

Pitkien kuormien kuormauksen ja kiinnityksen erityispiirteitä

1. Pitkien kuormien sijoitteluvaatimukset

1.1. Pitkiä ovat kuormat, jotka vaunuun kuormattaessa ulottuvat aluskehysten yhden tai kummankin puskinpalkin yli enemmän kuin 400 mm.

1.2. Pitkän kuorman suurin sallittu pituus, kun se on yhden vaunun kannatuksella, ja sen poikkileikkaus on sama koko pituudeltaan, paino jakautunut tasaisesti ja painopiste **cgi^o** sijaitsee vaunun poikittaisessa symmetriatasossa, valitaan taulukoista 1 ja 2.

Taulukko 1

Kuorman suurin sallittu pituus, kun sen poikkileikkaus on koko pituudeltaan sama, paino jakautunut tasaisesti ja se on kuormattu symmetrisesti matalalaitaisen avovaunun pituus- ja poikittaissuuntaiseen symmetriatasoon nähden

Kuorman paino, t	Kuorman pituus, m	Kuorman paino, t	Kuorman pituus, m
20	30,0	45	20,0
25	27,0	50	19,0
30	24,0	55	18,5
35	22,5	60	18,0
40	21,0	≥ 65	14,3

Huomautus: etäisyys matalalaitaisen avovaunun keskipisteestä kuorman päihin saa olla enintään puolet kuorman pituudesta.

Taulukko 2

Kuorman suurin sallittu pituus, kun sen poikkileikkaus on koko pituudella sama, paino jakautunut tasaisesti ja se on kuormattu symmetrisesti korkealaitavaunun pituus- ja poikittaissuuntaiseen symmetriatasoon nähden

Kuorman paino, t	Kuorman pituus, m	Kuorman paino, t	Kuorman pituus, m
20	28,3	45	18,9
25	25,5	50	17,9
30	22,6	55	17,4
35	21,2	60	17,0
40	19,8	≥ 65	13,5

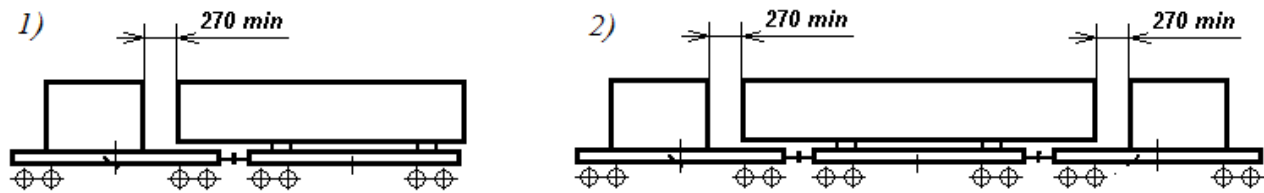
Huomautus: etäisyys korkealaitavaunun keskipisteestä kuorman päihin saa olla enintään puolet kuorman pituudesta.

1.3. Yhteenkytkettyyn vaunuryhmään kuormatun kahden vaunun kannatuksella olevan pitkän kuorman painopisteen on sijoitettava vaunuryhmän pituussuuntaisen ja poikittaissuuntaisen symmetriatason leikkauslinjassa.

1.4. Pitkät kuormat sijoitetaan yhteenkytkettyyn vaunuryhmään siten, että ne ovat kuorman pituudesta ja painosta riippuen yhden tai kahden vaunun kannatuksella. Vaunuryhmä voi koostua kuormaa kantavista vaunuista, suojavaunuista ja välivaunuista. Suojavaunuihin saa kuormata saman vastaanottajan osoitteeseen menevää kuormaa.

1.5. Kääntöalustoja ei käytetä sijoitettaessa pitkiä kuormia yhteenkytkettyyn vaunuryhmään yhden vaunun kannatuksella.

Kun kuorma ulottuu aluskehyksen puskinpalkin yli enemmän kuin 400 mm vaunun toiselta puolelta, käytetään yhtä suojavaunua (kuva 1-1). Kun kuorma ulottuu vaunun aluskehyksen puskinpalkkien yli enemmän kuin 400 mm vaunun kummaltakin puolelta, käytetään kahta suojavaunua (kuva 1-2).



Kuva 1

Tällöin on etäisyyden kuormaa kantavaan matalalaitaiseen avovaunuun kiinnitetyn pitkän kuorman ja suojavaunuun sijoitetun kuorman välillä oltava vähintään 270 mm.

Sijoitettaessa pitkiä kuormia kuvan 2 mukaisesti on etäisyyden pitkien kuormien välillä kummankin kuorman suojavaunun yläpuolella oltava vähintään 490 mm.



Kuva 2

1.6. Sijoitettaessa yhteenkytkettyyn vaunuryhmään kahden vaunun kannatuksella olevia pitkiä kuormia käytetään kääntöalustoja (kuvat 3-7).



Kuva 3

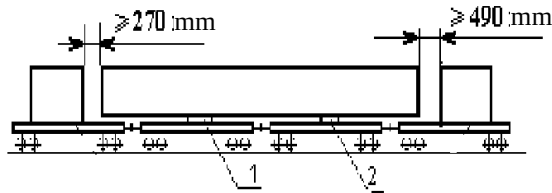
Kääntöalustapari on kahdesta tuki- ja kiinnitysalustasta koostuva kokonaisuus, jonka tehtävänä on kompensoida kaikenlaiset kuormaan kuljetuksen aikana kohdistuvat voimat ja taata vaunuryhmän turvallinen kulku kaartuvilla ja profiililtaan vaihtelevilla rataosuuksilla eri liikennetilanteissa.

Käytössä on kahdenlaisia kääntöalustapareja:

- kiinteä kääntöalustapari, joka turvaa kuorman kiinteän pituussuuntaisen kiinnityksen toiseen kuormaa kantavaan matalalaitaiseen avovaunuun nähden;
- liikkuva kääntöalustapari, joka turvaa kuorman kiinnityksen kahteen kuormaa kantavaan matalalaitaiseen avovaunuun siten, että kuormalla on rajallinen siirtymämahdollisuus pituussuunnassa kumpaankin vaunuun nähden.

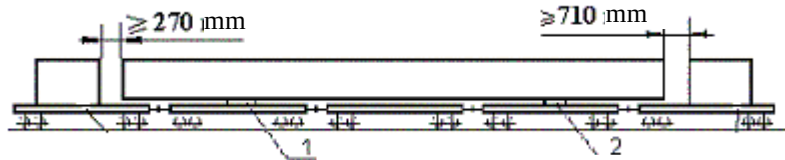
1.6.1. Kun kuorma on kiinnitetty kiinteän kääntöalustaparin avulla, pitkän kuorman pään ja suojavaunussa olevan kuorman välinen etäisyys on:

- kiinteällä kääntöalustalla varustetun matalalaitaisen avovaunun puolelta vähintään 270 mm (kuvat 4 ja 5);



Kuva 4

1 – kiinteä kääntöalusta; 2 – liikkuva kääntöalusta

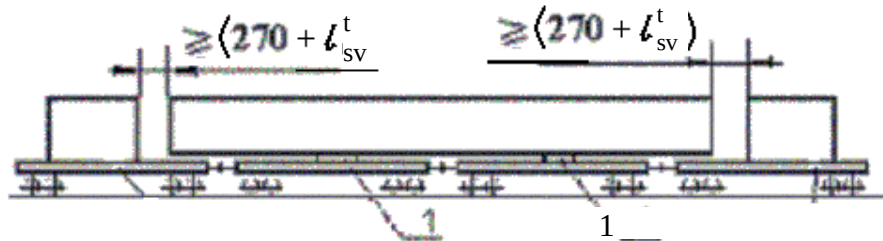


Kuva 5

1 – kiinteä kääntöalusta; 2 – liikkuva kääntöalusta

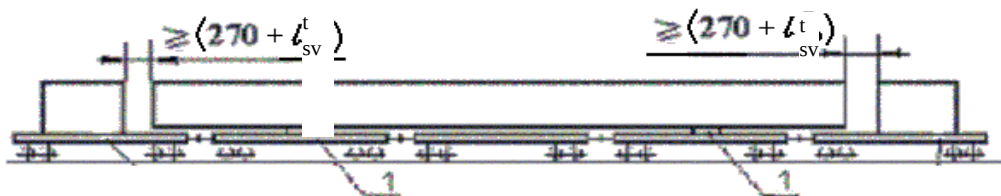
– liikkuvalla kääntöalustalla varustetun matalalaitaisen avovaunun puolelta vähintään 490 mm, kun yhteenkytketyssä avovaunuryhmässä ei ole väliavaunua: vähintään 710 mm, kun vaunuryhmässä on väliavaunu.

