

Ett **SBUF**®-projekt
i samarbete med



OPTIMALA LASS FÖR ANLÄGGNINGSTRANSPORTER

Sven Ullberg
Skanska

Per Tyllgren
SVC

Datum
2012-03-19

Projektnummer
SBUF 12335



Förord

Projekt Optimala lass har biståtts från flera håll. Arbetet genomfördes inom Skanskas projekt Effektivare anläggningstransporter. Företaget Wånelid AB tog fram de maskintekniska komponenterna. Styrgruppen och referensgruppen såg till att resultat blev som utlovat. Med SBUF:s bidrag kunde projektet slutligen ros iland. Till samtliga, ingen nämnd men ingen glömd, riktar projektledaren ett varmt tack.

Härnösand i mars 2012

Sven Ullberg
/projektledare/

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

OPTIMALA LASS FÖR	1
ANLÄGGNINGSTRANSPORTER	1
SAMMANFATTNING.....	1
1. BAKGRUND.....	1
1.1. Projektets bakgrund, EAT.....	1
1.2. Tidigare studier	1
1.3. Aspekter på lasters storlek	1
1.4. Begrepp.....	2
1.5. Tillåtna laster	2
1.6. Konsekvenser av kontrollverksamheten	3
2. ALLMÄNT OM PROJEKTET.....	4
2.1. Syfte	4
2.2. Organisationen	4
2.3. Finansiering.....	4
2.4. Kort om arbetsgången	4
3. BESKRIVNING AV OLIKA MODELLER FÖR LASTKONTROLL	5
3.1. Leverantörerna av utrustningarna	5
3.2. Lastceller.....	5
3.3. Tryckmätare för luftfjädring	6
4. JÄMFÖRANDE VÄGNINGAR.....	7
5. Utvärdering	8
5.1. Lastning utan hjälpmedel.....	8
5.2. Jämförelser	10
5.3. Andra osäkerheter	11
5.4. Lastökning med lastkontroll	11
5.5. Kommentarer	13
Allmänt.....	13
Lastning på känn	13
Tryckmätare	14
Lastcell	14
5.6. Kalkyler.....	14
5.7. Övriga fördelar.....	16
6. KOMMENTARER OCH SLUTSATSER.....	17
LITTERATUR, LÄNKAR OCH LÄMNADE UPPGIFTER	18
BILAGOR.....	1
Bilaga 1 MONTERINGSANVISNING FÖR BAKRE LASTCELL	2
Bilaga 2 EXEMPEL PÅ MONTERING AV FORDONSVÅG MED LASTCELL ..	3
Bilaga 3 SNABBGUIDE FÖR FORDONSVÅG MED LASTCELL	4
Bilaga 4 FUNKTIONSDATA FÖR TRYCKMÄTARVÅG.....	5
Bilaga 5 SKISS ÖVER TRYCKMÄTARSYSTEM FÖR SEMITRAILER	6
Bilaga 6 EFFEKTER AV FELFÖRDELAD LAST ENLIGT TRAFIKVERKET	7

ILLUSTRATIONER

Tabell 5-1 Statistik i siffror över bruttovikter från lastning utan hjälpmedel från anläggningstransporter under 2006.....	8
Tabell 5-2 Statistik i siffror över bruttovikter från lastning av anläggnings-transporter utan hjälpmedel under 2011.	9

Tabell 5-3 Jämförelse mellan utvägda bruttovikter och avlästa värden från mät-instrumenten.....	10
Tabell 5-4 Underlaget till Diagram 5-3 i siffror.	12
Tabell 5-5 Kostnader för fordonsmonterad lastkontroll med avskrivning på 3 år och 5 % ränta.	14
Tabell 5-6 Beräknad kostnad för överlast enligt Trafikverket för ett fordon under 3 år med respektive utan lastkontroll.	15
Tabell 5-7 Sammanställning av kostnader och intäkter för olika modeller för for-donsmonterad lastkontroll och ökad effektivitet i transportarbetet under 3 år.	15
Diagram 5-1 Grafisk beskrivning över avvikelser från tillåten bruttovikt grup-perade i steg om 500 kg och skattad normalfördelning vid lastning utan hjälpmedel.	8
Diagram 5-2 Grafisk beskrivning över avvikelser från tillåten bruttovikt i grupp-erade i steg om 500 kg och skattad normalfördelning vid lastning utan hjälpmedel.	9
Diagram 5-3 Möjlig lastökning med hjälp av lastkontroll av olika slag. Fördelning av 100 leveranser i steg om 100 kg. Risken för överlast över 0,5 ton är med lastkontroll 2,5 % och vid lastning på känn är 9,6 %.....	12
Diagram 5-4 Maximalt lastutnyttjande minimerar bränsleåtgången per transpor-terad enhet.	16
Bild 3-1 Boggilastbil med tipp på verkstaden i Växjö. Lastgivarna placerades framtill (c.) under lastflakets främre klyka (b.) och baktill i flakets tippbom (d.).	5
Bild 3-2 Lastkännare med display.	6
Bild 4-1 Trailerbilen lastades först framtill (a.), därefter baktill till full last, vilket kontrollerades med handburen display (b.) och bekräftades på den fasta displayen i förarhytten (c.) Värdena jämfördes sedan med vägning på en krönt utlastningsvåg (d.).	7

SAMMANFATTNING

Risken att drabbas av kännbara avgifter och böter för överlast medför att lastkapaciteten hos grus- och asfalttransporter inte utnyttjas fullt ut. Det är närmast omöjligt sikta på fullt lass utan att lasta över en och annan gång. När det uppdragas vid utvägningen är det besvärlig att rätta till och tid förloras. Ibland går det inte att korrigera utan man får ta konsekvenserna om det skulle uppdragas. Med hjälp av fordonsmonterade lastkännare minskar risken för överlast och varje anläggningstransport kan ökas med 700 kg. Mätinstrumenten visar direkt hur mycket som lastas och hur lasten är fördelad. Resultatet blir fyllda flak, färre transporter och optimalt vägsitage.

Wånelid AB och Skanska Sverige AB tog gemensamt fram ett utrustningspaket för lastkontroll för eftermontering på lastfordon. En boggibil försågs med en pilotversion med lastceller. Tre semitrailerbilar utrustades med en annan typ av lastkontroll som mäter trycket i luftfjädringen, tillverkad i England av företaget PM Onboard. Båda typerna presenteras tillsammans med bedömningar av instrumentens precision, kostnader och vinstmöjligheter.

Med lastkännare på lastbilen registreras tre viktiga uppgifter:

- lastens vikt
- fordonets bruttovikt

och sist men inte minst

- axelvikterna.

Den senare uppgiften skiljer fordonsmonterade instrument från motsvarande i en lastmaskin, som mäter lastens totala vikt men inte fördelningen på flaket.

Lastsignalerna kan avläsas på en display i förarhytten eller på en handburen enhet utanför fordonet, till exempel när föraren lastar asfalt under förvaringsfickan.

Lastceller har hög precision och är robusta men är i gengäld dyrare. Tryckluftsmätare har använts länge som lastindikator men finns nu i en version med förbättrad noggrannhet. Utrustningen är billigare men systemets pålitlighet bygger på luftfjädringens funktionssätt och kondition, som kan variera. Tekniken kräver återkommande kontroller och kalibreringar för att fungera tillfredsställande. Konsekvensen av detta är att med lastceller kan lasten ökas mer än med tryckmätare med samma risk för överlast.

Investeringen betalas av ökade laster tillsammans med minskade överlastavgifter. Utöver ökad effektivitet i transportarbetet kontrolleras lastens placering på välfyllda flak, som är en allmännyttig insats. Slitaget på vägarna och effekterna på miljön minimeras. Det kan vara motiv nog för att fordonsvågar premieras eller krävs i upphandlingar av anläggningstransporter.

1. BAKGRUND

1.1. Projektets bakgrund, EAT

Skanska Sverige AB har som målsättning att vara Sveriges i särklass det mest professionella byggföretaget. Skanska Sverige AB strävar mot att industrialisera sin byggprocess. Detta har bland annat lett till att man sedan 2005 arbetat med ökat fokus på utvecklingsfrågor.

Anläggningstransporter har tidigt bedömts som ett område med utvecklingspotential. Anläggningstransporterna är också definierad som en av Skanskas betydande miljöaspekter. Att skapa effektiviseringar inom området skulle också ge positiva effekter på kostnadsbilden och miljöpåverkan.

Skanska Sveriges ledning tillsatte resurser för att driva ett utvecklingsprojekt kring anläggningstransporter. Utvecklingsprojektet som hette ”Effektivare anläggnings-transporter” (EAT) startade 2006 och var ett så kallat Sverigeprojekt lydande direkt under ledningsteamet.

