

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

Beställare Kent Lindberg Jämtinvent AB	Datum 2019-02-27	Ersätter -	Utgåva 1	Rapport nr. 6179810-01
	Utförd av Anders Kjellberg			ÅF Test Center Forskargatan 3 781 70 BORLÄNGE
Övriga mottagare				
Sammanfattning				
Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa med felfunktion i gasfjäder.				
Olyckor där gasfjädrar fallerat eller lossnat har lett till svåra personsador. För att få en uppfattning om klämkrakterna har mätningar utförts med hjälp av lastcell och accelerometer.				
Resultat:				
Statisk klämkraft med en bortkopplad gasfjäder har uppmätts. Vidare har krafter i dynamiska fall uppskattats genom att kåpan släppts från sitt övre läge, och retardationen vid islag uppmätts med accelerometer. Mätdata levereras till kund. Beräkningar som visar uppskattad klämkraft längs släpets långsida under givna förutsättningar redovisas i rapporten.				
Nyckelord				

Innehåll

INNEHÅLL	2
1. ALLMÄNT	3
2. METOD	3
2.1. Metodbeskrivning.....	3
2.2. Statiska fallet	3
2.3. Dynamiska fallet.....	3
2.4. Förutsättningar.....	4
2.5. Utrustning	4
2.6. Mätobjekt.....	5
3. RESULTAT	5
3.1. Allmänt	5
3.2. Begreppsförklaringar	5
3.3. Mätresultat, statiska fallet.....	5
3.4. Mätresultat, dynamiska fallet	6
3.5. Uppskattning av krafter i det dynamiska fallet	8
3.6. Mer konservativ beräkning.....	9
4. SLUTSATSER.....	11
4.1. Allmänt	11
4.2. Snölaster	11
4.3. Slutsatser	12
5. APPENDIX.....	13
5.1. Tabeller.....	13

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

1. ALLMÄNT

Olyckor där gasfjädrar på släpvagnskåpor fallerat eller lossnat har lett till svåra personskador. För att få en uppfattning om klämkrifterna har mätningar utförts med hjälp av lastcell och accelerometer. En släpvagnskåpa är vanligen ledad framtill och har två gasfjädrar, en på vardera sida, monterade relativt långt fram.

Ett typiskt scenario är att en gasfjäder fallerar, antingen internt så att den tappar tryck, eller att någon infästning går sönder. Sker detta när kåpan är öppen så förmår inte den kvarvarande gasfjädern hålla kåpan uppe.

2. METOD**2.1. Metodbeskrivning**

Den statiska vertikala last kåpan ger upphov till i bakkant uppmättes med hjälp av en lastcell (Fig. 1) som placerats centralt mellan bakläm och kåpa i nedre läge. Denna punktlast skulle ha förstört kåpan vid dynamiska tester så vid dessa tester nyttjades enbart accelerometer (fig. 2, fig. 3) monterad på kåpans baksida längst nere vid handtaget. Med denna metod kan de dynamiska krafterna uppskattas väl. Mätdata spelas in med 2000 mätpunkter per sekund (2kHz samplingsfrekvens).

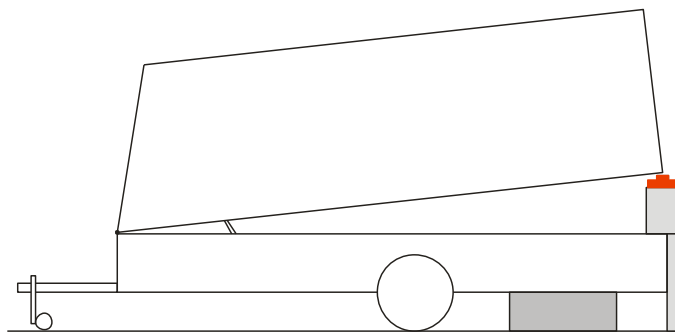
2.2. Statiska fallet

Fig. 1 Mätning statisk klämkraft. Lastcell rödmarkerad.

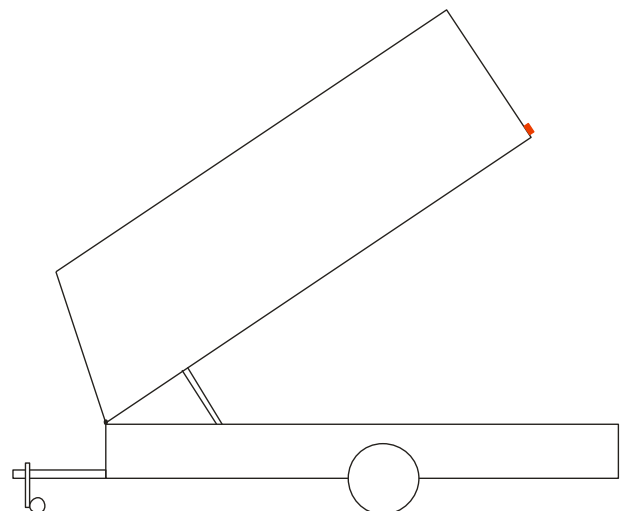
2.3. Dynamiska fallet

Fig. 2 Mätning av dynamiskt förlopp, övre läge. Accelerometer rödmarkerad.

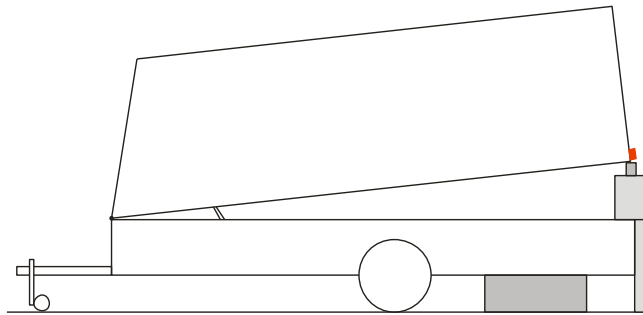


Fig. 3 Mätning av dynamiskt förlopp, nedre läge. Accelerometer rödmarkerad.