1.6.2. Kun kuorman kiinnitykseen on käytetty liikkuvaa kääntöalustaparia, pitkän kuorman pään ja suojavaunussa olevan kuorman välisen etäisyyden on oltava vähintään $(270 + l_{sv}^t)$ mm (kuvat 6 ja 7).



Kuva 6

1 – liikkuva kääntöalusta



Kuva 7

1 – liikkuva kääntöalusta

l_{sv}^t on kääntöalustaparin yhdensuuntaisen vapaaliikkeen ja työliikkeen yhteenlaskettu arvo (mm) ja valitaan kääntöalustaparin suunnitteluasiakirjojen mukaan.

1.7. Pitkän kuorman sijoittaminen vaunuryhmään siten, että se on yhden vaunun kannatuksella ja kuorman päät ulottuvat eri pituuksille puskinpalkkien yli, on sallittua seuraavilla ehdoilla:

- kuorman poikkileikkaus on koko pituudella sama ja paino on jakautunut tasaisesti;
- kuorman toinen pää ulottuu vaunun puskinpalkin yli enintään 400 mm;

– kuorman pituus ja sen painopisteen cg_{id}^0 pituussuuntainen siirtymä vaunun poikittaissuuntaisesta symmetriatasosta eivät ylitä taulukoissa 3 ja 4 esitettyjä arvoja.

Taulukko 3

Pitkän kuorman suurin sallittu pituus ja painopisteen pituussuuntainen siirtymä 4-akselisessa avovaunussa, jonka telikeskiöväli on 9720 mm

Kuorman paino, t	Kuorman suurin sallittu pituus, m		Suurin sallittu yhteisen painopisteen pituussuuntainen siirtymä matalalaitaisen avovaunun poikittaissuuntaisesta symmetriatasosta, m
	kuorman toisen pään ulottuessa aluskehysten puskinpalkin yli 400 mm	kuorman toisen pään ollessa tiiviisti vasten päätylaitaa	
Enintään 10	17,20	16,40	3,00
15	16,70	15,90	2,48
20	16,43	15,63	2,23
25	16,30	15,50	2,07
30	16,20	15,40	1,97
35	16,10	15,30	1,89
40	16,04	15,24	1,84
45	16,00	15,20	1,80
50	15,96	15,16	1,76
55	15,10	14,30	0,85
60	14,72	13,92	0,42
62	14,59	13,79	0,39
64	14,33	13,53	0,13
67	14,29	13,49	0,09
72	14,29	13,49	0

Huomautus: Kuorman painon väliarvoille suurin sallittu kuorman pituus ja kuorman painopisteen siirtymä määritetään lineaarisella interpoloinnilla.

Pitkän kuorman suurin sallittu pituus ja painopisteen pituussuuntainen siirtymä 4-akselisessa korkealaitavaunussa, jonka telikeskiöväli on 8650 mm

Kuorman paino, t	Kuorman suurin sallittu pituus, m		Suurin sallittu yhteisen painopisteen pituussuuntainen siirtymä korkealaitavaunun poikittaissuuntaisesta symmetriatasosta, m
	kuorman toisen pään ulottuessa aluskehyksen puskinpalkin yli 400 mm	kuorman toisen pään ollessa tiiviisti vasten päätykynnystä	
Enintään 10	16,5	15,7	3,0
15	16,0	15,2	2,48
20	15,73	14,93	2,23
25	15,57	14,77	2,07
30	15,47	14,67	1,97
35	15,38	14,58	1,89
40	15,34	14,54	1,84
45	15,3	14,5	1,8
50	15,26	14,46	1,76
55	14,35	13,55	0,85
60	13,96	13,16	0,46
62	13,84	13,04	0,34
64	13,61	12,81	0,11
66	13,57	12,77	0,07
72	13,17	12,37	0

Huomautus: Kuorman painon väliarvoille suurin sallittu kuorman pituus ja painopisteen siirtymä määritetään lineaarisella interpoloinnilla.

1.8. Kuormattaessa yhden vaunun kannatukselle kuormaa, jonka poikkileikkaus vaihtelee pituussuunnassa (kuva 8) ja painopiste cg_{1a}^0 sijaitsee vaunun poikittaissuuntaisessa symmetriatasossa, etäisyys vaunun keskipisteestä kuorman päihin saa olla enintään puolet taulukoissa 3 ja 4 mainitusta pituudesta.



Kuva 8

1.9. Jos pitkä kuorma, jonka poikkileikkaus on koko pituudella sama, kuormataan kuvien 3-7 mukaisesti, kuorman suurin sallittu pituus yhteenkytetyin vaunuryhmän kuormauskaaviosta riippuen valitaan taulukosta 5.

Kuorman enimmäispituus kuormattaessa kääntöalustaparien varaan yhteenkytkettyyn avovaunuryhmään vaunujen telikeskiövälin ollessa 9720 mm

Käytettäessä kiinteää kääntöalustaparia		Käytettäessä liikkuvaa kääntöalustaparia	
Kuvan numero Kuormauskaaviokuv an numero	Kuorman pituus (m)	Kuvan numero Kuormauskaaviokuv an numero	Kuorman pituus (m)
44	28,6	44	28,82 – 2 I _{pr}
45	57,4	47	57,62 – 2 I _{pr}
46	71,2	48	72,24 – 2 I _{pr}

Huom.: kuorman enimmäispituus pätee, kun suojavaunuissa ei ole oheiskuormaa.

1.10. Yhden vaunun kannatuksella olevaa pitkää kuormaa kuljetettaessa käytettävien alustukien pituuden on oltava vaunun leveyden suuruisia. Alustukien leveys ja korkeus määritetään laskennallisesti tämän liitteen kohdan 5 mukaan.

1.11. Pitkiä kuormia kiinnitettäessä on alustukien ja kääntöalustojen suurimpien sallittujen pituussuuntaisten siirtymien vastattava tämän liitteen kohdan 4 vaatimuksia.

1.12. Kuormattaessa pitkää kuormaa kääntöalustaparin varaan on erilliset kuormayksiköt yhdistettävä yhtenäiseksi paketiksi.

1.13. Ennen kuormausta kääntöalustaparin varaan on:

– tarkastettava, että kääntöalustapari ja sen lisäksi käytettävät kiinnitysvälineet ovat kunnossa eikä niistä puutu osia;

– puhdistettava ja voideltava käyttöohjeen mukaisesti telikeskiön vastakappaleen ja tukilaakerin hankauspinnat kohdissa, joissa välikehys on kosketuksissa kunkin kääntöalustan ala- ja yläkehukseen.

2. Pitkien kuormien kuljetukseen yhteenkytketyissä vaunuryhmissä käytettävien vaunujen vaatimukset

2.1. Yhteenkytketty vaunuryhmä pitkän kuorman kuljetukseen muodostetaan siten, että kuormaa kantavien vaunujen ollessa tyhjinä on niiden automaattikytkinten pituussuuntaisten keskilinjien korkeuden kiskonselän yläpinnasta oltava 50–100 mm suoja- ja välivaunujen automaattikytkinten keskilinjien korkeutta suurempi.

2.2. Yhteenkytketyn vaunuryhmän muodostamiseen saa käyttää telikeskiövililtään erilaisia vaunuja.

2.3. Jotta yhteenkytkettyä vaunuryhmää ei purettaisi matkan aikana, sen jokaiseen vaunuun on tehtävä kummallekin puolelle vasempaan laitaan merkintä: "Yhteenkytkettyä vaunuryhmää ei saa purkaa" ja vaunuryhmän kaikkien vaunujen irrotusvipujen kahvat on kiinnitettävä avovaunujen päätykannattimiin tai korkealaitavaunujen lenkkeihin hehkutetulla rautalangalla, jonka halkaisija on vähintään 4 mm.

3. Pitkän kuorman ominaisvärähtelytaajuuden määrittäminen

Pitkän kuorman ominaisvärähtelytaajuus määritetään, kun kuorman pituussuuntainen taivutusjäykkyys on enintään 9000 tf m².

