

Teknisk notat

Asfaltindustrien - Accelereret nedbrydning af svage belægninger under gylletransport 2

25. februar 2014/7. april 2014
Projekt:

Udarbejdet : Christian Busch

Kontrolleret : Ole-Jan Nielsen

Vedlagt :

Kopi til :

1 OVERSIGT

Dette notat er et tillæg til teknisk notat ” Accelereret nedbrydning af svage belægninger under gylletransport”, dateret 25. januar 2012.

Notatet indeholder opdaterede vurderinger af nedbrydningseffekten ved transport af gyllen, enten på køretøjer med 8-tons aksler monteret med supersingledæk eller 10-tons aksler monteret med lavtryksdæk i henhold til branchens opgivelser.

Baggrunden for analyserne er, at Trafikstyrelsen givet tilladelse til at køre med 10 tons akseltryk, såfremt der anvendes lavtryksdæk med et oppumpningstryk på 3 bar.

Vurderingerne er foretaget for svage belægningstyper, dels ved simulationer med vejreglernes MMOPP dimensioneringsprogram, dels ud fra Finite Element beregninger af effekten af belastninger langs kanter af belægninger med ringe sidestøtte.

MMOPP simulationerne viser, at transporten af den aktuelle gyllemængde på vogne med 10 ton akseltryk i gennemsnit også vil føre til en stigning af nedbrydningen for de undersøgte belægningstyper på 34 % i forhold til den samme gyllemængde, transporteret på vogne med 8 ton akseltryk.

Endelig viser Finite Element beregninger af påvirkninger ved kanten af belægningstyper uden sidestøtte at de deformations- og brudfremkaldende forskydningspåvirkninger i underbunden er mellem 25 % og 85 % højere under den 10-tons akseltryk belastning end under en almindelig supersingle belastning, højest for de tyndeste belægninger.

Sammenfattende vurderes det at gylletransportvognenes aksler efter den aktuelle dispensation vil forøge vejsliddet med gennemsnitligt 34 % på de berørte vejstrækninger, og at der under uheldige omstændigheder vil være en reel risiko for kollaps på de tyndeste belægningstyper.

2 TRAFIKSTYRELSENS DISPENSATION

Trafikstyrelsen har ved skrivelse af 18. marts 2011 givet tilladelse til at køre med forhøjet akseltryk (10 ton) på gylleudbringnings-køretøjer, straks når 2011-sæsonen starter på statsveje i de kommuner, der forud har meddelt accept af dispensationen. Køretøjerne må have indtil 3 aksler af med den angivne belastning. Den tidligere akseltryk grænse var 8 ton.

Tilladelsen er midlertidig og gælder indtil der er udstedt nye regler om akseltryk for lavtryksdæk.

Der er i trafikstyrelsens tilladelse foreskrevet et maksimalt (lavtryks)dæktryk på 3 bar, samt at dækkenes ribbemønster skal udgøre mindst 33 % af kontaktarealet. Dette vil give et teoretisk kontakttryk mellem ribbe og vejoverflade på op til $3 \text{ bar} / 33 \% = 9 \text{ bar}$, hvilket er højere end oppumpningstrykket for normale lastvognsdæk.

Som følge af de store ribbehøjder kan der endvidere forekomme variationer ud over de 9 bar på grund af uens sammentrykning af ribbegummet, ligesom det ikke kan udelukkes at der vil forekomme kærv-effekt langs ribbekanter.

3 ANALYSEFORUDSÆTNINGER

3.1 Trafik

Der køres hvert år ca. 1 million læs gylle på de danske veje. Det svarer til ca. 2 millioner kørte km.

I 2006-7 lå antallet af husdyrbedrifter i Danmark på 28-29.000, og af disse var cirka halvdelen svine- eller kvægbedrifter. Antages det, at det hovedsageligt er disse, der er gylleproducerende, vil hver bedrift generere ca. 70 gylletransporter.

I normal dimensioneringssammenhæng regnes trafikken jævnt fordelt over året, således at der i de 7 årstider i dimensioneringsvejreglens MMOPP program sker en fordeling proportional med periodernes længde.

I situationen med gylleudbringning kan trafikken antages at forekomme udelukkende i perioderne tøbrud og senvår.

Da MMOPP altid vil fordele trafikmængden proportionalt med periodelængderne, må tøbruds- og senvårs-perioderne strækkes, således at disse får hovedparten af trafikken.

Nedenstående tabel viser de normale og de for gylleudbringningen forudsatte periodelængder, sammen med de bæreevnemålinger, MMOPP programmet anvender i sine simulationer af vejens nedbrydning.

Tabel 1 Periodelængder, temperaturer og bæreevnefaktorer

		Vinter	Vinter tø	Tøbrud	Senvår	Sommer	Hede- bølge	Efterår
Normal	Dage	49	10	15	46	143	10	92
Gylle	Dage	2	2	91	264	2	2	2
Tempera- tur	°C	-2	1	1	4	20	35	7
Asfalt	Faktor	4	3,7	3,7	3,1	1	0,3	2,6
Stabilgrus	Faktor	4,2	0,33	0,67	1	1	1	1
Bundsik- ring	Faktor	10	10	0,7	0,85	1	1	1
Under- bund	Faktor	20	20	0,6	0,8	1	1	1

3.2

Belægninger

Det meste af den ovenfor omtalte trafik sker på belægninger, der sjældent lever op til dimensioneringsvejreglens forskrifter, og som anført i en periode, hvor belægningerne er svækket som følge af tøbrudseffekter.

