

Saltforvitring (saltsprengning)

Per Storemyr





Hva har skjedd her?

Observert på en fuktig
oktoberdag



Tørr februar dag



Tørr vårdag

Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	Faktorer	Vårt case
	Salttyper/saltkilde(r)	
	Aggressive salttyper	
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
	Sårbart material	
	Krystalliseringssted	
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær

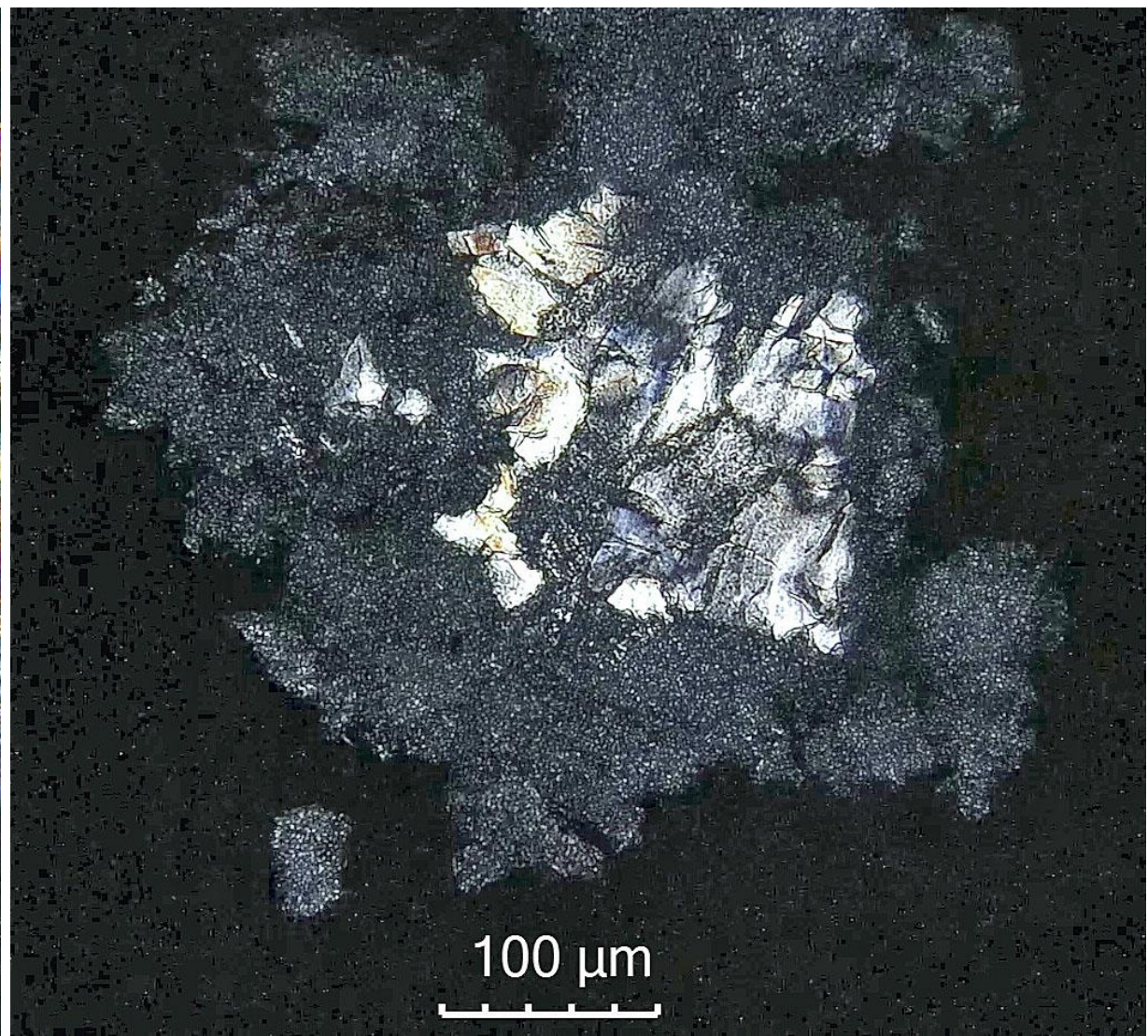
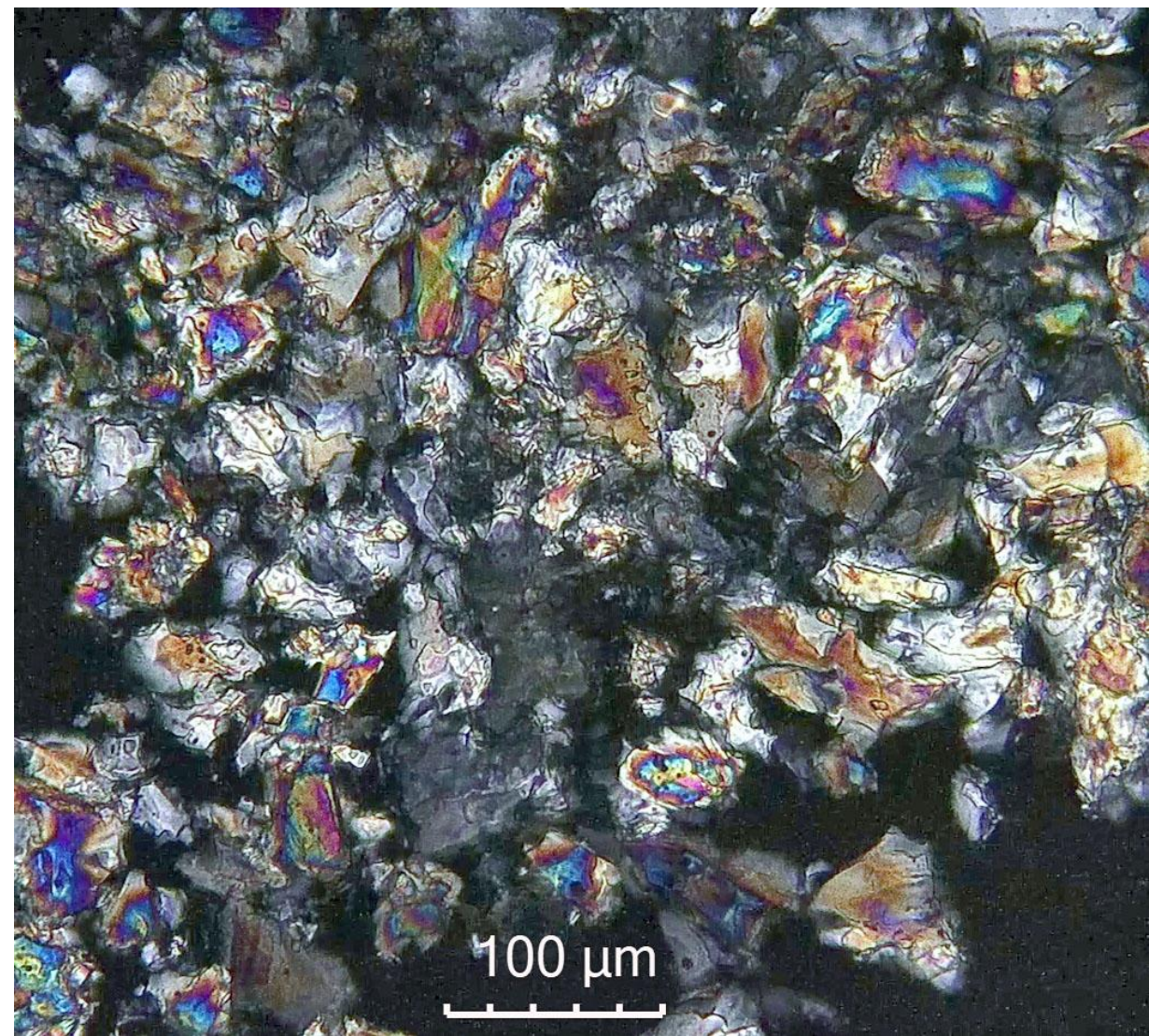