Kahdelle tuelle (alustuet, kääntöalustat) sijoitetun pitkän kuorman ominaisvärähtelytaajuus Ω lasketaan kaavasta 1:

$$\Omega = K_r \sqrt{EI_v / Q_{ld}} \quad (\text{Hz}), \quad (1)$$

jossa E on kuorman materiaalin kimmomoduuli, tf/m² ja

I_v on kuorman poikkileikkauksen hitausmomentti, m^4 , jonka arvo lasketaan kaavasta:

$$I_v = I_o n, \quad (2)$$

jossa I_o on kuormayksikön poikkileikkauksen hitausmomentti suhteessa vaaka-akseliin, m^4 ,

n on kuormayksikköjen lukumäärä,

Q_{1a} on kuorman paino, t ja

K_r on kerroin, jonka arvo riippuu kuorman pituudesta ja tukien välisestä etäisyydestä (taulukko 6).

Taulukko 6

Kertoimen K_r arvot määritettäessä kahdelle tuelle sijoitetun pitkän kuorman ominaisvärähtelyä

Kuorman pituus, m	Kertoimen K_r arvot tukien välisillä etäisyyksillä, m											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
14	3,91	3,41	2,83	2,14	1,20	-	-	-	-	-	-	-
15	4,16	3,67	3,11	2,46	1,64	-	-	-	-	-	-	-
16	4,42	3,93	3,39	2,78	2,04	1,14	-	-	-	-	-	-
17	4,68	4,20	3,68	3,09	2,40	1,60	-	-	-	-	-	-
18	4,96	4,48	3,96	3,41	2,74	2,01	1,14	-	-	-	-	-
19	5,23	4,76	4,24	3,71	3,08	2,39	1,60	-	-	-	-	-
20	5,48	5,04	4,54	4,01	3,40	2,75	2,01	1,13	-	-	-	-
21	5,78	5,31	4,82	4,31	3,72	3,09	2,40	1,59	-	-	-	-
22	6,04	5,59	5,13	4,60	4,03	3,43	2,77	2,01	1,17	-	-	-
23	6,32	5,86	5,40	4,90	4,32	3,75	3,12	2,40	1,61	-	-	-
24	6,59	6,16	5,68	5,18	4,64	4,08	3,46	2,77	2,03	1,21	-	-
25	6,86	6,44	5,95	5,48	4,94	4,39	3,79	3,14	2,43	1,65	-	-
26	7,16	6,72	6,25	5,77	5,25	4,70	4,12	3,47	2,80	2,06	1,25	-
27	7,46	6,99	6,53	6,07	5,55	5,00	4,45	3,82	3,17	2,46	1,69	-
28	7,70	7,29	6,81	6,34	5,83	5,31	4,76	4,16	3,68	2,85	2,11	1,29
29	7,98	7,55	7,12	6,62	6,14	5,63	5,08	4,47	3,86	3,21	2,51	1,74
30	8,27	7,84	7,39	6,94	6,41	5,92	5,56	4,80	4,20	3,57	2,89	2,14
31	8,54	8,13	7,69	7,22	6,73	6,20	5,69	5,12	4,53	3,91	3,25	2,54
32	8,82	8,42	7,99	7,53	7,02	6,53	6,01	5,43	4,86	4,14	3,62	2,93

Jos kuorman ominaisvärähtelytaajuus, joka on määritetty kaavasta 1, ei vastaa taulukossa 7 esitettyjä taajuusalueita, on alustukien tai kääntöalustojen välistä etäisyyttä muutettava.

Kuorman ominaisvärähtelyn suositetut taajuusalueet

4-akselisen vaunun tyyppi	Kuorman ominaisvärähtelyn suositetut taajuusalueet, Hz
Korkealaitavaunu, telikeskiöväli 8650	0–1,6; 3,4–4,7; 17,2–21,7; >54,3
Matalalaitainen avovaunu, telikeskiöväli 9720	0–1,6; 3,4–9,7; 18,7–26,6; >55,2

4. Kuormauttumaan sopivan pitkän kuorman leveyden määrittäminen

4.1. Yhden vaunun kannatuksella olevan pitkän kuorman suurin sallittu leveys, joka pysyy kuormauttuman rajoissa kaartuvilla rataosuuksilla, lasketaan kaavoilla 3 ja 4:

– kuorman osille, jotka sijaitsevat telikeskiövälistään vähintään 17 m pituisen vaunun telikeskiöiden (ohjaavien) poikkileikkausten välissä ja siirtyvät kaarteeseen sisäpuolelle:

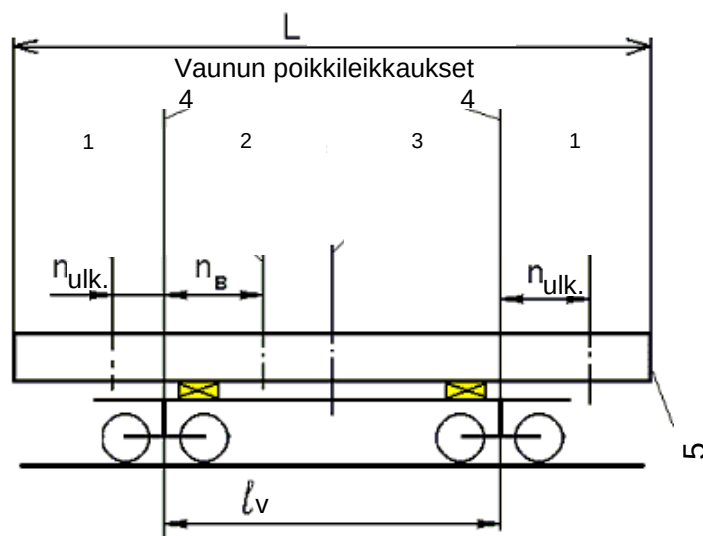
$$B_{\text{sis}} = B_k - 2f_{\text{sis}} \text{ (mm);} \quad (3)$$

– kuorman osille, jotka sijaitsevat vaunun telikeskiöiden (ohjaavien) poikkileikkausten ulkopuolella (vaunun telikeskiövälin ulkopuolella) ja siirtyvät kaarteeseen ulkopuolelle:

$$B_{\text{ulk}} = B_k - 2f_{\text{ulk}} \text{ (mm),} \quad (4)$$

jossa B_k on kuormauttuman leveys määretyllä korkeudella kiskon selästä, mm;

f_{sis} ja f_{ulk} ovat kuorman leveyden rajoitukset, kun otetaan huomioon sen siirtymät kaarteeseen sisä- ja ulkopuolelle, mm, jotka määritetään taulukoiden 8 ja 9 mukaan riippuen vaunun telikeskiövälistä l_{sis} ja etäisyyksistä n_{sis} tarkasteltavasta kuorman osasta, joka sijaitsee vaunun telikeskiövälin rajoissa, lähimpään vaunun telikeskiön poikkileikkaukseen ja n_{ulk} tarkasteltavasta kuorman osasta, joka sijaitsee vaunun telikeskiövälin ulkopuolella, lähimpään telikeskiön poikkileikkaukseen (kuva 9).



Kuva 9

1 – kuorman uloimman kohdan poikkileikkaus, 2 – kuorman sisäpoikkileikkaus, 3 – kuorman keskikohdan poikkileikkaus, 4 – telikeskiön poikkileikkaus, 5 – kuorman poikkileikkaus sen ääripään kohdalta

Jos kuorman poikkileikkausmitat ovat koko pituudelta samat, kuorman leveys lasketaan vaunun keskipoikkileikkauksesta ja uloimman kohdan poikkileikkauksesta; suurimmaksi sallituksi leveydeksi otetaan pienempi kaavoilla (3) ja (4) saaduista arvoista. Siinä tapauksessa:

$$n_{sis} = 0,5 l_{sis} (m) \quad (5)$$

n_{ulk} :ksi otetaan suurempi kuorman uloimman kohdan poikkileikkauksen arvoista. Jos kuorma on sijoitettu symmetrisesti matalalaitaisen avovaunun poikittaissuuntaiseen symmetriatasoon nähden, n_{ulk} :n arvoksi otetaan:

$$n_{ulk} = 0,5 (L - l_{sis}) (m), \quad (6)$$

jossa L on kuorman pituus, m.