EAT identifierade och drev ett tiotal delprojekt i form av analys- och pilotprojekt. Ett av dessa är Optimala lass som särredovisas här. EAT har slutrapporterats med bedömningen att optimala lass skulle drivas vidare och slutrapporteras enskilt.

1.2. Tidigare studier

Väghållning och vägtransporter är två skilda verksamheter som påverkas av varandras insatser och aktiviteter. Inom båda grenarna finns synpunkter på hur den andra parten bör agera. I ett försök att länka samman synpunkterna gjorde intresseorganisationen *Sveriges Åkeriföretag* en utredning för att lyfta fram sina egna intressen och föreslå goda lösningar /1./. En sådan åtgärd vore att förse lastfordon med fordonsmonterade instrument för lastkontroll. Idén togs upp av en grupp med bland andra dåvarande Vägverket och svenska fordonstillverkare i IVSS-projektet (Intelligent Vehicle Safety Systems) *Aktiv viktkontroll för transportfordon*. Arbetet redovisas i slutrapporten *Truck Cargo Weigh Control* /2./ och presenterades på ITS (Intelligent Transport Systems and Services) World Congress 2009 i Stockholm.

Utgångspunkterna i föreliggande rapport kommer till stor del från de här utredningarna och flera värderingar och slutsatser sammanfaller. Tillskottet till de föregående arbetena är presentation och utvärdering av två olika modeller för lastkontroll.

1.3. Aspekter på lasters storlek

Trafikverkets, Transportstyrelsens och Polismyndighetens arbete syftar till att värna två intressen:

1. Trafiksäkerheten
2. Kostnaderna för väghållning

Trafiksäkerhetsaspekten kan diskuteras i ekonomiska termer men är framförallt en samhällsfråga. Väghållningskostnaderna är lättare att bedöma i jämförelser med transportföretagens och transportkundernas intressen. Därmed kommer de senares infallsvinkel in i bilden:

3. Transportekonomin

I *Rätt lastade fordon* /1./ konstateras att vägar har syftet att tillmötesgå ett samhällsbehov i form av framkomlighet. Transporter utförs för att de behövs i ett samhällsnyttigt

avseende. Med den utgångspunkten kan man lika gärna hävda att en väg har *underkapacitet*, som att det förekommer *överbaster*, åtminstone upp till fordonens tekniska lastkapacitet.

Härutöver finns frågor som berör klimat och miljö, till exempel:

4. Bränsleförbrukning.

En öppen diskussion där argumenten fått luftas och vägas mot varandra kan så småningom resultera i en gemensam syn på vad som är *optimala lass*.

1.4. Begrepp

Ordet *last* används lite olika i regelverken och i skiftande sammanhang. Det handlar oftast om fordonets eller fordonstågets *bruttovikt*. I fordonets registreringsbevis används begreppet *maximal totalvikt* för BK1-väg, för att beteckna samma sak.

Med *överbast* menas vanligtvis ett överskridande av *maximalt tillåten bruttovikt*. Bara i ett fall talas om överskridande av faktisk last (nyttolast), när det gäller att beräkna *böterna* för brott mot lagreglerna om lastning /6./, som är en polisiär fråga. I övriga sammanhang som regleras av Transportstyrelsen och Trafikverket avses enbart bruttovikter och vikter på enkelaxlar respektive axelgrupper.

En *axelgrupp* definieras av att avståndet mellan en eller flera axlar underskrider vissa mått. Tillåten vikt på en axelgrupp är mindre än summan av axlarnas tillåtna last om de vore enkelaxlar.

1.5. Tillåtna laster

Tillåten axelvikt bestäms av vägens bärighetsklass. BK1 gäller för de flesta allmänna vägarna, BK2 och BK3 betecknar lägre bärighet. Fordonets eller fordonstågets maximala bruttovikt är summan av de tillåtna axelvikterna (se /3./ och /5./).

Lastfordon från anläggningar som krossar berg och tillverkar asfalt vägs på krönta vågar, som har särskilt hög och kontrollerad noggrannhet. De väger hela fordonståg eller en fordonsdel i taget. Vägning av varje axel eller axelgrupp för sig förekommer sällan eller aldrig, om det inte rör sig om mobila vågplattor. I polisens vägningskontroll ingår också att väga axlar eller axelkombinationer. En tillåten bruttovikt kan ändå leda till avgifter och böter om lasten är ojämnt fördelad.

Det finns tre fall av lastöverskridanden:

1. Enligt *Transportstyrelsens regelverk* för överbast /4./ minskas en vägd *axelgrupp* med 1000 kg per ingående axel innan avgiften för överbast beräknas. Överskriden *bruttovikt* fördelas på samtliga förekommande axlar, inklusive dragfordonets framaxel. Värdet minskas med 500 kg innan avgiften beräknas. Det fall som föranleder högsta avgiften tillämpas.
2. Utöver överbastavgiften som påförs registrerad fordonsägare kan både arbetsgivaren och föraren få böter, vilket är en *polisiär* fråga som avgörs inför *domstol*. Beräkningsgrunderna beskrivs i /4./ och i /5/. Vitesbeloppets storlek anges i /6./.
3. 2003 införde dåvarande *Vägverket*, nuvarande *Trafikverket*, regler för överbast för transporter till de egna vägentreprenaderna med en frizon upp till 1,5 ton för enskilda laster över tillåten bruttovikt. Denna marginal minskades 2009 till 0,5 ton i samband med att Vägverket proklamerade *nolltolerans* mot överbaster /2. och 12./. Entreprenören ska redovisa resultaten av samtliga utvägningar vid slutbesiktningen och beräkna den sammanlagda avgiften för entreprenaden. Under 2011 var den

500 kr per påbörjat ton bruttoövertikt. Avgiften tas ut först när tillåten "last" (högsta tillåtna bruttovikten) överskrids med mer än 0,5 ton. Se /7./ och /8./.

1.6. Konsekvenser av kontrollverksamheten

För att inte oavsiktligt hamna över gränserna hålls en viss säkerhetsmarginal vid lastningen. Marginalerna har en tendens att bli stora om man inte kan kontrollera lasten vid själva lastningstillfället och blir särskilt stor om man helt saknar stationär våg för utvägning, till exempel vid transport av schaktmassor. Sådana massor kan väga mycket olika och vikten är svår att uppskatta från volymen. Det kan innebära ett sämre utnyttjande av lastkapaciteten för den som inte vill riskera överlast.

Anläggningstransporter hanterar över 50 Mton material per år, motsvarande 3-4 miljoner transporter. Det rör sig om ansevärt många transporter som kan sparas in med högre fyllnadsgrad av lastflaken. Underlaster som beror på osäkerhet om lastens storlek är en onödig belastning av miljön, trafiksäkerheten och ekonomin.

2. ALLMÄNT OM PROJEKTET

2.1. Syfte

Det övergripande målet är att öka flakens fyllnadsgrad och därmed produktiviteten för anläggningstransporter med 5 %. Med bättre kontroll vid lastningen minskas också risken för överlast. Detta är tänkt att uppnås med hjälp fordonsmonterade instrument för lastkontroll.

2.2. Organisation

Projektledare var:

Sven Ullberg Skanska Sverige AB, Härnösand

biträdd av:

Per Tyllgren Svenskt VägCentrum, Malmö

I projektets styrgrupp ingick:

Magnus Åkeham Skanska Asfalt och Betong, Solna

Niklas Karlsson Skanska Sverige AB, Solna

Magnus Elfström Skanska Sverige AB, Karlstad

Martina Hårdstål Skanska Sverige AB, Solna

Kent Wånelid Wånelid AB, Skara

Jan Alsenholt Wånelid AB, Vallentuna

Deltagare i en referensgrupp var:

Rolf Hillén Sveriges Åkeriföretag, Mölnlycke

Sven Dölerud NCC Roads, Karlstad

2.3. Finansiering

SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, lämnade bidrag till utvecklingsarbetet och stod tillsammans med Skanska för lejonparten av kostnaderna. Wånelid AB bekostade utvecklingen av vågsystemet med lastceller. Installationen gjordes av Skanska på eget fordon. Tre semitrailerbilar försågs med tryckmätare vilket bekostades av transportföretaget GDL Öst AB.

2.4. Kort om arbetsgången

Bruttovikterna för lastbilstransporter med asfalt och grus vägda på krönt våg noterades och bearbetades statistiskt som underlag för värdering av två typer av lastkontroll: lastceller och lufttryckmätare. Axelgruppernas vikter kan tas fram från vågsystemen men det ansågs för arbetskrävande ta med de uppgifterna i det här skedet. Separata displayer som visar belastningen av axelgrupperna finns som tillval.