2.4. Förutsättningar

Några antaganden har gjorts för att testet i så hög grad som möjligt ska motsvara verkliga förhållanden. Vid testet demonteras ena gasfjädrarna då sannolikheten för att båda gasfjädrarna ska haverera samtidigt bedöms liten. Baklämmen är tex. nedfälld, typiskt vid av/pålastning. En luftkudde bildas mellan släp och kåpa annars, och denna dämpar islaget i sent skede. Av samma anledning gjordes proven med en antagen islagpunkt som är högre än när kåpan stängs helt. Det motsvarar verkligheten bättre, då kåpan måste ha en viss öppningsvinkel för att något ska kunna komma i kläm. Övergripande kan man se testet som ett relativt snällt fall, då snölast, kyla och tippvinkel gör situationen värre.

Den testade kåpan är förhållandevis lätt, och är utförd som ett enkelskal av aluminiumplåt utan interna spant. Glasfiberkåpor är i allmänhet betydligt tyngre. En tyngre kåpa ger högre statiska och dynamiska laster. Se även avsnittet om snölast.

Vidare gjordes antagandet att kåpans massa är jämt fördelad längs vagnen. Avvikelse från detta bedöms i praktiken vara små.

Temperatur i lokalen där testet utfördes var +22 °C. Lägre temperatur ger lägre tryck i gasfjädrarna och därmed mindre dämpning i fallrörelsen.

2.5. Utrustning

Vågsystem: HBM WE2108
Lastcell Anyload P/N 266AH-5t

Mätsystem: Dewesoft Sirius 8ch
Mjukvara: Dewesoft X3

Givare: Accelerometer ADXL 377 $\pm 200G$ samt ADXL 326 $\pm 16G$ (utgick)

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

2.6. Mätobjekt

Släpvagn: Fogelsta Släp S1945B1000i, artikelnummer: 309185, utrustad med aluminiumkåpa 1880x4500x1200mm artikelnummer: 309604.
Vagnen var fabriksny vid mättillfället, och gasfjädrarna i utmärkt kondition.

3. RESULTAT**3.1. Allmänt**

Den testade kåpan är förhållandevis lätt, och är utförd som ett enkelskal av aluminiumplåt utan interna spant. En tyngre kåpa ger högre statiska och dynamiska laster.

3.2. Begreppsförklaringar

m Massa, enhet kg

M Vridmoment, dvs kraft gånger avståndet mellan punkten där kraften anbringas och vridningspunkten. Enhet Newtonmeter, Nm.

a Acceleration, enhet m/s^2 , här mäts inbromsning, dvs retardation, med accelerometergivare.

g Tyngdacceleration, enhet m/s^2 . På Jordens yta är tyngdaccelerationen 1g. Det motsvarar ca $9,82m/s^2$. $30 m/s^2$ motsvarar $30/9,82$ tyngdaccelerationer, dvs ca 3g.

3.3. Mätresultat, statiska fallet

Kåpans vikt i bakkant mättes först statiskt. Med avdrag för passbitar som krävdes för korrekt införande av lasten (taravikt) blev resultatet en vikt på 31,7kg. Med tyngdaccelerationen $g = 9,82m/s^2$ motsvarar det en klämkraft mellan bakläm och kåpans bakkant på 311N.

Avståndet mellan gångjärn och bakkant är 4,525m. Observera att gångjärnen är inflyttade något, vilket inte syns i figurerna ovan, men hänsyn ha tagits till det i momentberäkningen.

Lasten vid bakkant räknas om till vridmoment: $M = F \cdot l = 311,294 \cdot 4,525Nm = 1410Nm$

Lasten längs vagnens sida, med nollpunkten vid gångjärnet och positiv riktning bakåt relativt färdriktningen fås som:

$$F = \frac{M}{x} = \frac{1410(Nm)}{x(m)}$$

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

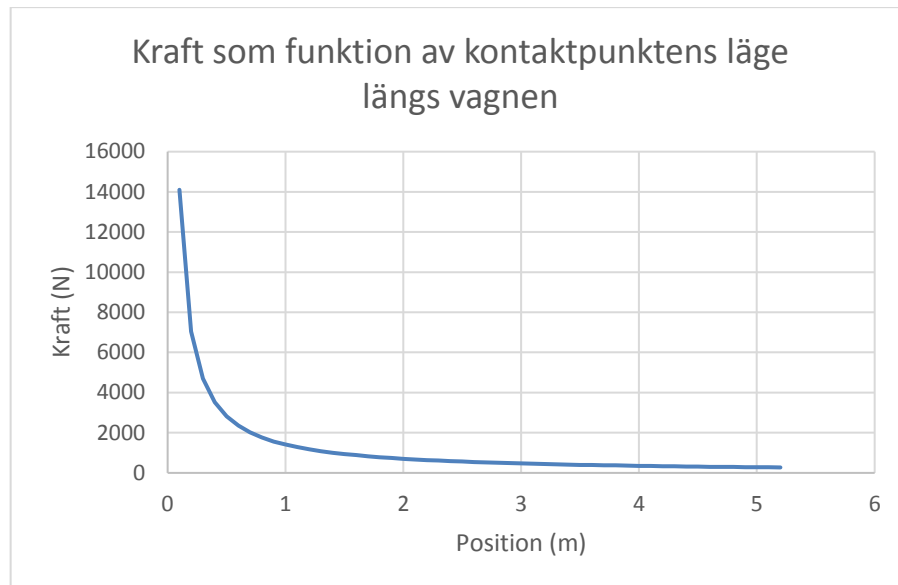


Fig.4

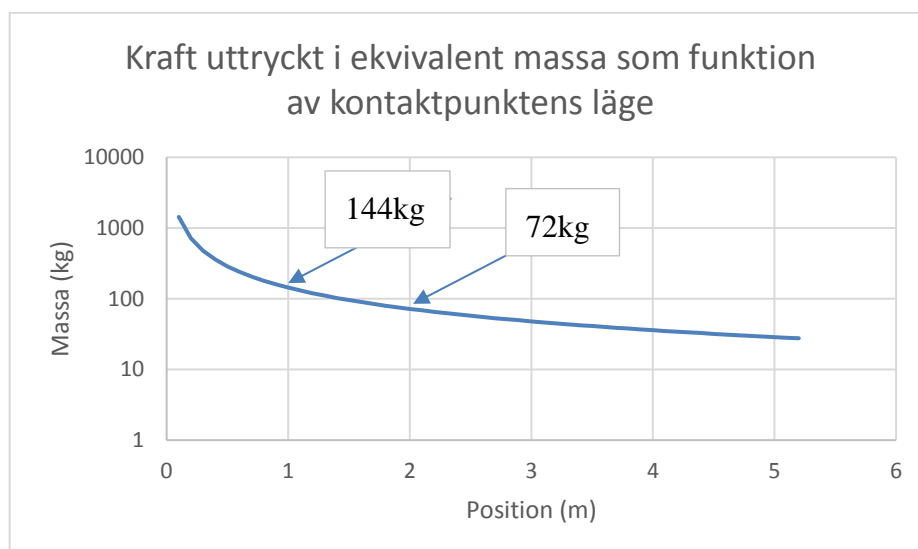


Fig.5 Obs! Logaritmisk y-skala.

I fig 4. och fig. 5 visas hur kraften minskar med ökat avstånd från gångjärnen. I fig. 5 har kraften räknats om till en motsvarande vikt vid 1g. 1m från gångjärnet är denna vikt ca 144kg. 2m från gångjärnet ca 72kg. Data i tabellform återfinns i appendix.

3.4. Mätresultat, dynamiska fallet

Accelerometersignalen visar acceleration i g på y skalan. Fem slag loggades enl. fig. I fig.7-9 visas några islagsförlopp inzoomade. Islaget följs av ett insvängningsförlopp där kåpans tak vibrerar. Det ger relativt höga accelerationer, men till skillnad från i det faktiska islaget är tidsutbredningen kort, och därmed energiinnehållet lågt. Vi fokuserar därför på själva islaget.

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

Maximal acceleration (egentligen retardation) noteras för varje islag i serien, se Tabell 2. För en bra avläsning har signalen först lågpasfilterats. Maxpunkten motsvarar ett kort tidsförlopp, så även den lägsta accelerationen i ett tidsspänn om 20ms har noterats. I samtliga fall blev den ca 5g.

De värden som uppnås i praktiken är svåra att uppskatta då de beror av egenskaperna hos det föremål som kommer i kläm. Det är stor skillnad om en påpälsad arm eller ett huvud kommer emellan. Trycket, dvs islagskraft delat med anslagsytan varierar också mycket. Mätningarna visar ändå att krafterna är så stora, att det inte råder någon tvekan om att de kan vålla svåra skador.

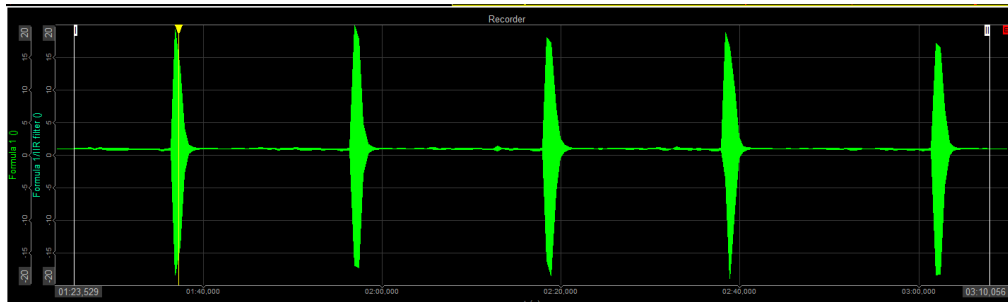


Fig. 6 Mätserie om fem fall/islag.

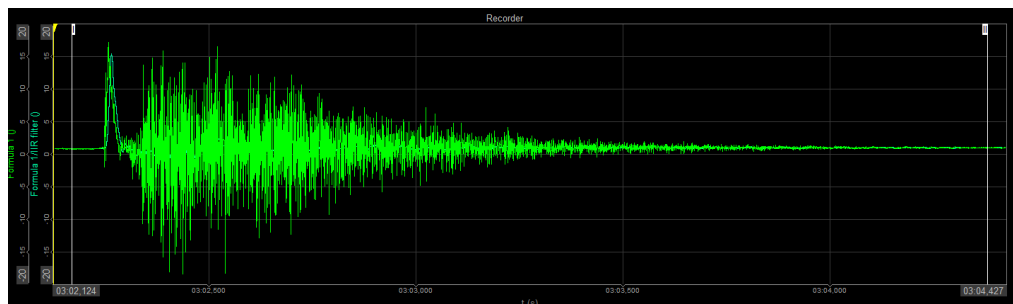


Fig. 7 Islag (nr5 från vänster i fig 6) med svängningsförlopp.

