

RAPPORT

Ullevålsveien 5 (Edvard Munchs VGS)

Dansegulv, målinger og vurderinger

Kunde: Undervisningsbygg v/ Kjartan Hervig Johansen

Sammendrag:

Brekke & Strand har, som del av oppdrag 37043 Ullevålsveien 5, hatt i oppgave av Undervisningsbygg å vurdere objektive egenskaper i de nye dansegulvene i Ullevålsveien 5 (Edvard Munchs VGS).

Det konkluderes med at de nye gulvene i Ullevålsveien 5 (U5) objektivt sett ligger midt i variasjonsområdet for gode dansegulv. På det objektive grunnlag beskrevet i denne rapporten er det ikke funnet noe som er til hinder for at de nye dansegulvene i Ullevålsveien 5 godkjennes.

Denne vurderingen baserer seg på at både gulvet i Den Norske Opera (DNO) og gulvet i Margarinfabrikken (MF) anses som gode gulv. Utfra målingene kan det forventes at dansere i blindtest ville kunne merke forskjell på gulvene i U5 og de på MF, og at de ville merke forskjell på gulvene i U5 og de på DNO. Men de ville forventelig merke enda større forskjell mellom det på MF og det på DNO.

Oppdragsnr: 37043

Dato: 14.05.2015

Rapportnr: AKU -15

Revisjon: 2

Revisjonsdato: 22.05.2015

Oppdragsansvarlig: Magne Skålevik

Utført av:

Kontrollert av:

Magne Skålevik

Arild Brekke

Endringshistorikk

Revisjon	Revisjonsdato	Utført av:	Kommentar.
0	14.05.2015	Msk	Dokument opprettet
1	22.05.2015	Msk	Til utsendelse

IT arkiv: Dokument2

Innhold:

1	Bakgrunn	3
2	Underlagsdokumentasjon	3
3	Situasjonsbeskrivelse.....	3
4	Måleparametere og grenseverdier	4
5	Begreper, måleparametere og deres relevans.....	4
5.1	Grunnleggende begreper	4
5.2	Kraftreduksjon.....	6
5.3	Sprett.....	6
5.4	Kombinert parameter.....	7
6	Resultater	7
6.1	Simuleringer	7
6.2	Målinger	8
6.2.1	Måleresultater	8
6.2.2	Normaliserte avvik fra referansegulvene	9
7	Vurdering av måleresultatene.....	10
8	Konklusjon.....	10
9	Vedlegg.....	11
9.1	Måleapparat	11
9.2	Bilde fra målingene.....	12
9.3	Målediagram	13
9.4	Tabell med målte FR og S, samt beregnede s og R.....	14
9.5	Måledata fra SINTEF	16

1 Bakgrunn

I følgende innledning beskrives bakgrunnen for denne rapporten.

Brekke & Strand fikk 19. januar 2015, som del av pågående oppdrag 37043 Ullevålsveien 5 (heretter U5), i oppgave av Undervisningsbygg å vurdere objektive egenskaper i dansegulvene «Som Bygget» og referansegulvene «Som Prosjektert» i Edvard Munchs Videregående Skole. Dansegulvene «Som Prosjektert» var prosjektert med klassiske dansegulv etter prinsippet gulvbord på krysslagte sløyfer og lekter som referanse. Eksempler på slike referansegulv finnes i KHIOs nybygg fra 2003 i Seilduksfabrikken, og Den Norske Opera & Ballett (DNO) sitt nybygg fra 2008 i Bjørvika. Vurderingene skulle skje på grunnlag av gulvenes materialeegenskaper og oppbygning, som det gikk frem av tegninger og andre opplysninger som forelå.

I vurderingen sammenlignet man relevante egenskaper for dans i «Som Bygget» gulv med de angitt referansegulv «Som Prosjektert», samt med internasjonalt anbefalte kriterier i den grad de var relevante.

Metoden for vurderingen var å simulere fysiske tester med testapparatet «Artificial Athlete Berlin» som benyttes for å måle gulv for idrett og dans etter standardene Standardtestene (DIN 18032 – 3 eller senere, og ASTM F2569 - 11). Det ble utarbeidet et eget regneprogram for dette formålet.

Som relevante egenskaper ble det valgt å legge vekt på Kraftreduksjon og Sprett, som tilsvarer begrepene hhv Damping og Spent, som benyttes av dansere.

Resultatene av simuleringene viste at det var forskjeller mellom «Som Bygget» og «Som Prosjektert», og at det var Sprett som var den kritiske egenskapen. Sprett hadde vesentlig lavere verdier i «Som Bygget» enn i referansegulvet. Med vesentlig menes i dette tilfellet at forskjellene mellom gulvtypene var store sammenlignet med usikkerhet i materialer og den stedlige variasjon innenfor ett og samme gulv. «Som Bygget» gulvene kunne ikke på dette grunnlag bedømmes som objektivt likeverdige med prosjektets referanse. Brekke & Strand anbefalte derfor å teste gulvtypene med fysisk måleutstyr, nærmere bestemt med måleapparatet «Artificial Athlete Berlin».

Undervisningsbygg utpekte hvilke referansegulv som skulle måles på i tillegg til gulvene i U5. De to utpekte referansegulvene i måleprogrammet var

- DNO: Klassisk sviktgulv «Som Prosjektert», Prøvesal D, Den Norske Opera og Ballett.
- MF: Harlequingulv (platesystem på elastiske klosser), West End Studio, plan 5, Margarinfabrikken

2 Underlagsdokumentasjon

Tabell 1 Mottatt underlagsdokumentasjon.

Dokument	Dato mottatt
Tegninger fra ARK, som bygget type 1,2 og 3, samt som prosjektert	19. januar 2015

3 Situasjonsbeskrivelse

Dansegulvene befinner seg i tre rom, nemlig i 106 (hjørnet Ullevålsveien og Nordal Bruns gate), i 001 (Hjørnet St. Olavsgt.-Ullevålsveien) og i 051 Dansesal (Overlyssalen, tidligere Bibliotek).

4 Måleparametere og grenseverdier

Det er av grunnleggende betydning at man velge kritiske måleparametere, det vil si måleparametere som er relevante for opplevelsen ved tiltenkt bruk. Siden referansegulvene var referanse for prosjekterte gulv, vil det være deres statistiske verdi-intervall som danner de objektive grenseverdier for gulvene. Ved avvik fra statistisk referanse vil det være naturlig å skjele til det som måtte finnes av internasjonale grenseverdier. Standardene opererer gjerne med Kraftreduksjon (>53%), Sprett og Nedbøyning (>2.3mm). Nedbøyning vil være et mål på gulvets statiske stivhet. Gulvets dynamiske stivhet ble for tiltenkt bruk vurdert som mer relevant enn statisk nedbøyning, og dynamisk stivhet vil være en av de mest dominerende egenskapene som påvirker Kraftreduksjon. Statisk stivhet oppleves ikke direkte ved tiltenkt bruk. Sprett ble vurdert som en egenskap som oppleves direkte under tiltenkt bruk. Derfor ble det valgt å måle Kraftreduksjon og Sprett.

