

**SINTEF Building and Infrastructure** Stud. techn. Mari Bøhnsdalen Eide (NTNU, IBAT) og  
stud. techn. Ingrid Hegseth (NTNU, IKT)

# Klassifiseringsverktøy for forskalte betongflater

(Classification system for formed concrete surfaces)

COIN Master 1 - 2009



SINTEF Building and Infrastructure

Stud. techn. Mari Bøhnsdalen Eide (NTNU, IBAT) og stud. techn. Ingrid Hegseth (NTNU, IKT)

# **Klassifiseringsverktøy for forskalte betongflater**

(Classification system for formed concrete surfaces)

COIN Master nr 1

Stud. techn. Mari Bøhnsdalen Eide (NTNU, IBAT) og stud. techn. Ingrid Hegseth (NTNU, IKT)

### **Klassifiseringsverktøy for forskalte betongflater**

(Classification system for formed concrete surfaces)

Keywords:

Betongoverflater, klassifiseringssystem, porer, gråtone

Photo, cover: Brigde, «Svinesundbrua»

© Copyright SINTEF Building and Infrastructure 2009

The material in this publication is covered by the provisions of the Norwegian Copyright Act. Without any special agreement with SINTEF Building and Infrastructure, any copying and making available of the material is only allowed to the extent that this is permitted by law or allowed through an agreement with Kopinor, the Reproduction Rights Organisation for Norway. Any use contrary to legislation or an agreement may lead to a liability for damages and confiscation, and may be punished by fines or imprisonment.

Address: Forskningsveien 3 B  
POBox 124 Blindern  
N-0314 OSLO

Tel: +47 22 96 55 55

Fax: +47 22 69 94 38 and 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)  
[www.coinweb.no](http://www.coinweb.no)

#### **Cooperation partners / Consortium Concrete Innovation Centre (COIN)**

##### **Aker Solutions**

Contact: Jan-Diederik Advocaat  
Email: [jan-diederik.advocaat@akersolutions.com](mailto:jan-diederik.advocaat@akersolutions.com)  
Tel: +47 67595050

##### **NTNU**

Contact: Terje Kanstad  
Email: [terje.kanstad@ntnu.no](mailto:terje.kanstad@ntnu.no)  
Tel: +47 73594700

##### **Spenncon AS**

Contact: Ingrid Dahl Hovland  
Email: [ingrid.dahl.hovland@spenncon.no](mailto:ingrid.dahl.hovland@spenncon.no)  
Tel: +47 67573900

##### **Borregaard Ligno Tech**

Contact: Kåre Reknes  
Email: [kare.reknes@borregaard.com](mailto:kare.reknes@borregaard.com)  
Tel: +47 69118000

##### **Rescon Mapei AS**

Contact: Trond Hagerud  
Email: [trond.hagerud@resconmapei.no](mailto:trond.hagerud@resconmapei.no)  
Tel: +47 69972000

##### **Norwegian Public Roads Administration**

Contact: Kjersti K. Dunham  
Email: [kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no](mailto:kjersti.kvalheim.dunham@vegvesen.no)  
Tel: +47 22073940

##### **mæxit Group AB**

Contact: Geir Norden  
Email: [geir.norden@mæxit.no](mailto:geir.norden@mæxit.no)  
Tel: +47 22887700

##### **SINTEF Building and Infrastructure**

Contact: Tor Arne Hammer  
Email: [tor.hammer@sintef.no](mailto:tor.hammer@sintef.no)  
Tel: +47 73596856

##### **Unicon AS**

Contact: Stein Tosterud  
Email: [stto@unicon.no](mailto:stto@unicon.no)  
Tel: +47 22309035

##### **Norcem AS**

Contact: Terje Rønning  
Email: [terje.ronning@norcem.no](mailto:terje.ronning@norcem.no)  
Tel: +47 35572000

##### **Skanska Norge AS**

Contact: Sverre Smeplass  
Email: [sverre.smeplass@skanska.no](mailto:sverre.smeplass@skanska.no)  
Tel: +47 40013660

##### **Veidekke Entreprenør ASA**

Contact: Christine Hauck  
Email: [christine.hauck@veidekke.no](mailto:christine.hauck@veidekke.no)  
Tel: +47 21055000



|  |                                |   |                 |
|--|--------------------------------|---|-----------------|
| Oppgavens tittel:<br><br><b>Klassifiseringsverktøy for forskalte betongflater</b><br><br>(Classification system for formed concrete surfaces)          | Dato: 10.06.2009               |   |                 |
|  | Antall sider (inkl. bilag): 98 |   |                 |
|  | Masteroppgave                  | X | Prosjektoppgave |
| Navn: Stud.techn.<br>Mari Bøhnsdalen Eide og Ingrid Hegseth  |                                |   |                 |
| Faglærer/veileder:<br>Amund Bruland, Institutt for bygg, anlegg og transport   |                                |   |                 |
| Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:<br>Sverre Smeplass, SKANSKA Norge AS (veileder)<br>Hedda Vikan, SINTEF Byggforsk (kontaktperson COIN) |                                |   |                 |

|   |
|---|
| <p>Ekstrakt:</p> <p>Målet med denne oppgaven har vært å lage et klassifiseringssystem for forskalte betongoverflater med tanke på porer, poreantall, gråtone og gråtonevariasjoner. I tillegg er det forsøkt å finne egnede metoder for å måle disse variablene.</p> <p>For porer viste det seg at metoden med å ta bilder av veggen og deretter telle porene ved hjelp av disse bildene fungerte bra. Det ble også etablert et kvantitativt og direkte målbart klassifiseringssystem med tanke på porer og porestørrelser. Gråtone og gråtonevariasjon ble forsøkt målt både ved hjelp elektronisk og manuelt måleutstyr. Det viste seg å være liten sammenheng mellom målt svarhetsgrad og visuell oppfattelse av overflaten. Klassifiseringssystemet ble derfor etablert som en kombinasjon av subjektive vurderinger i forhold til bilder, samt noen enkle, målbare grenser for svarhetsgrad.</p> |
|---|

Stikkord:

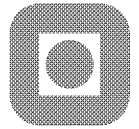
|                          |
|--------------------------|
| 1. Betongoverflater      |
| 2. Klassifiseringssystem |
| 3. Porer                 |
| 4. Gråtone               |

---

Mari Bøhnsdalen Eide

---

Ingrid Hegseth



## MASTEROPPGAVE 2009

For stud. techn.  
Mari Bøhnsdalen Eide (IBAT)  
og  
Ingrid Hegseth (IKT)

### **Klassifiseringsverktøy for forskalte betongflater**

Classification system for formed concrete surfaces

#### **Innledning**

Vi har i dag ikke noe egnet verktøy for å beskrive ønsket utseende på betongoverflater i prosjekteringsammenheng, og arkitekter som ønsker seg bestemte uttrykk har ikke annet valg enn å peke på referanseprosjekter, eller bestille prøvestøp.

En av aktivitetene i COIN-programmet har satt seg som mål å lage et slikt verktøy, dvs et klassifiseringssystem for betongoverflater, med målbare størrelser som definerer de ulike kvalitetsklassene. Verktøyet er tenkt formet som en publikasjon i serien til Norsk Betongforening. I tillegg til klassifiseringssystemet skal publikasjonen inneholde en veiledning om hvilke parametre som styrer overflatekvalitet, og hva man kan gjøre på byggeplassen for å sikre et godt resultat.

#### **Oppgave**

Oppgaven går ut på å vurdere aktuelle målemetoder for karakterisering av forskalte betongoverflater. Det skal gjennomføres et feltstudium på et antall byggeprosjekter med eksponerte betongflater, der valgt prøvingsmetodikk brukes til å karakterisere betongflatene.

Resultatene behandles statistisk, og skal bearbeides slik at de kan danne grunnlag for et forslag til klassegrenser for størrelser som farge,- fargevariasjon, porestørrelser og –antall. Dette gir også behov for å definere hva som er normalt variasjonsområde, og hva vi oppfatter som høy kvalitet og lav kvalitet. Til dette kan det være aktuelt å ta kontakt med en eller flere arkitekter som har synspunkter på hva som er ønsket kvalitet i ulike sammenhenger.

**Gjennomføring**

Oppgaven utføres i fellesskap av de to studentene som er knyttet til hvert sitt institutt. Besvarelsen utformes og skrives slik at den kan sensureres som et felles arbeid med felles karakter for de to studentene.

Oppgaven utføres delvis på NTNU, delvis i felt. SKANSKA og SINTEF / COIN vil legge forholdene til rette for gjennomføring av oppgaven, inkludert innkjøp av utstyr, opplæring, evt assistanse i laboratoriet og felt, og dekning av reiseutgifter.

Prosjektgruppen i COIN vil bistå med faglig hjelp og veiledning, og vil delta aktivt i planleggingsarbeidet. Veileder hos SKANSKA er Sverre Smeplass. Kontakt hos SINTEF er Hedda Vikan. Gjennomføringen av oppgaven skal tilpasses de ressurser som stilles til disposisjon.

Oppgaven er utlevert 19. januar 2009, og skal innleveres innen 15. juni 2009.

2009-01-19



Amund Bruland

## SAMMENDRAG

Det finnes per dags dato ikke noe klassifiseringssystem som betongbransjen i Norge anser som godt nok egnet til å beskrive overflatekvalitet på forskalte synlige betongoverflater. Slike systemer eksisterer imidlertid i land som Danmark, Tyskland og Sverige. Innenfor COIN-programmet, Prosjekt 2 "Improved construction technology" er det derfor ønsket å utarbeide et slikt verktøy også i Norge. Det er her denne masteroppgaven vil bidra.

Med arbeidet vårt håper vi å oppnå noen mål som gjør at det kan brukes videre i COIN. Det første målet er å utvikle og prøve ut metoder for å måle porestørrelse og poreantall, gråtone og gråtone-variasjon på forskalte, synlige betongoverflater. Det er tatt et valg om å bruke objektive, kvantitative metoder for å beskrive betongoverflatene. For porer har vi prøvd å ta bilder og deretter telle porer på utskrift. Denne metoden har fungert bra. For gråtone har vi prøvd å måle med både NCS lyshetsmåler og NCS fargemåler. Vi kom her frem til at NSC fargemåleren var mest pålitelig, og har brukt denne til å måle både lokal og global variasjon i gråtone over vegger.

Vi har også satt et mål om å etablere et klassifiseringssystem for å beskrive forskalte, synlig betongoverflater på bakgrunn av innsamlede data. For porer har vi lyktes i å etablere et veldokumentert forslag til klassifisering. Systemet er direkte målbart og basert på kvantitative metoder. Det består av fire klasser hvor krav til antall porer innenfor størrelsesområdene 1-5, 5-10 og 10-15 mm er gitt. I tillegg kommer én prosjektspesifikk klasse, samt én klasse hvor ingen krav stilles.

For gråtone har vi ikke lyktes like bra i å etablere et objektivt og kvantitativt klassifiseringssystem. Hovedårsaken var at resultatene våre ikke viste noen entydig sammenheng mellom visuelt observerte variasjoner i gråtone og numerisk målt svarthetsgrad. Det er likevel forsøkt etablert et klassifiseringssystem på bakgrunn av de innsamlede data. Dette systemet har samme oppbygning av klassene som systemet for porer, med fire vanlige klasser, én prosjektspesifikk klasse og én klasse uten noen krav. Klassifiseringssystemet setter subjektive krav til variasjon i gråtone på betongoverflaten. Det forsøker å si noe om de geometriske egenskapene til variasjonen, og sammen med eksempelbilder er det en forbedring av eksisterende system. I tillegg settes noen kvantitative numeriske krav til største tillatte forskjell i registrert gråtone over veggen. Dette systemet ser vi på som ufullstendig, og man bør i videre arbeid søke å lage et mer objektivt system.

## FORORD

Masteroppgaven er skrevet ved Institutt for konstruksjonsteknikk og Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU våren 2009. Oppgaven er skrevet i samarbeid med SKANSKA Norge AS og SINTEF Byggforsk, og inngår i et delprosjekt fra forskningsprogrammet Concrete Innovation Centre (COIN). COIN er et senter for forskningsdrevet innovasjon drevet av SINTEF Byggforsk. Med denne masteroppgaven følger et cd-vedlegg, hvor alt av innsamlet data og beregninger vist.

En stor takk rettes til Sverre Smeplass og Hedda Vikan for tett og god faglig oppfølging. Ved NTNU ønsker vi å takke Amund Bruland som har vært faglærer og Ove Loraas i laboratoriet ved Institutt for konstruksjonsteknikk for hjelp og veiledning med utstyr til gjennomføring. Oppgaven har krevd mye feltarbeid. Vi kunne ikke ha gjennomført oppgaven uten hjelp fra de enkelte prosjektene vi fikk besøke, og vil derfor rette en takk til alle som har hjulpet oss med dette. I tillegg ønsker vi å takke alle andre som har hjulpet oss med små og store spørsmål gjennom arbeidet.

Vi ønsker felles bedømming på masteroppgaven.

Trondheim, juni 2009

Mari Bøhnsdalen Eide

Ingrid Hegseth



## INNHold

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Innledning.....                                   | 1  |
| 2   | Oppgave og målsetting.....                        | 1  |
| 2.1 | Bakgrunn for oppgaven og dens begrensninger ..... | 1  |
| 2.2 | Målsetting.....                                   | 2  |
| 3   | Dagens status – et litteraturstudium .....        | 3  |
| 3.1 | Generelt.....                                     | 3  |
| 3.2 | Norske standarder og spesifikasjoner .....        | 3  |
| 3.3 | Svenske spesifikasjoner .....                     | 7  |
| 3.4 | Dansk spesifikasjon.....                          | 8  |
| 3.5 | Tysk spesifikasjon .....                          | 9  |
| 4   | Metode .....                                      | 11 |
| 4.1 | Generelt.....                                     | 11 |
| 4.2 | Porer .....                                       | 11 |
| 4.3 | Gråtone.....                                      | 11 |
| 5   | Definisjoner .....                                | 12 |
| 5.1 | Pore .....  | 12 |
| 5.2 | Poresky .....                                     | 13 |
| 5.3 | NCS-systemet .....                                | 14 |
| 5.4 | Gråtone/svarthet.....                             | 14 |
| 6   | Beskrivelse av utstyr og prosedyre.....           | 15 |
| 6.1 | Utstyr.....                                       | 15 |
| 6.2 | Prosedyre.....                                    | 17 |
| 7   | Prosjektinformasjon .....                         | 19 |
| 7.1 | Amfi Steinkjer .....                              | 19 |
| 7.2 | Gyldendalhuset.....                               | 19 |
| 7.3 | Kristen videregående skole (KVT).....             | 20 |
| 7.4 | Lysaker stasjon .....                             | 20 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 7.5  | Lørenskog nye senter .....                       | 21 |
| 7.6  | Nortura Malvik .....                             | 21 |
| 7.7  | Oslo Z.....                                      | 22 |
| 7.8  | Realfagbygget .....                              | 22 |
| 7.9  | Smykkeskrinet .....                              | 23 |
| 8    | Porer: Resultater, analyse og erfaringer .....   | 24 |
| 8.1  | Presentasjon og analyse av innsamlede data.....  | 24 |
| 8.2  | Erfaringer og analyse.....                       | 27 |
| 9    | Gråtone: Resultater, analyse og erfaringer ..... | 29 |
| 9.1  | Lyshetsmåler som målemetode .....                | 29 |
| 9.2  | Lokale variasjoner.....                          | 31 |
| 9.3  | Globale variasjoner.....                         | 36 |
| 9.4  | Erfaringer og analyse.....                       | 41 |
| 10   | Klassifiseringssystem for betongoverflater ..... | 44 |
| 10.1 | Porer .....                                      | 44 |
| 10.2 | Gråtone.....                                     | 47 |
| 11   | Evaluering av klassifiseringssystemet.....       | 49 |
| 11.1 | Porer .....                                      | 49 |
| 11.2 | Gråtone.....                                     | 50 |
| 12   | Videre arbeid .....                              | 52 |
| 12.1 | Generelt.....                                    | 52 |
| 12.2 | Porer .....                                      | 52 |
| 12.3 | Gråtone.....                                     | 53 |
| 13   | Konklusjon .....                                 | 54 |
| 14   | Kilder.....                                      | 55 |
| 15   | Vedlegg .....                                    | 57 |

## TABELLISTE

|   |    |
|---|----|
| Tabell 1: Overflatetoleranseklasser fra NS 3420-L:2003 .....            | 4  |
| Tabell 2: Svensk klassifisering av porer (9).....                       | 8  |
| Tabell 3: Dansk klassifisering av porer (10) .....                      | 9  |
| Tabell 4: Tysk klassifisering av fargejevnhet (1) .....                 | 10 |
| Tabell 5: Tysk klassifisering av porer (11).....                        | 10 |
| Tabell 6: Visuell vurdering av betongoverflate med tanke på porer ..... | 24 |
| Tabell 7: Poreantall i visuelt vurderte rammer .....                    | 26 |
| Tabell 8: Visuell vurdering av gråtonens jevnhet .....                  | 32 |
| Tabell 9: Gruppering av gråtone med målte verdier av svarthet.....      | 34 |
| Tabell 10: Lokal variasjon på elementer.....                            | 36 |
| Tabell 11: Global variasjon i gråtone på KVT.....                       | 37 |
| Tabell 12: Global variasjon i gråtone på Realfagbygget .....            | 39 |
| Tabell 13: Global variasjon i gråtone på Nortura Malvik.....            | 40 |
| Tabell 14: Global variasjon over alle elementer på Nortura Malvik ..... | 41 |
| Tabell 15: Lokale krav til overflateporer .....                         | 44 |
| Tabell 16: Globale krav til overflateporer .....                        | 44 |
| Tabell 17: Kvalitativ klasseinndeling mht gråtone.....                  | 47 |

## FIGURLISTE

|   |    |
|---|----|
| Figur 1: Klasseinndeling for planhets- og retningstoleranser fra NS 3420-1:2008 (4) .....   | 4  |
| Figur 2: Toleranseklasser fra Prosesskode 2 (6) .....                                       | 5  |
| Figur 3: Inndeling av Konstruksjonsdeler fra prosesskode 2 (6) .....                        | 6  |
| Figur 4: Krav til porer i AMA Hus 2008 ” betongytør - ytojevnheter, klass A och B” (8)..... | 7  |
| Figur 5: Overflate hvor porer i området 1-5 er svært viktige for flatens utseende .....     | 12 |
| Figur 6: Poresky (13).....  | 13 |
| Figur 7: Fargene NCS-systemet er basert på (13).....  | 14 |
| Figur 8: Ramme som avgrensar prøveområde .....  | 15 |
| Figur 9: NCS fargemåler.....  | 16 |
| Figur 10: NCS lyshetsmåler .....  | 16 |
| Figur 11: NCS lyshetsmåler med 18 gråtoner .....  | 16 |
| Figur 12: Mal til fargemålinger .....   | 17 |
| Figur 13: Bilde av lyshetsmåler uten blits.....   | 30 |
| Figur 14: Bilde av lyshetsmåler med blits.....  | 31 |
| Figur 15: Element 1, 3 og 4 på sørvegg Nortura Malvik .....                                 | 35 |
| Figur 16: Oversiktsbilde kortvegg KVT.....  | 36 |
| Figur 17: Detaljbilde kortvegg KVT .....  | 37 |
| Figur 18: Realfagbiblioteket ramme 3 .....  | 38 |
| Figur 19: Realfagbiblioteket ramme 4 .....  | 38 |
| Figur 20: Realfagbiblioteket ramme 5 .....  | 39 |
| Figur 21: Fasade sørvegg Nortura Malvik.....  | 40 |

# 1 INNLEDNING

Per dags dato finnes det ikke noe verktøy som betongbransjen i Norge anser som egnet for å beskrive betongoverflater med tanke på estetisk uttrykk. Bransjen har ansett de tilgjengelige utenlandske systemene som dårlig egnet, og ønsker derfor å utvikle et eget system.

Denne oppgaven er skrevet som en del av COIN-programmet, hvor formålet er å utvikle et klassifiseringssystem for forskalte betongoverflater. Dette er en delaktivitet innenfor Prosjekt 2 "Improved Construction Technology". Prosjektet har bred deltagelse fra bransjen og ledes av SINTEF Byggforsk. Klassifiseringssystemet inngår i arbeidet med å revidere Norsk Betongforening publikasjon 9 - Veiledning for beskrivelse av synlige betongoverflater, plasstøpte konstruksjoner.

(1) (2)

## 2 OPPGAVE OG MÅLSETTING

### 2.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN OG DENS BEGRENSNINGER

I desember 2008 ble det innenfor COIN, delprosjektet 2, holdt et møte hvor statusen fra tidligere aktivitet innen beskrivelse av betongoverflater ble oppsummert. Det ble her nevnt at å revidere Norsk Betongforenings publikasjon 9 var et mulig mål for videre arbeid. Det har blitt gjort en del vurderinger og tanker rundt et nytt norsk klassifiseringssystem for forskalte betongoverflater på bakgrunn av eksisterende system i andre land. Aktuell oppbygning av systemet og målemetoder er tema som nevnes i møtereferatet. Dette dokumentet inneholder gode føringer og utgangspunkt for vår oppgave. Vi velger å forholde oss til dokumentet og forslagene som legges frem her, ettersom dette også utgjør rammene for arbeidet med å utarbeide en ny norsk spesifisering.

Klassifiseringssystemet som ønskes utviklet vil basere seg på målbare størrelser som definerer de ulike kvalitetsklassene for porer og gråtone. Publikasjonen skal kun omhandle ubehandlede, forskalte, synlige flater. Med utgangspunkt i klassifiseringssystemet er det ønskelig at arkitekt og entreprenør sammen skal kunne avstemme sine forventninger til betongens overflate.

For å kunne definere et system for karakterisering av betongoverflater er det sentralt å finne ut hva som er normalt variasjonsområde, og hva som anses som høy og lav kvalitet. Oppgaven går derfor ut på å fastsette klassegrensene på bakgrunn av innhentede data. Det er ønsket at disse dataene skal gjenspeile hele spekteret i det naturlige variasjonsområdet for forskalte betongoverflater. I denne prosessen inngår da også å finne egnede målemetoder som kan brukes i datainnsamlingen og anbefales videre brukt i publikasjonen. Klassene for farge og porer bør være uavhengige slik at de kan spesifiseres hver for seg.

#### 2.1.1 PORER

Poreantall og -størrelse er foreslått registrert ved hjelp av digitale fotografier, innenfor et gitt avgrenset område. Vi anså før oppstart av arbeidet at dette kunne være en brukbar, og i tillegg etterprøvbart metode, ettersom bildene kan arkiveres uavhengig av hva som skjer med overflaten i ettertid. En viktig del av oppgaven blir da å komme frem til en metode som gjør at gode bilder kan

tas under de fleste forhold. Måleområdet er foreslått avgrenset ved hjelp av en aluminiumsramme med mål 60 x 60 cm, som igjen er inndelt i ni ruter på 20 x 20 cm. Dette har vi ansett som en god avgrensning.

Poreskyer er ønsket undersøkt som en del av prosjektet, men det nevnes også at dette er svært tidkrevende. På grunn av tidsaspektet vårt har vi ikke kunnet undersøke dette i denne masteroppgaven. Vi har derfor heller ikke klart å foreslå egnede og enkle metoder for denne registreringen.

Klassesystemet blir av COIN foreslått utformet med fem klasser: A til D, samt klasse 0. Klasse D er en prosjektspesifikk klasse hvor kravene angis i kontrakt, evt. med en henvisning til referanseprosjekt, mens klasse 0 angir at ingen krav er satt til overflaten.