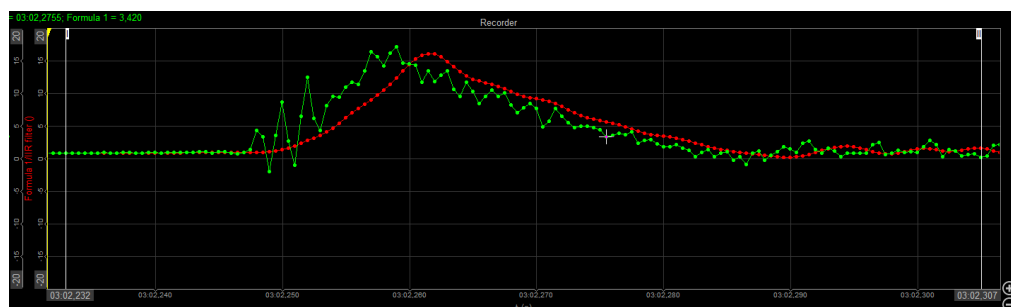


Fig. 8 Islag (nr5 från vänster i fig 6). Röd kurva lågpasfilterad signal, gränshfrekvens 200Hz.

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

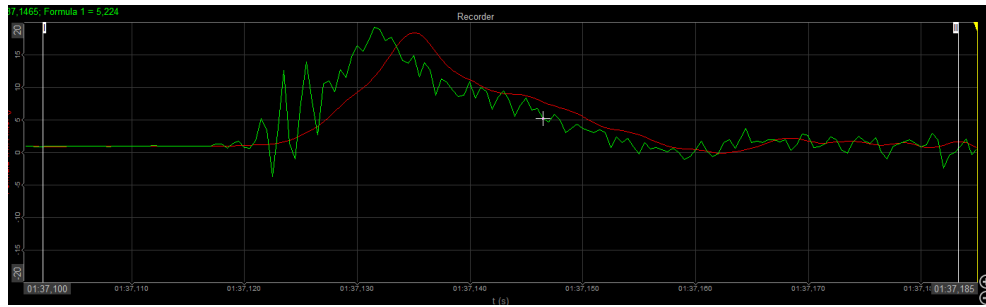


Fig. 9 Islag (nr1 från vänster i fig 6). Röd kurva lågpasfilterad signal, gränshfrekvens 200Hz.

Tabell 1. Maximal retardation i respektive islag, samt ungefärligt lägsta värde som erhålls i ett tidsspänn på 20ms.

Islag nr.	Max retardation (g)	Min retardation 20ms (g)
1	18	6,6
2	19	6,2
3	17	6,4
4	18	5,8
5	16	5,9

3.5. Uppskattning av krafter i det dynamiska fallet

Kraften som påverkar baklämmen vid islag uppskattas genom att multiplicera med accelerometervärdet enligt;

$$F = m \cdot a \cdot \frac{1}{\cos\varphi}$$

Där φ är kåpans öppningsvinkel, här $3,2^\circ$. Accelerometern visar för lite pga lutningen varför vi kompenserar för denna. Räkna vi återhållsamt med den lägsta retardationen i mätserien får vi:

$$F = m \cdot a \cdot \frac{1}{\cos\varphi} = 31,7 \cdot 16 \cdot 9,82 / \cos(3,5^\circ) = 4990N$$

På samma sätt fås i värsta fallet 5910N, motsvarande en massa på ca 600kg längst bak.

Konservativt räknat, med 16g som maximal retardation, får vi följande förhållande.