Kuorman leveysrajoitusten arvot kaartein ulkopuolelle siirtymät f_{ulk} huomioiden vaunun l_{sis} tai yhteenkytetyin vaunuryhmän l_{vr} telikeskiövälillä riippuen

l_{sis} tai l_{vr} , m	$f_{ulk}:n$ arvot, mm, etäisyydellä n_{ulk} , m, tarkasteltavasta kuorman telikeskiövälän ulkopuolisesta poikkileikkauksesta lähimpään vaunun tai vaunuryhmän telikeskiön (ohjaavaan) poikkileikkaukseen														
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
8,65	0	0	4	24	45	67	89	112	136	161	186	212	239	267	295
9,0	0	0	3	23	44	66	88	112	135	160	185	211	238	265	294
9,29	0	0	3	23	44	66	88	111	135	159	185	211	237	265	293
9,72	0	0	2	22	44	65	88	111	134	159	184	210	237	264	292
10,0	0	0	2	22	43	65	88	111	134	159	184	210	236	263	292
11,0	0	0	3	23	44	63	88	112	135	160	185	211	238	265	293
12,0	0	0	4	25	46	68	91	114	138	163	188	214	241	268	297
13,0	0	0	6	27	49	71	94	118	142	167	192	218	246	273	302
14,0	0	0	8	30	52	74	98	122	146	171	198	224	252	280	308
14,19	0	0	9	31	53	75	99	123	147	173	199	226	253	282	311
14,62	0	0	11	32	54	77	101	125	150	175	202	229	256	285	314
15,0	0	0	12	34	56	79	102	127	152	177	204	230	259	287	317
16,0	0	0	17	37	63	83	107	132	157	183	210	238	266	295	325
17,0	0	0	19	42	65	88	113	137	164	190	218	245	275	304	334
18,0	0	0	23	46	69	94	119	144	171	197	226	254	283	313	344
19,0	0	4	27	50	74	99	125	151	178	205	234	263	292	323	354
20,0	0	8	31	55	80	105	131	157	185	213	242	272	302	333	364
21,0	0	12	35	60	85	111	138	164	193	221	251	281	312	343	375
22,0	0	15	40	65	90	117	144	172	201	230	260	290	322	354	387
23,0	0	20	44	70	97	119	151	179	209	239	269	300	332	365	398
24,0	0	24	49	75	102	130	158	187	217	247	279	310	343	376	410
25,0	0	27	54	82	108	136	166	195	225	256	288	320	353	387	422
26,0	0	32	59	86	114	143	173	203	234	265	298	331	364	398	434
27,0	10	36	64	92	120	149	180	211	242	274	308	341	376	411	446
28,0	14	41	69	98	126	156	188	219	251	282	318	352	387	422	468
29,0	18	46	74	103	133	163	195	227	260	293	328	362	398	434	471
30,0	22	50	79	109	138	171	203	235	269	303	338	373	410	446	484

Huomautus Huom. f_{ulk} telikeskiövälän ja etäisyyksien n_{ulk} väliarvoille määritetään lineaarisella interpoloinnilla, lukuun ottamatta n_{sis} -arvojen vaihtelualueita, joissa f_{ulk} -arvojen alueen vasen raja on 0, esim. arvolle $n_{ulk} = 3,75$ kuormattaessa yhteenkytettyyn vaunuryhmään, jonka telikeskiöväli on 14,62 m. Näissä tapauksissa f_{ulk} -arvo on laskettava kaavasta 60.

Kuorman leveysrajoitusten arvot kaartein sisäpuolelle siirtymät f_{sis}
huomioon ottaen vaunun l_{sis} tai vaunuryhmän l_v telikeskiövälistä riippuen

l_{sis} tai l_v , m	f_{sis} :n arvot, mm, etäisyydellä n_{sis} , m, tarkasteltavasta kuorman telikeskiöiden välisestä poikkileikkauksesta lähimpään vaunun tai yhteenkytetyyn vaunuryhmän telikeskiön (ohjaavaan) poikkileikkaukseen																					
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,0	8,6	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,6	12,0	13,0	14,0	15,0
max	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
. 17	0	0	0	0	0	0	0	2	5	8	9	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	6	11	15	19	21	23	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	15	20	26	30	32	35	36	38	38	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	2	9	15	20	26	30	32	35	36	38	38	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	1	9	17	24	30	36	40	44	47	49	51	52	52	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	7	16	25	33	39	45	51	55	60	62	65	66	67	68	0	0	0	0	0
23	0	0	4	14	24	32	40	48	55	62	66	72	75	79	81	82	83	84	0	0	0	0
24	0	0	9	20	31	40	49	57	66	73	78	84	88	92	95	98	99	100	101	0	0	0
25	0	2	15	26	38	48	58	67	76	84	89	97	101	106	109	112	115	117	118	0	0	0
26	0	7	21	33	45	56	66	76	86	95	101	109	114	119	123	128	130	134	134	136	0	0
27	0	12	26	40	52	64	75	85	96	106	112	120	127	133	138	144	147	151	152	155	0	0
28	2	17	32	46	59	72	83	95	106	116	123	133	139	146	152	158	162	167	169	173	175	0
29	6	22	38	52	66	80	92	104	116	127	135	146	152	160	166	174	178	183	186	192	195	0
30	11	27	44	59	74	87	100	113	126	138	146	157	165	174	181	188	194	200	203	211	215	216

Huomautus Huom. f_{sis} telikeskiövälän ja etäisyyksien n_{sis} väliarvoille määritetään lineaarisella interpoloinnilla, lukuun ottamatta n_{sis} -arvojen vaihtelualueita, joissa f_{sis} -arvojen alueen vasen raja on 0, esim. arvolle $n_{sis} = 5,75$ kuormattaessa yhteenkytettyyn vaunuryhmään, jonka telikeskiöväli on 19 m. Näissä tapauksissa f_{sis} -arvo on laskettava kaavasta 8.

Arvot f_{sis} ja f_{ulk} voidaan määrittää kaavoilla 7, 8 ja 9:

$$f_{sis} = 500/R (l_{sis} - n_{sis}) n_{sis} - 105 \text{ (mm)} \quad (7)$$

$$f_{ulk} = 500/R (l_{sis} + n_{ulk}) n_{ulk} - 105 + K \text{ (mm)} \quad (8)$$

jossa **105** on raidevälin ja vapaantilan ulottuman levenemä mitoituskarteissa, mm,

R on mitoituskartein säde, joksi otetaan 350 m ja

K on kuorman päätypoikkileikkausten läsiirtymä, jonka aiheuttaa vaunun vinouma raiteissa radan ja liikkuvan kaluston kunnossapitotasosta riippuen. Vaunuissa, joissa on TsNII-H3 [ЦНИИ-Х3] -telit

$$K=70(L/l_{sis} - 1,41) \text{ (mm)} \quad (9)$$

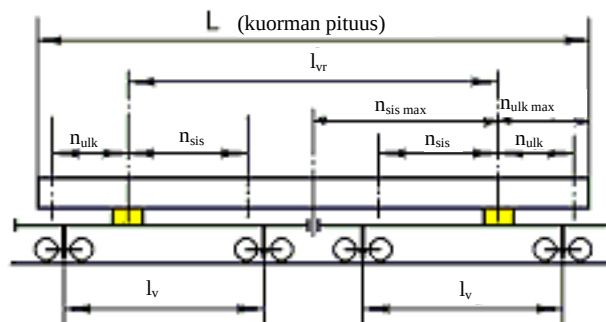
K otetaan huomioon kaavassa 8 vain, kun sen arvot ovat positiiviset.

Jos $f_{sis:n}$ ja $f_{ulk:n}$ arvot ovat negatiiviset, niitä ei oteta huomioon, ja kuorman leveys voi tarkasteltavassa poikkileikkauksessa olla kuormaulottuman mittainen.

4.2 Kahden vaunun kannatuksella olevan pitkän kuorman suurin sallittu pituus, joka pysyy kuormaulottuman rajoissa kaartuvilla rataosuuksilla, lasketaan kaavoilla 3 ja 4, joissa on $f_{sis:n}$ ja $f_{ulk:n}$ asemesta käytettävä rajoituksia f_{sis}^c ja f_{ulk}^c , jotka lasketaan kaavoilla 10 ja 11:

– kuorman osille, jotka sijaitsevat yhteenkytetyin vaunuryhmän ohjaavien poikkileikkausten välissä:

$$f_{sis}^c = f_{sis} + f \text{ (mm)}; \quad (10)$$



Kuva 10

– kuorman osille, jotka sijaitsevat vaunuryhmän ohjaavien poikkileikkausten ulkopuolella (vaunuryhmän telikeskiövälin ulkopuolella)

$$f_{ulk}^c = f_{ulk} - f \text{ (mm)} \quad (11)$$

$f_{ulk:n}$ ja $f_{sis:n}$ arvot määritetään taulukoiden 8 ja 9 mukaan tai lasketaan kaavoista 7 ja 8, joissa l_{sis} korvataan l_{vr} :llä. f :n arvo, kuormaa kantavien vaunujen siirtymä, määritetään riippuen niiden telikeskiövälistä l_{sis} taulukon 10 mukaan.