Det er vanskeligt at få et sikkert overblik over de belægningstyper, der findes på de gylletrafikerede veje, men som udgangspunkt kan det antages, at en del af dem – og formentlig den bedste del – vil have opbygninger, der svarer til dimensioneringsvejreglens katalogbelægninger for trafikklasse T0 og T1.

For mange af vejene vil der formentlig være tale om, at der overhovedet ikke er udlagt et egentligt bundsikringslag, således at det ubundne bærelag ligger direkte på planum.

Fra undersøgelser foretaget for Vejdirektoratet af effekten af forskellige ændringer i tilladelige aksellaste haves endvidere informationer om gennemsnitlige lagtykkelser på forskellige vejklasser, herunder "Lokalveje, land (LL)".

Vurdering af gylletransporternes effekt baseres herefter på følgende befæstelsesopbygninger:

Tabel 2 Befæstelsestyper i undersøgelse

Oprindelse		Vejregel								Aksellastundersøgelse			
Befæstelse		T0-1	T0-2	T0-3	T0-4	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	LL-1	LL-2	LL-3	LL-4
Variant		Uden BL		Med BL		Uden BL		Med BL		Uden BL		Med BL	
Asfalt	mm	30	30	30	30	70	70	70	70	90	90	90	90
Stabilgrus	mm	120	120	120	120	150	150	150	150	120	120	120	120
Bundsik- ringslag (BL)	mm			150	280			180	280			100	200
Underbund	MPa	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20

De analytiske undersøgelser vil alene behandle forholdene i tøbrud og senvår. Under anvendelse af bæreevnefaktorerne fra Tabel 1 vil der i vurderingerne blive anvendt nedenstående E-moduler for de aktuelle materialer.

Tabel 3 E-moduler i analytiske beregninger

Materiale	Standard	Tøbrud		Senvår	
	E-modul (MPa)	Faktor	E-modul (MPa)	Faktor	E-modul (MPa)
Asfalt	2000	3,7	7400	3,1	6200
Stabilgrus	300	0,67	201	1	300
Bundsikring	100	0,7	70	0,85	85
Normal underbund	40	0,6	24	0,8	32
Svag underbund	20	0,6	12	0,8	16

3.3

Belastninger

Gylleudbringningskøretøjerne vil typisk have konfigurationer, som vist på nedenstående billeder.



Figur 1 Eksempler på gylleudbringningskøretøjer

Akselafstanden er ifølge oplysninger fra landbruget 1,87 m.

Hvis den samme mængde gylle skal udbringes, vil der ved hver passage af en trailer med 8-ton aksler "mangle" 6 ton. Hvis nyttelasten på en 24-ton gylletransporter sættes til 18 ton, skal der altså 4 passager med 8-ton køretøjerne til for hver 3 passager af 10-ton køretøjerne.

Arbitrært vælges det at undersøge levetider for 300 gylletransport aksler årligt, svarende til 400 almindelige supersingle akselpassager.

Disse påvirkninger anvendes ved effektvurderinger, udført med vejreglens MMOPP dimensioneringsprogram.

Der ses i denne sammenhæng bort fra trækkøretøjets bidrag til nedbrydningen.

4 SKADEVIRKNING PÅ BELÆGNINGEN

4.1 MMOPP simulationer

Der er udført MMOPP simulationer med alle belægningstyper og en årlig trafik svarende til transport af samme mængde gylle, enten på vogne med 8-ton aksler eller med 10-ton aksler (se afsnit 3.3).

Resultaterne og deres behandling er sammenfattet i nedenstående Tabel 4 og Figur 2.

Tabellens sidste kolonne opgør skadevirkningen af trafikken med gyllevogne med 10 ton aksellast i relation til transport af den samme mængde gylle på vogne med det oprindeligt tilladte akseltryk på 8 ton.

Levetiderne for asfaltlagene ved trafik med gylletransportvognene er i alle tilfælde højere end 40 år, hvilket bekræfter de for landbruget udførte analyser og almindelig kendt belægningsteori: når dæktrykket nedsættes, reduceres påvirkningerne i befæstelsens øvre lags.

De skyggede felter i tabellen er ikke medtaget i analyserne, da de angiver levetider, der ligger ud over MMOPP beregningernes simulationslængde på 40 år, og derfor må betragtes som irrelevante, da der inden for en sådan tidshorisont under alle omstændigheder må forventes gennemført vedligeholdaktiviteter.

