



Test af tryk under dæk

Opmåling af kontaktfladeareal under dæk og beregning af specifikt tryk i kontaktfladearealet

Test af tryk under dæk

Af Jørgen Pedersen, AgroTech

AgroTech

- Institut for Jordbrugs- og FødevarerInnovation

Om AgroTech

AgroTech er et Godkendt Teknologisk Serviceinstitut, der tilbyder forskningsbaseret rådgivning og teknologiske serviceydelser. AgroTech binder forskning og erhvervsliv sammen og skaber grøn udvikling, styrket innovation og konkurrencekraft i jordbrugs- og fødevarersektoren.

Vores strategiske fokusområder er:

- Biomasse og bioenergi
- Fødevarerinnovation
- Grønne livsmiljøer
- Miljøteknologi
- Planteteknologi.

Med dette fokus bidrager vi til en grøn omstilling i den danske jordbrugs- og fødevarersektor. Vi stiller en omfattende teknologisk infrastruktur til rådighed, og vi arbejder professionelt med innovationsprocesser og projektledelse.

Vi har ca. 90 medarbejdere på hovedkontoret i Agro Food Park ved Aarhus og i afdelingen på Københavns universitets campus i Taastrup.

Vi offentliggør løbende nyt om projekter, nye samarbejdspartnere, nye rapporter med mere på vores hjemmeside. Hold dig opdateret ved at tilmelde dig vores nyhedsbrev på www.agrotech.dk

Aarhus 2014

Thomas B. Olsen
Adm. direktør

INDHOLD

1. Sammendrag	5
2. Formål.....	6
3. Metode og materialer	7
Målte og beregnede størrelser	7
Testede dækstørrelser.....	7
Niveauer for hjullast og dæktryk.....	8
Beregninger	8
Testens gennemførelse.....	8
4. Resultater af måling kontaktfladeareal.....	9
5. Sammenligning af dækaftryk i mel	10
6. Dækribbernes arealandel på gyllevogsdæk	13
7. Kørsel på vejkant med gyllevogn	14
8. Bilag	17

1. SAMMENDRAG

Der er foretaget undersøgelse af to gyllevogndæks og ét lastvognstrailerdæks trædefladeareal (cm²) og specifikke kontaktfladetryk (kg/cm²) på fast underlag. De undersøgte dæk var:

- **710/55x34** – gyllevogn (dækbredde: 71 cm, dækhøjde: 164 cm)
- **800/60x32** – gyllevogn (dækbredde: 80 cm, dækhøjde: 177 cm)
- **385/65-22.5** – lastvognstrailer (dækbredde: 38,5 cm, dækhøjde: 107 cm)

For de to gyllevogndæks vedkommende er undersøgelsen foretaget ved tre forskellige niveauer for hjulvægt (4, 5 og 6 tons) i kombination med fire forskellige niveauer for dæktryk (2,0, 2,5, 3,0 og 3,5 bar). Lastvognstrailerdækket er undersøgt ved hjulvægt 4,0 tons og 3,75 tons.

Undersøgelsen viste, at:

- Ved hjullast på ca. 4 tons er det specifikke kontaktfladetryk under gyllevogndæk ca. 40 til 60 % af det specifikke kontaktfladetryk under et lastvognstrailerdæk (i.e. 40 % ved 2,0 bar og 60 % ved 3,5 bar dæktryk i gyllevogndækkene)
- Ved en hjullast på ca. 6 tons og 3,0 bar dæktryk i gyllevogndækkene er det specifikke kontaktfladetryk under gyllevogndækkene ca. 50 til 65 % af det specifikke kontaktfladetryk under lastvognstrailerdæk med hjullast på ca. 4 tons
- Ved en hjullast på ca. 6 tons og 3,5 bar dæktryk i gyllevogndækkene er det specifikke kontaktfladetryk under gyllevogndækkene ca. 60 til 80 % af det specifikke kontaktfladetryk under lastvognstrailerdæk med hjullast på ca. 4 tons
- Gyllevogndækket 800/60x32 har noget lavere specifikt kontaktfladetryk end dækket 710/55x34.
- Kørsel parallelt med kanten af asfaltvej med kun en del af gyllevogndækkets bredde kørende på asfalten og den øvrige del af dækkets bredde kørende på rabatten ved siden af vejen belaster tilsyneladende ikke vejkanten med større specifikt kontaktfladetryk under dækket, end når dækket kører med sin fulde bredde på asfaltvejen.
- Opmåling af ribbeareal viste, at ribberne udgør ca. 40 % af dækoverfladen på gyllevogndækket 710/55x34 og ca. 50 % af arealet på gyllevogndækket 800/60x32.

