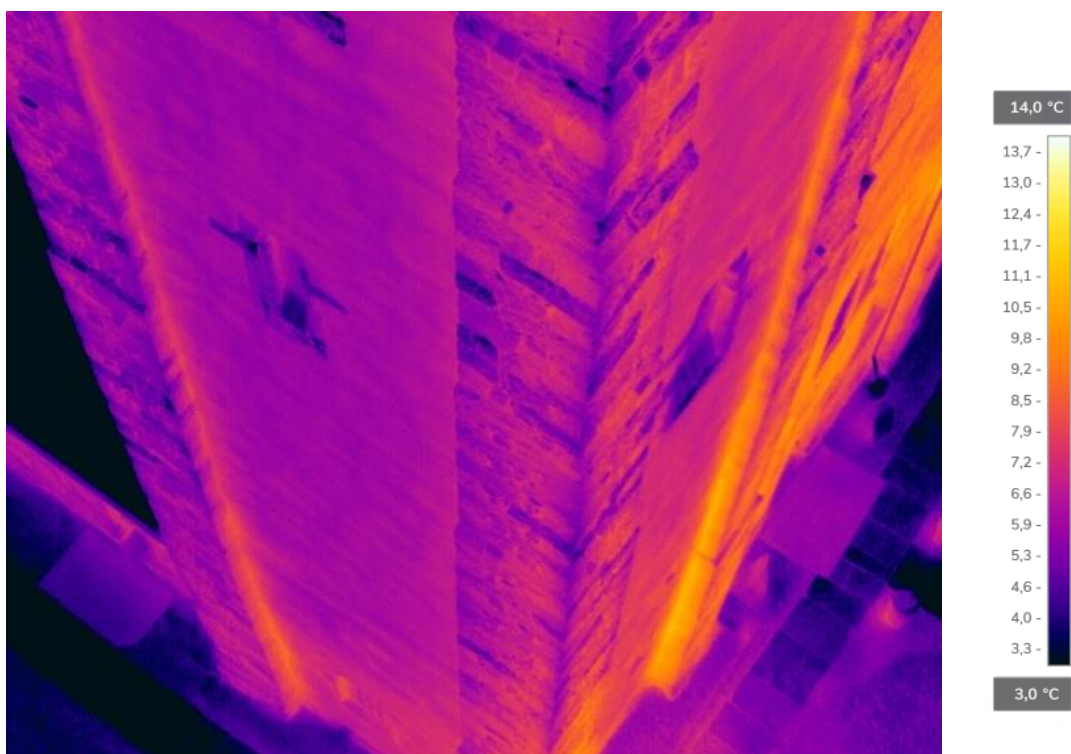
Figur 31 Nordveggen i nordtårnet mot toppen av tårnet. Figur: J. Causevic.



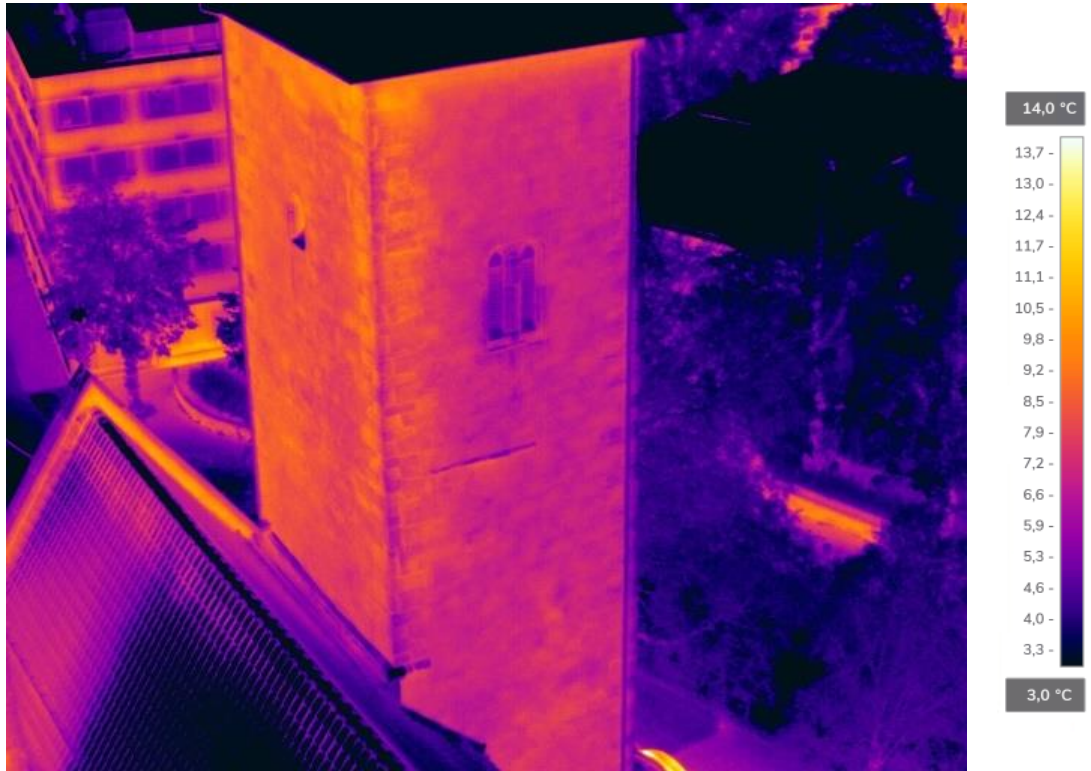
Figur 32 Nordveggen i nordtårnet mot midten av tårnet. Figur: J. Causevic.



