

Erland Rosten Høiberg
Even Flækøy
Simen Hulleberg

Sammenligning av 300- og 600 mm platebelastningsutstyr på mekanisk stabiliserte lag

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Astrid Stadheim

Mai 2019

Oppgavens tittel: Sammenligning av 300- og 600 mm platebelastningsutstyr på mekanisk stabiliserte lag	Dato: 16.05.2019		
	Antall sider: 51	Vedlegg: 46	
Navn: Erland Rosten Høiberg, Even Flækøy, Simen Hulleberg	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Veileder: Astrid Stadheim			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Kari Østeraas, Statens Vegvesen, Ole Gudbrand Johnsen, Skanska			

Sammendrag:

Oppgaven er skrevet for Statens Vegvesen i samarbeid med Skanska. Den tar for seg sammenligning av platebelastningsutstyr med ulike platediametere og forskjellige metoder. Platestørrelsene i oppgaven er 300 mm og 600 mm.

Ettersom norsk vegbygging har utviklet seg fra å bruke fine til mer grove fraksjoner, har dette gjort at 600 mm platen har kommet mer i fokus. 300 mm platen kan benyttes på en maksimal steinstørrelse på 150 mm i diameter. Det er derfor interessant å se om 600 mm platen er bedre egnet på grovere underlag. På bakgrunn av dette skal det derfor testes med begge platestørrelser. Metodene som er brukt er basert på norsk metode fra håndbok R211 og tysk metode fra DIN-standard.

Feltundersøkelsene er utført på prosjekt Rv3/25 Elverum-Løten. Det ble foretatt platebelastningstester på tre forskjellige lag i vegoverbygningen; frostsikrings-, forsterknings- og forkilingslag. Testene ble utført av Statens Vegvesen og Machine Control. De som utførte testene hadde lang erfaring med platebelastningstesting, noe som var viktig for å få representative og standardiserte resultater. Etter testene ble det foretatt en statistisk undersøkelse av resultatene for å drøfte hvilken platestørrelse og metode som var best egnet.

Resultatene fra testene ga indikasjoner på at større plate passer bedre på de relativt grove fraksjonene som er brukt i norsk vegbygging. Frostsikringslaget var det laget som ga best samsvar med påstandene. Dette på grunn av at fraksjonen i laget er mye større enn største tillatte fraksjon for 300 mm platen. På forkilingslaget er 300 mm platen mest hensiktsmessig å bruke. Det på grunn av fraksjonsstørrelse og tidsbruk på testene. Forsterkningslaget ga ingen klare indikasjoner på hvilken plate som var best egnet. Værforholdene som var i perioden testene ble utført var også en betydelig faktor som antas å ha påvirket måleresultatene og dermed redusert validiteten til testene.

Stikkord:

Platebelastning
Komprimering
Kvalitetssikring
Vegoverbygning



Erland Rosten Høiberg

Gjøvik 16.05.2019



Even Flækøy



Simen Hulleberg

Abstract

This bachelor-thesis is based on an assignment given by the Norwegian road authorities (Statens Vegvesen) and in cooperation with the contracting firm Skanska. The assignment given is to compare two different sizes of static plate load testing-equipment. The two sizes are 300 mm and 600 mm.

The request was based on how Norwegian road-construction is today, with the frequent usage of large fractions that are not suited for the 300 mm plate. Because of this the 600 mm plate is tested to see how it performs in comparison with the 300 mm plate. The tests are also performed with different methods based on the already known Norwegian method, and a method based on German standards.

The tests are performed at the construction site for the new road Rv.3/25 Elverum-Løten. The static plate load tests are performed on three different layers of the road. These layers are in Norwegian called “frostsikringslag” – frost protection layer, “forsterkningslag” – subgrade and «forkilingslag» - base. The tests are performed by Statens Vegvesen and a supplier of the equipment, called Machine Control. Both these are experienced users of the test-equipment. This is important, given the results must be as representable and standardized as possible for further use. A large-scale statistics analysis is then performed, based on the test-results. This analysis will then determine which of the plate sizes and methods that are more suited for Norwegian road construction.

The results were mixed, based on the predictions before the tests. Some layers gave better indications than others. Especially the frost protection layer gave indications that the 600 mm plate gave more stabile results than the 300 mm plate. This was expected, because the maximum allowed fraction size on the 300 mm plate is too small to be used on this layer.

On the subgrade- and base-layer the results make it more difficult to make a solid conclusion. This is primarily because of the fact that the tests were performed in a period with periodic frost during the night, which had an impact on the results the following day.

Forord

Etter tre års studie på byggingeniørlinjen ved NTNU Gjøvik har vi skrevet denne oppgaven som en del av vårt avsluttende arbeid. Tema for oppgaven er vegbygging, som vi har hatt utdypning i ved studieretningen anleggsteknikk. Oppgaven har vært veldig lærerik og nyttig med tanke på jobb etter endt studie. Dette på grunn av at arbeidet som er gjort er veldig relevant for kvalitetssikring av norsk veg.

Vi har hatt mye god hjelp i løpet av oppgaveperioden og listen med personer som fortjener oppmerksomhet er lang. Først vil vi takke Statens Vegvesen på Lillehammer for inspirasjon og veldig rask respons ved ønske om hjelp til oppgave. Her vil vi takke Johnny Stenshagen og Kari Østeraas for veldig god hjelp og igangsetting av oppgaven. Ettersom oppgaven gikk videre til det mer teoretiske må vi også gi en stor takk til Haris Brcic som har hjulpet oss mye med teori og informasjonsinnhenting om platebelastning.

En stor takk også til Skanska for veldig god hjelp ved forarbeidet til oppgaven, der de stilte med prøveområde for testene i rapporten. De har også vært medhjelpelige med mye informasjon og praktiske tips med tanke på vegbygging og dokumentasjon. Her vil vi spesielt takke Andreas Trondsen Brustad, Martin Frogner og Ole Gudbrand Johnsen for veldig god hjelp.

Vi vil også takke Rene Kierstein ved Stein & Veg Consult for hjelp, innspill og praktiske erfaringer for oppgaven.

Til slutt vil vi også takke vår veileder ved institutt for vareproduksjon og byggteknikk, Astrid Stadheim for mye god veiledning i løpet av oppgaveperioden.

Innholdsfortegnelse

ABSTRACT	2
FORORD	3
FIGURLISTE.....	7
TABELLISTE.....	8
ORD OG BEGREPER.....	9
1 INNLEDNING.....	10
1.1 BAKGRUNN	10
1.2 PROBLEMSTILLING	11
1.3 SAMFUNNSPERSPEKTIV	11
1.4 AVGRENSING	12
1.5 PROSJEKTET	13
2 METODE	14
2.1 LITTERATURSØK	14
2.2 VITENSKAPELIG METODE, RELIABILITET OG VALIDITET	15
2.3 PLANLEGGING.....	17
2.4 UTLEGGING OG DOKUMENTASJON AV VEGOVERBYGNING	19
3. LITTERATUR.....	21
3.1 VEGOVERBYGNING.....	21
3.2 KOMPRIMERINGSKONTROLL	22
3.3 PLATEBELASTNINGSTEST	23
3.4 STATISTISKE METODER	28
4 RESULTAT	29
4.1 RESULTATENE FRA DE PRAKTISKE TESTENE MED 300 MM PLATE:	29
4.1.1 Frostsikringslag 0/300 FK	29
4.1.2 Forsterkningslag 20/120 FK	30
4.1.3 Forkilingslag 0/32.....	30
4.2 RESULTAT FRA DE PRAKTISKE TESTENE MED 600 MM PLATE:	31
4.2.1 Frostsikringslag 0/300 FK:	31
4.2.2 Forsterkningslag 20/120 FK:	32
4.2.3 Forkilingslag 0/32 FK:	32
4.3 OPPSUMMERING AV RESULTATER	33
5. DISKUSJON	34
5.1 DRØFTING AV RESULTATENE	34
5.1.1 Forkilingslag.....	34
5.1.2 Forsterkningslag.....	34
5.1.3 Frostsikringslag.....	35

5.2 FAKTORER SOM HAR PÅVIRKET TESTOPPLEGGET	37
5.2.1 Statistisk grunnlag.....	37
5.2.2 Vær og klima.....	38
5.2.3 Tidspunkt for utlegging	38
5.2.4 Avstand mellom punkter.....	40
5.2.5 Menneskelig påvirkning.....	40
5.2.6 Vanning av vegoverbygning.....	41
5.3 DRØFTING AV BEREGNINGSMETODER.....	41
5.3.1 Sammenligning av utregningsmetoder mellom tysk og norsk	41
5.3.2 Tidsbruk på metoder	46
6 KONKLUSJON.....	47
7 VEGEN VIDERE.....	48
LITTERATURLISTE	49
VEDLEGG	52
VEDLEGG 1 - PLATEBELASTNINGSTEST P1A	52
VEDLEGG 2 - PLATEBELASTNINGSTEST P1C.....	53
VEDLEGG 3 - PLATEBELASTNINGSTEST P2A	54
VEDLEGG 4 - PLATEBELASTNINGSTEST P2C.....	55
VEDLEGG 5 - PLATEBELASTNINGSTEST P3A	56
VEDLEGG 6 - PLATEBELASTNINGSTEST P3C.....	57
VEDLEGG 7 - PLATEBELASTNINGSTEST P4A	58
VEDLEGG 8 - PLATEBELASTNINGSTEST P4C.....	59
VEDLEGG 9 - PLATEBELASTNINGSTEST P5A	60
VEDLEGG 10 - PLATEBELASTNINGSTEST P5C.....	61
VEDLEGG 11 - PLATEBELASTNINGSTEST P6A.....	62
VEDLEGG 12 - PLATEBELASTNINGSTEST P6C.....	63
VEDLEGG 13 - PLATEBELASTNINGSTEST P7A.....	64
VEDLEGG 14 - PLATEBELASTNINGSTEST P7C.....	65
VEDLEGG 15 - PLATEBELASTNINGSTEST P8A.....	66
VEDLEGG 16 - PLATEBELASTNINGSTEST P8C.....	67
VEDLEGG 17 - PLATEBELASTNINGSTEST P9A.....	68
VEDLEGG 18 - PLATEBELASTNINGSTEST P9C.....	69
VEDLEGG 19 - PLATEBELASTNINGSTEST P10A.....	70
VEDLEGG 20 - PLATEBELASTNINGSTEST P10C.....	71
VEDLEGG 21 - PLATEBELASTNINGSTEST P11A.....	72
VEDLEGG 22 - PLATEBELASTNINGSTEST P12A.....	73
VEDLEGG 23 - PLATEBELASTNINGSTEST P12C.....	74
VEDLEGG 24 - UTREGNING RESULTATER	75
VEDLEGG 25 - P1A UTREGNET MED DIN-STANDARD	77

VEDLEGG 26 - P2C UTREGNET MED DIN-STANDARD	78
VEDLEGG 27 - P3A UTREGNET MED DIN-STANDARD	79
VEDLEGG 28 - P4C UTREGNET MED DIN-STANDARD	80
VEDLEGG 29 - P5A UTREGNET MED DIN-STANDARD	81
VEDLEGG 30 – P6C UTREGNET MED DIN-STANDARD	82
VEDLEGG 31 - P7A UTREGNET MED DIN-STANDARD	83
VEDLEGG 32 - P8C UTREGNET MED DIN-STANDARD	84
VEDLEGG 33 - P9A UTREGNET MED DIN-STANDARD	85
VEDLEGG 34 - P10C UTREGNET MED DIN-STANDARD	86
VEDLEGG 35 - P11C UTREGNET MED DIN-STANDARD	87
VEDLEGG 36 - P12C UTREGNET MED DIN-STANDARD	88
VEDLEGG 37 - UTREGNING AV 300 MM BEREGNET MED TYSK METODE	89
VEDLEGG 38 - P1A UTREGNET MED NORSK METODE GJORT OM TIL FULL BELASTNING	91
VEDLEGG 39 – P2C UTREGNET MED NORSK METODE GJORT OM TIL FULL BELASTNING	92
VEDLEGG 40 - P3A UTREGNET MED NORSK METODE GJORT OM TIL FULL BELASTNING	93
VEDLEGG 41 - P4C UTREGNET MED NORSK METODE GJORT OM TIL FULL BELASTNING.....	94
VEDLEGG 42 – KORNGRADERING 0/32 FK FERDIG UTLAGT OG KOMPRIMERT	95
VEDLEGG 44 – KORNGRADERING 20/120 FK FERDIG UTLAGT OG KOMPRIMERT	96
VEDLEGG 45 – KORNGRADERING 0/300 FERDIG UTLAGT OG KOMPRIMERT	97

Figurliste

Figur 1: Oversikt og nøkkeltall for Rv.3/Rv.25 Løten – Elverum (Statens Vegvesen,2019a) .	13
Figur 2: Tversnitt av vegoverbygningen.....	19
Figur 3: Tversnitt av vegoverbygningen ute på anlegget. Foto: Statens Vegvesen	19
Figur 4: Ferdig utlagt og komprimert 0/300 FK frostsikringslag med testoppsett.	21
Figur 5: Ferdig utlagt og komprimert 20/120 FK forsterkningslag med testoppsett.	22
Figur 6: Ferdig utlagt og komprimert 0/32 FK forkilingslag med testoppsett.....	22
Figur 7: Prinsipptegning for platebelastning fra håndbok R211. (Statens Vegvesen, 2018a) ..	24
Figur 8: Platebelastningsutstyr på lastebil.	25
Figur 9: Eksempel på tolkning av resultat for platebelastningstest basert på norsk metode fra håndbok R211 (Statens Vegvesen, 2018a)	27
Figur 10: Målerapport med antatt feil	36
Figur 11: Utkast av målerapport fra test 1.april	39
Figur 12: P1A utregnet med tysk metode	43
Figur 13: P1A - 300mm utregnet med norsk metode gjort om til full belastning.....	45

Tabelliste

Tabell 1: Oppsett for testing med platebelastning.....	18
Tabell 2: Lasttrinn fra DIN 18134 (Deutsches institut für normung, 2012).....	25
Tabell 3: Lastetrinn på norsk metode fra håndbok R211 med eksempler på setningsresultater. (Statens Vegvesen, 2018a).....	26
Tabell 4: Frostsikringslag 0/300 FK, 300 mm plate.....	29
Tabell 5: Forsterkningslag 20/120 FK, 300 mm plate.....	30
Tabell 6: Forkilingslag 0/32 FK, 300 mm plate.....	30
Tabell 7: Frostsikringslag 0/300 FK, 600 mm plate.....	31
Tabell 8: Forsterkningslag 20/120 FK, 600 mm plate.....	32
Tabell 9: Forkilingslag 0/32 FK, 600 mm plate.....	32
Tabell 10: Oppsummering forkilingslag 0/32 FK.....	33
Tabell 11: Oppsummering forsterkningslag 20/120 FK.....	33
Tabell 12: Oppsummering frostsikringslag 0/300 FK.....	33
Tabell 13: Oppsummering frostsikringslag 0/300 FK uten test P3C.....	37
Tabell 14: Sammenligning forkilingslag 0/32 FK med tysk utregning for 300 mm plate.....	44
Tabell 15: Sammenligning forsterkningslag 20/120 FK med tysk utregning for 300 mm plate	44
Tabell 16: Sammenligning frostsikringslag 0/300 FK med tysk utregning for 300 mm plate ..	44

Ord og begreper

Alt skrevet med *kursiv* skrift under er direkte sitat fra Statens Vegvesen (2018b)

-ÅDT: «*Det totale antall kjøretøy som passerer et snitt av en veg i løpet av ett år, dividert med 365.*»

-Statisk linjelast: Vekten som hviler på valsetrommelen, pluss selve vekten av valsetrommelen, delt på bredden av trommelen. (Fladvad, 2012)

-Frekvens: Mål for hvor mange slag valsetrommelen overfører til undergrunnen per sekund, oppgis i hertz (Hz). (Fladvad, 2012)

-Amplitude: Mål for hvor stort utslag valsetrommelen har når den svinger. Denne verdien oppgis i millimeter (mm). (Fladvad, 2012)

-Elastisitetsmodul (Ev): «*Forholdet mellom påført spenning (belastning) og elastisk deformasjon.*»

-Underbygning: «*En fellesbetegnelse for undergrunn, forbedret og fylling opp til planum.*»

-Traubunn: «*Overflaten av underbygningen.*»

-Vegoverbygning: «*Den del av vegkroppen som er over traubunn/planum.*»

-Standardavvik: Mål for spredning i en dataserie

-Finstoff: «*Den kornstørrelsesfraksjonen av et tilslag som passerer 0,063 mm-sikten.*»

-Responsmålinger: «*Måling fra valsemontert måleutstyr, som gir et relativt mål på stivheten til materialet som komprimeres.*»

-Nivellement: Måling av høydeforskjeller, kan gjøres med eksempelvis nivellementsikkert eller totalstasjon

-Normalspenning: Kraft som virker 90° på overflaten.

-Setning: «*Volumreduksjon av løsmasser.*»

-FK: Knust fjell

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norsk vegbygging vokser stadig og det er planer om å bygge mange hundre kilometer med høyhastighetsveger rundt om i landet. Det er i Nasjonal transportplan (NTP) satt av 536 milliarder kroner til vegformål ifølge Regjeringen (2017). Dette stiller stadig høyere krav til kvalitetssikringen av vegene som blir bygget. Ifølge overingeniør i Statens Vegvesen Haris Brcic, har materialene som brukes i norsk vegbygging forandret seg siden 1990-tallet. Det har utviklet seg fra materialer som sand og grus, til at det brukes grovere fraksjoner med lite finstoff. Disse forandringene har blitt utført for å redusere faren for teleskader, oppsprekking og generelt omfattende reparasjoner på nybygde veger.

Statens Vegvesen har de seneste årene økt fokuset på bruk av platebelastning som kontroll for komprimering, stabilitet og bæreevne i vegbygging. Håndbok R211 beskriver kun testing med 300 mm plate i diameter og det står følgende; «Platebelastning brukes for kontroll av komprimering på utlagte materialer med maksimal kornstørrelse mindre enn cirka 150 mm. Platebelastning kan også brukes for å måle bæreevne og stabilitet» (Statens Vegvesen, 2018a).

Kravene og metodebeskrivelsen av platebelastningen har etter erfaring fra Statens Vegvesen vært den samme siden 80-tallet. Det er derfor ikke tatt hensyn til bruk av grovere fraksjoner. I norsk vegbygging brukes det i dag mye materiale med en øvre steinstørrelse større enn 150 mm. Etter samtaler med erfarne brukere av platebelastning fra Statens Vegvesen ved overingeniør Haris Brcic og konsulent Rene Kierstein fra Stein & Veg Consult er det en mistanke om at bruk av 300 mm plate direkte på for eksempel forsterkningslag ikke er optimalt. Platen er i utgangspunktet godkjent for bruk på denne fraksjonen, men kan påvirkes dersom materialet inneholder overstørrelse over 150 mm, som er maksimalt tillatte fraksjon 300 mm platen kan brukes på. Dette er imidlertid ikke dokumentert og Statens Vegvesen ønsker derfor å teste ut platebelastning med platestørrelse 600 mm. Denne antas å være bedre egnet på større fraksjoner enn 300 mm platen. 600 mm platen med tysk metode har fått lite oppmerksomhet i Norge i følge Statens Vegvesen. Denne metoden er dermed lite utprøvd og i startfasen av dokumentert testing av både 600-platen og den tyske metoden på norske veger.

I forbindelse med en samling for kontrollører som driver med platebelastning, arrangert av Statens Vegvesen, skal det derfor utføres tester med platestørrelsene 300 mm og

600 mm. Dette for å introdusere Statens Vegvesen for den nye platestørrelsen, basert på tyske standarder. Resultatene skal sammenlignes på tre forskjellige underlag; frostsikringslag, forsterkningslag og forkilingslag. Både platestørrelser og metoder skal sammenlignes. Disse testene vil kunne bidra til å etablere nye krav for platebelastningstest, med flere platestørrelser i norske håndbøker i fremtiden. Disse resultatene er med i startfasen for mulig utarbeiding av nye krav og retningslinjer når det gjelder platebelastningstest.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen i oppgaven er:

Sammenligning av måleresultater fra platebelastningstest utført med 300 mm plate, med norsk metode og 600 mm plate med tysk metode.

1.3 Samfunnsperspektiv

Det er flere aspekter ved denne oppgaven om platebelastning som vil kunne gi samfunnsrelaterte fordeler. Ved platebelastning er det komprimering, stabilitet og bæreevne som kontrolleres/måles ifølge Statens Vegvesen (2018a). Med mer kunnskap og kontroll på platebelastningstest på både 300 mm- og 600 mm plate, vil de samfunnsrelaterte fordelene i hovedsak kunne deles inn i tre punkter:

Miljø - Lite flyt og dårlig fremkommelighet er faktorer som påvirker miljøet med negativ virkning. Derfor har gode veger som kan ha høyere fartsgrenser stor samfunnsnytte. Ifølge Sintef (2007) er det funnet ut at veger med flere felt og høyere fartsgrenser fører til bedre flyt og fremkommelighet i trafikken, som medfører at det er mindre hastighetsendringer ved lav fart som gjør at det blir lavere drivstofforbruk og mindre utslipp. Det medfører også at utslippene blir spredd over større områder, fordi det er mindre sjanser for start/stopp.

Trafikksikkerhet – Dårlig bæreevne i vegen vil over tid føre til deformasjon og hjulspor. For at vegen skal kunne godkjennes til høye fartsgrenser er det krav til blant annet spordybde ifølge Statens Vegvesen (2018b). Platebelastning vil være med å kvalitetssikre vegoverbygningen, og dermed redusere sjansen for deformasjon og spordannelser. Spordannelser i vegen ødelegger den konstruerte dreneringen i vegoverbygningen og gir vannoppsamlinger. Dette fører til lavere trafikksikkerhet med fare for vannplaning og generelt dårligere veggrep.

Økonomisk - Ifølge kontrollører fra Statens Vegvesen utføres platebelastning hovedsakelig på forkilingslag. Forkilingslaget er kjent for å ikke oppnå ønsket stivhet før det

gjørne har ligget ferdig komprimert i flere dager. Derfor er det ønskelig og se om det er mulig å bruke en plate av 600 mm-diameter størrelse og se om denne gir et bedre resultat sammenlignet med 300 mm plate rett på forsterkningslag og frostsikringslag. Ved å kunne utføre platebelastningstest på hvert lag, vil man ha muligheten til å godkjenne lag for lag i vegoverbygningen. Dette vil gjøre det lettere å finne vegoverbygningslaget som ikke overholder kravene i N200, slik at man ikke må gjøre opp igjen hele vegoverbygningen. Levetiden til vegen blir opprettholdt, og store ekstrakostnader for samfunnet blir spart.

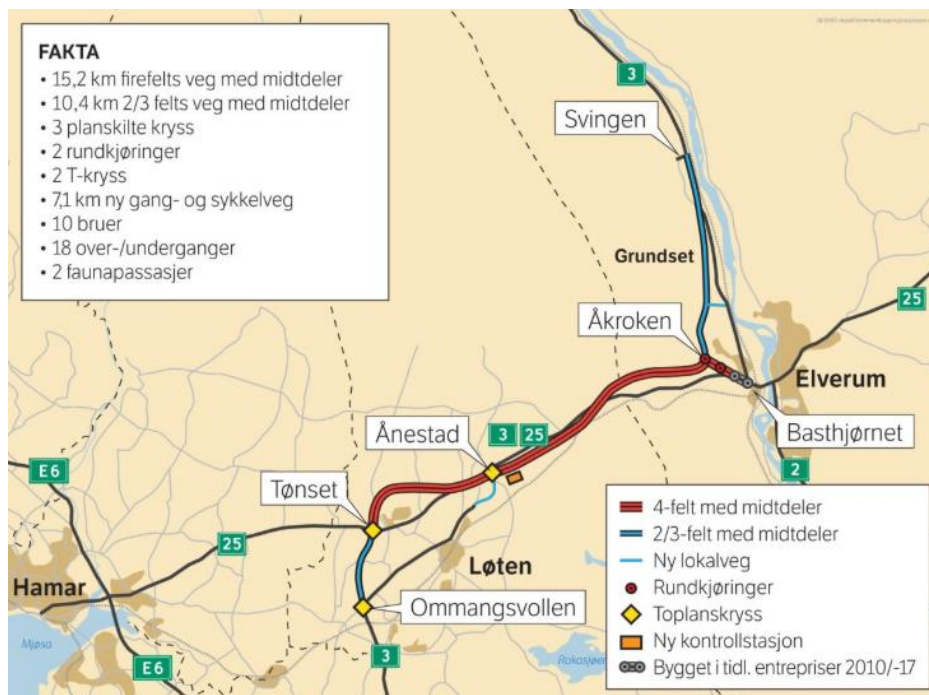
1.4 Avgrensing

Oppgaven avgrenses til å teste ut og sammenligne platebelastning med størrelsene 300 mm og 600 mm i diameter. Platebelastning med 720 mm i diameter finnes og står beskrevet i tyske standarder, men vil ikke bli nærmere omtalt i denne oppgaven, siden det verken er interesse eller utstyr i Norge. Den geografiske avgrensningen i oppgaven vil være test-strekket på cirka 60 meter i prosjektet Rv 3/ Rv 25 Elverum - Løten. Denne strekningen forventes å være representativ for norsk vegbygging, ettersom den bygges etter dagens krav satt av Statens Vegvesen.