Ganske aktiv saltforvitring

Basisk
pH
ca. 12

Natron/thermonatritt (+mirabilitt/thenarditt)

Analysert med indikatorpapir (pH, sulfat, nitrat, klorid), 10% HCl og polarisasjonsmikroskopi



Vanlige salttyper på kulturminner

Gruppe	Navn	Kjemisk formel
Karbonater	Kalkspat	CaCO_3
	Dolomitt	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
	Magnesitt	MgCO_3
	Nesquehonitt	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
	Lansforditt	$\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	Hydromagnesitt	$\text{Mg}_5[\text{OH}(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Natron	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	Thermonatritt	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Trona	$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Nahcolitt	NaHCO_3
Kalicinite	KHCO_3	
Sulfater	Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Bassanitt	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
	Epsomitt	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Hexahydritt	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Kieseritt	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Mirabilitt	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	Thenarditt	Na_2SO_4

	Arcanitt	K_2SO_4
	Bloeditt	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Aphthitalitt	$\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$
	Picromeritt	$\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Boussingaultitt	$(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Syngenitt	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Gorgeyitt	$\text{K}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Darapskitt	$\text{Na}_3(\text{SO}_4)(\text{NO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Humberstonitt	$\text{K}_3\text{Na}_7\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_6(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Ettringitt	$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$
	Thaumasitt	$\text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Klorider	Bischofitt	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Antarcticitt	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Tachyhydritt	$\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	Halitt	NaCl
	Sylvitt	KCl
Nitrater	Nitrokalsitt	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Nitromagnesitt	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Nitratitt	NaNO_3
	Niter	KNO_3
	Ammonium nitrat	NH_4NO_3
Oksalater	Whewellite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Weddelite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Natriumkarbonater

- Typisk fra sement, kan være fra vannglass

Natriumsulfater

- Ofte fra teglstein, ofte sement

Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	Faktorer	Vårt case
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
	Sårbart material	
	Krystalliseringssted	
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær

Ingen
ytre kilde



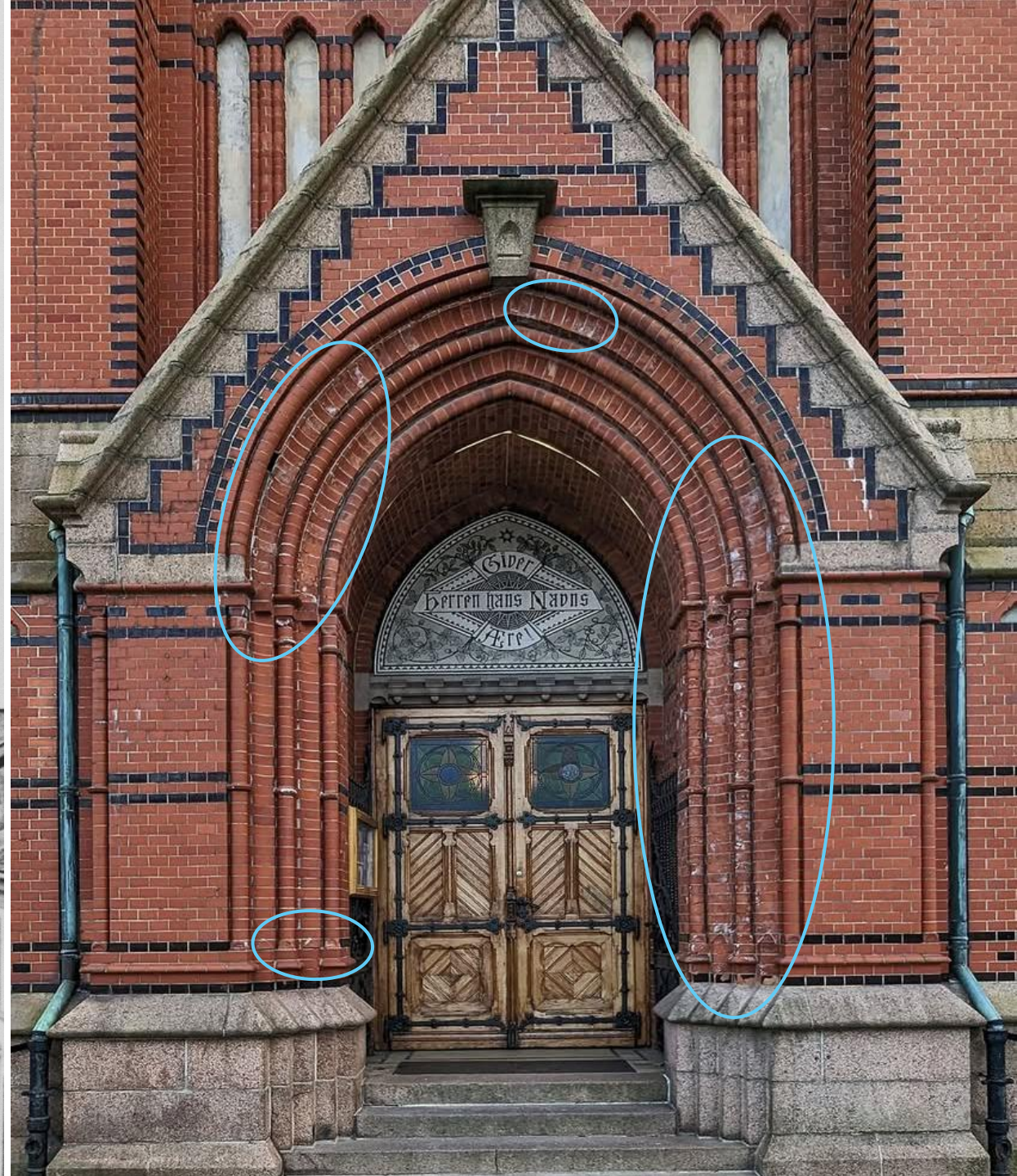
Flak og biter blir sprenget ut

Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	Faktorer	Vårt case
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
✓	Sårbart material	Tegl med «tett» porestruktur