5 Begreper, måleparametere og deres relevans

Dette kapitlet er et forsøk på å klargjøre de to fysiske parameterne og deres subjektive og praktiske betydning, forsøksvis knyttet til noen av de begreper dansere benytter.

5.1 Grunnleggende begreper

Det bygningsmessig enkleste ville trolig være om man kunne danse på et betonggulv. Passende friksjon kunne vært oppnådd med å legge en såkalt dansematte oppå. Denne er imidlertid tynn, og tilbyr ingen annen funksjon enn nettopp passende friksjon.

Etter et nedslag på et betonggulv ville et forsøk på sprett eller annen oppadstigende bevegelse ikke fått noe hjelp i form av fjæring i underlaget, og man ville derfor gjerne beskrevet et slikt gulv som dødt. En fysisk konsekvens av dette ville være at man i denne fasen måtte bruke mer krefter enn på et fjærende gulv. Denne fasen skal vi for enkelhets skyld skal benevne OPP-fasen, og den avsluttes i det man er på det høyeste eller mister kontakt med gulvet.

Etter endt OPP-fase vil tyngdekraften gjøre seg gjeldende slik at kroppen trekkes nedover, med økende hastighet, i henhold til Newtons lover. Når man igjen kommer i kontakt med gulvet begynner den fasen som vi her skal benevne NED-fasen, og som avsluttes med at man når det laveste punktet i bevegelsen, som også sammenfaller med tidspunktet for maksimalt trykk i fotavtrykket og maksimal sammentrykking av gulv, kroppsvev, skjelett og ledd.

I NED-fasen bremses kroppen opp del for del – først nederst ved føttene og til slutt øverst ved hodet. Nedbremsingen forårsakes i henhold til Newtons lover av den motkraft kroppen møter fra gulvet. NED-fasen arter seg som et støt - en trykkbølge - som starter ved gulvet og forplanter seg oppover skjelettet, via ryggrad og halsvirvler, helt opp til hodet. Dyr og mennesker forsøker instinktivt å motvirke skader ved å redusere motkraften fra underlaget, noe som bare kan skje ved å øke varigheten av NED-fasen. Denne såkalte Kraftreduksjonen kan oppnås ved å komme gulvet i møte med rette føtter og ben, for å starte nedbremsingen så tidlig som mulig. Et fjærende gulv vil forlenge NED-fasen med den tiden det tar fra man får gulvkontakt og til man «bunner» - det vil si til gulvet når sin maksimale nedbøyning. Det nedbøyde gulvet vil i det vendepunktet være som en spent fjær – klar til å løfte danseren opp i en ny OPP-fase. Dette løftet er den egenskapen vi kaller Sprett.

Et betonggulv ville ikke tilby noe fjæring og dermed heller ingen kraftreduksjon. All fjæring må følgelig danseren sørge for ved å kombinerer bøyelige knær og andre ledd med økende muskelstramning etter hvert som danseren nærmer seg bunnpunktet i NED-fasen. Jo mindre fjæring gulvet tilbyr, desto mer muskelkraft og energi må danseren bruke i NED-fasen.

Over har vi beskrevet hvordan gulvets fjærende egenskaper kan bidra til både Kraftreduksjon og Sprett. Mangel på fjæring må kompenseres med kraftanstrengelse både i OPP-fasen og NED-fasen.

I tillegg til fjæring har et dansegulv en annen egenskap som påvirker Kraftreduksjon og Sprett, nemlig resistans¹. Resistans virker bevegelsesdempende, men på en annen måte enn fjæring. Mens fjæringen gir sterkest kraft fra gulvet når det «bunner», dvs når gulvet ligger stille og nedbøyningen er størst, vil resistansen yte størst motkraft når gulvet settes i sin største bevegelse: Det skjer i begynnelsen av NED-fasen og på slutten av OPP-fasen. Med det samme foten treffer gulvet i begynnelsen av NED-fasen har foten, og gulvet, sin maksimale hastighet. Resistansen vil samtidig yte sin maksimale motkraft mot fotens nedadgående bevegelse. Hvis resistansen er passe stor vil dette bidra til at nedbremsingen av kroppen starter tidligere slik at det kreves mindre motkraft mot slutten av NED-fasen. Dermed kan passende resistans bidra positivt til Kraftreduksjon.

På den annen side kan resistans ha en ugunstig effekt i OPP-fasen. Siden den motsetter seg bevegelse vil den også motsette seg at gulvet spretter opp igjen. Derfor vil forhøyet resistans medføre redusert Sprett.

I motsetning til fjæring, som er energibevarende, er resistans rent energitap. Men de har det til felles at det er i form av nedbøyning av materialene i gulvet at både fjæring og resistans oppstår. Når gulvbord, gulvplater, sløyfer, lekter og gummilagre nedbøyes, vil det oppstå indre spenninger som i en spent fjær. Men noe av deformasjonen utløser energitap, dels som friksjonsvarme, dels ved knusing med varige deformasjoner. I tillegg til målbar varmeutvikling vil det observeres motkraft mot bevegelse (posisjonsendring), som er selve definisjonen på mekanisk resistans. En annen form for resistans oppstår ved at noe av nedbøyningen i gulvet brer seg til alle kanter, på samme måte som ringer i vannet utbrer seg etter nedslaget av en stein. Denne delen av nedbøyningen er tapt energi og bidrar ikke til fjærspenning med påfølgende Sprett. Sistnevnte resistans forekommer særlig i plategulv, og i mindre grad i bordgulv. Dagligdagse eksempler på fjæring og resistans har man i hjulopphenget på en bil, der en stålfjær er fjæren og støtdemperen representerer resistans. En støtdemper kan under store påkjenninger omdanne så mye bevegelsesenergi til varme at innholdet koker. En annen analogi er de kontrollerte deformasjoner av et bilkarosseri som virker kraftreduserende ved kollisjon.

Betonggulvet ville påføre to ulike anstrengelser, den ene i NED-fasen for å kompensere for manglende støtdemping, den andre i OPP-fasen å kompensere for manglende sprett. Merk at betonggulvet kan gi mye sprett til en ball, stålfjær eller annet elastisk legeme som faller på det.

Tabell 2 Eksempler på varierende egenskaper i dansegulv og andre kjente underlag

	Fjæring	Resistans	Kraftreduksjon	Sprett
Godt dansegulv	En god del	Lite	En god del	En god del
Stuegulv	Lite	Varierende	Lite	Lite
Betonggulv	Ingen	Mye	Ingen	Ingen*
Trampoline	Mye	Svært lite	Mye	Mye
Gym-madrass (tjukkas)	Lite	Mye	Mye	Ingen

¹ Resistans, nærmere bestemt mekanisk resistans, er en av de tre formene for mekanisk impedans, nemlig stivhet, resistans og treghet. Mekanisk impedans er synonymt med bevegelsesmotstand. Stivhet er motstand mot avvik fra likevektsposisjon (ekvilibrum), eksempelvis nedbøyning av et gulv eller sammentrykking av en stålfjær; Resistans er motstand mot hastighet, eksempelvis luftmotstand; Treghet er motstand mot akselerasjon eller hastighetsendring, jfr Newtons lover. Mens resistans henger uløselig sammen med energitap (dissipasjon, i form av varme eller bortledning av energi), vil stivhet og treghet henge sammen med energilagring i form av hhv spenning i det nedbøyde gulvet (potensiell energi) og bevegelsesenergi (kinetisk energi).