Figur 33 Nordveggen i nordtårnet mot midten av tårnet. Figur: J. Causevic.



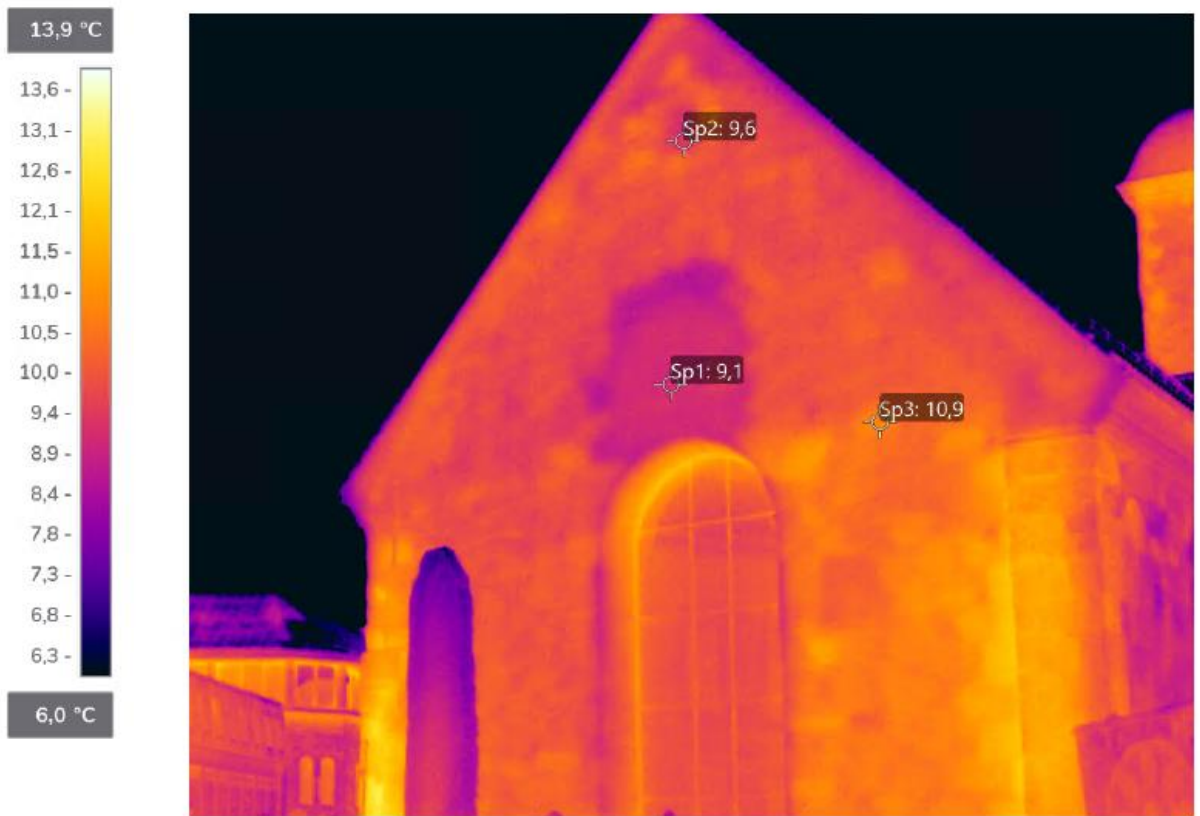
Figur 34 Nordveggen i nordtårnet mot bunnen av tårnet. Figur: J. Causevic.