✓	Krystalliseringssted	Under overflate
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær



Mittet, nb.no





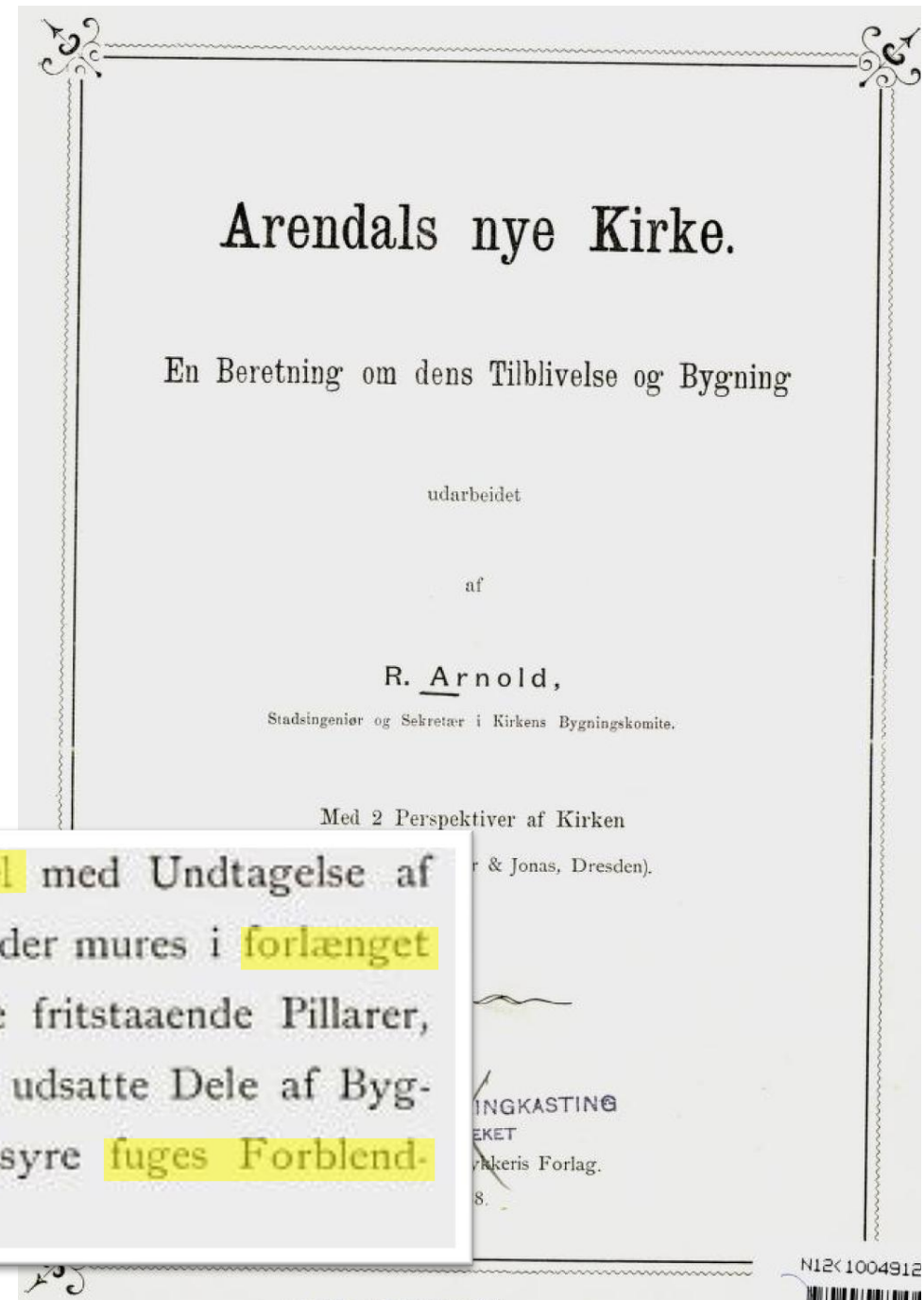
01.150

KNUS GLASSET
TRUCKA AÖR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Materialer 1885-1887