*(Sprett som observeres på et betonggulv vil være avhengig av det legemet som treffer det. En ball eller stålfjær ville sprette opp på grunn av egen fjæring, ikke på grunn av betonggulvets fjæring. Her betyr «ingen» at betonggulvets fjæring ikke bidrar til sprett)

I kontrast til betonggulvet, finnes to andre ytterligheter som avviker mye fra et godt dansegulv – trampolinen og gym-madrassen (også kalt tjukkas). Begge disse gir stor kraftreduksjon, men av to vidt forskjellige grunner: I trampolinen er det fjæringen som skaper kraftreduksjonen, mens det i gym-madrassen er resistansen. I nedslagsfeltet fra et høydehopp eller stavhopp er det resistans som er den mest effektive kraftreduserende egenskapen. Og sprett som i en trampoline er uønsket fordi det ville være farlig. Derfor benyttes en tykk madrass. Til dans ville en vanlig trampoline fjære for mye, og gym-madrassen ville motarbeide enhver oppadstigende bevegelse.

Kraftreduksjon og Sprett kan måles, f.eks. med måleapparatet Artificial Athlete Berlin, og det vil kunne avsløre om gulvets fjæring og resistans avviker fra det normale for et godt dansegulv.

5.2 Kraftreduksjon

Kraftreduksjon (FR), eng. Force Reduction, måles ved å slippe et 20kg lodd på en fjær med stivhet 2MN/m² ned på gulvet. $FR = (1 - F_{maks} / F_{0,maks}) \cdot 100\%$, der F_{maks} er den maksimale motkraften loddet møter fra gulvet, og $F_{0,maks}$ er den maksimale motkraften målt fra et tykt betonggulv, med samme lodd i samme fall. FR uttrykkes i %. Et betonggulv vil ha FR nær 0%, mens en trampoline eller en gym-madrass ville ha FR nær 90-100%. Kraftreduksjonen bestemmes av kombinasjonen av gulvets fjæring (stivhet) og gulvets resistans. For å vite hvilke av disse to som dominerer, må man se på måleverdien Sprett, se under.

Siden en danser veier betydelig mer enn loddets 20kg, må man måle med noe større fallhøyde enn den som gjerne er relevant ved dans. Ellers vil ikke målingen kunne avsløre om en danser «bunner» i det fjærende overgulvet eller i det underliggende gulvet – som ofte er betong.

Hvis FR er i området 80-100%, er det fare for at gulvet er for mykt for dans, eksempelvis at man får for lite eller for sen støtte for et sprang (trampoline-effekt), eller at danseren «bunner» i det underliggende (betong)gulvet. Hvis FR er mindre enn 50-60%, er det fare for at kraftreduksjonen er for liten. Dette kan medføre at danseren må kompensere for manglende kraftreduksjon, med overanstrengelse eller feil teknikk som resultat. Høy FR kan også skyldes at gulvet har for høy resistans, noe som vil gi seg utslag i for lite Sprett, se under. Man følgerlig ikke se på FR alene.

5.3 Sprett

Sprett (S), eng. Bounce, måler hvor høyt et 20kg lodd på en fjær spretter, dividert på sliphøyden før fallet. S uttrykkes i % og forteller noe om gulvets evne til å bevare danserens energi gjennom en berøring med gulvet. S er den andel av det fallende loddets bevegelsesenergi som blir bevart i NED-fasen, og siden tilført tilbake til loddet i OPP-fasen. Resten av bevegelsesenergien, 100%-S, går tapt på grunn av gulvets resistans, og blir omformet til varme i gulvmaterialene eller ledet bort fra nedslagspunktet i form av bortvandrende bøyebølger i gulvet. Lave verdier av S kan bety at gulvet har forholdsvis mye resistans sammenlignet med fjæring, og omvendt.

Hvis S er for liten 0-40%, kan det bety at gulvet er for «trått» og at det krever for mye anstrengelse å danse. I tillegg til overanstrengelse kan det føre til innøving av feil teknikk. Siden et betonggulv vil gi svært høy S, er det viktig S-verdier i området 80-100% kontrolleres mot verdien av KR. Et for hardt gulv vil avsløres av lav KR-verdi. Tilsvarende gjelder hvis gulvet fjærer for mye (trampoline-effekt), da dette ville bli avslørt av unormalt høy KR-verdi.

Man må altså se på FR og S sammen. Begge skal ha normale verdier.

5.4 Kombinert parameter

Som beskrevet om Kraftreduksjon og Sprett over, må man unngå gulv med unormalt høye eller lave verdier. Sprett er et energiforhold, mens Kraftreduksjon er et kraftforhold. For å behandle dem på en likeverdig måte, ønsker man å omgjøre Kraftreduksjon fra et kraftforhold til et energiforhold. Siden energi er proporsjonal med kvadratet av kraften, ble FR^2 valgt som det energiforhold som korresponderer med kraftreduksjonen.

Når ett eller en gruppe referansegulv er valgt, kan man måle i et tilstrekkelig antall punkter og bruke gjennomsnitt m og standardavvik s fra disse referansemålingene for å definere hva som er normale verdier.

For hvert målepunkt i kan man tallfeste hvor mye Kraftreduksjon og Sprett avviker fra normalen på følgende måte, ved å definere de punktvis avvikene henholdsvis $X1$ og $X2$:

$$X1 = (FR^2_i - m_1)/s_1$$

$$X2 = (S_i - m_2)/s_2$$

Hvis $X1$ og $X2$ er mindre enn 1.0, dvs at det normaliserte avviket er mindre enn 1.0, indikerer det at målepunktet er innenfor normal variasjon i angitte referansegulv.

Hvis man legger vekt på at både Kraftreduksjon og Sprett skal være innenfor normalen, kan man benytte produktet $X1 \cdot X2$ som indikator.

6 Resultater

6.1 Simuleringer

Resultater fra simuleringene basert på materialdata og teoretiske modeller i januar 2015 er gjengitt i Tabell 3. Resultatene av simuleringene viste at det var forskjeller mellom «Som Bygget» og «Som Prosjektet», og at det var Sprett som var den kritiske egenskapen. Sprett hadde vesentlig lavere verdier i «Som Bygget» enn i referansegulvet. Med vesentlig menes i dette tilfellet at forskjellene mellom gulvtypene var store sammenlignet med usikkerhet i materialdata og stedlig variasjon innenfor ett og samme gulv. En Students t-test indikerer 50% sannsynlighet for at Kraftreduksjon i as-built gulvene kan være tilfeldige variasjoner av Kraftreduksjon i referansegulvet, mens det bare var 3% sannsynlighet for at Sprett i as-built gulvene kunne være variasjoner av Sprett i referansegulv. «Som Bygget» gulvene kunne ikke på dette grunnlag bedømmes som objektivt likeverdige med prosjektets referanse.

