

SBF BK F07018 – Fortrolig

RAPPORT

Nytt Operahus, Oslo Fargeendring av innendørs marmorgulv Vurdering av årsaker og tiltak

Lisbeth Alnæs, Ola Skjølvold

SINTEF Byggforsk

Byggematerialer og konstruksjoner

Desember 2007

www.sintef.no



SINTEF Byggforsk
Byggematerialer og konstruksjoner

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøk: Richard Birkelands vei 3
Telefon: 73 59 52 24
Telefaks: 73 59 71 36

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Nytt Operahus, Oslo
Fargeendring på innendørs marmorgulv
Vurdering av årsaker og tiltak

FORFATTER(E)

Lisbeth Alnæs, Ola Skjølvold

OPPDRAKSGIVER(E)

Statsbygg

RAPPORTNR. SBF BK F07018	GRADERING Fortrolig	OPPDRAKSGIVERS REF. Roar Bjordal, Erling Magnusson	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN	PROSJEKTNR. 3D0032.02	ANTALL SIDER OG BILAG 29 + 8
ELEKTRONISK ARKIVKODE SBF BK F07018_SINTEF rapport_Innendørs gulv_Opera.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Lisbeth Alnæs <i>Lisbeth Alnæs</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Harald Justnes <i>Harald Justnes</i>
ARKIVKODE 571	DATO 2007-12-12	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Einar Aassved Hansen, forskningssjef <i>Einar Aassved Hansen</i>	

SAMMENDRAG

SINTEF Byggforsk har tidligere bistått Statsbygg med tekniske vurderinger relatert til Nytt Operahus i Bjørvika, Oslo.

I 2007 er fargeendringer stedvis oppdaget på Carrara La Facciata marmor brukt i innendørs gulv og på utvendige flater. Statsbygg har i denne forbindelsen bedt SINTEF om å bistå i arbeidet med å vurdere mulige årsaker, kilder og tiltak. Foreliggende rapport er konsentrert om innendørs gulv.

Det er foretatt diverse laboratorieanalyser og forsøk. SINTEF Byggforsk har hatt dialog med Belgian Building Research Institute, BBRI og andre i sakens anledning. Flere fra SINTEF og NTNU har bistått i arbeidet.

Dannelse av jernhydroksid fra oksidasjon av svovelkis, som er kjent for å kunne gi fargeendring i marmoren, kan ikke forklare inntrufne fargeendring. Slik jernhydroksid vil være vanskelig å fjerne.

Inntrufne fargeendring innendørs forsvinner ved tørking og også ved bruk av hydrogenperoksid. Fargen kan fjernes.

Vi finner det sannsynlig at denne fargeendringen er av organisk eller organometallisk karakter. Så langt vi kan konkludere kan kilden være relatert til organiske eller uorganiske sporstoffer i marmoren, eller til andre materialer anvendt ved leggingen. Uansett hvilken forbindelse dette er, kan fargen fjernes.

Det er i rapporten fremsatt forslag til tiltak som bør gjennomføres innendørs nå. Forhold tilknyttet innendørs gulv på lengre sikt er kommentert, og det er gitt noen kommentarer til utvendige flater med marmor.

Det henvises for øvrig til oppsummering og konklusjoner som er samlet i kapittel 1 i rapporten.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Byggeteknikk	Building Technology
GRUPPE 2	Betong	Concrete
EGENVALGTE	Naturstein	Natural Stone
	Gulv	Floor

1 Oppsummering og konklusjoner. Innendørs gulv

Basert på undersøkelser og vurderinger foretatt så langt kan SINTEF gi følgende svar og forslag tilknyttet fargeendring av marmor på innendørs gulv ved Nytt Operahus, Oslo.