Maskinleverantören Wånelid AB tillverkade en prototyp med lastceller till en boggibil för grustransporter. Som jämförelse provades ett system med tryckmätning i luftfjädringen, som installerades på tre semitrailerbilar för asfaltstransporter. Under 2011 jämfördes de olika systemens precision mot krönte utlastningsvågar. Mätresultaten redovisas och analyseras i föreliggande rapport tillsammans med en ekonomisk kalkyl.

3. BESKRIVNING AV OLIKA MODELLER FÖR LASTKONTROLL

3.1. Leverantörerna av utrustningarna

Företaget *Wånelid AB* i Skara har lång erfarenhet av vågar, både stationära och mobila för totaltvikt och axelvägning men också maskin- och fordonsmonterade vägningsmoduler av egen tillverkning och utländska fabrikat. Man är svensk agent för vågtillverkaren *PM Onboard* i Bradford, England, som levererade systemet med tryckmätare i luftfjädringen.

3.2. Lastceller

En av Skanska Schakt & Transports boggibilar i Växjö försågs med lastceller i flakets fästpunkter. För att hålla kostnaderna för installation och framtida underhåll nere valdes ett system utan kröning. Anvisningar för montering av de bakre lastkännarna finns i Bilaga 1.



Bild 3-1 Boggilastbil med tipp på verkstaden i Växjö. Lastgivarna placerades framtill (c.) under lastflakets främre klyka (b.) och baktill i flakets tippbom (d.).

Lastgivarna är runda för att passa som vridlager i flakets tippfäste. Tippflakets främre lastcell är också rund och belastas med en klyka i flakets framkant. Lasten mäts när flaket är helt nedfällt. Signalerna leds till en omvandlingsenhet med display placerad i förarhytten, med en sladdlös display som komplement för avläsning utanför lastbilshytten (se Bilaga 2).

Handhavandet av visningsenheten beskrivs i Bilaga 3. I framtiden kommer det att vara möjligt att sända och spara datauppgifterna i en fjärrenhet. Det är för de fall mätutrustningen är av krönt slag och kan användas för fakturering.



Bild 3-2 Lastkännare med display.

3.3. Tryckmätare för luftfjädring

Trycket i en luftfjädring står i proportion till belastningen. Det har tidigare utnyttjats för att uppskatta belastningen med enkla tryckmätare och kan ge en fingervisning om lastens storlek. *PM Onboard* har utvecklat tekniken till ett användarvänligt system för lastindikering med förbättrad precision. Tre semitrailerbilar för asfalttransporter utrustades sommaren 2011 med systemet benämnt *TruckWeigh* (se data i Bilaga 4 och installation i Bilaga 5).

4. JÄMFÖRANDE VÄGNINGAR

Den gula Schakt & Transportbilen med lastceller användes för grustransporter medan semitrailerbilarna körde asfalt. Gruset lastades med lastmaskin medan asfalten fylldes på från asfaltverkets varmfixor.



Bild 4-1 Trailerbilen lastades först framtill (a.), därefter baktill till full last, vilket kontrollerades med handburen display (b.) och bekräftades på den fasta displayen i förarhytten (c.) Värdena jämfördes sedan med vägning på en krönt utlastningsvåg (d.).

Bild 4-1 visar exemplet med en semitrailerbil med tryckluftsmätare som lastar asfalt. Rutinen var liknande för den gula boggibilen med grustransporter och fordonsvåg med lastcell, så när som på att lastningen gjordes med en lastmaskin. Lastbilsföraren behövde i det senare fallet inte lämna förarhytten.

Föraren noterade lastvikten som den visades på bilens display i ett formulär tillsammans med bruttovikten från den krönte utlastningsvågen. Siffermaterialet bearbetades statistiskt och utgör underlaget för den här studien. Målet var att visa möjligheterna till bättre fyllnadsgrad med bilmonterad lastkontroll av två olika slag, lastcell respektive tryckmätare på luftfjädringen, och jämföra dem med lastning utan hjälpmedel ("på känn").

5. Utvärdering

5.1. Lastning utan hjälpmedel

Vid lastning från asfaltficka eller med lastmaskin och grävsropa får man lita till maskinistens och bilförarens goda öga. Det brukar räcka långt men även den mest erfarne kan luras av material som väger olika. För att få en bild av hur det kan se ut samlades data från leveranser av asfalt. Utvägda bruttovikter jämfördes med tillåten bruttovikt för respektive fordon. Medvetet ofyllda flak togs bort ur statistiken. Avvikelseerna plottades i ett diagram och en normalfördelning skattades med tillhörande standardavvikelse.

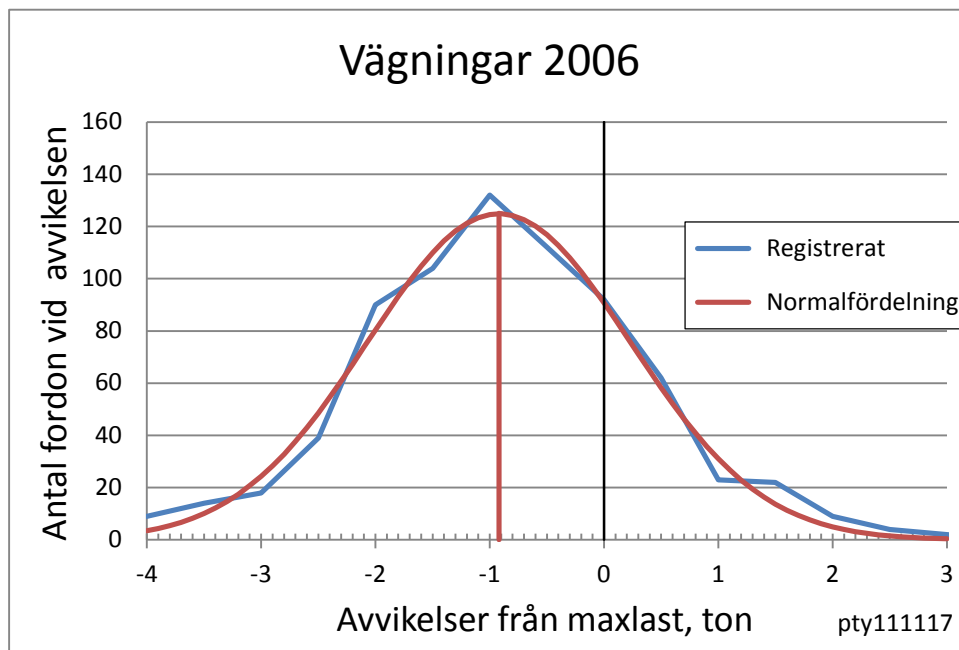


Diagram 5-1 Grafisk beskrivning över avvikelser från tillåten bruttovikt grupperade i steg om 500 kg och skattad normalfördelning vid lastning utan hjälpmedel.

Tabell 5-1 Statistik i siffror över bruttovikter från lastning utan hjälpmedel från anläggningstransporter under 2006.

Genomsnittlig underlast ton	Standardavvikelse-ton	Antal vägningar	Antal lass högre än tillåten bruttovikt	Antal lass som skulle medföra avgifter och/eller böter (bruttovikt)		
				Trafikverket ≥ 1,5 ton	Transportstyrelsen	
					≥ 1,8 ton ¹⁾	≥ 3,6 ton ²⁾
- 0,92	1,15	746	183 (25 %)	26 (3,5 %)	17 (2,3 %)	2 (0,3 %)

¹⁾ Boggibil

²⁾ Semitrailer

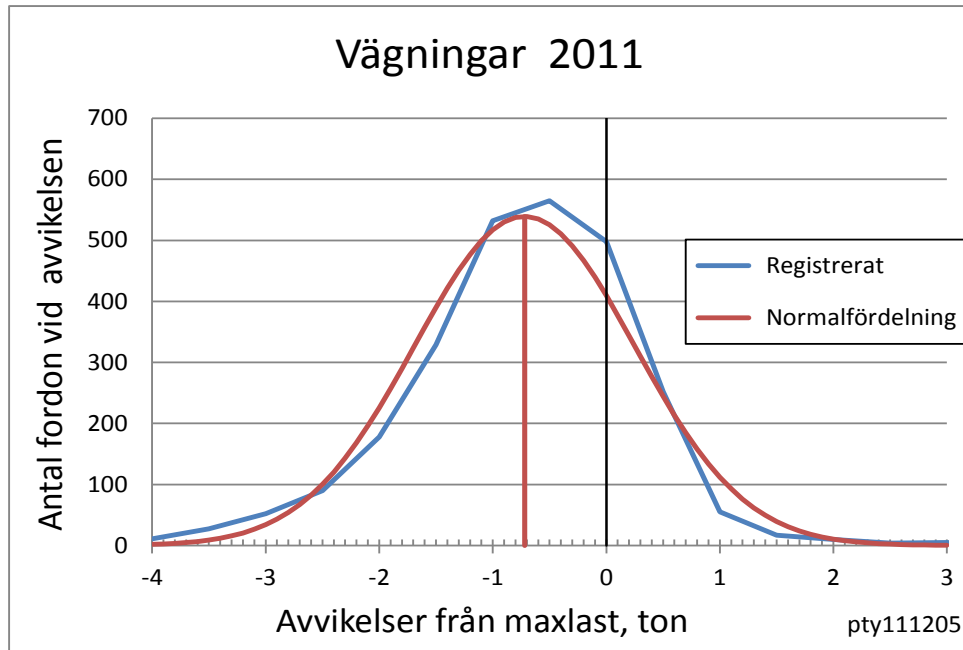


Diagram 5-2 Grafisk beskrivning över avvikelser från tillåten bruttovikt i grupperade i steg om 500 kg och skattad normalfördelning vid lastning utan hjälpmedel.