Tabell 3

	betong	as-built E=1MPa mykest	as-built E=1MPa hardest	as-built E=32MPa ykest	as-built E=32MPa hardest	Klassisk (referanse) mykest	Klassisk (referanse) hardest
Kraftreduksjon	0 %	80 %	74 %	79 %	53 %	69 %	64 %
Sprett	100 %	37 %	39 %	39 %	53 %	81 %	71 %

6.2 Målinger

Følgende gulv ble målt i perioden mars-april 2015:

- DNO: Prøvesal D i Den Norske Opera og Ballett (Referansegulv 1)
- EM051: Dansesal 051 (overlyssalen) Edvard Munch VGS
- EM001: Dansesal 001 Edvard Munch VGS
- MF: West End Studio, Margarinfabrikken, 5 etg (Referansegulv 2)

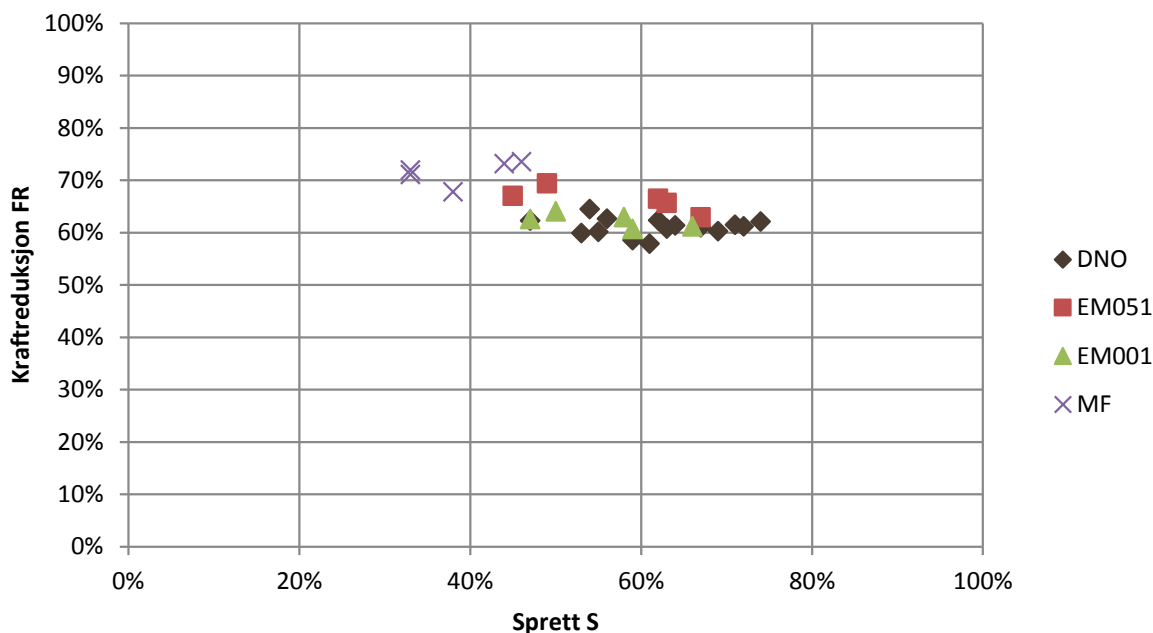
Alle målingene ble utført av SINTEF v/ Dag Henning Sæther. Til stede under målingene var Magne Skålevik, Brekke & Strand. Referansegulv 1 var tilfeldig valgt eksemplar av brukerutpekt referanse for prosjektering. Referansegulv 2 var utpekt av Bruker i anledning målingene.

Gulvtypene har varierende oppbygging etter følgende prinsipp:

- DNO: Klassisk sviktgulv med 28mm bord på krysslagte sløyfer og lekter
- EM051: Systemgulv for sport og dans, bygningsplate på elastiske klosser
- EM001: Systemgulv for sport og dans, bygningsplate på elastiske klosser
- MF: Harlequingulv - demonterbart platesystem på elastiske klosser

6.2.1 Måleresultater

Måleresultater er i detalj angitt i tabellform og diagrammer i vedlegg. Kraftreduksjon og Sprett er plottet i diagrammet i Figur 1.



Figur 1 Målte verdier av Kraftreduksjon og Sprett på fire gulv, mars-april 2015.

6.2.2 Normaliserte avvik fra referansegulvene

Tabell 4 angir punktvis normaliserte avvik fra referansegulvene (DNO og MF), i henhold til metoden beskrevet i avsnitt 5.4.

Tabell 4 Punktvis normaliserte avvik fra referansegulvene på Den Norske Opera og Ballett (DNO) og Margarinfabrikken (MF). X1 er avvik i energetisk kraftreduksjon FR² og X2 er avvik i Sprett. Verdier som er mindre enn 1.0 indikerer at målepunktet er innenfor normalen, gitt variasjonen i valgte referansegulv. S og R er hhv mekanisk stivhet og resistans

Gulv	X1	X2	X1·X2	X1·X2 Gj.sn.
U5 EM051	0,0	0,9	0,10	0,37
	0,6	0,1	0,24	
	0,7	1,2	0,94	
	0,1	0,4	0,19	
	0,2	0,9	0,40	
U5 EM001	1,1	0,6	0,85	0,62
	0,5	0,0	0,10	
	1,0	1,2	1,10	
	0,7	0,6	0,63	
	0,8	0,2	0,44	
DNO	1,0	1,0	1,01	0,91
	1,2	1,4	1,29	
	1,1	1,2	1,15	
	0,8	0,9	0,84	
	1,2	0,3	0,65	
	1,3	0,2	0,51	
	0,9	1,7	1,24	
	1,0	1,6	1,29	
	1,6	0,8	1,14	
	0,8	0,4	0,57	
	0,8	0,2	0,45	
	0,4	0,3	0,33	
	1,0	1,5	1,23	
	1,1	0,9	1,02	
	1,5	0,6	0,99	
MF	1,5	0,3	0,69	0,86
	1,4	0,5	0,81	
	0,3	0,9	0,48	
	1,0	1,3	1,10	
	1,1	1,3	1,21	

Kommentar: Normaliserte avvik fra referansegulvene er gjennomsnittlig 0.37 i EM051 (overlyssalen) og 0.62 i EM001 (dancesalen i U1 på hjørnet Ullevålsveien-St.Olavsgate). Disse avvikene er mindre enn avvikene i hvert av referansegulvene.

7 Vurdering av måleresultatene

Måleresultater fra dansesalene 001 og 051 gulvene i U5 (Edvard Munchs Videregående Skole), i denne rapporten benevnt «EM001» og EM051» er vurdert på grunnlag av måleresultatene for referansegulvene «DNO og «MF», henholdsvis Prøvesal D i Den Norske Opera og Ballett, og i Margarinfabrikken (West End Studio). DNO og MF var utpekt som preaksepterte referansegulv.

Fra den grafiske framstillingen av de to måleparameterne kraftreduksjon (FR) og Sprett (S) i Figur 1 kan man se at referansegulvene både sammen og hver for seg oppviser relativt stor variasjon i sine fysiske egenskaper, sammenlignet med den variasjon man ser hos gulvene i U5. MF er særpreget av høy kraftreduksjon og mindre sprett, mens DNO er omvendt. Egenskapene til gulvene i U5 vurderes å være som en mellomting mellom MF og DNO.