2. FORMÅL

Formålet med testen har været at fremskaffe tal for specifikt tryk (kg/cm^2) under dæk på almindelige gyllevogne og under dæk på lastvognstrailere under normale driftsforhold. Testen var målrettet mod at vise, hvad trykket er under dækkene ved kørsel på fast underlag, dvs. asfaltvej.

Hvad angår dækkene på gyllevognene skulle testen vise, hvad variation i hjullast og lufttryk i dækkene (dæktryk) betyder for det specifikke tryk under dækkene.

3. METODE OG MATERIALER

Målte og beregnede størrelser

Det specifikke tryk under de testede dæk er beregnet på grundlag af to målte faktorer:

- Hjullast (kg)
- Kontaktfladeareal mellem dæk og underlag.

Hjulasten er målt med Haenni vægt.

Kontaktfladearealet er målt ved hjælp af den såkaldte meltest. Først strøes almindeligt bagemel omkring - og så vidt muligt ind under - dækket. Dernæst rulles dækket enten frem eller tilbage, og der fremkommer et aftryk på gulvet efter dækkets ribber, se bilag (bilag). Melet har ikke kunnet lægge sig under ribberne, når disse rører ved jorden, og dermed bærer hjulet og den tilknyttede last. Arealet af ribbernes aftegning på gulvet er hjulets kontaktfladeareal med gulvet.

Arealet af hjulets berøring af det faste underlag er hermed defineret som dækmønstrerets (negative) aftegning på det melbestrøede gulv. Aftegningerne i melet er fotograferet med digitalkamera, og billederne er analyseret ved hjælp af programmet R. Ved hjælp af mus og cursor er dækribbernes kontaktflader og 40 cm-målestokken markeret, hvorefter arealet er beregnet i programmet.

Billederne er forsynet med mærkeplade, der anfører:

- Hvilket dæk der er afmærket i melet
- Hjulbelastningen
- Dæktrykket

Desuden er der to målestokke på billederne af hensyn til arealopmålingen efterfølgende.

De analyserede billeder er mærket med det opmålte areal.

I bilaget er vist udvalgte billeder af melaftegnede dækaftryk og eksempler på arealanalyserede billeder.

Testede dækstørrelser

Der er foretaget test på to dækstørrelser på gyllevogne og en dækstørrelse på lastvognstrailere. De testede dækstørrelser er:

- 710/55x34 - gyllevogn (dækbredde: 71 cm, dækhøjde: 164 cm)
- 800/60x32 - gyllevogn (dækbredde: 80 cm, dækhøjde: 177 cm)
- 385/65-22.5 - lastvognstrailer (dækbredde: 38,5 cm, dækhøjde: 107 cm)

Dækstørrelsen 710/55x34 var monteret på en Samson PG 25 gyllevogn med tre aksler og ens dækstørrelse og dækfabrikat på alle seks hjul. En supplerende test af den pågældende dækstørrelse (og samme dækfabrikat) ved hjullastniveauet 4 tons er gennemført med anvendelse af en to-akslet Kaweco gyllevogn.

Dækstørrelsen 800/60x32 var monteret på en Samson PG 27 gyllevogn med tre aksler og ens dækstørrelse på alle seks hjul.

Dækstørrelsen 385/65-22.5 var monteret på henholdsvis en 3-akslet og en 4-akslet lastvognstrailer med ens dækstørrelse på alle seks/otte hjul.