### **2.1.2 GRÅTONE**

Det spesifiseres i oppgaveteksten at farge og fargevariasjoner på betongoverflatene skal undersøkes. Det finnes ikke noen etablert prosedyre for å måle verken farge eller gråtone, og vi har derfor valgt å konsentrere oss kun om gråtone i første omgang. Fargemåling inneholder flere faktorer enn kun gråtone, og vi anser derfor gråtone som et bedre og enklere utgangspunkt å starte fra. Gråtone og gråtonevariasjon er fremdeles utfordrende å måle, og det foreslås derfor i møttereferatet flere alternative metoder. Direkte måling ved hjelp av både NCS lyshetsmåler og en elektronisk NCS fargemåler, samt måling i ettetid ved hjelp av fotografier, er metoder som foreslås som aktuelle. Alle disse tre metodene er gjennom arbeidet med datainnsamlingen blitt testet. Målingene tas i samme område som poretellingen foregår, avgrenset av den foreslåtte aluminiumsrammen. Det foreslås 10 målepunkt per 20 x 20 cm rute, men dette har i løpet av arbeidet blitt redusert til ni for enkelhetens og symmetriens skyld.

Klasseinndelingen for farge/gråtone er som for porer foreslått å bestå av fem klasser: A til D, samt klasse 0 for overflater som det ikke settes krav til. Klasse D er en prosjektspesifikk klasse. Skjolding i form av skitt og rust nevnes i eksisterende klassifiseringssystemer samt i møttereferatet, men har blitt nedprioritert i vårt arbeid fordi det forstyrrer målingen av gråtone. (1) (2)

## **2.2 MÅLSETTING**

Med arbeidet vårt håper vi å oppnå noen mål, som gjør at denne masteroppgaven forhåpentligvis kan brukes i det videre arbeidet i Prosjekt 2 "Improved construction technology" innenfor COIN-programmet:

- Utvikle og prøve ut metoder for å måle porestørrelse og poreantall, gråtone og gråtonevariasjon på forskalte, synlige betongoverflater
- På bakgrunn av innsamlede data etablere et klassifiseringssystem for å beskrive forskalte, synlig betongoverflater.

## **3 DAGENS STATUS – ET LITTERATURSTUDIUM**

### **3.1 GENERELT**

Som tidligere nevnt finnes det ikke noe verktøy som betongbransjen i Norge anser som egnet for å beskrive betongoverflater med tanke på estetisk uttrykk. Gjeldende standarder setter krav til plan- og retningsavvik, men ikke til parametre som påvirker den estetiske overflatekvaliteten, som for eksempel gråtone og porer. Dette gjør det vanskelig for arkitekt og entreprenør å enes om hvordan overflaten skal se ut med tanke på disse parametrene. Arkitekter som ønsker seg spesielle uttrykk må ofte vise til referanseprosjekt, eller bestille prøvestøp. Det vil i en bestilling være vanskelig å spesifisere krav til for eksempel antall porer og -størrelse når noe klassifiseringssystem for dette ikke foreligger. Entreprenøren på sin side vet ikke alltid hva bestiller forventer av overflatekvalitet, og det er vanskelig å vite hva som legges i for eksempel "en pen betongoverflate". Dette fører i flere tilfeller til reklamasjonssaker, som er både kostbart og tidkrevende for begge parter.

Det er i andre europeiske land allerede laget spesifikasjoner og klassifiseringssystem som et resultat av denne problematikken. I Sverige er det nylig laget et klassifiseringssystem som ikke ennå er gitt ut, mens man i Danmark og Tyskland allerede utviklet spesifikasjoner i henholdsvis 2007 og 2004. Disse ikke er tatt i bruk i Norge fordi norsk betongbransje ikke anser dem som godt nok egnet. I Norge beskrives betongarbeider hovedsakelig ut fra Norsk Standard NS 3420 og NS 3465 og Statens Vegvesens Prosesskode 2. Disse, samt de gjeldene systemene for Danmark, Sverige og Tyskland, vil i dette kapitlet gjennomgås for bedre å beskrive og forstå problematikken med slike klassifiseringssystem.

### **3.2 NORSKE STANDARDER OG SPESIFIKASJONER**

#### **3.2.1 NS 3420**

I Norge har det viktigste verktøyet brukt til å beskrive betongoverflater vært NS 3420 - L "Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del L: Betongarbeider". Den nyeste versjonen er fra 2008, og avviker litt fra forrige versjon fra 2003. Fordi 2008-versjonen er såpass ny er det i de fleste ferdigstilte prosjekter i dag henvist til 2003-versjonen. Her finnes en tabell som deler inn konstruksjoner i klasser etter tillatt overflateavvik innen planhet, retning, topper, sprang og grater. Dette er det nærmeste man kommer en klassifisering av overflater, men den sier ikke noe om verken porer eller gråtone. Det er likevel viktig å se hvordan dette er bygget opp, slik at en eventuell klasseinndeling på porer og gråtone kan ses i sammenheng.

TABELL 1: OVERFLATETOLERANSEKLASSER FRA NS 3420-L:2003

| Type avvik                     | Målelengde<br>meter | Overflatetoleranseklasse |          |           |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|-----------|
|                                |                     | C                        | D        | E         |
| Planhet (svanker og bulninger) | 2,0                 | ± 5 mm                   | ± 8 mm   | ± 12 mm   |
|                                | 1,0                 | ± 3 mm                   | ± 5 mm   | ± 8 mm    |
|                                | 0,25                | ± 2 mm                   | ± 3 mm   | ± 5 mm    |
| Retning (helningsavvik)        | >5,0                | ± 10 mm                  | ± 15 mm  | ± 25 mm   |
|                                | 2,5 – 5,0           | ± 2 ‰                    | ± 3 ‰    | ± 5 ‰     |
|                                | < 2,5               | ± 5 mm                   | ± 7,5 mm | ± 12,5 mm |
| Topper, sprang og grater       |                     | 2 mm                     | 3 mm     | 5 mm      |

(3)

I den nyeste og gjeldene versjonen av standarden er ikke denne tabellen inkludert. Den er i stedet delt opp og gjengitt i NS3420-1:2008 " Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del 1: Fellesbestemmelser", i tabell 1 og 2, side 12. Disse tabellene gjengis under i figur 1. Klassene PC, PD og PE tilsvarer her klassene C, D og E tabell 1.

Tabell 1 – Planhetstoleranser for bygg

| Type toleranse                       | Målelengde<br>meter | Toleranseklasse |                                  |  |  |         |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|--|--|---------|
|                                      |                     | PA              | PB                               | PC   | PD   | PE      |
|                                      |                     |                 | Normalkrav for parkett og fliser | Normalkrav for innvendig panel, puss og platekledninger <sup>a</sup> | Normalkrav for betong, utvendige fasader og yttertak |         |
| Total planhet                        | Hele delproduktet   | ± 5 mm          | ± 10 mm                          | ± 15 mm  | ± 25 mm  | -       |
| Lokal planhet (svanker og bulninger) | 2,0                 | ± 2 mm          | ± 3 mm                           | ± 5 mm   | ± 8 mm   | ± 12 mm |
|                                      | 1,0                 | ± 1 mm          | ± 2 mm                           | ± 3 mm   | ± 5 mm   | ± 8 mm  |
|                                      | 0,25                | -               | ± 1 mm                           | ± 2 mm   | ± 3 mm   | ± 5 mm  |

<sup>a</sup> Gjelder ikke synlig underside av dekkelementer

Tabell 2 – Retningstoleranser for bygg

| Type toleranse     | Målelengde<br>meter | Toleranseklasse |                       |                            |                            |       |
|--------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
|                    |                     | RA              | RB                    | RC                         | RD                         | RE    |
|                    |                     |                 | Normalkrav for dekker | Normalkrav for innervegger | Normalkrav for utv. flater |       |
| Helling/ loddavvik | > 5,0               | 5 mm            | 7,5 mm                | 15 mm                      | 25 mm                      | 40 mm |
|                    | 2,0 – 5,0           | 1,0 ‰           | 1,5 ‰                 | 3 ‰                        | 5 ‰                        | 8 ‰   |
|                    | < 2,0               | 2 mm            | 3 mm                  | 6 mm                       | 10 mm                      | 16 mm |

FIGUR 1: KLASSEINDELING FOR PLANHETS- OG RETNINGSTOLERANSER FRA NS 3420-1:2008 (4)

### 3.2.2 NS 3465

I NS 3465:2003 "Utførelse av betongkonstruksjoner. Allmenne regler" er klasseinndelingene hovedsaklig toleranseklasser knyttet til konstruksjonens geometri. I tabell F.11.7 (normativt tillegg) er krav lignende tabell 1 gitt, men med noe avvikende formuleringer (5). Denne er en inndeling i toleranseklasser for overflater og kantretthet ut fra et konstruktivt ståsted, for å regulere at krefter fordeles riktig i konstruksjonen. Bortsett fra dette sier standarden ingenting om kvalitet på overflater. Den skal etter hvert byttes ut med en europastandard, som får et norsk tillegg som forhåpentligvis koordineres med bestemmelsene i NS3420-1:2008. Det vil likevel være mer sannsynlig at man følger krav satt frem i fellesbestemmelsene i NS 3420-1. Det kan være forvirrende med lignende krav i mange forskjellige standarder, og bransjen er allerede vant til å bruke NS 3420.

### 3.2.3 PROSESSKODE 2

Statens vegvesen har en egen prosesskode, "Prosesskode 2 - Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier, Hovedprosess 8", som gir retningslinjer for hvordan arbeider for Statens Vegvesen skal utføres (6). Prosesskoden inneholder en egen del om betongarbeider, del 84 BETONG. Det refereres her til de norske standarder for betongarbeider som gjeldende for arbeider utført etter prosesskoden, og spesielt for vårt tilfelle NS 3465. Den oppgir toleransegrenser som vist i figur 2, men tabell F.11.7 i NS 3465 gjelder i tillegg hvis ikke annet spesifiseres. Videre spesifiseres hvilke konstruksjonsdeler som faller inn under hvilken toleranseklasse, se figur 2 og figur 3. De numeriske verdiene avviker noe fra NS 3465, men oppbygningen av klassene er mye den samme.

| <b>Tabell 84-1</b>   |        |        |        |         |
|--|--------|--------|--------|---------|
| Toleranseklasse  | 1      | 2      | 3      | 4       |
| Sammensatt byggtoleranse                                       | ±20 mm | ±30 mm | ±50 mm | ±100 mm |
| Tverrsnitt, maks. betong                                       | ±10 mm | ±15 mm | ±20 mm | ±30 mm  |
|  | ±10 %  | ±10 %  | ±10 %  | ±10 %   |
| Tverrsnitt, maks. spennbetong                                  | ±10 mm | ±15 mm | ±20 mm | ±30 mm  |
|  | ±5 %   | ±5 %   | ±5 %   | ±5 %    |
| Loddavvik, maks.   | 20 mm  | 30 mm  | 40 mm  | 50 mm   |
|  | 3 ‰    | 4 ‰    | 6 ‰    | 8 ‰     |
| Overflateavvik: svanker og bulninger, grater, sprang og topper |        |        |        |         |
| målelengde, 1 m  | ±3 mm  | ±5 mm  | ±8 mm  | ±12 mm  |
| målelengde, 3 m  | ±5 mm  | ±8 mm  | ±12 mm | ±20 mm  |
| Maks avvik fra riktig høydeforskjell målt innen 20 m           | ±10 mm | ±15 mm | ±20 mm | ±30 mm  |

FIGUR 2: TOLERANSEKLASSER FRA PROSESSKODE 2 (6)



| <b>Tabell 84-2</b>  |                    |   |   |
|---|--------------------|---|---|
| Konstruksjonsdeler  | Nøyaktighetsklasse |   |   |
|   | A                  | B | C |
| Fundamenter   | 3                  | 4 | 4 |
| Landkar   | 2                  | 3 | 4 |
| Søyler  | 1                  | 2 | 3 |
| Bjelker og tverrdragere   | 2                  | 3 | 3 |
| Vegger og bunnplate i kassetverrsnitt   | 1                  | 2 | 3 |
| Dekker (underkant, sider og tverrsnitt)   | 2                  | 2 | 3 |
| Dekker, overflate som skal asfalteres   | 2                  | 2 | 2 |
| Dekker, overflate som skal gis betongpåstøp   | 3                  | 3 | 3 |
| Karakteristiske linjer i byggverkets lengderetning (gesimser, sidekanter, brystninger etc.) | 1                  | 2 | 3 |

FIGUR 3: INNDELING AV KONSTRUKSJONSDELER FRA PROSESSKODE 2 (6)

### 3.3 SVENSKESPEKIFIKASJONER

#### 3.3.1 PORER

I Sverige finnes en publikasjon kalt AMA, som står for "Allmän Material- och arbetsbeskrivning", gitt ut av Svensk Byggtjänst. AMA er delt opp i ulike avsnitt og bransjegrupper som administrative forskrifter, anlegg, hus, VVS, EL og kjøling. Her finnes tusenvis av allerede utprøvde tekniske løsninger. Det er viktig å presisere at dette ikke er et standardverk, men et hjelpemiddel og en rettleiding for bransjen. (7)

I AMA Hus, kapittel E, finnes krav til betongoverflaters ujevnheter, dette er vist i figur 4. Her skilles det mellom antall tillatte porer mellom 5-10 mm og 5-15 mm i henholdsvis klasse A og klasse B. For porer under 5 mm settes det ingen krav. (8)

| Typ av ojämnheter  | Tolerans<br>Klass A | Klass B | Måttdef<br>nr |
|--|---------------------|---------|---------------|
| Tillåtet antal per m <sup>2</sup> av<br>lokala toppar  |                     |         | 11            |
| höjd 1 mm  | 0                   | 10      |               |
| höjd 2 mm  | 0                   | 5       |               |
| höjd 3 mm  | 0                   | 3       |               |
| Tillåtet antal per m <sup>2</sup> av gropar<br>och porer mellan 5–15 mm i<br>diameter med djupet högst<br>5 mm <sup>1)</sup> |                     | 20      | 12            |
| Tillåtet antal per m <sup>2</sup> av gropar<br>och porer mellan 5–10 mm i<br>diameter med djupet högst<br>5 mm <sup>2)</sup> | 20                  |         | 12            |
| Tillåten storlek i mm av<br>språng   | 2                   | 3       | 13            |
| grader   | 0                   | 3       | 14            |

1) Gropar och porer med diameter över 15 mm får inte förekomma.

2) Gropar och porer med diameter över 10 mm får inte förekomma.

FIGUR 4: KRAV TIL PORER I AMA HUS 2008 "BETONGYTOR - YTOJÄMNHETER, KLASS A OCH B" (8)

Tage Hertzell utarbeidet i 2008 et klassifiseringssystem for betongoverflater i samarbeid med Svenska Betongföreningen. Rapporten er per dags dato ikke utgitt, men skal inngå i Svenska Betongföreningens rapportserie som rapport nr 13 og bærer navnet "Att beskriva betongytor". Klassifiseringssystemet er omfattende og tar for seg betongens overflatemønster, overflatestruktur, gråtone, farge og tekstur. Resultatet er et system i form av en stor målematrise som indikerer hva som påvirker hvilke parametre i betongoverflaten. (9) Ettersom denne rapporten kun vil omhandle gråtone og porer, er det dette som også vil studeres nærmere i Hertzells rapport.

Tage Hertzells klassifisering av porer er til bygget opp på samme måte som AMA Hus, med porer i klassene 5-10 og 5-15, se tabell 2.

TABELL 2: SVENSK KLASSIFISERING AV PORER (9)

| Porer,<br>antall/m <sup>2</sup> ,<br>dybde < 5 mm | AMA Hus  |          |          |
|---|----------|----------|----------|
|   | klasse A | klasse B | klasse C |
| Diameter 5-15 mm                                  | -        | -        | -        |
| Diameter 5-10 mm                                  | 10       | 20       | 20       |

Vi ser av tabellen over at Tage Hertzell i forslaget til svensk klassifiseringssystem heller ikke setter krav til porer under 5 mm. For betongoverflater som omfattes av AMA Hus foreslår Tage at det ikke tillates porer over 10 mm. Systemet er objektivt og direkte målbart, men kanskje lite nyansert. Det gir liten mulighet for å bestille de ekstra pene overflatene med svært strenge krav. Dette er noe vi ser på som en svakhet. Samtidig setter vi spørsmålstegn ved datagrunnlaget, ettersom disse ikke presenteres i rapporten. Med grunnlag i våre innsamlede data presentert i kapittel 8 synes vi ikke disse kravene gjenspeiler hele den faktiske situasjonen.

### 3.3.2 GRÅTONE

Når det gjelder gråtone har ikke det svenske systemet noen klasseinndelinger. Gråtonen kan uttrykkes som kvalitetskrav, enten med utgangspunkt i svarthetsskalaen eller uttrykt ved en referanseoverflate. Toleransegrensene bør være et resultat av samarbeid mellom arkitekt og produsent. (9)

Med utgangspunkt i svarthetsskalaen kan toleransegrenser for gråtonens variasjon uttrykkes i  $\pm$ -verdier rundt den ønskede gråtonen. Et eksempel på en symmetrisk toleransegrense vil da være 40 %  $\pm$  x %. Her vil normalverdien for x være 10, og x mindre enn 5 vil være urealistisk selv for prefabrickerte elementer. Verdien på x har stor økonomisk betydning. Angivelsen av toleransegrense kan også være usymmetrisk, dvs. at avvik bare aksepteres i en retning av skalaen. Svarthet 40 % + 0 % /-20 % er et eksempel på dette. (9)

### 3.4 DANSK SPESIFIKASJON

Den danske spesifikasjonen er en publikasjon utgitt i 2007 fra bips (byggeri, informasjonsteknologi, produktivitet, samarbejde), og bærer navnet "A24 Betongoverflader – Spesifikasjon, krav og kontrol". Den tar for seg krav til planhet generelt, lokal planhetsavvik, sprang ved innstøpningsdeler, utsparringer, konsoller og lignende, avsmitning og porer. Det er kun kravene til porer som er aktuelt for oss, og de andre kravene vil ikke bli vurdert eller kommentert her. Det uttrykkes ingen krav til farge eller gråtone i denne publikasjonen.

### 3.4.1 PORER

I den danske spesifikasjonen gis det forskjellige krav til porestørrelse og -antall på bakgrunn av betongoverflatens tekstur, og ikke til ønsket overflatekvalitet. Kravene gjengitt i tabell 3 under gjelder for sideform (vegg). Tilsvarende krav finnes også for bunnform (dekke).

TABELL 3: DANSK KLASSIFISERING AV PORER (10)

| Overflatens karakter                     | Glatt         |                | Jevn          |                | Grov | Ru |
|--|---------------|----------------|---------------|----------------|------|----|
|  | Øverste meter | Resterende del | Øverste meter | Resterende del |      |    |
| Del av flaten                            |               |                |               |                |      |    |
| Maks porestørrelse (Ø mm)                | 20            | 10             | 20            | 20             | 30   | -  |
| Porer, ingen krav til porer under (Ø mm) | 10            | 5              | 10            | 10             | 20   | -  |
| Maks antall porer per 10 m <sup>2</sup>  | 50            | 50             | 200           | 50             | 50   | -  |

Også her ser vi at det ikke er krav til små porer. Kravet varierer etter overflatetekstur, men det settes aldri krav til porer under 5 mm. Systemet er oversiktlig, men gir ingen mulighet til å bestille svært pene overflater, eller å sette nyanserte krav. (10)

### 3.5 TYSK SPESIFIKASJON

I Tyskland er det gitt ut et notat som omhandler synlige betongoverflater. Det har navnet "Merkblatt sichtbeton", og er gitt ut i 2004 som et samarbeid mellom "Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V." og "Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.", det vil si de tyske foreningene for betong- og byggeteknikk og sementindustri. Notatet er basert på de tyske standardene DIN 1045 og DIN EN 206-1.

#### 3.5.1 FARGEJEVNHET

Den tyske spesifikasjonen klassifiserer overflaters farge/gråtone ved hjelp av kvalitative beskrivelser. Kriteriene er ikke direkte målbare, og subjektive i sine formuleringer. I tabell 4 er kravene gjengitt, oversatt av Hedda Vikan i møterefateret fra COIN, Prosjekt 2. Klassifiseringssystemet tar for seg lys/mørk misfarging, rust- og skittflekker og sier noe om valg av form og forbehandling av denne. De subjektive beskrivelsene gir dårlig etterprøvbarehet og gjør systemet ukomplett.

TABELL 4: TYSK KLASSIFISERING AV FARGEJEVNHET (1)

| Kriterium    | Forkortelse | Krav/Egenskaper   |
|--------------|-------------|---|
| Fargejevnhet | FT1         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lys/mørk misfarging er tillatt</li> <li>Rust- og skittflekker er ikke tillatt</li> </ul>   |
|              | FT2         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Moderat, storflekkede lys/mørk misfarging er tillatt</li> <li>Forskjellige typer og forbehandling av form er ikke tillatt</li> </ul>   |
|              | FT3         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Store flekkvise misfarginger forårsaket av forskjellige typer og forbehandling av form samt uegnet etterbehandling av betongen er ikke tillatt.</li> <li>Ubetydelige lys/mørk misfarging er tillatt</li> <li>Rust- og skittflekker, betydelig synlige gruslag og misfarging forårsaket av mislighold av krav/pålegg gitt i denne spesifikasjonen er ikke tillatt.</li> <li>Valg av spesielt egnet formslippmiddel er nødvendig.</li> </ul> |

### 3.5.2 PORER

Krav til porer spesifiseres som maksimal poreandel i mm<sup>2</sup> i et gitt måleområde med størrelse 500 x 500 mm. Den tyske spesifikasjonen har en poredefinisjon i størrelsesorden 2 - 15 mm, og er dermed strengere enn både det svenske og det danske systemet. Klassekravene er vist i tabell 5. Ved kvalitetssikring vil det kreves mye arbeid i å regne ut arealet av porene. Samtidig settes ingen krav til fordelingen i størrelse på porene. En vegg med mange små porer vil komme ut likt som en vegg med noen store porer. Man vil derfor vanskeligere kunne styre overflatekvaliteten etter veggens bruksområde.

TABELL 5: TYSK KLASSIFISERING AV PORER (11)

| Poreklasse  | P1       | P2       | P3       | P4                   |
|---|----------|----------|----------|----------------------|
| Maksimal poreandel <sup>1</sup> i mm <sup>2</sup> | ca. 3000 | ca. 2250 | ca. 1500 | ca. 750 <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>Poreandel med porer i størrelsesorden d = 2-15 mm, på kontrollområde med størrelse 500 mm x 500 mm.

<sup>2</sup>750 mm<sup>2</sup> svarer til 0,3 % av kontrollområdet.

## **4 METODE**

### **4.1 GENERELT**

Forut for arbeidet med denne rapporten ble det tatt et valg om å bruke objektive, kvantitative metoder for å beskrive betongoverflatene. Oppfattelsen av "en fin betongoverflate" avhenger av erfaringer i form av hva man har sett tidligere, og hva man vet kan oppnås av kvalitet. Et klassifiseringssystem bør ikke være avhengig av dette. Det bør i stedet være så objektivt og direkte målbart som mulig. Gjennom litteraturstudiet og gjennomgangen av de eksisterende klassifiseringssystemene har vi sett både fordeler og ulemper ved systemene som allerede er tilgjengelige. Vårt valg av metode vil basere seg på dette.

### **4.2 PORER**

Det danske og svenske systemet setter krav til antall porer innenfor et gitt kontrollområde, mens det tyske systemet definerer klassegrensene sine ved å angi andel areal av overflaten som kan bestå av porer. Vi anser det tyske systemet som lite konkret og beskrivende, og har derfor valgt å definere kravene som antall porer per areal. Data kan da samles inn på en enklere og svært objektiv og kvantitativ måte. Det klassifiseringssystemet vi vil forsøke å utvikle vil da ha samme oppbygning som det danske og svenske systemet, med poreklasser og antall porer tillatt innenfor gitte størrelsesbegrensninger. Systemet vil derimot bli mer nyansert og detaljert.