I en blindtest ville det knapt være mulig å skille EM001 fra DNO da plottede verdikombinasjoner fra førstnevnte danner en statistisk sky sammenfallende med den fra sistnevnte. I den grad EM051 skiller seg fra EM001 og DNO er det ved at førstnevnte har mer kraftreduksjon enn de sistnevnte, uten at det medfører mindre sprett.

En mer rigid analyse er beskrevet i 5.4. Når referansegulvenes gjennomsnitt og varians i kraftreduksjon og sprett benyttes som normal, er de målte avvikene fra normalen i preaksepterte dansegulv angitt i Tabell 4, med henholdsvis X1 for avvik fra normal kraftreduksjon, og X2 for avvik fra normal sprett, i hvert punkt. Produktet av avvikene i hvert punkt er gitt ved $X1 \cdot X2$, gir grunnlag for det samlede, normaliserte avvik, og de er gjennomsnittlig 0.37 i EM051 (overlyssalen) og 0.62 i EM001 (dancesalen i U1 på hjørnet Ullevålsveien-St. Olavs gate). Avvikene målt i EM051 og EM001 er mindre enn avvikene i hvert av referansegulvene (henholdsvis 0.91 i DNO og 0.87 i MF). Konklusjonen av resultatene i Tabell 4 er at EM051 og EM001 er innenfor normalen.

Det kan virke paradoksalt at avvikene fra referansegulvene er større i hvert av referansegulvene enn i gulvene i U5, men dette har en naturlig forklaring: De to referansegulvene representerer to relativt forskjellige varianter av preaksepterte dansegulv, mens de nye gulvene i U5 er utgjør en «mellomting» med egenskaper som er nærmere gjennomsnittet enn de to gulvene DNO og MF.

8 Konklusjon

Brekke & Strand har, som del av oppdrag 37043 Ullevålsveien 5, hatt i oppgave av Undervisningsbygg å vurdere objektive egenskaper i de nye dansegulvene i Ullevålsveien 5 (Edvard Munchs VGS).

Det konkluderes med at de nye gulvene i Ullevålsveien 5 (U5) objektivt sett ligger midt i variasjonsområdet for gode dansegulv. På det objektive grunnlag beskrevet i denne rapporten er det ikke funnet noe som er til hinder for at de nye dansegulvene i Ullevålsveien 5 godkjennes.

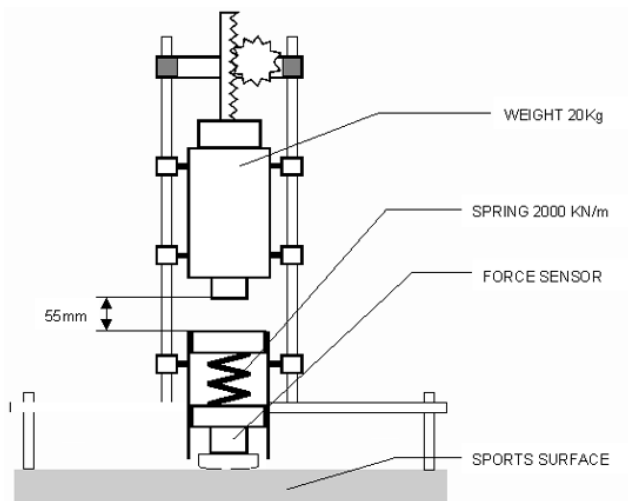
Denne vurderingen baserer seg på at både gulvet i Den Norske Opera (DNO) og gulvet i Margarinfabrikken (MF) anses som gode gulv. Utfra målingene kan det forventes at dansere i blindtest ville kunne merke forskjell på gulvene i U5 og de på MF, og at de ville merke forskjell på gulvene i U5 og de på DNO. Men de ville forventelig merke enda større forskjell mellom det på MF og det på DNO.

9 Vedlegg

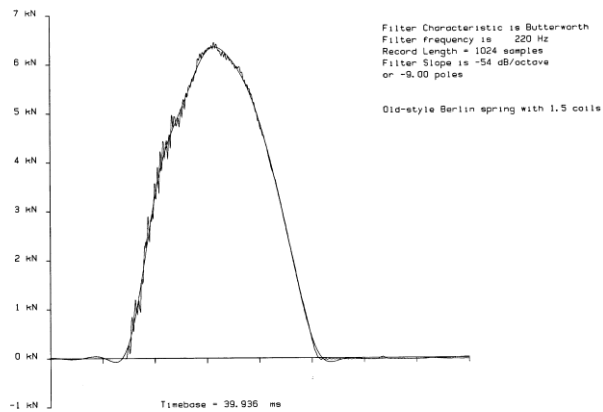
9.1 Måleapparat



Figur 2 Måleapparatet Artificial Athlete Berlin



Figur 3 Prinsipp



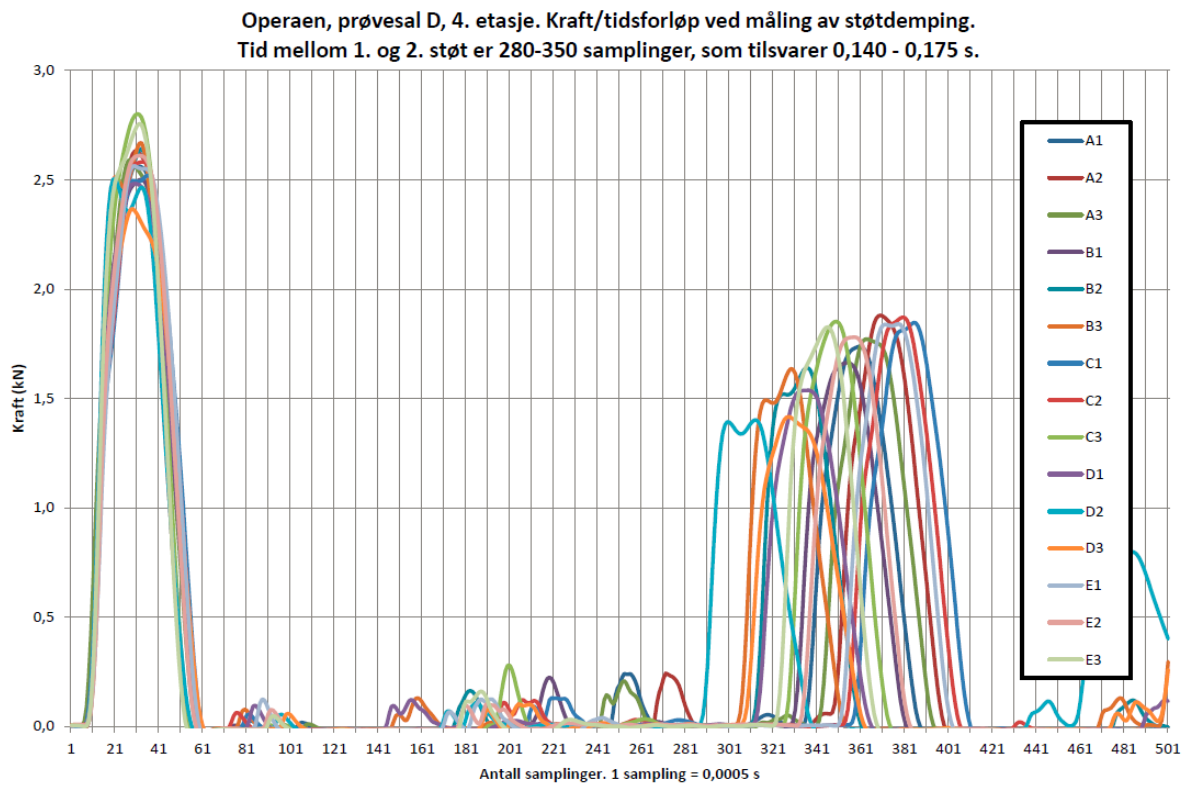
Figur 4 Typisk Kraft-Tid diagram fra måling

9.2 Bilde fra målingene



Figur 5 Fra målingene på dansegulv i West End Studio, Margarinfabrikken, Stavangergata 42, 5. etasje.