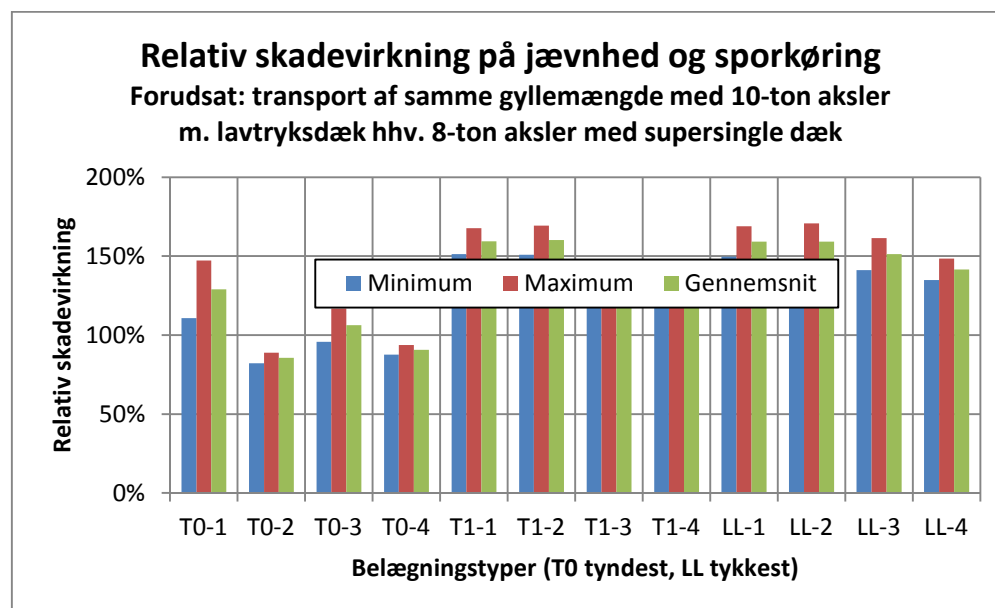
Til gengæld viser Figur 2, at der for næsten alle belægningstyper ved overgang fra 8-ton til 10-ton aksler er en gennemsnitlig forøgelse af vejsliddet. Det totale gennemsnit er 134 % for de undersøgte belægningstyper. På den reelle belægningsmasse kan det vægtede gennemsnit være højere eller lavere, dette afhænger af hvor mange kilometer af det gyllevognstrafikerede vejnet, der svarer til de enkelte belægningstyper.

De to tilfælde af tynde belægninger, hvor vejsliddet synes at blive reduceret må tilskrives det forhold, at belægningerne i disse tilfælde er så tynde, at beregningen af den i MMOPP deformationsbestemmende tøjning i oversiden af underbunden stadig er lav som følge af det lave dæktryk.

I Finite Element beregningerne, afsnit 4.2.3, der bedre modellerer de faktiske forhold, er det vist, at 10-ton akslerne har den største skadevirkning dybere nede i befæstelsen.

Tabel 4 Nedbrydningseffekt målt i IRI og Sporkøring af Gylletankvogne med 10 ton aksler og lavtryksfæk i forhold til samme mængde transporteret på 8t supersingle aksler.

		Levetider Gylletrafik 1200 aksler/år (8-tonns supersingle aksler)				Levetider Gylletrafik 900 aksler/år (10-tonns aksler m. lavtryksdæk)				Skadevirkning Forhold mellem 25 % fraktiler	
		IRI	Sporkøring	Esnit	Emin	IRI	Sporkøring	Esnit	Emin	Gylle10t/ Gylle 8t	
T0-1	Snit	2,0	4,6	15,6	9,5	1,4	4,0	80,0	80,0	Min.	111 %
	StDev	0,6	0,9	7,0	4,3	0,4	0,6	0,0	0,0	Max.	147 %
	25 %	1,7	4,0	10,8	6,6	1,1	3,6	80,0	80,0	Gns.	129 %
T0-2	Snit	1,2	2,8	10,6	6,8	1,1	2,6	80,0	80,0	Min.	82 %
	StDev	0,8	1,4	5,3	3,0	0,4	0,9	0,0	0,0	Max.	89 %
	25 %	0,6	1,8	7,0	4,8	0,8	2,0	80,0	80,0	Gns.	85 %
T0-3	Snit	4,3	6,6	17,1	9,9	3,8	6,8	80,0	80,0	Min.	96 %
	StDev	1,1	1,3	8,4	5,9	1,1	1,3	0,0	0,0	Max.	117 %
	25 %	3,6	5,7	11,5	5,9	3,0	6,0	80,0	80,0	Gns.	106 %
T0-4	Snit	5,1	6,8	13,4	7,6	5,2	7,5	80,0	80,0	Min.	88 %
	StDev	1,0	1,0	7,0	4,7	0,7	0,8	0,0	0,0	Max.	94 %
	25 %	4,4	6,1	8,7	4,4	4,7	6,9	80,0	80,0	Gns.	91 %
T1-1	Snit	14,6	30,0	71,0	66,9	8,5	19,5	80,0	80,0	Min.	151 %
	StDev	5,2	7,9	13,3	16,6	2,7	4,7	0,0	0,0	Max.	168 %
	25 %	11,1	24,6	62,0	55,8	6,6	16,3	80,0	80,0	Gns.	159 %
T1-2	Snit	14,6	25,7	57,4	52,5	8,4	17,0	80,0	80,0	Min.	151 %
	StDev	4,5	5,0	13,8	13,3	2,3	3,3	0,0	0,0	Max.	169 %
	25 %	11,6	22,4	48,1	43,5	6,8	14,8	80,0	80,0	Gns.	160 %
T1-3	Snit	27,0	39,3	78,9	72,7	17,7	29,1	80,0	80,0	Min.	133 %
	StDev	8,5	8,5	2,4	11,1	4,8	5,9	0,0	0,0	Max.	147 %
	25 %	21,3	33,6	77,2	65,2	14,5	25,2	80,0	80,0	Gns.	140 %
T1-4	Snit	27,6	35,9	76,7	65,0	20,3	27,4	80,0	80,0	Min.	127 %
	StDev	8,1	5,1	7,5	15,8	4,2	4,0	0,0	0,0	Max.	131 %
	25 %	22,2	32,5	71,6	54,4	17,4	24,8	80,0	80,0	Gns.	129 %
LL-1	Snit	21,6	45,6	77,3	76,0	12,6	30,1	80,0	80,0	Min.	150 %
	StDev	7,9	13,0	6,0	9,1	4,3	8,2	0,0	0,0	Max.	169 %
	25 %	16,3	36,8	73,3	69,8	9,6	24,6	80,0	80,0	Gns.	159 %
LL-2	Snit	21,7	39,0	73,6	72,3	12,6	26,6	80,0	80,0	Min.	148 %
	StDev	6,9	7,6	11,6	12,8	3,8	5,4	0,0	0,0	Max.	171 %
	25 %	17,1	33,9	65,7	63,7	10,0	23,0	80,0	80,0	Gns.	159 %
LL-3	Snit	32,8	56,3	80,0	79,5	19,9	39,5	80,0	80,0	Min.	141 %
	StDev	11,9	15,1	0,0	1,6	6,8	10,1	0,0	0,0	Max.	161 %
	25 %	24,8	46,1	80,0	78,4	15,4	32,7	80,0	80,0	Gns.	151 %
LL-4	Snit	37,9	50,5	79,5	79,1	24,9	37,6	80,0	80,0	Min.	135 %
	StDev	11,1	8,3	1,5	2,8	6,5	6,3	0,0	0,0	Max.	148 %
	25 %	30,4	45,0	78,5	77,2	20,5	33,4	80,0	80,0	Gns.	142 %