### **4.3 GRÅTONE**

Det er kun det tyske og det svenske klassifiseringssystemet som setter krav til farge/gråtone på betongens overflate. Tage Hertzell setter ingen klassegrenser, men refererer til det objektive NCS-systemet som målemetode. Det er her opp til hvert enkelt prosjekt å spesifisere ønsket gråtone og variasjonsområde. Vi synes det tyske systemets inndeling blir for subjektivt i sitt forsøk på å lage klassegrenser for fargejevnhet. Vi velger å følge føringene det svenske systemet har lagt, men ønsker å ta det et skritt videre og prøve å lage en klasseinndeling. For registrering av farge er det prøvd å utføre målinger med NCS lyshetsmåler og elektronisk NCS fargemåler.

## 5 DEFINISJONER

### 5.1 PORE

Porer er små jevne eller ujevne hulrom og forekommer både i overflaten og i kjernen av betongen. Norsk Standard NS 3420 definerer en overflatepore som en pore med utstrekning i flatens plan på mindre enn 15 mm. Porer større enn dette betegnes som støpesår, og er en defekt som etter standarden krever utbedring. Støpesår vil derfor ikke inngå direkte i vårt klassifiseringssystem, men kan inkluderes som et tilleggskrav. Porer forårsakes av luft og vann som prøver å unnsnippe betongen, og forkommer i størrelsesorden fra mikroskopisk og opp til det Norsk Standard definerer som støpesår. (12)

Når det gjelder porer har både det svenske og danske systemet ingen krav til små porer under 5 mm. Her er det tyske systemet strengere, og setter krav til porer helt ned i størrelse 2 mm. Det tyske og svenske systemet setter den øvre grensen til 15 mm, mens det danske tillater porer helt opp til 30 mm i noen tilfeller. Vi har valgt å legge oss på et strengt krav med en poredefinisjon med diameter  $d$ ,  $1 < d < 15$  mm. Den øvre grensen her samsvarer også med Norsk Standard. Porer mindre enn 1 mm vil inngå i det vi kaller poreskyer som defineres nærmere under. Vi velger å inkludere porer helt ned til 1 mm fordi vi ser at porer i området 1-5 mm kan påvirke overflatens kvalitet betraktelig, spesielt om det er mange av dem. I figur 5 under er det vist en betongoverflate med svært mange porer i størrelsesområdet 1-5 mm.



FIGUR 5: OVERFLATE HVOR PORER I OMRÅDET 1-5 ER SVÆRT VIKTIGE FOR FLATENS UTSEENDE

## 5.2 PORESKY

En poresky er en samling av porer mindre enn 1 mm. Det finnes ingen etablerte definisjoner av poretetthet og areal som klassifiserer poreskyer. En betongoverflate med poresky er vist under i figur 6.



FIGUR 6: PORESKY (13)

Disse porene er så små at de har liten effekt på den estetiske oppfattelsen av betongoverflaten fra normal betrakningsavstand. På svært kort betrakningsavstand kan det likevel være mulig å se dem. Skal overflaten brukes til noe som krever svært glatt overflate vil poreskyer kunne forringe den estetiske kvaliteten på flaten. Porer mindre enn 1 mm vil spille en like viktig rolle som større porer når det kommer til hygienekrav. På overflater hvor det stilles strenge krav til hygiene godtar man ikke porer uavhengig av størrelsesorden, ettersom disse legger til rette for mikrobakteriell vekst. Dette gjelder spesielt eksponerte betongvegger i vannforsyningsanlegg og i matindustrien generelt.

De mikroskopiske porene og poreskyer vil ikke bli direkte inkludert i klassifiseringssystemet. I stedet vil de medtas i form av et tilleggskrav hvis veggens bruksområde krever dette.



### 5.3 NCS-SYSTEMET

Natural Colour System (NCS) er Europas mest brukte system for fargebeskrivelse. Systemet baserer seg på de seks rene fargene i som er grunnlaget for menneskets syn: hvitt (W), svart (S), gult (Y), rødt (R), blått (B) og grønt (G), vist i figur 7.



FIGUR 7: FARGENE NCS-SYSTEMET ER BASERT PÅ (13)

Disse seks fargene betegnes som elementærfarger i NCS systemet, og alle mulige farger kan beskrives som en kombinasjon av disse. Hvitt og svart utgjør de ukulørte fargene, mens gult, rødt, blått og grønt betegnes som kulørte.

NCS-koden angir hvilket slektskap fargen har til de kulørte og ukulørte fargene, samt kulørtheten. For eksempel kan en NCS-kode være S 4005-G20Y. S betyr at man bruker NCS-språket Second Edition, som er norsk standard. Den første delen av koden, angir nyansen, det vil si forholdet til svart og til den maksimale kuløren. I dette eksemplet er nyansen 4005. Tallet 40 betyr at svartheten er 40 %, mens 05 angir at kulørtheten er 5 %. Hvitheten er da den resterende % -andelen opp til 100 %. Her er hvitheten 55 % ( $100-40-5=55$ ). Den siste delen, her G20Y, angir kulørtonen. I dette tilfellet er fargen grønn (G) med 20 % gulhet (Y). I tillegg finnes det rene grå farger, som ikke har kulørtone. Disse betegnes med bokstaven N (nøytral) etter nyansen. Et eksempel på dette er S 3500-N, som betyr at fargen består av 35 % svarthet og ingen kulørthet. (13)

Ved bruk av NCS fargemåleren får man oppgitt NCS-koder som gitt ovenfor. Vi har bare brydd oss om betongens svarthetsgrad i denne oppgaven, men alle fargekodene fra de ulike prosjektene er likevel oppgitt i cd-vedlegget, i tilfelle det skal være bruk for dette i videre arbeid. (13)

### 5.4 GRÅTONE/SVARTHET

Med gråtone menes i denne rapporten sammensetningen mellom svarthet og hvithet i betongoverflaten. Vi har valgt å oppgi gråtone i % svarthet. Ved bruk av NCS fargemåleren, kan dette tallet leses direkte ut. Lyshetsmåleren oppgir derimot % andelen hvithet i betongen, og der fås svartheten ved å trekke hvitheten fra 100 %.

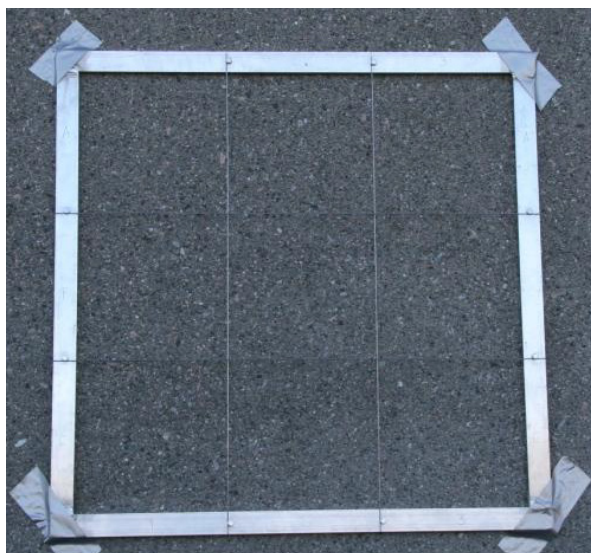
## 6 BESKRIVELSE AV UTSTYR OG PROSEDYRE

Forslag til både utstyr og prosedyre er blitt utarbeidet i samarbeid med COIN. Gjennom arbeidet med datainnsamlingen er bruken av utstyr og prosedyre blitt finjustert etter hvert som vi har sett hva forholdene på prosjektene krever.

### 6.1 UTSTYR

#### 6.1.1 RAMME

For å avgrense måleområdet ble det brukt en aluminiumsramme på 60 cm x 60 cm. Rammen var igjen delt inn i ni ruter på 20 cm x 20 cm ved hjelp av tynne aluminiumstråder. Inndelingen er gjort for å gjøre enklere både poretelling og fargemålinger. Rammen er bygget av Ove Loraas ved NTNU, og er vist i figur 8 under.



FIGUR 8: RAMME SOM AVGRENSER PRØVEOMRÅDE

#### 6.1.2 KAMERA

Til å ta de digitale bildene ble det brukt et speilreflekskamera av høy kvalitet. Kameraet var av merket Canon EOS 30D, og linsen var Canon EFS 17-85 mm. Kameraet har effektivt 8,2 megapiksler, noe vi anser som tilstrekkelig til denne bruken. Det bør imidlertid ikke gå mye under dette, ettersom man kan ha behov for å ta bildene på noe større avstand avhengig av forholdene ved veggen. For å få bildene så skarpe som mulig ble det brukt et kamerastativ. Linsen har en bildestabilisator, noe som gjør det mulig å ta skarpe bilder ved dårligere lysforhold. Det ble brukt ekstra blits for å lyse opp betongoverflaten der lysforholdene var for mørke.

### 6.1.3 NCS FARGEMÅLER

En håndholdt, batteridrevet NCS Fargemåler ble brukt for å bestemme gråtonen på betongoverflatene. Denne er vist i figur 9. Fargemåleren sender ut sitt eget lys, og er derfor uavhengig av lysforholdene. Fargemåleren veier 360 gram uten batterier, og kan enkelt betjenes med en hånd. Den har et minne på ti målinger, med mulighet for å kunne kobles til datamaskin. For hvert målepunkt angir fargemåleren de to mest nærliggende fargekodene. (13)



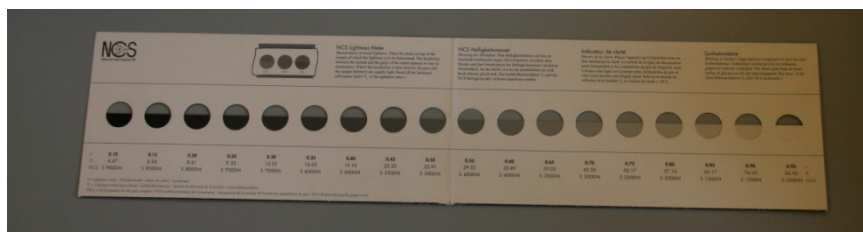
FIGUR 9: NCS FARGEMÅLER

### 6.1.4 NCS LYSHETSMÅLER

En manuell NCS Lyshetsmåler ble også brukt for å bestemme svarhetsgraden på betongoverflatene. Lyshetsmåleren opererer med hvithet og viser 18 standard gråfarger fra 0,10 til 0,95, det vil si 10-95 % hvithet. Lyshetsmåleren legges inntil betongoverflaten, og den gråfargen som er mest lik betongen angir betongoverflatens gråtone. Lyshetsmåleren vises i figur 10 og figur 11 under. (13)



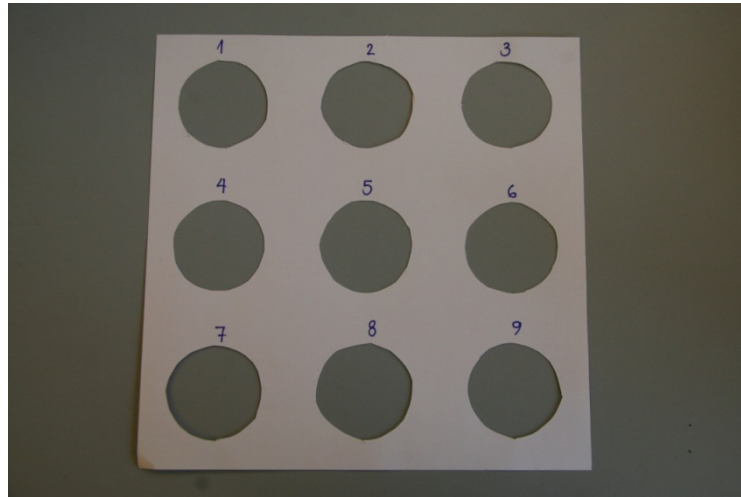
FIGUR 10: NCS LYSHETSMÅLER



FIGUR 11: NCS LYSHETSMÅLER MED 18 GRÅTONER

### 6.1.5 MAL FOR FARGEMÅLING

For å få en jevn fordeling av fargemålingen innen hver ramme, ble det laget en mal. Malen måler 20 x 20 cm og har ni jevnt fordelte hull. Malen passer akkurat inn i en rute, og NCS fargemålerens hode passer inn i hullene. Malen er vist i figur 12 nedenfor.



FIGUR 12: MAL TIL FARGEMÅLINGER

## 6.2 PROSEDYRE

### 6.2.1 PLASSERING AV RAMME

Det var i utgangspunktet tenkt at rammen skulle plasseres på fem steder for hvert prosjekt, og at disse stedene skulle plukkes ut fra tegninger før man fikk se veggene i virkeligheten. Dette skulle gjøres for å få en tilfeldig og representativ plassering. Det viste seg raskt at dette var vanskelig å gjennomføre i praksis, fordi noen av veggene var malt, noen steder var det utstyr og montasjer i veien, det var vanskelig å komme til og lignende. Vi målte derfor på steder det var enkelt å komme til, og som ga oss så varierte målinger som mulig. For ikke å skade veggen ble rammen festet ved hjelp av gaffer/duct tape.

### 6.2.2 FOTOGRAFERING

Det ble tatt bilder av hele veggen, av rammen og hver enkelt rute. De enkelte rutene ble fotografert både med og uten blits. Det viste seg at bildene tatt uten blits som regel ga best kontrast mellom porer og vegg, noe som gjorde det lettere å telle porene. Problemet var at rammen kastet en liten skygge, noe som gjorde at enkelte av bildene tatt uten blits fikk en smal, mørk skygge langs den ene kanten, hvor man ikke så om det var noen porer. Dette ble løst ved å se på bildene med blits i akkurat disse områdene, for de inneholdt ikke en slik kant.

Normal belysning viste seg å være godt nok til å få klare nok bilder. På noen av prosjektene var det veldig mørke lysforhold, og her ble det brukt ekstra arbeidslamper.

### **6.2.3 PORETELLING**

Bildene av hver enkelt rute ble skrevet ut i farger på A3-ark for at det skulle være enklest mulig å se porene. Porene ble talt ved å legge en linjal over bildene, og måle hver enkelt pore i den lengste retningen. Porene ble delt inn i grupper på 1-5 mm, 5-10 mm og 10-15 mm. Eksempel på slik poretelling er vist i vedlegg A.

### **6.2.4 FARGEMÅLING VED BRUK AV NCS FARGEMÅLER**

NCS Fargemåleren ble brukt for å bestemme gråtonen på betongveggene. Det ble utført ni målinger for hver rute på 20 cm x 20 cm, og målingene ble foretatt med den tidligere nevnte malen. NCS fargemåleren viser usikkerhet ved å angi plusstegn bak fargekoden. Ingen plusstegn viser sikker måling, ett plusstegn noe mer usikker måling, mens de mest usikre målingene angis med to plusstegn. Når fargemåleren viste samme usikkerhet på begge kodene på en måling, ble gjennomsnittet registrert, ellers ble den sikreste målingen registrert. Til å registrere fargemålingene ble det brukt et skjema som er vist i vedlegg B. Siden NCS fargemåleren kun har kapasitet på 9 målinger, må disse noteres ned kontinuerlig. Fra fargemålingene ble så svarthetsgraden notert for seg selv for videre behandling i Microsoft Excel, se eksempel i vedlegg C.

### **6.2.5 FARGEMÅLING VED BRUK AV NCS LYSHETSMÅLER**

Fargen ble også målt ved at en NCS Lyshetsmåler ble holdt opp til midten i hver rute, altså ni målinger per ramme. Den gråtonen som var mest lik fargen på betongveggen ble notert.

## 7 PROSJEKTINFORMASJON

De fleste av prosjektene vi har sett på har vært støpt i vanlig, grå betong. Unntakene er Realfagbygget, Gyldendalhuset og Smykkeskrinet, hvor de undersøkte veggene har vært i hvit betong. Alle de undersøkte overflatene har også vært plasstøpt, bortsett fra Nortura Malvik hvor det er brukt prefabrikkerte elementer. Det har vært ønskelig å se på ubehandlede overflater. Noen har likevel vært støvbundet eller malt med antigraffiti, men vi mener dette ikke vil gi noe utslag på noen av resultatene.

Nedenfor følger en kort beskrivelse av de enkelte prosjektene. Det er spesielt lagt vekt på hvilke krav som er satt til betongoverflatene før bygging.

### 7.1 AMFI STEINKJER

AMFI Steinkjer er et kjøpesenter som bygges av SKANSKA Norge AS for AMFI Bygg Steinkjer AS og COOP Steinkjer BA. Byggeperioden er 2007-2010. På AMFI så vi på betongveggene inne i parkeringskjelleren. Det er stilt krav til veggene i henhold til NS 3420- L:2003, toleranseklasse C. Kravene er stilt av entreprenør, og ble nedfelt som en del av kontrakten med byggherre. Etter at vi undersøkte veggene, er de blitt malt med to strøk maling. (14)

### 7.2 GYLDENDALHUSET

Gyldendalhuset ligger sentralt i Oslo og er hovedkontoret til forlagshuset Gyldendal. Bygget gjennomgikk en total ombygging i 2007. Sverre Fehn AS var arkitekt, mens Vedal Entreprenør AS var generalentreprenør på oppdrag fra Gyldendal ASA. Det er her arkitekt og byggherre som har stilt krav til betongoverflatene. Disse er uttrykt ved Kristoffer Moe Bøksle, en av arkitektene, i sitatet under.

”Det var arkitekten og byggherren som stilte høyt krav til betongens overflate helt fra begynnelsen av. Kort fortalt gikk dette mye på muntlig kommunikasjon og tillit mellom aktørene utover det som lar seg beskrive i en beskrivelse basert på NS 3420. Standarden gir som kjent begrenset mulighet til å angi forfinet betongoverflate. Det ble tidlig i byggefasen gjort en prøvestøp i kjelleren som dannet grunnlaget for en felles forståelse for hva som ville være en akseptert overflate. Vi som arkitekter var veldig mye tilstede på byggeplassen for å se på arbeidet etter hvert som det ble gjort og for å ha kontakt med alle ledd i prosessen. En god betongoverflate krever motiverte aktører i alle ledd. Betongen skulle være eksponert og være den endelige overflaten i byggets interiør, og dette måtte formidles både til betongentreprenøren og alle andre underentreprenører. En snekker eller murer har lett for å notere telefon-nr eller regnestykker direkte på betongen for de er som regel ikke vant med at denne ikke skal males eller tildekkes.” (16)

Gyldendalhuset ble tildelt utmerkelsen Betongtavlen i 2008, og i begrunnelsen het det:

”Betongmaterialet er brukt på en svært bevisst måte for å understreke helheten og sammenhengen i rommet og samler visuelt alle ulike deler av virksomheten i et stort, felles arbeidsrom (...)

Hovedkonstruksjonen er lys, eksponert, plasstøpt betong med slanke, frittstående, runde søyler. En interessant løsning er hvordan langsgående bærende dragere er støpt sammen med eksponerte, skrå betonghimlinger over kontorarealene. Betongen er også en viktig del av overlyskonseptet hvor arkitekten har klart å transformere et tungt betongtak til en lett, nesten transparent flate. (...) Takkonstruksjonen er et godt eksempel på kreativ utforming av prefabrikkerte betongelementer i en oppsiktsvekkende original takkonstruksjon (...)

Betongutførelsen i bygget har svært høy kvalitet, både i overflater og i krevende formarbeid, og gir med sin lyse fargeholdning en sterk karakter til rommene. Her har samarbeidet mellom arkitekt, konsulenter, betongprodusenten og dyktige håndverkere åpenbart vært velfungerende.”

På Gyldendalhuset ble det utført målinger på veggene i inngangshall, auditorium og møterom.

### 7.3 KRISTEN VIDEREGÅENDE SKOLE (KVT)

På Kristen Videregående skole i Trondheim ble det bygget idrettshall og seks nye klasserom fra høsten 2006 til sommeren 2007. Det var SKANSKA Norge AS som var totalentreprenør og Kristen Videregående skole var byggherre.

Veggene som ble undersøkt, står inne i idrettshallen. Det ble ikke satt krav til de ferdige betongoverflatene utover det som står i Norsk Standard. Men det var klart at betongen skulle være synlig, dvs. ikke males, helt fra oppstarten av prosjektet. Det var arkitekt som stilte krav til estetikken på overflaten, og de ønsket røffe overflater. Veggene er støvbundet med vannglass.

(14)

### 7.4 LYSAKER STASJON

Lysaker stasjon har vært under ombygging fra juni 2006 og skal stå ferdig i juni 2009. Snøhetta er arkitekten bak ombyggingene, Jernbaneverket er byggherre og Peab AB er entreprenør.

Det er lagt stor vekt på å få betongoverflatene så fine som mulig. Jernbaneverket har satt strenge krav og forventninger både til utførelse og sluttprodukt. Kravene er satt både ut fra Statens vegvesens prosesskode i tillegg til egne, spesielle krav for dette prosjektet. Nedenfor er noen av Jernbaneverkets forventninger og krav gjengitt:

- **Prosess 84.2 Forskaling** \*\*\*Spesiell beskrivelse\*\*\*
- ...la forskalingen stå i minimum 7 døgn før riving...
- Det stilles strenge krav til betongoverflaten på synlige flater. Forskalingen skal generelt utføres glatt, ensfarget og uten fasetter, knaster og grater.
- Misfarging fra rust ved støpeskjøter skal vaskes bort.
  
- **84.4 Betongstøp** \*\*\*Spesiell beskrivelse\*\*\*
- Krav til luftporer på synlige flater er < 15 mm, dette gjelder både bredde og dybde. Maks 7 porer innenfor en kvadrat (pr. 1 m<sup>2</sup>)

- For å oppnå lik farge på alle synlige flater skal samme resept og samme tilslag benyttes. B45 MF 40 (C55 SV40)
- Hvis det **eventuelt** oppstår feil i betongstøpen (støpesår, store luftporer, støpereir, markante kaldskjøter etc.) så er det kontraktsstridig utførelse/mangel.
- Det skal lages en prøvestøp på 1 m<sup>2</sup> før hver utbedring.

(15)

Snøhetta hadde også forventninger til prosjektet. Noen av disse er gjengitt her:

- Bruk av betongkonstruksjoner også som et estetisk virkemiddel.
- Glatte og ensfarget flater.
- Formstagenes settes i et bestemt/systematisk mønster.
- Færrest mulig horisontale plateskjøter.
- Ønske om å vise betongen slik den er. (Det skal ikke flikkes.)
- Veggene på stasjonsområdet skal fungere som et "lerret" for kunstneriske utsmykninger.

(15)

Veggene vi undersøkte var utendørs på området som var blitt åpnet for publikum. Veggene er behandlet med antigrffiti.

## 7.5 LØRENSKOG NYE SENTER

Byggeprosjektet Lørenskog nye senter består av nybygg og rehabilitering av et kjøpesenter i Lørenskog kommune. Byggestart var i februar 2006 og prosjektet skal stå ferdig sommeren 2009. NCC Construction er totalentreprenør og bygger på oppdrag fra Metro ANS. Arkitekt er Narud Stokke Wiig AS.

På Lørenskog nye senter har vi undersøkt veggene inne i kjeller/parkeringskjeller. Arkitekten har tidlig i prosjektet stilt krav til at systemforskalingen skal danne et fast mønster. Dette kravet er blitt uttrykt på tegning. Veggene var ubehandlet da de ble undersøkt, men de skal males senere.

(16)

## 7.6 NORTURA MALVIK

I Malvik utenfor Trondheim bygger SKANSKA Norge AS slakteriet Nortura Malvik. Byggestart var våren 2008 med SPIS Grilstad AS som byggherre. I desember 2008 ble det fire måneders byggestopp før byggingen ble gjenopptatt i april 2009, denne gangen med Malvik Slakterianlegg AS som byggherre. Malvik Slakterianlegg er 100 % eid av Nortura BA. Slakteriet skal stå ferdig våren 2010.