1.5 Prosjektet

Det praktiske arbeidet i oppgaven er gjort på Rv3/25 Elverum - Løten (Ommangsvollen - Grundset) som er et av Norges største vegprosjekt. Med en kontraktsum på 5,5 milliarder og estimert byggetid på to år, er prosjektet også en av tidenes største i Norge ifølge Skanska (2019). Vegen er dimensjonert for en ÅDT (Årlig døgntrafikk) på 17300 kjøretøy i 2030. Statens Vegvesen (2010)

Dette er et såkalt OPS-prosjekt. OPS står i følge Statens Vegvesen (2019b) for «offentlig privat samarbeid». Dette innebærer at byggherre (Statens Vegvesen), gir entreprenør (Skanska) fullt ansvar for bygging, drift og vedlikehold i 20 år. Det skal blant annet bygges 15,2 km firefelts veg med midtdeler, 10,4 km med 2/3 felts veg med midtdeler og tre planskilte kryss. Figur 1 viser et oversiktsbilde av vegstrekningen med noen flere nøkkeldata for prosjektet.



Figur 1: Oversikt og nøkkeltall for Rv.3/Rv.25 Løten – Elverum (Statens Vegvesen,2019a)

2 Metode

2.1 Litteratursøk

Før oppstart er valg av metoder viktig for å oppnå den grad av reliabilitet og validitet som ønskes for fagstoff og resultater i prosjektet. Forskningsmetoden er delt inn i flere metoder som er vurdert som pålitelige, basert på kunnskap om innhenting av informasjon og kildekritikk.

Informasjonsinnhenting til oppgaven har i stor grad vært påvirket av at mye av arbeidet er nytt for kvalitetssikring av norske veger. Platebelastning har ifølge erfaringer gjort ved samling for kvalitetssikring med Statens Vegvesen, vært nedprioritert i flere år og har først i de senere år kommet tilbake for fullt i kvalitetssikring av norsk veg. Som følge av dette er den tyske metoden basert på 600 mm plate enda mer ukjent her til lands. Dette har ført til utfordringer med informasjonsinnhenting og er derfor grunnen til det har blitt brukt flere metoder for å finne informasjon.

Informasjonsinnhenting har vært delt mellom litteratursøk, samt intervjuer/samtaler med konsulenter og ingeniører innen de forskjellige fagområdene veg, platebelastning og laboratoriearbeid. Dette er fagpersonell som har lang erfaring innen vegbygging og som blir ansett som gode kilder for informasjonsinnhenting.

Det er gjort et omfattende litteratursøk på NTNU's universitetsbibliotek Oria. Her er det mulighet for å sortere ut aktuelle databaser for det fagområdet som skal undersøkes. Eksempler på databaser for fagstoff innen bygg og anlegg er «Compendex» og «Transport database: 1988 to october 2017». Andre søkemotorer som er brukt er «google scholar», som i likhet med Oria er en søkemotor for akademisk litteratur.

Under litteratursøkene søkes det både på norske og utenlandske artikler. Under kommer noen stikkord som brukes for å avgrense fagstoff og dermed gjøre det lettere å finne aktuelle artikler;

- «Platebelastning»
- «Komprimering»
- «Static plate load test»
- «Compaction»
- «Dokumentasjon»

- «Documentation»
- «Vegoverbygning»
- «Bæreevnedokumentasjon»
- «Roads»
- «Pavement»

2.2 Vitenskapelig metode, reliabilitet og validitet

Det er som nevnt i avsnittet ovenfor blitt brukt flere metoder for å innhente informasjon. Herunder er det blitt benyttet både kvantitative- og kvalitative forskningsmetoder. Noe av informasjonen er også basert på egne praktiske erfaringer, samt kunnskap fra undervisning.

«Kvalitative metoder bygger på teorier om fortolkning (hermeneutikk) og menneskelig erfaring» (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010), og har her blitt brukt i forarbeidet til oppgaven. Det har blitt utført telefonsamtaler/intervjuer med ingeniører fra Statens Vegvesen, Stein & Veg Consult og Skanska. Disse samtalene har blitt gjort for å innhente fagstoff om prosjektet Rv3/25 Elverum - Løten, platebelastningsutstyret, selve testen og oppbygningen av vegen.

Samtalene har vært relativt uformelle, hvor det har blitt stilt åpne spørsmål uten noen form for svaralternativer. Dette har gjort det mulig å stille relevante oppfølgingsspørsmål etter hvor samtalen har tatt vegen. Denne åpne intervjuformen har gitt informasjon om detaljer som før samtalen ikke var kjent og som i ettertid har vært veldig nyttig for gjennomføringen og forståelsen for oppgaven. Disse kildene fra samtalene regnes som pålitelige siden fagpersonene som har blitt intervjuet alle har lang erfaring med kvalitetssikring av veg og særlig med platebelastning. De har vist seg å være veldig gode kilder for rask og effektiv informasjonsinnhenting. Samtalene er hovedsakelig brukt for å finne erfaringsbasert informasjon. Eksempelvis at norsk vegbygging var annerledes før, eller at Statens Vegvesen mangler erfaring ved bruk av 600 mm plate. De er ikke brukt for å finne detaljbasert informasjon for å svare på teorier, men derimot for å begrunne påstander.

Søkeordene som har blitt nevnt i kapittel 2.1 har blitt brukt for å finne informasjon om ord og begreper, spesielt innen komprimering. Det er i hovedsak norske artikler som har blitt benyttet siden vegbygging praktiseres forskjellig fra land til land. Dette baseres på erfaringer gjort i samtaler med Statens Vegvesen og konsulenter som er kjente med utenlandsk vegbygging.

Informasjon om norsk vegbygging og metodebeskrivelser for norsk platebelastningstesting er gjort ved hjelp av Statens Vegvesens håndbøker. Disse kildene er best egnet fordi de representerer retningslinjene og metodene som norske veger bygges etter.

Informasjonsinnhenting for de praktiske testene og den nye metoden med 600 mm plate basert på den tyske DIN-standarden er gjort ved litteraturinnhenting og intervjuer med fagkyndig personell. Kilder her er hovedsakelig Statens Vegvesen og Stein & Veg Consult. Begge firmaene har lang erfaring med utførelse av platebelastningstester. Stein & Veg Consult har også gjort tester med 600 mm plate i mindre skala tidligere, og er kjent med den tyske DIN-standarden.

Hovedtyngden i oppgaven har en kvantitativ forskningsmetode. Her brukes talldata gitt ved måleresultater og laboratorieundersøkelser av materialer, samt tolkning av dette til å diskutere og konkludere problemstillingen i oppgaven.

I oppgaven brukes kjente fremgangsmåter for utregning av resultatene gitt ved platebelastningstestene. Dette gir selve utregningen av resultatene høy validitet hver for seg. Spørsmålet om validitet er derfor mer aktuelt i forhold til vår tolkning av resultatene. Som tidligere nevnt er 600 mm platen relativt ny og lite utprøvd i Norge. Dette gjør at kontrollen over mulige bias er noe lavere, som vil kunne svekke den indre validiteten.

Det har blitt gjort flere tiltak for å øke reliabiliteten til testen og dermed validiteten til måleresultatene. Det ble sørget for å ha mange målinger, samt liten avstand mellom målingene. Ifølge Statens Vegvesen er det vanlig praksis for platebelastningstest på norske veger å teste for hver 100-150 meter, og kun ha en test i bredden. Her ble det testet med litt over to meters avstand i lengden og med tre meter mellomrom i bredden. Dette for at små variasjoner som oppstår i utlegging, komprimering og andre faktorer som kan spille inn på en lengre strekning skulle være av minimal betydning.

I tillegg ble det satt opp en matrise for testingen i samarbeid med doktorgradsstipendiat Diego Maria Barbieri ved NTNU og Statens Vegvesen. Matrisen hadde til hensikt å sørge for et oversiktlig oppsett av testingen, hvor det ble satt opp annenhver måling med 300 mm og 600 mm plate. Dette for å sikre så like forhold som mulig.

Testene ble utført med to forskjellige lastebiler og platebelastningsutstyr, men utstyret som ble benyttet er helt identisk og skal gi samme resultater. Forkilingslaget var den eneste delen i vegoverbygningen der det ble utført tester av både Statens Vegvesen og Machine

Control. Grad av samsvar mellom disse uavhengige testene kalles interrater-reliabilitet. (Reliabilitet, 2018).

En høy interrater-reliabilitet mellom disse målingene vil være nødvendig for videre å kunne sammenligne og bruke resultatene fra alle tre lagene i overbygningen i sammenheng.

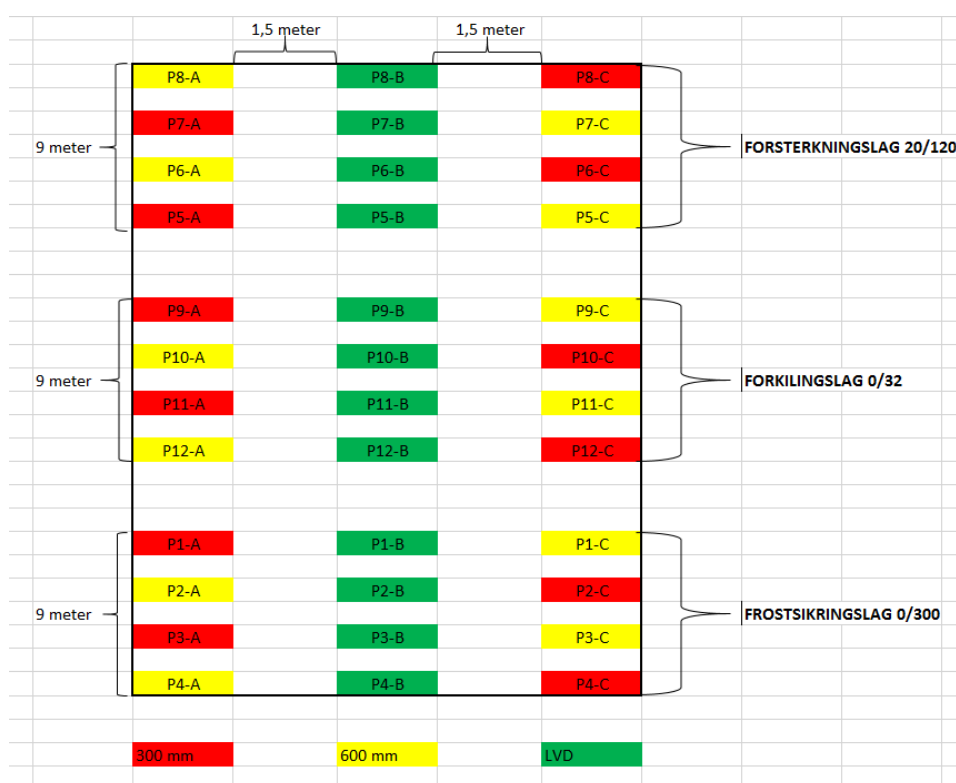
2.3 Planlegging

Forarbeidet som ble gjort, for utenom litteratursøk, innebar praktisk planlegging av testdagen og innhenting av dokumentasjon for vegoverbygningen.

Det ble gjennomført flere møter sammen med Skanska og Statens Vegvesen. Disse møtene ble avholdt for å planlegge gjennomføringen av platebelastningstestene på en så effektiv og sikker måte som mulig. Det ble videre gjennomført en befarings-ute på anlegget sammen med Skanska og en delegasjon fra Statens Vegvesen den 27.mars, dagen før testen. Dette gjorde det mulig å sette opp en mal for gjennomføring av platebelastningstestene, som vist på tabell 1. På testdagen, 28.mars, ble det før oppstart gjennomført en HMS-briefing med hensikt om å ivareta sikkerheten til alle deltakere ute på anlegget. Det var med totalt 24 personer ute på test-strekket. 20 delegater fra Statens Vegvesen, en fra Machine Control og tre studenter fra NTNU Gløshaugen.

Tabell 1 viser oppsett av hvordan testene ble utført. Gult felt er med 600 mm plate, som blir testet og utregnet ut med DIN-metoden. Rødt felt er med 300 mm plate, som ble utført etter norsk metode fra R211. Grønt felt ble kun brukt av studentene fra Trondheim. De testet et medbrakt lett fallodd, LWD (light weight deflectometer) i forbindelse med en ekstern studentoppgave. LWD er kun lagt med for å kunne gi en korrekt fremstilling av test-oppsettet, og har ingen som helst innvirkning på besvarelsen av problemstillingen i oppgaven.

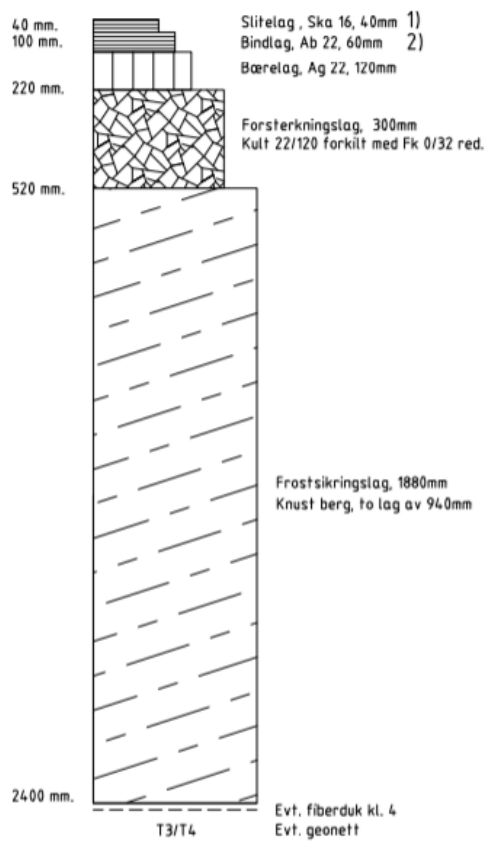
Tabell 1: Oppsett for testing med platebelastning



Testene ble utført med cirka tre meter mellomrom 90 grader på veg-retningen og med overkant av to meter lengde mellom. Dette for å få minst mulig påvirkning av setninger i det nærmeste punktet av det som akkurat ble testet. Frostsikringslaget ble testet av Machine Control, forsterkningslaget av Statens Vegvesen og forkilingslaget av begge to. Der testet Statens Vegvesen P9-A – P12-A, og Machine Control den andre siden, P9-C – P12-C.

2.4 Utlegging og dokumentasjon av vegoverbygning

Vegoverbygningen er bygd opp som vist i figur 2.



Figur 2: Tversnitt av vegoverbygningen



Figur 3: Tversnitt av vegoverbygningen ute på anlegget. Foto: Statens Vegvesen

Vegoverbygningen består av et frostsikringslag med 0/300 FK. Dette laget ligger over en fiberdukduk som skiller vegoverbygningen fra undergrunnsmassen som er klassifisert som T3/T4 masse. Over frostsikringen ligger forsterkningslaget med 20/120 FK. Dette forkiles med et tynt lag 0/32 FK.

Utlekkingen og komprimeringen av vegoverbygningen for teststrekket gjøres på følgende måte:

Frostsikringslag 0/300 legges ut i to lag, et på 1,2 m og et på 0,68 m. Lagene er lagt ut med Cat D8 bulldoser med GPS maskinstyring. Komprimeringen gjøres med Hamm H25i vals på omtrent 25 tonn. Statisk linjelast på denne valse er 76 kg/cm.

Laget på 1,2 m er komprimert med høy amplitude på 2,02 mm og 24 Hz frekvens. Det kjøres 6 overfarer på bakgrunn av tidligere utført valsetest på materialet. Laget på 0,68 m er komprimert med lavere amplitude på 1,20 mm og 22 Hz frekvens.

Forsterkningslag 20/120 legges ut med Cat D6 LGP som kjører med totalstasjon. Komprimering utføres med Hamm H16i på omtrent 16 tonn. Statisk linjelast på denne er 56 kg/cm. Her kjøres det fire overfarer med lav amplitude på 1,37 mm og frekvens på 22 Hz. Det kjøres også to statiske overfarer etterpå uten at trommelen slår.

Forkilingslag 0/32 legges ut med veggøvel som kjører med totalstasjon. Komprimeringen utføres med Hamm H16i vals som ble brukt på forsterkningslaget. På forkilingslaget kjøres det to overfarer med lav amplitude på 1,37 mm og frekvens på 22 Hz. Det kjøres også fire statiske overfarer i etterkant uten at trommelen slår.

Antall overfarer på lagene har blitt bestemt ved hjelp av nivellement/valsetest. Her brukes totalstasjon for å registrere setninger etter hver overfart. Når man får en setning mellom to overfarer som er mindre enn 10% av den totale setningen, vet man hvor mange overfarer som skal kjøres på det aktuelle laget. (Statens Vegvesen, 2014)

Det har blitt tatt ut masseprøver som testes opp mot krav i N200. Dette er en av vegvesenets vegnormaler som gir krav til de forskjellige materialene i vegoverbygningen. I henhold til kravene er alle disse masseprøvene gjort på ferdig utlagt og komprimert veg. Masseprøvene viser at alle tre lagene er godkjent i forhold til krav gitt i N200. Korngraderingskurvene ligger vedlagt i vedlegg 42-44.

3. Litteratur

3.1 Vegoverbygning

Vegoverbygningen er den delen av vegen som blir lagt ut over ferdig traubunn. Oppgaven til vegoverbygningen er å fordele spenninger fra den gjentakende trafikklasten ned gjennom materialene og ned til undergrunnen. Overbygningen er bygd opp av flere forskjellige lag med ulike funksjoner (Aurstad et al. 2016, s 73). De lag som er involvert i denne oppgaven er frostsikringslag, forsterkningslag og forkilingslag. De øvrige lagene som bære-, binde- og slitelag vil ikke bli omtalt videre på grunn av at de ikke er relevante for platebelastningstestene.

Frostsikringslagets funksjon er å sikre undergrunnen mot frostnedtrenging som kan føre til telehiv i vegen, særlig ved vårløsningen (Aurstad et al. 2016, s 75). Dimensjoneringen og oppbyggingen av frostsikringslaget er avhengig av hvilken type masse som er i undergrunnen. Disse massene klassifiseres med telefarlighetsklasser T1 til T4, der T1 er ikke telefarlig og T4 er meget telefarlig. Frostsikringslaget kan være oppbygd av forskjellige fraksjoner. Det aktuelle frostsikringslaget i dette forsøket er 0/300 knust fjell (FK).

Figur 4 viser det ferdig utlagte og komprimerte frostsikringslaget som ble brukt i forsøket.



Figur 4: Ferdig utlagt og komprimert 0/300 FK frostsikringslag med testoppsett.

Forsterkningslaget har to hovedfunksjoner, lastfordeling og drenering (Aurstad et al. 2016, s 74). Dette laget kan i likhet med frostsikringslaget være bygd opp av forskjellige fraksjoner. Den aktuelle fraksjonen for dette forsøket er 20/120 knust fjell (FK).

Figur 5 viser det ferdig utlagte og komprimerte forsterkningslaget som ble brukt i forsøket.



Figur 5: Ferdig utlagt og komprimert 20/120 FK forsterkningslag med testoppsett.

Forkilingslaget brukes for å tette og låse forsterkningslaget. Dette bidrar til å øke stabiliteten i toppen og er ofte viktig for egenskapene til hele vegoverbygningen, (Statens Vegvesen, 2018b). Forkilingslaget i dette forsøket er 0/32 knust fjell (FK).

Figur 6 viser det ferdig utlagte og komprimerte forkilingslaget som ble brukt i dette forsøket.



Figur 6: Ferdig utlagt og komprimert 0/32 FK forkilingslag med testoppsett

3.2 Komprimeringskontroll

Det er viktig å kontrollere at vegoverbygningen er tilstrekkelig komprimert for å unngå spordannelse, sprekker og telehiv. Dette vil på sikt kunne føre til farlige forhold ved

vannplaning og store kostnader ved etterarbeid. Det er ifølge Fladvad (2012) ikke viktig hvor konstruksjonen er stivest, men at den er jevnt stiv. Dette vil redusere virkningen av spordannelser, humper og sprekker i veggen.

Komprimeringskontroll kan i dag gjøres på flere måter. De vanligste metodene for å kontrollere tilstrekkelig komprimering er ifølge Statens Vegvesen (2018b):

- Responsmålinger
- Nivellement
- Modifisert proctor
- Platebelastning

Responsmålinger er målinger fra vals som registrerer underlaget under komprimering. Her brukes et test-felt på minimum 50 meters lengde for å registrere responsmåleverdier for hver passering. Når den gjennomsnittlige økningen av responsmåleverdien mellom to passeringer er mindre enn 10% av den totale økningen, er komprimeringen tilfredsstillende og antall overfarer kan dermed bestemmes ut ifra dette. (Statens Vegvesen, 2018b)

Nivellement brukes på lignende måte som responsmåleverdier for å kontrollere komprimering. Her bruker man et test-felt som er minst 50 meter og som kan måles i minst fem tverrprofiler. Her registreres setninger etter hver passering av valse. Når den registrerte setningen mellom to passeringer er mindre enn 10% av den totale setningen, er komprimering tilstrekkelig. (Statens Vegvesen, 2018b)

Responsmålinger og nivellement vil ikke bli diskutert videre, siden hovedtemaet for oppgaven er platebelastning. Dette vil bli forklart i detalj i neste kapittel.

3.3 Platebelastningstest

Platebelastning brukes for kontroll av komprimering på utlagte materialer med maksimal kornstørrelse mindre enn ca. 150 mm. Platebelastning kan også brukes for å måle bæreevne og stabilitet. Komprimeringen uttrykkes som endring i elastisitetsmodul ved gjentatt pålastning. Elastisitetsmodulen bestemmes på grunnlag av belastningsforsøk på en stiv, sirkulær og jevnt belastet plate (Statens Vegvesen, 2018a).

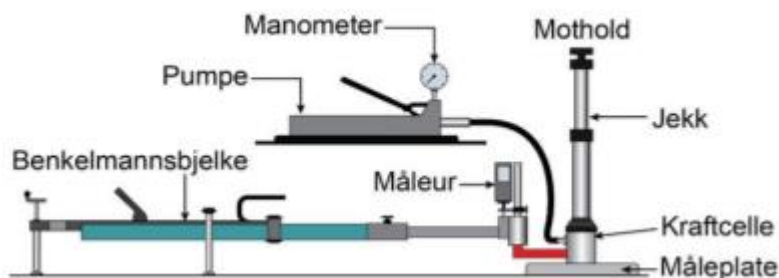
Teorien og framgangsmåten for 300 mm platen basert på den norske metoden er hentet fra håndbok R211 «Feltundersøkelser». For 600 mm platen basert på tysk metode er teori og

framgangsmåte hentet fra den svenske standarden «Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning» fra 2014. Denne er basert på den tyske standarden DIN 18134 og er dermed tilnærmet lik.

Utstyret som blir brukt i testene er ifølge Statens Vegvesen (2018a):

- Belastningsmothold på minst 8 tonn (for 300-plate)
- Stålplate (300 mm eller 600 mm)
- Benkelmanns bjelke
- Måleur
- Hydraulisk jekk (80 – 100 kN), løftehøyde cirka 15 cm
- Trykkpumpe
- Kraftcelle med digital skjerm for avlesning

Oppsettet på de to platestørrelsene er tilnærmet helt likt. Figur 7 viser derfor en illustrasjon av det norske oppsettet for hvordan utstyret er bygd opp og hvordan det skal settes opp i felt.



Figur 7: Prinsipp tegning for platebelastning fra håndbok R211. (Statens Vegvesen, 2018a)

Utstyret er med unntak av en stor motvekt uavhengig av noe annet tilleggsutstyr. Som mothold kan eksempelvis en vals eller en hjulmaskin brukes. Dette kan bli tidkrevende ved oppsetting og nedrigging når man skal ta flere prøver på et lengre strekk. Statens Vegvesen har derfor gått til innkjøp av en lastebil med et krøflak som er spesiallaget til platebelastningsutstyret. Dette gjør prøveprosessen mye mer tidseffektiv, pluss at man kan møte opp helt uavhengig av hjelpeutstyr og ta tester umiddelbart.

Figur 8 viser et eksempel på hvordan en slik testrigg er oppbygd.



Figur 8: Platebelastningsutstyr på lastebil.

Den norske og den tyske standarden er forskjellige på flere måter. I tillegg til utregningsmetoder så er det også forskjellige lastetrinn på de to standardene. De forskjellige lastetrinnene kan sees på tabell 2 for den tyske metoden og tabell 3 for den norske metoden.

