

Sprengningsarbeider 2019

Arbeidet med ny NS 8141

Fullskala testsprengring-

Instrumentering, måleresultater, erfaringer

Karin Norén-Cosgriff NGI

Nils Ramstad, Multiconsult

Presentasjonens innhold

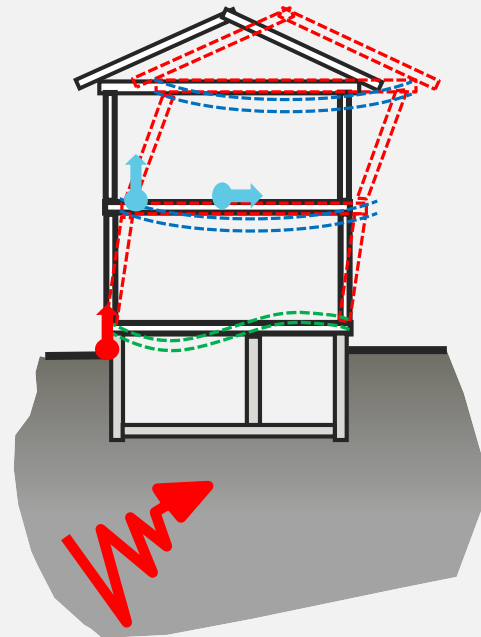
- Kort om bakgrunn for revisjonen av NS8141 og status per i dag.
- Beskrivelse av fullskala sprengningsforsøk, forsøksstedet, testbygninger, salver og instrumentering
- Foreløpige resultater fra sprengningsforsøkene
- Planlagt arbeide videre med måldata og med standarden

NS 8141 Vibrasjoner fra anleggsvirksomhet

- NS 8141 gir veiledende grenseverdier for vibrasjoner fra anleggsvirksomhet
- Ny revidert standard i 3 deler ble utgitt 2012-2014
- I den reviderte standarden var det innført et frekvensveiingsfilter.
- Filteret erstattet faktorer for grunnforhold, avstand og fundamentering
- Det forenklet fastsettelsen av grenseverdier da disse faktorer ofte ikke er kjente.

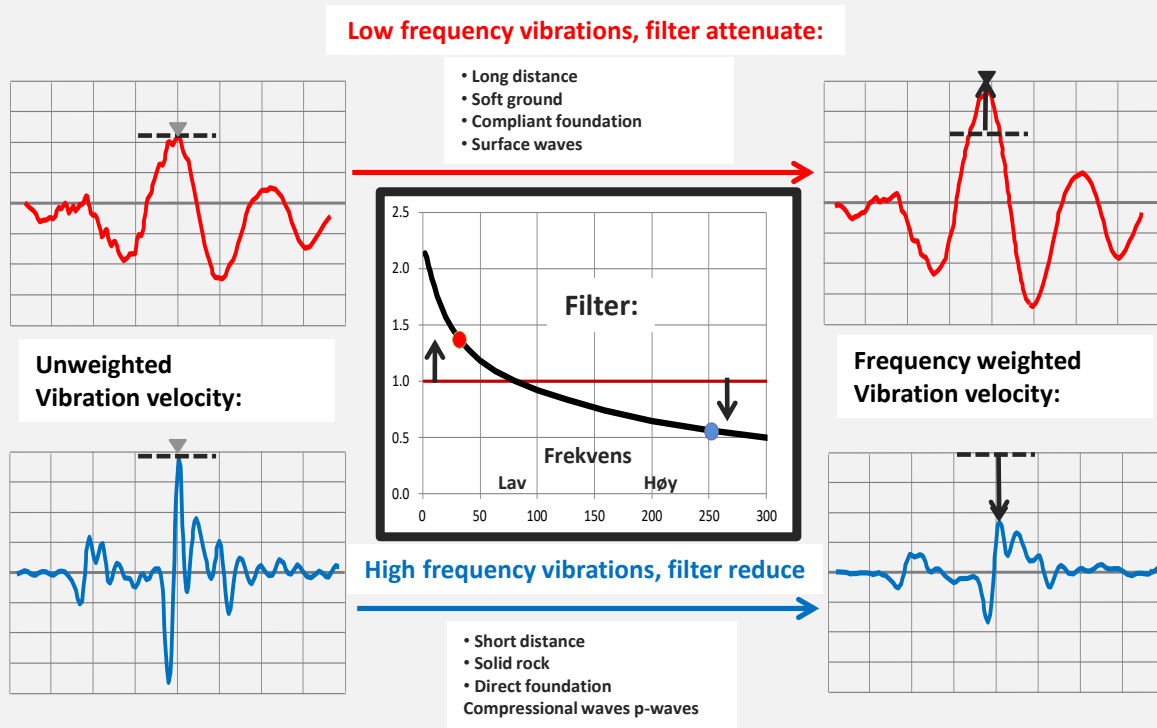
Bakgrunn for veiefilter i den nye standarden

- Lave frekvenser er skadeligere for bygninger enn høye
- Gammel NS8141 tar indirekte hensyn til dette ved å la grenseverdien være avhengig av avstand og grunnforhold
- Det er basert på antakelser om hva frekvensen er ved ulike grunnforhold og avstand



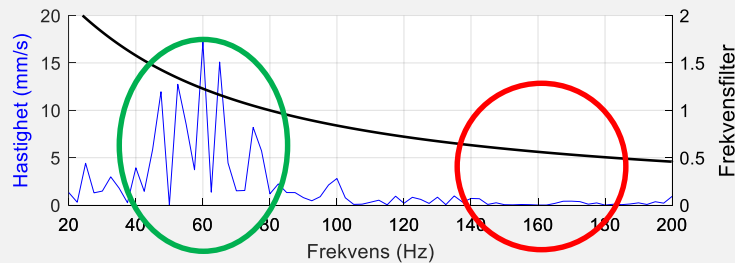
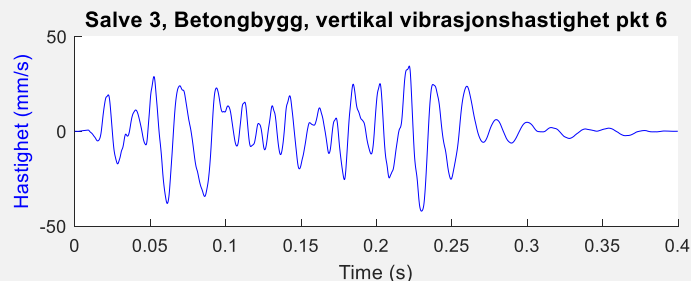
Bakgrunn for veiefilter i den nye standarden

- Når frekvensen bestemmer skadepotensialet, kan man ta hensyn til dette ved å filtrere målesignalet før sammenligning med grenseverdien



Men frekvensen viste seg å ikke være som forventet!