- Murstein fra Skarpnes
- Forblendingsstein/formtegl fra Stettin (Preussen)
- Granitt fra Grimstad
- Kalk fra Brambani (Sandvika)
- Sement fra ?? (sannsynligvis Tyskland)

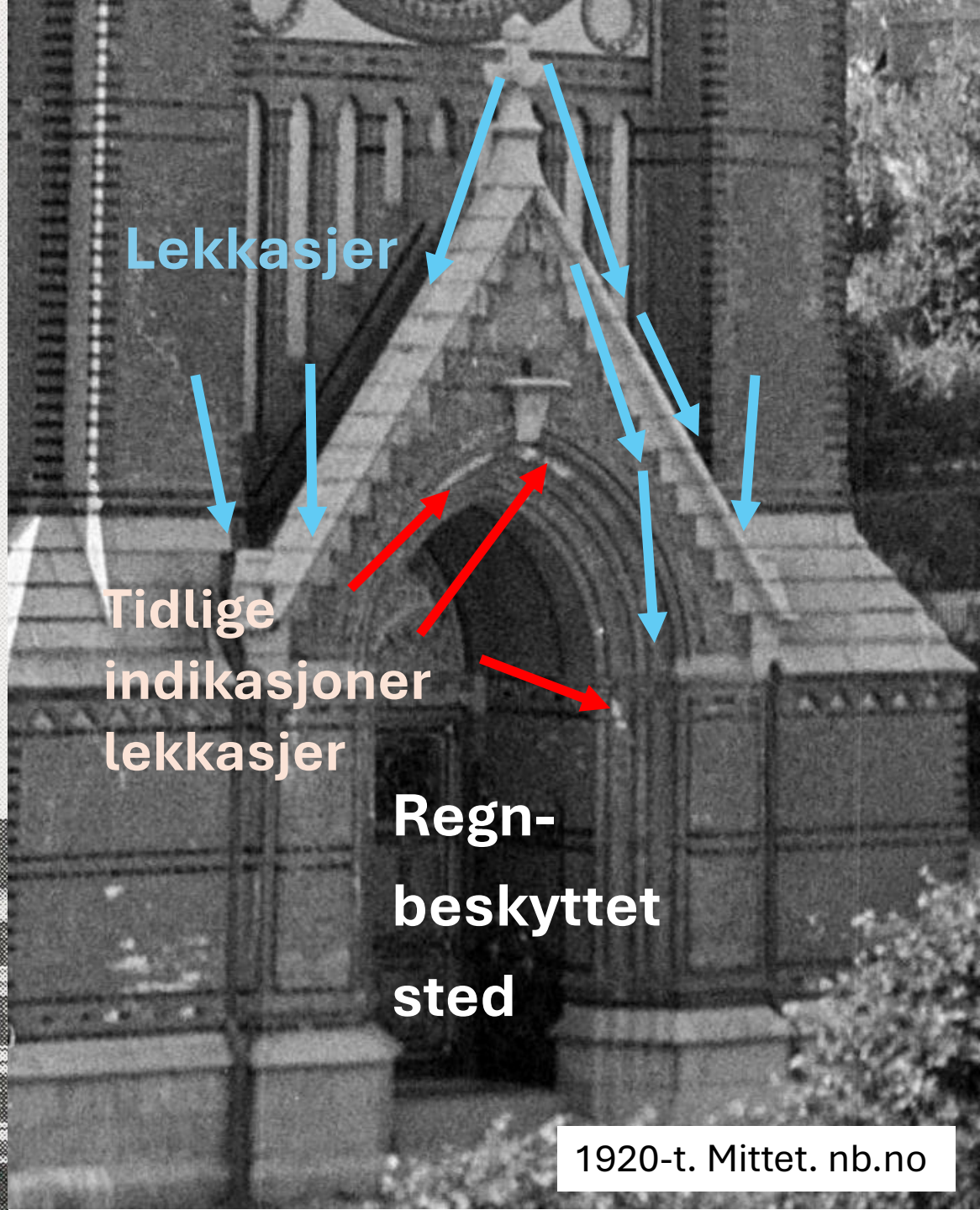


1. **Murarbejder.** Disse bliver at udføre i **Kalkmørtel** med Undtagelse af Buerne over Døre og Vinduer samt den øverste Del af Taarnet, der mures i **forlænget Cementmørtel**; ligeledes mures i **Cementmørtel** de indvendige fritstaaende Pillarer, Skraafladerne under Vinduerne og flere andre for Veiret særlig udsatte Dele af Bygningen. Efterat være omhyggelig rensset med fortyndet Saltsyre **fuges Forblendstensmurværket med Cementmørtel** tilsat en gul Farve.

Mange restaureringer



1909. Fra «Skagerrak-katedralen 100 år», nb.no



Lekkasjer

Tidlige indikasjoner lekkasjer

Regn-beskyttet sted

1920-t. Mittet. nb.no

Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	Faktorer	Vårt case