(17)

På Nortura Malvik er ytterveggene på den ene kortsiden av bygget undersøkt. Veggene består av prefabrikkerte elementer med eksponert tilslag i overflatene, noe som gjør at overflateporer er



tilnærmet fraværende. Vi har derfor ikke registrert porer på dette prosjektet. I forkant av bestilling av fasadeelementene, ble det avholdt et møte hos leverandør. Her ble elementene bestilt på bakgrunn av referanseprosjekter fra samme leverandør. Nortura Malvik er hovedsakelig tatt med for å undersøke globale fargeforskjeller. (20)

## **7.7 OSLO Z**

Oslo Z er et kontor- og forretningsbygg som ligger midt i Oslo sentrum. Prosjektets byggetid er vår 2008 til vinter 2010. Det er Peab AB som bygger Oslo Z for Entra Eiendom AS. Arkitekt er Lund & Slaatto AS.

Betongoverflatene vi undersøkte står i parkeringskjelleren. Rådgivende ingeniør har i prosjekteringsfasen stilt krav til overflatene i henhold til NS 3420-L:2003, toleranseklasse D. Veggene skal støvbindes med hvit farge, men strukturen i betongen vil likevel være synlig.

(18)

## **7.8 REALFAGBYGGET**

Realfagbygget er et undervisningsbygg ved NTNU i Trondheim, som ble oppført i perioden 1996-2000. Arkitektene bak bygget var Narud Stokke Wiig AS i samarbeid med HUS sivilarkitekter MNAL. Statsbygg var byggherre og Arbeidsfellesskapet AS Anlegg – Peab Nord AS var betongentreprenør.

Vi undersøkte betongvegger på biblioteket og i en gang. Vi har ikke lyktes i å få tak i informasjon om krav satt til betongoverflatene i forkant av prosjektet, men det vi vet er at det ble utført prøvestøp for valg av lyshet på betongen. Veggene er støvbundet med vannglass (natriumsilikat). (22)

I 2000 fikk Realfagbygget Betongtavlen. I begrunnelsen het det:

”Byggets primærkonstruksjoner er i det vesentligste utført i glattforskalet plastøpt betong. Konturen av de fire langstrakte hovedvolumene tegnes av slanke trappetårn og en markert langsgående gesims i skinnende hvit betong.(...)”

Interiørene preges av de samme presise betongoverflatene på konstruktive sjakter, veggpartier og åpne himlinger. Vakre runde betongsøyler får stå fritt fra vegger og synliggjøres i sin fulle høyde forbi nedforede himlingspartier og opp til underkant flatdekke.

Hovedkommunikasjonsaksens gulv er utført i slipt og olje betong, med rissanvisere i rustfritt stål. Den hvite betongen som består av hvit sement og hvitt tilslag er støpt i en plastbelagt finerforskaling med et presist stagmønster som også omfatter gjenpussede staghull.

Byggets betongarbeider er planlagt og gjennomført med en presisjon som representerer en sjelden foredling på høyt faglig nivå.(...)”

## **7.9 SMYKKESKRINET**

Smykkeskrinet er et konferansesenter som bygges av Tronrud Entreprenør AS for Utdanningsforbundet. Konferansesenteret befinner seg sentralt i Oslo, og bygges i perioden 2008-2009.

På Smykkeskrinet så vi på veggene i kjeller og inngangshall. Arkitekten har stilt krav gjennom en beskrivelse som er basert på NS 3420, og kravene har vært forholdsvis klare siden anbudsstadiet. Veggene er støvbundet.

(18)

## 8 PORER: RESULTATER, ANALYSE OG ERFARINGER

### 8.1 PRESENTASJON OG ANALYSE AV INNSAMLEDE DATA

For å kunne si noe om overflatekvalitet med hensyn på porer, ble det tatt utgangspunkt i overflatene innenfor de 31 rammene vi har talt porer i. Bildene av rammene ble studert og i tillegg ble de sammenlignet med notater vi skrev om de enkelte rammene da vi undersøkte veggene. Bilder alene kan gi et feil inntrykk av kvaliteten på overflaten, da noen typer lys vil gjøre at porene vises bedre på noen bilder enn andre, og dermed ser dårligere ut. Det visuelle inntrykket man får på stedet er derfor svært viktig, selv om dette også vil variere med lysforhold. Ut fra feltnotatene og bildene ble det laget en tabell hvor det visuelle inntrykket av hver enkelt ramme er kommentert. Dette inntrykket gjelder kun porer, og det er sett bort fra skjolding, komprimeringsfeil støpesår og lignende. Tabell 6 som beskriver det visuelle inntrykket av hver ramme er vist nedenfor. Bilder av alle rammene er gitt i cd-vedlegg.

TABELL 6: VISUELL VURDERING AV BETONGOVERFLATE MED TANKE PÅ PORER

| Ramme                  | Visuelt inntrykk   |
|------------------------|--|
| Amfi 1                 | Ganske pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand  |
| Amfi 2                 | Under middels kvalitet, ser bra ut på lang avstand       |
| Amfi 3                 | Meget pen overflate, ser bra ut på kort avstand          |
| Amfi 4                 | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |
|                        |  |
| Gyldendalhuset 1       | Pen overflate, ser bra ut på kort avstand                |
| Gyldendalhuset 2       | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
| Gyldendalhuset 3       | Meget pen overflate, ser bra ut på kort avstand          |
| Gyldendalhuset 4       | Lav kvalitet, bør så vidt havne utenfor klassegrensene   |
| Gyldendalhuset 5       | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
|                        |  |
| KVT 2                  | Meget lav kvalitet, bør havne utenfor klassegrensene     |
| KVT 3                  | Pen overflate, ser bra ut på kort avstand                |
|                        |  |
| Lysaker stasjon 1      | Litt under middels kvalitet, ser bra ut på lang avstand  |
| Lysaker stasjon 2      | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |
| Lysaker stasjon 3      | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |
| Lysaker stasjon 4      | Meget pen overflate, ser bra ut på kort avstand          |
| Lysaker stasjon 5      | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |
|                        |  |
| Lørenskog nye senter 1 | Meget pen overflate, ser bra ut på kort avstand          |
| Lørenskog nye senter 3 | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
| Lørenskog nye senter 4 | Under middels kvalitet, ser bra ut på lang avstand       |
|                        |  |
| Oslo Z 1               | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
| Oslo Z 2               | Lav kvalitet, bør havne utenfor klassegrensene           |
| Oslo Z 3               | Under middels kvalitet, ser bra ut på lang avstand       |

|                 |  |
|-----------------|--|
| Realfagbygget 1 | Ganske pen overflate, ser bra ut på kort avstand         |
| Realfagbygget 2 | Ganske pen overflate, ser bra ut på kort avstand         |
| Realfagbygget 3 | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
| Realfagbygget 4 | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |
| Realfagbygget 5 | Under middels kvalitet, ser bra ut på lang avstand       |
|                 |  |
| Smykkeskrinet 1 | Middels pen overflate, ser bra ut på noen meters avstand |
| Smykkeskrinet 2 | Pen overflate, ser bra ut på kort avstand                |
| Smykkeskrinet 3 | Lav kvalitet, bør havne utenfor klassegrensene           |
| Smykkeskrinet 4 | Svært pen overflate, ser svært bra ut på kort avstand    |

Av de fem rammene som ble undersøkt ved Kristen videregående skole, ble det bare talt porer på kun to av disse. Dette skyldes at det var svært mange porer innen hver enkelt ramme. På rammen "KVT 2" inneholdt en enkelt rute på 20 x 20 cm ca 500-600 porer fra 1-15 mm. I tillegg var det svært mange porer under 1 mm som også måtte undersøkes da det er vanskelig å se fra det blotte øyet hvilke porer som er store nok til å bli registrert. Dette gjorde at det kunne ta flere timer å telle en enkelt rute, og det ble derfor ikke funnet tid til å telle alle rutene innen denne rammen. I stedet ble tre ruter talt og ut fra dette ble et gjennomsnitt for hele rammen estimert. Siden alle rutene innen rammen var ganske like, ble dette vurdert til å være et godt alternativ. Ramme 1, 4 og 5 på KVT lignet også på ramme 2, og det ble derfor besluttet å ikke telle disse siden det ville vært altfor tidkrevende. Ramme 3 hadde inneholdt derimot mye færre porer, så her ble alle rutene talt.

Ved Lørenskog nye senter ble bildene av ramme 2 så uklare at det ikke var mulig å telle porene. Veggen inneholdt mange mørke, små prikker som ikke var porer, og siden bildene ble mørke og uklare ble det umulig å skille mellom hva som var porer og hva som bare var misfarging.

Etter at alle rammene var visuelt beskrevet, ble de delt opp i grupper etter om de var vurdert til å være svært pene, pene, middels pene, under middels pene eller lite pene. Deretter ble det sett på hvor mange og store porer hver enkelt ramme inneholdt for å finne en sammenheng mellom visuelt inntrykk og porer. Tabell 7 viser rammene med porestørrelse og -antall innen hver gruppe.

TABELL 7: POREANTALL I VISUELT VURDERTE RAMMER

| Ramme                            | Porer  |         |          |
|----------------------------------|--------|---------|----------|
|                                  | 1-5 mm | 5-10 mm | 10-15 mm |
| <b>Svært pene rammer</b>         |        |         |          |
| Amfi 4                           | 164    | 0       | 0        |
| Lysaker stasjon 2                | 114    | 0       | 0        |
| Lysaker stasjon 3                | 108    | 0       | 0        |
| Lysaker stasjon 5                | 50     | 0       | 0        |
| Realfagbygget 4                  | 250    | 0       | 0        |
| Smykkeskrinet 4                  | 75     | 0       | 0        |
| <b>Pene rammer</b>               |        |         |          |
| Amfi 3                           | 325    | 3       | 0        |
| Gyldendalhuset 1                 | 750    | 8       | 0        |
| Gyldendalhuset 3                 | 328    | 8       | 3        |
| KVT 3                            | 800    | 6       | 0        |
| Lysaker stasjon 4                | 686    | 0       | 0        |
| Lørenskog nye senter 1           | 317    | 3       | 0        |
| Realfagbygget 1                  | 375    | 20      | 0        |
| Realfagbygget 2                  | 767    | 11      | 0        |
| Smykkeskrinet 2                  | 511    | 11      | 0        |
| <b>Middels pene rammer</b>       |        |         |          |
| Amfi 1                           | 453    | 22      | 3        |
| Gyldendalhuset 2                 | 1389   | 28      | 0        |
| Gyldendalhuset 5                 | 853    | 22      | 0        |
| Lørenskog nye senter 3           | 2233   | 0       | 0        |
| Oslo Z 1                         | 542    | 22      | 6        |
| Realfagbygget 3                  | 1039   | 6       | 0        |
| Smykkeskrinet 1                  | 1331   | 28      | 3        |
| <b>Under middels pene rammer</b> |        |         |          |
| Amfi 2                           | 3039   | 89      | 11       |
| Lysaker stasjon 1                | 717    | 19      | 14       |
| Lørenskog nye senter 4           | 3746   | 21      | 0        |
| Oslo Z 3                         | 281    | 53      | 17       |
| Realfagbygget 5                  | 1206   | 81      | 17       |
| <b>Lite pene rammer</b>          |        |         |          |
| Gyldendalhuset 4                 | 4325   | 108     | 33       |
| KVT 2                            | 12250  | 500     | 50       |
| Oslo Z 2                         | 597    | 103     | 25       |
| Smykkeskrinet 3                  | 4767   | 311     | 72       |

Eksempelbilder fra de ulike gruppene er gitt i vedlegg D.

Tabellen ovenfor med porestørrelse og antall i forhold til visuelt inntrykk er lagt som grunnlag for valg av klassegrenser. Selv om flere av de beste overflatene vi har undersøkt inneholder 0 porer på 5-0 mm og/eller 0 porer på 10-15 mm, vil det være umulig å stille slike krav selv til de beste klassene. Selv om en ramme inneholder tre porer på 5-10 mm vil det ikke ødelegge det totale inntrykket dersom ingen av de andre rammene på samme seksjon har porer større enn 5 mm. Det må derfor skilles mellom lokale og globale krav i klassesystemet i tilfeller hvor de globale kravene skal være svært strenge. Man kan ikke sette krav om 0 porer for noen av størrelsesområdene, ettersom dette er svært urealistisk.

De beste klassene er tenkt brukt i tilfeller hvor man vil stå svært nærme veggen eller av andre årsaker har bruk for en svært pen overflate. I disse tilfellene vil også de minste porene vises godt, og det må derfor også stilles strenge krav til disse. Ved bruk av de dårligste klassene vil man derimot ha en naturlig betraktingsavstand som gjør at de minste porene blir svært lite synlige. Her er må det derfor settes strengere krav til de store porene i stedet.

## **8.2 ERFARINGER OG ANALYSE**

### **8.2.1 FOTOGRAFERING AV BETONGOVERFLATEN**

Når man skal ta bilder av betongoverflatene til poretelling, er det viktig å ha gode lysforhold. Noen steder var det svært mørkt, og det ble da brukt en arbeidslampe for å lyse opp overflaten. Dette fungerte som regel greit nok, selv om bildene ble mer utydelige. På et av prosjektene hvor det kun ble brukt arbeidslampe, ble en del av bildene så uklare at vi ikke greide å telle porene. Dette skjedde selv om vi brukte både bildestabilisator og stativ. Det anbefales derfor å minst ha normalbelysning når man fotograferer.

Vanligvis ble det tatt bilder både med og uten blits på alle prosjektene. Unntaket var et prosjekt hvor alle de undersøkte veggene var utendørs, og hvor det var svært gode lysforhold. Vi antok at det ville være unødvendig å ta bilder med blits her, fordi bildene uansett ville bli klare nok. I etterkant så vi at rammen kastet en liten skygge langs den ene kanten, slik at det ble vanskelig å se om det var porer der ut fra bildene. Vi burde også her brukt blits for å lyse opp denne kanten, og det anbefales derfor å ta bilder både med og uten blits uansett lysforhold.

Ved helt nye konstruksjoner vil man normalt ha en del lukkede porer, fordi det tar tid før alle porene i betongoverflaten åpner seg. Disse porene er det vanskelig å registrere ved hjelp av fotografering, og på bildene vil det se ut som overflaten er penere enn hva som faktisk er tilfellet. I slike tilfeller bør overflaten børstes med en kost først, slik at de lukkede porene i overflaten åpner seg. På et av prosjektene hadde vi problemer med å åpne alle porene, selv om vi kostet overflaten, og det er derfor mulig at ikke alle overflateporer ble talt med i dette tilfellet.

På grunn av begrensninger i kamerastativets høyde, har vi bare kunnet måle fra høyde 30 cm til 170 cm. Vi syns ikke dette har gitt noen begrensninger for oppgaven, siden vi bare har vært ute etter å se forskjellige overflater. Dersom en entreprenør skal bruke målingene for å vise at overflaten holder kravene innen en klasse, bør derimot målingene utføres over hele høyden, samt at de ulike stedene hvor målingene skal utføres bør være avklart med byggherre/arkitekt på forhånd.

### 8.2.2 PORETELLING

For å kunne telle porene på en enkel og etterprøvbart måte, valgte vi å skrive ut bildene. Vår erfaring er at det gir best resultat å skrive ut bildene på A3-ark og i farger. Å skrive ut i farger gir mest kontraster og gjør at porene kommer tydeligere fram. I tillegg er det en fordel å ha bildene ganske store, slik at det blir mer nøyaktig å se siden porestørrelsen blir bestemt ved å legge linjal over bildet.

Fordi porene blir talt ved å legge en linjal over bildet, kan porer som ligger akkurat på grensen mellom to klasser havne i feil klasse fordi det er vanskelig å se nøyaktig nok. Siden dette vil gå begge veier mellom klassegrensene, regner vi med at det vil jevne seg ut i gjennomsnitt. I tillegg gjelder dette hovedsaklig de minste porene, og der er grenseklassene så vide at noen feiltellinger ikke vil utgjøre noen betydelig forskjell.

Et problem oppsto når vi talte porer i betong med komprimeringsfeil, noe som spesielt er et problem med hvit betong. I områder med komprimeringsfeil forekommer det ofte mange små porelignende ujevnheter. Siden denne oppgaven ser bort fra komprimeringsfeil, er det viktig å skille mellom "vanlige" porer og disse porene. Dette kan av og til være vanskelig, og det er mulig at noen komprimeringsfeil er tatt for å være porer og omvendt.

Poretellingen kan være tidkrevende, spesielt i gruppene med mange små porer mellom 1-5 mm. Vi erfarte at når det var svært mange og jevnt fordelte porer innenfor en rute eller ramme, kunne et mindre område telles, for deretter å estimere resten av arealet. Dette ble i våre undersøkelser gjort på et fåtall av rammene, ettersom vi anså at porene i de fleste rammene ikke var tilstrekkelig jevnt fordelte.

## **9 GRÅTONE: RESULTATER, ANALYSE OG ERFARINGER**

Alle prosjektene har blitt undersøkt med tanke på lokale variasjoner i gråtone. Tre prosjekter har også blitt undersøkt med tanke på globale variasjoner. Når betongen undersøkes lokalt ser vi hovedsakelig på jevnheten i gråtonen innenfor hver ramme. I den globale undersøkelsen sammenlignes rammer fra samme vegg. I tillegg er det blitt undersøkt en alternativ metode til å bruke NCS fargemåler, nemlig å bruke en manuell NCS lyshetsmåler.

### **9.1 LYSHETSMÅLER SOM MÅLEMETODE**

#### **9.1.1 LYSHETSMÅLER – MÅLINGER DIREKTE PÅ BETONGVEGG**

En elektronisk NCS fargemåler er et kostbart utstyr og det vil være en stor fordel om det går an å bruke enklere og billigere utstyr til å måle betongens gråtone. Et eksempel på slikt utstyr er NCS lyshetsmåler fra NCS Colour Centre. Denne er nærmere beskrevet i kapittel 6.

Lyshetsmåleren ble testet ut på majoriteten av prosjektene vi besøkte, og deretter sammenlignet med en måling gjort med den elektroniske måleren på samme område. Resultatene vi fikk viser at den visuelle manuelle målingen er svært usikker. Av 270 målinger var det forskjell på manuell og elektronisk måling på 136 av dem. I gjennomsnitt var forskjellen på 4,96 % i svarhetsgrad, når skalaen går fra 0-100 % svarhet. Største forskjell var på hele 10 %. Ser vi på alle målingene samlet blir det i gjennomsnitt en forskjell på 2,65 %, noe som fremdeles er en stor forskjell.

Lyshetsmåleren måler kun gråtone, og hvis betongen har tendenser til andre farger blir det vanskelig å lese av gråtonen. Samtidig er metoden til en viss grad subjektiv, og det er vanskelig å være sikker på at man kan stole på avlesingen. Vi mener derfor at dette er en lite egnet metode for kvalitetssikring når den brukes av "ufaglærte". For at den skal kunne brukes til kvalitetssikring bør usikkerheten være betydelig mindre. Et alternativ til manuell avlesning direkte på betongen er en metode nevnt nedenfor, nemlig å ta et fotografi med lyshetsskalaen festet til betongen som skal måles. På denne måten elimineres i hvert fall den fargeforskjellen man kan få på betong i forskjellig lys.

#### **9.1.2 FOTOGRAFIER**

Et av formålene med denne masteroppgaven er å finne ut om gråtone og gråtonejevnhet kan tilfredsstillende gjengis ved hjelp av fotografier. Det ble i møtereferatet fra COIN, prosjekt P2 foreslått hvordan bildene skulle tas, og hvordan man i ettertid skulle bruke NCS lyshetsmåler for å fastslå gråtone. Bildene skulle tas av hele prøveprosjektet/-veggen, samt på markerte prøveområder som avgrenses av rammen på 60 x 60 cm. prCEN/TR anbefaler at området fotograferes i svart/hvitt og med en avstand på 5 meter. Bildene skulle deretter fremkalles på matt papir for så å kunne direkte bruke en fargeskala for sammenligning. (1)

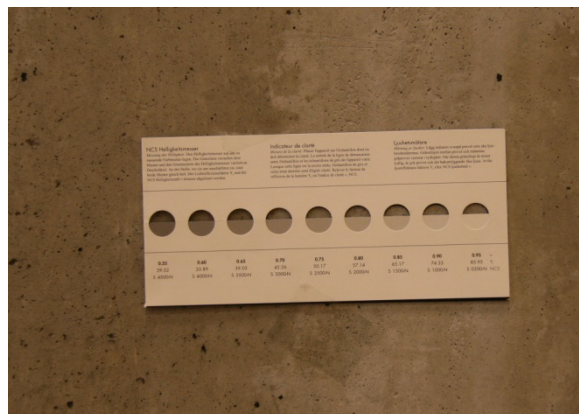
Konseptet med fotografering gjør at dette ikke er en brukbar metode for enkelt å fastslå gråtone. Et bilde tas ved at lys slippes inn gjennom kameraets linse, og man kan ved hjelp av kameraets blenderåpning og lukketid justere mengden lys som slipper inn. Jo mer lys som slippes inn, jo lysere blir bildet. Det er med andre ord ingen måte å kontrollere at gråtonen og lyset som kommer på bildet tilsvarer de virkelige forholdene. Skulle man få gode bilder som man antar at er riktige med tanke på



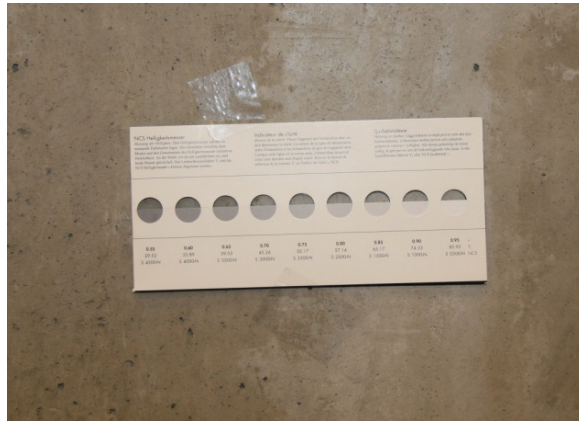
lyshet, kommer andre praktisk problemstillinger inn, i form av forandringer i lyshet på bildene ved trykking/fremkalling. Dette er med andre ord ikke en metode som enkelt kan benyttes av alle og enhver.

I følge Lemaire et. al (14) kan man korrigere digitale bilder av betong slik at de blir uavhengige av kameratype og lysforhold. I artikkelen beskrives en metode for å behandle bildene slik at de kan sammenlignes direkte. GTM-Construction og Materials and Construction Durability Laboratory (LMDC) i Frankrike har utviklet en teknikk som kort går ut på å analysere bildet med tanke på lysets bølgelengde og røde, grønne og blå fargekoordinater. Deretter korrigeres hver enkelt piksel slik at bildet tilslutt er uavhengig av både kamera og omsluttende lys. Metoden er datastyrt på en enkel bærbar datamaskin med Linux operativsystem. Dette er likevel en avansert metode, noe som gjør at den kanskje passer bedre for forskning enn for praktisk kvalitetssikring.

I vårt arbeid har vi kommet frem til en metode som vi mener kan fungere som et alternativ. Vi mener det er viktig at metoden er gjennomførbar uten for avansert utstyr eller teknikk. Metoden innebærer at en svarthetskala festes til betongen i det området man ønsker å fastslå gråtonen, for deretter å fotografere overflaten. Et eksempel på en slik svarthetskala kan være en NCS lyshetsmåler. Når man tar bilder i forskjellige typer lys vil betongen kunne få andre farger på bildet enn den har i virkeligheten, og betongen blir ofte brunlig på bilder. Det er derfor viktig å ta bildet i et hvitt, nøytralt lys, med for eksempel en blits. Våre erfaringer er at man kommer langt med et speilreflekskamera med ekstra blits. Forholdet mellom betongens gråtone og lyshetsmåleren vil nå være totalt uavhengig av hvor mye lys som slippes inn gjennom kameraets linse. Bilder tatt med og uten blits er vist i figur 13 og figur14.