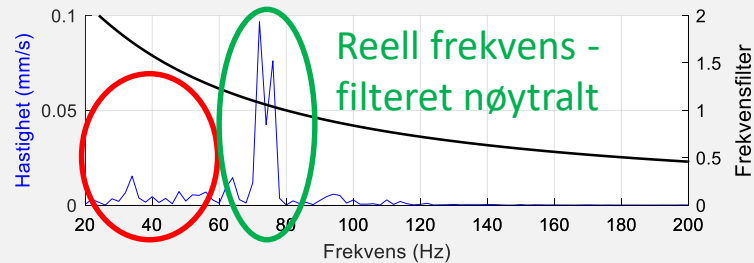
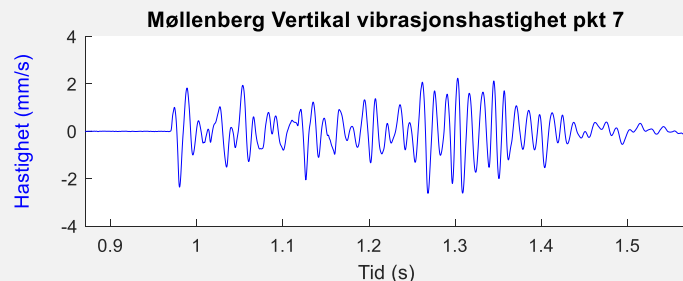
Bygg på ca. 50 cm pukklag
på berg, kort avstand



Reell frekvens -
filteret forsterker

Forventet frekvens -
filteret reduserer

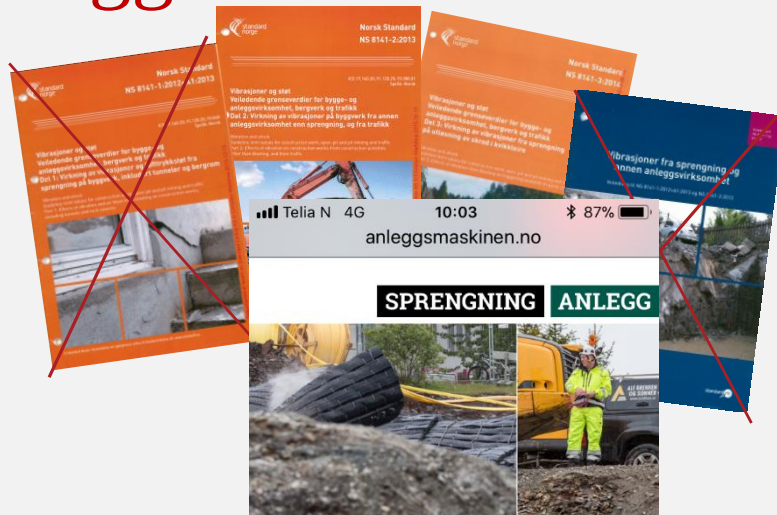
Bygg på bløt leira



Forventet frekvens -
filteret forsterker

NS 8141 Vibrasjoner fra anleggsvirksomhet

- Etter massive klager fra bransjen på for strenge grenseverdier og problemer med filteret ble Del 1 (sprengning) trukket tilbake 2016.
- Del 2 (annen anleggsvirksomhet) og Del 3 (utløsning av skred) er fortsatt gyldige
- NS 8141:2001 brukes nå for sprengning.
- For annen anleggsvirksomhet kan både Del 2 og NS8141:2001 benyttes.
- Det anbefales å kun benytte en standard på et og samme prosjekt.



Gunnar Jenssen er erfaren bergsprenger.
Prosjektleder i Alf Brekken og Sønner AS.
(Foto: Jørn Søderholm)

Kostnadsbingo med ny standard

Publisert 24. juni 2015 av [Jørn Søderholm](#)

Tagger: [Alf Brekken og Sønner AS](#),
[bergsprengningsleder](#), [NS 8141](#),
[rystelser](#)

Status for NS 8141 i dag

- Problemene med NS 8141:2001 er fortsatt der - fundamentering og grunnforhold er ofte ukjente og avstanden varierer.
- Det er et ønske å få gjeninnført en velfungerende Del 1 med filter.
- Revisjonsarbeidet har nå pågått i 10 år. Bransjen er godt representert i komiteen, men det savnes viktig kunnskap for å komme i mål.
- Det sentrale problemet er at ingen vet hva bygninger tåler av vibrasjoner og hvilken rolle frekvensen spiller
- For å få svar på dette er det utført sprengningsforsøk
- Håpet er å få tilstrekkelig underlag til å justere grenseverdiene i ny standard noe slik at ny standard ikke blir strengere enn gammel.

Fullskala sprengningsforsøk

- Utført i samarbeid med Våler VGS.
- Våler VGS har anleggslinje og Spulsåsens pukkverk der testene ble utført.
- Lærer og studentene ved Våler VGS utførte boring, lading og sprengning
- Multiconsult og NGI utførte målingene
- SVV utførte ingeniørgeologisk kartlegging av berggrunnen i testområdet, innmåling av alle borehull, sensorer og bygningene
- Forsøkene ble finansiert av aktører i anleggsbransjen

Forsøksområde Spulsåsens pukkverk Hedmark



Oversikt sprengningsområde og testbygninger

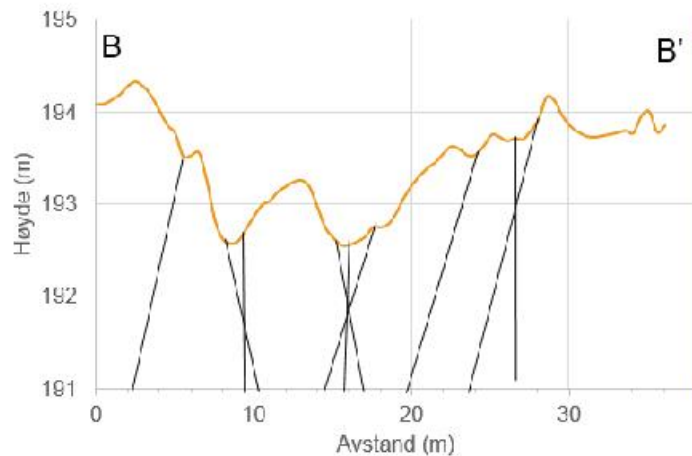
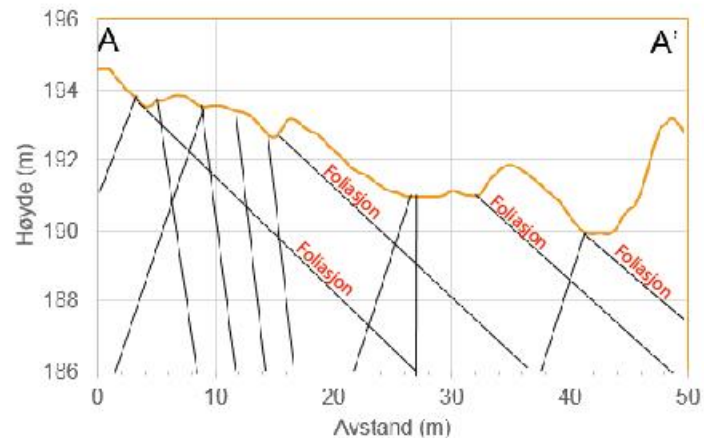
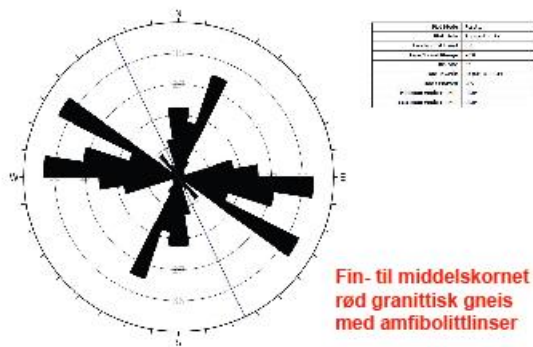