Tabell 2: Lasttrinn fra DIN 18134 (Deutsches institut für normung, 2012)

600 mm plate	
Lasttrinn	Normalspenning (MN/m ²)
1	0,001
2	0,02
3	0,04
4	0,08
5	0,12
6	0,16
7	0,2
8	0,25

Tabell 3: Lastetrinn på norsk metode fra håndbok R211 med eksempler på setningsresultater. (Statens Vegvesen, 2018a)

Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
0	0,00
20	0,10
0	0,10
50	0,20
180	0,55
300	0,85
420	1,15
500	1,34
600	1,60
0	1,10
50	1,17
180	1,30
300	1,42
420	1,54
500	1,62
600	1,72
0	1,30

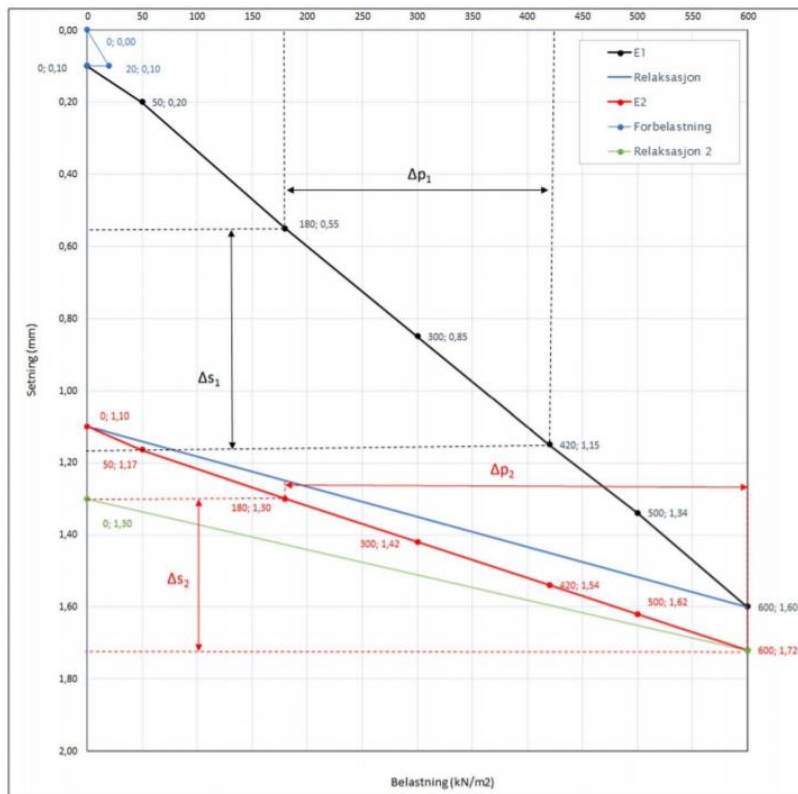
Lastetrinnene for de to metodene er som nevnt tidligere forskjellige. Den norske metoden bruker høyere belastning på begge pålastninger med største normalspenning på 600 kN/m². Den tyske metoden stopper på henholdsvis 250 kN/m² og 200 kN/m² med 600 mm plate. Relaksjons- eller avlastningsfasen er også forskjellig mellom de to standardene. Den norske metoden avlaster gradvis fra høyeste pålastning og ned til null last. Den tyske halverer normalspenningen i avlastningen før den går til tilnærmet null belastning.

Den praktiske framgangsmåten er relativt lik for begge standarder. Ved oppsetting av utstyret må man passe på at den hydrauliske jekken og benkelmannsbejelken er riktig satt opp og vatret. Det skal også være en viss avstand mellom platen og aksling/trykkpunkt på motholdet. R211 krever en avstand på 1.5 meter. DIN-standard har forskjellige krav for de forskjellige platestørrelsene:

0.75 m med 300 mm plate

1.10 m med 600 mm plate

Et eksempel på hvordan en målerapport kan tolkes, kan sees på figur 9. Dette er fra en måling med 300 mm plate og norsk metode. Dette kan også sees ved at linjene er rette, og ikke kurver som i målinger gjort med tysk metode. Dette kan for eksempel sees i vedlegg 2.



Figur 9: Eksempel på tolkning av resultat for platebelastningstest basert på norsk metode fra håndbok R211 (Statens Vegvesen, 2018a)

Øverst i venstre hjørne er forbelastningen. Denne brukes for å legge an platen mot underlaget og sørge for god kontakt. Den svarte streken (E1) er første pålastningskurve. Her laster man trinnvis opp mot 600 kN/m². Den blå streken (relaksasjon) er avlastningen fra maksimal last ned til null. Etter dette venter man to minutter før man begynner med pålastning E2 (rød kurve). Her laster man trinnvis opp på samme måte som i første pålastning. Etter maksimal last er nådd på andre pålastning får man måleresultatene ferdig utregnet på datamaskinen

Følgende formel blir brukt i utregningen for den norske metoden, som er basert på bruk av 300 mm platediameter:

$$E = 0,75 \cdot (\Delta p / \Delta s) \cdot D$$

E = elastisitetsmodul (mPa)

Δp = belastning (kN/m²)

Δs = setning (mm)

D = platens diameter (mm)

(Statens Vegvesen, 2018a)

For framgangsmåten som blir gjort med den tyske standarden og med en plate på 300 mm eller 600 mm platediameter, er det en annen formel. Denne metoden baserer seg på bruk av andregradspolynom, som gir kurver istedenfor rette linjer som i den norske metoden.

Formelen som brukes i utregningen er ifølge vägverket (2014):

$$E_v = 1,5 \cdot r \cdot \frac{1}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{1 \max}}$$

E_v = elastisitetsmodul

R = plateradius (mm)

$\sigma_{1 \max}$ = maksimal gjennomsnittsspenning ved første pålastning (MN/m²)

$a_1 + a_2$ = konstanter fra andregradspolynomet

Denne tyske formelen gjelder for alle platestørrelser og er mer detaljert enn den norske, som regnes som en forenkling av denne og basert på bruk av 300 mm plate. Videre i oppgaven forkortes elastisitetsmodul med « E_v ».

3.4 Statistiske metoder

Det er hensiktsmessig å bruke de statistiske metodene gjennomsnitt og standardavvik i tolkning av måleresultatene. Gjennomsnittet gir en indikasjon på hva som er det vanligste tallet i en måling, eller middeltallet. Det er her brukt aritmetisk gjennomsnitt.

Formel for gjennomsnitt: $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$

X = Hver enkelt måling

N = Antall målinger

(Gjennomsnitt, 2018)

Standardavviket viser spredningen i målingene, og vil gi en indikator på stabiliteten i målingene til platestørrelsene. Det brukes her empirisk standardavvik siden det ikke finnes en «kjent» verdi som tallverdiene kan måles opp imot.

I tolkningen av resultatene vil det være sammenligningen av standardavviket for 300 mm- og 600 mm plate det vil legges vekt på, og ikke tallstørrelsen til hvert standardavvik.

Formel for standardavvik: $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ (Hornæs, 2009, s. 1)

4 Resultat

4.1 Resultatene fra de praktiske testene med 300 mm plate:

I tabellene under kommer resultatene fra alle platebelastningstestene, satt inn i en oversikt som forenkler sammenligningen.

Benevnninger i tabellene med norsk metode fra R211:

P: Belastning på platen (MN/m²)

S: Setning på platen (mm)

Ev: Elastisitetsmodul (MN/m²)

4.1.1 Frostsikringslag 0/300 FK

Tabell 4: Frostsikringslag 0/300 FK, 300 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID	Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1(mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
300	P1A	1	0,18	0,8	0,418	1,61	66,1	2,5
		2	0,18	1,72	0,599	2,29	165,4	
300	P2C	1	0,18	1,89	0,419	3,55	32,4	3,38
		2	0,181	4,13	0,599	4,99	109,4	
300	P3A	1	0,18	1,45	0,419	2,74	41,7	3,02
		2	0,18	3,05	0,6	3,8	126	
300	P4C	1	0,181	3,01	0,418	5,64	20,3	4,98
		2	0,182	6,76	0,599	7,69	100,9	

Utrekningsmetodene for gjennomsnitt og standardavvik for 300 mm plate på frostsikringslag er vist under. Denne metoden gjelder også for de resterende lagene med begge platestørrelsene. Utrekningene her kan sees i vedlegg 24.

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{165,4+109,4+126+100,9}{4} = \mathbf{125,43 \text{ (MN/m}^2\text{)}}$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = \sqrt{\frac{(165,4-125,43)^2+(109,4-125,43)^2+(126-125,43)^2+(100,9-125,43)^2}{4-1}} = \mathbf{28,62 \text{ (MN/m}^2\text{)}}$$

$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{2,5+3,38+3,02+4,98}{4} = \mathbf{3,47}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } S = \sqrt{\frac{(2,5-3,47)^2+(3,38-3,47)^2+(3,02-3,47)^2+(4,98-3,47)^2}{4-1}} = \mathbf{1,07}$$

4.1.2 Forsterkningslag 20/120 FK

Tabell 5: Forsterkningslag 20/120 FK, 300 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID	Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1(mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
300	P5A	1	0,181	1,33	0,419	2,65	40,6	3,76
		2	0,184	2,97	0,598	3,58	152,7	
300	P6C	1	0,179	1,44	0,419	3,07	33,1	3,77
		2	0,181	3,53	0,597	4,28	124,8	
300	P7A	1	0,182	1,34	0,421	2,5	46,4	2,86
		2	0,179	2,87	0,597	3,58	132,5	
300	P8C	1	0,181	1,76	0,42	3,56	29,9	5,34
		2	0,182	4,01	0,6	4,6	159,4	

Gjennomsnitt Ev2 = **142,35 MN/m²**

Standardavvik Ev2 = **16,36 MN/m²**

Gjennomsnitt Ev2/Ev1 = **3,93**

Standardavvik Ev2/Ev1 = **1,03**

4.1.3 Forkilingslag 0/32

Tabell 6: Forkilingslag 0/32 FK, 300 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID	Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1(mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
300	P9A	1	0,18	1,36	0,422	2,37	53,9	3,34
		2	0,181	2,65	0,597	3,17	180	
300	P10C	1	0,18	0,9	0,42	1,89	54,5	2,6
		2	0,182	2,12	0,598	2,78	141,8	
300	P11A	1	0,18	0,95	0,418	1,97	52,5	2,8
		2	0,18	2,28	0,598	2,92	147	
300	P12C	1	0,18	0,97	0,42	1,82	63,5	2,6
		2	0,18	2,01	0,598	2,58	165	

Gjennomsnitt Ev2 = **158,45 MN/m²**

Standardavvik Ev2 = **17,47 MN/m²**

Gjennomsnitt Ev2/Ev1 = **2,84**

Standardavvik Ev2/Ev1 = **0,35**

4.2 Resultat fra de praktiske testene med 600 mm plate:

Benevninger fra tabellene med tysk metode:

$\sigma_{1\text{maks}}$: Gjennomsnittlig normalspenning under platen (MN/m²)

a0, a1 og a2: Konstanter i andregradspolynommet

Ev: Elastisitetsmodul

4.2.1 Frostsikringslag 0/300 FK:

Tabell 7: Frostsikringslag 0/300 FK, 600 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID	Last nr.	$\sigma_{1\text{maks}}$ (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)] ²	a2 [mm/(MN/m ²)] ²	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
600	P1C	1	0,249	0,101	10,274	-11,897	61,5	2,61
		2	0,199	1,256	3,609	-3,262	160,9	
600	P2A	1	0,249	0,443	21,854	-24,085	28,4	3,95
		2	0,199	3,717	4,894	-3,517	112	
600	P3C	1	0,25	0,01	4,852	-5,794	132,2	1,09
		2	0,2	0,178	4,977	-7,445	144,5	
600	P4A	1	0,249	0,168	8,13	-8,687	75,4	2,11
		2	0,199	0,744	4,639	-7,251	158,8	

Gjennomsnitt Ev2 = **144,05 MN/m²**

Standardavvik Ev2 = **22,57 MN/m²**

Gjennomsnitt Ev2/Ev1 = **2,44**

Standardavvik Ev2/Ev1 = **1,19**

4.2.2 Forsterkningslag 20/120 FK:

Tabell 8: Forsterkningslag 20/120 FK, 600 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID		σ_{1maks} (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)] ²	a2 [mm/(MN/m ²)] ²	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
600	P5C	1	0,249	-0,094	20,467	-18,15	28,2	5,38
		2	0,199	3,201	2,631	1,349	151,7	
600	P6A	1	0,249	0,09	17,036	-19,998	37,3	3,4
		2	0,199	2,406	3,577	-0,111	126,8	
600	P7C	1	0,249	0,335	19,832	-24,743	32,9	4,76
		2	0,2	3,401	2,95	-0,324	156,8	
600	P8A	1	0,249	0,277	19,386	-20,32	31,4	3,95
		2	0,199	3,134	3,122	2,018	124,1	

Gjennomsnitt Ev2 = **139,85 MN/m²**

Standardavvik Ev2 = **16,79 MN/m²**

Gjennomsnitt Ev2/Ev1 = **4,37**

Standardavvik Ev2/Ev1 = **0,87**

4.2.3 Forkilingslag 0/32 FK:

Tabell 9: Forkilingslag 0/32 FK, 600 mm plate

Platestørrelse (mm)	Punkt ID		σ_{1maks} (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)] ²	a2 [mm/(MN/m ²)] ²	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
600	P9C	1	0,249	0,054	15,165	-22,929	47,6	2,92
		2	0,199	1,754	4,107	-3,494	139	
600	P10A	1	0,25	0,233	12,247	-17,261	56,7	3,22
		2	0,199	1,67	3,366	-3,614	182,7	
600		1						
		2						
600	P12A	1	0,25	0,011	13,017	-18,27	53,3	3,5
		2	0,199	1,608	2,826	-1,636	186,2	

Gjennomsnitt Ev2 = **169,30 MN/m²**

Standardavvik Ev2: S = **26,30 MN/m²**

Gjennomsnitt Ev2/Ev1 = **3,21**

Standardavvik Ev2/Ev1 = **0,29**

4.3 Oppsummering av resultater

Forkilingslag 0/32 FK:

Tabell 10: Oppsummering forkilingslag 0/32 FK

	300 mm plate	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	158,45	169,30
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	2,84	3,21
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	17,47	26,30
Standardavvik Ev2/Ev1	0,35	0,29

Forsterkningslag 20/120 FK:

Tabell 11: Oppsummering forsterkningslag 20/120 FK

	300 mm plate	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	142,35	139,85
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	3,93	4,37
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	16,41	16,79
Standardavvik Ev2/Ev1	1,03	0,87

Frostsikringslag 0/300 FK:

Tabell 12: Oppsummering frostsikringslag 0/300 FK

	300 mm plate	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	125,43	144,05
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	3,47	2,44
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	28,62	22,57
Standardavvik Ev2/Ev1	1,07	1,18

5. Diskusjon

5.1 Drøfting av resultatene

Diskusjonsgrunnlaget for testene vil være å sammenligne elastisitetsmoduler, forholdstall og standardavvik. Dette for å kunne bedømme hvilken platestørrelse som egner seg best. Resultatene fra de utførte platebelastningstestene gir flere indikasjoner for platene på forskjellige lag. Det er samtidig flere faktorer som kan påvirke resultatene både positivt og negativt. Disse faktorene blir diskutert i kapittel 5.2. Ettersom at masseprøvene er godkjente og alt av forarbeid er gjort etter kjente prosedyrer, vil ikke den praktiske utførelsen bli diskutert videre.

5.1.1 Forkilingslag

På forkilingslaget er gjennomsnittsverdien for både E_{v2} og E_{v2}/E_{v1} høyere på 600 mm platen. Standardavviket på E_{v2} -verdien er høyere på 600 mm platen, men på forholdstallet er det høyere på 300 mm platen. Differansene mellom platene er som forventet ikke veldig stor. Dette på grunn av fraksjonen, som er vel innenfor kravet for hva 300 mm platen kan brukes på. Det at standardavviket på E_{v2} -verdien er høyere for 600 mm platen kan indikere at den gir mindre stabile målinger enn den mindre platen.

5.1.2 Forsterkningslag

På forsterkningslaget er gjennomsnittsverdien for E_{v2} lavere enn med forkiling. Den går her fra 158,45 kN/m² til 142,35 kN/m² på 300 mm platen, og fra 159,30 kN/m² til 139,85 kN/m² på 600 mm platen. Dette er forventet, siden forkilingslaget er med på å tette og låse forsterkningslaget, samt gi en bedre kontaktoverflate for platene. De gjennomsnittlige forholdstallene er, i likhet med E_{v2} -verdiene på forkilingslaget, som forventet. Uten forkilingen på toppen blir forholdstallet høyere. Dette antas å være på grunn av at 20/120 FK gir mer ujevn kontaktoverflate med platen enn 0/32 FK. Dette kunne også observeres ved at man hørte knaselyder under platen når man utførte testene. Dette kan føre til lavere E_{v1} verdi, og dermed et høyere forholdstall.

Standardavvikene på forsterkningslaget er noe annerledes enn på forkilingslaget. På E_{v2} -verdiene er standardavvikene for platene tilnærmet like, med kun 0,38 MN/m² som skiller dem. Dette motstrider påstanden om at en ville se større utslag på måleresultatene på forsterkningslaget. Hovedsakelig fordi det er grovere fraksjoner med fare for overstørrelse som vil påvirke særlig 300 mm platen. Det er også ingen nullfraksjon, som vil påvirke kontaktflaten mellom plate og materiale. Korngraderingen for forsterkningslaget viser at det

var 8,9% overstørrelse i prøven, og ingen fraksjoner større enn 180 mm. Dette er godt innenfor 20%-kravet satt i N200, men kan gi materiale som er over maskimalt tillatt d_{maks} på 150 mm for 300 mm platen.

Når det gjelder forholdstallet gir resultatene mer samsvar med påstanden om at måleresultatene er mer stabile på større plate. Forholdstallet viser en differanse på 0,16 mellom de to platestørrelsene, der 600 mm platen gir mest stabile resultater. Denne differansen er større enn den var på forkilingslaget. Det er likevel ikke tilstrekkelig differanse til å kunne si at 600 mm platen har vært bedre. Standardavvikene på Ev2-verdien er relativt like mellom de to platene. Dette viser at påstanden om at 300 mm platen ikke egner seg til å måle rett på forsterkningslaget uten forkiling i toppen ikke stemmer i dette tilfellet.

5.1.3 Frostsikringslag

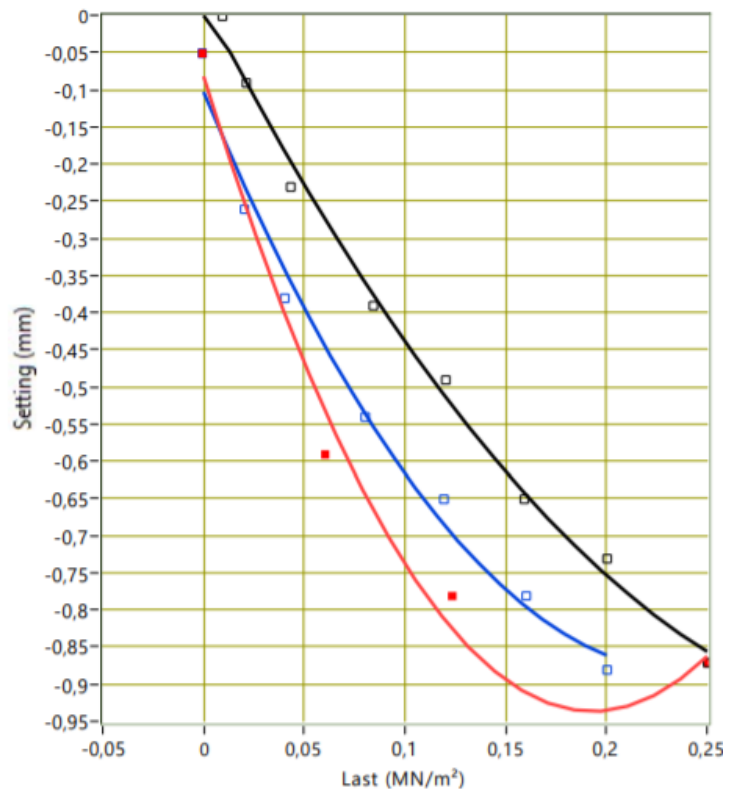
Målingene som ble gjort på frostsikringslaget var i utgangspunktet ikke planlagt før befaringen, som ble gjort dagen før testene ble utført. Grunnen til at det ble valgt å inkludere dette laget, var for å undersøke om man kunne få enda større utslag på måleresultatene mellom de to platene. Frostsikringslaget (0/300) har største steinstørrelse som er dobbelt så stor som d_{maks} for 300 mm platen. Dette innebærer at man i prinsippet kan ende opp med å gjøre målinger på materialer som er like store som platens diameter. Dette vil kunne ha stor innvirkning på måleresultatene.

Målingene gjort på frostsikringen viser at 600 mm platen gir en høyere Ev2-verdi. Dette er en god indikator på at den store fraksjonen (0/300) har påvirket særlig 300 mm platen. Forholdstallet viser en relativt stor differanse mellom de to platene. 600 mm platen gir et mye lavere forholdstall enn 300 mm platen. En mulig årsak til dette er at 300 mm platen har flere lave Ev1-verdier, og derfor får høye forholdstall. Dette har direkte sammenheng med at 0/300-fraksjonen er mye større enn 300 mm platen er beregnet for. Siden den mindre platen påvirker mindre areal, er det mulig at den måler på områder i vegoverbygningen med dårlig gradert materiale. Dette kan eksempelvis være områder med store ansamlinger av grove eller fine fraksjoner. Den større platen vil måle på et større areal og vil dermed ha større sjanse for å treffe et større og dermed mer velgradert område.

Standardavvikene på frostsikringslaget samsvarer delvis med teorien om stabilitet på målinger. På Ev2-verdiene er det et høyere standardavvik på 300 mm platen, som indikerer at 600 mm platen er bedre egnet for å måle på slike fraksjoner. På forholdstallet er det motsatt. Standardavviket er større på 600 mm platen enn det er for 300 mm platen.

Frostsikringslaget har en måling som mistenkes å inneholde en feil. Måling P3C har et forholdstall på 1,09. Dette ekstremt lave forholdstallet kommer på grunn av en veldig høy Ev1-verdi. Dette kan indikere at det har blitt gjort en feil i testen, som førte til at man måtte starte testen på nytt. Dersom testen ble startet på nytt uten å flytte platen, så vil man allerede ha skapt en setning i materialet, avhengig av når den første testen ble avbrutt, som vil påvirke den nye testen. Dette vil gi en veldig høy Ev1-verdi og dermed et forholdstall som ikke blir korrekt. Figur 10 viser målerapporten fra P3C og hvor Ev1-verdien er veldig høy.

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,009	0,00	0,000	14:15:55
0,021	0,09	0,320	14:18:18
0,043	0,23	0,000	14:18:58
0,084	0,39	0,000	14:19:22
0,120	0,49	0,000	14:20:14
0,159	0,65	0,000	14:21:46
0,200	0,73	0,000	14:22:23
0,250	0,87	0,000	14:23:05
0,123	0,78	0,000	14:26:00
0,060	0,59	-0,970	14:28:55
-0,001	0,05	0,000	14:31:06
0,020	0,26	0,000	14:33:50
0,040	0,38	0,000	14:34:05
0,080	0,54	0,000	14:34:29
0,119	0,65	0,000	14:35:10
0,160	0,78	0,000	14:35:48
0,200	0,88	0,000	14:36:22



Last nr.	Sigma1max (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)]	a2 [mm/(MN/m ²) ²]	Ev [MN/m ²]	Ev2/Ev1
1	0,250	0,010	4,852	-5,794	132,2	
2	0,200	0,178	4,977	-7,445	144,5	1,09

Figur 10: Målerapport med antatt feil

Ved at denne målingen ekskluderes og nye beregninger utføres får man standardavvik på **27,65 (MN/m²)** på Ev2 og **0,95** på forholdstallet Ev2/Ev1. De nye verdiene kan sees i tabell 13.

Tabell 13: Oppsummering frostsikringslag 0/300 FK uten test P3C

	300 mm plate	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m ²)	125,43	143,90
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	3,47	2,89
Standardavvik Ev2 (MN/m ²)	28,62	27,65
Standardavvik Ev2/Ev1	1,07	0,95

Forholdstallet får da et standardavvik som er 0,23 lavere på 600 mm platen enn på 300 mm platen. På Ev2 øker standardavviket så det kun blir 0,97 lavere på 600 mm platen. Dette fører også til at det kun er tre prøver tilgjengelig for 600 mm plate på frostsikringslag, som videre fører til en svakhet for det statistiske grunnlaget ettersom man får kun tre utregningsgrunnlag. Dette blir drøftet videre i kapittel 5.2.1.