9.3 Målediagram



Figur 6 Kraft-tid diagram. X aksens enhet er antall samplinger, og det er ½ millisekund for hver sampling

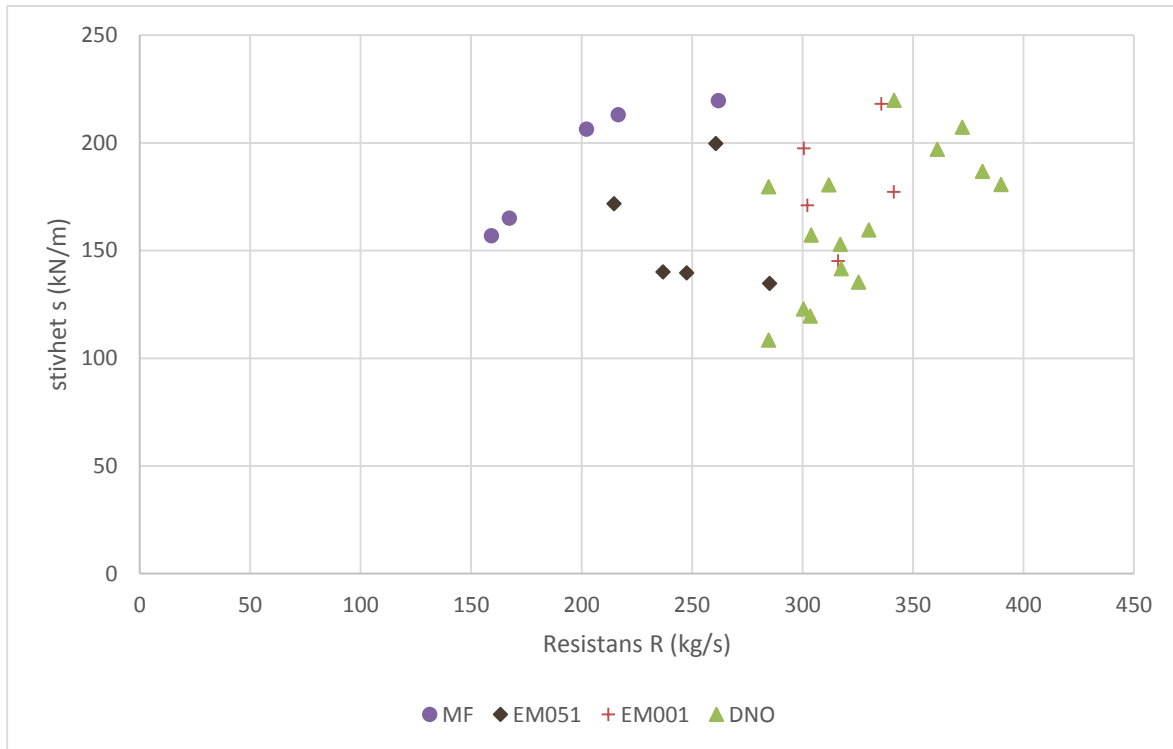
9.4 Tabell med målte FR og S, samt beregnede s og R

Beregnete verdier for s og R, tilhørende målte FR og S er gitt i tabell og diagram under. Utledninger og teoretisk grunnlag er ikke medtatt her.

Se også plottede verdier for s og R i Figur 7.

Tabell 5 Målte FR og S, samt stivhet s og resistans R beregnet fra måledata

Gulv	FR	S	s(kN/m)	R
EM051	67 %	62 %	237	140
EM051	69 %	49 %	215	172
EM051	63 %	67 %	285	135
EM051	67 %	45 %	261	200
EM051	66 %	63 %	248	140
EM001	61 %	59 %	341	177
EM001	64 %	50 %	301	197
EM001	61 %	66 %	316	145
EM001	63 %	58 %	302	171
EM001	63 %	47 %	336	218
a1	61 %	64 %	317	153
a2	60 %	69 %	325	135
a3	61 %	67 %	318	142
b1	62 %	62 %	304	157
b2	60 %	55 %	361	197
b3	60 %	53 %	372	207
c1	62 %	74 %	285	108
c2	61 %	72 %	304	120
c3	58 %	61 %	390	181
d1	63 %	56 %	312	181
d2	62 %	47 %	342	220
d3	65 %	54 %	285	180
e1	62 %	71 %	301	123
e2	61 %	63 %	330	160
e3	59 %	59 %	382	187
mf	74 %	46 %	159	157
mf	73 %	44 %	167	165
mf	68 %	38 %	262	220
mf	71 %	33 %	217	213
mf	72 %	33 %	202	206



Figur 7 Stivhet og resistans beregnet fra målte S og FR i ulike punkter på de fire gulvene, jfr Tabell 5

9.5 Måledata fra SINTEF

Detaljerte data fra målingene er gitt i vedleggene under.

Refleksjonshøyde på betong (m)