Lagdeling

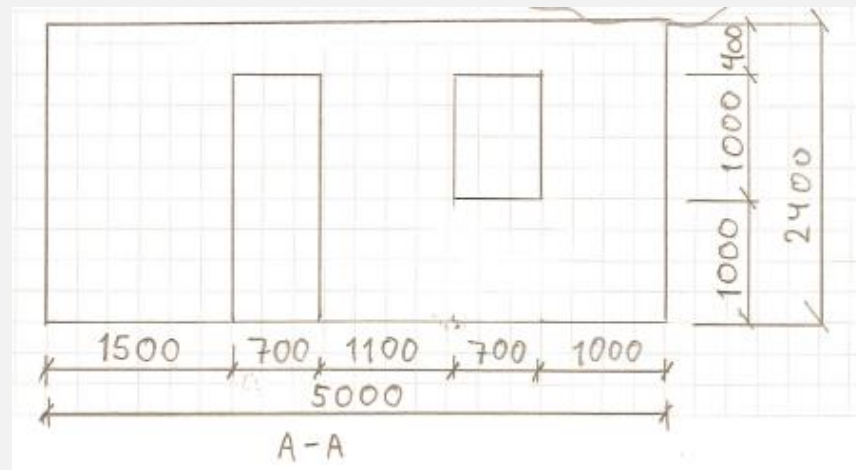
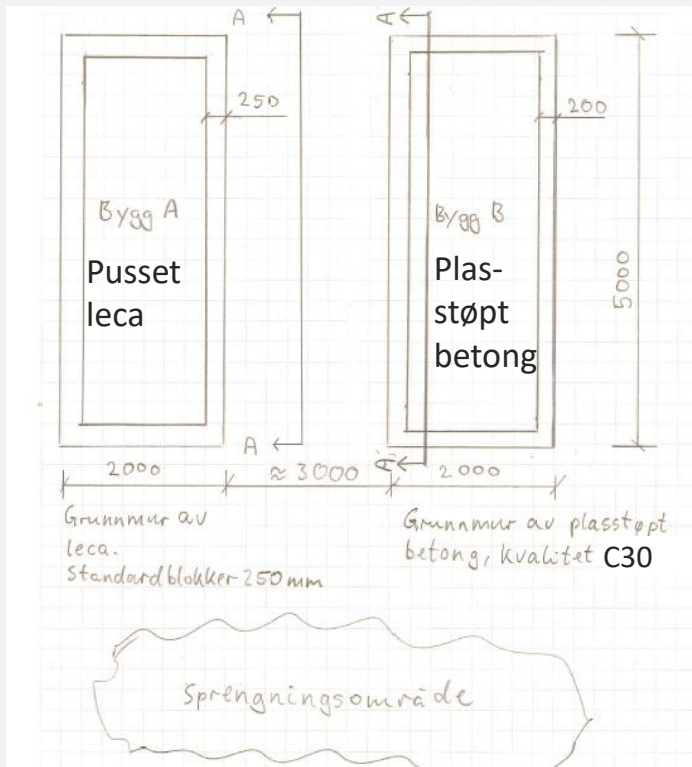
Testbygning



Geologisk kartlegging



Testbygninger



- Avrettet såle over berg. Tykkelse av pukklag under bygg ca. 50 cm
- Støpt såle med armering under vegger betongbygg.
- Armerte Leca såleblokk under Lecabygg
- Testobjektene har bjelkelag og platedekke på toppen. Belastet med ca. 4500 kg pukk.

Lecahus med fliser på veg mot sprengningsområdet



- Vanlig skadepåstand at fliser i baderom får sprekker grunnet vibrasjoner fra sprengning

Betonghus med utlektet kledning på ene hjørnet



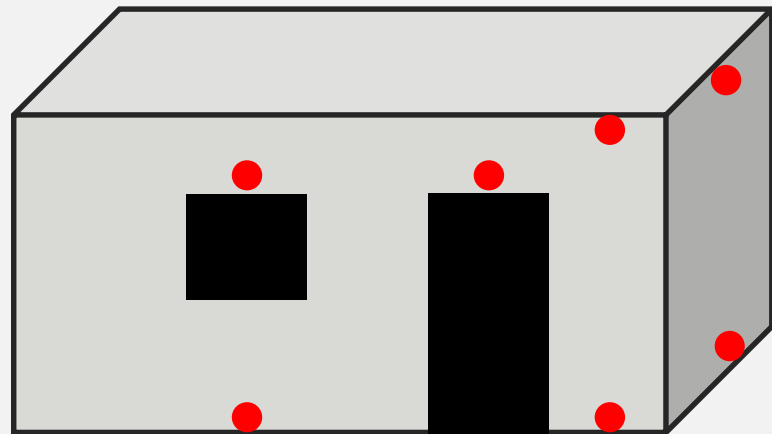
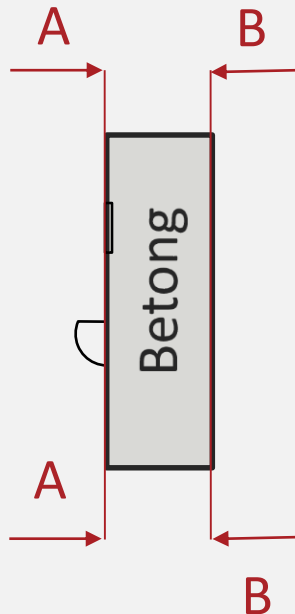
- Ofte problem med moderne grunnmurer at det ikke er noe å skru fast geofonene i
- Vi ønsket å se på forskjellen med å måle på kledningen istedenfor murverk
- Hjørne på betonghus kledd med utlektet luftet stående panel.
- Geofoner skrudd i panelene sammenlignet mot geofoner på betongen

Vibrasjons- målinger

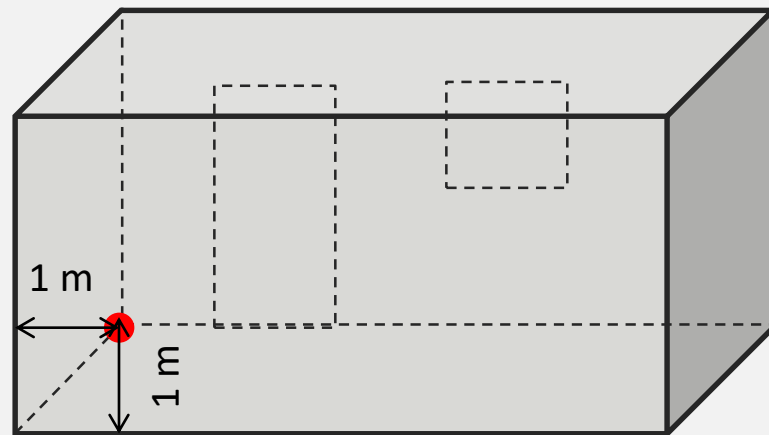
27 kanaler per bygg
3 kanaler på bakken
Alle kanaler
synkronisert