FIGUR 13: BILDE AV LYSHETSMÅLER UTEN BLITS



FIGUR 14: BILDE AV LYSHETSMÅLER MED BLITS

## 9.2 LOKALE VARIASJONER

For å kunne si noe om overflatekvalitet med hensyn på gråtone, ble det tatt utgangspunkt i 81 fargemålinger i 35 rammer. Etter at bilder og fargemålinger var gjort, ble de enkelte rammene vurdert subjektivt basert på bildene og observasjoner fra feltarbeidet. Det som gjelder for porer gjelder også her, nemlig at bilder alene kan gi et feil inntrykk av kvaliteten på overflaten. Rammene ble karakterisert etter grad av skjolding. Denne karakteriseringen er vist i tabell 8. I dette arbeidet så vi at det dannet seg fire grupper – de rammene som var svært jevne i gråtone, de som hadde geometrisk små skjolder, de som hadde geometrisk store skjolder, og de som hadde store skjolder med fremtredende variasjon i gråtone. Alle bildene er vist i cd-vedlegg.

TABELL 8: VISUELL VURDERING AV GRÅTONENS JEVNHET

| Bygg                        | Ramme | Subjektiv vurdering      |
|-----------------------------|-------|--------------------------|
| <b>AMFI</b>                 | 1     | Store, tydelige skjolder |
|                             | 2     | Store skjolder           |
|                             | 3     | Store, tydelige skjolder |
|                             | 4     | Store, tydelige skjolder |
| <b>Gyldendalhuset</b>       | 1     | Småskjoldete             |
|                             | 2     | Småskjoldete             |
|                             | 3     | Veldig jevn              |
|                             | 4     | Jevn                     |
|                             | 5     | Litt skjolding           |
| <b>KVT</b>                  | 1     | Store, tydelige skjolder |
|                             | 2     | Småskjoldete             |
|                             | 3     | Store skjolder           |
|                             | 4     | Småskjoldete             |
|                             | 5     | Store skjolder           |
| <b>Lysaker Stasjon</b>      | 1     | Småskjoldete             |
|                             | 2     | Store skjolder           |
|                             | 3     | Store skjolder           |
|                             | 4     | Store, tydelige skjolder |
|                             | 5     | Store, tydelige skjolder |
| <b>Lørenskog nye senter</b> | 1     | Store skjolder           |
|                             | 2     | Store tydelige skjolder  |
|                             | 3     | Jevn                     |
|                             | 4     | Store skjolder           |
| <b>Oslo Z</b>               | 1     | Store, tydelige skjolder |
|                             | 2     | Store skjolder           |
|                             | 3     | Noe stor skjolding       |
| <b>Realfagbygget</b>        | 1     | Småskjoldete             |
|                             | 2     | Småskjoldete             |
|                             | 3     | Småskjoldete             |
|                             | 4     | Småskjoldete             |
|                             | 5     | Småskjoldete             |
| <b>Smykkeskrinet</b>        | 1     | Småskjoldete             |
|                             | 2     | Jevn                     |
|                             | 3     | litt skjoldete i striper |
|                             | 4     | Småskjoldete             |

På bakgrunn av den subjektive vurderingen ble rammene gruppert etter jevnhet i gråtone. Deretter startet arbeidet med å finne en sammenheng mellom vår visuelle oppfatning av variasjon i gråtone og målte verdier med den elektroniske fargemåleren.

Den videre behandlingen av dataene krevde at vi fant frem til hvilke faktorer ved målingene som kunne indikere om en overflate var jevn eller ujevn i fargen. Faktorene må si noe om numerisk forskjell i målt gråtone over hele rammen, i hver enkelt rute, og noe om hvordan gjennomsnittet for hele rammen var. Vi ønsket i tillegg å gjøre det hele så enkelt som mulig, og uten for store statistiske

operasjoner. Det viktigste numeriske målet på variasjon i gråtone er spennet mellom laveste og høyeste målte verdi.

Faktorene vi så på for å vurdere jevnhet i farge var derfor:

- Største variasjon i svarhetsgrad mellom enkeltmålinger i hele rammen
- Største variasjon i svarhetsgrad mellom enkeltmålinger innenfor rute
- Største variasjon mellom rutenes gjennomsnitt i en ramme

Dette ble registrert som første steg i prosessen for å komme frem til en sammenheng mellom visuelt oppfattet og elektronisk målt gråtone og gråtonevariasjon. Etter at rammene var plassert i grupper etter vår visuelle vurdering, ble de numeriske verdiene sammenlignet innen hver gruppe for å kunne vurdere om det var en sammenheng her. I tabell 9 er disse verdiene vist. Vi kan ved første øyekast konstatere at det er en viss trend innenfor de enkelte gruppene, men at de målte verdiene for gråtone alene ikke gir grunnlag for en klasseinndeling. Ser vi på alle gruppene som helhet er tendensen at disse verdiene øker fra beste til dårligste gruppe, men det er for mange unntak til at dette kan brukes som metode for kvalitetskontroll.

TABELL 9: GRUPPERING AV GRÅTONE MED MÅLTE VERDIER AV SVARTHET

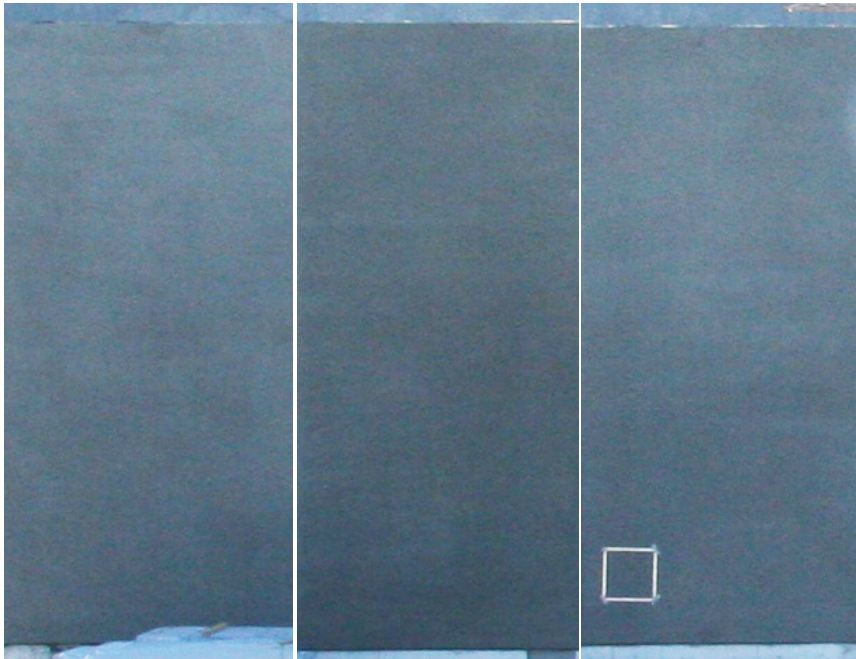
| Gråtone                         | Største forskjell enkeltmåling hele ramme | Største forskjell enkeltmåling innen rute | Største forskjell gjennomsnitt for rutene |
|---------------------------------|---|---|---|
| <b>Jevn</b>                     |   |   |   |
| Gyldendalhuset 3                | 2,5                                       | 2,5                                       | 0,3                                       |
| Gyldendalhuset 4                | 5   | 5   | 3,1                                       |
| Lørenskog 3                     | 10  | 10  | 6,7                                       |
| Smykkeskrinet 2                 | 2,5                                       | 2,5                                       | 0,3                                       |
| <b>Småskjoldete</b>             |   |   |   |
| Gyldendalhuset 1                | 15  | 10  | 4,4                                       |
| Gyldendalhuset 2                | 7,5                                       | 5   | 3,1                                       |
| Gyldendalhuset 5                | 5   | 5   | 1,4                                       |
| KVT 2                           | 10  | 10  | 3,4                                       |
| KVT 4                           | 5   | 5   | 1,7                                       |
| Lysaker 1                       | 10  | 10  | 3   |
| Realfagbygget 1                 | 7,5                                       | 7,5                                       | 3   |
| Realfagbygget 2                 | 5   | 5   | 2,5                                       |
| Realfagbygget 3                 | 5   | 5   | 1,1                                       |
| Realfagbygget 4                 | 5   | 5   | 1,9                                       |
| Realfagbygget 5                 | 10  | 5   | 4,8                                       |
| Smykkeskrinet 1                 | 5   | 5   | 1,1                                       |
| Smykkeskrinet 3                 | 2,5                                       | 2,5                                       | 1,4                                       |
| Smykkeskrinet 4                 | 15  | 10  | 2,3                                       |
| <b>Store skjolder</b>           |   |   |   |
| AMFI 2                          | 10  | 10  | 7,8                                       |
| KVT 3                           | 10  | 5   | 2,8                                       |
| KVT 5                           | 10  | 7,5                                       | 4,4                                       |
| Lysaker 2                       | 12,5                                      | 10  | 2,5                                       |
| Lysaker 3                       | 10  | 10  | 6,1                                       |
| Lørenskog 1                     | 20  | 15  | 4,5                                       |
| Lørenskog 4                     | 15  | 10  | 5,8                                       |
| Oslo Z 2                        | 10  | 10  | 7,3                                       |
| Oslo Z 3                        | 10  | 10  | 1,1                                       |
| <b>Store, tydelige skjolder</b> |   |   |   |
| AMFI 1                          | 15  | 10  | 5   |
| AMFI 3                          | 20  | 20  | 10  |
| AMFI 4                          | 20  | 20  | 5,6                                       |
| KVT 1                           | 10  | 10  | 2,8                                       |
| Lysaker 4                       | 10  | 10  | 5,9                                       |
| Lysaker 5                       | 20  | 20  | 6,9                                       |
| Lørenskog 2                     | 10  | 10  | 3,9                                       |
| Oslo Z 1                        | 20  | 20  | 3,4                                       |

Eksempelbilder fra hver gruppe er gitt i vedlegg E.

Trenden innenfor klassene er tydeligst for gruppene "store skjolder" og "store, tydelige skjolder" og for verdiene "største forskjell i enkeltmåling hele ramme" og "største forskjell enkeltmåling innen rute". Ser vi på resultatene for "største forskjell i gjennomsnitt mellom rutene" er det ingen sammenheng mellom størrelsen på denne og visuell klasseinndeling i noen av gruppene.

### 9.2.1 OVERFLATER MED EKSPONERT TILSLAG

Fasaden på Nortura Malvik skiller seg fra alle de andre prosjektene, både fordi den består av prefabrikkerte elementer, og fordi elementene har eksponert tilslag i overflaten. Fordi overflaten på Malvik Slakteribygget er så spesiell i forhold til de andre prosjektene vi har foretatt målinger på, velger vi å presentere resultatene separat. Fra avstand ser elementenes gråtone relativt jevn ut innen hvert enkelte element. Element 1, 3 og 4 er vist i figur 15.



FIGUR 15: ELEMENT 1, 3 OG 4 PÅ SØRVEGG NORTURA MALVIK

Det ble på dette prosjektet gjennomført målinger i kun tre rammer. Dette ble vurdert som tilstrekkelig for å kunne si noe om de lokale forskjellene. Resultatene fra disse målingene er presentert i tabell 10.

TABELL 10: LOKAL VARIASJON PÅ ELEMENTER

| Bygg                  | Element | Største forskjell enkeltmåling | Største forskjell innen rute | Største forskjell mellom gjennomsnitt rute |
|-----------------------|---------|--------------------------------|------------------------------|--|
| Malvik Slakteribygget | 1       | 17,5                           | 15                           | 7,7  |
|                       | 3       | 17,5                           | 12,5                         | 3,9  |
|                       | 4       | 22,5                           | 15                           | 8,9  |

Som vi ser i tabellen er det stor innbyrdes forskjell i svarhetsgrad, både i de enkelte rutene og over hele rammen. Så store forskjeller ble for vanlige betongoverflater kun registrert for rammer med store skjolder og/eller stor variasjon i gråtone. Her ser elementenes farge relativt jevn ut fra litt avstand.

### 9.3 GLOBALE VARIASJONER

Ettersom hovedfokus i datainnsamlingen har vært å innhente så mye variert data som mulig, er det kun tre prosjekt hvor vi har sett på de globale forskjellene over én og samme vegg. Disse tre er Kristen videregående skole Trondheim (KVT), Nortura Malvik og Realfagbygget. De globale forskjellene undersøkes ved å se på forskjeller mellom gjennomsnittlig svarhetsgrad i de forskjellige rammene, kombinert med en visuell vurdering av fargen over veggen. I tillegg er alle elementene på Nortura Malvik forsøkt undersøkt ved enkle målinger i umiddelbar nærhet til skjøtene.

#### 9.3.1 KRISTEN VIDEREGÅENDE SKOLE TRONDHEIM

På Kristen videregående skole ble det utført målinger på tre rammer langs den ene kortveggen. Veggene var ca 24 meter lang, og målingene ble utført med jevne mellomrom. Det visuelle inntrykket var at veggene hadde lokale skjoldinger, men at gråtonen generelt var jevn over hele veggen. Figur 16 og figur 17 under viser hvordan veggen ser ut. På grunn av mye idrettsutstyr var det vanskelig å få et bra bilde.



FIGUR 16: OVERSIKTSBILDE KORTVEGG KVT



FIGUR 17: DETALJBILDE KORTVEGG KVT

Ved hjelp av NCS fargemåleren, ble det funnet gjennomsnittlig svarthetsgrad for hver ramme. Disse er sammenlignet i tabell 11 under.

TABELL 11: GLOBAL VARIASJON I GRÅTONE PÅ KVT

| KVT     | Gjennomsnitt hele ramme | Beskrivelse                       |
|---------|-------------------------|-----------------------------------|
| Ramme 3 | 33,9                    | Mange store skjolder              |
| Ramme 4 | 35,8                    | Lite fargeskjolder                |
| Ramme 5 | 31,9                    | Store områder med fargeujevnheter |

Tabellen viser liten forskjell i gjennomsnittlig svarthetsgrad mellom de ulike rammene, noe som gjenspeiler vårt visuelle inntrykk av en jevn gråtone over veggen.

### 9.3.2 REALFAGBYGGET

På Realfagbygget ble det sett på en 16 meter lang vegg på biblioteket. Fordi det står mange bokreoler i nærheten av veggen, har det ikke vært mulig å ta et bra oversiktsbilde. Bilder av de ulike rammene er derfor vist under i figur 18, figur 19 og figur 20. Bildene er tatt under samme lysforhold og med kamerainnstillinger, og vi mener derfor at de gir et godt grunnlag for direkte sammenligning. Veggen hadde en del skjolder og komprimeringsfeil, men fargen så generelt jevn ut over hele veggen.





FIGUR 18: REALFAGBIBLIOTEKET RAMME 3



FIGUR 19: REALFAGBIBLIOTEKET RAMME 4



FIGUR 20: REALFAGBIBLIOTEKET RAMME 5

Gjennomsnittlig svarhetsgrad for hver enkelt ramme er vist i tabell 12. Tabellen viser at maksimal forskjell i gjennomsnittlig svarhetsgrad er på ca 4 %. Dette er en ganske liten forskjell, noe som stemmer godt med det visuelle inntrykket av veggen

TABELL 12: GLOBAL VARIASJON I GRÅTONE PÅ REALFAGBYGGET

| Realfag | Gjennomsnitt hele ramme | Beskrivelse  |
|---------|-------------------------|--|
| Ramme 3 | 10,4                    | Litt skjoldete, men ikke så ille   |
| Ramme 4 | 14,2                    | Noe brunoransje misfarging, veldig fin del av veggen (midten)  |
| Ramme 5 | 13,1                    | Jevn i fargen (med unntak av områder med dårlig komprimering). Noe misfarging (rødoransje/rødbrune streker og flekker) |

### 9.3.3 NORTURA MALVIK

Som tidligere nevnt består fasaden på Nortura Malvik av elementer med eksponert tilslag. Veggen som ble undersøkt består av 12 elementer, hver med en bredde på 3,6 meter. Denne veggen er vist i figur 21 under.



FIGUR 21: FASADE SØRVEGG NORTURA MALVIK

Innenfor hvert enkelt element ser fargen svært jevn ut, men det er tydelige forskjeller mellom de ulike elementene. Hvis man står helt inntil betongen ser man at det er mange småfarger i overflaten pga ulik farge på steinene i tilslaget.

Rammen ble plassert på element nr 1, 3 og 4. Disse var de elementene vi visuelt sett syntes hadde størst fargeforskjell, så det var her vi regnet med å få størst utslag på fargemålingene. Det var i tillegg ønskelig å måle en ramme på element nr 2 for å se forskjellen mellom dette elementet og element nr 3, men dette fikk vi ikke til pga utsparinger. Den gjennomsnittlige svarthetsgraden for hver ramme er vist i tabell 13.

TABELL 13: GLOBAL VARIASJON I GRÅTONE PÅ NORTURA MALVIK

| Nortura Malvik | Gjennomsnitt hele ramme | Beskrivelse  |
|----------------|-------------------------|--|
| Element 1      | 55,3                    | Element 1 lysere enn element 3 og 4                                  |
| Element 3      | 62,3                    | Mørkere element enn 1 og 4. Sammen med element 2 mørkeste på veggen. |
| Element 4      | 54,4                    | Element nr 4 er klart lysere enn element nr 3                        |

Vi ser her at gjennomsnittet for rammene gjenspeiler tendensen i det visuelle inntrykket. Det vises likevel ikke klart at element 1 er det lyseste elementet. Fordi forskjellen mellom element 1 og 4 er såpass liten kan det være usikkerhet i målingene pga den spesielle overflaten som gir utslag.

Det ble også sett nærmere på elementskjøtene. For å dokumentere den visuelle forskjellen mellom elementene ble det tatt bilder av hver elementskjøt. Disse er presentert i vedlegg F. Dette, sammen med oversiktsbildet, viser noen steder tydelige visuelle forskjeller i gråtone fra element til element.

For å se om de visuelle inntrykkene stemte med fargemålingene, ble det foretatt fargemålinger langs kjøten på begge sider av elementene. Siden det å måle en hel ramme på hver ende av alle elementene ville blitt alt for tidkrevende, ble det i stedet gjennomført tre enkeltmålinger vertikalt langs kjøten ved NCS fargemåler. Ut fra dette ble det funnet en gjennomsnittlig svarthetsgrad for hver elementkant. Den gjennomsnittlige svarthetsgraden ble så sammenlignet med inntilliggende elementkant. I tabell 14 er de gjennomsnittlige resultatene fra fargemåleren presentert. Vi ser her at

de forventningene vi hadde til forskjell i gråtone ikke gjenspeiles i målingene. Elementene er nummerert fra venstre mot høyre.

TABELL 14: GLOBAL VARIASJON OVER ALLE ELEMENTER PÅ NORTURA MALVIK

| Elementskjøt | Gjennomsnitt høyre side første element | Gjennomsnitt venstre side andre element | Gjennomsnittlig forskjell |
|--------------|--|---|---------------------------|
| 1-2          | 56,7                                   | 57                                      | 0,4                       |
| 2-3          | 62,5                                   | 58                                      | 4,5                       |
| 3-4          | 56,7                                   | 53                                      | 3,7                       |
| 4-5          | 53,3                                   | 50                                      | 3,3                       |
| 5-6          | 56,7                                   | 58                                      | 1,3                       |
| 6-7          | 58,3                                   | 60                                      | 1,7                       |
| 7-8          | 60                                     | 57                                      | 3                         |
| 8-9          | 60                                     | 57                                      | 3                         |
| 9-10         | 53,3                                   | 57                                      | 3,7                       |
| 10-11        | 53,3                                   | 58                                      | 4,7                       |
| 11-12        | 60                                     | 56,7                                    | 3,3                       |

Ut fra det visuelle uttrykket fasaden gir, hadde vi ventet oss en større forskjell mellom for eksempel element 1 og 2. Visuelt er dette de to inntilliggende elementene med størst forskjell i gråtone. Forskjellen mellom element 2 og 3 var derimot ventet å være svært mye mindre. Målingene stemmer heller ikke overens med målingene som ble utført med rammene. Siden elementene har eksponert tilslag i overflaten, blir fargen veldig tilfeldig ut fra hvilken stein man treffer. Tre målinger er derfor for lite til å finne en gjennomsnittsfarge for elementet, og disse resultatene er derfor så usikre at de ikke kan brukes som bakgrunn for et klassesystem.

Siden slike overflater fører til så mye usikkerheter i resultatene, er det vanskelig å si noe konkret, både på bakgrunn av målinger gjort i rammer og langs elementskjøter. Ettersom det ble gjort 81 målinger per ramme, antas likevel gjennomsnittet for rammen å kunne gi et visst inntrykk av svarhetsgraden. Hvis man sammenligner Nortura med KVT og Realfagbygget, vises det at måten variasjonene i svarhetsgrad opptrer på er svært avgjørende for det visuelle inntrykket. Dersom variasjonene kommer gradvis over veggen og veggen er litt skjoldete fra før, vil ikke en liten forskjell i gråtone være synlig. Dersom variasjonene kommer markant, som ved to inntilliggende elementer som hver for seg har jevn farge, men med en liten forskjell i svarhetsgrad mellom de ulike elementene, vil det vises svært godt.

## 9.4 ERFARINGER OG ANALYSE

### 9.4.1 GENERELT

I vurderingen av den lokale variasjonen i gråtone så vi at resultatene fra målingene våre ikke ga noe entydig resultat. Det faktum at vi ikke ser en klar sammenheng mellom målt og oppfattet variasjon for de lokale målingene, gjør at vi heller ikke kan se på resultatene for de globale målingene som fullstendig pålitelige. Det er viktig å få frem her at vi anser datagrunnlaget vårt som tilstrekkelig stort, med 81 målinger per ramme i 35 rammer. Dette utgjør totalt 2835 enkeltmålinger. Det vi i stedet setter spørsmålsteget ved er metoden for datainnsamling og analyse av dataene.

#### 9.4.2 DATAINNSAMLING

Når man skal måle gråtonen på en betongoverflate er det viktig at den er ren og tørr. Er betongen våt vil fargemåleren måle en høyere svarthet. Vi har flere steder hatt problemer med at overflatene var skitne, hadde malingsflekker eller var våte etter vann som hadde rent. Vi måtte derfor velge ut våre måleområder med omhu. Dette er ikke noe man kan gjøre hvis det på forhånd er bestemt hvor målingene skal foretas. Tidspunktet for målingen kan derfor være av betydning.

For å sikre at målingene ble jevnt fordelt både innenfor hver rute og hver ramme brukte vi en mal som beskrevet i kapittel 6. Denne ble laget i tykt papir som en test, men fungerte såpass greit at vi i løpet av arbeidet ikke så noe behov for å utvikle en i et annet materiale. Å lage malen i papir har den ulempe at den fort går i stykker, spesielt hvis det er fuktig. Vi ser derfor fordelene av å lage en i et annet materiale til senere bruk når en passende prosedyre er etablert. Det er da viktig å passe på at dette materialet ikke er for tykt. Malen bør være lett slik at den er enkel å holde på plass med en hånd mens man gjør målinger med den andre. Vi har laget hullene så store at hele fargemålerens målehode kommer innenfor. Velger man å lage hullene mindre, er det enda viktigere at materialet malen lages av er tynt. Er det for tykt vil det kastes skygge mellom betongoverflaten og måleren, og målingene vil slå ut feil. Dette ble selv erfart, og lå til grunn da vi valgte å utforme malen vår i tykt papir.

Ved bruk av NCS fargemåler, bør det unngås å plassere denne rett over porer som er større enn ca. 5 mm. Store porer vil kunne gi en skyggeeffekt som fører til at fargemåleren viser en høyere gråtone enn hva som er tilfelle for veggen i virkeligheten. Vi har i våre målinger unngått dette ved å flytte måleren når store porer kommer i konflikt med fargemåleren. NCS fargemåleren er noen ganger usikker i resultatene den gir, noe som vises ved to plusstegn på slutten av målingene. Disse usikkerhetene går likevel oftest på kulørtonen, og vil mest sannsynlig ikke ha noe å si for denne oppgaven siden vi bare ser på gråtonen her.

Fargemåleren foretar målinger svært lokalt, men man skulle tro at man ved så mange målinger ville få resultater som gjenspeilte den tilfeldige variasjonen i gråtone. Vi synes ikke dette vises tydelig nok i våre resultater. Vi vil likevel være forsiktige med å anbefale å gjøre flere målinger, ettersom 81 målinger per ramme allerede er svært tidkrevende. Det vil være urealistisk å tro at å foreta flere målinger er gjennomførbart i det lange løp.