Tabell 5-2 Statistik i siffror över bruttovikter från lastning av anläggningstransporter utan hjälpmedel under 2011.

Genom- snittlig- underlast ton	Stan- dard- avvi- kelse- ton	Antal väg- ningar	Antal lass större än tillåten bruttovikt	Antal lass som skulle medföra avgifter och/eller böter (bruttovikt)		
				Trafikverket > 0,5 ton	Transportstyrelsen	
					≥ 1,8 ton ¹⁾	≥ 3,6 ton ²⁾
- 0,72	0,97	2623	632 (24 %)	133 (5,1 %)	23 (0,9 %)	3 (0,1 %)

¹⁾ Boggibil ²⁾ Semitrailer

De här exemplen handlar om verkliga fall och beskriver de risker transportörerna är villiga att ta när det gäller att råka ut för överlaster. Risknivåerna är accepterade efter många års erfarenhet. Agerandet anpassas efter rådande regler och deras tillämpningar.

2003 infördes regeln om överlastavgift men fram till 2008 med en accepterad marginal upp till 1,5 ton över tillåten bruttovikt för enstaka laster. Därefter skärptes kraven genom att tillåten marginal minskades till 0,5 ton.

I Diagram 5-1 från 2006 klarades kravet hyggligt med hjälp av medellaster på 900 kg under tillåten last. I Diagram 5-2 som är från 2011 har man trots den snävtare marginalen lyckats pressa upp medelvärdet på underlasterna till -700 kg men till priset av ökade överlaster enligt de nya reglerna, som började gälla 2009. Andelen som passerar tillåten bruttovikt tycks inte ha påverkats av de striktare reglerna.

5.2. Jämförelser

Under sommaren och hösten 2011 kördes grustransporter med Schakt och Transports dragbil försedd med lastceller och tre semitrailerbilar för asfalttransporter med tryckmätare. Lastmätarna registrerade den påförda lasten som sedan adderades fordonets tomvikt. Värdet jämfördes med bruttovikten på anläggningens krönta utlastningsvåg. Syftet med mätningarna var att ta fram *differensens standardavvikelse* som ett mått på följsamheten och därmed mätarnas tillförlitlighet. Ju lägre standardavvikelse desto bättre resultat. Värdet "0" skulle innebära fullkomlig överensstämmelse.

Tabell 5-3 Jämförelse mellan utvägda bruttovikter och avlästa värden från mätinstrumenten.

Last-kontroll	Last-storlek ton	Material	Brutto-vikt ton	Standard-avvikelse ton	Antal-vägningar	Sammanvägd standardavvikelse ton
Lastcell	12	Grus	26	0,20	24	0,23
	"	"	"	0,21	24	
	"	"	"	0,21	22	
	"	"	"	0,25	22	
	"	"	"	0,24	22	
Tryckmätare	35	Asfalt	56	0,39	22	0,54
	35	"	55	0,58	24	
	"	"	"	0,44	22	
	"	"	"	0,70	13	
	32	"	50	0,60	24	
	"	"	"	0,68	22	
	"	"	"	0,36	9	

5.3. Andra osäkerheter

De angivna standardavvikelseerna beskriver bästa möjliga precision. I praktiken tillkommer också nivåfel från

1. inmatad tomvikt
2. felaktig kalibrering eller funktionsfel i utrustningen

och spridningstillskott från

3. ojämn lastning.

Punkt 1. är en osäkerhet i alla vägningar av fordonslaster men brukar sällan handla om mer än ett par 100 kg (olika bränslemängd, nedsmutsat chassi). Punkt 2. är ofullkomligheter hos människa och maskin som alltid förekommer. Punkt 3. kan handla om några hundra kilo med lastmaskin upp till några ton med grävmaskin och schaktmaskin. Ett fall som lite överraskande också har svårt att pricka vikten är lastning av varmasfalt. Det har att göra med att varmasfalt lastas undertill stående förvaringsfickor, som öppnas med skjutbara luckor styrda med tryckluftskolv. Föraren laststar själv sitt fordon och har vanligtvis bara sitt ögonmått att gå efter. Asfalt kan fylla lastflaket mycket olika och det är först vid utvägningen som man får kvitto på hur väl man prickat. Felträffar på 1-2 ton på en last om 35 ton asfalt från frifallslastning är inte ovanliga (se Diagram 5-1 och Diagram 5-2). Fel på mindre än 500 kg är ett mycket bra resultat.

5.4. Lastökning med lastkontroll

Det finns då två möjligheter att göra nytta av ökad precision i lastkontrollen. Antingen genom att

1. minska risken för överlast och konsekvenserna av detta

eller

2. öka genomsnittlig last med bibehållen risknivå för överlast.

Transportstyrelsens gränser ligger vanligtvis över de högsta förekommande lastvärdena med asfalt och krossat grus. I det här fallet valdes istället att minimera risken att överskrida *Trafikverkets* marginal för överlast på mer än 0,5 ton, vilket förekommer ganska ofta.

Riskenivån för att drabbas av överlastavgift valdes i nedanstående beräkningsexempel till 2,5 %. Det är en vanligt förekommande risknivå där inte omistliga värden står på spel utan konsekvenserna är hanterbara. Lämpligt riktvärde på medelvärde för att klara den nivån beräknas genom att dra ifrån ungefär dubbla standardavvikelsen (mer exakt 1,96 ggr) från 0,5 ton.

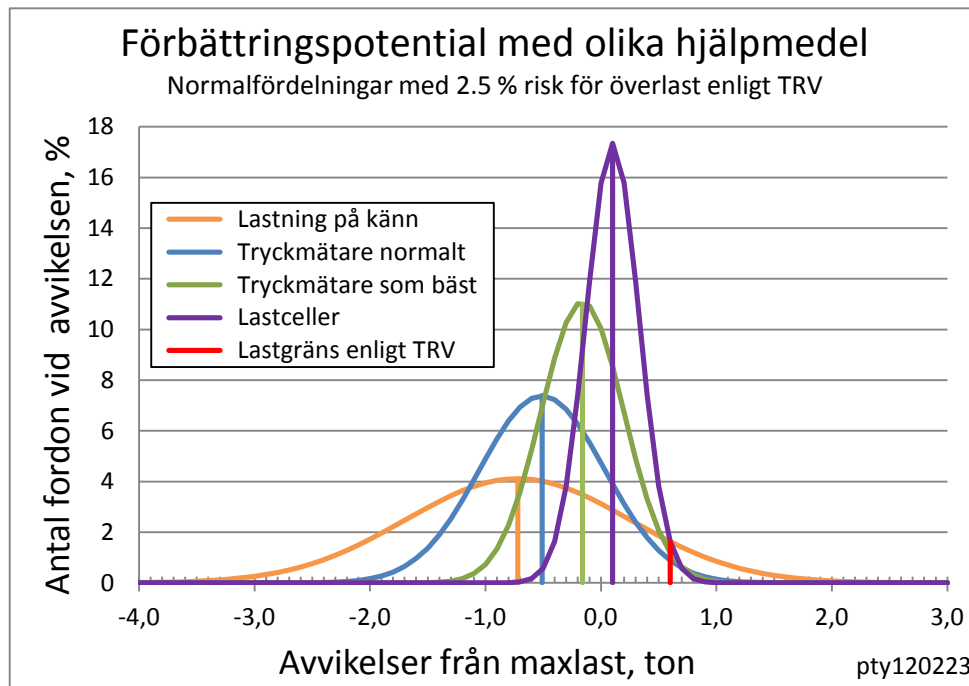


Diagram 5-3 Möjlig lastökning med hjälp av lastkontroll av olika slag. Fördelning av 100 leveranser i steg om 100 kg. Risken för överlast över 0,5 ton är med lastkontroll 2,5 % och vid lastning på känn är 9,6 %.