11 m



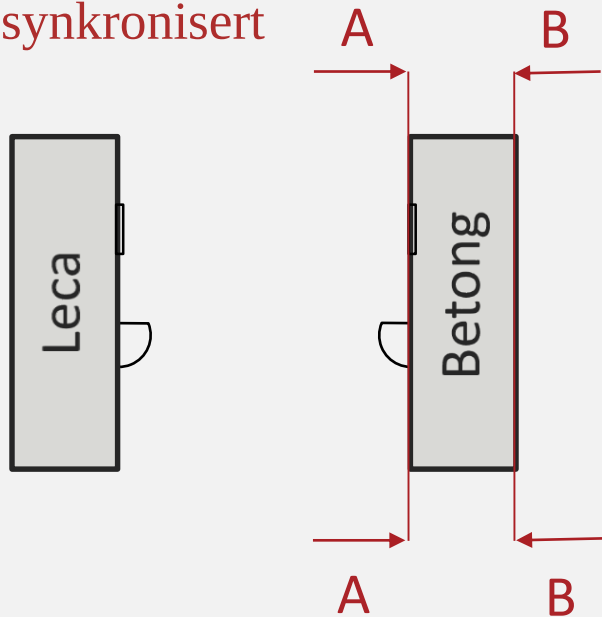
A - A



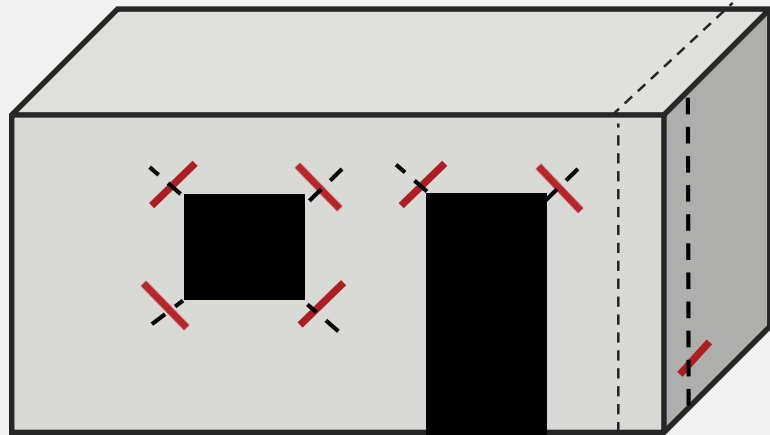
B - B

Tøyningsmålinger

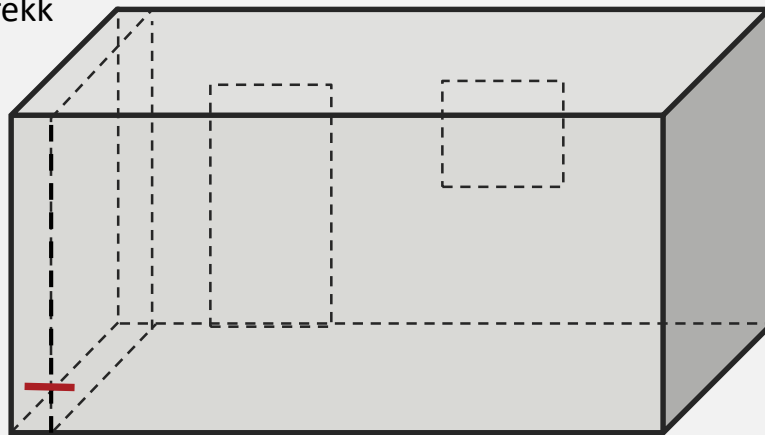
Fiberoptisk system 8 sensorer/bygg. Alla kanaler synkronisert



 Sensor
 Mulig sprekk



A - A



B - B

Multiconsult

NGI



Sprengnings-
område

Instrumentering



Geofoner montert på fast berg

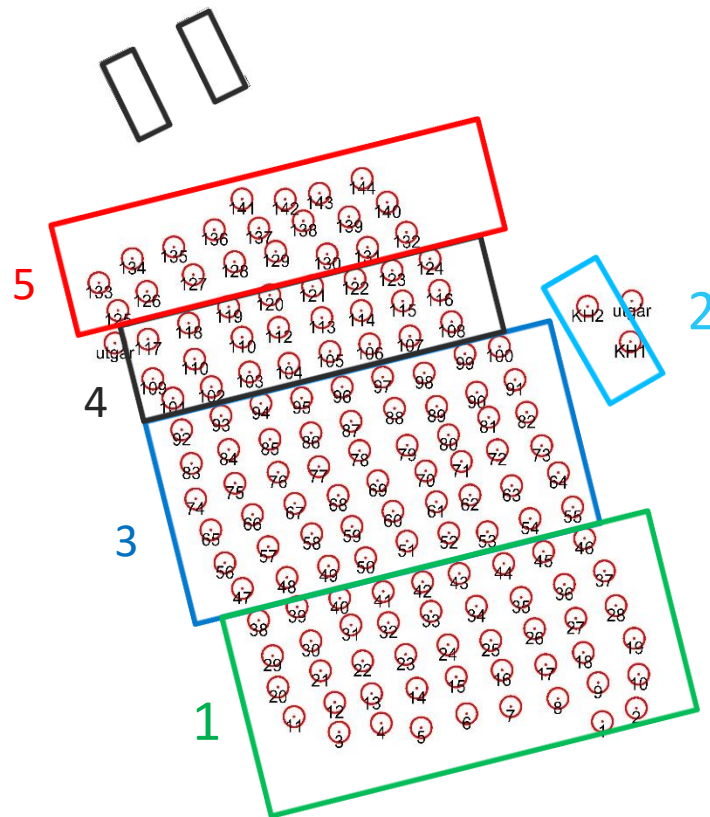
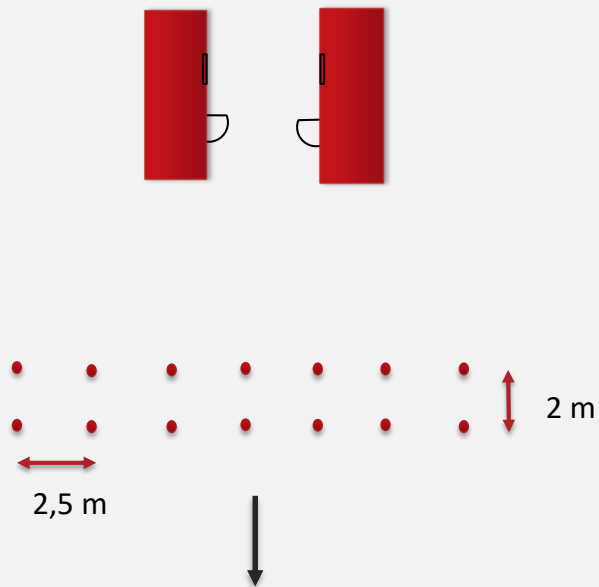
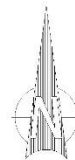
5 m foran husene



Mellom husene i forkant



Plassering av salver



Salver

Salve	1	3	4	5	2.1	2.2
Antall hull	46	53	24	20	1	1
Antall raster	6	6	3	3	-	-
Bormønster	2 x 2,5 m				-	-
Maks hulldybde	4.5 m	ca. 5 m	ca. 6 m	ca. 6 m		
Hulldiameter	76 mm					
Hullhelning	5 grader					
Minste avstand fra salve til hus	42 m	18 m	11,5 m	7 m	Betong: 27 m	Betong: 24 m
					Leca: 30 m	Leca: 27 m
Maks ladning pr. hull	8,4 kg	14,0 kg	16,4 kg	18, 9 kg	3,0 kg	3,5 kg
Maks ladning pr. intervall				34,2 kg		
Intervalltid	10 ms				-	-
Tennere	Elektroniske					