0,051

Margarinfabrikken

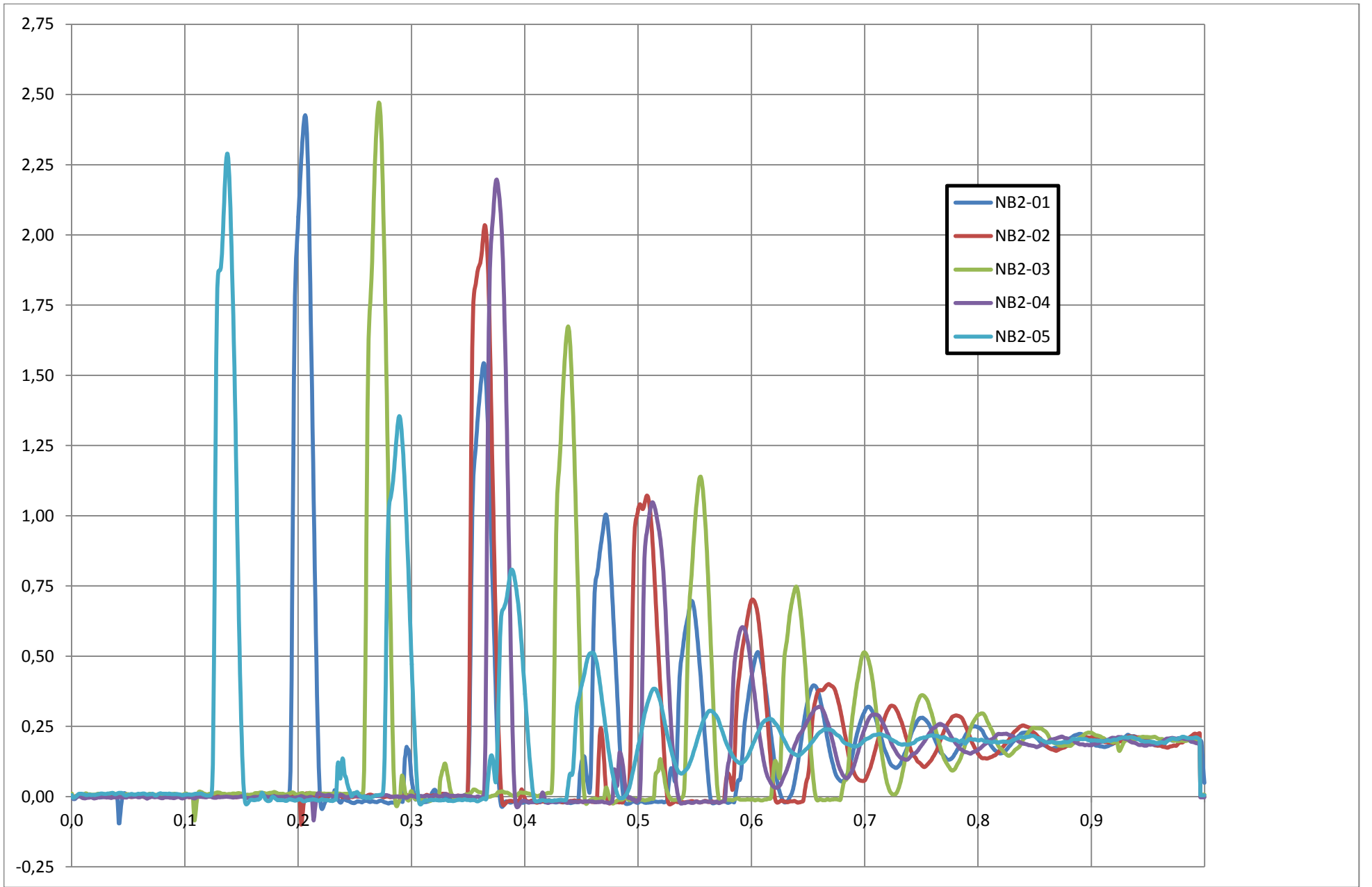
Referansehøyde (m)		0,051					
Pkt.	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
1	0,3685	0,2305	0,1380	0,069	0,023	46 %	73,6
2	0,2205	0,0845	0,1360	0,068	0,023	44 %	73,2
3	0,2475	0,1215	0,1260	0,063	0,019	38 %	67,8
4	0,3350	0,2185	0,1165	0,058	0,017	33 %	71,1
5	0,3350	0,2185	0,1165	0,058	0,017	33 %	72,0
Middel			0,1266	0,0633	0,020	39 %	71,5