Tabell 5-4 Underlaget till Diagram 5-3 i siffror.

Lastkontroll	Standard- avvikelse ton	Medel- värde underlast kg	Möjlig ökad last med 2,5 % risk för överlast > 0,5 ton kg
Lastceller	0,23	- 100	820
Tryckmätare som bäst	0,36	160	560
Tryckmätare normalt	0,54	510	210
Lastning på känn	0,97	720	-

De möjliga lastökningarna kan tyckas måttliga, framförallt med tryckmätarna. Man ska då notera att risken för överlast i fallet utan fordonsvåg (lastning på känn) är den dubbla (5,1 %, se Tabell 5-2). Kostnaden för överlasterna är jämförelsevis ännu större (se kapitel 5.6). För att göra fallet utan lastningshjälp helt jämförbart med de övriga när det gäller risken för överlast skulle underlastens medelvärde behöva sänkas till - 1400 kg. Minskningen på 680 kg borde då räknas alternativen tillgodo som potentiell förbättring.

5.5. Kommentarer

Allmänt

En återkommande frågan är om inte lastkontroll i en lastmaskin kan duga lika bra som monterat i en lastbil. Det stämmer när det gäller totalvikten men inte när det avser fördelningen mellan axelgrupperna. Dessutom kan det vara bra med uppgifter från två håll, eftersom det oftast inte handlar om vägningar med krönt precision.

I de jämförande försöken användes lastceller bara på en boggibil. Semitralierbilarna provades enbart med tryckmätare. För fullständighetens skull borde det finnas undersökningar av lastceller också på en semitralier men det får anstå till kommande studier. Man kan ändå få en uppfattning om hur det skulle kunna se ut i det fallet med ledning av resultaten från boggibilen. Antalet lastceller och deras infästningar skulle se ungefär likadana ut

Det är lättare att hålla jämna vikter med lastmaskin, eftersom lasten kan korrigeras i efterhand både uppåt och nedåt om det skulle behövas. Varmasfalt är svårare att lasta till en exakt vikt, eftersom materialet faller i fritt och helst ska lastas i ett svep för att dämpa separationen. Vissa varmfickor är besvärligare än andra, till exempel där luckorna bara kan öppnas helt innan de kan stängas igen eller där kolvarna som reglerar luckorna reagerar långsamt. En tömningsteknik som klarar påfyllning av ett par hundra kilo på slutet vore önskvärd.

Bruttovikter som överstiger tillåtna värden med mer än 0,5 ton kg avgiftsbeläggs med 500 kr per påbörjat ton. Gränsen gäller oavsett "lastens" (= fordonets bruttovikt) storlek, som kan vara från 26 ton upp till 60 ton. Marginalen borde stå i proportion till lasten eller bruttovikten.

Det är ovanligt att transporter av varmblandad asfalt och krossat grus kommer upp i överlasten i Transportstyrelsens mening. De kontrollerna utförs dessutom bara stickprovsmässigt av Polisen på vanligtvis fasta kontrollstationer.

Trafikverkets kontroller gäller samtliga leveranser och kan resultera i betydande be-
lopp. Den enskilde fordonsföraren och fraktbolaget kan drabbas kännbart om entreprenören, som faktureras avgifterna av Trafikverket, väljer att i sin tur begära ersättning av den som skött lastningen. 0,5 ton på bruttovikter om 50-60 ton är en mycket liten marginal. Konsekvensen har blivit att i de fall föraren utför lastningen, t ex av asfalt, läggs en säker marginal för att slippa avgifterna, särskilt när man kör på timavtal.

Lastning på känn

I vissa fall lastar fordonsföraren själv grus med tillhandahållen lastmaskin, särskilt i små grustäkter, men det tillhör undantagen. Oftast är det en erfaren lastmaskinist med god materialkännedom som ombesörjer lastningen och som brukar pricka vikterna ganska bra. Men även en van lastmaskinist kan luras av materialens olika densitet. Makadam och torr sand är mycket lättare än graderat grus och blött material. Det kan handla om flera tons skillnad på flak som ser ut att vara fyllda lika mycket.

Numera sköter fordonsföraren lastningen av asfalt själv, som därmed ensam ansvarar för lastens storlek och placering. Precis som i fallet med grus väger olika asfaltsorter olika mycket och de flyter ut på flaket på olika sätt. Att då pricka en viss vikt enbart efter ögonmått av flakets fyllnadsgrad, samtidigt som det är varmt och ryker, är ganska svårt. Skulle det råka skilja några ton på en last om 35 ton ska ingen skugga falla på den som lastar.

Ett sätt att pricka en viss mängd utan fordonsvåg är att fylla förvaringsfickan med precis så mycket som ska lastas. Asfaltverket tillverkar asfalten med stor noggrannhet i alla avseenden, även vikten. Det är möjligt men inte alltid praktiskt genomförbart.

Tryckmätare

Systemet med luftfjädring fungerar så att ökad belastning möts med ökat tryck i de bärande bälgarna för att bibehålla chassits höjdläge i så kallat *körläge*. Kännare ger impuls till fordonets kompressorsystem att justera trycket tills rätt position återställs. Eftersom bälgarna har konstant kontaktyta står trycket i direkt proportion till lasten. Detta har utnyttjats under många år som ungefärligt lastindikator med hjälp av enkla tryckmätare. Företaget *PM Onboard* har utvecklat detta till ett vågsystem under namnet *TruckWeigh*. Precisionen i systemet blir emellertid inte bättre än vad luftfjädrings-systemet tillåter. Defekter i den funktionen avspeglas i försämrade lastkontroll. Det är en av anledningarna till en *större* och framförallt *varierande spridning* jämfört med lastceller.

Lastcell

Funktionen i en lastcell bygger på förändrad ledningsförmåga i en trådtöjningsgivare som monterats på en metallbrygga som utsätts för töjning under belastningen. Bryggorna kan se olika ut och monteras på flera sätt men grundfunktionen är densamma. Systemet är robust och exakt men är också dyrare än tryckmätare, både vad gäller materialkostnad och montering.

5.6. Kalkyler

Nedanstående uppgifter baserar sig på uppgifter från vågleverantören och transportörerna.

Tabell 5-5 Kostnader för fordonsmonterad lastkontroll med avskrivning på 3 år och 5 % ränta.

Typ av lastkontroll	Kostnad monterat kr	Sammanlagd kostnad under 3 år kr	Timkostnad över 3 år => 3500 tim kr/tim
Lastceller boggi-bil/släp/semitrailer	128 000	138 088	39,45
Tryckmätare semitrailer	58 000	62 571	17,88

Tabell 5-6 Beräknad kostnad för överlast enligt Trafikverket för ett fordon under 3 år med respektive utan lastkontroll.

	Antal leveranser uppdelade i avgiftsintervall för 1400 leveranser under 3 år			
Avgiftsintervall, ton:	0,6 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 3,0	Sammanlagd avgift under 3 år kr
Avgift, kr:	500	1000	1500	
Lastning på känn	86	45	3	92 500
Med lastkontroll	33	1	0	17 500
Vinst				75 000

Beräkningarna av överlastavgifter utgår från normalfördelningarna i Diagram 5-3 och sifferuppgifterna i Tabell 5-4. Med de uppgifterna går det att förutse hur många laster som kommer att hamna i respektive avgiftsintervall för överskriden maxlast och därefter summera kostnaderna.

Tabell 5-7 Sammanställning av kostnader och intäkter för olika modeller för for-
donsmonterad lastkontroll och ökad effektivitet i transportarbetet under 3 år.

			Kostnader	Intäkter		
Fordonstyp	Timkost- nad ¹⁾ kr	Last- storlek ton	Kostnad för fordonsvåg tkr	Värde av möjlig lastökning ²⁾ tkr	Minskad överlast- avgift tkr	Ökad ef- fektivitet ³⁾ %
Lastceller boggibil	580	12	138	148	75	4,2
Lastceller semitrailer	850	33	138	76	75	0,4
Tryckmätare semitrailer	850	33	63	19 ⁴⁾ / 52 ⁵⁾	75	1,1 ⁴⁾ / 2,1 ⁵⁾

1) Vanliga kostnader

²⁾ ((lastökning ur Tabell 5-4) / laststorlek)) * timkostnad * 3500 timmar

³⁾ Motsvarar vinst på transportkostnaden

⁴⁾ Normalt / ⁵⁾ Som bäst

Eftersom transportkostnaden för mindre laster är högre krävs mindre lastökning för att täcka vågkostnaderna och ge vinst. Därför är investeringen i lastkontroll på en boggi-bil särskilt lönsam men det förutsätter att transportererna kräver den här fordonstypen.