$$M = F \cdot l = 4990 \cdot 4,525Nm = 22580Nm$$

$$F = \frac{M}{x} = \frac{22580(Nm)}{x(m)}$$

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

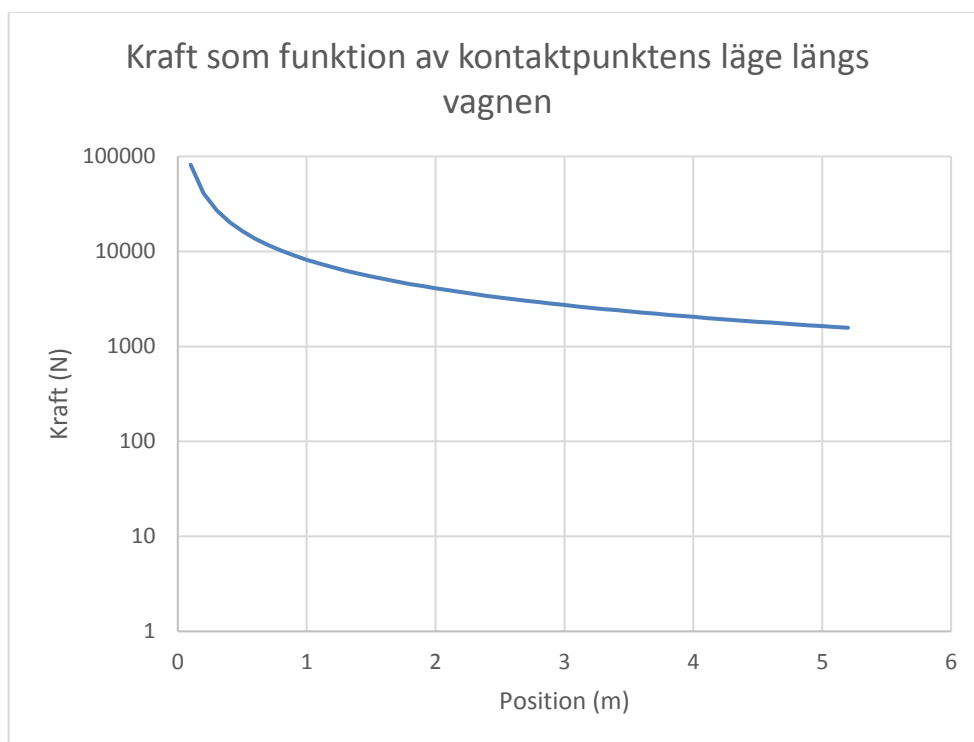


Fig.10 16g-fallet

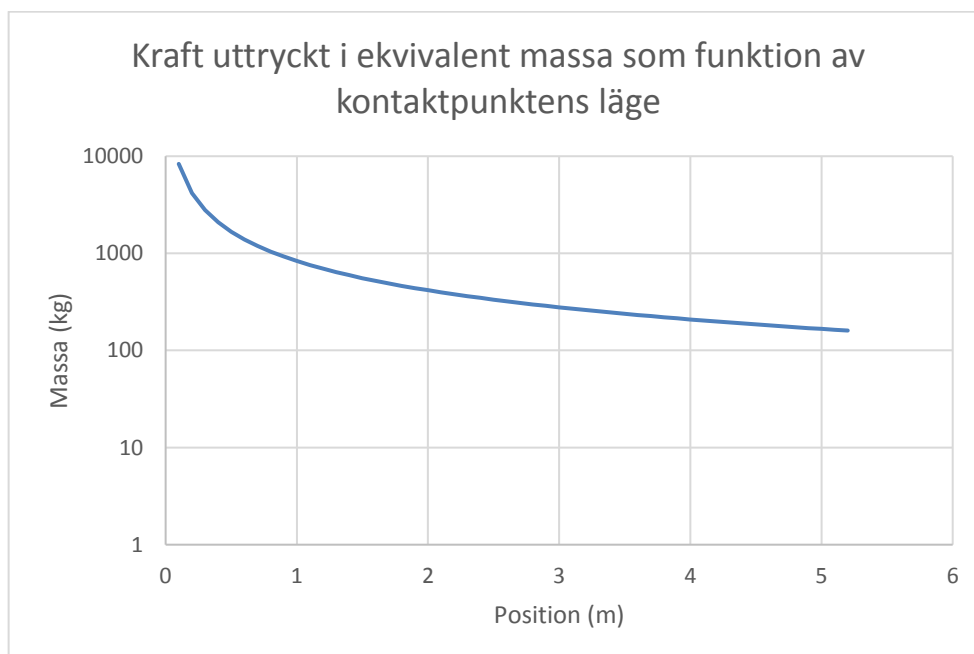


Fig.11 16g-fallet

3.6. Mer konservativ beräkning

Då den momentana retardationen i islagsögonblicket som tidigare nämnts, påverkas av egenskaperna hos föremålet som kläms, har vi valt att titta närmre på ett fall där islaget dämpas av att föremålet är mjukare. En uppskattning gjordes där det lägsta accelerationsvärdet under ett fönster på 20ms som omsluter toppvärdet, antas representativt. Det lägsta av de värdena i mätserien blev 5,8g, se Tabell 2, och

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

motsvarande grafer i fig 12 och fig. 13. För att mera korrekt bestämma hur snabbt kåpan retarderar med tex. en arm i kläm, måste sannolikt en provdocka användas och mer specialiserade mätningar utföras.

Detta är dock ej syftet med denna rapport, som snarast tjänar till att se vad ett bästa fall ger för resultat. Om ett "best case scenario" kan anses vara farligt, så är andra fall värre. Det visar sig också, att krafterna är så stora, att kåpan sannolikt deformeras av den punktbelastning som tex en arm utgör vid första försöket varför ett sådant test skulle bli mycket kostsamt.

På samma sätt som ovan fås, med 5,8g retardation ett vridmoment på 8185Nm.