Figur 2 Skadevirkning af 10-ton aksellast gylletransport i forhold til samme mængde gylle transporteret på vogne med 8-ton aksellast

4.2 Analytiske beregninger, belægningskanter

4.2.1 Belastningsdata

Specielt på de svageste vejklasser (T0-belæggningerne) vil kantbelastninger være kritiske, da der typisk vil være en smal eller slet ingen rabat samtidig med at vejen kun vil være lidt bredere end selve køretøjet.

Effekten af kantbelastninger er undersøgt ved Finite Element beregninger af kritiske påvirkninger under "almindelig" supersinglemonteret trailer med 3 stk. 8-ton aksler og et oppumpningstryk på 0,8 MPa, hhv. den fra landbruget angivne ballondæk monterede trailer med 3 stk. 10-ton aksler og et oppumpningstryk på 0,3 MPa.

Belastningsdata for det hjulsæt, der placeres langs vejkanter, fremgår af nedenstående Tabel 5. I beregningerne repræsenteres det enkelte hjul som en kvadratisk belastning med det i tabellen anførte areal og sidelængde.

Tabel 5 Belastningskonfigurationer

		Supersingle	Gylletrailer
Aksellast	kN	80	100
Dæktryk	MPa	0,8	0,3
Dækbredde	mm	316	650
Akselafstand.	mm	1300	1870

4.2.2 Belægningsdata

De af Landbruget gennemførte beregninger for belastninger langt fra vejkant viser, at det lave oppumpningstryk som ventet giver lavere påvirkninger i befæstelsers øvre lag, og Finite Element kontrolberegninger for belastninger ved kant ville give lignende resultater.

Der er da heller ingen grund til umiddelbart at forvente, at den kritiske påvirkning skulle forekomme i disse lag, der alle besidder en rimeligt høj forskydningsstyrke.

Anderledes forholder det sig med underbunden, der i tødbrudssituationen vil have en meget lave E-modul og dermed mindre modstandsdygtighed mod efterkomprimering, forskydningsdeformationer og eventuelt brud.

Finite Element beregningerne rettes derfor mod denne del af befæstelsen.

For at skabe et ensartet vurderingsgrundlag vælges det at beregne de kritiske påvirkninger i den samme dybde under vejoverfladen for alle 3 befæstelsestyper (T1, T0 og LL).

Der vælges en dybde på 50 cm, der må betragtes som en mindste forventelige grøftedybde, og dermed det niveau, hvor forudsætningen om manglende sidestøtte ikke længere er gældende.

Det er i denne forbindelse nødvendigt at kombinere stabilgrus- og bundsikringslaget for de befæstelser, hvor begge lag forefindes, med underbunden ned til 50 cm's dybde, da det anvendte Finite Element program, EverFE (ref.1), kun kan regne med et enkelt lag ubundet materiale under den pladeopdelte overbygning.