Tyngste delen av salvene til høyre nærmest betonghuset

Boring og lading av første salve

Elevene i gang med boring



Faglærer og skytebas Øystein Johansen



Lading av første salve

Arild Neby SVV, Knut Tanbergmoen
Austin Norge og Øystein Johansen



NGI Multiconsult



NORWAY	
E*STAR ELEKTRONISKE TENNERE	
P.O.No.	
E*STAR Electronic detonator	
Material	Cu
Length	Fe 2x0.65 mm / PEPE-H duplex
L	15
D	Programmable 1-10000 ms
Q	60
Lot no	170807
Lot no	190807
Box No	V70730-3-1
Box No	V70730-3-1-152
Net Weight	13,4 kg
Net Weight	12,1 kg
Net Weight of Explosive	0,052 kg

2.1 kg bunnladning
1.9 kg pipeladning
Fordemming med
1.5 m singel i alle
hull

Sprengningsforsøkene nov 6.-9. nov 2018



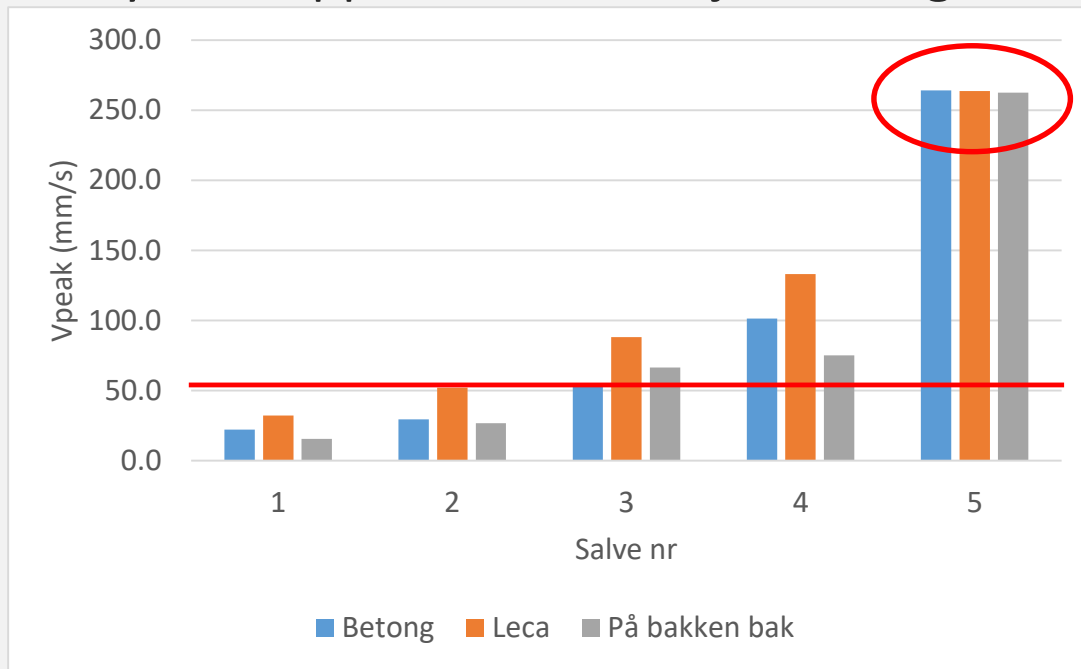
Resultat etter salve



Kun nødvendig med
frigraving av stuff
etter første salve

Foreløpige resultater fra vibrasjonsmålingene

Høyeste toppverdi av vibrasjonshastighet



- Måleområde for målerne overskredet
 $v_{\text{peak}} > 260 \text{ mm/s}$
- Grenseverdien for begge byggene er 50 mm/s (NS 8141:2001)
- Ingen synlige skader ble registrert

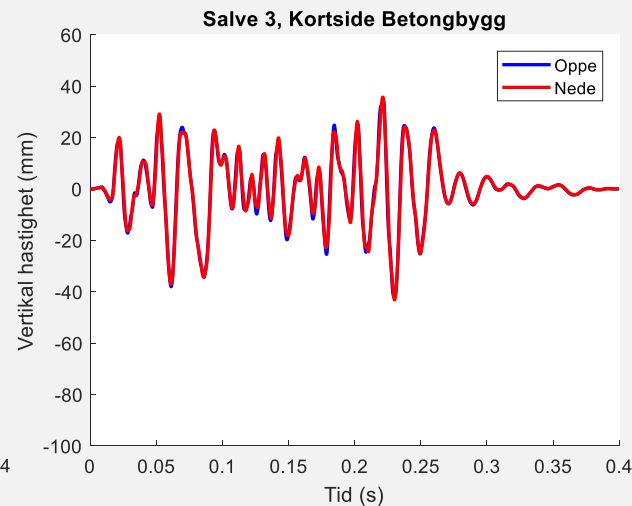
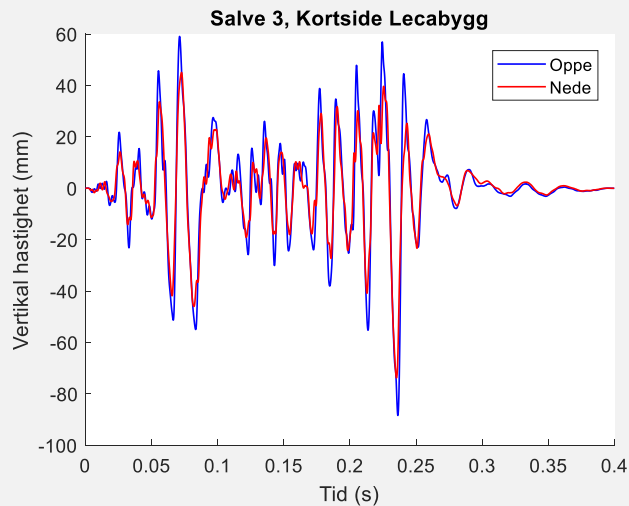
Foreløpige resultater fra vibrasjonsmålingene

Salve	Tidspunkt	Max Betong hus	MP og retning	Max Leca hus	MP og retning
1	06.11.2018 14:47	22.2	B1T	32.2	L4V
2 (innspendt)	06.11.2018 15:36	29.5	B6V	52.1	L6V
	07.11.2018 14:37	52.8	B6T	88.3	L4V
4	08.11.2018 12:59	101.5	B6T	133.1	L3L
5	09.11.2018 14:18	264.1	B4-B8V B6T	263.5	L4V