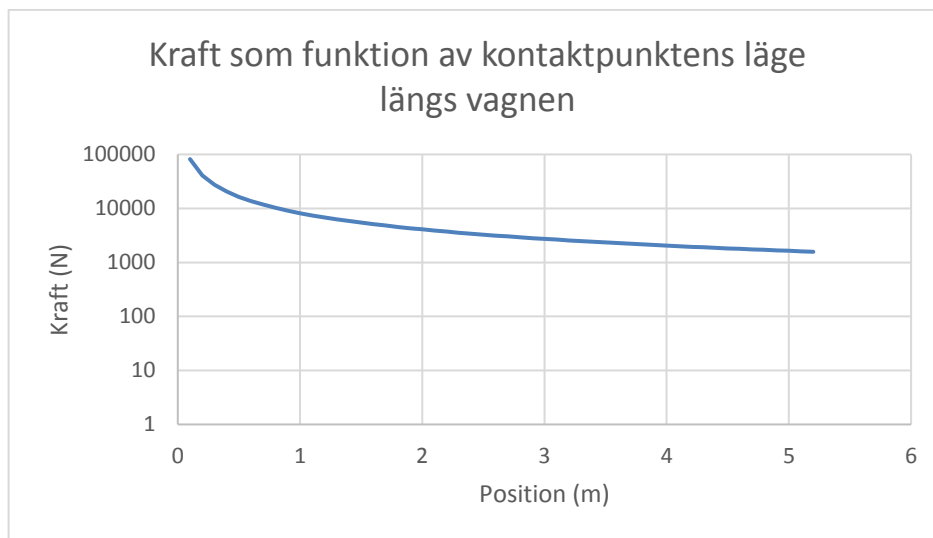


Fig.12 5,8g-fallet

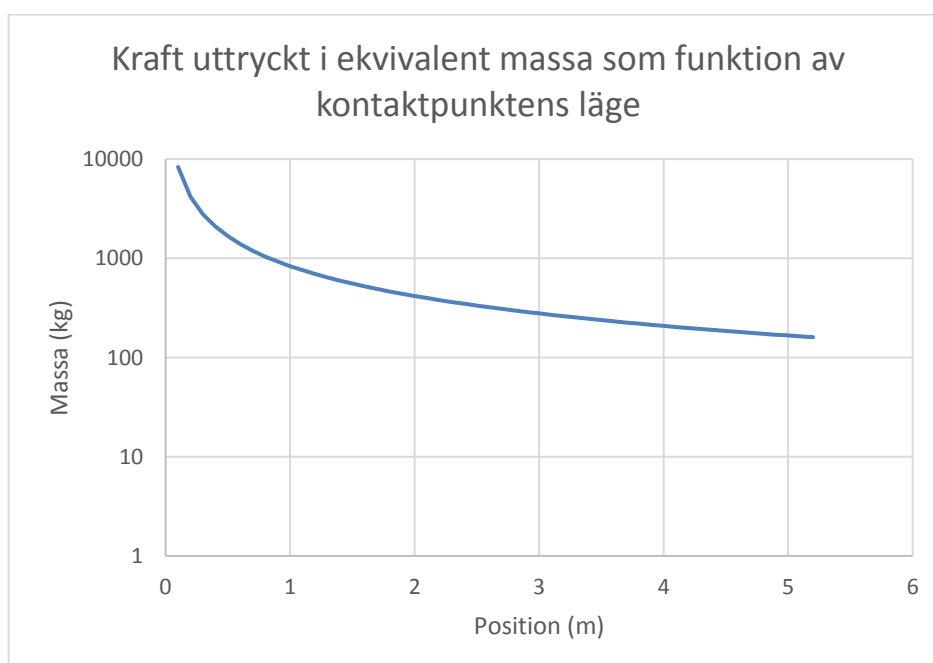


Fig.13 5,8g-fallet

4. SLUTSATSER

4.1. Allmänt

I det statiska fallet får man en last på drygt 140kg en meter ifrån gångjärnet. I det dynamiska fallet får vi konservativt räknat ca 8kN momentant, motsvarande ungefär 800kg en meter från gångjärnet. Detta vid 5,8g. Maximal retardation uppmättes till ca 19g, dock under mycket kort tid. Då kåpans plåtkant är mycket smal, ca 2mm, blir trycket den utövar på en kroppsdel som kommer i kläm mycket högt, och kåpan fungerar som en sax, Förhållandena förvärras i lägre temperatur då den kvarvarande gasfjädern blir klenare.

4.2. Snölaster

Snö eller is på kåpan förvärrar situationen. Gasfjädrarnas lyftförmåga balanseras ut vid ca 30kg anbringat vid kåpans bakkant, något som kan anses vara ett typiskt fall. Detta motsvarar ett jämt fördelat snö/istäcke som med tyngdpunkten mitt på vagnen skulle ge en total snölast på ca 60kg för att ge motsvarande vridmoment.

Denna last adderades till den last vi uppmätt tidigare i det statiska fallet med en dämpare trasig. Det ger en fördubbling av den statiska lasten. En meter från gångjärnet motsvarar detta en punktlast på ca 290kg. Antar vi istället ett dynamiskt fall med 5,8g retardation får vi en motsvarande massa på ca 1670kg en meter från gångjärnen.

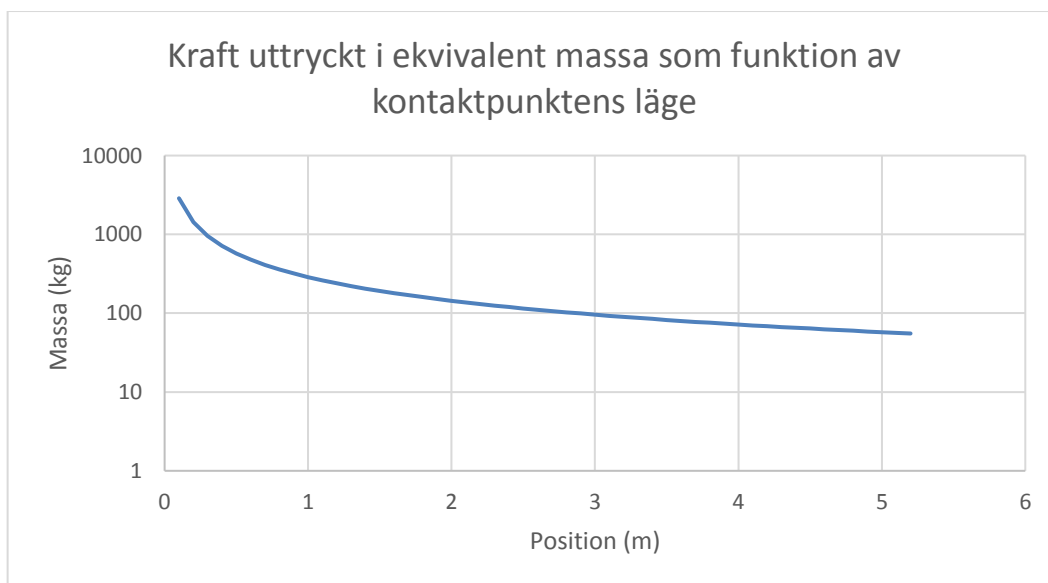


Fig.14 Statiskt fall, snölast motsvarande 60kg adderad.