Målingerne af kontaktfladearealet er udført på hjul siddende på venstre side og på bagste aksel af gyllevogn/trailer. Dog er de supplerende målinger, der er gennemført med anvendelse af den to-akslede Kaweco gyllevogn (se ovenfor), foretaget på hjul siddende på forreste aksel og venstre side af vognen.

Niveauer for hjullast og dæktryk

For de to gyllevogndæk er kontaktfaldefladearealet opmålt ved tre forskellige hjullastniveauer og fire forskellige niveauer for lufttryk i dækkene (dæktryk).

Hjullast:

- 4 tons
- 5 tons
- 6 tons

Dæktryk:

- 2,0 bar
- 2,5 bar
- 3,0 bar
- 3,5 bar

Hvad angår lastvognstrailerdækket er kontaktfaldefladearealet opmålt ved henholdsvis 4,0 tons og 3,75 tons, svarende til den lovlige hjullast for henholdsvis 3- og 4 akslede lastvognstrailere. Dæktrykket på lastvognstrailerne er ikke reguleret i testen, men blot målt, se målte størrelser i tabellen i resultatafsnittet.

Beregninger

Det specifikke tryk under de testede dæk er defineret som forholdet mellem hjullasten og kontaktfaldefladeareal, dvs. kg/cm^2 .

Testens gennemførelse

Testen er gennemført tirsdag den 17. juni, 2014 ved Kni Maskinstation ved Ørum på Djursland. Onsdag den 2. juli, 2014 er der gennemført supplerende målinger af kontaktfaldefladeareal under 710/55x34 dæk ved 4 tons hjullast, ligeledes ved Kni Maskinstation.

4. RESULTATER AF MÅLING KONTAKTFLADEAREAL

Målte størrelser og beregninger er anført i tabellerne her nedenfor.

I tabel 1 og 2 viser de to kolonner til højre forholdet (i %) mellem gyllevognsdækkets kontaktfladetryk og lastvognstrailerdækkets (3- og 4-aksler) kontaktfladetryk.

Tabel 1. Gyllevogns- dæk 710/55x34				Kontaktfladetryk % af lastvognstrailer- dæk	
Hjullast ton	Dæk- tryk bar	Kontakt- flade cm ²	Kontaktflade- tryk kg/cm²	3 aksler	4 aksler
4,0*	2,0	972,0	4,1	45,8	49,4
5,0	2,0	1214,0	4,1	46,4	50,1
6,4	2,0	1379,1	4,6	51,8	56,0
4,0*	2,5	878,4	4,5	50,6	54,7
5,0	2,5	1045,2	4,8	53,9	58,2
6,4	2,5	1297,0	4,9	55,1	59,5
4,0*	3,0	781,6	5,1	56,9	61,5
5,0	3,0	976,9	5,1	57,6	62,3
6,4	3,0	1177,1	5,4	60,7	65,6
4,0*	3,5	795,3	5,0	55,9	60,4
5,0	3,5	880,7	5,7	63,9	69,1
6,4	3,5	975,9	6,5	73,3	79,1

*: Ved hjullasten 4,0 tons er kontaktfladearealet et gennemsnit af to målinger ved hvert dæktryk.

Tabel 2. Gyllevogns- dæk 800/60x32				Kontaktfladetryk % af lastvognstrailer- dæk	
Hjullast ton	Dæk- tryk bar	Kontakt- flade cm ²	Kontaktflade- tryk kg/cm²	3 aksler	4 aksler
4,1	2,0	1145,9	3,6	40,3	43,5
4,9	2,0	1499,8	3,3	36,8	39,7
6,3	2,0	1788,5	3,5	39,3	42,5
4,1	2,5	1065,6	3,8	43,3	46,8
4,9	2,5	1242,0	3,9	44,4	48,0
6,3	2,5	1750,5	3,6	40,2	43,4
4,1	3,0	866,5	4,7	53,3	57,5
4,9	3,0	1050,1	4,7	52,5	56,8
6,3	3,0	1410,9	4,4	49,9	53,9
4,1	3,5	827,3	5,0	55,8	60,3
4,9	3,5	930,5	5,3	59,3	64,0
6,3	3,5	1200,6	5,2	58,6	63,3