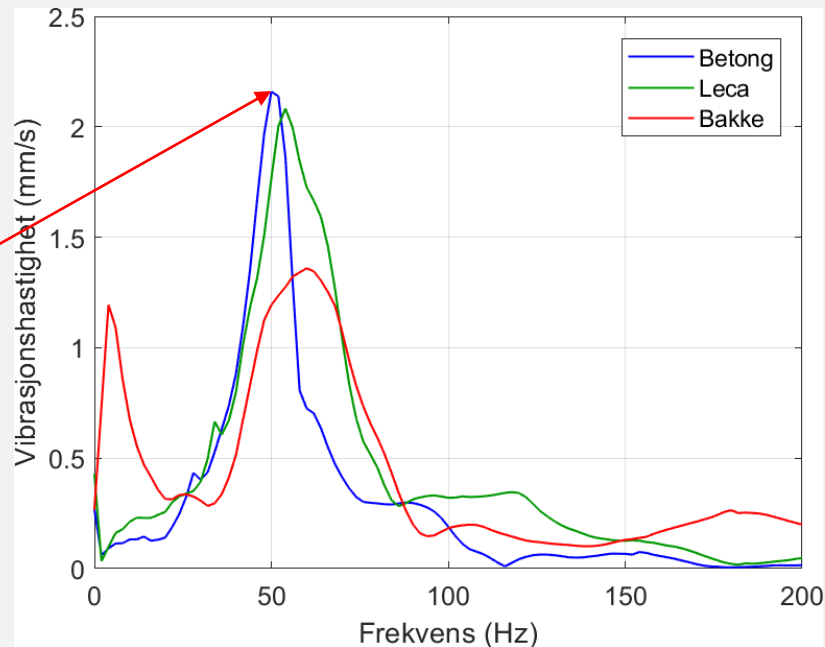
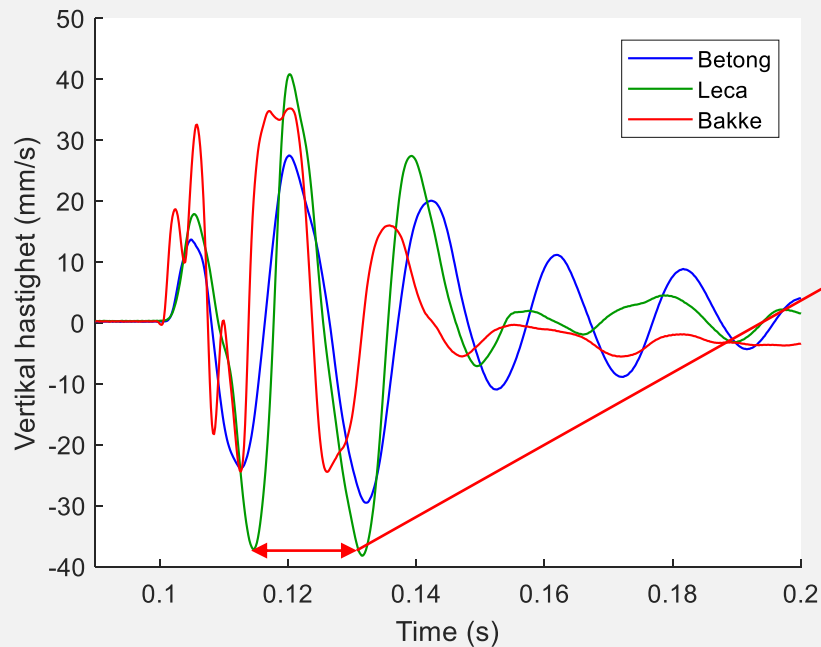


Målt vibrasjons- hastighet i vertikal retning

	Leca nede	Leca oppe	Betong nede	Betong oppe
Salve 1	20,0	27,4	14,0	13,9
Salve 2	42,5	52,4	29,1	29,5
Salve 3	73,1	86,9	42,8	42,1
Salve 4	117,8	129,3	80,0	79,2
Salve 5	262,1	262,1	>262	>262

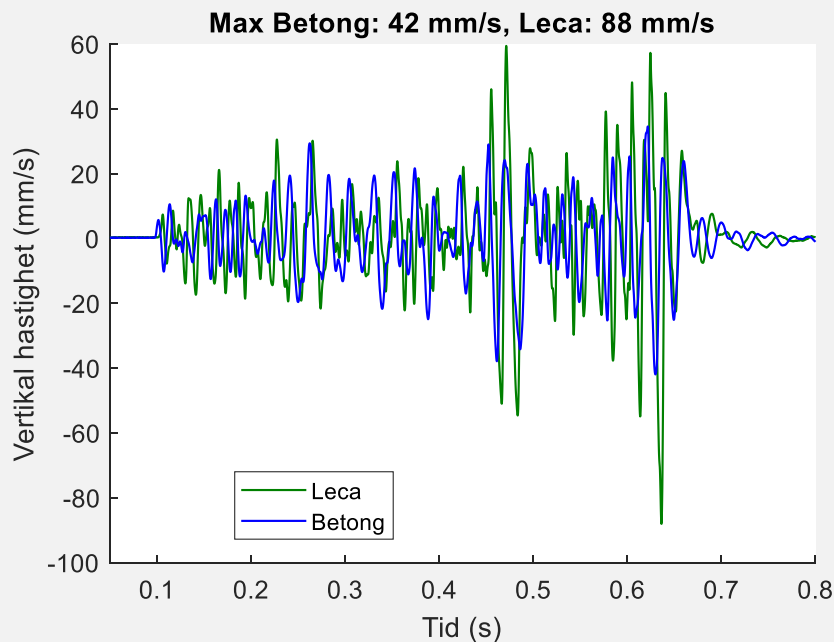


Salve 2 (ett innspent hull) målepunkter på Betong og Leca og på bakken i forkant, vertikal retning