Transportekonomiskt sett ger tryckmätarna större återbäring än lastceller men det kan finnas andra skäl som talar för den dyrare lösningen. En högre fyllnadsgrad kan vara önskvärd sett ur ett samhällsperspektiv när det gäller väghållning, säkerhet och miljö.

Minskade överlastavgifter tillsammans med lastökningarna bekostar båda systemen med räntor och avskrivning på 3 år. Förutsättningen är att Trafikverkets regler för överlaster består och tillämpas.

5.7. Övriga fördelar

Utöver intäkter från ökade laster och minskade avgifter för överlaster finns ytterligare vinstmöjligheter:

- Mindre risk för olyckor med bättre kontroll av lasten och färre transporter på vägarna.
- Minskat slitage av vägarna med jämnare fördelning av lasten på axlarna (se Bilaga 6)

Alla vinner på:

- Bättre utbyte av fossila bränslen. Stora nyttolaster är att föredra när det gäller att få ut största möjliga nytta av fossila bränslen. Det finns ingen övre gräns i det avseendet. I det här sammanhanget kan man mynta begreppet *underlast*, för att markera de negativa konsekvenser som det för med sig i form av fler transporter och ökad bränsleförbrukning per transporterat ton. Diagram 5-4 visar att ju mer ett dragfordon transporterar på eget flak eller på ett fordonståg upp till den tekniska förmågan desto bättre (framräknat ur /9./).

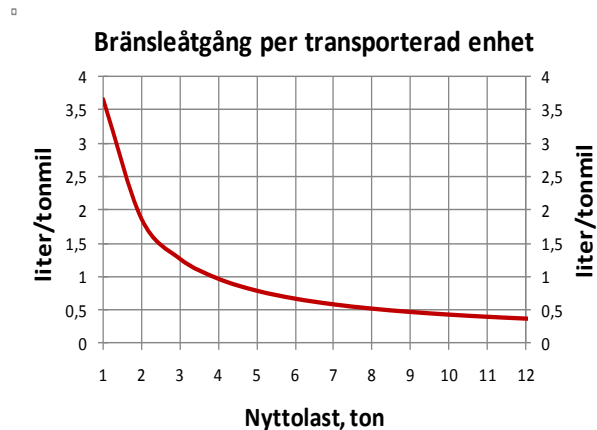


Diagram 5-4 Maximalt lastutnyttjande minimerar bränsleåtgången per transporterad enhet.

och

- Naturen besparas onödiga utsläpp av växthusgaser.

6. KOMMENTARER OCH SLUTSATSER

Erfarenheterna av fordonsmonterad lastkontroll för anläggningstransporter är än så länge begränsade i Sverige. Resultaten från övningarna under 2011 är emellertid uppmuntrande. Lastcellerna har den bästa precisionen men erfarenheterna bygger enbart på en 26-tons boggilastbil med 12 tons last. Tryckmätarna monterades på 50-56 tons semitrailers med 32-34 tons last. Om precisionen är beroende av laststorleken kan skillnaden mellan vågtyperna minska men kanske inte så mycket att de blir tekniskt likvärdiga. Det återstår att undersökas.

I normalfallet räcker den möjliga lastökningen inte till för att täcka investeringen. Undantaget är boggibil med lastceller, som är ett särfall med hög transportkostnad. Tillsammans med minskade överlastavgifter återbetalas investeringarna och ger ett visst överskott men det förutsätter att reglerna för överlast verkligen tillämpas.

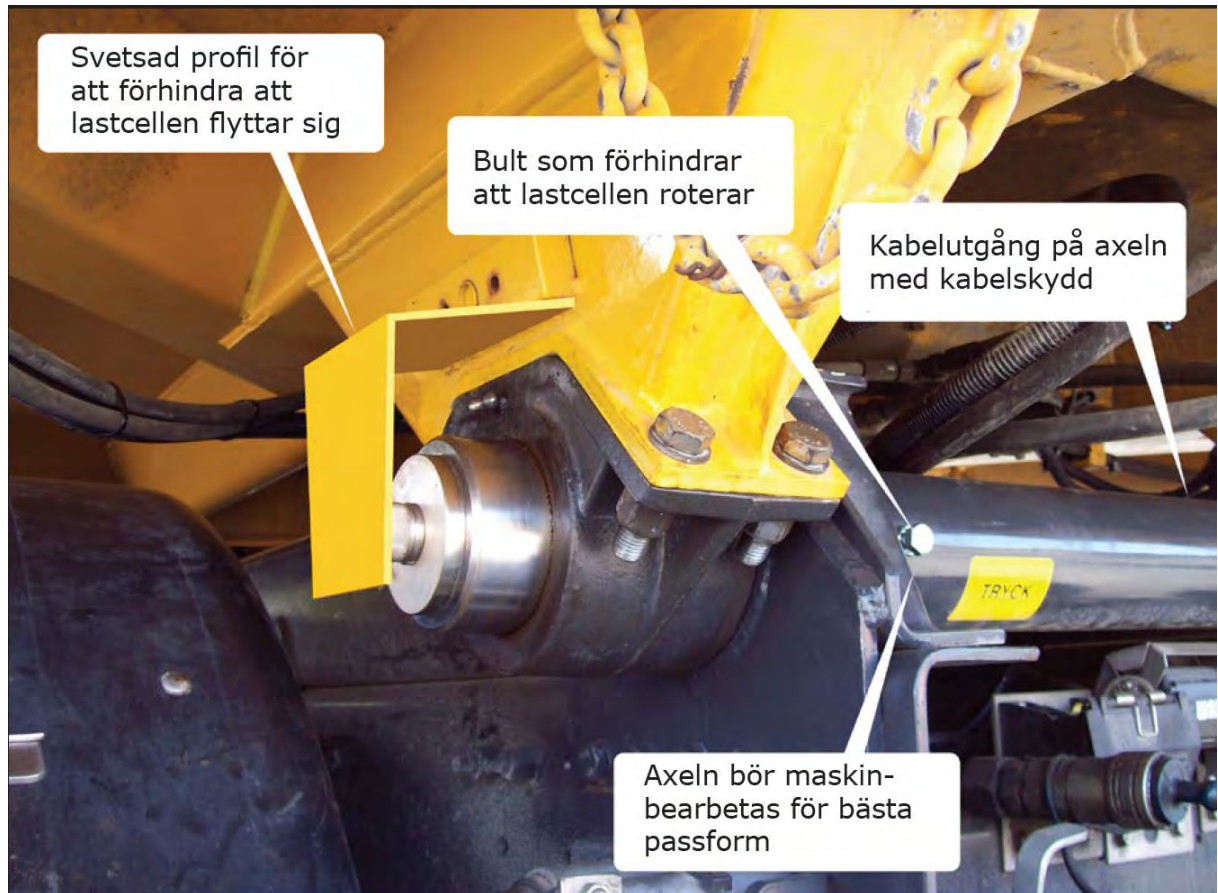
Tekniken med fordonsmonterad lastkontroll har kommit för att stanna och kommer att utvecklas vidare. En nyttig vägledning vore om intressenterna kring vägtransporter kunde mötas och enas om i vilken riktning man vill att utvecklingen ska gå.

LITTERATUR, LÄNKAR OCH LÄMNADE UPPGIFTER

1. Johansson, M. *Rätt lastade fordon*. SÅ rapport 2007:2. Sveriges Åkeriföretag. Danderyd. 2007.
2. *Aktiv viktkontroll för transportfordon*. Dnr AL 80 A 2007:3358. IVSS-projekt. Vägverket et al. 2009.
3. <http://www.yrkestrafiken.se/Yrkesforare1/Lastbilsforare/>
4. *Lag om överlastavgift*. SFS 1972:43.
5. *Trafikförordning*. SFS 1998:1276.
6. *Riksåklagarens föreskrifter om ordningsbot för vissa brott*. SFS 1999:178.
7. *Entreprenadkontrakt, EK 5.21*. Trafikverket. Borlänge.
8. *Administrativa föreskrifter, AFC.181*. Trafikverket. Borlänge.
9. Ulf Hammarström, Mohammad-Reza Yaha. *Hastighetsregulator och bränsleförbrukning för tunga lastbilar med släp*. VTI notat 32-2006. Linköping. 2007.
10. Göingberg, Bo. *E-post och telefonsamtal*. Transportstyrelsen. Stockholm. 2011-09-16 --10-31
11. Samuelsson, Lars-Göran. Bengtsson, Lars. *Telefonsamtal och platsbesök vid kontrollstation*. Polisens kontrollgrupp i Skåne. 2011-11-04--09.
12. Svensson, Bo. *E-post och telefonsamtal*. Trafikverket Väst. Göteborg. 2011-11-24.