Fargeendringen skyldes ikke jernhydroksid, og den kan fjernes

- Fargeendringen som har inntruffet i Carrara La Facciata representerer ikke en mineralisk jernforbindelse (jernhydroksid/limonitt). Jernholdige mineraler som er til stede i marmoren, for eksempel svovelkis (pyritt, FeS_2) eller hematitt (Fe_2O_3), kan ikke forklare den oppståtte fargeendringen.
- Den vanligste forklaringen på fargeendring av Carrara-marmor, og som SINTEF i sine tidligere arbeider har beskrevet, kan således ikke legges til grunn i foreliggende tilfelle.
- Vi finner det sannsynlig at inntrufne fargeendring er av organisk eller organometallisk karakter.
- Uansett hvilken forbindelse dette er, kan fargen fjernes.
 - Gulfargen forsvinner ved tørking av steinen.
 - Gulfargen forsvinner ved bruk av hydrogenperoksid (H_2O_2).
 - Fargen ville ikke ha forsvunnet dersom det var et jernhydroksid som var blitt dannet.
- Fuktnivå og pH ser ut til å være viktige parametere for den inntrufne fargeendringen.
 - Ved uttørking av en organisk forbindelse kan fargen etter hvert miste intensitet/forsvinne. Laboratorieforsøk viser at fargen i marmorens overflate stedvis endres i løpet av uttørkingen, fra gul til oransje, før den forsvinner.
 - Organiske forbindelser kan endre farge avhengig av pH. Laboratorieforsøk viser at farge på marmorprøver som har forsvunnet ved tørking, kan komme tilbake igjen når prøven oppbevares i sterkt alkalisk vannmiljø. Denne nyinntrufne gulfargen forsvinner også både ved påfølgende tørking og ved bruk av hydrogenperoksid.
 - Tilnærmet rent vann (med noe forhøyet pH) ser også ut til å kunne bringe fargen fram igjen.
- Videre arbeid bør innrettes mot identifisering av forbindelsen som har gitt fargeendringen.

Mulige kilder og forklaringer

- Så langt vi kan konkludere kan fargen være relatert til organiske eller uorganiske sporstoffer i marmoren, eller til andre materialer anvendt ved leggingen.
- Vi har pr. dato ikke etablert nok kunnskap eller gjort tilstrekkelige undersøkelser til å identifisere kilden til fargeendringen. Det har derfor heller ikke vært mulig å fullt ut forklare mekanismen for de endringene som har inntruffet.
- Fenomenet ser ut til å ha sammenheng med fukt- og pH-nivå.

- Fenomenet kan ha sammenheng med variasjoner i selve steinmaterialet. Dette baseres på det faktum at steiner rett ved siden av hverandre oppfører seg forskjellig ved tilsynelatende lik eksponering. Slike variasjoner kan være porøsitet, innhold av organisk materialer eller sporstoffer av ikke-organisk karakter.
- Andre kilder som ikke kan utelukkes er:
 - materiale brukt for tildekking etter legging (veiduk, papp, trefinérplater)
 - forurensing (humus, jernforbindelser) i mørtelsanden eller blandevann
 - organiske bestanddeler i lim eller fugemasse
- En hypotese for mekanismen er at fukt har kommet primært opp gjennom fugene, eventuelt i kombinasjon med fukt som trekkes opp kapillært eller i dampfase gjennom steintykkelsen, og lokalt har ført til høyt innhold av fukt med høy pH i steinen.
- Tildekkingen kan ha hindret avdamping av vann og bidratt til forhøyet fuktinnhold i steinen.