Taulukko 10

l_{sis} (m)	f (mm)	l_{sis} (m)	f (mm)
8	23	20	144
9	29	21	158
10	36	22	174
11	43	23	190
12	52	24	203
13	61	25	225
14	67	26	241
15	81	27	261
16	92	28	282
17	103	29	301
18	116	30	324
19	130		

Vaunuryhmän ohjaava poikkileikkaus on pystytaso, joka kulkee kääntöalustan tukitason keskipisteen kautta.

Jos vaunuryhmän kuormaa kantavien avovaunujen telikeskiövälit ovat erisuuruisia, kaavaan (10) sijoitetaan f :n arvo, joka on määritetty telikeskiövälän suuremmalle arvolle, ja kaavaan (11) sijoitetaan f :n arvo, joka on määritetty telikeskiövälän pienemmälle arvolle.

Jos f_{sis}^c :n ja f_{ulk}^c :n arvot ovat negatiiviset, niitä ei oteta huomioon, ja kuorman leveys voi tarkasteltavassa poikkileikkauksessa olla kuormaulottuman mittainen.

Jos kuorman poikkileikkausmitat ovat koko pituudelta samat, kuorman leveys lasketaan vaunun keskipoikkileikkauksesta ja uloimman kohdan poikkileikkauksesta; suurimmaksi sallituksi leveydeksi otetaan pienempi kaavoilla (3) ja (4) saaduista arvoista. Siinä tapauksessa n_{sis} saadaan kaavasta 12:

$$n_{sis} = 0,5 l_{vr} \text{ (m)} \quad (12)$$

n_{ulk} :ksi otetaan suurempi kuorman uloimman kohdan poikkileikkauksen arvoista. Jos kuorma on sijoitettu symmetrisesti yhteenkytetyin vaunuryhmän poikittaissuuntaiseen symmetriatasoon nähden, n_{ulk} :n arvon voi laskea kaavasta 13:

$$n_{ulk} = 0,5 (L' - l_{vr}) \text{ (m)}, \quad (13)$$

jossa $L' = L + \Delta L/1000$ on kuorman mitoituspituus, m; ΔL on kuorman pituuden referenssilisäys, joka johtuu sen siirtymisestä kuormaa kantaviin avovaunuihin nähden, kun käytetään kääntöalustoja. L :n arvo määritetään taulukon 11 mukaan riippuen vaunuryhmän avovaunujen määrästä ja kääntöalustatyypistä (kuvat 3-7).

Taulukko 11

Kääntöalustojen avulla kuormatun kuorman pituuden referenssilisäys

Kuvan numero	L-arvo, mm
44	220
45	440
46	660
47, 48	$220 + l_{pr}^t$

f_{sis}^c :n ja f_{ulk}^c :n arvot voi määrittää kaavoilla 14 ja 15:

$$f_{\text{sis}}^c = \frac{500}{R} (l_{\text{cu}} - n_{\text{sis}}) n_{\text{sis}} - 105 + \frac{125}{R} l_{\text{sis}}^2 \text{ (mm);} \quad (14)$$

$$f_{ulk}^c = \frac{500}{R} (l_{cu} + n_{ulk}) n_{ulk} - 105 - \frac{125}{R} l_{sis}^2 + K \text{ (mm)} \quad (15)$$

4.3. Avovaunuihin kuormatun kuorman todellinen leveys ei saa ylittää suurinta sallittua (laskennallista) leveyttä.

Jos kuorma sijaitsee epäsymmetrisesti kuormaukseen käytettävän vaunun pituussuuntaiseen symmetriatasoon nähden, kuorman poikittaimitat, jotka lasketaan vaunun pituussuuntaisesta symmetriatasosta, saavat olla enintään $0,5B_{sis}$ ja $0,5B_{ulk}$.

4.4. Kun pitkiä kuormia, joiden poikittaimitat ovat samat koko pituudella, kuljetetaan yhteenkytketyssä vaunuryhmässä, kahden korkealaitavaunun kannatuksella, kuorman suurin sallittu leveys lasketaan kaavoista 16 ja 17:

– ottaen huomioon kuorman pään siirtymän kaartein ulkopuolelle:

$$B_{ulk} = B_{kv} - 2(\delta_{nv} + K) \text{ (mm);} \quad (16)$$

– ottaen huomioon kuorman keskipisteen siirtymän kaartein sisäpuolelle:

$$B_{sis} = B_{oa} - 2\delta_{oa} \text{ (mm),} \quad (17)$$

jossa B_{kv} on korkealaitavaunun korin sisäleveys poikittaissuuntaisessa pystytasossa, joka kulkee kuorman pään kautta, mm,

B_{oa} on oviaukon leveys, mm ja

δ_{nv} on kuorman pään siirtymä, joka lasketaan kaavasta 18:

$$\delta_{nv} = 1000 \frac{L^2 - l_{vr}^2}{8R} \text{ (mm)} \quad (18)$$

Kuorman keskiosan siirtymä δ_{oa} oviaukon tasossa lasketaan kaavasta 19:

$$\delta_{oa} = 1000 \frac{l_{vr}^2 - l_{mv}^2}{8R} \text{ (mm),} \quad (19)$$

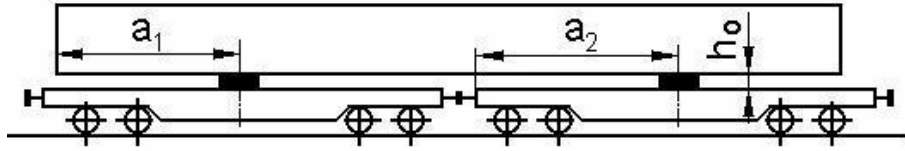
jossa l_{mv} on etäisyys yhteenkytkettyjen korkealaitavaunujen sisäpuolisten päätyovien ulkotasojen välillä; 4-akselisille korkealaitavaunuille $l_{mv} = 1,75 \text{ m}$.

5. Pitkän kuorman tukien korkeuden ja leveyden määrittäminen

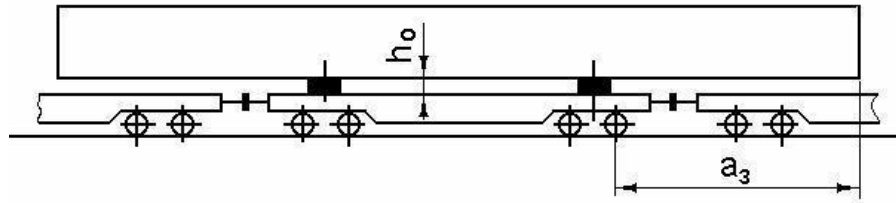
5.1. Alustukien ja kääntöalustojen korkeus kuljetettaessa pitkiä kuormia yhteenkytketyissä vaunuryhmissä, joihin kuuluu telikeskiöväliä 9720 mm:n suuruisia avovaunuja tai 8650 mm:n suuruisia korkealaitavaunuja, määritetään kaavoilla 20 ja 21:

– kuvissa 11 ja 12 esitetyillä kuormauskaavioilla:

$$h_o = a_n \tan \gamma + h_e + f_{ld} + h_s + h_k + h_c \text{ (mm);} \quad (20)$$



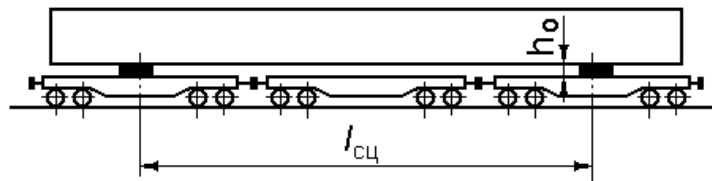
Kuva 11



Kuva 12

– kuvan 13 mukaisella kuormauskaaviolla:

$$h_0 = 228 + 27 \frac{(l_{vr} - 14,6)}{2} + f_{ld} + h_c \text{ (mm)}, \quad (21)$$



Kuva 13

jossa a_n (a_1 , a_2 , a_3) on etäisyys pisteestä, jossa kuorma mahdollisesti koskettaa vaunun lattiaan, kääntöalustan keskipisteeseen (kuormattaessa kuvan 11 mukaisesti) tai kuormaa kantavan vaunun uloimman pyöräkerran akseliin (kuormattaessa kuvan 12 mukaisesti), mm. käytettäessä kääntöalustaa etäisyyteen a_n lisätään taulukossa 11 mainittu ΔL :n arvo,

γ on kuorman ja yhteenkytketyn vaunuryhmän vaunun pituussuuntaisten keskilinjojen välinen kulma, jonka tangentti valitaan taulukosta 12,

$h_e = 100$ mm, yhteenkytketyn vaunuryhmän vierekkäisten vaunujen lattiatasojen erotuksen suurin sallittu arvo,

$h_s = 25$ mm, turvaväli,

f_{ld} on kuorman kimmoinen taipuma, mm (lähettäjän ilmoittama),

h_k on korkealaitavaunun päätykynnyksen korkeus, 90 mm (otetaan huomioon kuormattaessa yhteenkytkettyyn korkealaitavaunuryhmään),

l_{vr} on yhteenkytketyn vaunuryhmän telikeskiöväli, m ja

h_c on kuorman ulottuma alustuen tason alapuolelle kohdassa, jossa tarkistetaan, koskettaako kuorma vaunun lattiaa.