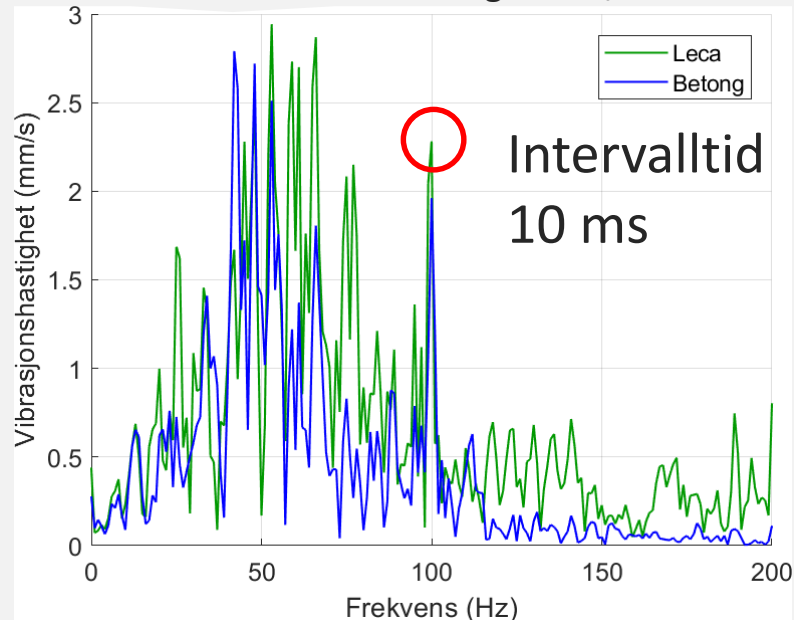


Salve 3 pålepunkt 6 på Betong og Leca

Vertikal retning

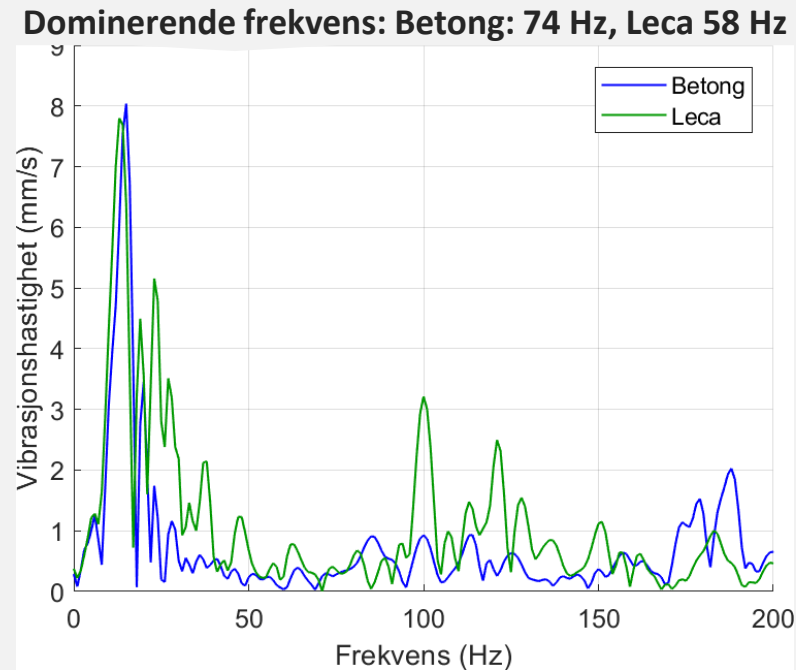
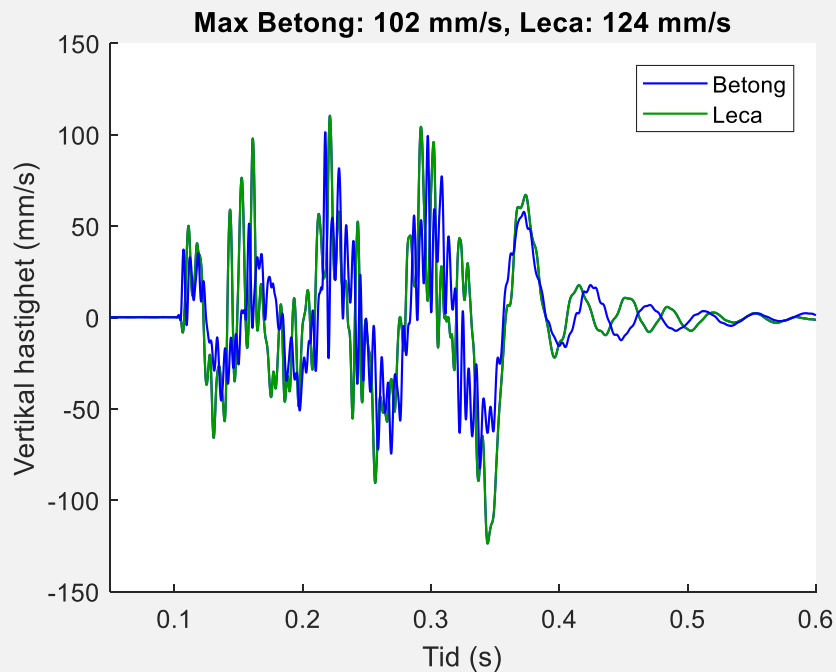