Forslag til tiltak

- Det at den oppståtte gulfargen forsvinner ved tørking gir føringer for hvilke tiltak som bør settes inn, og i hvilken rekkefølge.
- Det er mye gjenværende fukt (målt til i størrelsesorden 10 l/m^2) i settemassen under steinplatene, og også steinplatene inneholder noe fukt (målt til $0,3 \text{ l/m}^2$). Alle tiltak, både på kort og lang sikt, som kan bidra til opptørking av konstruksjonen, og tiltak som kan redusere påfølgende fukt- og vannpåkjenning er hensiktsmessig.
- SINTEF anbefaler at hele gulvet avdekkes umiddelbart, dvs. at veiduk, papp og finerplater fjernes da tildekkingen anses å ha bremsende effekt på uttørking av steinoverflaten.
- Fuktig inneluft bør reduseres i så stor grad som det er mulig. Uttørking må naturligvis ses i sammenheng med andre behov innendørs.
- Det ligger varmerør i påstøp under settelag og fuktsperren av to lag plast. SINTEF anbefaler at gulvvarmen settes på nå. Nivå og omfang må nærmere avklares.
- Tiltak for å redusere fuktinnholdet i steinen på lang sikt bør utredes nærmere i samråd med Statsbygg.
- Det har vært gjort forsøk på sliping av steinoverflaten av Naturstein AS. Sliping av gulvet har ingen hensikt så lenge gulfargen ikke sitter kun i overflata og forsvinner ved uttørking. SINTEF anbefaler derfor ikke videre forsøk med sliping av gulvet på nåværende tidspunkt. Sliping kan være et aktuelt tiltak på lang sikt.
- Hydrogenperoksid fjerner den oppståtte gulfargen. SINTEF anbefaler imidlertid ikke bruk av hydrogenperoksid på nåværende tidspunkt med begrunnelse i at dette kan fremprovosere oksidasjon av svovelkis i marmoren.
- Videre arbeid bør ha som målsetning å finne fram til andre midler/metoder som kan fjerne fargeendring.

Videre utvikling av innendørs gulv. Overflatebehandling og driftsvedlikehold.

SINTEF har overslagsmessig beregnet at det kan ta lang tid å få ut restfukten fra mørtelen. Uttørkingen vil ha stor betydning for gulvets videre utvikling, fordi den fargeendringen som nå har inntruffet vil forsvinne ved uttørking. Vi har ikke klart å fastslå hvilken grad av uttørking som er nødvendig for at fargeendringen skal forsvinne.

Vi har funnet at det kan komme ny fargeendring av samme karakter ved nye fuktpåkjenninger (basisk fukt). Hvor stor betydning fuktnivå, uttørking etc. har i denne prosessen kan vi ikke svare på pr. i dag.

Erfaringer fra BBRI viser at fargeforandringer som følge av oksidasjon av svovelkis eller hematitt og påfølgende utvikling av jernhydroksid, ofte kommer 8-12 måneder etter montasje. SINTEF kan derfor ikke utelukke at en slik endring kan skje på innendørs gulv. Jernhydroksid er tungtløselig og vanskelig å fjerne.

SINTEF har gjennomgått en del forslag til ulike kjemikalier og prosedyrer for fjerning av jernhydroksid, blant annet fra BBRI. Vi har ikke diskutert eller vurdert slike forslag.

Forhold rundt fremtidig behandling, drift og vedlikehold av innendørs gulv er heller ikke tatt opp her. SINTEF vil, som vi også tidligere har nevnt, i denne omgangen bare fremheve betydningen av tørre rengjøringsmetoder på gulvet, og at rengjøringskjemikalier som gir basiske løsninger ikke må brukes.

SINTEF anbefaler at innvendig gulv overflatebehandles, men type impregnering samt tidspunkt for en behandling må vurderes nærmere.

Kommentarer til marmor utendørs

På utvendige marmorflater er fargeendring inntruffet på skråtak. Diffus, gulbrun farge ses i enkeltplater. Dette ses best der overflaten er slipt (ikke prikkhogd), noe som er naturlig ut fra forskjell i ruhet.

Fargeforandring er ikke rapportert for marmorgesimsene, dvs. der steinen er montert mekanisk i luftet kledning. En svak gulfarging av marmor er registrert på noen plater som ligger i sand, etter det vi har fått opplyst.

- For å kunne avgjøre om fargeforandringene er av tilsvarende karakter som for innendørs gulv, eller om den representerer en jernhydroksidforbindelse, må det foretas nærmere undersøkelse.
- Vi anbefaler at det prøves ut hydrogenperoksid på noen plater på taket i første omgang. Dersom fargen forsvinner, indikerer dette tilsvarende kilde og mekanisme som innendørs. En slik avklaring vil bidra til at en bedre kan belyse kilder og årsaker, siden det både er likheter og ulikheter i oppbygging, materialbruk og eksponeringsforhold inne og ute.
- SINTEF har overfor Statsbygg også anbefalt at det bør tas opp en prøve fra taket for nærmere undersøkelser.