Kulman γ tangentin arvot kuormaustavasta riippuen

Vaunuryhmän kuormaustapa	tgy:n arvot kuorman eri osille	
	keskiosa	päätyosa
kuorma on kahden vierekkäisen vaunun kannatuksella (myös käytettäessä suojavaunua)	0,036	0,017
kuorma on yhden vaunun kannatuksella	—	0,025

5.2. Alustukien ja kääntöalustojen leveys (b_o) kuljettaessa pitkiä kuormia määritetään kaavasta 22:

$$b_o \geq \frac{2(1,25N_o \mu h_o - P_t h_t)}{N_o} \text{ (mm)}, \quad (22)$$

jossa N_o on alustukeen / kääntöalustaan kohdistuva kuormitus, jonka aiheuttavat kuorman paino ja voiman pystykomponentti kiinnityksessä, t_f ,

P_t on tukien voima, joka pitää alustuen (kääntöalustan) paikallaan pituussuunnassa, t ,

h_t on voiman P_t vaikutuskorkeus, mm ja

μ on kuorman ja tuen välisen kitkan kerroin.

6. Yhteenkytketyn vaunuryhmän vakauden määrittäminen, kun pitkä kuorma on tuettu kahden vaunun kannatukselle

6.1. Poikittaisvakaus tarkistetaan, jos pitkää kuormaa kuljettavan vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen yhteinen painopiste on yli 2300 mm:n korkeudella kiskon selästä tai kuormaa kuljettavan vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen purjepinta-ala on yli 80 m².

Kuormaa kuljettavan vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen yhteisen painopisteen korkeus (kuva 14) määritetään kaavasta 23 riippumatta siitä, käytetäänkö välivaunuja:

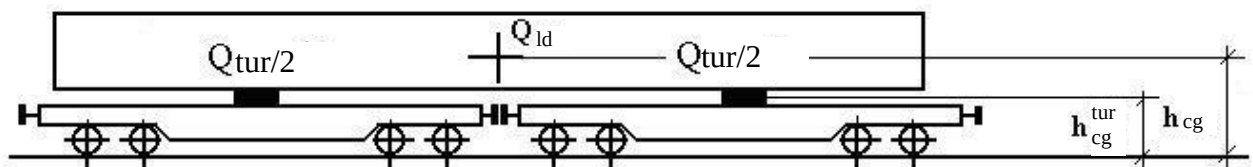
$$H_{cg}^0 = \frac{Q_{ld} h_{cg} + 2Q_t H_{cg}^B + Q_{tur} h_{cg}^{tur}}{Q_{ld} + 2Q_t + Q_{tur}} \text{ (mm)}, \quad (23)$$

jossa Q_{ld} on kuorman paino, t,

Q_t on vaunun taarapaino, t,

Q_{tur} on kääntöalustan paino, t ja

h_{cg} , H_{cg}^B , h_{cg}^{tur} ovat kuorman, tyhjän vaunun ja kääntöalustan painopisteen korkeudet kiskon selästä, mm.



Kuva 14

6.2. Kuormatun vaunuryhmän poikittaisvakaus on kunnossa seuraavan epäyhtälön toteutuessa:

$$\frac{P_{kp} + P_w}{P_{st}} \leq 0,55, \quad (24)$$

jossa P_{kp} ja P_w ovat keskipakoisvoimien ja tuulikuorman aiheuttama pyörään kohdistuva ylimääräinen pystykuorma, tf ja P_{st} on kiskoon kohdistuva staattinen pyöräkuorma, tf.

6.3. Keskipakoisvoimien ja tuulikuorman aiheuttama pyörään kohdistuva ylimääräinen pystykuorma lasketaan kaavasta 25:

$$P_{kp} + P_w = \frac{1}{n_p(2S + f_{tk})} (0,075(2 Q_t + Q_{tur} + Q_{ld}) H_{cg}^0 + W_p h + 1000(2p - q)) \text{ (tf)}, \quad (25)$$

jossa n_k on kuormaa kantavien vaunujen pyörien määrä,
 q on kerroin, jolla otetaan huomioon yhteenkytkettyjen vaunujen tukikehän leveneminen ja pitkän kuorman painopisteen siirtymä kaartuvilla rataosuuksilla, p - ja q -arvot on esitetty taulukossa 25,
 $2S$ on etäisyys pyöräkerran kulkukehien välillä (arvoksi otetaan 1580 mm) ja
 f_{tk} on yhteenkytkettyjen vaunujen tukikehän leveneminen kaarteissa, joiden laskennallisen säteen arvo määritetään kaavasta 26:

$$f_{tk} = \frac{l_{ktu}^2 - l_{kts}^2}{8 R_{lask}} \text{ (mm)}, \quad (26)$$

jossa l_{ktu} on etäisyys vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen ulkoteliä keskiötappien keskilinjojen välillä, mm;

l_{kts} on etäisyys vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen sisäteliä keskiötappien keskilinjojen välillä, mm;

R_{lask} on kaarteiden laskennallinen säde maksiminopeudella 100 km/h (arvoksi otetaan 10^6 mm).

6.4. Kun kuorman painopiste ei siirry pituus- eikä poikittaissuunnassa vaunuryhmän symmetriatasoihin nähden eivätkä kääntöalustat siirry pituussuunnassa kuormaa kantavien vaunujen poikittaisiin symmetriatasoihin nähden, kiskoon kohdistuva staattinen pyöräkuorma määritetään kaavasta 27:

$$P_{st} = \frac{1}{n_p} (2Q_t + Q_{ld} + Q_{tur}) \text{ (tf)} \quad (27)$$

Kun kuorman painopiste siirtyy vaunuryhmän symmetriatasoihin nähden samanaikaisesti sekä pituus- että poikittaissuunnassa ja kääntöalustat siirtyvät kuormaa kantavien vaunujen poikittaisiin symmetriatasoihin nähden (vähemmän kuormitetun telin osalta), kiskoon kohdistuva staattinen pyöräkuorma määritetään kaavasta 28:

$$P_{st} = \frac{1}{n_p^t} (0,5Q_t + (Q_{ld \min} + 0,5 Q_{tur}) (0,5 - \frac{l_o}{l_v}) (1 - \frac{b_{off} - b_{off}}{S + 0,5 f_{tk}})) \text{ (tf)} \quad (28)$$

Kaavoissa 27 ja 28:

$Q_{ld \min}$ on kuorman painonosa, joka kohdistuu vaunuryhmän vähemmän kuormitettuun vaunuun:

$$Q_{ld \min} = \frac{Q_{ld}(l_{vr} - 2 l_{off})}{2l_{vr}} \quad (tf); \quad (29)$$

l_{off} ja b_{off} ovat kuorman painopisteen **CG** pituus- ja poikittaissuuntaiset siirtymät yhteenkytketyn vaunuryhmän poikittais- ja pituussuuntaiseen symmetriatasoon nähden, mm ja

b_o on yhteenkytketyn vaunuryhmään kuormatun pitkän kuorman ylimääräinen poikittaissiirtymä kaarteissa, mm:

$$b_o = \frac{(l_c \pm 2l_o)^2 - l_c^2}{8 R_p} \quad (mm), \quad (30)$$

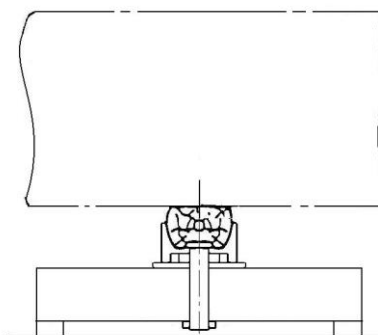
jossa l_c on etäisyys vaunuryhmän kuormaa kantavien vaunujen keskipisteiden välillä, mm,

l_o on etäisyys kääntöalustasta kuormaa kantavan vaunun keskipisteeseen, mm. Kun kääntöalustat siirtyvät kuormaa kantavien vaunujen keskipisteestä vaunuryhmän ulkopuolelle, valitaan merkki (+), kun sisäpuolelle, valitaan merkki (–) ja

n_k^t on vaunun telin pyörien määrä.