Omregningen foretages ved hjælp af Ækvivalente Tykkelsers Metode, således at 2 lag slås sammen til et enkelt lag med samme resulterende stivhed, hvilket er oplydt, når følgende ligning er overholdt:

$$(t_1 + t_2 + t_3) \times \sqrt[3]{E_{1+2}} = t_1 \times \sqrt[3]{E_1} + t_2 \times \sqrt[3]{E_2} + t_3 \times \sqrt[3]{E_3}$$

Underlagets bæreevne under 50-cm grænsen i Finite Element beregningerne er omregnet fra E-modul til k-værdi efter en formel, angivet af FAA (ref.2).

$$k = 0.001035 \text{MPa/mm} \times (E/1\text{MPa})^{0,7788}$$

De anvendte tykkelser og deformationsegenskaber er angivet i Tabel 6.

Tabel 6 Befæstelsestyper i Finite Element beregninger

Årstid			Tøbrud				Senvår			
Bundsikring (h)			Lav		Høj		Lav		Høj	
Underbund (E)			Høj	Lav	Høj	Lav	Høj	Lav	Høj	Lav
T0 befæstelser										
Asfalt	E	MPa	7400	7400	7400	7400	6200	6200	6200	6200
	h	mm	30	30	30	30	30	30	30	30
Stabilgrus	E	MPa	201	201	201	201	300	300	300	300
	h	mm	120	120	120	120	120	120	120	120
Bundsikring	E	MPa	70	70	70	70	85	85	85	85
	h	mm	150	150	280	280	150	150	280	280
Underbund	E	MPa	24	12	24	12	32	16	32	16
Kombi-bærelag	E	MPa	66	54	84	79	89	73	111	104
	h	mm	470	470	470	470	470	470	470	470
Underbund	k	MPa/mm	0,012	0,007	0,012	0,007	0,015	0,009	0,015	0,009
T1 befæstelser										
Asfalt	E	MPa	7400	7400	7400	7400	6200	6200	6200	6200
	h	mm	70	70	70	70	70	70	70	70
Stabilgrus	E	MPa	201	201	201	201	300	300	300	300
	h	mm	150	150	150	150	150	150	150	150
Bundsikring	E	MPa	70	70	70	70	85	85	85	85
	h	mm	100	100	180	180	100	100	180	180
Underbund	E	MPa	24	12	24	12	32	16	32	16
Kombi-bærelag	E	MPa	75	62	87	80	103	86	119	108
	h	mm	430	430	430	430	430	430	430	430
Underbund	k	MPa/mm	0,012	0,007	0,012	0,007	0,015	0,009	0,015	0,009
LL befæstelser										
Asfalt	E	MPa	7400	7400	7400	7400	6200	6200	6200	6200
	h	mm	90	90	90	90	90	90	90	90
Stabilgrus	E	MPa	201	201	201	201	300	300	300	300
	h	mm	120	120	120	120	120	120	120	120
Bundsikring	E	MPa	70	70	70	70	85	85	85	85
	h	mm	100	100	200	200	100	100	200	200
Underbund	E	MPa	24	12	24	12	32	16	32	16
Kombi-bærelag	E	MPa	67	54	83	76	91	74	111	101
	h	mm	410	410	410	410	410	410	410	410
Underbund	k	MPa/mm	0,012	0,007	0,012	0,007	0,015	0,009	0,015	0,009

4.2.3 Beregninger

Beregningerne udføres med Finite Element programmet EverFE 2.25 (ref.1).

Den svage sidestøtte/rabat er modelleret som en tilstødende 0,3 x 4 m² belægning, hvor der ingen kraftoverføring er mellem asfaltlagene.

Ud fra beregningerne er trukket information om maksimal deflektion samt maksimale forskydningspændinger i toppen af stabilgruslaget og umiddelbart under dette. Det vil være forskydningspændingerne, der fører til deformationer og brud i de ubundne lag.

Figur 3 til Figur 6 viser eksempler på output af beregnede lodrette og forskydningspændinger under gyllevognsbelastning hhv. supersinglebelastning.

Tabel 7 viser endelig de beregnede kritiske påvirkninger i overside af stabilgruslag hhv. 50 cm's dybde for de behandlede befæstelses- klima- og belastningskombinationer.

Tabellen bekræfter det i 4.2.2 nævnte forhold, at der i befæstelsens øvre lag vil være lavere vertikalktryk under gylletransportvognen end under supersingle belastningen som følge af det lavere dæktryk.

Til gengæld viser tabellen entydigt, at den brudfremkaldende forskydningspænding i 50 cm's dybde entydigt er højere under 10-tonns akslen med lavtryksdæk end under supersinglebelastningen med 8 ton aksellast, og forholdet er mest kritisk for de tyndeste befæstelser.