5.2 Faktorer som har påvirket testopplegget

5.2.1 Statistisk grunnlag

Tre målinger er et tynt grunnlag for å gjøre statistiske undersøkelser. Det er også for lite med fire målinger, særlig under varierende forhold. Dette er en svakhet med måleopplegget i oppgaven som bør forandres ved videre forsøk. Det var i første omgang planlagt å bruke kun forsterknings- og forkilingslaget til testing. Dette ville fordelt testene på to lag istedenfor tre og ville dermed gitt et bedre statistisk grunnlag. Grunnen til at frostsikringslaget ble inkludert, var for å teste 600 mm platen på større fraksjoner, for å se på muligheten til å kunne godkjenne komprimeringen lagvis oppover i vegoverbygningen. Dette er hensiktsmessig ettersom man ved dårlig resultat på en platebelastningstest på forkilingslag, kan vite hvor i overbygningen feilen ligger. Dersom man vet at frostsikringslaget er godkjent og man får dårlige resultater på forkilingslaget, så vet man at feilen ligger et sted i forsterknings- eller forkilingslaget. Hvorvidt dette vil bli praktisert i moderne vegbygging er usikkert, med tanke på at platebelastningstester tar relativt lang tid, og særlig med 600 mm plate med DIN-standard. Tidsbruk for de forskjellige platestørrelsene og metoder vil bli diskutert kapittel 5.3.2.

5.2.2 Vær og klima

En av faktorene som har hatt størst påvirkning på resultatene er vær og klima. Dette var en utfordring som var kjent før testingen, da uttestingen skulle foregå 28.mars. Denne datoen ble satt grunnet tidspress for ferdigstilling av oppgaven. Våren er en årstid med stor fare for nattefrost og varmere temperaturer utover dagen. Dette var også tilfellet for prøvedagen. På prøveområdet ble det registrert en temperatur på minus 0.2°C klokken 09:00, minus 4,1°C klokken 04:00 og temperaturen steg til 11 °C rundt klokken 15:00 på dagen ifølge Yr (2019). Dette antas å kunne ha stor innvirkning på resultatene siden samme lag ble testet over en periode på cirka 4-5 timer. Denne faktoren gjelder hovedsakelig frostsikrings- og forsterkningslaget, siden alle målinger gjort på forkilingslaget ble utført etter klokken 14:00. Før dette var det tydelig frost i forkilingslaget, som var registrert å være noe fuktig ved utlegging. Det ble gjort to statiske overfarter på forkilingslaget før testene. Dette ble gjort etter at frosten hadde gått i laget, for å komprimere toppen som var løsere enn ønsket, grunnet tele. Alle platebelastningstester på laget ble foretatt etter de to ekstra overfartene og utgangspunktet antar man var likt for alle testene.

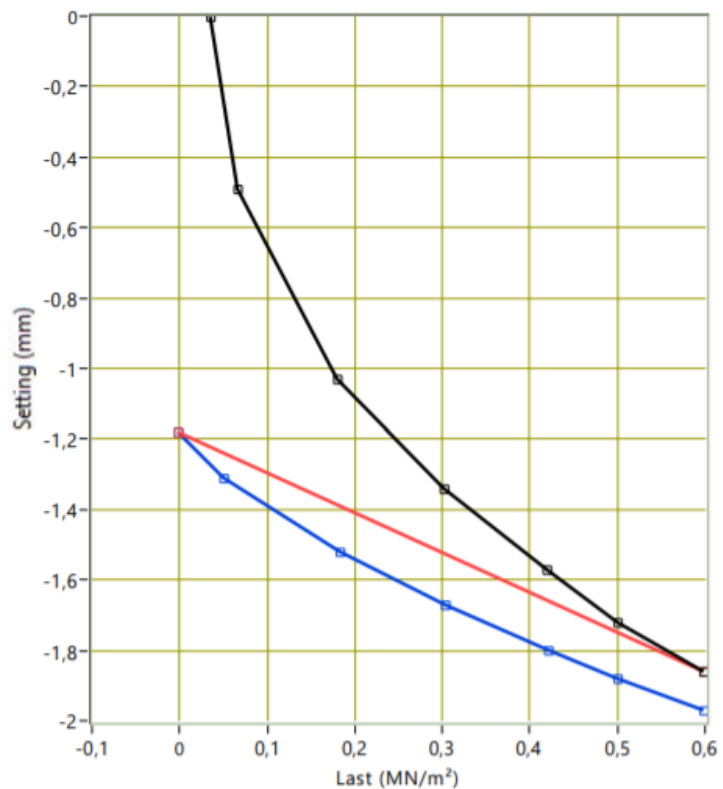
Hvor mye frost har påvirket resultatet på frostsikrings- og forsterkningslaget er vanskelig å vite eksakt. Frostsikringslaget ble lagt ut i underkant av en uke før testene. Forsterkningslaget ble lagt ut likt med forkilingslaget, i underkant av et døgn før testing. Det var planlagt lengre tid mellom utlegging og testing, men problemer med maskineri førte til at utleggingen ble forsinket og dermed litt for tett innpå testene. Ifølge Yr (2019) var gjennomsnittstemperatur på Elverum -0,8 °C i mars måned. Det kunne også observeres på materialene i vegoverbygningen at det var tele. Det er samtidig veldig store fraksjoner (20/120 og 0/300) som vil kreve en del frost før det vil påvirke resultatene i stor grad. Det er likevel veldig vanskelig å vite hvor mye frost har påvirket resultatene. Dette regnes som en av de større svakhetene i opplegget.

5.2.3 Tidspunkt for utlegging

Det at forsterknings- og forkilingslaget ble lagt ut såpass tett inntil prøvedagen er en annen svakhet med opplegget. Det er gjort flere erfaringer på at materialer kan bruke flere dager på å få «satt seg» skikkelig. Dette er antatt å ha en relativt stor innvirkning på hvor høy stivhet materialet oppnår. Et eksempel på dette kan sees i figur 11, der den beste målingen foretatt på forkilingslaget kom fire dager etter hoveddelen av testene ble utført. Ventetiden etter utlegging er basert på samtaler med konsulent Rene Kierstein i Stein & Veg Consult. Dette gjelder av erfaring særlig for mindre fraksjoner, som for eksempel 0/32 FK brukt i dette

forsøket. Det ble foretatt et ekstra forsøk mandag 1. april når Skanska skulle ha overlevering av eget platebelastningsutstyr. Platen som ble levert var en 300 mm plate. På en test der leverandør var med og kontrollerte metoden, ble det registrert en Ev2 på 207,5 og forholdstall på 2,08. Dette er verdier som er betydelig bedre enn de fra testdagen, der høyeste målte Ev2-verdi med 300 mm plate var 180 (MN/m²) og beste forholdstall var 2,6.

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,035	0,00	0,000	11:14:54
0,066	0,49	0,000	11:15:10
0,180	1,03	0,000	11:15:31
0,302	1,34	0,000	11:15:49
0,419	1,57	0,000	11:16:08
0,500	1,72	0,000	11:16:24
0,598	1,86	0,000	11:16:34
-0,002	1,18	0,000	11:18:41
0,050	1,31	0,000	11:19:04
0,183	1,52	0,000	11:19:22
0,303	1,67	0,000	11:19:34
0,421	1,80	0,000	11:19:58
0,500	1,88	0,000	11:20:18
0,598	1,97	0,000	11:20:37



Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1 □	0,180	1,03	0,419	1,57	99,6	
2 ●	0,183	1,52	0,598	1,97	207,5	2,08

Figur 11: Utkast av målerapport fra test 1.april

Det legges uansett ikke stor vekt på denne målingen, da det kun er en enkeltmåling. Målingen støtter påstanden om at materialet bør få ligge urørt i en periode etter komprimering for få best mulige egenskaper. Gjennom samtaler med kontrollører fra Statens Vegvesen kommer det fram at de ofte har observert at platebelastningstester utføres dagen etter utlegging av forkilingslaget. Dette er ofte forbundet med at entreprenører ønsker å begynne med asfaltlegging så fort som mulig, og dette kan påvirke platebelastningstestene negativt.

5.2.4 Avstand mellom punkter

Avstanden mellom punktene er en faktor som kan ha vært med å påvirke resultatet. Håndbok R211 sier at det skal være minst 1.5 m fra platen til nærmeste trykkpunkt/aksling på motholdet. Siden det var over 2 m mellom hvert prøvepunkt i denne testen, er det liten mulighet for at etterfølgende punkter har påvirket hverandre.

Ifølge Adam, et al (2009) sprer lasten påført av sirkulær gjenstand seg både nedover og utover i 180 graders utbredning. Dette er en faktor som antas å ikke ha påvirket resultatet, men som ikke kan utelukkes fullstendig.

Adam, et al (2009) har utført tester på overbygging med mye lavere stivhet, henholdsvis 32 MN/m² for det øvre laget, og 16 MN/m² for det nedre laget. Det ble her påvist en påvirkning på cirka 0,6 m ut fra sentrum av trykkpunktet. Dette er mye lavere stivhet enn det var på området det ble utført tester på i denne oppgaven, som varierte fra cirka 125 MN/m² til 169 MN/m² uavhengig av platestørrelse. På bakgrunn av testene til Adam, et al, og samtaler med overingeniør i Statens Vegvesen vurderes avstanden mellom punktene som tilstrekkelig.

5.2.5 Menneskelig påvirkning

Den menneskelige faktoren er en mulig feilkilde i testene. Man må manuelt pumpe på trykk og holde styr på at man følger lastetrinnene som datamaskinen viser. Den måler setningen i punktet og gir ikke klarsignal før setningen er under 0,02 mm per min. Det vises da et grønt signal på skjermen som indikerer at man kan gå videre. Det kan være litt utfordrende å treffe akkurat på det lastetrinnet man skal opp til. Dette har ingen større betydning ifølge de som utførte testene, som påpekte at om man går litt over neste lasttrinn så blir setningen uansett logget idet man passerer trinnet. Dersom man likevel fortsetter å pumpe på trykk før datamaskinen gir klarsignal, kan dette være med å påvirke testresultatene. Dette ble fulgt opp under testene og regnes basert på samtaler med utførende personell fra Statens Vegvesen derfor ikke for å være en betydelig feilkilde.

Selv om det var flere representanter som prøvde utstyret, regnes ikke dette som noen stor feilkilde. De som var kjent med utstyret var hele tiden med og fulgte opp testene. Det er også andre feil som kan gjøres som ikke er i forbindelse med testene. Dette skjedde på testdagen, da en representant kom borti benkelmannsbjelken under måling i punkt P11C. I den nye målingen ble det også en feil på datamaskinen som førte til at testresultatene gikk tapt. Grunnet tidspress ble det ikke foretatt en tredje måling i punkt P11C.

5.2.6 Vanning av vegoverbygning

På grunn av tidspunkt for testene ble det ikke foretatt vanning av materialene ved utlegging eller lagring. Dette for å unngå faren for at vegoverbygningen skulle fryse. Det var likevel noe fukt i forkilingslaget ved utlegging, men dette forventes ikke å påvirke de underliggende lagene like mye som vanning. Vanning er ifølge Statens Vegvesen (2014) en viktig faktor for hvor lett materialet kan komprimeres. Dette er i forhold til friksjon, der vann vil fungere som et slags smøremiddel. Dette vil redusere friksjonen mellom materialene og dermed gjøre komprimering og sammenpakking enklere. For disse testene vil dette ikke ha så mye betydning for utgangspunktet og dermed standardavvikene. Det vil i større grad påvirke selve måleverdiene.

5.3 Drøfting av beregningsmetoder

5.3.1 Sammenligning av utregningsmetoder mellom tysk og norsk

Forskjellen mellom den norske metoden brukt for 300 mm plate og den tyske DIN-standard brukt på 600 mm plate, er nødvendig å se i sammenheng for å kunne tolke resultatene. Som nevnt tidligere i oppgaven så antas den norske metoden å være en forenkling av DIN-standard, men i utføring er det viktige forskjeller både i belastning og avlastning.

Belasting

Under platebelastningstesten med 600 mm plate på frostsikringslaget, punkt P4A, var det utfordring med at motholdet i lastebilen ikke var tungt nok i forhold til belastningen på bakken. Dette viste seg ved at hele lastebilen løftet seg opp, og testen måtte avbrytes. Mer motvekt måtte legges på lastebilen før testen kunne starte på nytt, da i nytt punkt for P4A. Det vil være rimelig å anta at det er krav til mothold som gjør at 600 mm platen ikke belastes med mer enn $0,25 \text{ MN/m}^2$. For med en platestørrelse på 600 mm i diameter vil det gi en belastning på:

$$600 \text{ mm} - \text{plate: } \pi * (0,3 \text{ m})^2 * 0,25 \text{ MN/m}^2 = 0,07 \text{ MN} = 70 \text{ kN}$$

Skulle belastningen til 600 mm platen vært større ville det krevd større ressurser i forbindelse med mothold. Dette ville vært med på å gjøre utføring av testene mer utfordrende og tidkrevende, siden det ikke lenger ville holdt med en lastebil, og man ville ikke vært selvstendig til samme grad.

300 mm platen har en maksimalbelastning på $0,6 \text{ MN/m}^2$, altså over dobbelt så stor belastning per m^2 som 600mm platen. Grunnet den lavere diameteren blir den totale belastningen en del mindre.

$$300 \text{ mm} - \text{plate} := \pi * (0,15 \text{ m})^2 * 0,6 \text{ MN/m}^2 = 0,04 \text{ MN} = 42 \text{ kN}$$

Det er vanskelig å si noe om hvordan det påvirker sammenligningen av metodene at belastningen er forskjellig. Det virker som at denne belastningsforskjellen skyldes praktiske årsaker. Det vil i hvert fall være en usikkerhetsfaktor som det må tas hensyn til i en eventuell konklusjon.

Avlastning

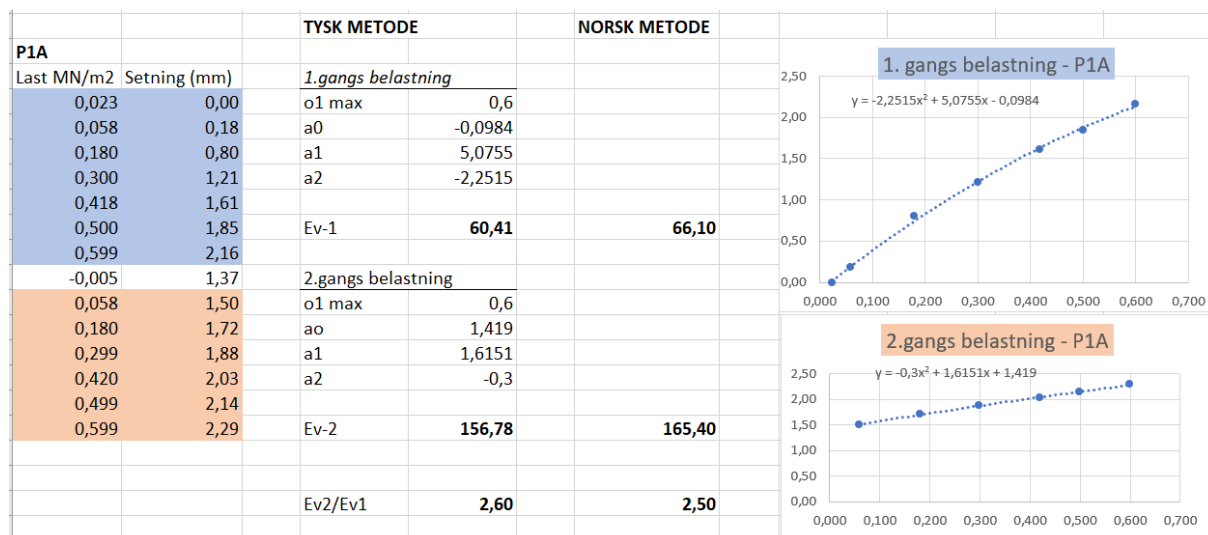
Det er usikkert hvilken hensikt den trinnvise avlastningen for DIN-metoden har. Når man avlaster vil ikke undergrunnen sette seg noe mer, det vil eventuelt kun vise hvor mye den hever seg i de forskjellige avlastningspunktene etter 1.gangsbelastningen. Verdier for avlastningen brukes ikke videre i noen utregning for E_{v1} , E_{v2} eller E_{v2}/E_{v1} . Påstanden er at bruk av trinnvis avlastning gjør at det kreves en fastsatt venteperiode som skal sikre undergrunnen nok tid til å komme seg etter 1.gangsbelastningen. Dette vil sørge for bedre og mer korrekt måling i 2.gangsbelastningen.

Den norske metoden har i motsetning til den tyske en jevn gradvis avlastning helt ned til null. Det står ikke beskrevet noe om venteperiode før 2.gangsbelastning i håndbok R211. I vanlig praksis og slik det ble utført på testdagen ble det ventet i to minutter etter avlastning til 2.gangsbelastning ble påbegynt. Dette er ifølge samtale med Statens Vegvesen nok tid til at overbygningen relaxeres og ny pålastning kan startes.

Selv om det benyttes to forskjellige metoder for avlastning vurderes det som at begge metodene for avlastning fungerer tilnærmet likt. Det ses derfor ikke på som nødvendig at det tas hensyn til avlastning ved tolkning av resultater.

300 mm utregnet med DIN-standard

Ettersom norsk metode regnes som en forenkling av DIN, er det mulig å regne ut 300 mm-testen også på denne måten. Det ble gjort på alle platebelastningstestene for 300 mm i etterkant, for å se om utregningen ga samsvar med norsk metode. Dette ble gjort ved å plote inn resultatene i 1.- og 2.gangs belastnings-diagram med 2.gradspolynom, som ga likningen $y = a_0 + a_1 * \sigma_{\max} + a_2 * \sigma_{\max}^2$. Se figur 12.



Figur 12: P1A utregnet med tysk metode

Den gjennomsnittlige differansen for disse tolv punktene var: $Ev1 = 4,02 \text{ MN/m}^2$, $Ev2 = 7,42 \text{ MN/m}^2$ og $Ev2/Ev1 = 0,30$. Disse hadde en feilmargin på rundt 5-10%, et resultat som var bedre enn forventet. Alle $Ev1$ -verdiene ga lavere tallverdi regnet ut med DIN-metoden. $Ev2$ -verdiene varierte mer. Her hadde 6 av 12 lavere $Ev2$ med tysk metode. $Ev2/Ev1$ -verdiene ble høyere med tysk metode. Dette kan enkelt forklares med at $Ev1$ -verdiene var lavere, som gir et høyere forholdstall. Det at tysk metode gir lavere $Ev1$ -verdier er en viktig faktor for sammenligningen av metodene. Det kan virke som at tysk metode gir dårligere resultater, som tilsier at det kreves bedre vegoverbygning for å gi samme resultater som i norsk metode. Dette viser at metodene gir en merkbar forskjell.

Tabellene 14, 15 og 16 viser en sammenligning av 300 mm platen utregnet med både norsk og tysk metode og 600 mm platen kun med tysk metode. Det kommer tydelig frem her at resultatene med 300 mm platen blir dårligere når den regnes ut med tysk metode. Forholdstallet, $Ev2/Ev1$, får både en høyere gjennomsnittsverdi og standardavviket øker.

Tabell 14: Sammenligning forkilingslag 0/32 FK med tysk utregning for 300 mm plate

	300 mm plate norsk metode	300 mm plate tysk metode	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	158,45	147,14	169,3
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	2,84	2,94	3,21
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	17,47	13,58	26,3
Standardavvik Ev2/Ev1	0,35	0,43	0,29

Tabell 15: Sammenligning forsterkningslag 20/120 FK med tysk utregning for 300 mm plate

	300 mm plate norsk metode	300 mm plate tysk metode	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	142,35	143,2	139,85
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	3,93	4,16	4,37
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	16,41	18,42	16,79
Standardavvik Ev2/Ev1	1,03	1,15	0,87

Tabell 16: Sammenligning frostsikringslag 0/300 FK med tysk utregning for 300 mm plate

	300 mm plate norsk metode	300 mm plate tysk metode	600 mm plate
Gjennomsnitt Ev2 (MN/m²)	125,43	124,41	144,05
Gjennomsnitt Ev2/Ev1	3,47	3,91	2,44
Standardavvik Ev2 (MN/m²)	28,62	24,1	22,57
Standardavvik Ev2/Ev1	1,07	1,3	1,18

300 mm utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

Ved utregning av 1.gangsbelastning med norsk metode benyttes 0,3 og 0,7 av maksimalbelastningen ifølge Statens Vegvesen (2018a). Dette gjør at det er belastningen ved 180 kN/m² og 420 kN/m² som benyttes. Grunnen til at det ikke benyttes 0,3 og 1,0 av maksimalbelastning på 1.gangsbelastningen slik det gjøres på 2.gangsbelastningen er usikkert, og det er derfor interessant å se nærmere på. Med talldataene brukt for punkt P1A, P2C, P3A og P4C ble det i etterkant regnet ut med norsk metode, bare at maksimalbelastningen for 1.gangsbelastning som ble benyttet var 0,3 og 1,0. Se figur 13.

P1A					
Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)	1. gangs belastning:		2. gangs belastning:	
0		$\Delta p = 600 \cdot 180$	419 kPa	$\Delta p = 600 \cdot 180$	419 kPa
20		$\Delta s =$	0,00136 m	$\Delta s =$	0,00057 m
23	0,00	$E_1 =$	69 MPa	$E_2 =$	165 MPa
58	0,18				
180	0,80				
300	1,21				
418	1,61				
500	1,85				
599	2,16				
-5	1,37	$E_1 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{418}{0,00219} \cdot 0,3 =$		69,3 MPa	
58	1,50				
180	1,72	$E_2 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{420}{0,0009} \cdot 0,3 =$		165,4 MPa	
299	1,88				
420	2,03				
499	2,14				
599	2,29		$E_2/E_1 =$	2,4	

Figur 13: P1A - 300mm utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

Denne utregningen gir en høyere E_{v1} og beholder samme E_{v2} , som norsk standardmetode med samme utregning. Dette gir totalt sett en lavere E_{v2}/E_{v1} . Resultatene ligger med en feilmargin rundt 5% sammenlignet med standard norsk metode, men med bedre tallverdier. Ut i fra resultatene gitt ved 300 mm utregnet med tysk metode og 300 mm utregnet etter norsk metode, ser man at tallverdiene er relativt like. Dette gir mulighet for videre sammenligning av resultatene for 300 mm- og 600 mm plate. Resultatene gitt med 300 mm plate med norsk metode gjort om til full belastning gir en for stor differanse fra tysk metode. Dette gjør at det ikke er hensiktsmessig å ta med denne metoden videre i vurderingen.

5.3.2 Tidsbruk på metoder

Om man ser på tidsbruket på de to forskjellige testene, 300 mm etter norsk metode (R211) og 600 mm etter tysk metode (DIN) så er det en betydelig forskjell i tidsbruk. For 600 mm plate etter tysk metode ble det brukt i gjennomsnitt 23 minutter per test, mens på 300 mm plate etter norsk metode ble brukt i snitt 12 minutter. Dette viser at den norske metoden med 300 mm plate er en mye mer tidseffektiv metode, og kan være mest hensiktsmessig i bruk med tanke på tidsbruk og kostnader. Dette er en viktig faktor når entreprenøren må stå for testingen og kostnaden på egenhånd. Det er mulig at 600 mm platen blir mer effektiv i bruk om det blir utviklet en norsk metode for dette.

6 Konklusjon

Resultatene tyder på at 600 mm platen har mer stabile målinger i forhold til 300 mm platen. Dette kan sees ved at standardavviket på forholdstallet er lavere på alle lagene for 600 mm platen. Det er samtidig vanskelig å trekke noen tråd mellom standardavvikene på Ev2-verdiene og på forholdstallene. Her varierer resultatene mellom de forskjellige lagene.

På frostsikringslaget gir 600 mm platen mest stabile resultater. Dette kan sees ved at standardavviket er lavere både på Ev2 og forholdstall. Disse resultatene er som forventet, siden fraksjonen (0/300) i testene er dobbelt så stor som den tillatte 150 mm d_{maks} på 300 mm plate. Det vil derfor anbefales å bruke plate med 600 mm i diameter på lignende fraksjoner som frostsikringslaget (0/300) i denne oppgaven.

Å trekke noen håndfast konklusjon på forkilings- og forsterkningslaget er vanskelig. Det er ikke klare nok differanser til at man klart kan se hvilken platestørrelse som egner seg best. Tar man med tidsbruk som en faktor i vurderingen, vil den norske metoden med 300 mm plate være mer effektiv. På bakgrunn av det, samt tillatte maksimale fraksjoner for 300 mm platen, vil det anbefales å bruke 300 mm plate på forkilingslaget.

På forsterkningslaget er det ikke mulig å trekke noen konklusjon ut fra de oppnådde resultatene i testene. Differansene mellom standardavvikene er ikke store nok til at en kan se hvilken plate som er mest egnet.