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
✓	Fuktkilde(r)	Langvarige lekkasjer
✓	Fukttransport	Kapillært i materialene
✓	Oppkonsentrering salt	Regnbeskyttet sted
✓	Sårbart material	Tegl med «tett» porestruktur
✓	Krystalliseringssted	Like under overflate
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær



Hva kan generelt gjøres?

- Finn fuktkildene, stopp lekkasjer, legg beslag
- Rikelig dimensjonering av renner og nedløp
- Fjern saltkilden
- Fjern uheldige og tette materialer
- Erstatt med mer diffusjonsåpne materialer
- Bruk kalkpuss inne som offersjikt
- Kontroller inneklima
- Konservering/avsalting

... om mulig og/eller nødvendig

Fuktkilder

- Lekkasjer
- Oppstigende fukt / bakkefukt
- Kondens / hygroskopisk fukt

Saltkilder

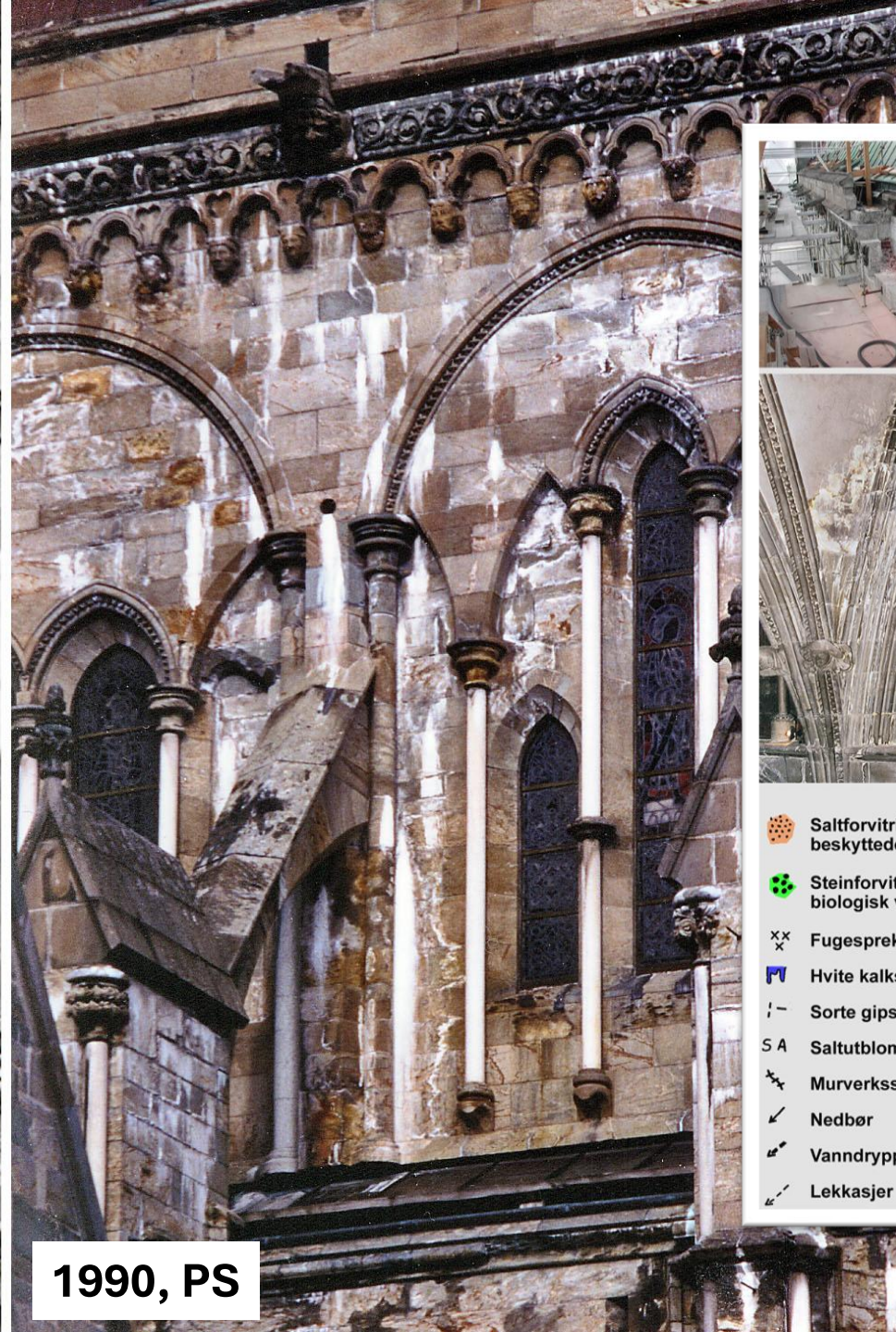
- Materialer
- Grunnen
- Bruken
- Atmosfæren