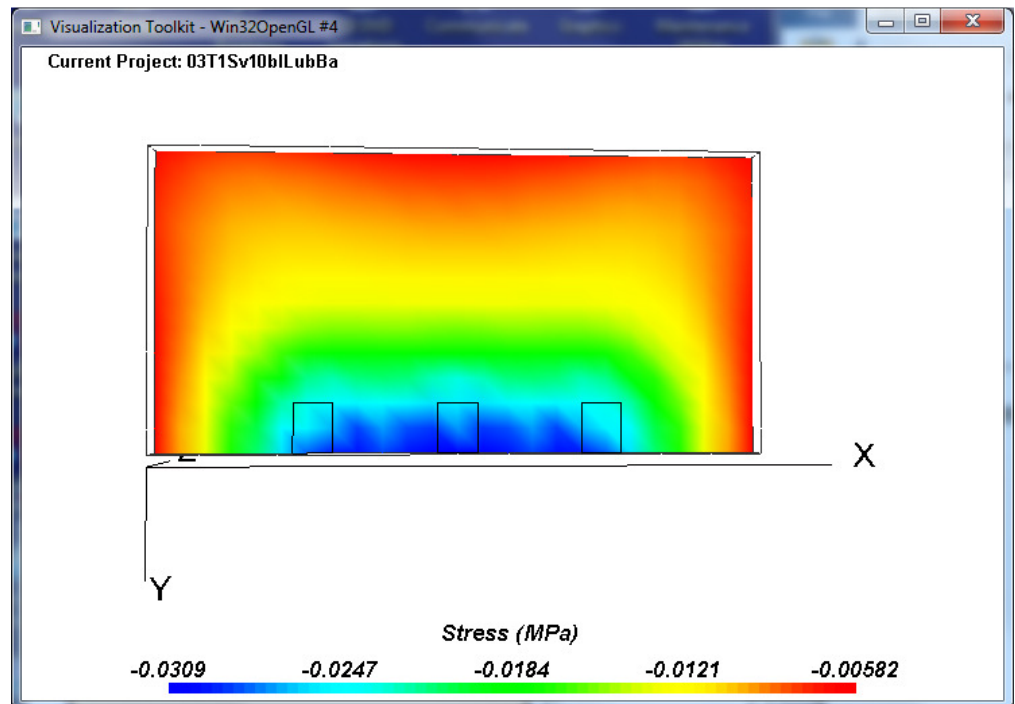
5 KONKLUSION

De gennemførte beregninger viser følgende:

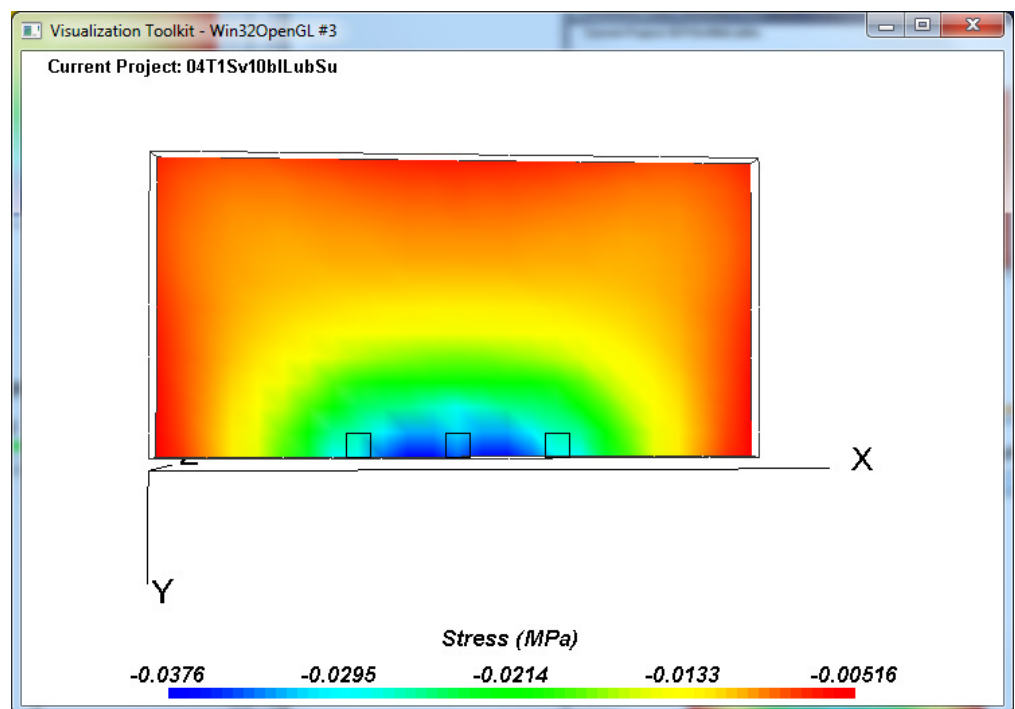
- MMOPP simulationerne, der baserer sig på belægningslag, der har uendelig udstrækning i alle retninger og beregning af påvirkninger alene i laggrænser, giver en gennemsnitlig forøgelse af vejsliddet, målt i sporkøring og jævnhed på ca. 40 %.
- Finite Element beregningerne, der bedre modellerer belægninger uden sidestøtte, viser at de forskydningspåvirkninger, der reelt fremkalder den materialeflytning, der fører til sporkøring og ujævnhed, øges med mellem 25 % og 85 % under 10-tonns akslen med lavtryksdæk, højest for de svageste befæstelser.

Hvis 4. potensreglen kan anvendes på forskydningspåvirkninger, kan det medføre at nedbrydningshastigheden langs kanter uden sidestøtte øges med en faktor 10, og som minimum må det forventes at den forøges svarende til de anførte procentsatser på mellem 25 % og 85 %.