Dominerende frekvens: Betong: 61 Hz, Leca 79 Hz

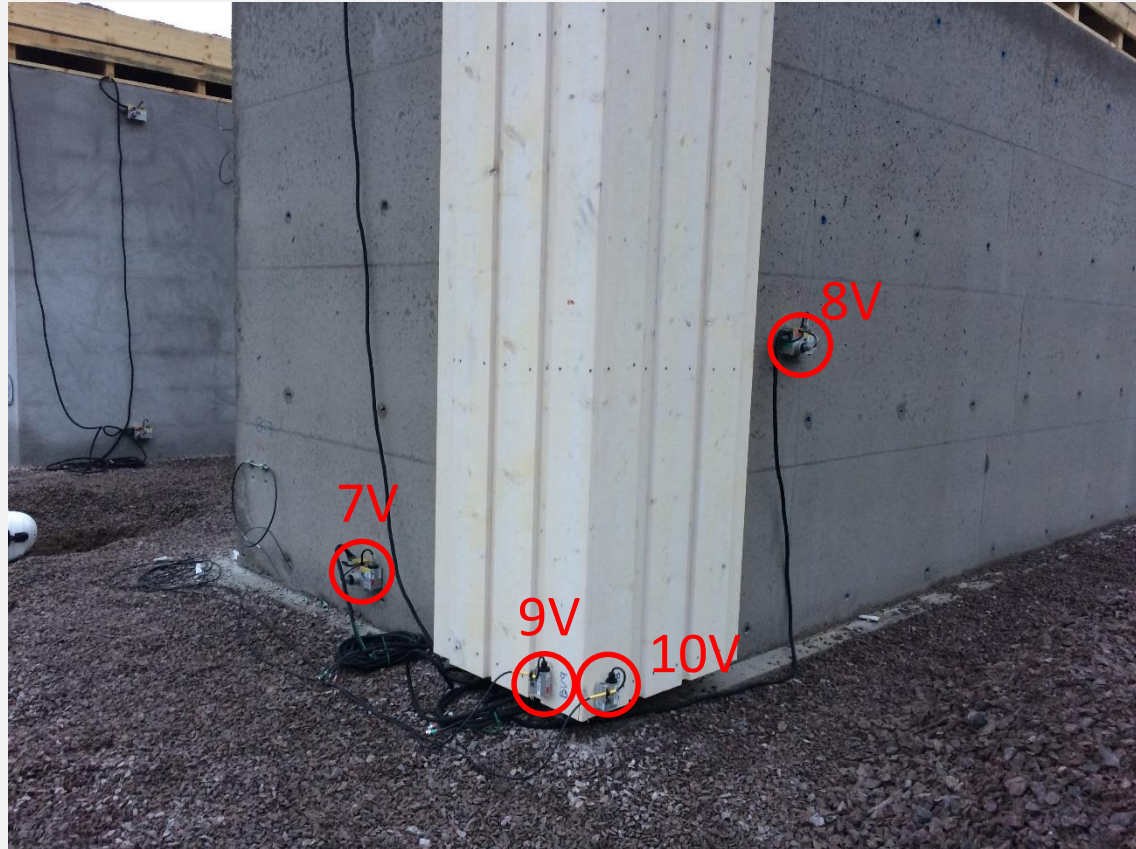


Salve 4 målepunkt 6 på Betong og Leca

Transversal retning

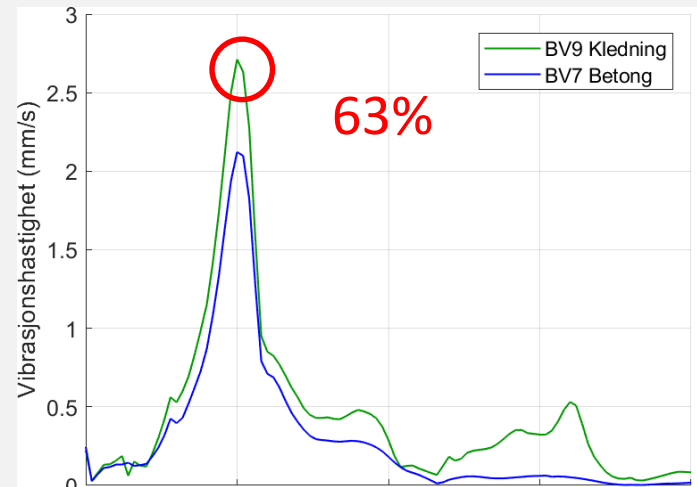
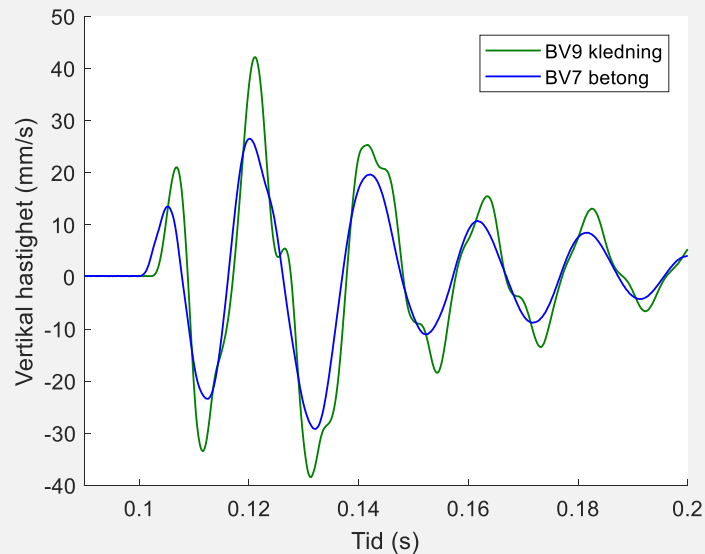


Sammenligning måling på betong og kledning

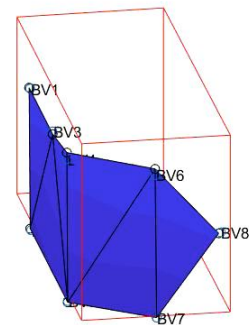
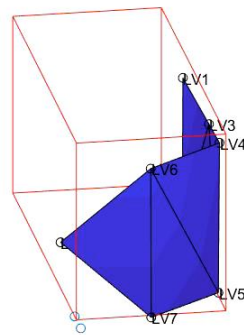
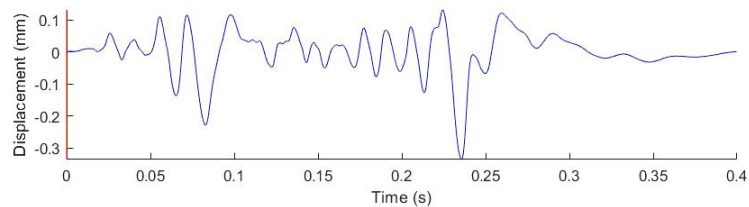


Sammenligning måling på betong og kledning

	Betong nede	Kledning kortvegg	Kledning langvegg
Salve 1	14,0	25,3	25,1
Salve 2	29,1	41,8	43,1
Salve 3	42,8	61,2	59,1
Salve 4	80,0	145,9	151,2
Salve 5	>262	>262	>262



Animering av måleresultatene fra salve 3

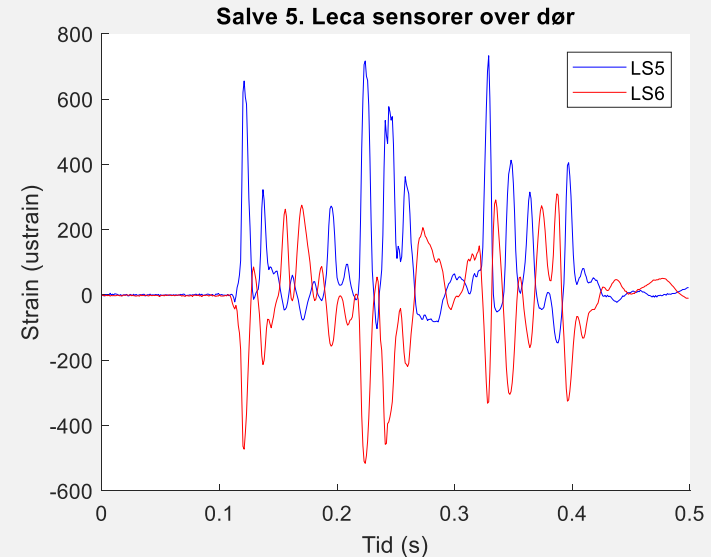


Tøyningsmålinger

- Mest tøying i overkant av døråpning
- Generelt klart høyere tøying i Leca-huset enn i betonghuset. Unntaket er siste salve.

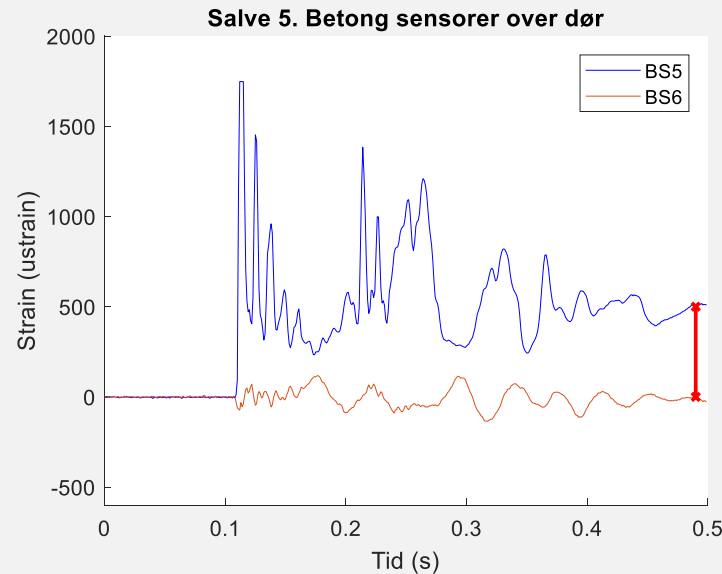


	Leca (ustrain)	Betong (ustrain)
Salve 1	75	17
Salve 2	72	15
Salve 3	159	24
Salve 4	334	40
Salve 5	733	> 1748



Tøyningsmålinger

- Siste salve, tøyningsmåleren på betonghus over dør til venstre gikk ut av range > 1748 μstrain
- Vibrasjonsmålingene i horisontalretning viser også opp mot 50 % høyere vibrasjoner i betongbygget (alle målere vertikalt gikk ut av range)
- Ingen synlige skader ble registrert men dette kan være en liten sprekke – 0,05 mm



500 μstrain
offset –
sprekk?

Konklusjoner fra fullskalaforsøkene så langt

- Bygningene ble utsatt for vibrasjonsverdier langt over grenseverdiene uten synlige skader.
- Frekvensen er lavere enn forventet for bygninger på berg.
- Leca huset hadde gjennomgående høyere vibrasjonsverdier og tøyninger enn betonghuset for like ladninger.
- Forsøkene indikerer at dagens grenseverdiene for bygninger på berg ev. kan justeres noe.
- Mer arbeid må utføres for å sikre at resultatene er representative (bla se på effekt av bygningenes størrelse).

Videre arbeid

- BegrensSkade – Remedy – er et NFR prosjekt som ledes av NGI
<https://www.ngi.no/Prosjekter/BegrensSkade>
- Prosjektet har en arbeidspakke på skader forårsaket av vibrasjoner fra anleggsvirksomhet.
- Videre analyse av måledata og publisering av resultater vil bli utført innenfor BegrensSkade.
- Resultatene vil bli brukt som grunnlag til revisjonen av NS8141
- Planen er å ha en ny NS 8141 ferdig i 2021