Nidarosdomen

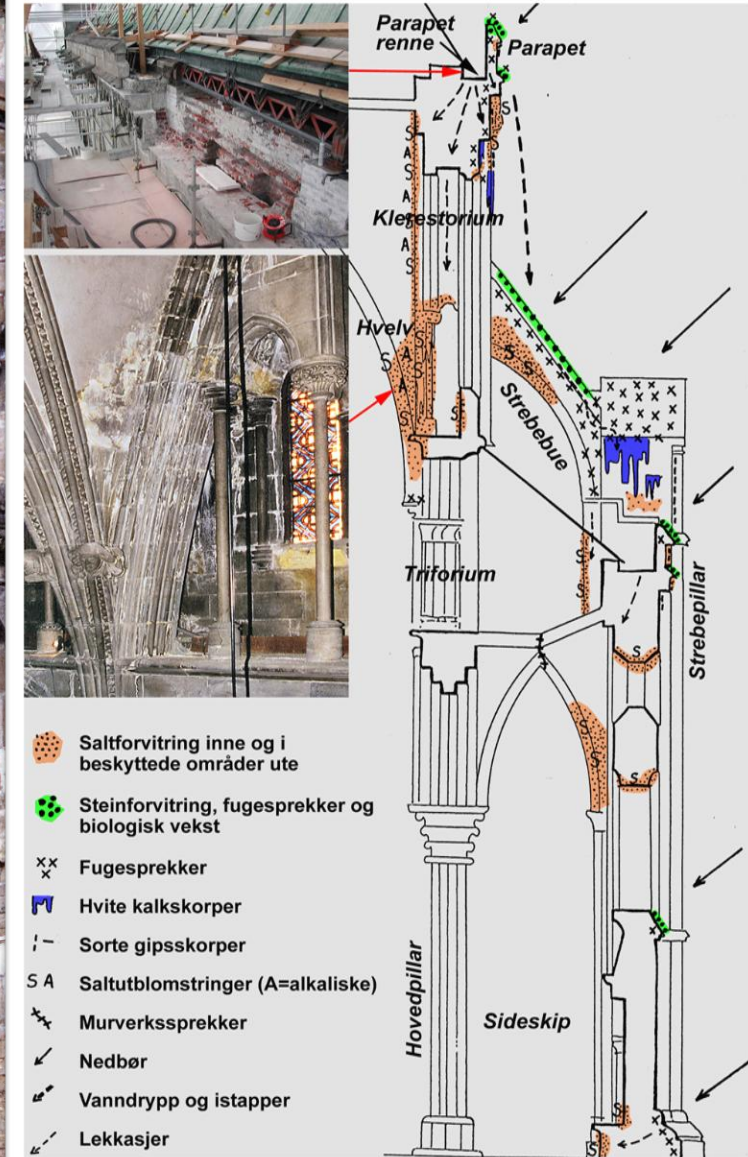
Lekkasjer og enorm saltforvitring



1890, NDRs arkiv



1990, PS



Restaurering i 20 år
- inkl. beslag overalt...