En annen viktig faktor å ta med i vurderingen er at den tyske metoden krever bedre målinger for å oppnå samme resultat som norsk metode. Dette gjør at forholdstallet i forsterkning- og forkilingslaget har en mindre differanse enn vist i resultatkapittelet, og at differansen i frostsikringslaget er større i favør 600 mm platen. Dette forsterker inntrykket av at 600 mm platen er å foretrekke på frostsikringslaget, mens differansen på de to andre lagene er for små til å konkludere ut i fra oppnådde resultater.

Målingene har gitt resultater som gjør det mulig å trekke noen konklusjoner. Samtidig vurderes reliabiliteten til målingene som utilstrekkelig for å kunne konkludere med 100% valide resultater. Muligheten for feilkilder på grunn av frost, tidspunkt for utlegging og det svake statistiske grunnlaget gjør at resultatene ikke oppnår ønsket validitet. Det som er diskutert og konkludert med tidligere er likevel gode indikasjoner som med videre testing kan bekreftes. Testene som er foretatt i denne oppgaven vil kunne være med i startfasen av å etablere krav og retningslinjer for bruk av forskjellige platestørrelser i Norge i fremtiden.

7 Veggen videre

For å forbedre grunnlaget for etablering av krav og retningslinjer vil det være nødvendig å foreta flere tester. Disse testene må utføres i større omfang, på flere forskjellige anlegg. Ved å utføre tester på forskjellige anlegg vil det fortelle mer om hvordan testene oppfører seg på forskjellige materialkvaliteter. Dette vil variere fra sted til sted.

Tester som blir utført i framtiden bør utføres i sommerperioden for å unngå problemer knyttet til tele, fukt og kulde. Det at testene blir utført i perioder uten fare for tele gir også muligheten for å spre prøvetakingen over flere dager. Dette vil gi mulighet for flere måleresultater med samme utgangspunkt, som igjen vil gi et bedre grunnlag for statistiske beregninger. Dette vil også føre til at eventuelle feilmålinger kan lukes ut, uten at det påvirker det statistiske grunnlaget merkbart. Testing på sommeren vil også gi mulighet for vanning, som er en viktig faktor i utlegging og komprimeringsarbeid.

Forarbeidet bør utføres slik at materialet får ligge urørt etter utlegging og komprimering. Etter samtaler med konsulent Rene Kierstein i Stein & Veg Consult antas det at veggen vil oppnå høyere stivhet dersom den får ligge urørt etter utlegging og komprimering. Dette på bakgrunn av erfaringer Kierstein har gjort ved at målinger har blitt foretatt på samme sted med tre ukers mellomrom. Det var her en høyere andel godkjente resultater etter ventetiden. Dette er noe som bør testes og kartlegges i fremtiden for å se på om entreprenører må ta hensyn med tanke på prosedyrer.

Tidsbruk på testene og eventuell effektivisering er også noe som bør undersøkes, siden den tyske metoden bruker nesten dobbelt så lang tid som den norske. Tidsforbruket er spesielt viktig for entreprenører som ofte må foreta mange tester når de er ute og kontrollerer. Hvordan dette skal effektiviseres uten å påvirke målekvaliteten, er en problemstilling som bør undersøkes nærmere.

Litteraturliste

Adam et al. (2009). Computational validation of static and dynamic plate load testing. Acta Geotechnica. Tilgjengelig fra https://www.researchgate.net/publication/225927334_Computational_validation_of_static_and_dynamic_plate_load_testing (Hentet 2. mai. 2019)

Aurstad et al. (2016). *Lærebok Vegteknologi*. Norge: Statens Vegvesen

De nasjonale forskningsetiske komiteene (2010) *1. Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder – likheter og forskjeller*. Tilgjengelig fra: <https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Medisin-og-helse/Kvalitativ-forskning/1-Kvalitative-og-kvantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/> (Hentet 6. mars 2019)

Deutsches institut für normung (2012) *DIN 18134 Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch*. Tilgjengelig fra: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nabau/standards/wdc-beuth:din21:149668370> (Hentet: 16. mai 2019)

Fladvad, M. (2012). *Kontinuerlig komprimeringskontroll*. Masteroppgave. NTNU. Tilgjengelig fra: <http://hdl.handle.net/11250/232280> (Hentet: 2. februar 2019)

Gjennomsnitt. (2018) Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/gjennomsnitt> (Hentet 13. mai 2019)

Hornæs, H. P. (2008) *Formelsamling statistikk*, HiG.

Knudsen og Bang, TK og BB. (2007) *Miljømessige konsekvenser av bedre veier*. Sted: Sintef. Tilgjengelig: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=CRISin+1267988> (Hentet: 2. april 2019)

Regjeringen (2017) *Nasjonal transportplan 2018-2029 Nye veiprojekt over hele landet og fortsatt satsing på vedlikehold*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-veiprojekt-over-hele-landet-og-fortsatt-satsing-pa-vedlikehold/id2548616/> (Hentet 9.mai 2019)

Reliabilitet. (2018) Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/reliabilitet> (Hentet 2.april 2019)

Skanska (2019) *Skanska er innstilt til en av Norges største veikontrakter noensinne.*

Tilgjengelig fra: <https://www.skanska.no/hvem-vi-er/media/pressemeldinger/217550/Skanska-er-innstilt-til-en-av-Norges-storste-veikontrakter-noensinne> (Hentet 26. april 2019)

Statens Vegvesen (2010), *Rv.3/rv. 25 Løten gr. – Grundset/Basthjørnet i Elverum*

PLANPROGRAM. Tilgjengelig fra:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj5KD17YviAhWB0KYKHef7B2UQFjABegQIABAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vegvesen.no%2FRiksveg%2Frv3og25lotenelverum&usg=AOvVaw3TlavDIXoCoGm8zkCTIsyx> (Hentet 08. Mai 2019)

Statens Vegvesen (2014), *Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid.* Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/592414/binary/946305?fast_title=Planlegging+og+utf%C3%B8relse+av+komprimering.pdf (Hentet 4. mai 2019)

Statens Vegvesen (2018a), *Håndbok R211 Feltundersøkelser.* Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/111560/binary/1297147?fast_title=H%C3%A5ndbok+R211+Feltunders%C3%B8kelser%2C+retningslinjer+%2818+MB%29.pdf (Hentet 3. april 2019)

Statens Vegvesen (2018b), *N200 Vegbygging.* Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf (hentet 30. april 2019)

Statens Vegvesen (2019a), *Rv. 3 /rv. 25 Løten–Elverum.* Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/Riksveg/rv3og25lotenelverum> (Hentet 26. april 2019)

Statens Vegvesen (2019b), *Vegybygging i offentlig -privat-samarbeid (OPS).* Tilgjengelig

fra: <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/Om+vegprosjekter/OPS-PPP> (Hentet: 15. mai 2019)

Vägverket (2014), *Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning*.

Tilgjengelig fra:

<http://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=32bfae39-4122-461f-90b0-350d7523838a> (Hentet: 16. mai 2019)

Yr (2019) *Date search for Elverum (Hedmark)* Tilgjengelig fra:

<https://www.yr.no/place/Norway/Hedmark/Elverum/Elverum~132475/almanakk.html?dato=2019-03-28> (Hentet: 13.Mai 2019)

Vedlegg 4 - Platebelastningstest P2C

Byggherre	
Prosjekt	TEST HAMAR SVV
Objekt	PUNKT P2C 300
Lager	
Profil/meter	PUNKT P2C 300
Målepunkt-long/lat	;
Rutenett	
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0
Testmetode	Hb R211 15.328-300
Platediameter	300
Jordtype	
CMV	
Platefiller	
Vanninnhold %	
Motvekt	
Været	
Været i går	
Temperatur	
Luftfuktigheten	
Vind	
Prøvetager	

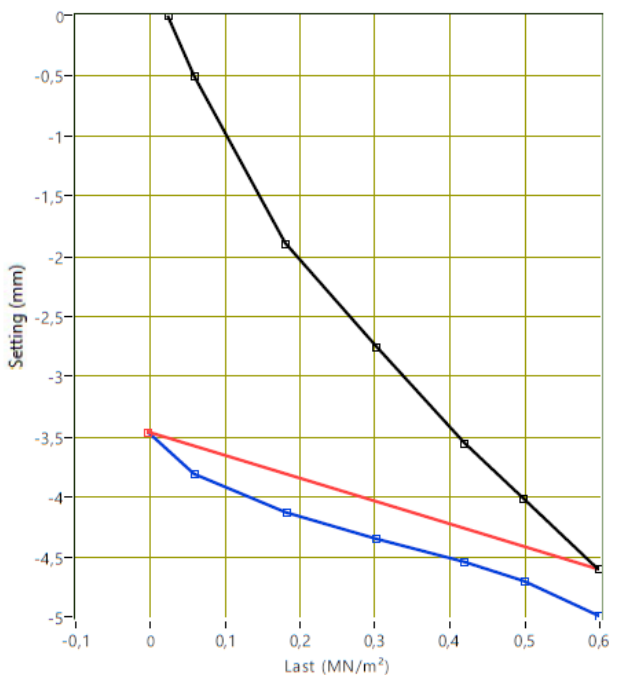


PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk
Platebelastningsmåling
Hb R211 15.328-300

Rapport id	
Dato/tid start	2019-03-28 14:48:44
Dato/tid klart	2019-03-28 14:59:34
Utskriftsdato	2019-03-28 14:59:53

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/m in)	Time hh:mm:ss
0,023	0,00	0,270	14:49:37
0,058	0,50	0,000	14:50:18
0,180	1,89	0,000	14:51:44
0,302	2,75	0,000	14:52:36
0,419	3,55	0,000	14:53:24
0,498	4,01	0,000	14:54:00
0,598	4,60	0,000	14:54:45
-0,004	3,46	0,000	14:57:03
0,058	3,81	0,000	14:57:15
0,181	4,13	0,000	14:57:37
0,302	4,35	0,000	14:58:07
0,419	4,54	0,000	14:58:30
0,499	4,70	0,000	14:58:52
0,599	4,99	0,000	14:59:34



Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1 □	0,180	1,89	0,419	3,55	32,4	
2 ●	0,181	4,13	0,599	4,99	109,4	3,38

ver. 5-50-3

Vedlegg 5 - Platebelastningstest P3A

Byggherre	
Prosjekt	TEST HAMAR SVV
Objekt	PUNKT P3A 300
Lager	
Profil/meter	PUNKT P3A 300
Målepunkt-long/lat	;
Rutenett	
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0
Testmetode	Hb R211 15.328-300
Platediameter	300
Jordtype	
CMV	
Platefiller	
Vanninnhold %	
Motvekt	
Været	
Været i går	
Temperatur	
Luffuktigheten	
Vind	
Prøvetager	

MACHINE-CONTROL.NO

PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk
Platebelastningsmåling
Hb R211 15.328-300

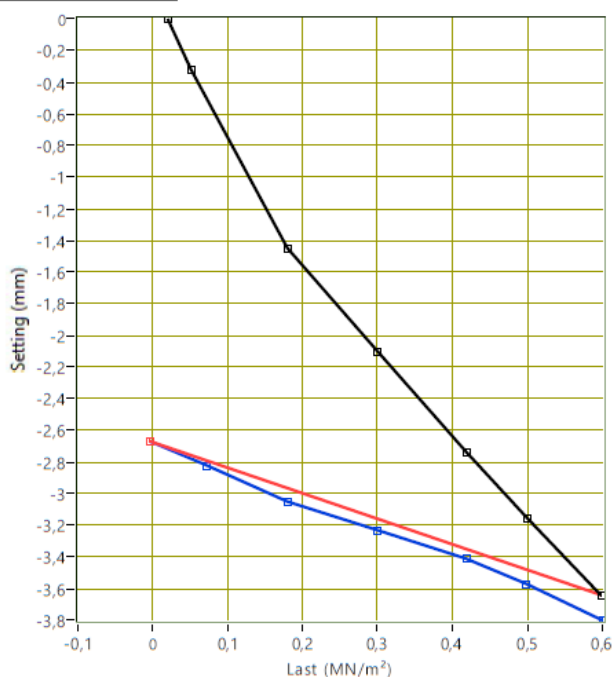
Rapport id

Dato/tid start 2019-03-28 10:42:55

Dato/tid klart 2019-03-28 10:59:12

Utskriftsdato 2019-03-28 11:01:05

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,020	0,00	0,320	10:43:51
0,051	0,32	0,000	10:44:18
0,180	1,45	0,000	10:46:06
0,300	2,10	0,000	10:47:11
0,419	2,74	0,000	10:48:21
0,499	3,15	0,000	10:49:09
0,598	3,64	0,000	10:50:35
-0,004	2,67	0,000	10:53:08
0,071	2,82	0,000	10:53:45
0,180	3,05	0,000	10:54:51
0,299	3,23	0,000	10:56:17
0,418	3,41	0,000	10:57:13
0,498	3,57	0,000	10:58:03
0,600	3,80	0,000	10:59:12




Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1	0,180	1,45	0,419	2,74	41,7	
2	0,180	3,05	0,600	3,80	126,0	3,02

ver. 5-50-3

Vedlegg 6 - Platebelastningstest P3C

Byggherre			
Prosjekt	TEST HAMAR SVV		
Objekt	PUNKT P3C 600		
Lager			
Profil/meter	PUNKT P3C 600		
Målepunkt-long/lat	;		
Rutenett			
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0		
Testmetode	DIN 1813-600		
Platediameter	600		
Jordtype			
CMV			
Platefiller			
Vanninnhold %			
Motvekt			
Været			
Været i går			
Temperatur			
Luffuktigheten			
Vind			
Prøvetager			



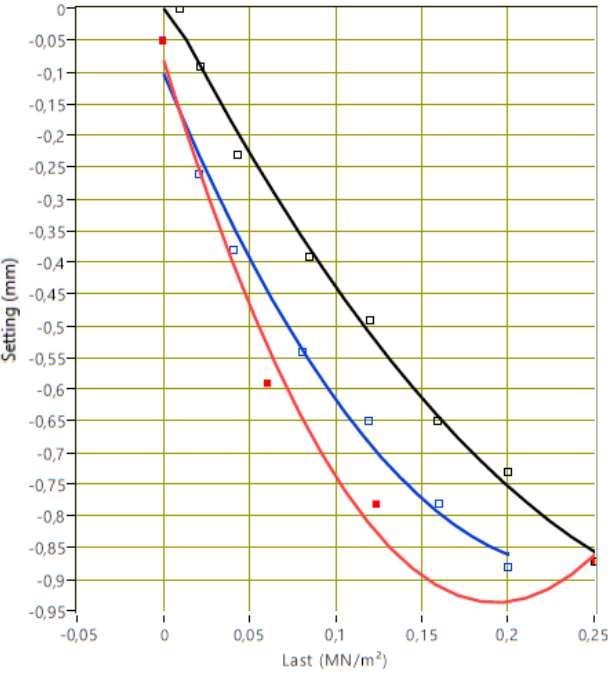
PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk Platebelastningsmåling

DIN 1813-600

Rapport id	
Dato/tid start	2019-03-28 14:15:21
Dato/tid klart	2019-03-28 14:36:22
Utskriftsdato	2019-03-28 14:37:10

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,009	0,00	0,000	14:15:55
0,021	0,09	0,320	14:18:18
0,043	0,23	0,000	14:18:58
0,084	0,39	0,000	14:19:22
0,120	0,49	0,000	14:20:14
0,159	0,65	0,000	14:21:46
0,200	0,73	0,000	14:22:23
0,250	0,87	0,000	14:23:05
0,123	0,78	0,000	14:26:00
0,060	0,59	-0,970	14:28:55
-0,001	0,05	0,000	14:31:06
0,020	0,26	0,000	14:33:50
0,040	0,38	0,000	14:34:05
0,080	0,54	0,000	14:34:29
0,119	0,65	0,000	14:35:10
0,160	0,78	0,000	14:35:48
0,200	0,88	0,000	14:36:22

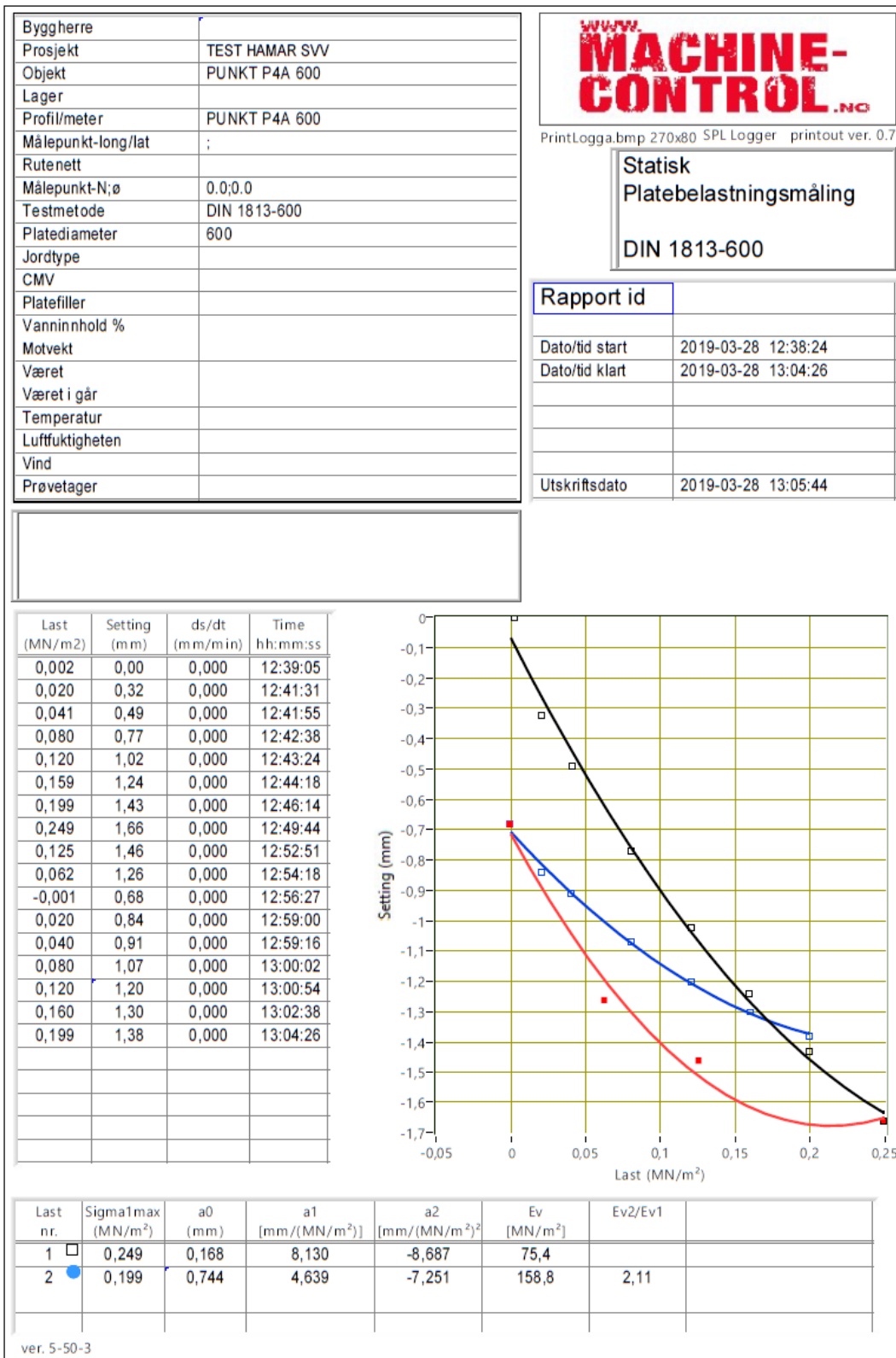


The graph plots Setting (mm) on the y-axis (ranging from 0 to -0.95) against Last (MN/m²) on the x-axis (ranging from -0.05 to 0.25). Data points are shown as open squares and solid red squares. Three curves are fitted to the data: a black curve (highest), a blue curve (middle), and a red curve (lowest). The curves show a non-linear relationship between load and deflection, with the red curve exhibiting a significant non-linear drop at higher loads.

Last nr.	Sigma1max (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)]	a2 [mm/(MN/m ²) ²]	Ev [MN/m ²]	Ev2/Ev1
1	0,250	0,010	4,852	-5,794	132,2	
2	0,200	0,178	4,977	-7,445	144,5	1,09


ver. 5-50-3

Vedlegg 7 - Platebelastningstest P4A



Vedlegg 8 - Platebelastningstest P4C

Byggherre	
Prosjekt	TEST HAMAR SVV
Objekt	PUNKT P4C 300
Lager	
Profil/meter	PUNKT P4C 300
Målepunkt-long/lat	;
Rutenett	
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0
Testmetode	Hb R211 15.328-300
Platediameter	300
Jordtype	
CMV	
Platefyller	
Vanninnhold %	
Motvekt	
Været	
Været i går	
Temperatur	
Luffuktigheten	
Vind	
Prøvetager	

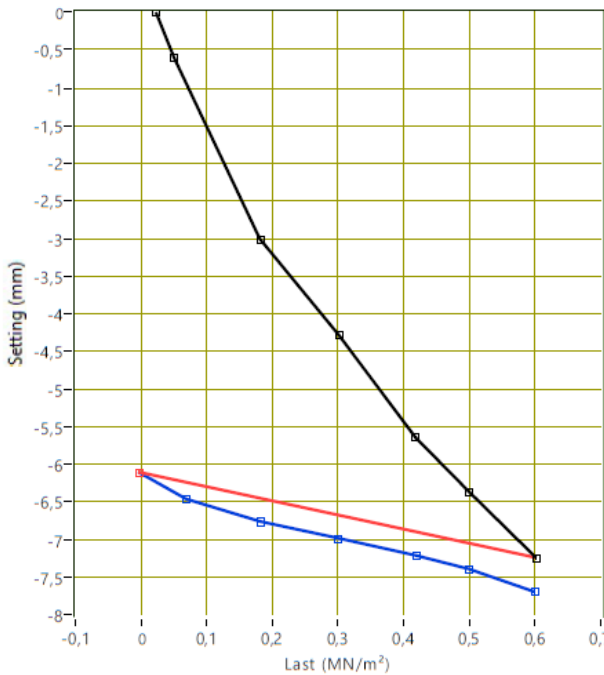


PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk
Platebelastningsmåling
Hb R211 15.328-300

Rapport id	
Dato/tid start	2019-03-28 13:14:22
Dato/tid klart	2019-03-28 13:32:48
Utskriftsdato	2019-03-28 13:33:04

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,023	0,00	2,130	13:15:20
0,050	0,60	0,000	13:15:35
0,181	3,01	0,000	13:16:50
0,301	4,28	0,000	13:18:04
0,418	5,64	0,000	13:19:28
0,499	6,36	0,000	13:20:38
0,602	7,24	0,000	13:22:14
-0,004	6,10	0,000	13:24:41
0,069	6,46	0,000	13:26:33
0,182	6,76	0,000	13:27:23
0,300	6,98	0,000	13:28:14
0,419	7,21	0,000	13:29:34
0,499	7,39	0,000	13:30:57
0,599	7,69	0,000	13:32:48

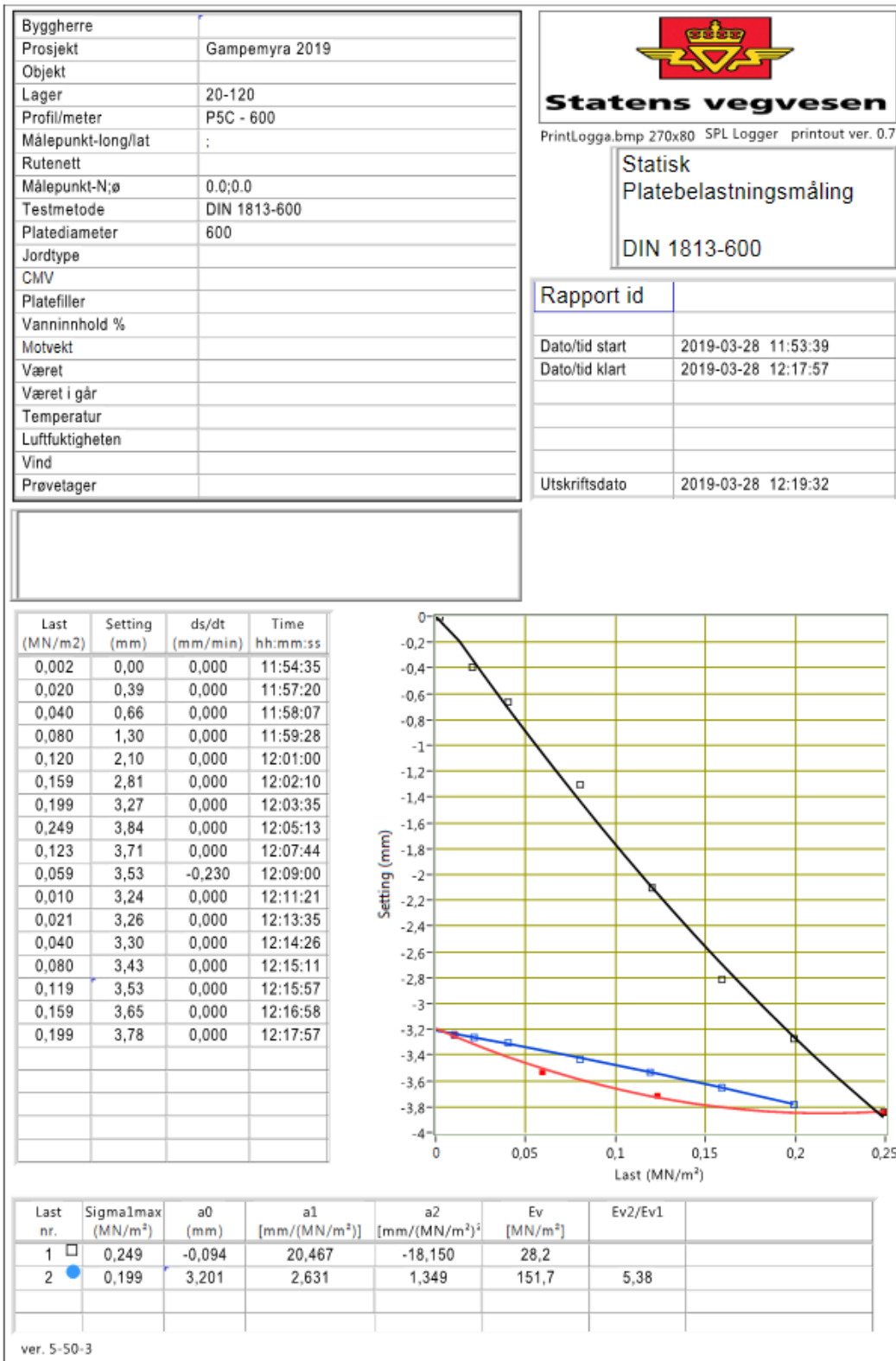


The graph plots Setting (mm) on the y-axis (from 0 to -8) against Last (MN/m²) on the x-axis (from -0,1 to 0,7). Three data series are shown: a black line with square markers showing the highest settlement, a red line with square markers in the middle, and a blue line with square markers showing the lowest settlement. All series show a non-linear increase in settlement as load increases.

Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1	0,181	3,01	0,418	5,64	20,3	
2	0,182	6,76	0,599	7,69	100,9	4,98

ver. 5-50-3

Vedlegg 10 - Platebelastningstest P5C



Vedlegg 13 - Platebelastningstest P7A

Byggherre	
Prosjekt	Gampemyra 2019
Objekt	
Lager	20-120
Profil/meter	P7A - 300
Målepunkt-long/lat	:
Rutenett	
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0
Testmetode	Hb R211 15.328-300
Platediameter	300
Jordtype	
CMV	
Platefyller	
Vanninnhold %	
Motvekt	
Været	
Været i går	
Temperatur	
Luftfuktigheten	
Vind	
Prøvetager	

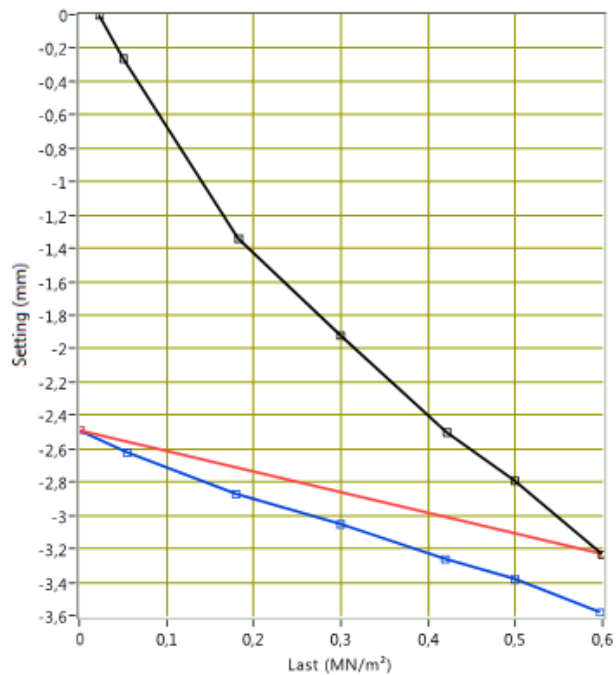


PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk
Platebelastningsmåling
Hb R211 15.328-300

Rapport id	
Dato/tid start	2019-03-28 12:56:29
Dato/tid klart	2019-03-28 13:08:10
Utskriftsdato	2019-03-28 13:09:27

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,022	0,00	0,320	12:57:33
0,050	0,26	0,000	12:57:56
0,182	1,34	0,000	12:59:16
0,299	1,92	0,000	12:59:58
0,421	2,50	0,000	13:00:56
0,499	2,79	0,000	13:01:26
0,599	3,23	0,000	13:02:08
0,000	2,49	0,000	13:04:43
0,054	2,62	0,000	13:05:06
0,179	2,87	0,000	13:06:03
0,299	3,05	0,000	13:06:40
0,419	3,26	0,000	13:07:14
0,499	3,38	0,000	13:07:36
0,597	3,58	0,000	13:08:10



Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1	0,182	1,34	0,421	2,50	46,4	
2	0,179	2,87	0,597	3,58	132,5	2,86

ver. 5-50-3

Vedlegg 15 - Platebelastningstest P8A

Byggherre	
Prosjekt	Gampemyra 2019
Objekt	
Lager	20-120
Profil/meter	P8A - 600
Målepunkt-long/lat	:
Rutenett	
Målepunkt-N;ø	0.0;0.0
Testmetode	DIN 1813-600
Platediameter	600
Jordtype	
CMV	
Platefyller	
Vanninnhold %	
Motvekt	
Været	
Været i går	
Temperatur	
Luftfuktigheten	
Vind	
Prøvetager	

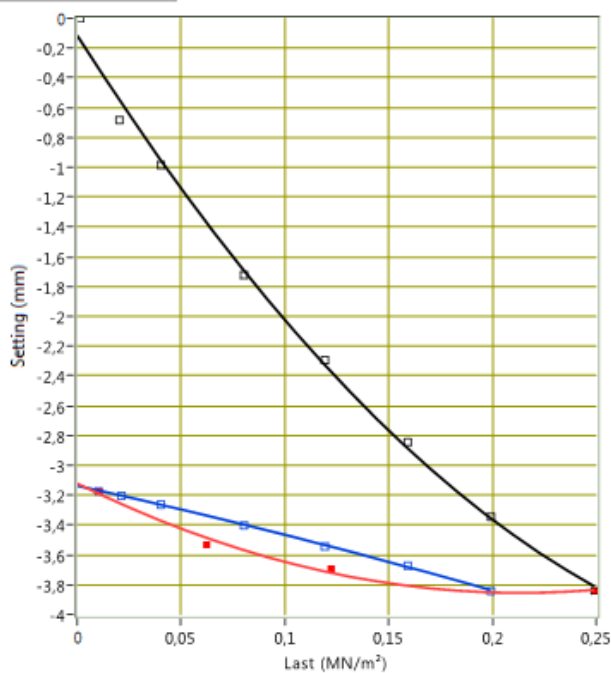


PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7

Statisk
Platebelastningsmåling
DIN 1813-600

Rapport id	
Dato/tid start	2019-03-28 12:27:08
Dato/tid klart	2019-03-28 12:49:09
Utskriftsdato	2019-03-28 12:50:32


Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,001	0,00	0,000	12:27:56
0,020	0,68	0,000	12:30:19
0,040	0,98	0,000	12:31:01
0,080	1,72	0,000	12:31:51
0,119	2,29	0,000	12:32:53
0,159	2,84	0,000	12:34:09
0,199	3,34	0,000	12:35:19
0,249	3,84	0,000	12:36:41
0,122	3,69	0,000	12:39:25
0,062	3,53	0,000	12:40:45
0,010	3,17	0,000	12:43:04
0,021	3,20	0,000	12:45:11
0,040	3,26	0,000	12:45:55
0,080	3,40	0,000	12:46:32
0,119	3,54	0,000	12:47:20
0,159	3,67	0,000	12:48:10
0,199	3,84	0,000	12:49:09



Last nr.	Sigma1max (MN/m ²)	a0 (mm)	a1 [mm/(MN/m ²)]	a2 [mm/(MN/m ²) ²]	Ev [MN/m ²]	Ev2/Ev1
1	0,249	0,277	19,386	-20,320	31,4	
2	0,199	3,134	3,122	2,018	124,1	3,95

ver. 5-50-3

Vedlegg 16 - Platebelastningstest P8C

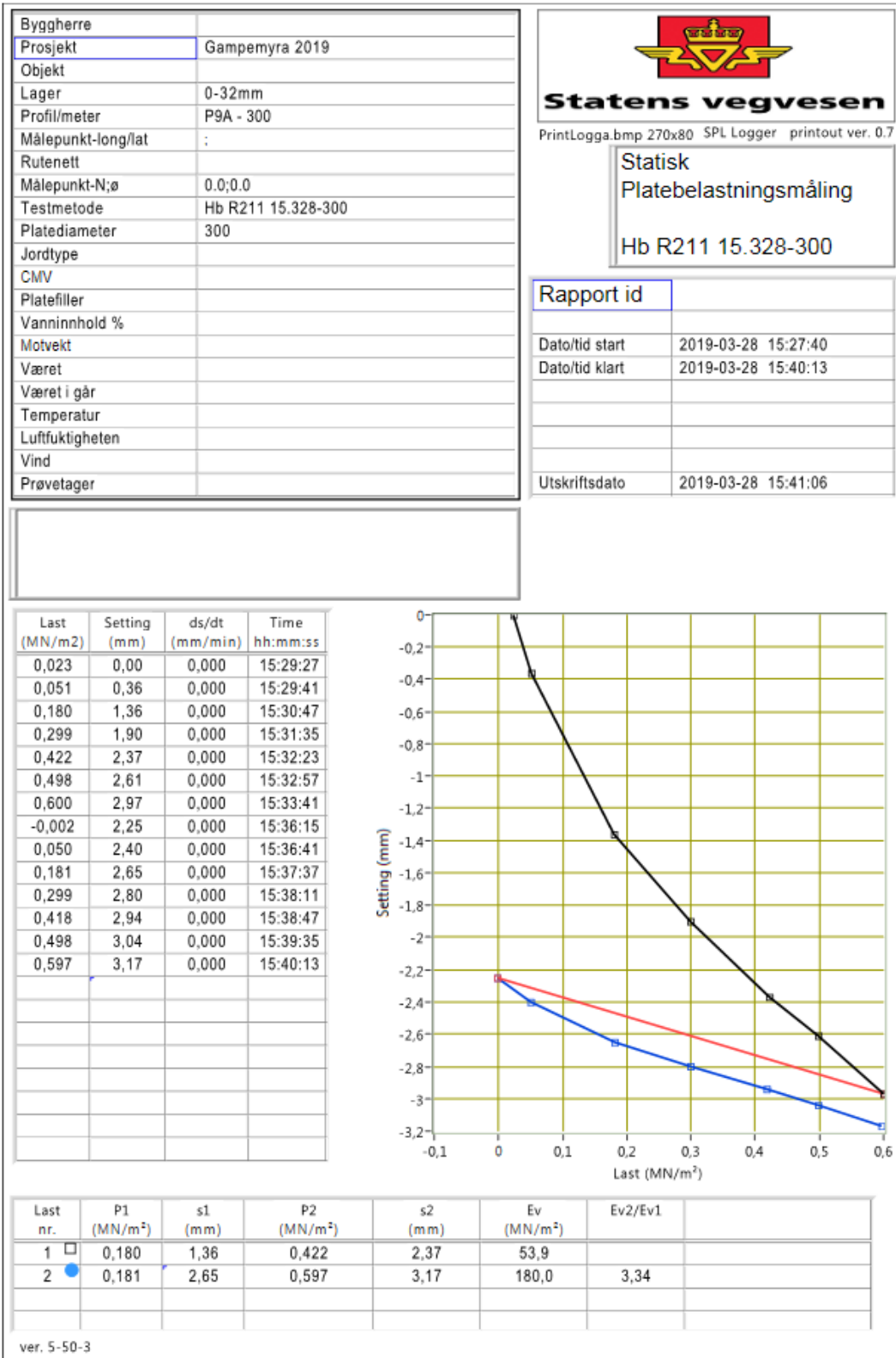
Byggherre				 Statens vegvesen PrintLogga.bmp 270x80 SPL Logger printout ver. 0.7		
Prosjekt	Gampemyra 2019					
Objekt				Statisk Platebelastningsmåling		
Lager	20-120			Hb R211 15.328-300		
Profil/meter	P8C - 300					
Målepunkt-long/lat	:			Rapport id		
Rutenett						
Målepunkt-N;ø	0,0;0,0					
Testmetode	Hb R211 15.328-300			Dato/tid start		
Platediameter	300			Dato/tid klart		
Jordtype						
CMV						
Platefyller						
Vanninnhold %						
Motvekt						
Været						
Været i går						
Temperatur						
Luftfuktigheten						
Vind						
Prøvetager				Utskriftsdato		
				2019-03-28 09:40:56		

Last (MN/m ²)	Setting (mm)	ds/dt (mm/min)	Time hh:mm:ss
0,021	0,00	0,000	09:27:49
0,051	0,26	0,000	09:28:24
0,181	1,76	0,000	09:29:52
0,301	2,84	0,000	09:31:24
0,420	3,56	0,000	09:32:46
0,499	3,93	0,000	09:33:52
0,600	4,34	0,000	09:34:50
-0,003	3,80	0,000	09:37:05
0,056	3,83	0,000	09:37:14
0,182	4,01	0,000	09:37:40
0,300	4,15	0,000	09:38:08
0,419	4,28	0,000	09:38:39
0,498	4,40	0,000	09:39:06
0,600	4,60	0,000	09:39:40

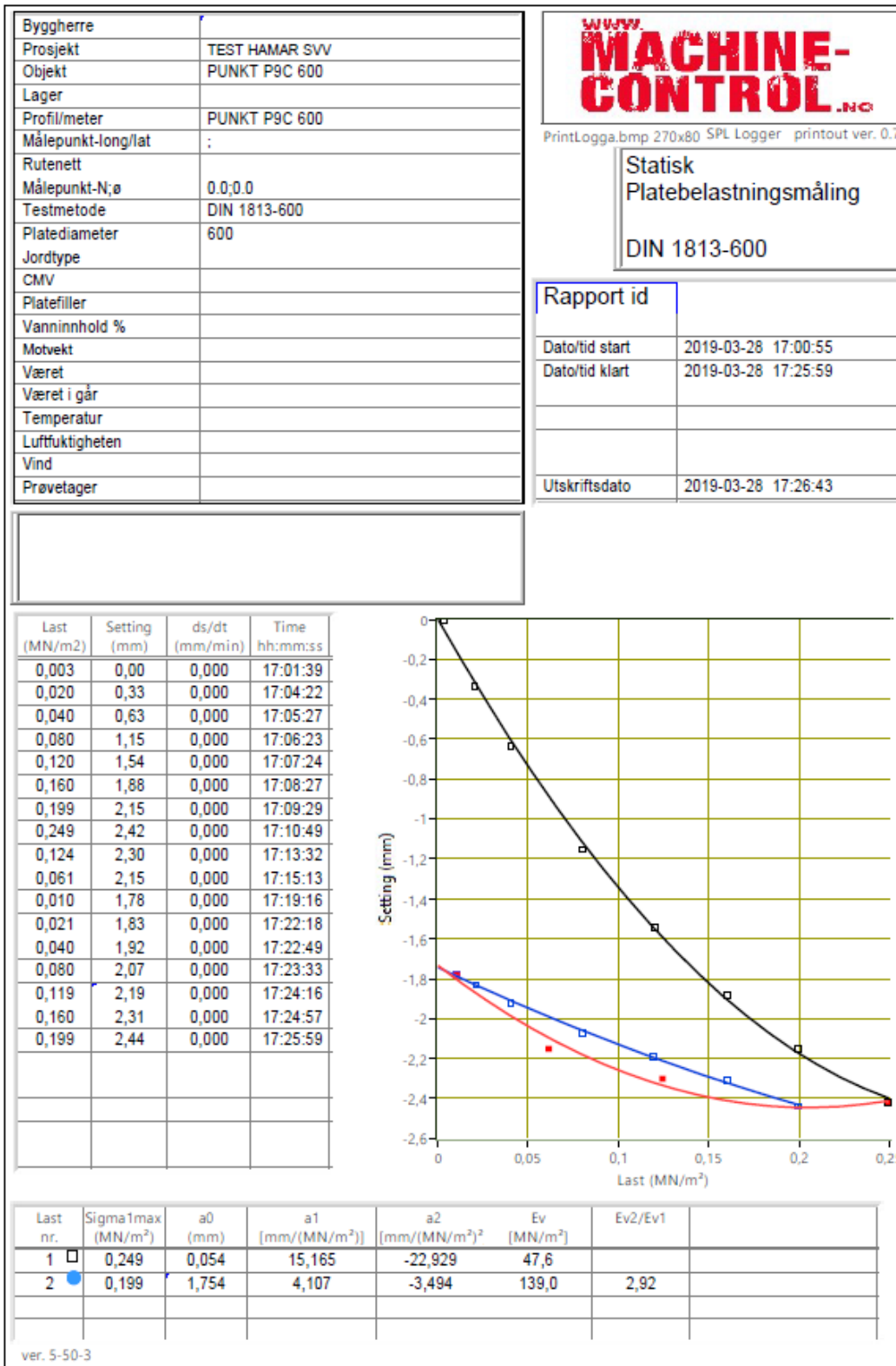
Last nr.	P1 (MN/m ²)	s1 (mm)	P2 (MN/m ²)	s2 (mm)	Ev (MN/m ²)	Ev2/Ev1
1	0,181	1,76	0,420	3,56	29,9	
2	0,182	4,01	0,600	4,60	159,4	5,34

ver. 5-50-3

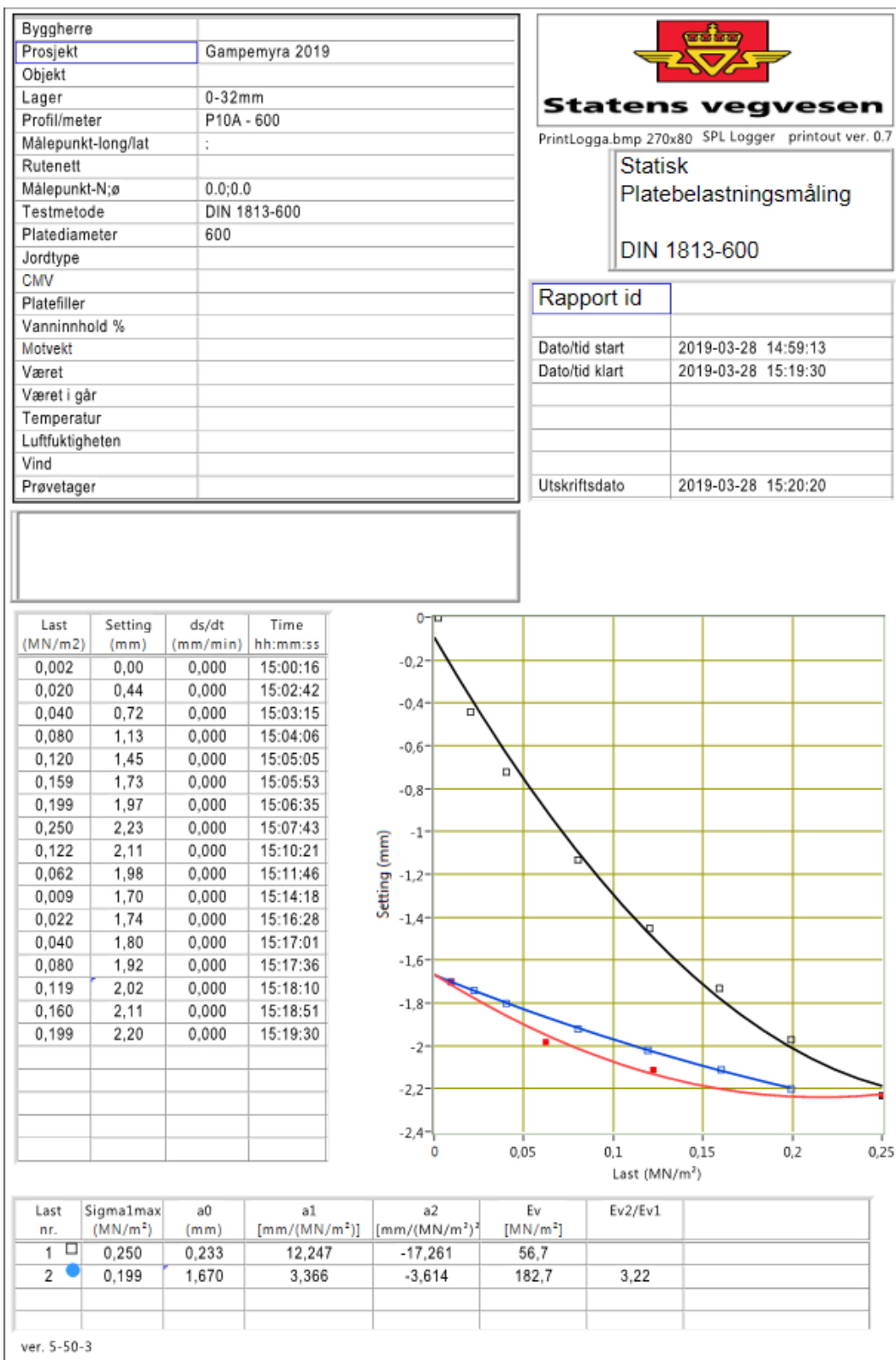
Vedlegg 17 - Platebelastningstest P9A



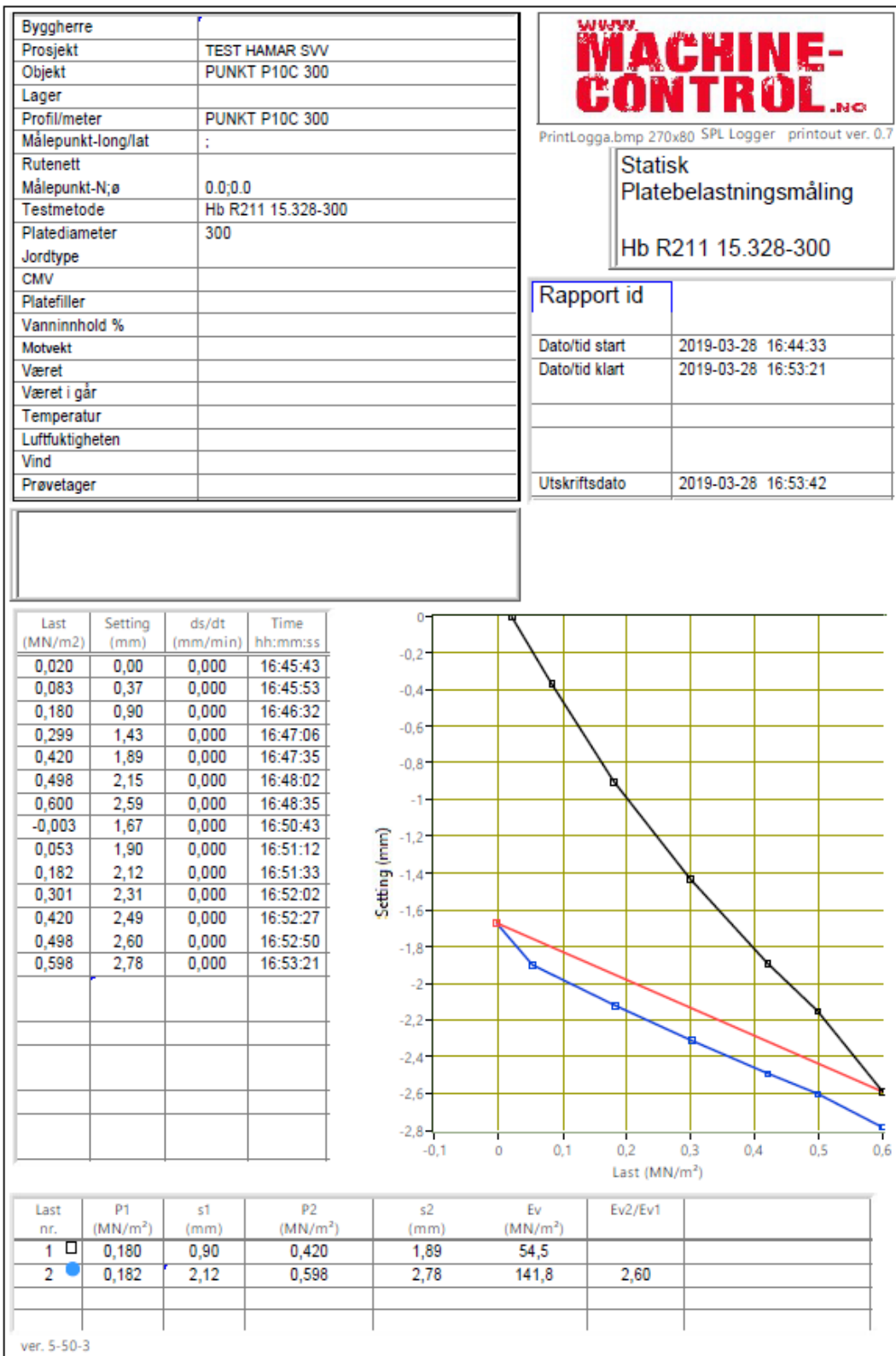
Vedlegg 18 - Platebelastningstest P9C



Vedlegg 19 - Platebelastningstest P10A



Vedlegg 20 - Platebelastningstest P10C



Vedlegg 24 - Utregning resultater

Forsterkningslag 300 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{152,7+124,8+132,5+159,4}{4} = \mathbf{142,35}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = \sqrt{\frac{(152,7-142,35)^2+(124,8-142,35)^2+(132,5-142,35)^2+(159,4-142,35)^2}{4-1}} = \mathbf{16,36}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{3,76+3,77+2,86+5,34}{4} = \mathbf{3,93}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } S = \sqrt{\frac{(3,76-3,93)^2+(3,77-3,93)^2+(2,86-3,93)^2+(5,34-3,93)^2}{4-1}} = \mathbf{1,03}$$