7. Erityyppisten kääntöalustaparien käyttö pitkien kuormien kuljetukseen

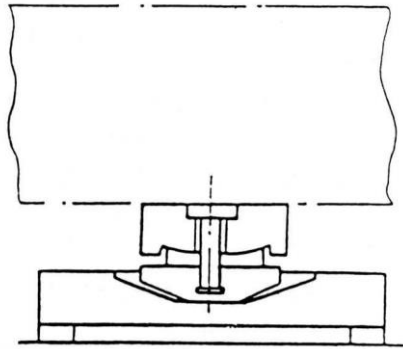
7.1. Liikkumaton kääntöalustapari koostuu kahdesta kääntöalustasta, joista kumpikin koostuu aluskehuksesta ja kuormatasosta, jotka on liitetty yhteen käyttämällä telikeskiötappia tai telikeskiön vastakappaletta tai molempia yhdessä. Toinen kääntöalusta on liikkuva, toinen kiinteä. Kiinteän kääntöalustan kuormataso voi kääntyä vain pystysuoran keskilinja eli telikeskiötappin ympäri (kuva 15). Liikkuvan tuen keskiötappi ja kuormataso voivat siirtyä myös matalalaitaisen avovaunun pituussuuntaista symmetriatasoa pitkin kompensoiden avovaunuryhmän vaunujen keskinäiset siirtymät. Liikkumattomia kääntöalustapareja voi käyttää enintään 60 tonnin painoisten pitkien kuormien kiinnitykseen.



Kuva 15

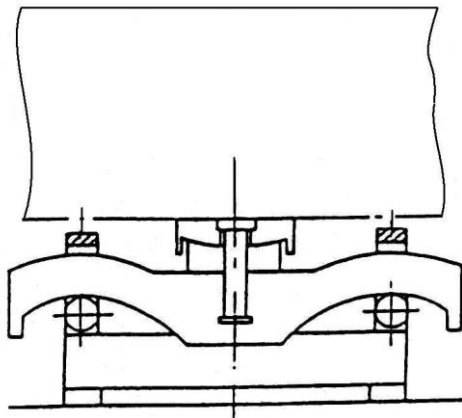
7.2. Liikkuva kääntöalustapari mahdollistaa kummankin kuormatason ja niiden kuorman pituussuuntaisen siirtymisen vaunujen törmäyksissä sekä kääntymisen vaunuryhmän kulkiessa kaartuvilla ja profiililtaan vaihtelevilla rataosuuksilla. Liikkuvat kääntöalustaparit voi jakaa rakenteen mukaan kolmeen tyyppiin:

- yksitukiset kääntöalustat, joissa tukielementit (telat, kuulat, liukukappaleet) sijaitsevat kääntöalustan yhdessä poikittaistasossa (kuva 16);



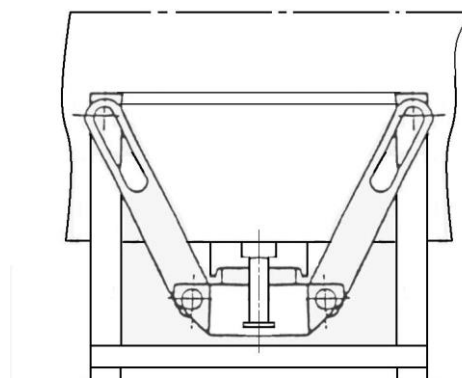
Kuva 16

- kaksitukiset kääntöalustat, joissa tukielementit sijaitsevat kääntöalustan kahdessa poikittaistasossa (kuva 17);



Kuva 17

- heilurityyppiset kääntöalustat (kuva 18), joiden kuormataso voi siirtyä pituussuunnassa heiluriripustimien liikkeiden ansiosta; ripustimien yläpää on yhdistetty nivelkiinnityksellä aluskehysten pylväisiin ja alapää kuormatasoon.



Kuva 18

Yksitukisia liikkuvia kääntöalustoja valmistetaan kolmea eri versiota:

– kiila-alustat, joilla kuorma siirtyy pituussuunnassa kuormaan jäykästi sidotun kuormatason kaltevien tukipintojen liukuessa pitkin kiilatukia, jotka on kiinnitetty kääntöalustan aluskehukseen;

– vierintäalustat, joissa kuormataso tukeutuu alustaan teloilla tai kuulilla, jotka vierivät aluskehysten uraohjaimia pitkin;

– kitka-alustat, joissa kuormatason tukiosat on toteutettu kitkalohkoina ja alustassa on vastaavat uraohjainpinnat.

Kaksitukisia liikkuvia kääntöalustoja on rakenteeltaan kahdenlaisia: vierintä- ja kitka-alustoja, joiden toimintaperiaate on samanlainen kuin vastaavissa yksitukisten kääntöalustojen rakenteissa.

Heilurityyppisestä kääntöalustasta on kaksi muunnosta, jolloin tukinivelet ovat joko ylhäällä tai alhaalla. Näistä yleisemmin käytettyjä ovat kääntöalustat, joissa nivelet sijaitsevat ylhäällä. Tangot, jotka yhdistävät pylväiden päät kuormatasoon, ovat 13–15 asteen kulmassa pystylinjaan nähden ja niissä on ylhäällä pituussuuntaiset kapeat aukot. Kuorman siirtyessä pitkin avovaunua taso on ripustettu vain yhden tankoparin varassa ja toinen tankopari liukuu urien avulla suhteessa tukiniveleihin.

8. Pitkiin kuormiin vaikuttavien voimien määrittäminen ja kuljetukseen käytettävät kääntöalustat

8.1. Kuormattaessa tavaroita kahden vaunun kannatukselle kääntöalustojen varaan tehdään laskelma välineistä, joilla kuormat kiinnitetään kääntöalustojen kuormatasoihin ja kääntöalustat kiinnitetään vaunuun.

Suunniteltaessa uusia kääntöalustarakenteita on tehtävä laskelmat kääntöalustoista ja välineistä, joilla ne kiinnitetään vaunuihin. Laskelmissa otetaan huomioon pituus-, poikittais- ja pystysuuntaiset hitausvoimat sekä kitkavoimat ja tuulikuorma.

Voimien määrittyskaavoissa käytetään seuraavia symboleja:

paino:

Q_{tur} on kääntöalustaparin paino

$Q_{tur.knt}$ on kääntöalustan liikkumattomien osien paino

$Q_{tur.liik}$ on kääntötuen liikkuvien osien paino

pituussuuntaiset kitkavoimat:

$F_{tur.avo}^{lg}$ kääntöalustan ja matalalaitaisen avovaunun välillä

$F_{tur.lk}^{lg}$ kääntöalustan liikkuvien ja liikkumattomien osien välillä

$F_{tur.kt}^{lg}$ kuorman ja kuormatason välillä

poikittaissuuntaiset kitkavoimat:

$F_{tur.avo}^{lt}$ kääntöalustan ja matalalaitaisen avovaunun välillä

$F_{tur.lk}^{lt}$ kääntöalustan liikkuvien ja liikkumattomien osien välillä

$F_{tur.kt}^{lt}$ kuorman ja kuormatason välillä

Kun kuorma on sijoitettu yhteenkytkettyyn vaunuryhmään kahden vaunun kannatuksella, pituussuuntaisten hitausvoimien kohdistuspisteeksi valitaan kuorman painopiste (cg_{ia}).

Poikittais- ja pystysuuntaisten hitausvoimien kohdistuspisteiksi otetaan kuorman poikkileikkausten painopisteet, jotka sijaitsevat kääntöalustojen keskipisteen kautta kulkevissa pystytasoissa.

Kokonaistuulikuorman kohdistuspisteeksi otetaan kuorman ja kääntöalustojen yhteisen purjepinta-alan geometrinen keskipiste.