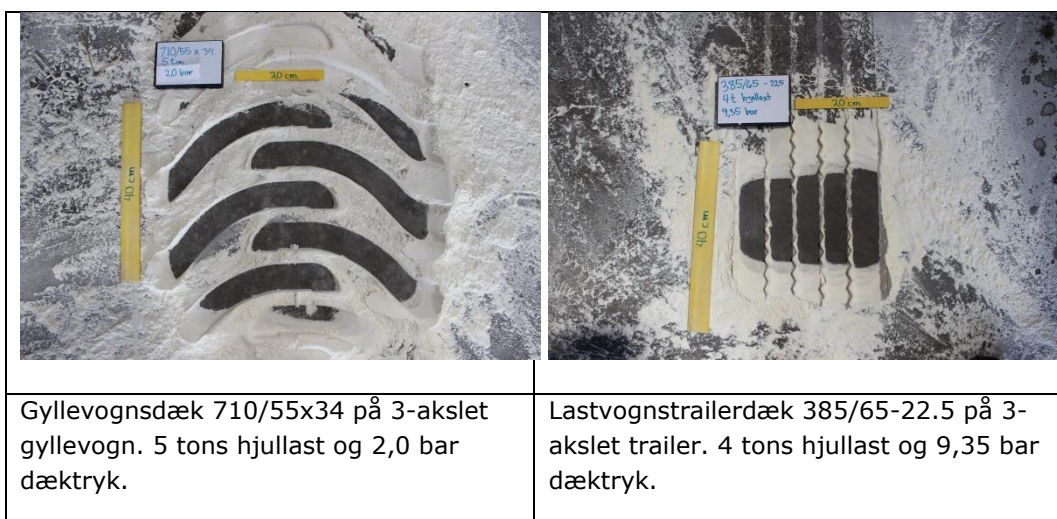
Tabel 3. Lastvognstrailerdæk 385/65-22.5				
Antal aksler på trai- ler	Hjullast ton	Dæktryk bar	Kontaktflade cm ²	Kontaktfladetryk kg/cm²

3	4,0	9,35	450,4	8,9
4	3,75	8,7	456,1	8,2

5. SAMMENLIGNING AF DÆKAFTRYK I MEL







Bemærk, at billederne herunder på side 10-12 ikke helt gengiver dækaftrykkene i samme størrelsesforhold. Billederne af aftrykkene fra gyllevogndækkene er nemlig taget fra større højde end billederne af aftrykkene fra lastvognstrailerdækkene. Aftrykkene fra gyllevogndækkene syner derfor mindre end de reelt var, sammenlignet med aftrykkene fra lastvognstrailerdækkene.