Forkilingslag 300 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{180+141,8+147+165}{4} = \mathbf{158,45}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = \sqrt{\frac{(180-158,45)^2+(141,8-158,45)^2+(147-158,45)^2+(165-158,45)^2}{4-1}} = \mathbf{17,47}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{3,34+2,6+2,8+2,6}{4} = \mathbf{2,84}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } \bar{x} = \sqrt{\frac{(3,34-2,84)^2+(2,6-2,84)^2+(2,8-2,84)^2+(2,6-2,84)^2}{4-1}} = \mathbf{0,35}$$

Frostsikringslag 600 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{160,9+112+144,5+158,8}{4} = \mathbf{144,05}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = \sqrt{\frac{(160,9-144,05)^2+(112-144,05)^2+(144,5-144,05)^2+(158,8-144,05)^2}{4-1}} = \mathbf{22,57}(\text{MN/m}^2)$$

$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{2,61+3,95+1,09+2,11}{4} = \mathbf{2,44}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } S = \sqrt{\frac{(2,61-2,44)^2+(3,95-2,44)^2+(1,09-2,44)^2+(2,11-2,44)^2}{4-1}} = \mathbf{1,19}$$

Forsterkningslag 600 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{151,7+126,8+156,8+124,1}{4} = \mathbf{139,85 \text{ (MN/m}^2\text{)}}$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = \sqrt{\frac{(151,7-139,85)^2+(126,8-139,85)^2+(156,8-139,85)^2+(124,1-139,85)^2}{4-1}} = \mathbf{16,79}$$

(MN/m²)

$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{5,38+3,4+4,76+3,95}{4} = \mathbf{4,37}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } S = \sqrt{\frac{(5,38-4,37)^2+(3,4-4,37)^2+(4,76-4,37)^2+(3,95-4,37)^2}{4-1}} = \mathbf{0,87}$$

Forkilingslag 600 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt Ev2: } \bar{x} = \frac{139+182,7+186,2}{3} = \mathbf{169,30 \text{ (MN/m}^2\text{)}}$$

$$\text{Standardavvik Ev2: } S = S = \sqrt{\frac{(139-169,3)^2+(182,7-169,3)^2+(186,2-169,3)^2}{3-1}} = \mathbf{26,30 \text{ (MN/m}^2\text{)}}$$

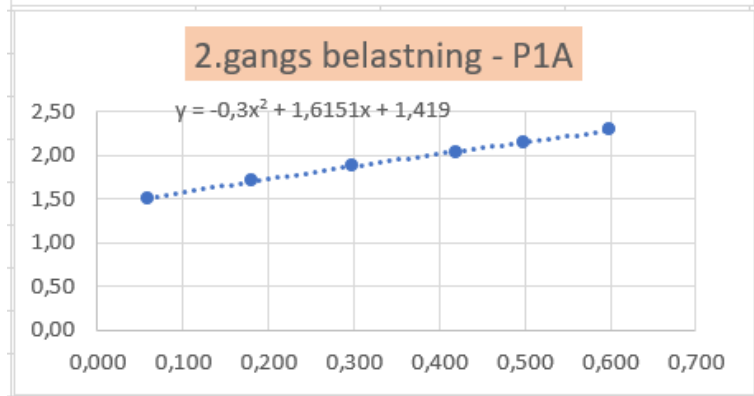
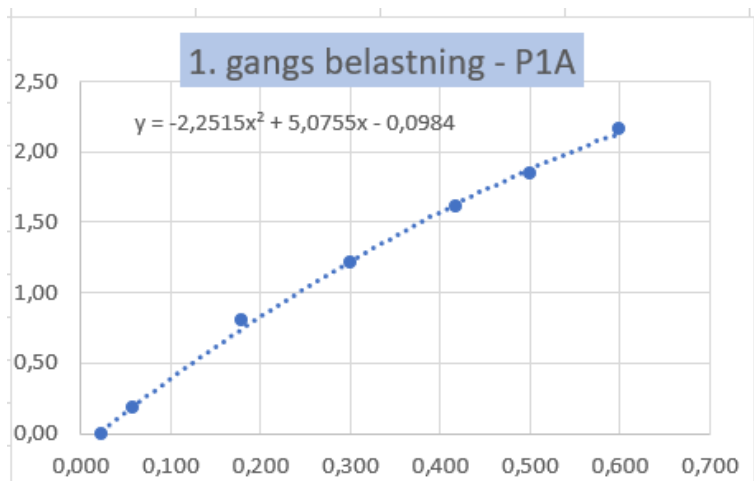
$$\text{Gjennomsnitt Ev2/Ev1: } \bar{x} = \frac{2,92+3,22+3,5}{3} = \mathbf{3,21}$$

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1: } S = \sqrt{\frac{(2,92-3,21)^2+(3,22-3,21)^2+(3,5-3,21)^2}{3-1}} = \mathbf{0,29}$$

Vedlegg 25 - P1A utregnet med DIN-standard

P1A				
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>		
0,023	0,00	o1 max	0,6	
0,058	0,18	a0	-0,0984	
0,180	0,80	a1	5,0755	
0,300	1,21	a2	-2,2515	
0,418	1,61			
0,500	1,85	Ev-1	60,41	
0,599	2,16			
-0,005	1,37	<i>2.gangs belastning</i>		
0,058	1,50	o1 max	0,6	
0,180	1,72	ao	1,419	
0,299	1,88	a1	1,6151	
0,420	2,03	a2	-0,3	
0,499	2,14			
0,599	2,29	Ev-2	156,78	
		Ev2/Ev1	2,60	

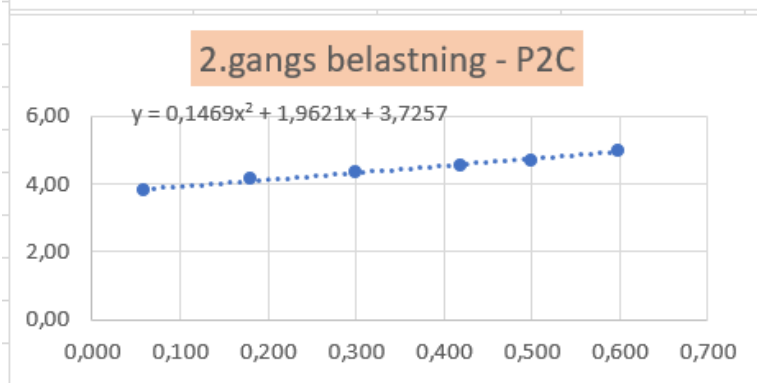
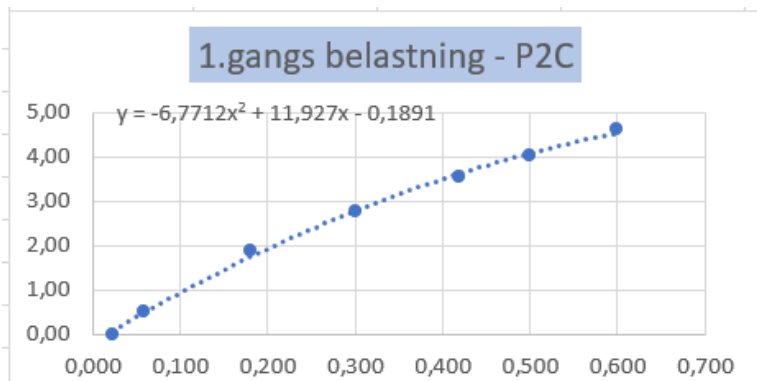
10 og 71 %



10 og 82%

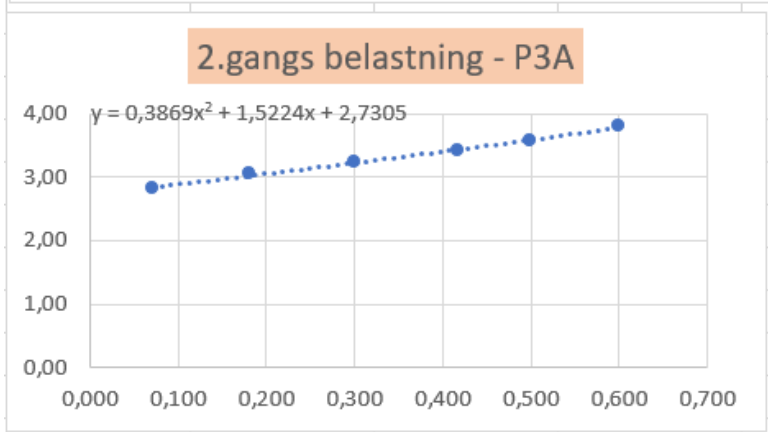
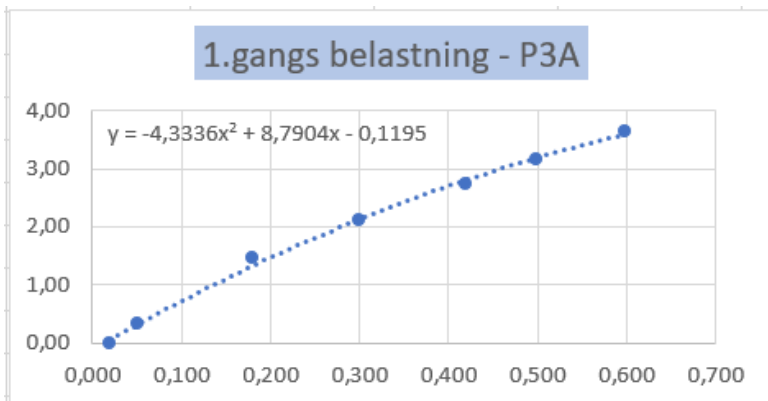
Vedlegg 26 - P2C utregnet med DIN-standard

P2C			
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>	
0,023	0,00	o1 max	0,6
0,058	0,50	a0	-0,1891
0,180	1,89	a1	11,927
0,300	2,75	a2	-6,7712
0,418	3,55		
0,500	4,01	Ev-1	28,61
0,599	4,60		
-0,005	3,46	<i>2.gangs belastning</i>	
0,058	3,81	o1 max	0,6
0,180	4,13	ao	3,7257
0,299	4,35	a1	1,9621
0,420	4,54	a2	0,1469
0,499	4,70		
0,599	4,99	Ev-2	109,74
		Ev2/Ev1	3,84



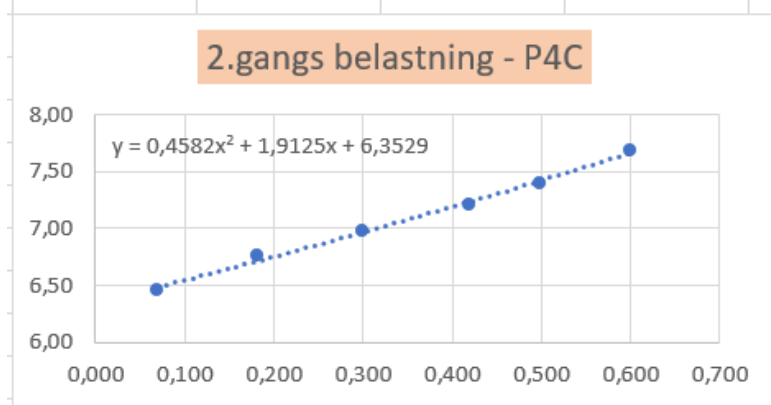
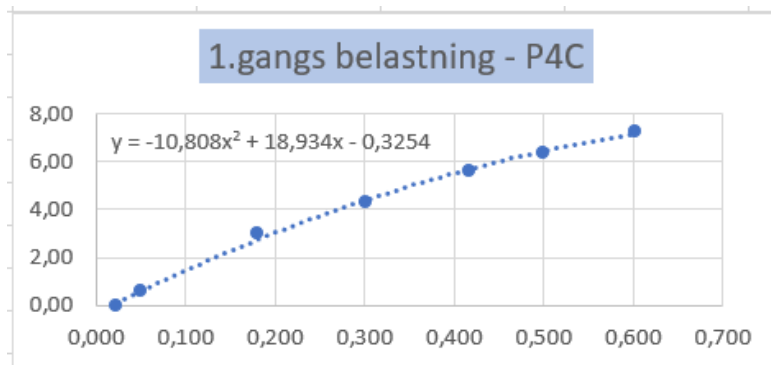
Vedlegg 27 - P3A utregnet med DIN-standard

P3A			
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>	
0,020	0,00	o1 max	0,6
0,051	0,32	a0	-0,1195
0,180	1,45	a1	8,7904
0,300	2,10	a2	-4,3336
0,419	2,74		
0,499	3,15	Ev-1	36,35
0,598	3,64		
-0,004	2,67	<i>2.gangs belastning</i>	
0,071	2,82	o1 max	0,6
0,180	3,05	ao	2,7305
0,299	3,23	a1	1,5224
0,418	3,41	a2	0,3869
0,498	3,57		
0,600	3,80	Ev-2	128,24
		Ev2/Ev1	3,53



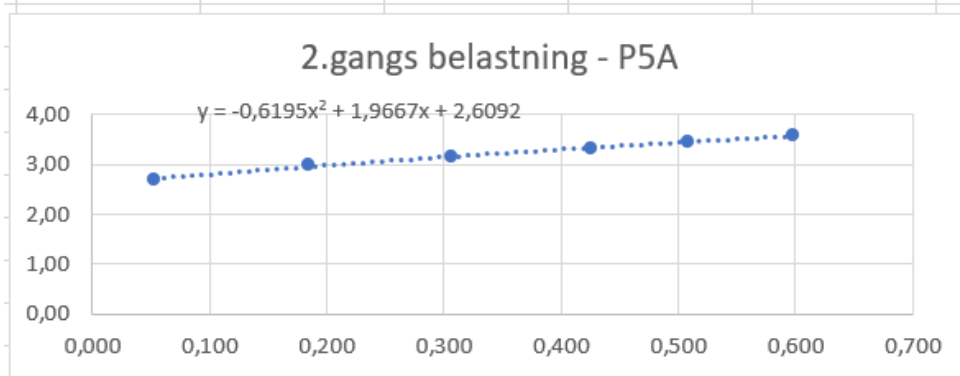
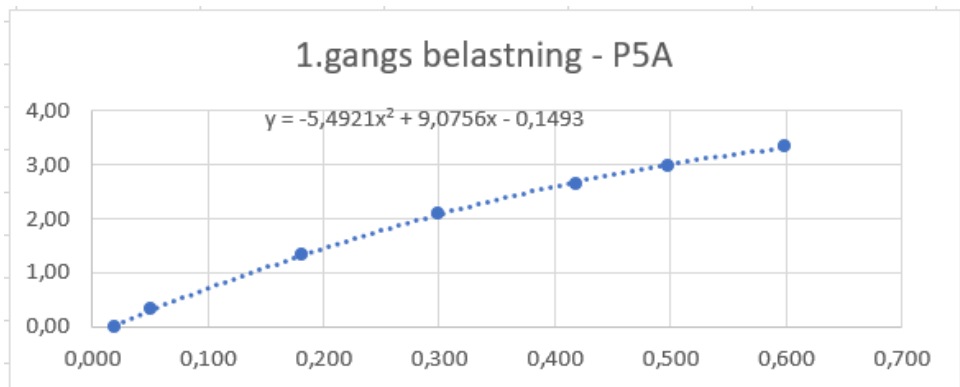
Vedlegg 28 - P4C utregnet med DIN-standard

P4C				
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>		
0,023	0,00	o1 max	0,6	
0,050	0,60	a0	-0,3254	
0,181	3,01	a1	18,934	
0,301	4,28	a2	-10,808	
0,418	5,64			
0,499	6,36	Ev-1	18,07	
0,602	7,24			
-0,004	6,10	<i>2.gangs belastning</i>		
0,069	6,46	o1 max	0,6	
0,182	6,76	ao	6,3529	
0,300	6,98	a1	1,9125	
0,419	7,21	a2	0,4582	
0,499	7,39			
0,599	7,69	Ev-2	102,86	
		Ev2/Ev1	5,69	



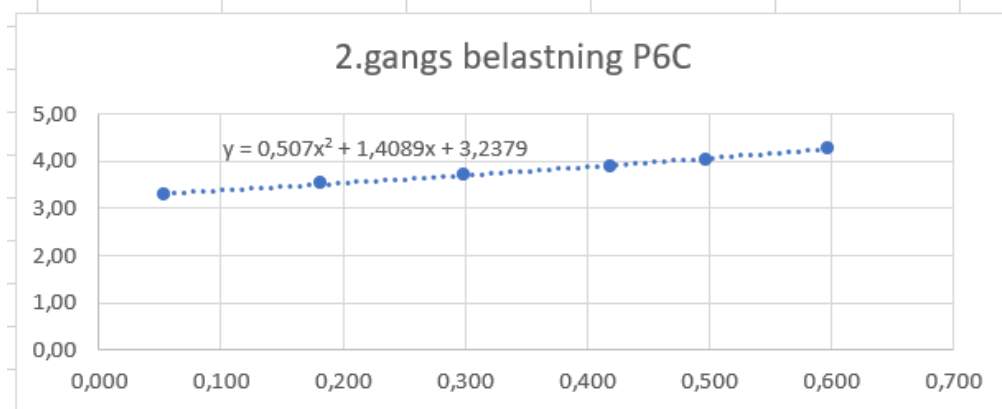
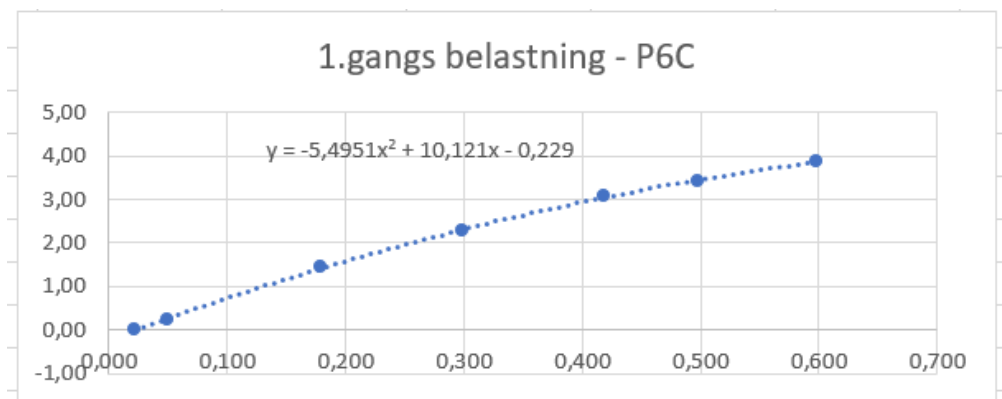
Vedlegg 29 - P5A utregnet med DIN-standard

P5A				
Last MN/m ²	Setning (mm)	1.gangs belastning		
0,020	0,00	o1 max	0,6	
0,051	0,32	a0	-0,1493	
0,181	1,33	a1	9,0756	
0,299	2,10	a2	-5,4921	
0,419	2,65			
0,498	2,99	Ev-1	38,93	
0,599	3,34			
-0,002	2,49	2.gangs belastning		
0,053	2,70	o1 max	0,6	
0,184	2,97	ao	2,6092	
0,306	3,16	a1	1,9667	
0,425	3,32	a2	-0,6195	
0,508	3,43			
0,598	3,58	Ev-2	141,07	
		Ev2/Ev1	3,62	



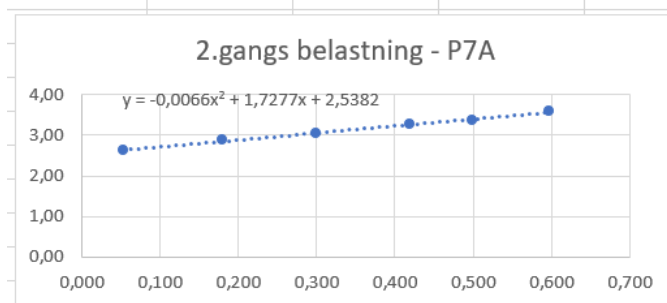
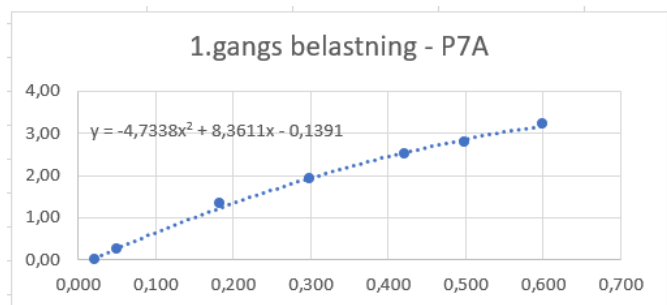
Vedlegg 30 – P6C utregnet med DIN-standard

P6C			
Last MN/m2	Setning (mm)	1.gangs belastning	
0,022	0,00	o1 max	0,6
0,050	0,24	a0	-0,229
0,179	1,44	a1	10,121
0,299	2,28	a2	-5,4951
0,419	3,07		
0,498	3,42	Ev-1	32,97
0,598	3,87		
-0,005	3,19	2.gangs belastning	
0,053	3,30	o1 max	0,6
0,181	3,53	ao	3,2379
0,299	3,72	a1	1,4089
0,419	3,90	a2	0,507
0,498	4,04		
0,597	4,28	Ev-2	131,34
		Ev2/Ev1	3,98



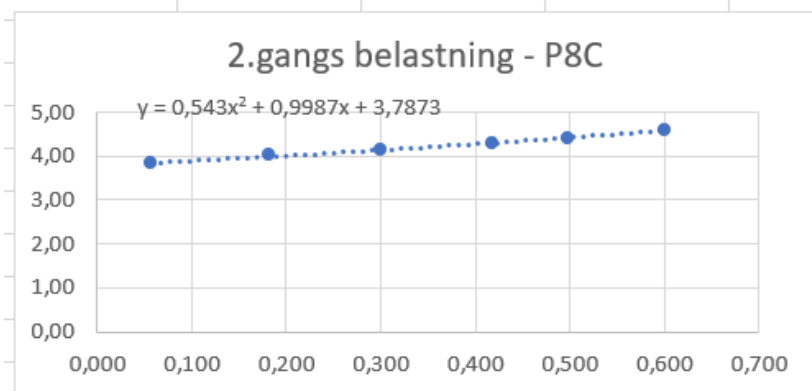
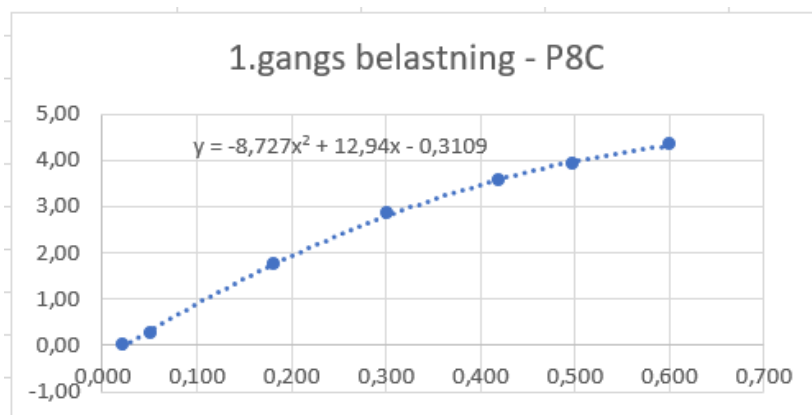
Vedlegg 31 - P7A utregnet med DIN-standard