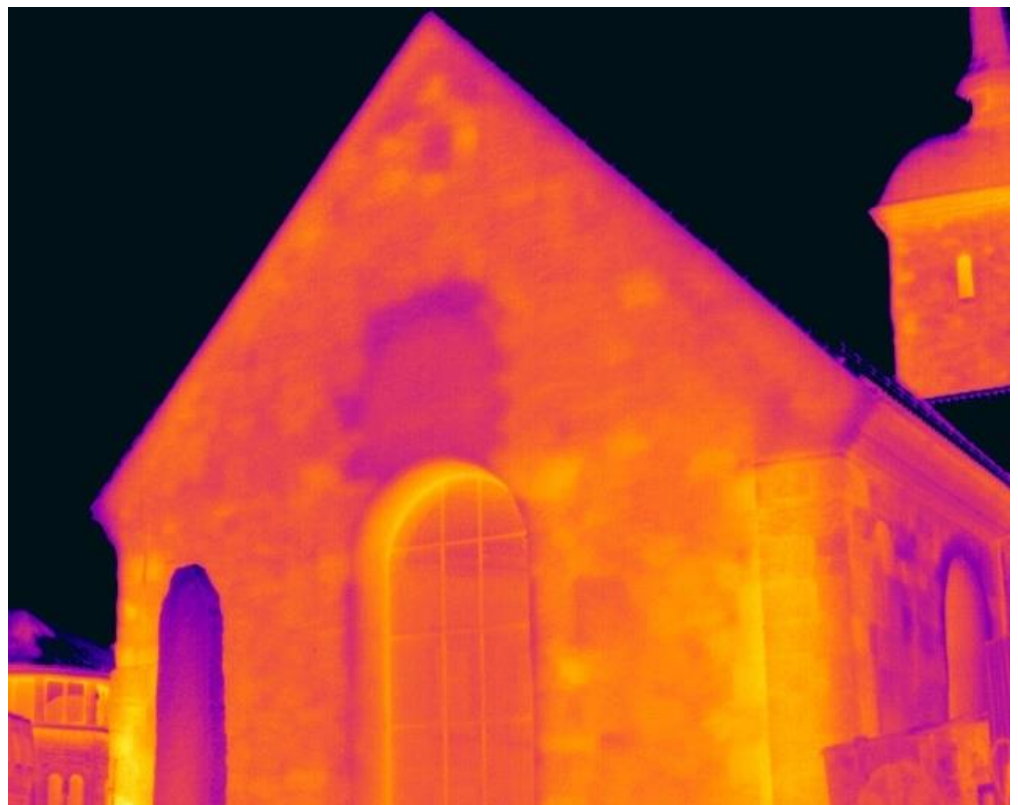
Figur 35 Sørsiden av nordtårnet. Foto: J. Causevic.

4 Korskirken:

Den østre vegg i Korskirken ble undersøkt med termalkamera. Veggene har kalkede overflater med eksponert stein i hjørnene, samt et stort vindu sentralt på veggene. Veggene viste en relativt homogen temperatur helhetlig sett, men to anomalier kunne observeres (Fig. 36). Det første kunne ses like over vinduet i form av et rundt/ovalt temperaturavvik fra resten av veggene. Dette kan ses i sammenheng med rapporten fra Akasia (Mortensen 2018:30), som viser et gjenmurt vindu i området. Videre kunne det observeres et mindre avvik (SP2) høyere opp på veggene. Dette området ser ut til å være det samme området som Akasias undersøkelse viste en større sannsynlighet for «voids, water-saturated joints or non-cohesive masonry and heterogeneity» (ibid.).



Figur 36 Østveggen på korskirken. Foto: J. Causevic. Sett mot SV



Figur 37 Østveggen på korskirken, uten temperatur punkter. Foto: J. Causevic. Sett mot SV.



Figur 38 Østveggen vist med vanlig bilde. Foto: J. Causevic. Sett mot SV

5 Referanser

Morsensen, Øysten: Radar surveyu of Korskiren, Bergen. Report n 14.42642.001.01.A – March 28RD, 2018.

Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Oppdragsrapport 103/2022

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736
Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112
Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens
gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00