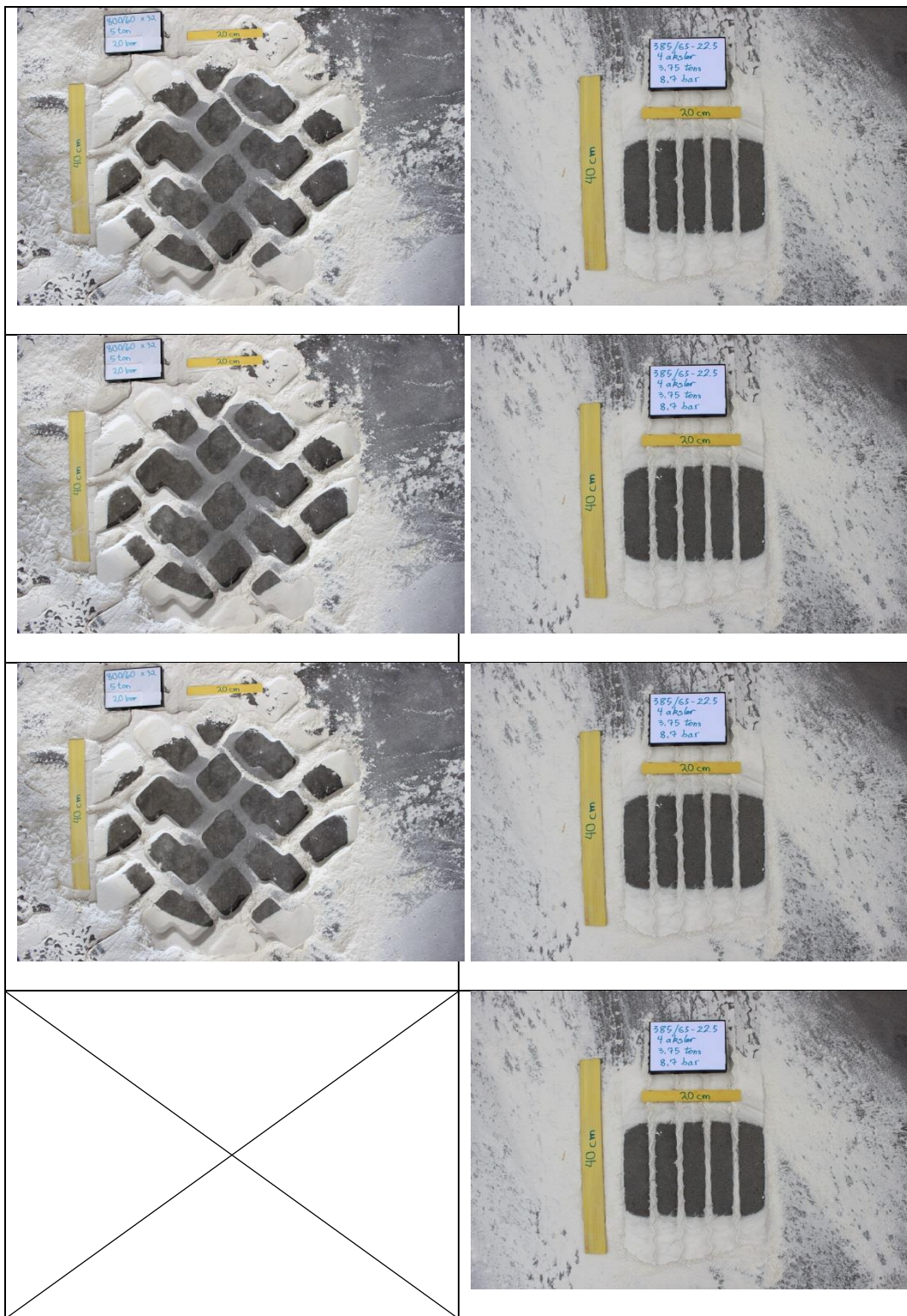
De to sæt billeder her nedenfor viser gyllevogndæks og lastvognstrailerdæks aftryk på fast underlag (betongulv) optegnet med mel.



<p>Gyllevognsdæk 800/60x32 på 3-akslet gyllevogn. 5 tons hjullast og 2,0 bar dæktryk.</p>	<p>Lastvognstrailerdæk 385/65-22.5 på 4-akslet trailer. 3,75 tons hjullast og 8,7 bar dæktryk.</p>
---	--

Billederne nedenfor på denne og den næste side illustrerer forskellene i den samlede kontaktflade mellem gyllevognsdæk og lastvognstrailerdæk ved max. hjullast for 3-akslet gyllevogn og for henholdsvis 3- og 4-akslet lastvognstrailer.

	
	
	
<p>Gyllevognsdæk 710/55x34 på 3-akslet gyllevogn. 5 tons hjullast og 2,0 bar dæktryk. Samlet kontaktflade for alle tre aksler (seks hjul) på underlaget er 7284 cm².</p>	<p>Lastvognstrailerdæk 385/65-22.5 på 3-akslet trailer. 4 tons hjullast og 9,35 bar dæktryk. Samlet kontaktflade for alle tre aksler (seks hjul) på underlaget er 2702 cm².</p>



Gyllevogndæk 800/60x32 på 3-akslet gyllevogn. 5 tons hjullast og 2,0 bar dæktryk. Samlet kontaktflade for alle tre aksler (seks hjul) på underlaget er 8999 cm².	Lastvognstrailerdæk 385/65-22.5 på 4-akslet trailer. 3,75 tons hjullast og 8,7 bar dæktryk. Samlet kontaktflade for alle fire aksler (otte hjul) på underlaget er 3649 cm².
--	---

6. DÆKRIBBERNES AREALANDEL PÅ GYLLEVOGNSDÆK

I Vejdirektoratets vejledning fra 18. marts 2011 om dispensation vedr. akseltryk og totalvægt på gyllekøretøjer med lavtryksdæk er det en betingelse for, at dispensation kan gives, at "arealet af dækribberne udgør mindst 1/3 af dækkets overflade".