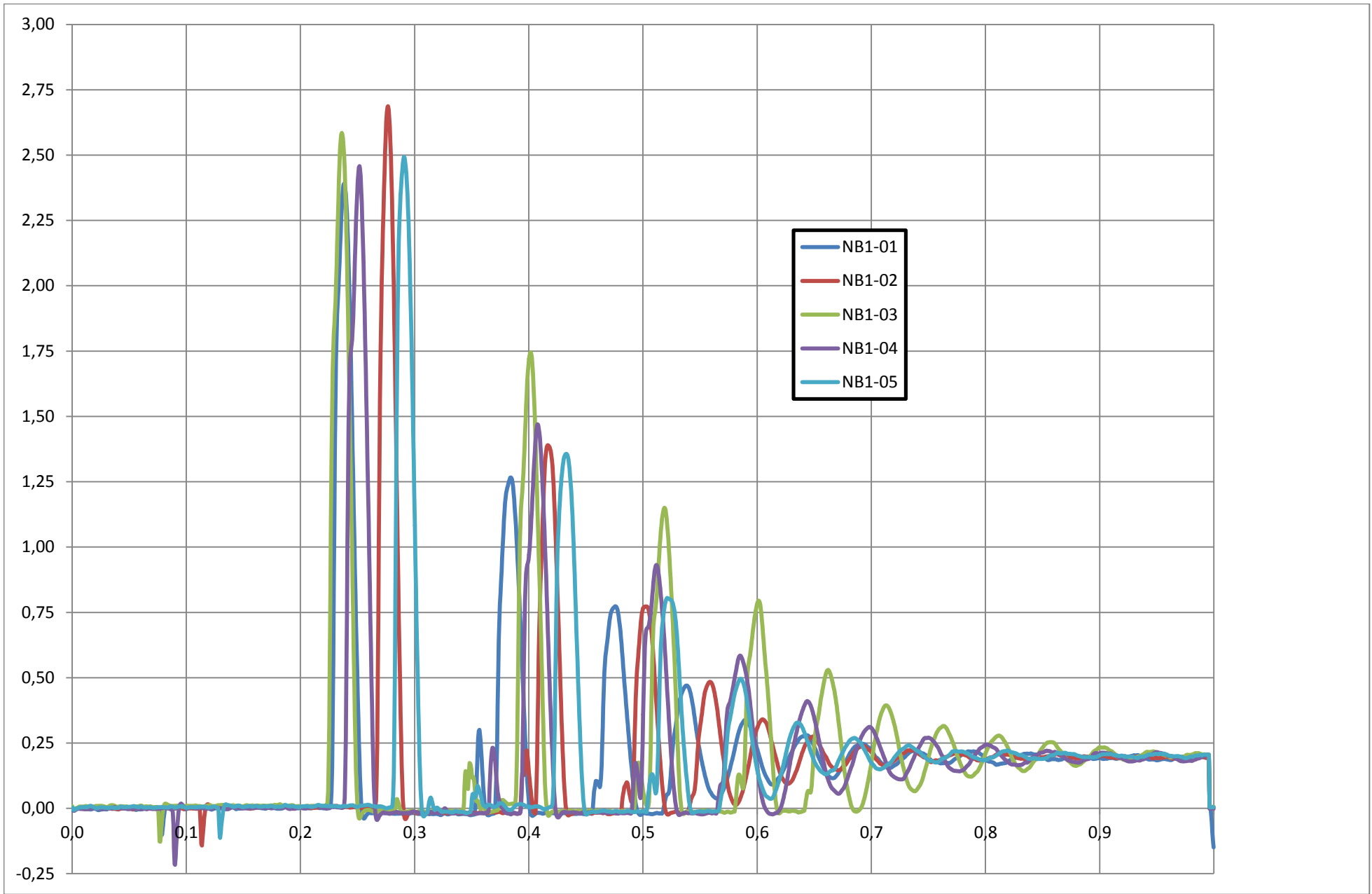
Nordahl Brunsgt. Rom 051

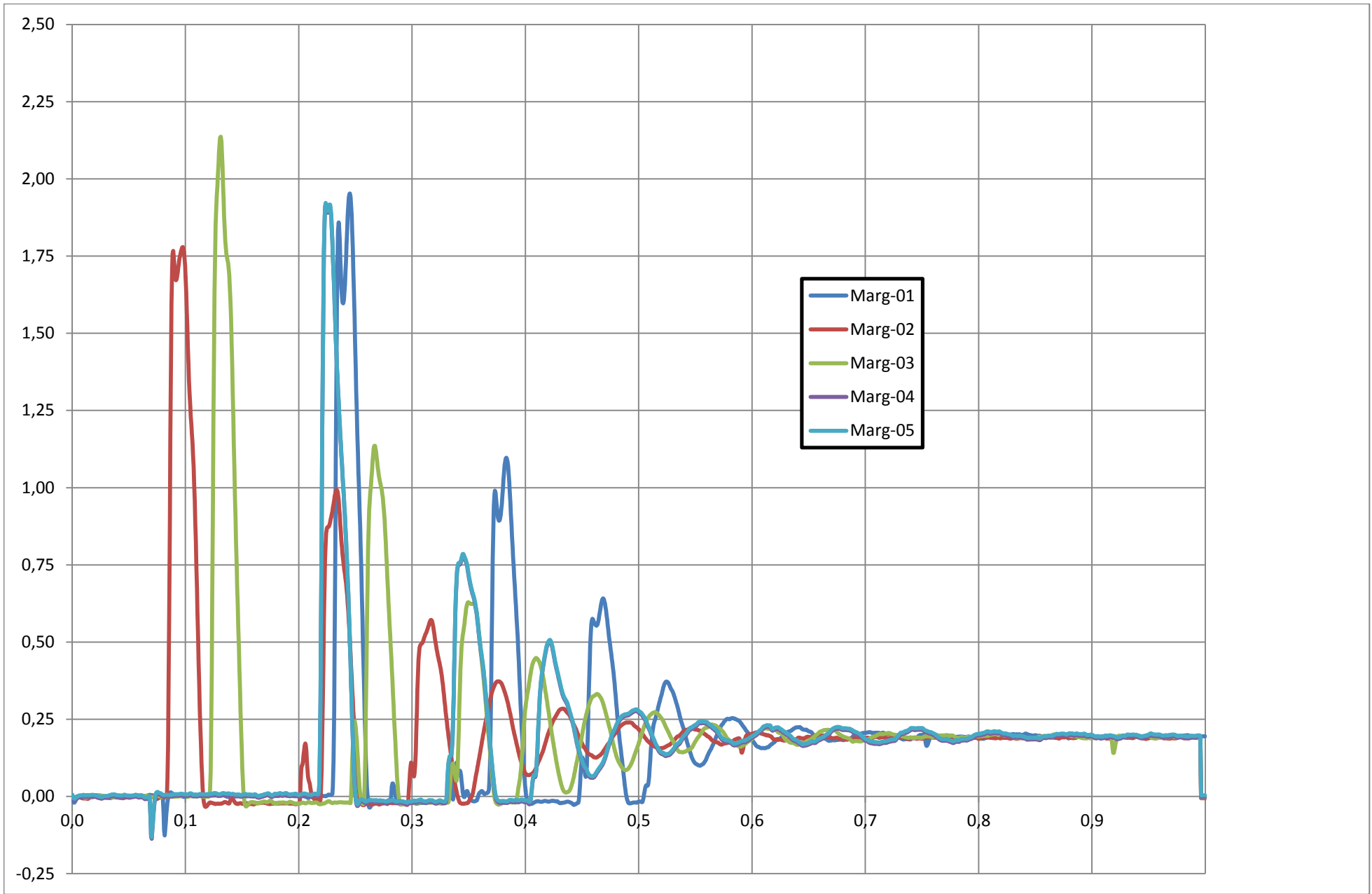
Referansehøyde (m)		0,051					
Pkt.	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
1	0,3530	0,1930	0,1600	0,080	0,031	62 %	66,5
2	0,4925	0,3500	0,1425	0,071	0,025	49 %	69,4
3	0,4245	0,2580	0,1665	0,083	0,034	67 %	62,9
4	0,5025	0,3650	0,1375	0,069	0,023	45 %	67,0
5	0,2760	0,1137	0,1623	0,081	0,032	63 %	65,7
Middel			0,1538	0,0769	0,029	57 %	66,3

Nordahl Brunsgt. Rom 001

Referansehøyde (m)		0,051					
Pkt.	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
1	0,4980	0,3420	0,1560	0,078	0,030	59 %	60,7
2	0,3715	0,2275	0,1440	0,072	0,025	50 %	64,1
3	0,3890	0,2230	0,1660	0,083	0,034	66 %	61,2
4	0,3940	0,2390	0,1550	0,078	0,029	58 %	63,0
5	0,4215	0,2815	0,1400	0,070	0,024	47 %	62,6
Middel			0,1522	0,0761	0,029	56 %	62,3







Prøvesal D, 4. etasje i Operaen

DHS 22.04.2015

Refleksjonshøyde på betong (m)

0,051

Referansehøyde (m)		0,051					
Pkt.A	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
A1	0,5110	0,3475	0,1635	0,0818	0,033	64 %	61,4
A2	0,5400	0,3705	0,1695	0,0848	0,035	69 %	60,3
A3	0,5665	0,3990	0,1675	0,0838	0,034	67 %	61,0
Middel			0,1668	0,0834	0,034	67 %	60,9

Pkt.B	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
B1	0,4730	0,3120	0,1610	0,0805	0,032	62 %	62,4
B2	0,5135	0,3620	0,1515	0,0758	0,028	55 %	60,2
B3	0,3335	0,1850	0,1485	0,0743	0,027	53 %	59,9
Middel			0,1537	0,0768	0,029	57 %	60,8

Pkt.C	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
C1	0,5195	0,3445	0,1750	0,0875	0,038	74 %	62,1
C2	0,4875	0,3150	0,1725	0,0863	0,036	72 %	61,2
C3	0,3215	0,1625	0,1590	0,0795	0,031	61 %	57,9
Middel			0,1688	0,0844	0,035	69 %	60,4

Pkt.D	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
D1	0,6885	0,5365	0,1520	0,0760	0,028	56 %	62,7
D2	0,4685	0,3285	0,1400	0,0700	0,024	47 %	62,3
D3	0,4615	0,3120	0,1495	0,0748	0,027	54 %	64,5
Middel			0,1472	0,0736	0,027	52 %	63,2

Pkt.E	2. støt (s)	1. støt (s)	Diff (s)	50% av diff (s)	Høyde (m)	l % av referansehøyde	Målt støtdemping (%)
E1	0,5345	0,3630	0,1715	0,0858	0,036	71 %	61,5
E2	0,5485	0,3860	0,1625	0,0813	0,032	63 %	60,8
E3	0,7155	0,5585	0,1570	0,0785	0,030	59 %	58,6
Middel			0,1637	0,0818	0,033	64 %	60,3

Operaen, prøvesal D, 4. etasje. Kraft/tidsforløp ved måling av støtdemping.
Tid mellom 1. og 2. støt er 280-350 samplinger, som tilsvarer 0,140 - 0,175 s.