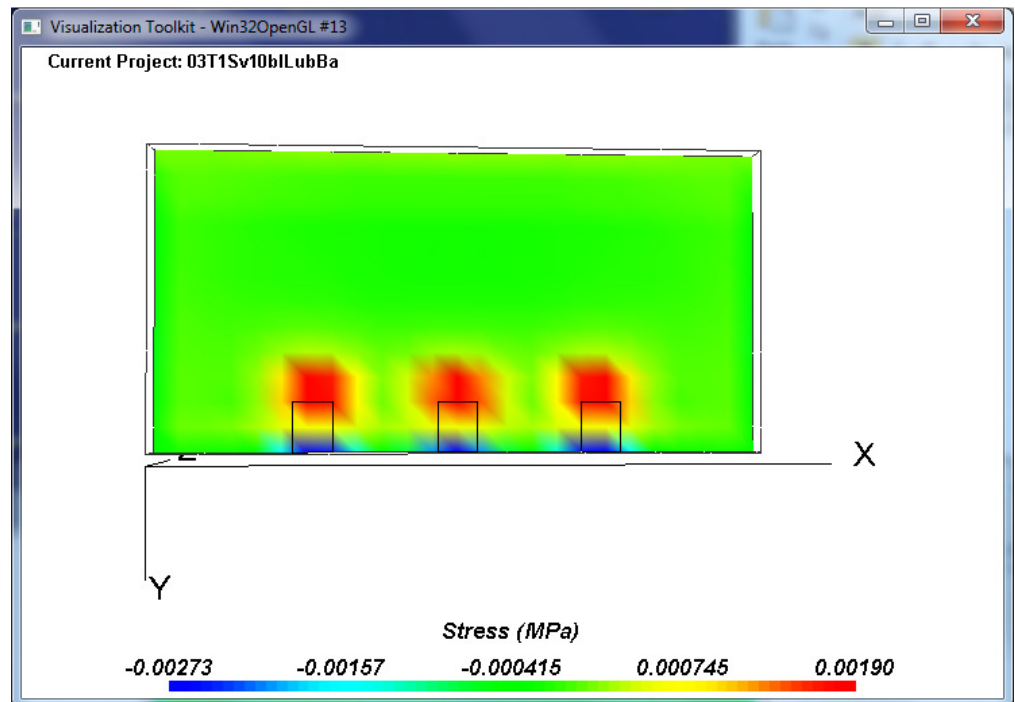
For befæstelser, der hidtil kun lige har kunnet klare påvirkningerne fra "almindelig" trafik, kan en forøgelse af forskydningspåvirkningerne med op til 85 % i sin yderste konsekvens føre til brud.



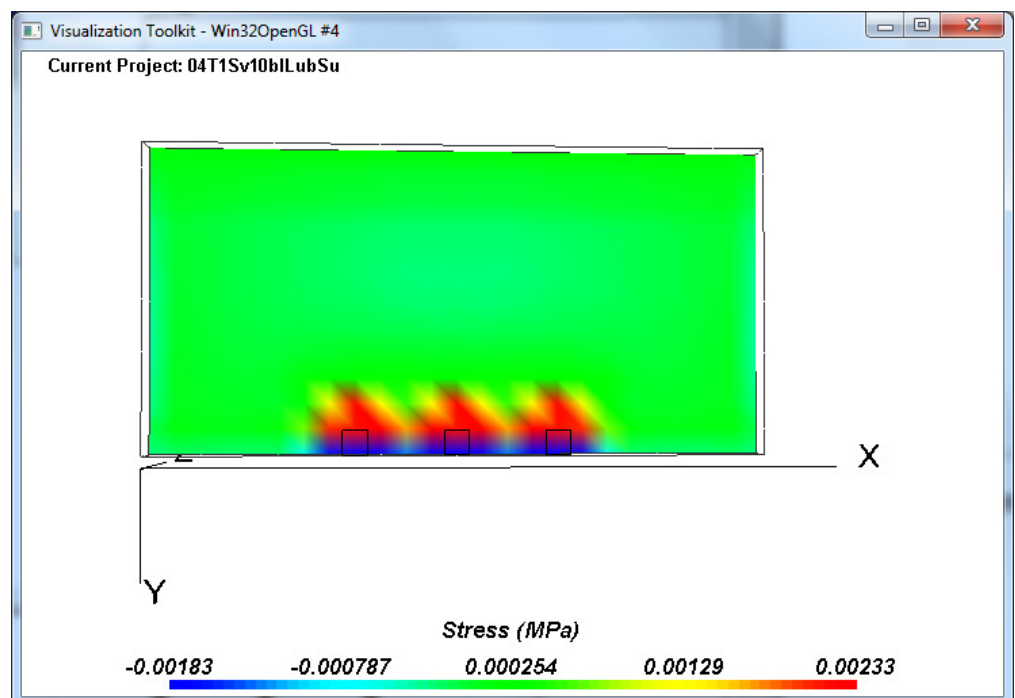
Figur 3 Lodrette spændinger i 50 cm's dybde under gyllevognsbelastning



Figur 4 Lodrette spændinger i 50 cm's dybde under supersingle belastning



Figur 5 Forskydningsspændinger, 50 cm's dybde under gyllevognsbelastning



Figur 6 Forskydningsspændinger, 50 cm's dybde under supersingle belastning

Tabel 7 Beregnede kritiske spændinger og spændingsforhold under kantbelastning i overside af stabilgruslag og 500 mm under belægningsoverflade. Spændinger i MPa. Variationskoefficienten, VarCoeff, beregnes som spredning/middelværdi.