Dispensationen indebærer, at gyllevogne må køre med op til 10 t akseltryk på op til 3 aksler under betingelse af, at dækbredden på gyllevognen er mindst 65 cm og som nævnt, at ribbearealet udgør mindst en tredjedel af dækkets overflade.

Det er ydermere en betingelse for gyllevogne med 3 aksler, at 1. og 3. aksel er tvangsstyrede. Vogntogtotalvægten tillades op til 48,0 t.

Opmåling af ribbearealet på de to undersøgte gyllevogndæk viste følgende ribbeandele:

- ca. 40 % på 710/55x34
- ca. 50 % på 800/60x32

De to undersøgte dæk opfylder dermed ovennævnte betingelse til ribbearealets størrelse.

7. KØRSEL PÅ VEJKANT MED GYLLEVOGN

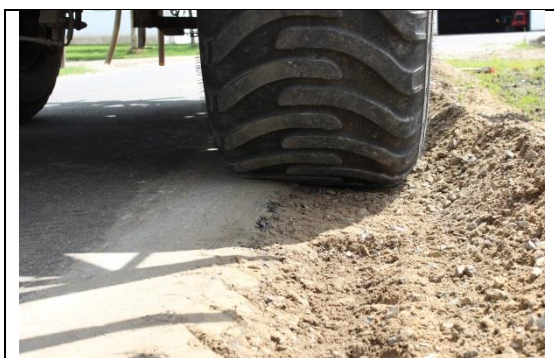
I forbindelse med den supplerende test af kontaktfladetryk under gyllevogndækket 710/55x34 onsdag den 2. juli, 2014 er dækkets egenskaber ved kørsel parallelt med vejkant undersøgt.

Dækket er kørende med en del af dækkets bredde på asfaltvejen og en del af dækbredden uden for asfaltkanten, dvs. på rabatten. Testen er gennemført på et sted, hvor rabatten lå ca. 7 cm under asfaltvejens niveau.

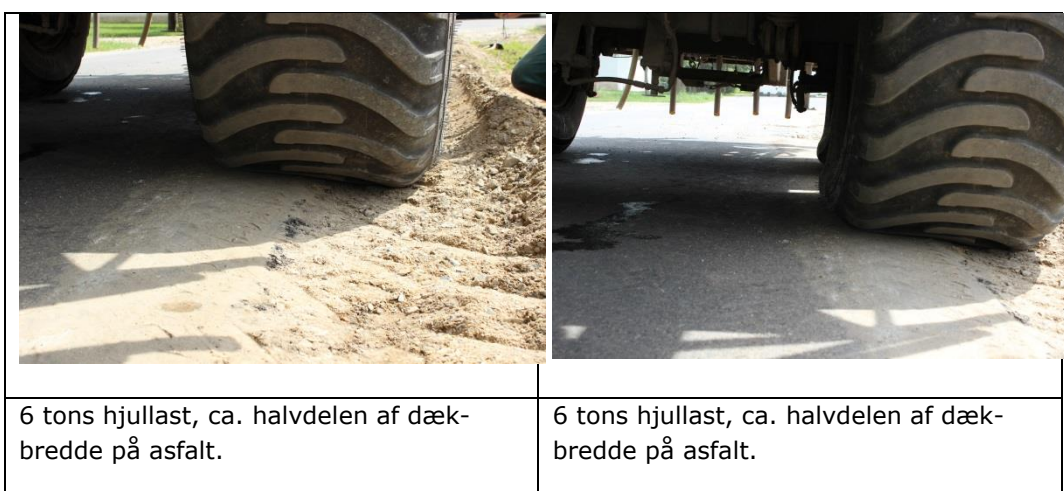
Testen er gennemført ved to hjullastniveauer, nemlig henholdsvis ca. 4 tons og ca. 6 tons. For hvert af de to hjullastniveauer er dækket kørt med henholdsvis ca. halvdelen og ca. en tredjedel af dækbredden på asfaltvejen; "resten" af dækbredden, dvs. halvdelen og to tredjedele af dækkets bredde har således kørt på rabatten (uden for asfaltkanten).