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

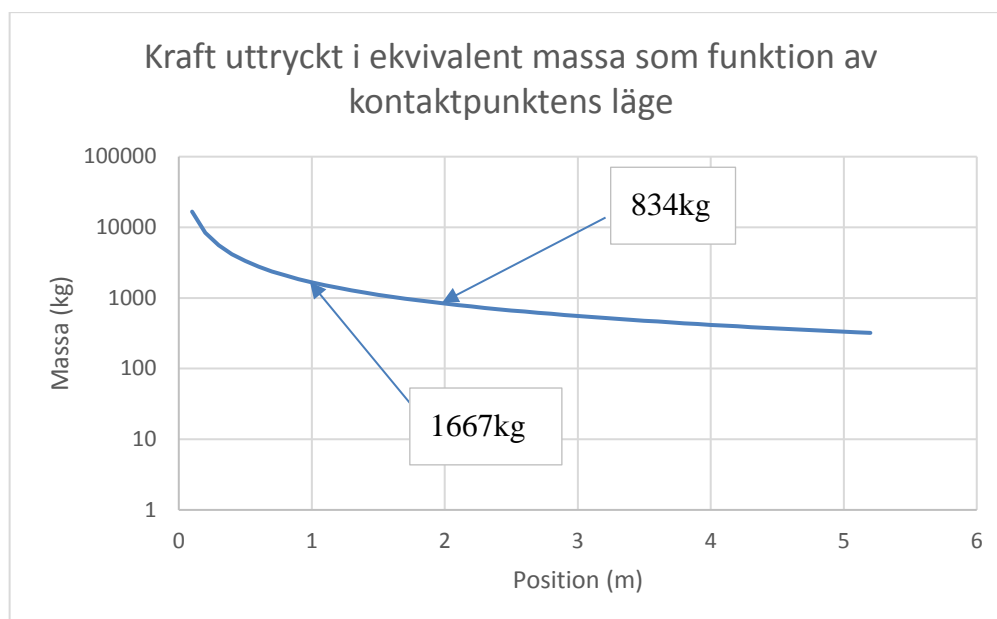


Fig.15 Dynamiskt fall, 5,8g, snölast motsvarande 60kg adderad.

4.3. Slutsatser

En nedfallande kåpa är uppenbarligen mycket farlig. I rapporten har antaganden och förenklingar gjorts för att nå användbara resultat på begränsad tid, och för att undvika skador på mätobjektet. De antaganden som gjorts ger relativt snälla fall. I praktiken är tex temperaturen och därmed gasfjädrarnas hållkraft lägre, och kåpan är ofta tyngre.

Fortsatt arbete skulle kunna innebära en mer omfattande utredning av fysiken (mekaniken) i fallrörelsen, eller av gasfjädrarnas egenskaper i olika temperaturer. Vad händer tex. om två dämpare får försämrade funktion stark kyla utan att helt haverera?

Vidare skulle människokroppens mekaniska tålighet kunna utredas. Vad tål en arm eller överkropp i vintermundering? De uppskattade och uppmätta krafter vi sett så här långt tveklöst kan vålla svåra skador. Redan i det statiska fallet med snölast ser vi närmare 300kg en meter från gångjärnet. I ett dynamiskt fall med 5,8g kan man förvänta sig en kraft i islaget som motsvarar ca 1700kg en meter från gångjärnen. Den samlade bedömningen är att en person som lutar sig in över främre halvan av vagnen löper stor risk för mycket svåra/dödliga skador i fall av en havererad gasfjäder. Kåpans kant slår i ryggraden med stor kraft och rörelsen har i det läget inte hunnit dämpas nämnvärt av mjukare vävnad eller kläder.

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

5. APPENDIX**5.1. Tabeller***Tabell 2. Data som utgör grund för diagram i Fig.4 och 5.*

Moment M (Nm)	Position x (m)	Kraft F(N)	Massa m (kg)
1410	0		
1410	0,1	14100	1436
1410	0,2	7050	718
1410	0,3	4700	479
1410	0,4	3525	359
1410	0,5	2820	287
1410	0,6	2350	239
1410	0,7	2014	205
1410	0,8	1763	179
1410	0,9	1567	160
1410	1	1410	144
1410	1,1	1282	131
1410	1,2	1175	120
1410	1,3	1085	110
1410	1,4	1007	103
1410	1,5	940	96
1410	1,6	881	90
1410	1,7	829	84
1410	1,8	783	80
1410	1,9	742	76
1410	2	705	72
1410	2,1	671	68
1410	2,2	641	65
1410	2,3	613	62
1410	2,4	588	60
1410	2,5	564	57
1410	2,6	542	55
1410	2,7	522	53
1410	2,8	504	51
1410	2,9	486	50
1410	3	470	48
1410	3,1	455	46
1410	3,2	441	45
1410	3,3	427	44
1410	3,4	415	42
1410	3,5	403	41
1410	3,6	392	40
1410	3,7	381	39

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

1410	3,8	371	38
1410	3,9	362	37
1410	4	353	36
1410	4,1	344	35
1410	4,2	336	34
1410	4,3	328	33
1410	4,4	320	33
1410	4,5	313	32
1410	4,6	307	31
1410	4,7	300	31
1410	4,8	294	30
1410	4,9	288	29
1410	5	282	29
1410	5,1	276	28
1410	5,2	271	28

Tabell 3. Data som utgör grund för diagram i Fig.10 och 11.

Moment (Nm)	x pos. (m)	F(N)	massa(kg)
22580	0		
22580	0,1	225800	22994
22580	0,2	112900	11497
22580	0,3	75267	7665
22580	0,4	56450	5748
22580	0,5	45160	4599
22580	0,6	37633	3832
22580	0,7	32257	3285
22580	0,8	28225	2874
22580	0,9	25089	2555
22580	1	22580	2299
22580	1,1	20527	2090
22580	1,2	18817	1916
22580	1,3	17369	1769
22580	1,4	16129	1642
22580	1,5	15053	1533
22580	1,6	14113	1437
22580	1,7	13282	1353
22580	1,8	12544	1277
22580	1,9	11884	1210
22580	2	11290	1150
22580	2,1	10752	1095
22580	2,2	10264	1045
22580	2,3	9817	1000
22580	2,4	9408	958
22580	2,5	9032	920
22580	2,6	8685	884

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

22580	2,7	8363	852
22580	2,8	8064	821
22580	2,9	7786	793
22580	3	7527	766
22580	3,1	7284	742
22580	3,2	7056	719
22580	3,3	6842	697
22580	3,4	6641	676
22580	3,5	6451	657
22580	3,6	6272	639
22580	3,7	6103	621
22580	3,8	5942	605
22580	3,9	5790	590
22580	4	5645	575
22580	4,1	5507	561
22580	4,2	5376	547
22580	4,3	5251	535
22580	4,4	5132	523
22580	4,5	5018	511
22580	4,6	4909	500
22580	4,7	4804	489
22580	4,8	4704	479
22580	4,9	4608	469
22580	5	4516	460
22580	5,1	4427	451
22580	5,2	4342	442

Tabell 4. Data som utgör grund för diagram i Fig.12 och Fig 13.