BILAGOR

Bilaga 1 MONTERINGSANVISNING FÖR BAKRE LASTCELL



Bilaga 2 EXEMPEL PÅ MONTERING AV FORDONSVÅG MED LASTCELL



SKANSKA

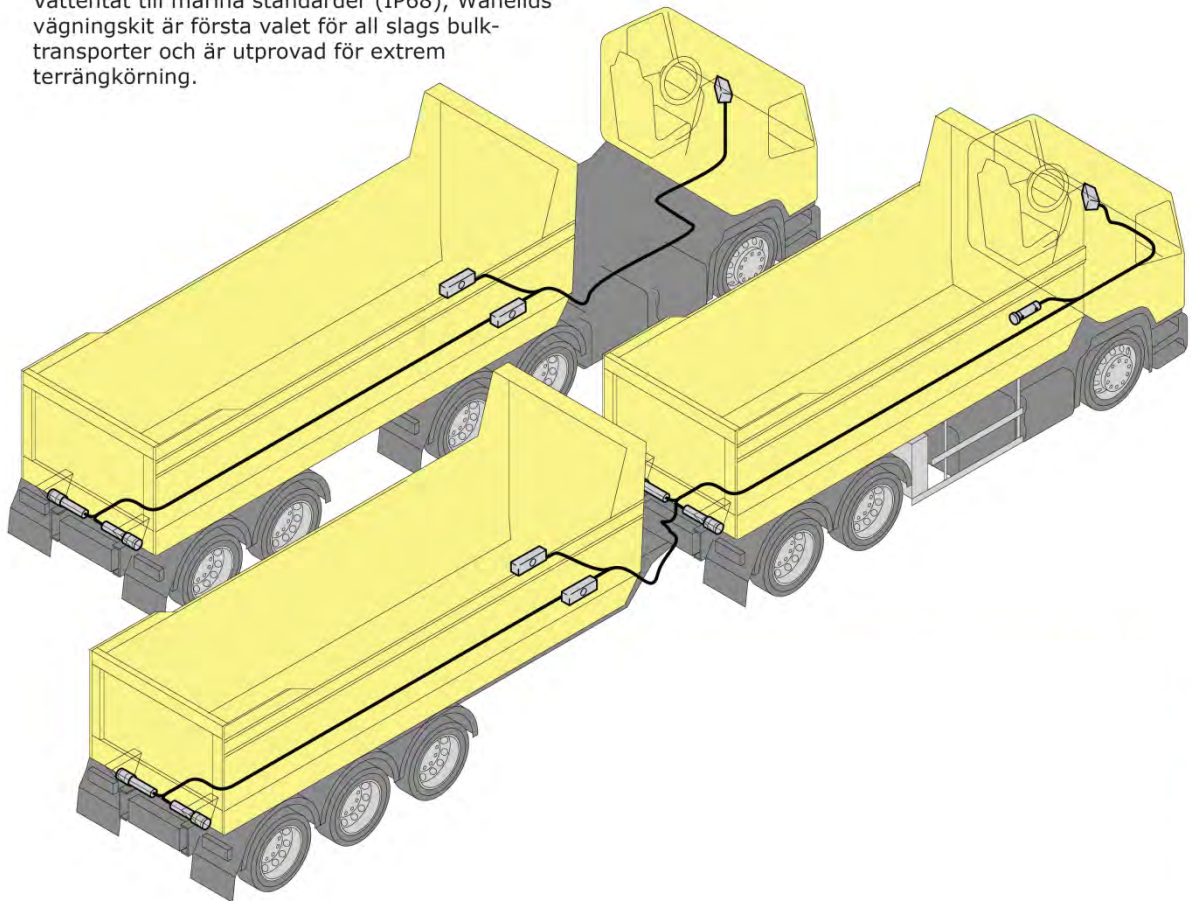
Optimal lastning på grund av exakt vägning

Vi erbjuder nu en enkel och effektiv lösning för all bulkvägning. Kitet innehåller högkvalitativa lastceller och en ny, innovativ indikator som är lätt att placera i fordonet.

Vägningsystemet är utvecklat specifikt för vägning av bulklast på fordon som tippas eller är fast. Bulkvägningssystemet är utvecklat för hög noggrannhet i krävande miljöer.

Vattentät till marina standarder (IP68), Wanelids vägningskit är första valet för all slags bulktransporter och är utprovad för extrem terrängkörning.

- "Väg och se" - se vägningsresultatet i realtid
- Hög noggrannhet $\pm 0.5\%$ FSD eller bättre
- Enkel att sköta
- Robust konstruktion som klarar terrängkörning
- 17 - 50 ton GVW
- För all sorts bulktransport
- Konstant länk mellan våginstrument och fordonsdator



Om ni vill veta mer, kontakta Jan Alsenholt +46 (0)706 - 41 65 00

Wanelid AB
Box 16
532 21 Skara
Sweden

Telefon: +46 (0)511-305 00
Telefax: +46 (0)511-130 96
Epost: info@wanelid.se

Org.nr: 556308-9175
VAT: SE556308917501
Web: www.wanelid.se

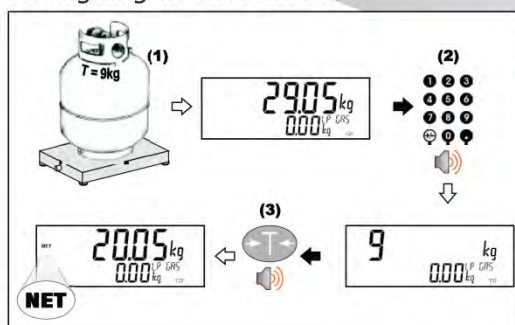


Bilaga 3 SNABBGUIDE FÖR FORDONSVÅG MED LASTCELL

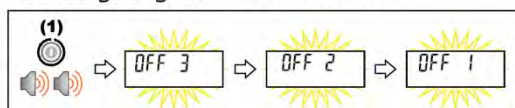


På / Av knapp

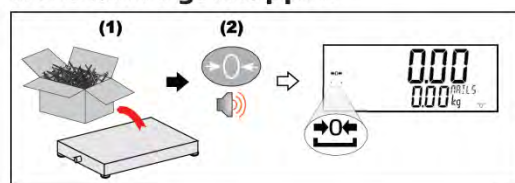
Påslagning av instrumentet



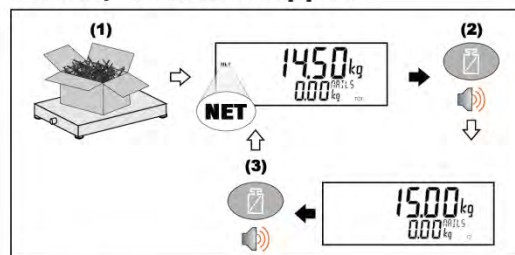
Avstängning av instrumentet



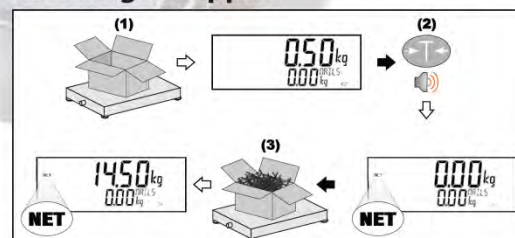
Nollställningsknappen



Netto / Brutto knappen

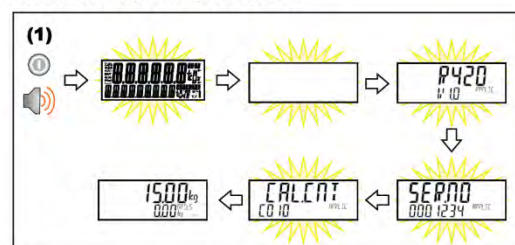


Tareringsknappen

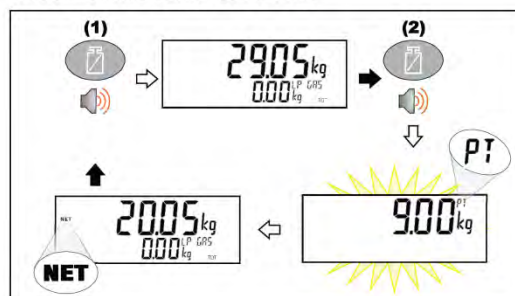


Förinställ taravikt

Sätt taravikt manuellt



Visa förinställd taravikt



Bilaga 4 FUNKTIONSDATA FÖR TRYCKMÄTARVÅG



PM Onboard

Axle Overload Protection

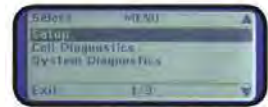
Optimise Your Payload and Avoid Fines

Features and Benefits

- Accuracy $\pm 3\%$ FSD (90 – 100%)
- Simple to operate
- Easy to fit to new and existing vehicles
- No driver input required
- Axle and gross overload protection
- 7.5 – 50tonne GVW
- Rugged for harsh environments
- AxleWatch
- Trailer identification
- Overload alarm, audible or visual
- Balanced load distribution
- Maximise payload capacity
- Reduce vehicle wear and tear and fuel consumption
- Protect your licence
- Avoid fines and overload endorsements