Målinger med NCS fargemåleren vi brukte var svært tidkrevende. Selv om vi kun så på svarthetsgraden i første omgang, ble hele fargekoden notert i tilfelle det ble aktuelt å se på dette også, eventuelt i videre arbeid. Fordi måleren kun kan lagre 10 målinger om gangen, måtte dette noteres underveis. Dette er tidkrevende, og førte til at fargemåling på én ramme kunne ta rundt én time. I tillegg kommer en stor jobb med å prosessere disse dataene i ettertid.

Målingene gjort på Nortura Malvik viste store variasjoner i svarthetsgrad. Tilslaget har lokalt stor variasjon både i farge og svarthetsgrad, og når NCS fargemåleren treffer disse gir det betydelige utslag. Det grove tilslaget er jevnt fordelt ut over hele overflaten, og kommer ofte i konflikt med måleområdet. Det er med andre ord vanskelig å måle gråtone på selve betongen. På de enkelte rammene ble det utført 81 målinger per ramme med fargemåleren, og selv om et gjennomsnitt ikke er helt pålitelig, gir de en viss indikasjon på gråtonen til elementet. Dette så vi stemte ved at det på element nr 3 ble målt en svarthetsgrad som var en del mørkere enn element nr 1 og 4. Ved sammenligning mellom element nr 1 og 4, ga fargemåleren motsatt resultat enn det vi visuelt hadde antatt.

Denne forskjellen var imidlertid så liten, at det godt kan skyldes usikkerhet i målingene, på grunn av den spesielle overflaten. Uansett er disse målingene så usikre at de ikke kan brukes som grunnlag for en spesifisering. Resultatene fra den lokale målingen ved skjøtene kan man stille spørsmålsteget ved om er pålitelige. Det ble registrert kun tre målinger, og med den store fargevariasjonen vi har på grunn av tilslaget, er nok ikke disse målingene til å stole på.

### **9.4.3 ANALYSE AV RESULTATENE**

Vi har i denne rapporten ikke gjennomført en grundig og dyp statistisk analyse av de innsamlede dataene. En for komplisert kontrollmetode vil gjøre systemet tungvint og vanskelig å gjennomføre. Ettersom vår valgte analyse ikke ga noen resultater kan man likevel stille spørsmål om en grundigere analyse ville vært på sin plass, om ikke for annet enn for å bekrefte eller avkrefte om problemet ligger i utstyret, selve datainnsamlingen eller den videre analysen.

I en grundigere analyse vil det være naturlig å se først på variasjonsbredde, gjennomsnitt, modus og median for hver rute og hver ramme. Videre vil det være naturlig å se på standardavvik og varians. Dette kan si mye om størrelsen på variasjonen i gråtone og hvor mange målinger som avviker, men sier ingenting om hvordan den opptrer. Om variasjonene er i stor eller liten geometrisk skala har stor innvirkning på hvordan vi oppfatter forskjellen i gråtone. Småskalavariasjoner gir en mer "levende" overflate, og er mindre synlige for øyet. Det er skjoldenes geometri og mønster som er mest avgjørende for hvordan vi oppfatter gråtonens jevnhet, og til en viss grad størrelsen på variasjon i svarthet. Geometri og mønster kan vanskelig måles og derfor mener vi at vår metode hvor vi ser kun på største forskjell i svarthet kan forsvares, selv om resultatene ikke er entydige.

### **9.4.4 ETABLERING AV KLASSEGRENSER**

I de numeriske verdiene ser vi likevel noen tendenser selv om de klare korrelasjonene mangler. Vi prøver derfor å sette noen realistiske krav til største tillatte forskjell i målinger for de enkelte gruppene. Ettersom Tage Hertzell påstår at det vil være urealistisk å forvente mindre forskjell enn 10 % svarthet, ønsker vi ikke å sette noen krav strengere enn dette. Disse grensene settes i et forsøk på å gjøre systemet noe mer objektivt målbart enn kun ved hjelp av subjektive vurderinger. Sammen med en gruppeinndeling basert på visuelle observasjoner håper vi at man om ikke annet vil få et system å bygge på, eventuelt å forkaste hvis det ikke fungerer i praksis. Et forslag er da å sette øvre grenseverdier for de to gruppene med høyest grad av skjolding. For de to beste gruppene er de målte verdiene hovedsakelig lavere enn 10 %, noe vi ikke ønsker å sette krav om.

## 10 KLASSIFISERINGSSYSTEM FOR BETONGOVERFLATER

### 10.1 PORER

#### 10.1.1 KLASSIFISERINGSSYSTEMET FOR PORER

Etter å ha delt porene inn etter hvor visuelt pene de var, og deretter sammenlignet poreantallet med det visuelle inntrykket, ble det laget et forslag til klassegrenser. Vi har valgt å dele inn i seks klasser: klasse A, B, C, D, E og O. Her er A er den beste klassen med de strengeste kravene, klasse E er prosjektspesifikt og klasse O har ingen krav i det hele tatt. Eksempelbilder på hver klasse er presentert i vedlegg D.

Det skilles mellom lokale og globale krav. De lokale kravene gjelder innenfor hver enkelt målte ramme, mens de globale kravene gjelder for gjennomsnittet av alle målte rammer på samme seksjon. Klasseinndelingen vises i tabell 15 og tabell 16 nedenfor. De lokale og globale kravene er like med unntak av porer på 5-10 mm for klasse A og porer på 10-15 mm for klasse B. Her er de globale kravene satt til en enkelt pore, fordi det er ønskelig å ha et svært pent gjennomsnittlig inntrykk. Noen ekstra porer ved en enkelt ramme vil imidlertid ikke ødelegge det totale inntrykket, og de lokale kravene er derfor satt til fem porer her.

TABELL 15: LOKALE KRAV TIL OVERFLATEPORER

| Klasse<br>(Maksimalt poreantall per m <sup>2</sup> ) |     |     |      |      |                |                |
|--|-----|-----|------|------|----------------|----------------|
| Porediameter<br>(mm)                                 | A   | B   | C    | D    | E <sup>1</sup> | O <sup>2</sup> |
| 1-5  | 250 | 800 | 2500 | 5000 | -              | -              |
| 5-10   | 5   | 20  | 50   | 100  | -              | -              |
| 10-15  | 1   | 5   | 10   | 20   | -              | -              |

<sup>1</sup> Klasse E: Prosjektspesifikke krav

<sup>2</sup> Klasse O: Ingen krav

TABELL 16: GLOBALE KRAV TIL OVERFLATEPORER

| Klasse<br>(Maksimalt poreantall per m <sup>2</sup> ) |     |     |      |      |                |                |
|--|-----|-----|------|------|----------------|----------------|
| Porediameter<br>(mm)                                 | A   | B   | C    | D    | E <sup>1</sup> | O <sup>2</sup> |
| 1-5  | 250 | 800 | 2500 | 5000 | -              | -              |
| 5-10   | 1   | 20  | 50   | 100  | -              | -              |
| 10-15  | 1   | 1   | 10   | 20   | -              | -              |

<sup>1</sup> Klasse E: Prosjektspesifikke krav

<sup>2</sup> Klasse O: Ingen krav

Dersom navnet på klassen står alene betyr det at antall porer skal være mellom grensene til denne klassen og den bedre klassen. Det vil si at "poreklasse C" betyr at antall porer fra 1-5 mm skal være mellom 800 og 2500, antall porer fra 5-10 mm skal være mellom 20 og 50, og antall porer fra 10-15 mm skal være mellom 1 og 10. Dersom det står et plustegn bak klassen betyr det at overflaten skal tilfredsstille det gitte klassekravet eller bedre. "Poreklasse C+" betyr at både klasse A, B og C godtas. Dette sikrer at det både kan velges en så pen overflate som mulig, men at det også er mulig å prosjektere porer, dersom arkitekten ønsker å skape et visuelt uttrykk ved hjelp av dette.

I klassifiseringssystemet for porer er det sett bort fra riss, støpesår, komprimeringsfeil og lignende. Dette må det stilles egne krav til ettersom det ikke dekkes tilstrekkelig av Norsk Standard. Poreskyer inngår heller ikke i klassifiseringssystemet, men dersom det er ønskelig kan arkitekt/entreprenør spesifisere dette som et tilleggskrav i de enkelte prosjekter.

### **10.1.2 ANBEFALINGER FOR BRUK**

Hvilke klasser man velger til ulike seksjoner av en bygning avhenger av seksjonens bruksområde og naturlig betrakningsavstand. Dersom publikum står stille på et område vil de legge mye bedre merke til veggene rundt seg enn hvis de bare går forbi. Det må derfor stilles strengere krav til rom hvor publikum oppholder seg lenge og vil komme tett inn på veggene, enn områder hvor publikum kun passerer. Ulike bruksområder for de ulike klassene er foreslått nedenfor sammen med en kvalitativ beskrivelse av klassene.

- Klasse A: Meget strenge krav som gir svært pene overflater. Anbefales brukt hvor det for eksempel skal males bilder på veggen og det derfor er behov for en svært bra bakgrunn/overflate.
- Klasse B: Gir meget pene overflater. Anbefales brukt på steder hvor publikum kommer tett inntil veggen, som for eksempel møterom, foajé og betongvegger i oppholdsrom.
- Klasse C: Gir overflater som vil se meget pene ut fra 5 meters avstand. Anbefales brukt på store publikumsarealer som haller på togstasjoner og på skoler, hvor brukeren ikke vil stå helt inntil veggen.
- Klasse D: Gir overflater som vil se greie ut fra 5 meters avstand. Anbefales brukt i områder hvor folk kun passerer og ikke blir stående, slik som trapperom og ganger.
- Klasse E: Prosjektspesifikke krav. Kravene spesifiseres av arkitekt/byggherre i kontrakten.
- Klasse 0: Ingen krav. Anbefales brukt der betongen vil være lite synlig eller ikke synlig i det hele tatt. Eksempler er parkeringskjeller, overflate som skal tildekkes, tunneler, grunnmurer og overflater som skal sees på svært lang avstand.



### 10.1.3 RETNINGSLINJER FOR UTFØRELSE AV KONTROLL

Antall målinger som bør utføres innen hver seksjon avhenger av klassevalget. Jo strengere klasse, jo flere målinger bør utføres. Målingene bør utføres jevnt fordelt over overflatene. En anbefaling av antall målinger er gitt under.

- Klasse A: Minst fem rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger 200 m<sup>2</sup>, skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver 50 m<sup>2</sup> som overgår dette
- Klasse B: Minst fem rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger 200 m<sup>2</sup>, skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver 50 m<sup>2</sup> som overgår dette
- Klasse C: Minst tre rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger 200 m<sup>2</sup>, skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver 100 m<sup>2</sup> som overgår dette.
- Klasse D: Minst tre rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger 200 m<sup>2</sup>, skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver 100 m<sup>2</sup> som overgår dette.
- Klasse E: Antall målinger spesifiseres for hvert prosjekt
- Klasse 0: Ingen målinger

Det anbefales at byggherre og entreprenør på forhånd blir enige om hvor målingene skal forgå. På denne måten sikrer man at målingene foretas på tilfeldige steder, slik at ikke spesielt gode eller dårlige områder blir plukket ut etter at overflaten er støpt. Dersom man er klar over at enkelte områder er vanskeligere å støpe enn andre, og man også her ønsker den spesielle klassen, kan det på forhånd bestemmes at en ramme skal plasseres her, for å sikre at alle områder opprettholder klassekravet.

Det er viktig å tenke nøye over på forhånd hva overflatene skal brukes til, for jo høyere klasse man krever, jo dyrere vil prosjektet bli. Det anbefales derfor at prosjekt har forskjellige klassekrav til ulike deler av bygningen/prosjektet, etter bruksområde. Vi ser for oss at mesteparten av betongen som støpes vil falle innenfor klasse 0.

## 10.2 GRÅTONE

Klassifiseringssystemet for gråtone er todelt. Den første delen deler betongoverflatene inn i seks klasser basert på kvalitative beskrivelser, klasse 1 til 5 samt klasse 0. Klasse 0 betyr også her at det ikke settes noen krav til betongoverflaten. Den kvalitative beskrivelsen er gitt i tabell 17 nedenfor, og eksempelbilder fra de enkelte klassene er presentert i vedlegg E. I tillegg settes det noen kvantitative krav til variasjon i gråtone. Disse er vist under tabellen.

TABELL 17: KVALITATIV KLASSEINDELING MHT GRÅTONE

| Klasse   | Beskrivelse   |
|----------|---|
| Klasse 1 | De aller fineste overflatene med jevn gråtone, og uten noen særlig form for skjolding   |
| Klasse 2 | Fine overflater som er jevnt småskjoldete. En slik skjolding kan hjelpe til med å gi inntrykk av en jevn flate selv om gråtonen skulle variere noe over veggen. |
| Klasse 3 | Tydelige, ujevne og store skjolder. Variasjonen i gråtone er ikke nødvendigvis så stor, men den ujevne skjoldingen blir likevel fremtredende.                   |
| Klasse 4 | Tydelige skjolder med stor variasjon i gråtone  |
| Klasse 5 | Prosjektspesifikt   |
| Klasse 0 | Ingen krav  |

I tillegg til å oppfylle kravene ovenfor, stilles noen kvantitative krav til gråtonen uttrykt i svarthetsgrad.

- Klasse 1, 2 og 3: Største forskjell mellom enkeltmålinger innenfor hver enkelt ramme kan ikke overskride 10 % svarthet.
- Klasse 4: Største forskjell mellom enkeltmålinger innenfor hver enkelt ramme kan ikke overskride 20 % svarthet.

Dersom navnet på klassen står alene betyr det at kravet til overflaten vil være kun denne klassen. Dersom det står et plusstegn bak klassen betyr det at overflaten skal tilfredsstillere det gitte klassekravet eller bedre. "Klasse 3" betyr at både klasse 1, 2 og 3 godtas. Dette sikrer at det både kan velges en så pen overflate som mulig, men at det også er mulig å prosjektere skjolder, dersom arkitekten ønsker å skape et visuelt uttrykk ved hjelp av dette.

Det er ikke tatt hensyn til skitt- og rustflekker i denne klassifiseringen, dette må spesifiseres i tilleggskrav, eller i klasse 0.

### 10.2.1 ANBEFALINGER FOR BRUK

Som for porer avhenger hvilke klasser man velger til ulike seksjoner av en bygning av seksjonens bruksområde og naturlig betraktningsavstand. Ulike bruksområder for de ulike klassene er foreslått nedenfor sammen med en kvalitativ beskrivelse av klassene.

- Klasse 1: Overflatene her er meget fine og jevne i gråtonen. Disse anbefales brukt steder hvor mennesker kommer helt inntil betongen, og vil tilbringe tid der. Eksempler på dette er vegger hvor kunst eller andre utsmykninger skal henge, overflater som skal dekoreres direkte eller i boliger.
- Klasse 2: Disse overflatene har noe jevn skjolding, slik at overflaten ser "melert" ut. Denne type skjolding er fremdeles lite fremtredende på noen få meters hold. Klassen anbefales brukt hvor mennesker kommer relativt nært inntil betongen og tilbringer tid der. Eksempler på dette kan være i møterom, inngangspartier og foajeer.
- Klasse 3: Her begynner skjoldingen å bli tydelig, og anbefales derfor brukt på områder hvor mennesker står på litt avstand, og ikke oppholder seg i lengre tid. Eksempler kan være i haller på skoler og større forelesningssaler.
- Klasse 4: Overflater i denne klassen har tydeligere og mer markant skjolding. Anbefales brukt på overflater som passeres, og hvor folk ikke oppholder seg. Eksempler her er utendørs passasjer, parkeringskjellere og lignende.
- Klasse 0: Overflater som skal males over, eller tildekkes på andre måter bør klassifiseres i klasse 0, dvs. ingen krav stilles.

### 10.2.2 RETNINGSLINJER FOR UTFØRELSE AV KONTROLL

De kvalitative kravene bør vurderes på bakgrunn av hele seksjonen, eventuelt delseksjoner hvis disse naturlig deles opp og ikke er inntilliggende. De kvantitative kravene bør derimot vurderes ut fra målinger gjort i avgrenset måleområde i aluminiumsrammen. Antall målinger som bør utføres innen hver seksjon avhenger av klassevalget. Jo strengere klasse, jo flere målinger bør utføres. Målingene bør utføres jevnt fordelt over overflatene. En anbefaling av antall målinger er gitt under.

- Klasse 1: Minst fem rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger  $200 \text{ m}^2$ , skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver  $50 \text{ m}^2$  som overgår dette
- Klasse 2: Minst fem rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger  $200 \text{ m}^2$ , skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver  $50 \text{ m}^2$  som overgår dette
- Klasse 3: Minst tre rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger  $200 \text{ m}^2$ , skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver  $100 \text{ m}^2$  som overgår dette.
- Klasse 4: Minst tre rammer per seksjon. Dersom seksjonsarealet overstiger  $200 \text{ m}^2$ , skal det i tillegg måles på én ekstra ramme for hver  $100 \text{ m}^2$  som overgår dette.
- Klasse 5: Antall målinger spesifiseres for hvert prosjekt
- Klasse 0: Ingen målinger

Det anbefales også her at byggherre og entreprenør på forhånd blir enige om hvor målingene skal forgå.

## 11 EVALUERING AV KLASSIFISERINGSSYSTEMET

### 11.1 PORER

Alt i alt synes vi metoden fungerte bra, og at vi dermed har grunnlag for å etablere et klassifiseringssystem for porer. Vi har sett på åtte ulike prosjekter, og det er i de fleste tilfellene utført målinger på fem rammer per prosjekt. Totalt utgjør datagrunnlaget 31 enkeltrammer som spenner over et stort variasjonsområde, og vi mener at vi dermed har et bredt nok grunnlag for å kunne etablere klassifiseringssystemet.

Det er i klassifiseringssystemet blitt stilt relativt strenge krav til de enkelte klassene, og i tillegg er porene delt opp i tre størrelsesklasser i stedet for to som først foreslått av oppdragsgiver. Det er også innført en kvalitetsklasse mer enn først foreslått. Dette har blitt gjort på bakgrunn av de innsamlede dataene. Vi synes at når man først har fått inn så mye data, er det fordelaktig å lage klasseinndelingen så detaljert som mulig. Dette vil gjøre videre arbeid og utvikling av systemet enklere, ettersom klasser og porestørrelser kan slås sammen dersom det er ønskelig.

Bruk av systemet medfører en stor arbeidsmengde ved kontroll. For at systemet skal bli brukt må det ikke være for arbeidskrevende for entreprenør å utføre, evt. for dyrt å leie inn eksterne kontrollører. Det er kun betongoverflater som skal være ekstra fine som havner innenfor klassifiseringssystemet, de aller fleste overflatene vil havne i klasse 0. Vi mener derfor at i tilfeller hvor det er viktig med fine overflater, er det verdt å bruke litt ekstra ressurser på å oppnå dette.

Et viktig spørsmål er hvem som skal utføre kontrollen. Selv om det er avtalt på forhånd hvor rammen skal stå, kan det være fort gjort å flytte noen centimeter på den for å oppnå et bedre resultat. Det samme gjelder ved manuell poretelling, hvor porer som ligger på grensen mellom to størrelsesklasser lett kan flyttes over i den klassen man ønsker. En mulig løsning kan derfor være å ha en nøytral tredjepart som står for målingene og poretellingene. Det er svært viktig at byggherre og entreprenør på forhånd er enige om nøyaktig hvor det skal måles, for da slipper man uenigheter i etterkant og metoden blir svært enkel å etterprøve.

En svakhet med klassifiseringssystemet er at det kan være svært tidkrevende å telle porene, spesielt gjelder dette de laveste klassene. Det kan derfor føre til at noen ikke vil bruke systemet på grunn av tidsbruken, og det bør derfor utvikles et dataprogram som kan telle porene automatisk, for å forenkle arbeidet. Innen klasse A og B stilles det strenge krav til antall tillatte porer, og det vil derfor ikke ta så lang tid å telle disse rammene manuelt, med mindre man har svært mange rammer. Det er også her det er viktigst med poretelling, siden disse overflatene skal være svært pene.

Vi mener at ved å bruke klassifiseringssystemet, får man bedre avstemt forventningene mellom byggherre/arkitekt og entreprenør. Slik kan man unngå diskusjon og mulige konflikter dersom oppnådd resultat ikke tilsvarer en av partenes forventninger. Siden systemet stiller konkrete, målbare krav til porer er det enkelt å se om de satte kravene er overholdt. Det kreves at byggherre, arkitekt og entreprenør bevisstgjøres på hva de ulike klassene representerer i fysisk utseende på betongoverflaten, slik at riktig overflate blir bestilt og oppnådd. I tillegg forutsettes det at man ser sammenhengen mellom kvalitet og kostnad, og at entreprenør er åpen om dette når byggherre/-arkitekt bestiller overflaten.

Et spørsmål er om entreprenøren har tilstrekkelig styring på støpingen til at det er realistisk at klassekravene blir overholdt. Dette gjelder spesielt hvor man ønsker den nøyaktige klassen (for eksempel klasse C) i stedet for en gitt klasse eller bedre. (for eksempel klasse C+). Det kan kanskje være vanskelig for en entreprenør å støpe klasse C, det vil si en vegg som har mellom 800 og 2500 porer fra 1-5 mm, 20-50 porer fra 5-10 mm og 10-20 porer fra 10-15 mm.

## 11.2 GRÅTONE

Vi har utvidet klassesystemet fra forslaget fra COIN til å inneholde seks klasser, med bakgrunn i innsamlede data. I tillegg er klassene gitt som tall i stedet for bokstaver, slik at det ikke blir så lett å blandes de to klassesystemene. I utarbeidelsen av klassifiseringssystemet for gråtone er det forsøkt å kombinere subjektive vurderinger og numeriske krav til klassene basert på våre innsamlede data. I vårt metodevalg ble det gjort et valg om kun å bruke objektive, kvantitative metoder for å beskrive betongoverflatene. Det systemet vi har kommet frem til på bakgrunn av våre innsamlede data samsvarer ikke fullstendig med dette. Det er likevel viktig å presisere at vi anser vårt datagrunnlag med 81 målinger per ramme i 35 rammer som tilfredsstillende stort nok. Det er derfor et vel-dokumentert forslag til klassifiseringssystem, som både kombinerer og viderefører det tyske og det svenske systemet.

Systemets styrke i forhold til det tyske systemet for å klassifisere fargejevnhet, er at det kvalitativt sier noe om hvordan skjoldingen opptrer geometrisk. Sammen med eksempelbildene presentert i vedlegg E vil dette redusere subjektiviteten i klassifiseringen. Den gir i større grad arkitekt og entreprenør et utgangspunkt for å avstemme sine forventninger til hvordan betongoverflaten skal se ut. I tillegg til denne videre utviklingen av det kvalitative systemet, innføres det noen numerisk målbare krav. Dette er et skritt nærmere klassegrenser enn det svenske systemet, som sier lite om sammenhengen mellom høy eller lav kvalitet og målt variasjon i gråtone. De kvantitative kravene er mangelfulle, men gjenspeiler mangelen på entydige svar i våre innsamlede data. Det at vi setter slike krav til variasjon i gråtone er i det minste en begynnelse som kan danne et grunnlag for videre utvikling av et mer målbart system.