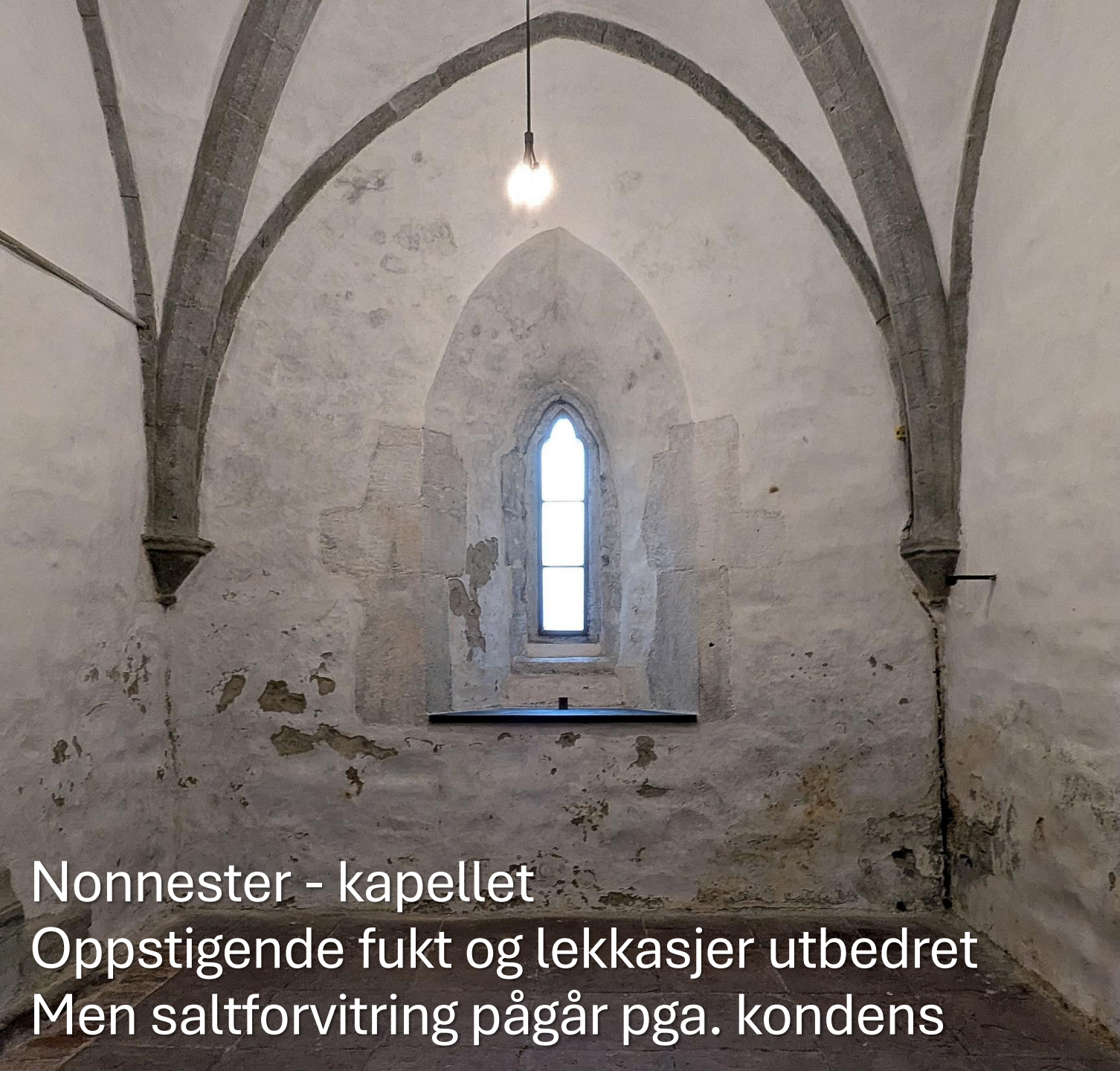


Mariakirken

lekkasjer før
langvarig
restaurering







Nonnester - kapellet
Oppstigende fukt og lekkasjer utbedret
Men saltforvitring pågår pga. kondens



Lepramuseet
St. Jørgen hospital
Oppstigende fukt