Årstid		Tøbrud				Senvår				Average±	
Bundsikring (h)		Lav		Høj		Lav		Lav		VarCoeff	
Underbund (E)		Høj	Lav	Høj	Lav	Høj	Lav	Høj	Lav		
T0 befæstelser											
Gyllevogn	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,2030	0,2000	0,2100	0,2090	0,2250	0,2110	0,2170	0,2170	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0521	0,0457	0,0485	0,0485	0,0549	0,0494	0,0522	0,0526	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0320	0,0316	0,0315	0,0313	0,0306	0,0315	0,0313	0,0311	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0037	0,0037	0,0038	0,0038	0,0041	0,0038	0,0038	0,0039	
Super-single	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,2460	0,2400	0,2520	0,2560	0,2560	0,2520	0,2600	0,2590	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0789	0,0766	0,0840	0,0897	0,0909	0,0853	0,0964	0,0999	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0389	0,0383	0,0385	0,0364	0,0389	0,0308	0,0385	0,0377	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0019	0,0022	0,0020	0,0021	0,0020	0,0020	0,0021	0,0022	
Gylle /Ssgl.	Top SG	-	0,83	0,83	0,83	0,82	0,88	0,84	0,83	0,84	0,84±2 %
		-	0,66	0,60	0,58	0,54	0,60	0,58	0,54	0,53	0,58±8 %
	500mm	-	0,82	0,83	0,82	0,86	0,79	1,02	0,81	0,82	0,85±9 %
		-	1,94	1,70	1,90	1,84	2,05	1,92	1,80	1,74	1,86±6 %
T1 befæstelser											
Gyllevogn	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,1070	0,0976	0,1130	0,1090	0,1290	0,1190	0,1350	0,1300	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0288	0,0268	0,0310	0,0301	0,0357	0,0332	0,0377	0,0370	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0315	0,0309	0,0311	0,0309	0,0312	0,0309	0,0309	0,0307	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0025	0,0025	0,0027	0,0026	0,0028	0,0027	0,0029	0,0029	
Super-single	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,1680	0,1620	0,1850	0,1810	0,1860	0,1790	0,2020	0,1970	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0331	0,0287	0,0440	0,0408	0,0457	0,0406	0,0582	0,0538	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0385	0,0374	0,0375	0,0360	0,0386	0,0376	0,0375	0,0363	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0018	0,0018	0,0019	0,0019	0,0019	0,0018	0,0020	0,0020	
Gylle /Ssgl.	Top SG	-	0,64	0,60	0,61	0,60	0,69	0,66	0,67	0,66	0,64±5 %
		-	0,87	0,93	0,70	0,74	0,78	0,82	0,65	0,69	0,77±13 %
	500mm	-	0,82	0,83	0,83	0,86	0,81	0,82	0,82	0,85	0,83±2 %
		-	1,43	1,37	1,39	1,39	1,52	1,49	1,46	1,49	1,44±4 %
LL befæstelser											
Gyllevogn	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,0837	0,0825	0,0854	0,0854	0,0881	0,0866	0,0961	0,0914	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0206	0,0184	0,0235	0,0228	0,0272	0,0264	0,0302	0,0293	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0317	0,0312	0,0312	0,0307	0,0315	0,0309	0,0311	0,0307	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0019	0,0019	0,0021	0,0021	0,0022	0,0022	0,0024	0,0024	
Super-single	Top SG	$\sigma_{z,MAX}$	0,1430	0,1380	0,1500	0,1480	0,1630	0,1860	0,1650	0,1630	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0214	0,0180	0,0250	0,0231	0,0335	0,0491	0,0352	0,0327	
	500mm	$\sigma_{z,MAX}$	0,0388	0,0375	0,0381	0,0364	0,0383	0,0350	0,0381	0,0368	
		$\sigma_{yz,MAX}$	0,0016	0,0016	0,0017	0,0017	0,0017	0,0020	0,0017	0,0017	
Gylle /Ssgl.	Top SG	-	0,59	0,60	0,57	0,58	0,54	0,47	0,58	0,56	0,56±7 %
		-	0,96	1,02	0,94	0,99	0,81	0,54	0,86	0,90	0,88±17 %
	500mm	-	0,82	0,83	0,82	0,84	0,82	0,88	0,82	0,83	0,83±3 %
		-	1,18	1,14	1,25	1,24	1,28	1,12	1,36	1,37	1,24±7 %

6

REFERENCER

1. "EverFE", (Current version 2.25), Software for the 3D Finite Element Analysis of Jointed Plain Concrete Pavements, Universities of Maine and Washington, 1998
2. "FAARFIELD", (Current version 1.302) Standard Thickness Design Software accompanying AC 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation, Federal Aviation Administration, Washington, D.C., USA.