Systemets svakheter er at det fremdeles er svært subjektivt. Selv om man i forkant av et prosjekt kan avstemme sine forventninger, er det ikke sikkert at man vil ha samme mening om resultatet i ettertid. Å måle om resultatet tilfredsstiller forventningene vil også være en utfordring når det ikke kan måles kvantitativt. Det må derfor gjøres en god dokumenteringsjobb av hvilke krav man setter og hvilke forventninger man har i forkant for å kunne unngå konflikter i ettertid. Dette krever at man setter seg inn i bilder eller referanseprosjekter for å kunne vurdere hvilken klasse man ønsker. Vedlagt klassifiseringssystemet finnes bilder fra prosjektene vi har undersøkt, som i noen tilfeller kan være tilstrekkelig. Andre ganger kan det være faktorer eller situasjoner som gjør at man ikke anser disse bildene som egnet, og man blir da nødt til å finne frem til referanseprosjekter eller prøvestøp. Da er man tilbake til situasjonen slik den er i dag.

For å kunne si noe om et system fungerer eller ikke må det prøves ut, og en må da få folk til å bruke det. Vi anser dette systemet som enkelt å bruke, men at det kan være tidkrevende og arbeidsomt å vurdere kvalitet ut i fra bilder og referanseprosjekt/prøvestøp. Til gjengjeld vil det forhåpentligvis redusere tid og penger brukt på reklamasjonssaker og andre konflikter etter at prosjektet står ferdig.

Anser arkitekt og/eller entreprenør systemet som lite brukbart for deres situasjon, har man i hvert fall klart å sette fokus på noen av aspektene ved gråtonevariasjon i betongoverflater. Alt i alt forventer vi at man ved bruk av klassifiseringssystemet vil få færre uenigheter, men at man fremdeles vil kunne ha noen. Dette gjelder spesielt ved kontroll etter at prosjektet står ferdig. Det er her derfor svært viktig at noen nøytrale aktører kommer inn og fortar disse undersøkelsene.

## 12 VIDERE ARBEID

### 12.1 GENERELT

Vi anser ikke arbeidet med denne rapporten som tilstrekkelig, og mer arbeid er nødvendig for å kunne fastsette et klassifiseringssystem for synlige forskalte betongoverflater. Vi har kommet et godt stykke på vei med porer, men det er først når systemet blir tatt i bruk man vil se om det fungerer i praksis. Når det gjelder gråtone er det et større stykke arbeid som må til for å kunne etablere klasser, både med tanke på utstyr og prosedyre. Vi vil her gjøre oss noen tanker om hvordan veien videre kan se ut.

Når det gjelder utstyret er det spesielt to som har forbedringspotensial. Dette er aluminiumsrammen og NCS fargemåleren. Under feltbefaringene våre opplevde vi at rammen var stor og upraktisk å ta med seg ut på prosjekt. Det vil derfor være en fordel å utvikle en ramme som kan legges sammen. Dette kan være en utfordring ettersom den må være stabil i hjørnene etter at den slås ut, men det vil gjøre transporten vesentlig enklere. Fargemåleren vil diskuteres i delkapittel 12.3.

### 12.2 PORER

I det store og hele mener vi at vi har kommet frem til et klassifiseringssystem for porer som kan fungere. Vi synes vi har et bredt nok grunnlag av innhentede data for å lage en klasseinndeling som gjenspeiler det virkelige variasjonsområdet bedre enn de eksisterende systemene vi har undersøkt. Ved videre arbeid kan det vurderes om det er for mange klasser, slik at noen av disse bør slås sammen. Det kan også vurderes om porestørrelsene skal deles opp i to størrelsesklasser i stedet for tre som er foreslått i denne rapporten.

Det bør også vurderes om det skal lages noen standarder eller anbefalinger for hvor på veggene målingene skal utføres, både med tanke på høyde, nærhet til utsparinger, støpeskjøter, områder man vet er vanskelige å få fine osv., eller om det skal avtales mellom byggherre og entreprenør i hvert enkelt tilfelle. Det kan også være fordelaktig å utarbeide noen retningslinjer for hvor langt fra veggen bildene skal tas, og kvalitet på kamera. Vårt utstyr og prosedyre har fungert bra for oss, men det bør settes en standard for å sikre kvaliteten på bildene hvis systemet skal brukes i praksis.

Poretelling kan være svært tidkrevende hvis det gjøres manuelt, spesielt i tilfeller der det er mange porer per ramme som i klasse C og D. Det bør derfor søkes å utvikle et datasystem som automatisk kan telle porer og finne lengste porediameter ut fra bilder. På denne måten vil man spare mye tid og ressurser. Jo mindre krevende det er å bruke klassifiseringssystemet, jo oftere tror vi det vil brukes. Brukervennlighet er et viktig poeng når man vil innføre nye "rutiner".

For å finne ut om klassifiseringssystemet er realistisk og gjennomførbart, bør det testes ut på ulike prøveprosjekter. På den måten ser man styrker og svakheter ved systemet i praksis, og finner ut hva som kan forbedres. Her bør helt klart utførelsen undersøkes grundigere, for å kartlegge om den er enkel og intuitiv nok til at "hvem som helst" kan gjennomføre den. Dette er viktig med tanke på at å leie inn kontrollører kan være kostbart.

### 12.3 GRÅTONE

Ettersom vi i denne rapporten ikke har klart å komme frem til en enkel metode for å måle variasjoner i gråtone, må både prosedyre og eventuelt måleutstyr revurderes. Et spørsmål her er om det finnes andre typer fargemålere, som bedre kan reflektere den geometriske variasjonen i gråtone som er så viktig for vår visuelle oppfattelse. Variasjoner i farger og gråtoner er noe våre øyne er svært følsomme for, og vi ser ofte helheten fremfor de svært lokale forholdene. I tillegg innehar vi en automatisk tolkning av inntrykkene som ikke kan måles objektivt slik vi har antatt forut for denne rapporten. Det er her den store utfordringen videre ligger, og det er en viss sannsynlighet for at man til slutt vil komme frem til at man ikke kan måle variasjoner i gråtone fullstendig kvantitativt.

Siden arbeidet vårt med NCS fargemåleren har vært meget tidkrevende, vil det være fordelaktig med en elektronisk måler som kan lagre flere målinger før minnet må tømmes. Vi har i vårt arbeid brukt mye tid på å skrive ned fargekodene kontinuerlig, og en måler med større minne vil være svært tidsbesparende.

Lyshetsmåleren vil bare kunne benyttes på betonger som kun består av fargene svart og hvit. I vårt forslag om å bruke blits for å få vekk fargenyanser som resultat av belysning, er det ikke tatt høyde for betonger som opprinnelig kan ha andre fargenyanser i seg. Det bør derfor gjøres forsøk på om man likevel kan undersøke disse betongoverflatene ved å feste lyshetsmåleren til betongen og ta bilde, for deretter å konvertere bildet til svart/hvitt i et bildebehandlingsprogram. På denne måten vil man kunne eliminere fargenyansene og likevel kunne sammenligne direkte med lyshetsmåleren.

En svakhet ved de globale undersøkelsene er det spede datagrunnlaget. Det ble kun gjort tre undersøkelser hvor det ble sett på globale variasjoner, og ved videre arbeid kan det være en fordel å se på flere prosjekter. På både KVT og Realfagbygget var forskjellen i gjennomsnittlig svarthetsgrad under 4 % mellom alle rammene, og veggene så jevne ut i fargene. Det bør derfor undersøkes på plasstøpte vegger hvor man tydelig ser globale variasjoner i gråtone. Det kan også være en fordel å ta flere rammer per vegg. Det bør i tillegg undersøkes om det er en bedre egnet metode for kvantitativt å måle globale gråtonevariasjoner, enn det å sammenligne gjennomsnittet til hver ramme. Siden det ble funnet liten sammenheng mellom målt svarthetsgrad og visuell opplevelse for lokale variasjoner i gråtone, kan dette også være vanskelig å finne for globale variasjoner.



## 13 KONKLUSJON

En av målsettingene ved denne masteroppgaven var å utvikle og prøve ut metoder for å måle porestørrelse og poreantall, gråtone og gråtonevariasjon på forskalte synlige betongoverflater. Dette har blitt gjennomført, og vi har lyktes med dette når det gjelder porer. Metoden med å ta bilder og deretter telle porene på disse bildene har fungert godt.

For gråtone har prosessen ikke ledet frem til en fullt ut egnet metode som kan beskrive gråtone og gråtonevariasjon. For lokale variasjoner i gråtone ble det ikke funnet en tilstrekkelig og entydig sammenheng mellom målt svarthetsgrad og visuelt inntrykk av betongoverflatene. Hvordan vi oppfatter variasjon i gråtone er svært avhengig av hvordan den opptrer, både med tanke på geometrisk mønster og numerisk forskjell i svarthet. Metoden vår lyktes ikke i å beskrive den geometriske variasjonen, men kan benyttes til å si noe om gråtonens variasjon i svarthet. Undersøkelsene som har vært gjort har likevel gitt oss nyttige resultater til bruk i videre arbeid.

Den andre målsettingen ved denne oppgaven var å etablere et klassifiseringssystem for forskalte, synlige betongoverflater på bakgrunn av de innsamlede data. Dette har vi oppnådd når det gjelder klassifisering av porer. Systemet her er basert på målbare kvantitative metoder, og er direkte målbart og etterprøvbart. Videre utprøving av systemet vil vise om systemet er for detaljert og om metoden fungerer i praksis for "hvem som helst".

For gråtone og gråtonevariasjon har de innsamlede dataenes vist manglende korrelasjon mellom visuell oppfattelse og elektronisk målt kvalitet. Det har derfor ikke lyktes å etablere noe direkte målbart og kvantitativt klassifiseringssystem. Et klassifiseringssystem basert på de innsamlede dataene er likevel etablert, men resultatet har blitt en kombinasjon av subjektive vurderinger i form av beskrivelser og bilder, samt noen enkle krav til numerisk variasjon i svarthet. Vi stiller her spørsmål ved prosedyre og utstyr, og mener dette er noe som må arbeides videre med.

## 14 KILDER

1. **Vikan, Hedda.** Møtoreferat: Revisjon av NB 9 – Veiledning for beskrivelse av synlige betongoverflater, plasstøpte konstruksjoner. 2008.
2. **Smeplass, Sverre.** E-post. høst 2008.
3. **Norsk Standard,** NS 3420 - L:2003. *Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del L: Betong.* 2003.
4. **Standard, Norsk.** NS 3420-1:2008. *Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Del 1: Fellesbestemmelser.* 2008.
5. **Norsk Standard,** NS 3465:2003. *Utførelse av betongkonstruksjoner. Allmenne regler.* 2003.
6. **Statens vegvesen.** Prosesskode 2. *Standard beskrivelsestekster for broer og kaier. Hovedprosess 8.* 2007.
7. **AMA.** AMA - För bättre byggande! [Internett] AB Svensk Byggtjänst. [Sitert: 3 mai 2008.] <http://ama.byggtjanst.se/#VadArAma>.
8. **Svensk Byggtjänst.** AMA Hus 2008. Kapittel E - Platsgjutna konstruksjoner.
9. **Hertzell, Tage.** "At beskriva betongytor". *Svenska Betongföreningens rapportserie - Rapport nr 13 [utkast].* 2008.
10. **bips.** *A24 Betonoverflader - Spesifikation, krav og kontroll.* s.l. : bips, 2007.
11. **Litzner, Hans-Ulrich og Wittman, Lutz.** *Merkblatt Sichtbeton.* s.l. : DBV und BDZ (Eigenverlag), 2004.
12. **Norsk Standard.** NS 3420 - L:2008. *Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del L: Betongarbeider.* 2008.
13. **Vikan, Hedda og Smeplass, Sverre.** *Innflytelse av formens alder samt type og påføringsmetode av formslippmiddel på betongens fargejevnhet og poredannelse.* Trondheim : SINTEF Byggematerialer og konstruksjoner, 2008.
14. **NCS Colour Centre.** MLF. [Internett] [Sitert: 15 april 2009.] <https://www.ncscolour.no>.
15. **Musum, Hans Kristian.** Personlig meddelelse, 19.mai 2009. *SKANSKA Norge AS.*
16. **Bøksle, Kristoffer Moe.** Personlig meddelelse, juni 2009. *KIMA arkitektur as.*
17. **Haugen, Rune.** Personlig meddelelse, 25.mai 2009.
18. **Rydheim, Tor Oskar.** Personlig meddelelse, 18.mars 2009. *Peab AB.*
19. **Bakke, Arild.** Personlig meddelelse, 28.mai 2009. *NCC Construction.*
20. **Kjøren, Jon.** Personlig meddelelse, 4.juni 2009. *SKANSKA Norge AS.*

21. **Laanke, Berit.** Personlig meddelelse, 8.juni 2009. *SKANSKA Norge AS.*
22. **Fladseth, Magnus.** Personlig meddelelse, 18.mai 2009. *Peab AB.*
23. **Smeplass, Sverre.** Personlig meddelelser, vår 2009. *SKANSKA Norge AS.*
24. **Johansen, Glenn.** Personlig meddelelse, 18.mai 2009. *Trondrud Entreprenør AS.*
25. **Lemaire, Guillaume, Escadeillas, Gilles og Ringot, Erick.** Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Construction and building materials.* 2005, 29.
26. **De Schutter, Geert, et al.** *Self-Compacting Concrete.* Dunbeath, Scotland UK : Whittles Publishing, 2008.
27. **Vikan, Hedda.** *Effekt av formslippmiddel og form på dannelse av åpne og lukkede porer.* Oslo : SINTEF Byggforsk, Byggematerialer og konstruksjoner, 2008.

## 15 VEDLEGG

A: Eksempel bilde med telte porer.

B: Fargemålingsskjema brukt i felt.

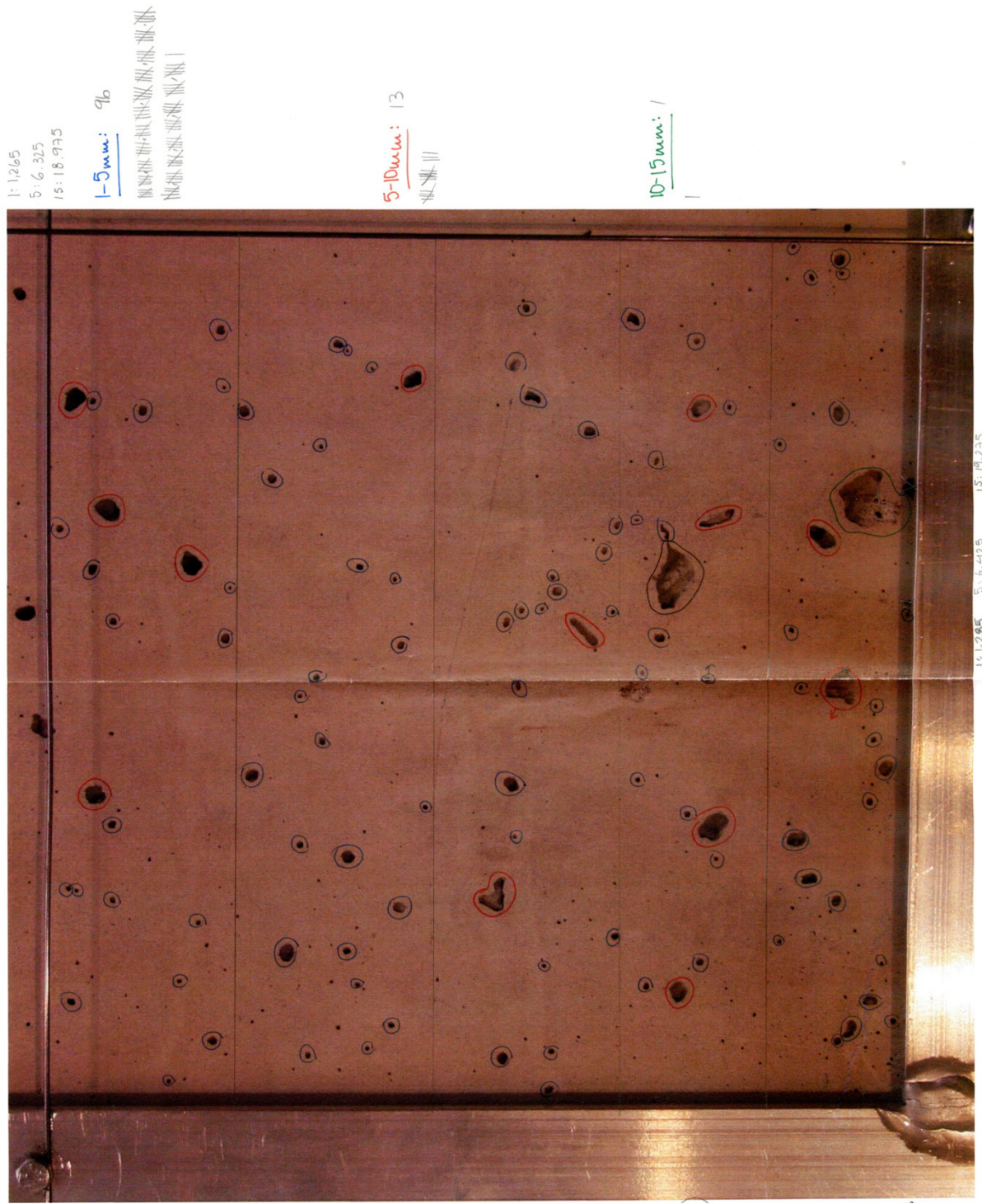
C: Skjema svarhetsgrad excel.

D: Bilder fra hver gruppe/klasse porer.

E: Bilder fra hver gruppe/klasse gråtone

F: Bilder elementskjøter Nortura Malvik

# Vedlegg A - Eksempel bilde med talte porer



## Vedlegg B – Fargemålings skjema brukt i felt.

### SKJEMA FOR MÅLINGER PÅ BETONGFLATE

Dato:

Bygg:

Plassering av ramme etter tegning:

Generell beskrivelse av overflaten:

Måling med Lightness meter:

| Rute | Gråtone målt |
|------|--------------|
| A1   |              |
| A2   |              |
| A3   |              |
| B1   |              |
| B2   |              |
| B3   |              |
| C1   |              |
| C2   |              |
| C3   |              |

Måling med NCS-måler

| Punkt<br>Rute | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A2            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A3            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B1            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B2            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| B3            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| C1            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| C2            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| C3            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Andre kommentarer:

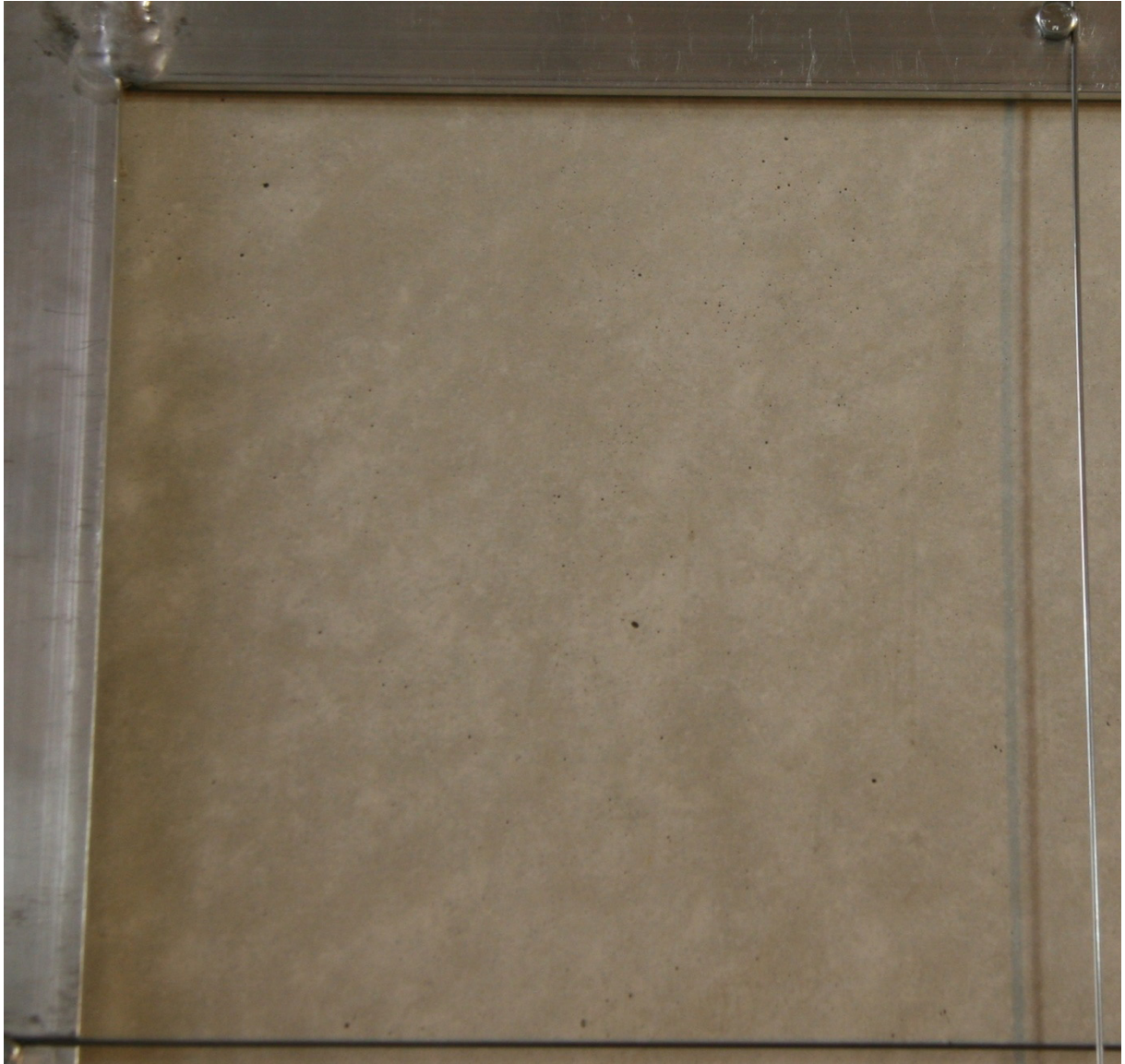
## Vedlegg C - Skjema svarthetsgrad Excel

### Ramme: Lørenskog Nye Senter #1

| <b>Svarthetsgrad med NCS-måler</b> |               |          |          |          |          |          |          |          |          |              | <b>Lyshets-<br/>måler:</b> |
|------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------------------------|
| <b>Rute</b>                        | <b>Måling</b> |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>Snitt</b> |                            |
|                                    | <b>1</b>      | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> |              |                            |
| <b>A1</b>                          | 40            | 45       | 42,5     | 40       | 45       | 37,5     | 40       | 37,5     | 32,5     | 40,0         | 45                         |
| <b>A2</b>                          | 40            | 40       | 45       | 37,5     | 37,5     | 37,5     | 42,5     | 45       | 37,5     | 40,3         | 40                         |
| <b>A3</b>                          | 42,5          | 45       | 45       | 45       | 47,5     | 37,5     | 35       | 40       | 35       | 41,4         | 45                         |
| <b>B1</b>                          | 40            | 45       | 35       | 45       | 45       | 35       | 35       | 42,5     | 35       | 39,7         | 45                         |
| <b>B2</b>                          | 35            | 42,5     | 35       | 45       | 45       | 35       | 35       | 42,5     | 35       | 38,9         | 45                         |
| <b>B3</b>                          | 45            | 40       | 37,5     | 45       | 45       | 45       | 35       | 35       | 35       | 40,3         | 50                         |
| <b>C1</b>                          | 50            | 45       | 35       | 37,5     | 40       | 37,5     | 40       | 40       | 35       | 40,0         | 35                         |
| <b>C2</b>                          | 37,5          | 35       | 35       | 40       | 40       | 30       | 40       | 45       | 42,5     | 38,3         | 40                         |
| <b>C3</b>                          | 35            | 35       | 35       | 35       | 42,5     | 35       | 40       | 40       | 35       | 36,9         | 35                         |