P7A				
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>		
0,022	0,00	o1 max	0,6	
0,050	0,26	a0	-0,1391	
0,182	1,34	a1	8,3611	
0,299	1,92	a2	-4,7338	
0,421	2,50			
0,499	2,79	Ev-1	40,75	
0,599	3,23			
0,000	2,49	<i>2.gangs belastning</i>		
0,054	2,62	o1 max	0,6	
0,179	2,87	ao	2,5382	
0,299	3,05	a1	1,7277	
0,419	3,26	a2	-0,0066	
0,499	3,38			
0,597	3,58	Ev-2	130,53	
		Ev2/Ev1	3,20	



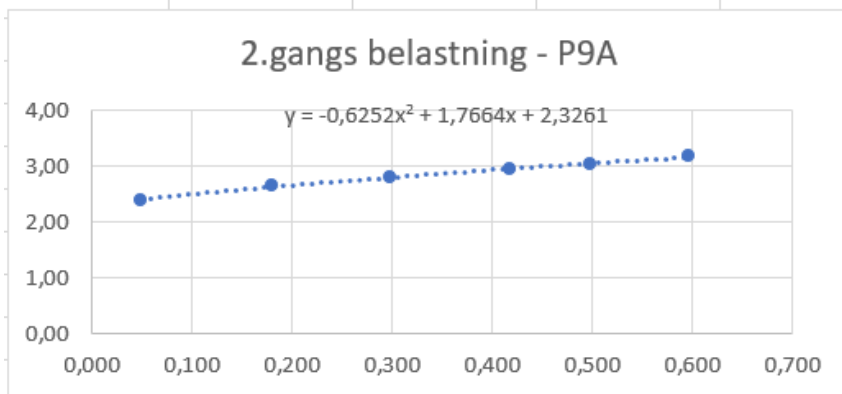
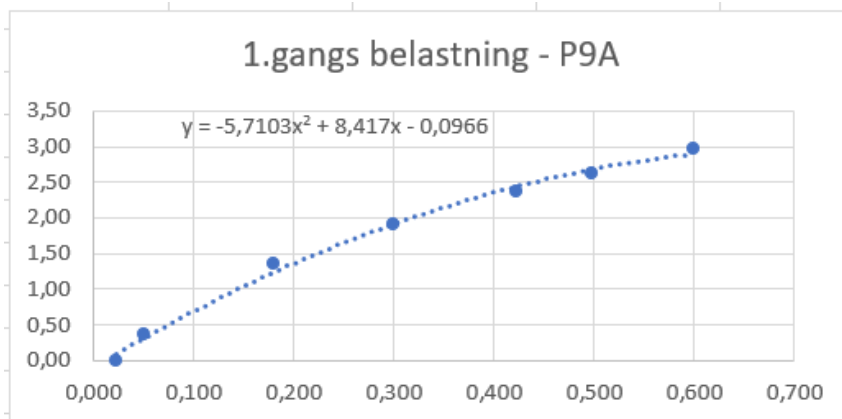
Vedlegg 32 - P8C utregnet med DIN-standard

P8C			
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>	
0,021	0,00	o1 max	0,6
0,051	0,26	a0	-0,3109
0,181	1,76	a1	12,94
0,301	2,84	a2	-8,727
0,420	3,56		
0,499	3,93	Ev-1	29,21
0,600	4,34		
-0,003	3,80	<i>2.gangs belastning</i>	
0,056	3,83	o1 max	0,6
0,182	4,01	ao	3,7873
0,300	4,15	a1	0,9987
0,419	4,28	a2	0,543
0,498	4,40		
0,600	4,60	Ev-2	169,88
		Ev2/Ev1	5,82



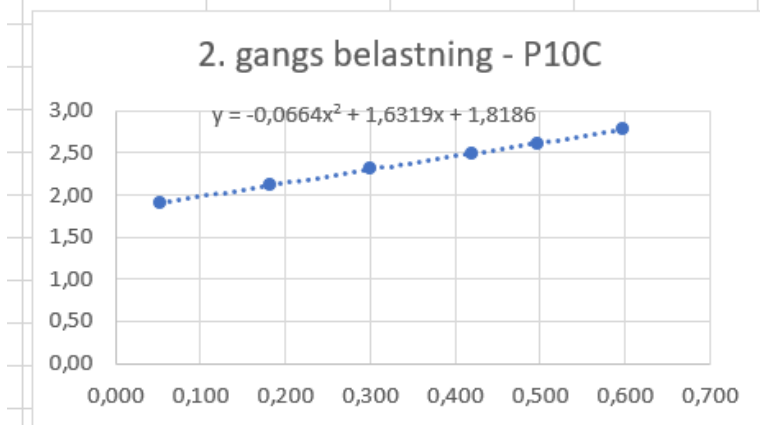
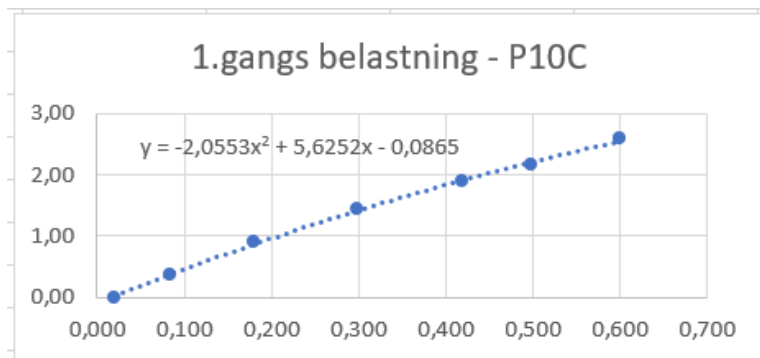
Vedlegg 33 - P9A utregnet med DIN-standard

P9A				
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>		
0,023	0,00	o1 max	0,6	
0,051	0,36	a0	-0,0966	
0,180	1,36	a1	8,417	
0,299	1,90	a2	-5,7103	
0,422	2,37			
0,498	2,61	Ev-1	45,08	
0,600	2,97			
-0,002	2,25	<i>2.gangs belastning</i>		
0,050	2,40	o1 max	0,6	
0,181	2,65	ao	2,3261	
0,299	2,80	a1	1,7664	
0,418	2,94	a2	-0,6252	
0,498	3,04			
0,597	3,17	Ev-2	161,72	
		Ev2/Ev1	3,59	



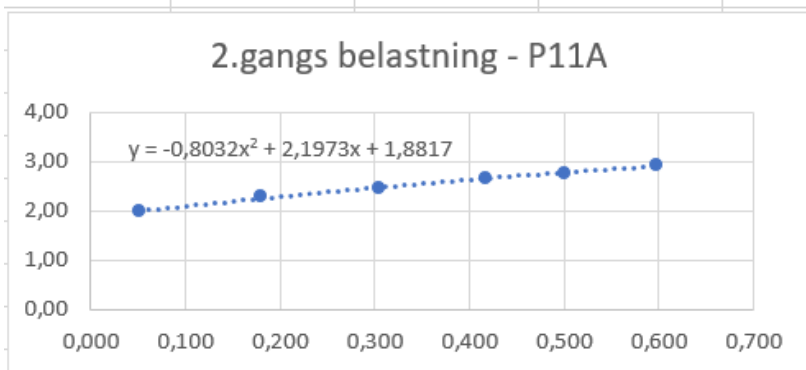
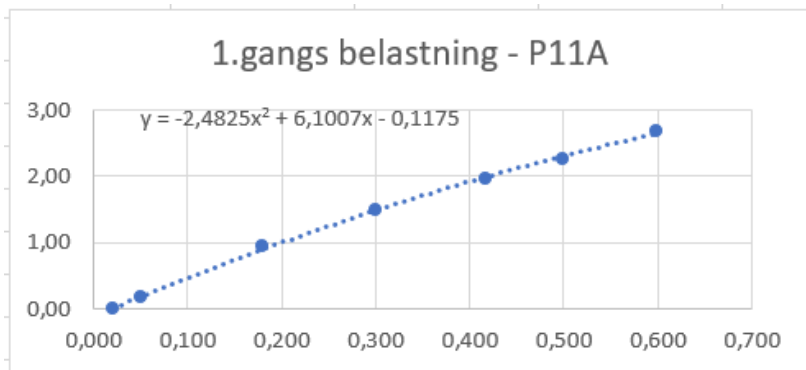
Vedlegg 34 - P10C utregnet med DIN-standard

P10C				
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>		
0,020	0,00	o1 max	0,6	
0,083	0,37	a0	-0,0865	
0,180	0,90	a1	5,6252	
0,299	1,43	a2	-2,0553	
0,420	1,89			
0,498	2,15	Ev-1	51,23	
0,600	2,59			
-0,003	1,67	<i>2.gangs belastning</i>		
0,053	1,90	o1 max	0,6	
0,182	2,12	a0	1,8186	
0,301	2,31	a1	1,6319	
0,420	2,49	a2	-0,0664	
0,498	2,60			
0,598	2,78	Ev-2	141,33	
		Ev2/Ev1	2,76	



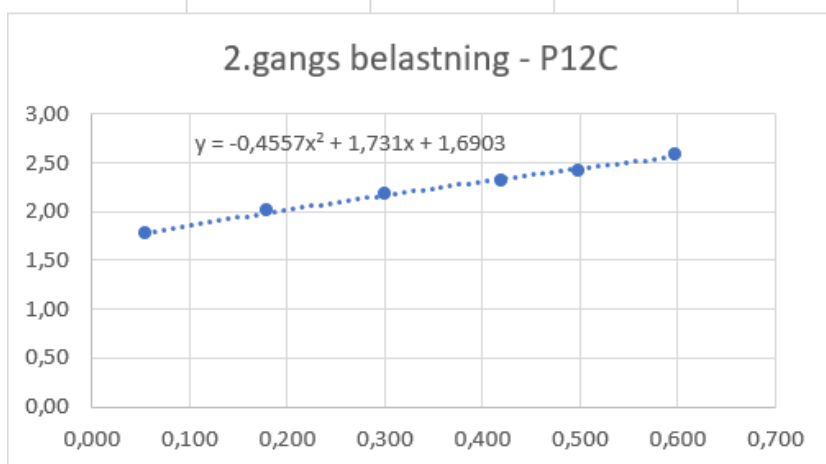
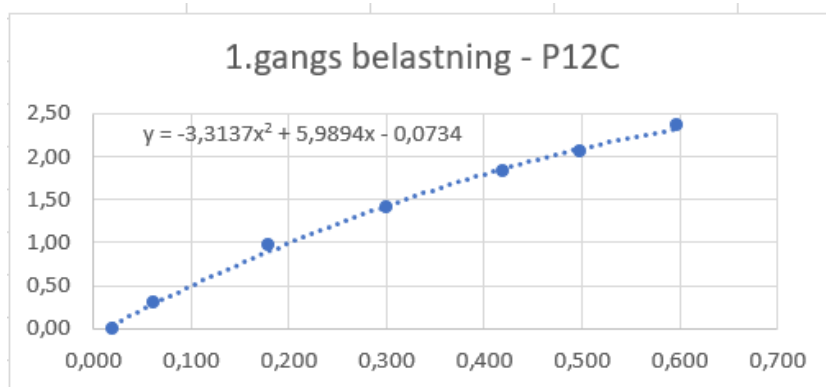
Vedlegg 35 - P11C utregnet med DIN-standard

P11A			
Last MN/m ²	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>	
0,021	0,00	o1 max	0,6
0,051	0,17	a0	-0,1175
0,180	0,95	a1	6,1007
0,300	1,50	a2	-2,4825
0,418	1,97		
0,499	2,27	Ev-1	48,79
0,599	2,68		
-0,003	1,78	<i>2.gangs belastning</i>	
0,052	1,98	o1 max	0,6
0,180	2,28	ao	1,8817
0,304	2,47	a1	2,1973
0,418	2,65	a2	-0,8032
0,501	2,77		
0,598	2,92	Ev-2	131,17
		Ev2/Ev1	2,69



Vedlegg 36 - P12C utregnet med DIN-standard

P12C			
Last MN/m2	Setning (mm)	<i>1.gangs belastning</i>	
0,021	0,00	o1 max	0,6
0,062	0,31	a0	-0,0734
0,180	0,97	a1	5,9894
0,300	1,41	a2	-3,3137
0,420	1,82		
0,499	2,06	Ev-1	56,23
0,598	2,36		
0,003	1,60	<i>2.gangs belastning</i>	
0,055	1,77	o1 max	0,6
0,180	2,01	ao	1,6903
0,301	2,18	a1	1,731
0,419	2,32	a2	-0,4557
0,499	2,42		
0,598	2,58	Ev-2	154,37
		Ev2/Ev1	2,75



Vedlegg 37 - utregning av 300 mm beregnet med tysk metode

Gjennomsnittlig differanse mellom 300 mm norsk og 300 mm tysk metode:

$$Ev1 = \frac{(5,69+3,79+5,35+2,23+1,67+0,13+5,65+0,69+8,82+3,27+3,71+7,27)MN/m^2}{12} = \mathbf{4,02 MN/m^2}$$

$$Ev2 = \frac{(8,62+0,34+2,24+1,96+11,63+6,54+1,97+10,48+18,28+0,47+15,83+10,63)MN/m^2}{12} = \mathbf{7,42 MN/m^2}$$

$$Ev2/Ev1 = \frac{0,10+0,46+0,51+0,71+0,14+0,21+0,34+0,48+0,25+0,16+0,11+0,15}{12} = \mathbf{0,30}$$

Frostsikringslag 300 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2 = \frac{(156,78+109,74+128,24+102,86)MN/m^2}{4} = \mathbf{124,41 MN/m^2}$$

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2/Ev1 = \frac{2,60+3,84+3,53+5,69}{4} = \mathbf{3,91}$$

$$\text{Standardavvik } Ev2 = \sqrt{\frac{(156,78-124,41)^2+(109,74-124,41)^2+(128,24-124,41)^2+(102,86-124,41)^2}{4-1}} = \mathbf{24,1 MN/m^2}$$

$$\text{Standardavvik } Ev2/Ev1 = \sqrt{\frac{(2,60-3,91)^2+(3,84-3,91)^2+(3,53-3,91)^2+(5,69-3,91)^2}{4-1}} = \mathbf{1,3}$$

Forsterkningslag 300 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2 = \frac{(141,07+131,34+130,53+169,88)MN/m^2}{4} = \mathbf{143,2 MN/m^2}$$

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2/Ev1 = \frac{3,62+3,98+3,20+5,82}{4} = \mathbf{4,16}$$

$$\text{Standardavvik } Ev2 = \sqrt{\frac{(141,07-143,2)^2+(131,34-143,2)^2+(130,53-143,2)^2+(169,88-143,2)^2}{4-1}} = \mathbf{18,42 MN/m^2}$$

$$\text{Standardavvik } Ev2/Ev1 = \sqrt{\frac{(3,62-4,16)^2+(3,98-4,16)^2+(3,20-4,16)^2+(5,82-4,16)^2}{4-1}} = \mathbf{1,15}$$

Forkilingslag 300 mm plate:

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2 = \frac{(161,72+141,33+131,17+154,37)MN/m^2}{4} = \mathbf{147,14 MN/m^2}$$

$$\text{Gjennomsnitt } Ev2/Ev1 = \frac{3,59+2,76+2,69+2,75}{4} = \mathbf{2,94}$$

$$\text{Standardavvik Ev2} = \sqrt{\frac{(161,72-147,14)^2+(141,33-147,14)^2+(131,37-147,14)^2+(154,37-147,14)^2}{4-1}} =$$

13,58 MN/m²

$$\text{Standardavvik Ev2/Ev1} = \sqrt{\frac{(3,59-2,94)^2+(2,76-2,94)^2+(2,69-2,94)^2+(2,75-2,94)^2}{4-1}} = \mathbf{0,4}$$

Vedlegg 38 - P1A utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

P1A	
Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
0	
20	
23	0,00
58	0,18
180	0,80
300	1,21
418	1,61
500	1,85
599	2,16
-5	1,37
58	1,50
180	1,72
299	1,88
420	2,03
499	2,14
599	2,29
0	1,32

1. gangs belastning:		2. gangs belastning:	
$\Delta p = 600 - 180$	419 kPa	$\Delta p = 600 - 180$	419 kPa
$\Delta s =$	0,00136 m	$\Delta s =$	0,00057 m
$E_1 =$	69 MPa	$E_2 =$	165 MPa
$E_1 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{418}{0,00219} 0,3 =$		69,3 MPa	
$E_2 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{420}{0,0009} 0,3 =$		165,4 MPa	
$E_2/E_1 =$		2,4	

Vedlegg 39 – P2C utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

P2C	
Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
0	
20	
23	0,00
58	0,50
180	1,89
300	2,75
418	3,55
500	4,01
599	4,60
-5	3,46
58	3,81
180	4,13
299	4,35
420	4,54
499	4,70
599	4,99
0	1,32

1. gangs belastning:		2. gangs belastning:	
$\Delta p = 600 - 180$	419 kPa	$\Delta p = 600 - 180$	419 kPa
$\Delta s =$	0,00271 m	$\Delta s =$	0,00086 m
$E_1 =$	35 MPa	$E_2 =$	110 MPa
$E_1 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{418}{0,00219} 0,3 =$		34,8 MPa	
$E_2 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{420}{0,0009} 0,3 =$		109,6 MPa	
$E_2/E_1 =$		3,2	

Vedlegg 40 - P3A utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

P3A	
Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
0	
20	
20	0,00
51	0,32
180	1,45
300	2,10
419	2,74
499	3,15
598	3,64
-4	2,67
71	2,82
180	3,05
299	3,23
418	3,41
498	3,57
600	3,80
0	1,32


1. gangs belastning:		2. gangs belastning:	
$\Delta p = 600 - 180$	418 kPa	$\Delta p = 600 - 180$	420 kPa
$\Delta s =$	0,00219 m	$\Delta s =$	0,00075 m
$E_1 =$	43 MPa	$E_2 =$	126 MPa
$E_1 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{418}{0,00219} 0,3 =$		42,9 MPa	
$E_2 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{420}{0,0009} 0,3 =$		126,0 MPa	
$E_2/E_1 =$		2,9	

Vedlegg 41 - P4C utregnet med norsk metode gjort om til full belastning

P4C	
Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
0	
20	
23	0,00
50	0,60
181	3,01
301	4,28
418	5,64
499	6,36
602	7,24
-4	6,10
69	6,46
182	6,76
300	6,98
419	7,21
499	7,39
599	7,69
0	1,32

1. gangs belastning:		2. gangs belastning:	
$\Delta p = 600 - 180$	421 kPa	$\Delta p = 600 - 180$	417 kPa
$\Delta s =$	0,00423 m	$\Delta s =$	0,00093 m
$E_1 =$	22 MPa	$E_2 =$	101 MPa
$E_1 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{418}{0,00219} 0,3 =$		22,4 MPa	
$E_2 = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D = 0,75 \frac{420}{0,0009} 0,3 =$		100,9 MPa	
$E_2/E_1 =$		4,5	

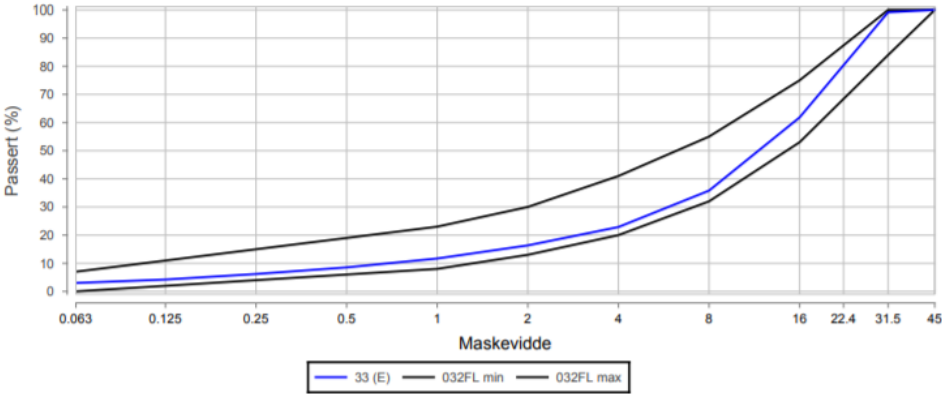
Vedlegg 42 – Korngradering 0/32 FK ferdig utlagt og komprimert

	GUNNAR HOLTH GRUSFORRETNING AS	Korngradering	SKANSKA Norge AS
Oppdragsnr.	437180001	Oppdragsnavn	SKANSKA 245556 RV 3/25
Prosjektnummer		Prosjektnavn	Test
Ansvarsområde		Ansvarlig	

Prøvedata	
Prøvenr	33 _(E)
Uttatt dato	02.04.2019
Uttatt kl.	
Uttakssted	Produksjonsted
Analysetype	Våtsikt
Massetak	
Består av	Knust fjell
Grenseverdir.	032FL
Vegnr/HP	
Meter/°profil	
Avstand høyre kant	
Dybde	-
Vanninnhold (%)	2.6
Vannabsorpsjon (%)	
Humus (Glødetap)	
Fraksjon (mm)	0.0 - 31.5
Overstørrelse	0.8
Understørrelse	
% <63µm av <delsikt	3.7 (22,4 mm)
% <20µm av <delsikt	
Finstoffinnhold f	3.0
Godkjent siktekurve	Ja

Siktedata - Passert (%)												
Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	16	22.4	31.5	45
33 _(E)	3.0	4.2	6.2	8.5	11.7	16.3	22.9	35.8	61.8	80.4	99.2	100.0


Sand			Grus		
Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov




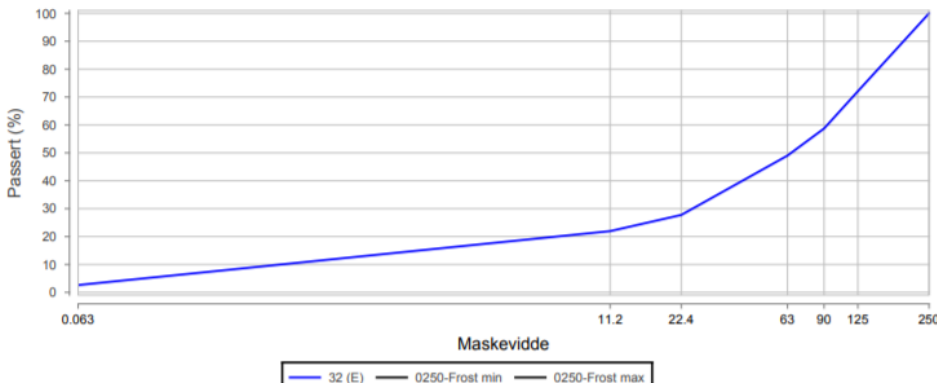
Pr.nr	Vegnr	Meter/°profil	HP	Avst.hk.	Dybde(m)	Jordart	Cu (° = Cu/70)	TG
33 _(E)					-		22.1	

Sted: Sørli

Dato: 4/4-19

Signatur: 

Vedlegg 45 – Korngradering 0/300 ferdig utlagt og komprimert

 GUNNAR HOLTH GRUSFORRETNING AS		SKANSKA Norge AS																	
Korngradering																			
Oppdragsnr.	437180001	Oppdragsnavn	SKANSKA 245556 RV 3/25																
Prosjektnummer		Prosjektnavn	Vips: 13000																
Ansvarsområde		Ansvarlig	Pel: 16750																
Prøvedata																			
Prøvenr	32(E)																		
Uttatt dato	02.04.2019																		
Uttatt kl.																			
Uttakssted	Produksjonsted																		
Analysetype	Våtsikt																		
Massetak																			
Består av	Knust fjell																		
Grenseverdinr.	0250-Frost																		
Vegnr/HP																			
Meter*/profil																			
Avstand høyre kant																			
Dybde	-																		
Vanninnhold (%)	3.6																		
Vannabsorpsjon (%)																			
Humus (Glødetap)																			
Fraksjon (mm)	0.0 - 250.0																		
Overstørrelse	0.0																		
Understørrelse																			
% <63µm av <delsikt	9.4 (22,4 mm)																		
% <20µm av <delsikt																			
Finstoffinnhold f	2.6																		
Godkjent siktekurve	Ja																		
Siktedata - Passert (%)																			
	µm	mm																	
Pr.nr.	63	11.2	22.4	63	90	125	250												
32(E)	2.6	21.9	27.8	49.0	58.7	72.1	100.0												
f90=4,4 %																			
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="3">Sand</td> <td colspan="3">Grus</td> </tr> <tr> <td>Fin</td> <td>Middels</td> <td>Grov</td> <td>Fin</td> <td>Middels</td> <td>Grov</td> </tr> </table>						Sand			Grus			Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov		
Sand			Grus																
Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov														
																			
Pr.nr	Vegnr	Meter*/profil	HP	Avst.hk.	Dybde(m)	Jordart	Cu (* = Cu75)	TG											
32(E)					-		203.7												
Sted: <u>Sørli</u>				Dato: <u>4/4-19</u>		Signatur: 