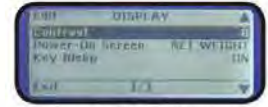
Vehicle Overload



Easy to Setup Menus



Axle Overload



User Defined Display



Alarm Set Points

Standard



Optional



Features	Standard	Option
Gross vehicle overload	•	
AxleWatch - individual axle overload	•	
Built in alarm sounder	•	
Trailer swap - trailer identification	•	
CAN bus	•	
RS232 output	•	
Password protection	•	
Telematics output	•	
Printer - thermal		•
Printer - heavy duty		•
Custom printer headers		•
External sounder		•
511 FreeWeigh		•

DISCLAIMER - All product specifications and data are subject to change without notice. Vishay Precision Group, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay Precision Group"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies, or incompleteness contained herein or in any other disclosure relating to any product. Vishay Precision Group disclaims any and all liability arising out of the use or application of any product described herein or of any information provided herein to the maximum extent permitted by law. The product specifications do not expand or otherwise modify Vishay Precision Group's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein, which apply to these products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay Precision Group. The products shown herein are not designed for use in medical, lifesaving, or life-sustaining applications unless otherwise expressly indicated. Customers using or selling Vishay Precision Group products not expressly indicated for use in such applications do so entirely at their own risk and agree to fully indemnify Vishay Precision Group for any damages arising or resulting from such use or sale. Please contact authorized Vishay Precision Group personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

Where the World Goes
for Precision Measurement and Control

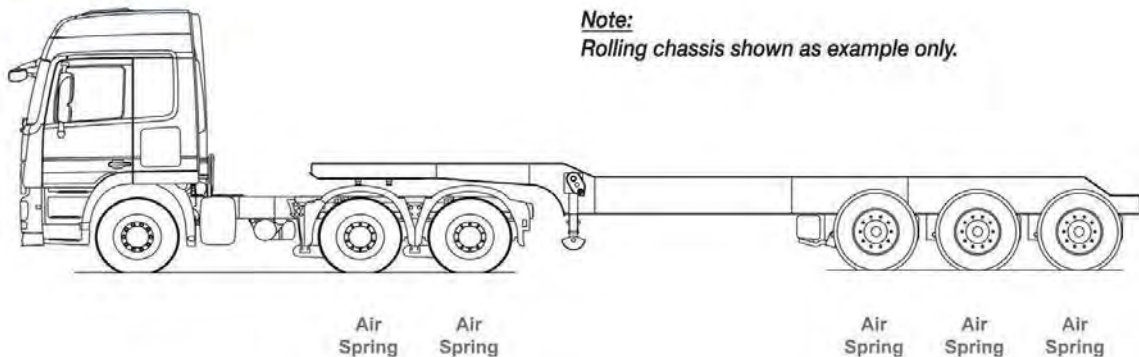
Bilaga 5 SKISS ÖVER TRYCKMÄTARSYSTEM FÖR SEMITRAILER



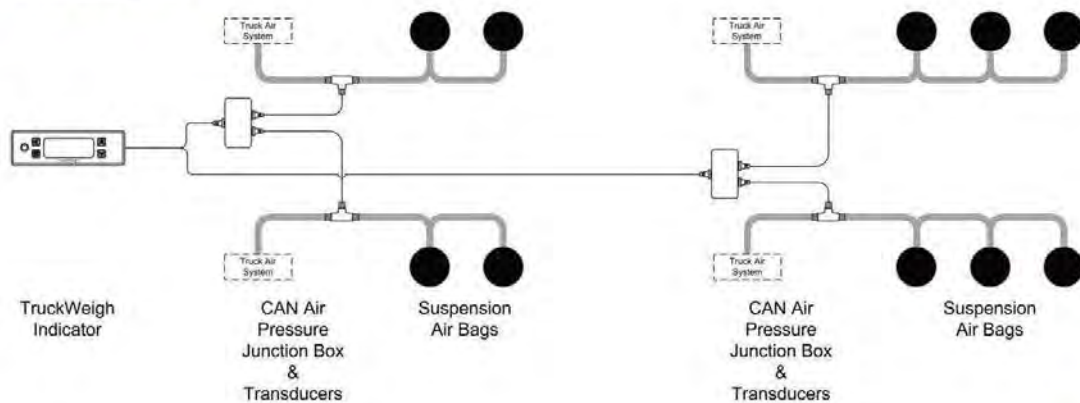
KIT REF
Tractor Kit: **WKTW10007**
Trailer Kit: **WK1155C-27**

TruckWeigh 6x4 Tractor/Trailer with All Air Suspension

Vehicle Chassis



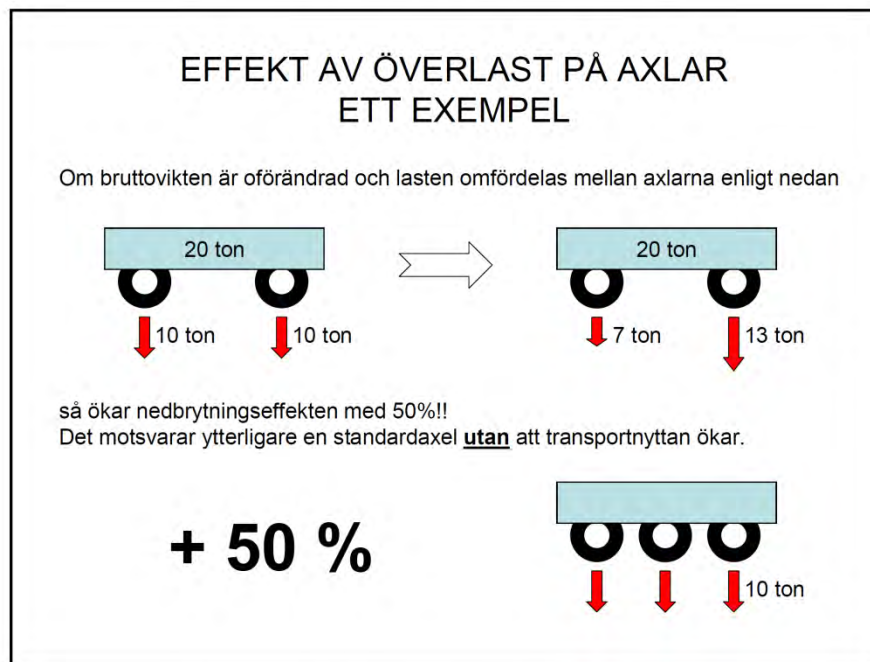
System Diagram



Bilaga 6 EFFEKTER AV FELFÖRDELAD LAST ENLIGT TRAFIKVERKET

2008:29

B – WIM mätningar 2007 - Sammanfattning



Slutsatser

- Vi har nu mätt för fjärde året på de 14 platser som ingår i det nationella mätprogrammet. Vi ser stora variationer mellan åren, omfattningen av överlaster minskar på flertalet platser men ökar samtidigt på några. Sammantaget (med hänsyn till mängden tung trafik på respektive plats) kan vi se en minskning av överlasterna. Fortfarande har vi dock omfattande problem med överlaster, se nedanstående punkter.
- Vi har ett problem med överlaster detta gäller både bruttovikt och axellaster. Övervikt på axellaster innebär att vi har fellastade fordon som i och för sig klarar bruttovikten men skapar onödigt vägsitage.
- Vi behöver öka vår kunskap om de faktiska lasterna. Även utan överlaster kan i en del fall de faktiska lasterna, uttryckt i antal standardaxlar per fordon (den s.k. *B*-faktorn) vara högre än vad vi tidigare antagit. *B*-faktorn och förekomst av överlaster samvarierar inte. *B*-faktorn varierar mer än vad som tidigare antagits.
- Vi behöver veta mer om hur faktiska laster varierar i relation till andel tung trafik. Den information som vi via projektet fått från ett fåtal platser behöver följas upp och kompletteras.
- Vi har tillgång till en mätmetod som med tillräcklig noggrannhet gör det möjligt att få en tillståndsbild från olika mätplatser.