Billederne nedenfor viser, at gyllevogndækket ved de to forskellige hjullaster og de to forskellige kantskørsler/rabatkørsler fordeler hjullasttrykket på såvel asfaltvejen som rabatten. Dækket er med andre ord i stand til at bøje hen over en relativ høj kant ved kørsel parallelt med kanten og på den måde tilsyneladende fordele trykket jævnt hen over hele kontaktfladen mellem dæk og underlag (asfaltvejen og rabatten).

Det kan således med god grund antages, at ved kørsel parallelt med vejkanten med kun en del af dækbredden kørende på asfaltvej (og den øvrige del af dækbredden kørende på rabatten) vil det specifikke kontaktfladetryk (kg/cm^2) på asfalten ved kanten af vejen være sammenlignelig med kontaktfladetrykket under dækket, når dette kører med hele sin dækbredde på asfaltvejen.



4 tons hjullast, ca. en tredjedel dækbredde på asfalt.





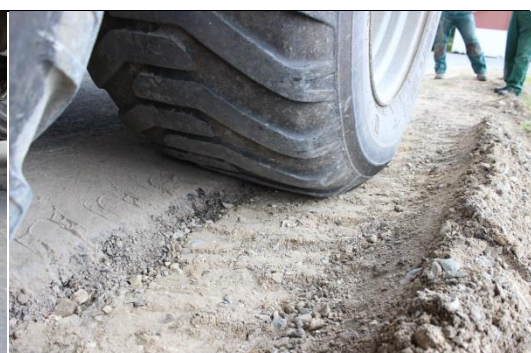
6 tons hjullast, ca. halvdelen af dæk-
bredde på asfalt.



6 tons hjullast, ca. halvdelen af dæk-
bredde på asfalt.



6 tons hjullast, ca. halvdelen af dæk-
bredde på asfalt.



6 tons hjullast, ca. halvdelen af dæk-
bredde på asfalt.

8. BILAG

Billeder af de testede dæks aftryk på fast gulv – afmærket med mel.



Gyllevognsdæk 710/55x34. Kontaktfladeareal på fast gulv afmærket med mel.



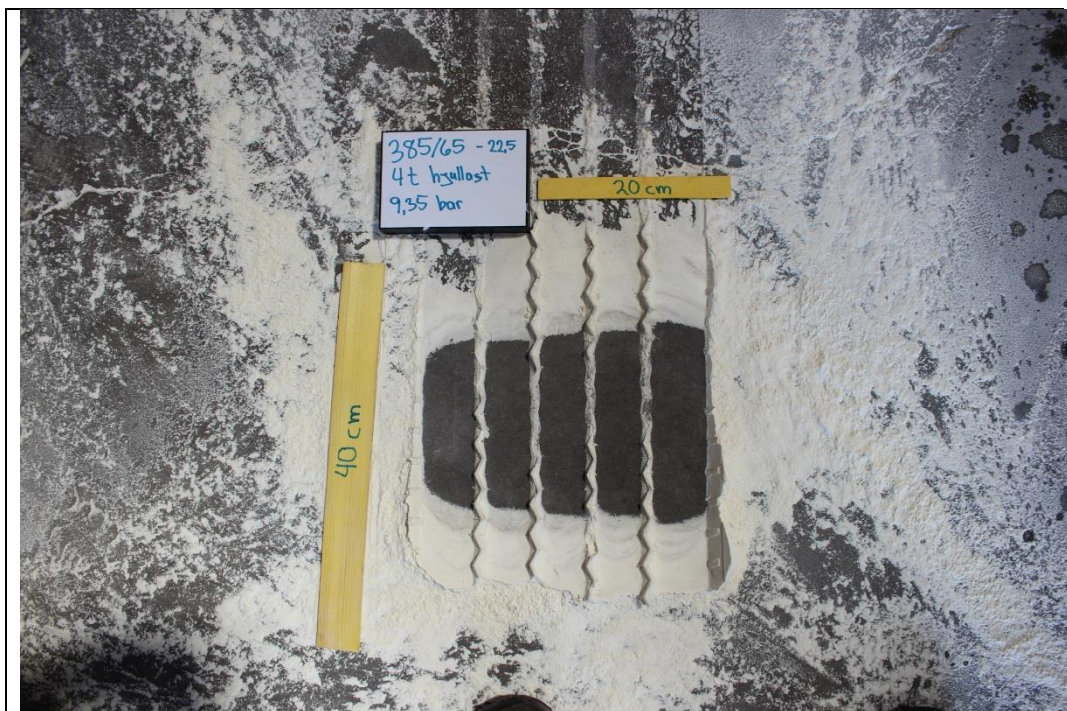
Gyllevognsdæk 710/55x34. Kontaktfladearealet opmærket og beregnet.