**Vedlegg D - Bilder fra hver gruppe/klasse porer**

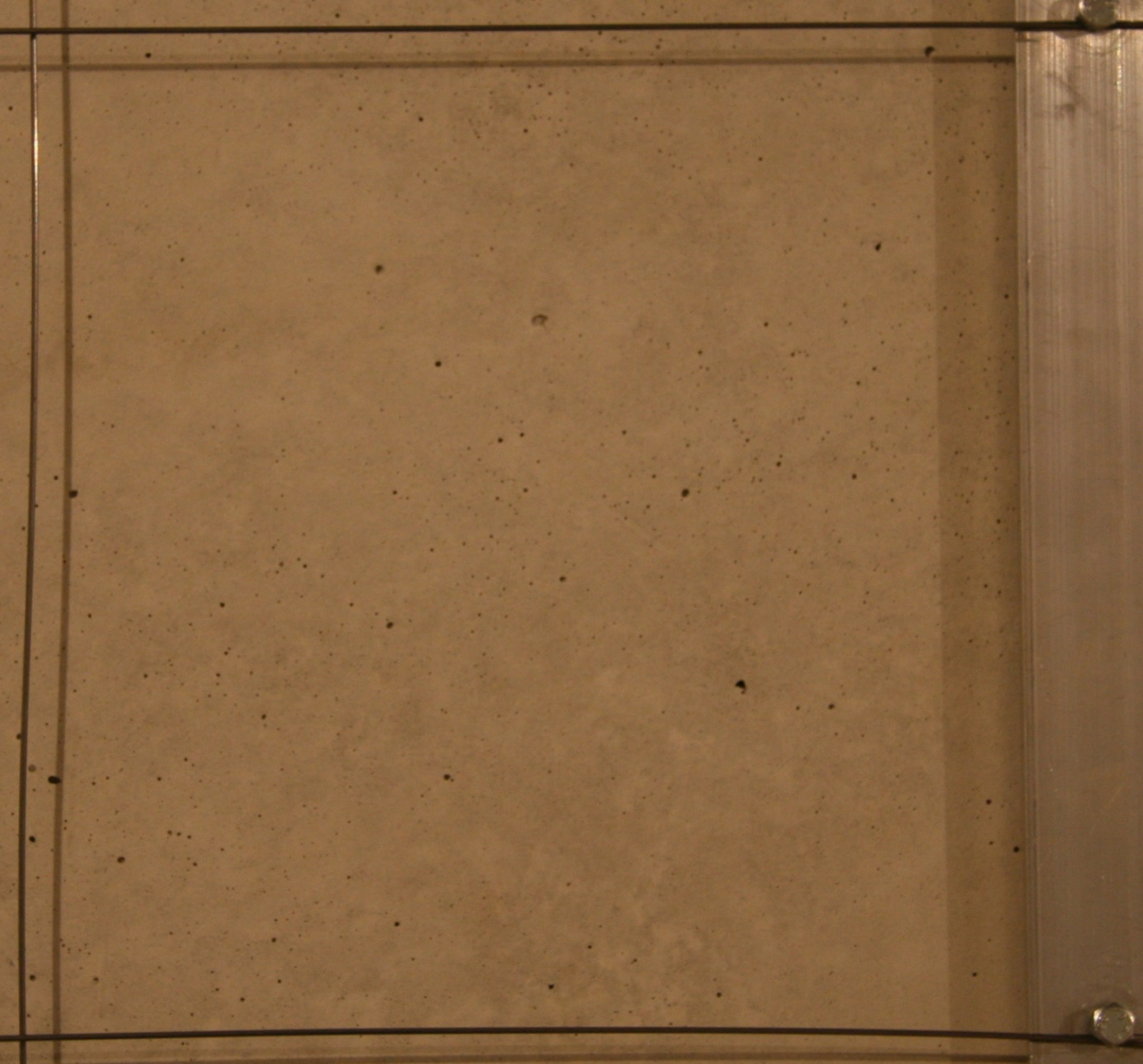
**Svært pene rammer/ Klasse A**

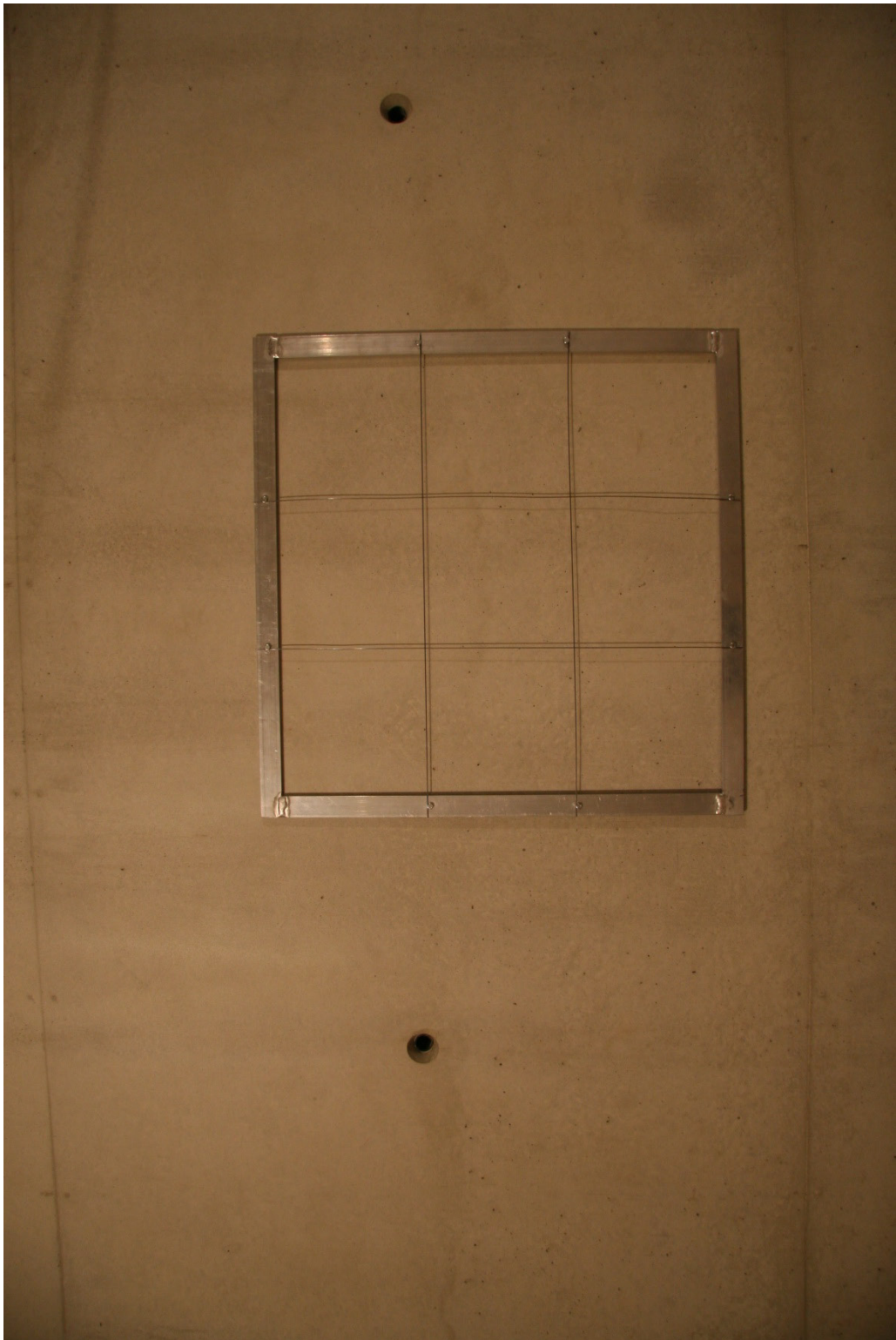






Pene rammer / Klasse B



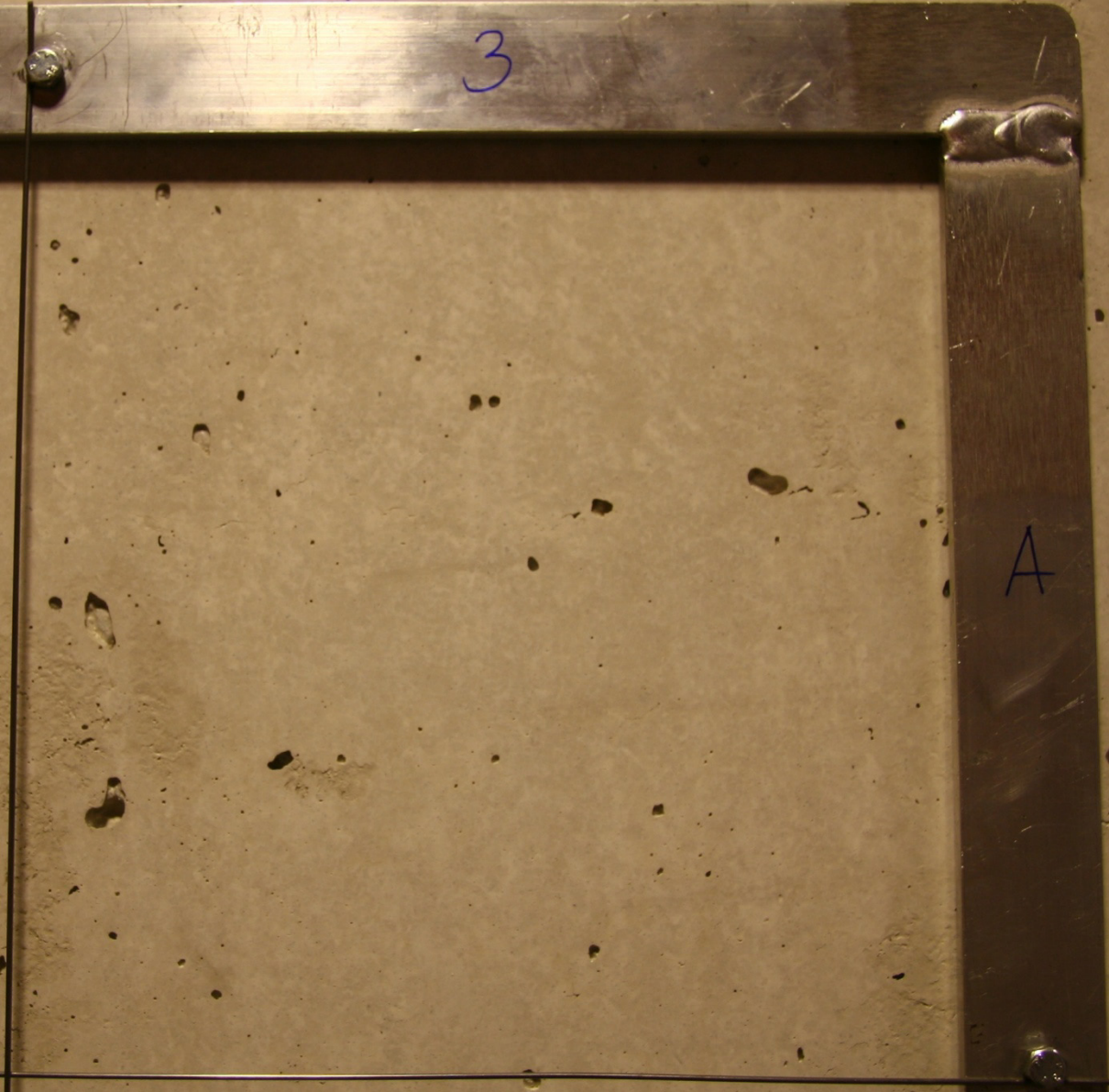


Middels pene rammer / Klasse C





Under middels pene rammer / Klasse D





Lite pene rammer / Klasse 0



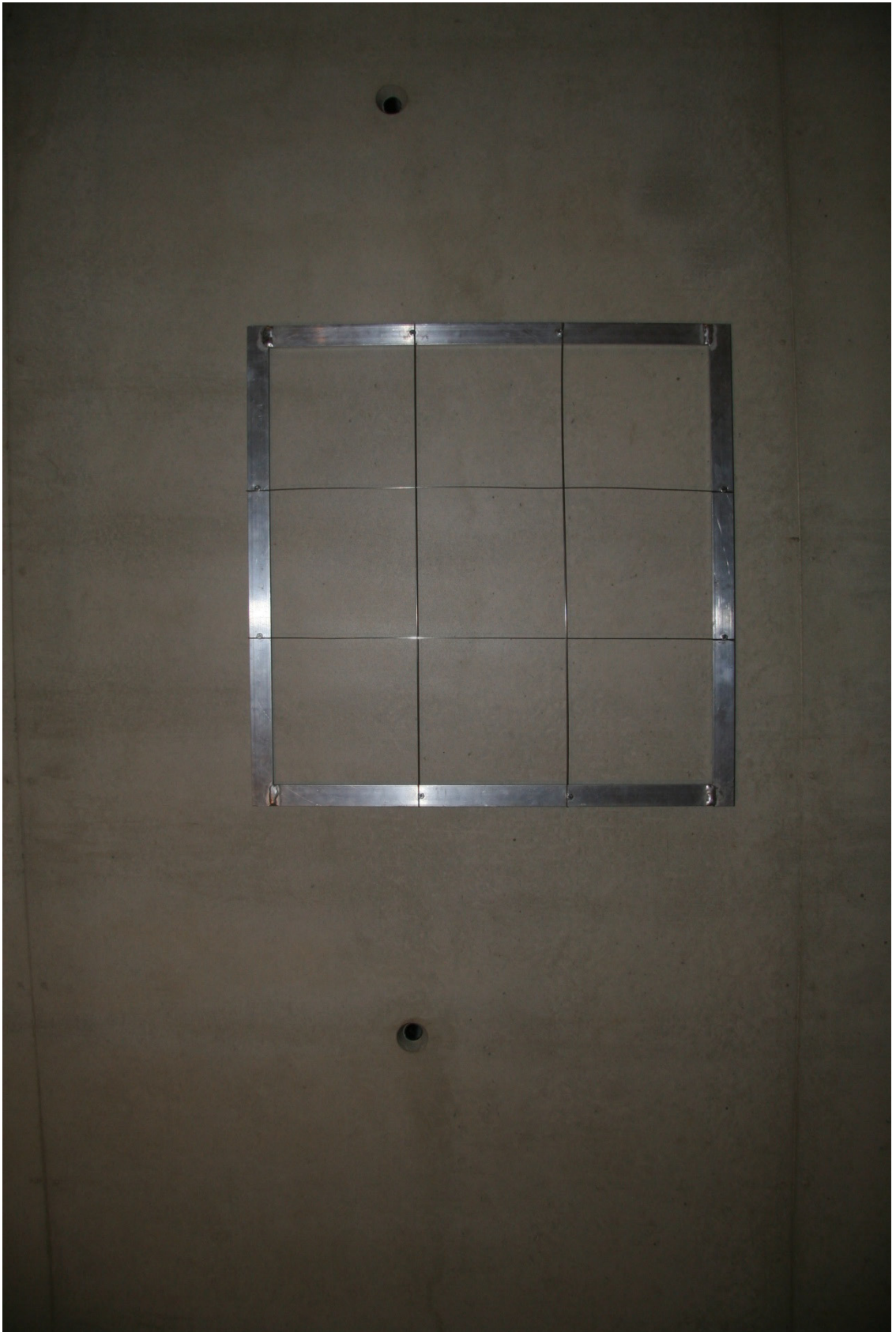




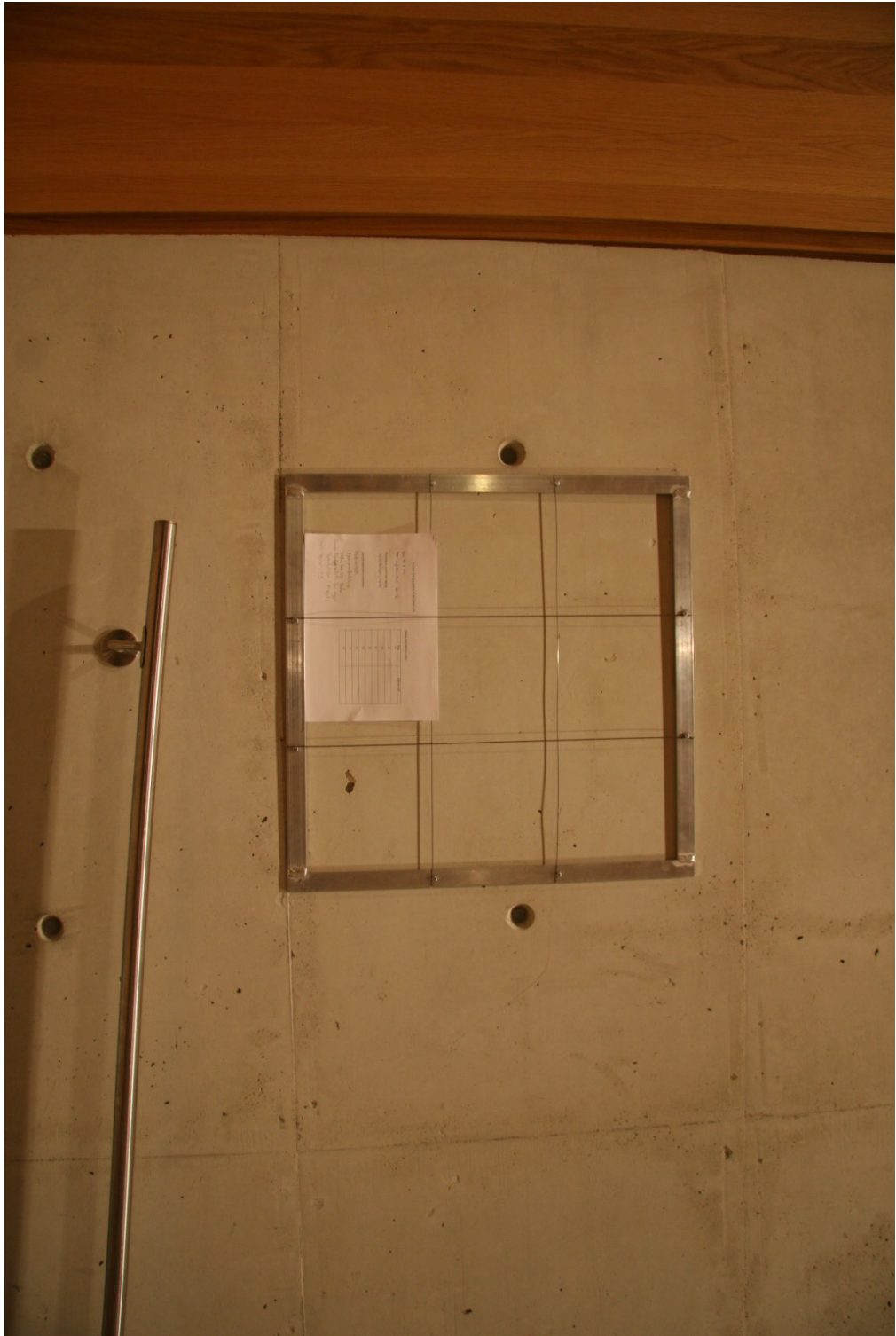
**Vedlegg E - Bilder fra hver gruppe/klasse gråtone**

**Jevn / Klasse 1**



















Store skjolder / Klasse 3









Store, tydelige skjolder / Klasse 4









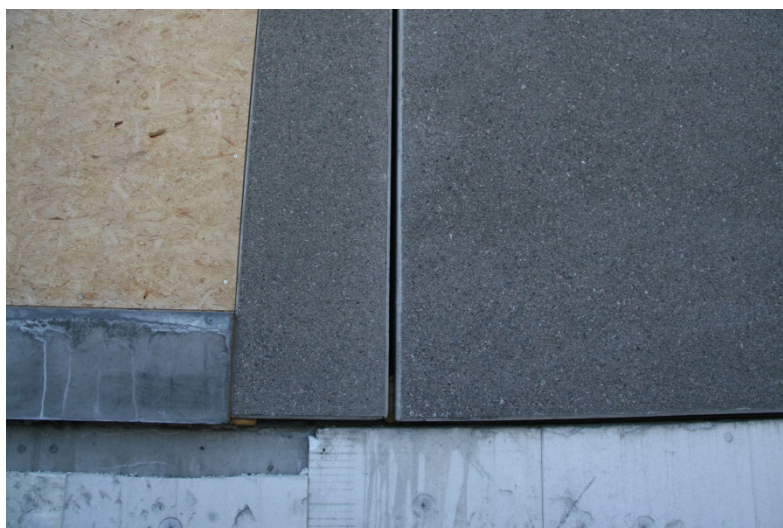


## Vedlegg F - Bilder elementskjøter Nortura Malvik

**Skjøt element 1-2**



**Skjøt element 2-3**



**Skjøt element 3-4**



**Skjøt element 4-5**



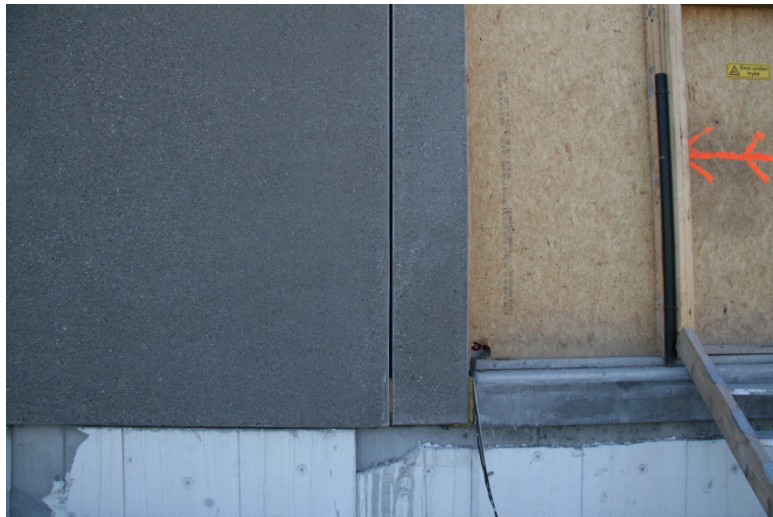
**Skjøt element 5-6**



**Skjøt element 6-7**



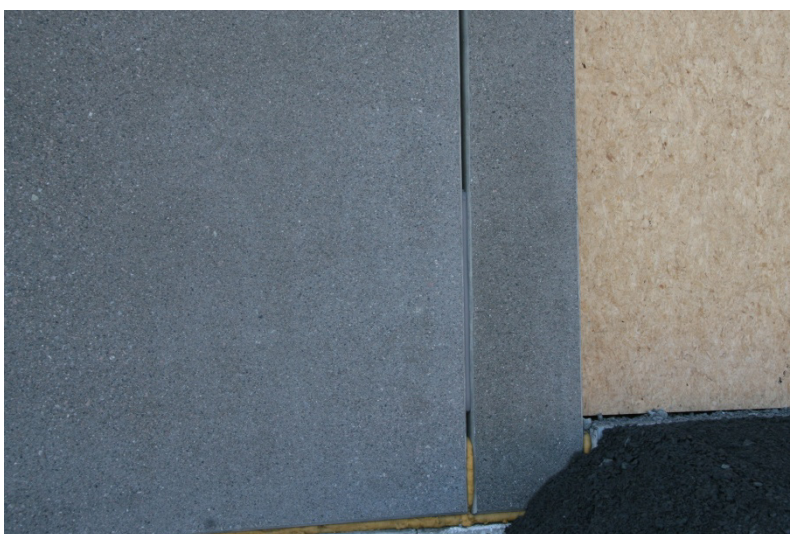
**Skjøt element 7-8**



**Skjøt element 8-9**



**Skjøt element 9-10**



**Skjøt element 10-11**



**Skjøt element 11-12**



**SINTEF Building and Infrastructure** is the third largest building research institute in Europe. Our objective is to promote environmentally friendly, cost-effective products and solutions within the built environment. SINTEF Building and Infrastructure is Norway's leading provider of research-based knowledge to the construction sector. Through our activity in research and development, we have established a unique platform for disseminating knowledge throughout a large part of the construction industry.

**COIN – Concrete Innovation Center** is a Center for Research based Innovation (CRI) initiated by the Research Council of Norway. The vision of COIN is creation of more attractive concrete buildings and constructions. The primary goal is to fulfill this vision by bringing the development a major leap forward by long-term research in close alliances with the industry regarding advanced materials, efficient construction techniques and new design concepts combined with more environmentally friendly material production.