Moment (Nm)	x pos. (m)	F(N)	massa(kg)
8185	0		
8185	0,1	81850	8335
8185	0,2	40925	4168
8185	0,3	27283	2778
8185	0,4	20463	2084
8185	0,5	16370	1667
8185	0,6	13642	1389
8185	0,7	11693	1191
8185	0,8	10231	1042
8185	0,9	9094	926
8185	1	8185	834
8185	1,1	7441	758
8185	1,2	6821	695
8185	1,3	6296	641
8185	1,4	5846	595
8185	1,5	5457	556

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

8185	1,6	5116	521
8185	1,7	4815	490
8185	1,8	4547	463
8185	1,9	4308	439
8185	2	4093	417
8185	2,1	3898	397
8185	2,2	3720	379
8185	2,3	3559	362
8185	2,4	3410	347
8185	2,5	3274	333
8185	2,6	3148	321
8185	2,7	3031	309
8185	2,8	2923	298
8185	2,9	2822	287
8185	3	2728	278
8185	3,1	2640	269
8185	3,2	2558	260
8185	3,3	2480	253
8185	3,4	2407	245
8185	3,5	2339	238
8185	3,6	2274	232
8185	3,7	2212	225
8185	3,8	2154	219
8185	3,9	2099	214
8185	4	2046	208
8185	4,1	1996	203
8185	4,2	1949	198
8185	4,3	1903	194
8185	4,4	1860	189
8185	4,5	1819	185
8185	4,6	1779	181
8185	4,7	1741	177
8185	4,8	1705	174
8185	4,9	1670	170
8185	5	1637	167
8185	5,1	1605	163
8185	5,2	1574	160

Tabell 5. Data som utgör grund för diagram i Fig.14.

Moment (Nm)	x pos. (m)	F(N)	massa(kg)
2820	0		
2820	0,1	28200	2872
2820	0,2	14100	1436
2820	0,3	9400	957
2820	0,4	7050	718
2820	0,5	5640	574
2820	0,6	4700	479

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

2820	0,7	4029	410
2820	0,8	3525	359
2820	0,9	3133	319
2820	1	2820	287
2820	1,1	2564	261
2820	1,2	2350	239
2820	1,3	2169	221
2820	1,4	2014	205
2820	1,5	1880	191
2820	1,6	1763	179
2820	1,7	1659	169
2820	1,8	1567	160
2820	1,9	1484	151
2820	2	1410	144
2820	2,1	1343	137
2820	2,2	1282	131
2820	2,3	1226	125
2820	2,4	1175	120
2820	2,5	1128	115
2820	2,6	1085	110
2820	2,7	1044	106
2820	2,8	1007	103
2820	2,9	972	99
2820	3	940	96
2820	3,1	910	93
2820	3,2	881	90
2820	3,3	855	87
2820	3,4	829	84
2820	3,5	806	82
2820	3,6	783	80
2820	3,7	762	78
2820	3,8	742	76
2820	3,9	723	74
2820	4	705	72
2820	4,1	688	70
2820	4,2	671	68
2820	4,3	656	67
2820	4,4	641	65
2820	4,5	627	64
2820	4,6	613	62
2820	4,7	600	61
2820	4,8	588	60
2820	4,9	576	59
2820	5	564	57
2820	5,1	553	56
2820	5,2	542	55

Tabell 6. Data som utgör grund för diagram i Fig.15.

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

Moment (Nm)	x pos. (m)	F(N)	massa(kg)
16370	0		
16370	0,1	163700	16670
16370	0,2	81850	8335
16370	0,3	54567	5557
16370	0,4	40925	4168
16370	0,5	32740	3334
16370	0,6	27283	2778
16370	0,7	23386	2381
16370	0,8	20463	2084
16370	0,9	18189	1852
16370	1	16370	1667
16370	1,1	14882	1515
16370	1,2	13642	1389
16370	1,3	12592	1282
16370	1,4	11693	1191
16370	1,5	10913	1111
16370	1,6	10231	1042
16370	1,7	9629	981
16370	1,8	9094	926
16370	1,9	8616	877
16370	2	8185	834
16370	2,1	7795	794
16370	2,2	7441	758
16370	2,3	7117	725
16370	2,4	6821	695
16370	2,5	6548	667
16370	2,6	6296	641
16370	2,7	6063	617
16370	2,8	5846	595
16370	2,9	5645	575
16370	3	5457	556
16370	3,1	5281	538
16370	3,2	5116	521
16370	3,3	4961	505
16370	3,4	4815	490
16370	3,5	4677	476
16370	3,6	4547	463
16370	3,7	4424	451
16370	3,8	4308	439
16370	3,9	4197	427
16370	4	4093	417
16370	4,1	3993	407
16370	4,2	3898	397
16370	4,3	3807	388
16370	4,4	3720	379
16370	4,5	3638	370
16370	4,6	3559	362
16370	4,7	3483	355

Mätning av klämkraft mellan släpvagn och kåpa

16370	4,8	3410	347
16370	4,9	3341	340
16370	5	3274	333
16370	5,1	3210	327
16370	5,2	3148	321