Gyllevogndæk 710/55x34. Kontaktfladeareal på fast gulv afmærket med mel.



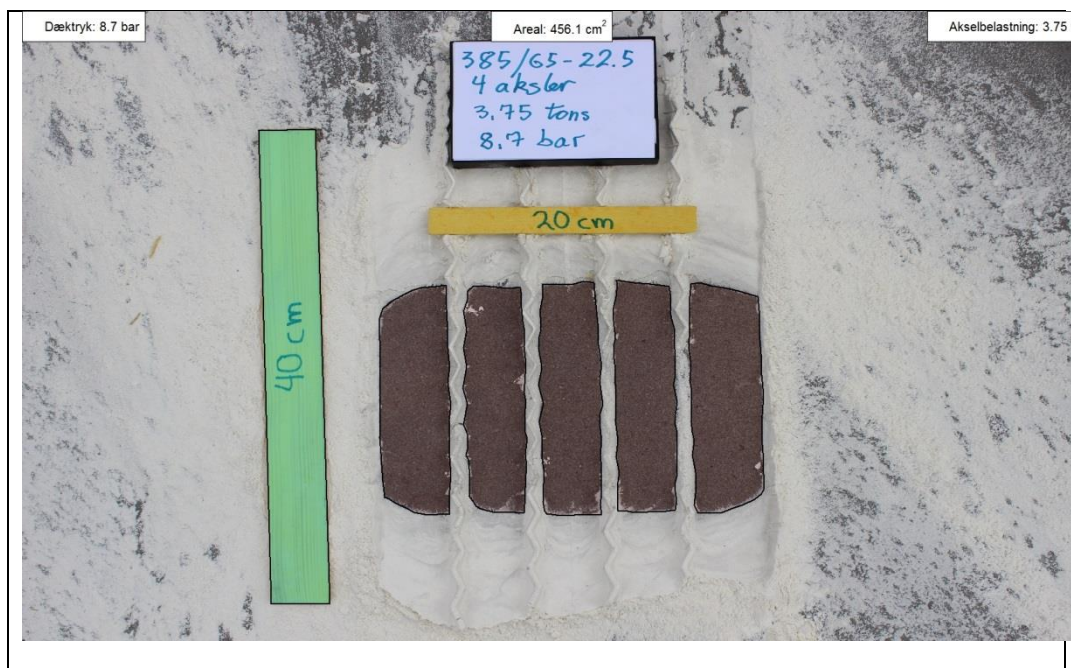
Gyllevogndæk 800/60x32. Kontaktfladearealet opmærket og beregnet.



Lastvognsdæk 385/65-22.5 på 3-akslet trailer. Kontaktfladeareal på fast gulv afmærket med mel.



Lastvognsdæk 385/65-22.5 på 4-akslet trailer. Kontaktfladeareal på fast gulv afmærket med mel.



Lastvognsdæk 385/65-22.5 på 4-akslet trailer. Kontaktfladeareal opmærket og beregnet.