8.2. Pituussuuntaiset hitausvoimat, jotka vaikuttavat pitkään kuormaan ja kääntöalustoihin, riippuvat kääntöalustarakenteesta sekä tavasta, jolla kuorma on kiinnitetty kääntöalustoihin ja kääntöalustat vaunuun.

Kuormaan vaikuttava pituussuuntainen hitausvoima lasketaan kaavasta 31:

$$F_{lg} = a_{lg}^t (Q_{ld} + n_p Q_{tur.liik}) (tf) \quad (31)$$

Pituussuuntainen hitausvoima, joka vaikuttaa kääntöalustan kiinnitykseen vaunuun, lasketaan kaavoista 32 - 34:

– kiinteän kääntöalustaparin kiinteä kääntöalusta:

$$F_{lg} = a_{lg}^t (Q_{ld} + 0,5 Q_{tur} + Q_{tur.liik}) (tf) \quad (32)$$

– kiinteän kääntöalustaparin liikkuva kääntöalusta:

$$F_{lg} = 1,25(0,5 Q_{ld} + Q_{tur.liik}) \mu_{liuk} + Q_{tur.knt} a_{lg}^t (tf); \quad (33)$$

– liikkuvan kääntöalustaparin kumpikin alusta:

$$F_{lg} = a_{lg}^t 0,5(Q_{ld} + Q_{tur}) (tf) \quad (34)$$

jossa a_{lg}^t on pituussuuntainen ominaishitaussuure,

μ_{liuk} on liikkuvan kuormatason ja kiinteän kääntöalustaparin liikkuvan alustan aluskehysten välinen liukukitkakerroin, joksi otetaan 0,1 ja

n_p on kääntöalustaparin liikkuvien kääntöalustojen lukumäärä: $n_p = 1$ kiinteässä kääntöalustaparissa, $n_p = 2$ liikkuvassa kääntöalustaparissa.

Pituussuuntaisen ominaishitaussuuren a_{lg}^t arvo määritetään riippuen kääntöalustaparin tyypistä ja rakenteesta.

Liikkuvissa kääntöalustapareissa, joissa on teräksiset kitkaosat, a_{lg}^t riippuu kiilapinnan tai kaartuvien johteiden kallistuskulmasta vaakatasoon nähden pisteessä, joka sijaitsee 400 mm:n päässä kääntöalustan liikkuvan osan perusasennosta. Jos kuorman ja kääntöalustojen liikkuvien osien yhteispaino on yli 65 t, a_{lg}^t valitaan seuraavasti:

Kallistuskulma, aste	14	15	17	19
a_{lg}^t -arvo, tf/t	0,48	0,53	0,58	0,7

Jos kuorman paino on alle 65 tonnia, a_{lg}^t -arvo määritetään kokeilemalla; jos se on mahdotonta, käytetään kaavaa 35.

Kun käytetään muun tyyppisiä liikkuvia kääntöalustapareja tai kiinteitä kääntöalustapareja, a_{lg}^t määritetään kaavasta 35:

$$a_{lg}^t = a_{lg}^{t44} - \frac{(Q_{ld} + n_p Q_{tur.liik})(a_{lg}^{t44} - a_{lg}^{t188})}{144} (tf/t) \quad (35)$$

Kaavassa 35 a_{lg}^{t188} - ja a_{lg}^{t44} -arvoiksi valitaan:

- liikkuvilla kääntöalustapareilla sekä kiinteillä (keskiö-) kääntöalustapareilla, joilla kuorma on kiinnitetty kiinteään kääntöalustaan joustavasti, $a_{lg}^{t188} = 0,86$ tf/t; $a_{lg}^{t44} = 1,2$ tf/t;
- liikkumattomilla (keskiö-) kääntöalustapareilla, joilla kuorma on kiinnitetty kiinteään kääntöalustaan jäykästi: kiinteästi asennetut kääntöalustaparit (kiinnitetty avovaunuun hitsaamalla) $a_{lg}^{t188} = 2,0$ tf/t, $a_{lg}^{t44} = 3,0$ tf/t; irrotettavat kääntöalustaparit – $a_{lg}^{t188} = 1,56$ tf/t, $a_{lg}^{t44} = 1,9$ tf/t.

8.3. Pitkään kuormaan ja kääntöalustoihin vaikuttavat poikittaiset vaakasuuntaiset hitausvoimat lasketaan kaavoilla 36 ja 37:

– kuormaan vaikuttava voima:

$$F_{lt} = a_{lt}^t (Q_{ld} + n_{lt} Q_{tur.liik}) / 1000 \text{ (tf)} \quad (36)$$

jossa $a_{lt}^t = 450 \text{ kgf/t}$ on poikittainen ominaishitausvoima kuorman ollessa kahden vaunun kannatuksella;

– voima, joka vaikuttaa liikkuvan ja kiinteän kääntöalustaparin alustojen kiinnitykseen vaunuun:

$$F_{lt}^t = a_{lt}^t 0,5 (Q_{ld} + Q_{tur}) / 1000 \text{ (tf)} \quad (37)$$

8.4. Kuormaan ja kääntöalustoihin vaikuttavat pystysuuntaiset hitausvoimat määritetään kaavoista 38 ja 39:

– kuormaan vaikuttava voima:

$$F_v = a_v Q_{ld} / 1000 \text{ (tf)}; \quad (38)$$

– kuormattuun kääntöalustaan vaikuttava voima:

$$F_v^t = a_v 0,5 (Q_{ld} + Q_{tur}) / 1000 \text{ (tf)}, \quad (39)$$

jossa a_v on pystysuuntainen ominaisvoima, joka määritetään kaavasta 40:

$$a_v = 250 + 20 l_{ld} + \frac{2140}{Q_{ld} + Q_{tur}} \text{ (kgf/t)}, \quad (40)$$

jossa l_{ld} on etäisyys matalalaitaisen avovaunun poikittaissuuntaisesta symmetriatasosta kääntöalustan poikittaissuuntaiseen keskilinjaan, m.

Jos kuorman paino vaunuryhmässä on vähintään 10 tonnia, Q_{ld} -arvoksi otetaan 10 t.

8.5. Tuulikuorman oletetaan suuntautuvan kohtisuoraan vaunuryhmän pituussuuntaiseen symmetriatasoon nähden ja se määritetään kaavasta 41:

$$W_p = 50 (S_{ld} + S_{tur}) \text{ (kgf)} \quad (41)$$

jossa S_{ld} on kuorman ja S_{tur} kääntöalustojen purjepinta-ala, m^2 .

Jos pinta on lieriömäinen, pinta-ala S_{ld} on puolet kuorman pinnan projektiosta vaunun pituussuuntaiseen symmetriatasoon.

8.6. Tehtäessä laskelmaa kuorman ja kiinteän kääntöalustaparin kääntöalustojen kiinnityksestä kitkavoimat määritetään kaavoista 42 - 47.

Pituussuunnassa:

– kun kuorma kiinnitetään kiinteään kääntöalustaan:

$$F_{tur}^{lg} = 0,5 (Q_{ld} + Q_{tur.liik}) (\mu_{k-kt} + \mu_{liik}) \text{ (tf)}; \quad (42)$$

– kun kääntöalusta kiinnitetään vaunuun:

$$F_{tur}^{lg} = 0,5 (Q_{ld} + Q_{tur}) \mu \text{ (tf)}, \quad (43)$$

jossa μ on kääntöalustan ja vaunun lattian välisen kitkan kerroin;

μ_{k-kt} on kuorman ja kääntöalustan kuormatason välisen kitkan kerroin.

8.7. Tehtäessä laskelmaa kuorman ja liikkuvan kääntöalustaparin kääntöalustojen kiinnityksestä kitkavoimat määritetään seuraavista kaavoista.

Pituussuuntaiset kitkavoimat:

- kun kuorma kiinnitetään kääntöalustan tukitasoon:

$$F_{tur}^{lg} = (0,5Q_{ld} + Q_{tur.liik}) \mu_{kt-tur} (tf) \quad (44)$$

jossa μ_{kt-tur} on kuormatason ja kääntöalustan aluskehyksen välisen kitkan kerroin;

- kun kääntöalusta kiinnitetään vaunuun:

$$F_{tur}^{lg} = 0,5(Q_{ld} + Q_{tur})\mu (tf) \quad (45)$$

8.8. Liikkuvan ja kiinteän kääntöalustaparin kääntöalustan poikittaissuuntaiset kitkavoimat määritetään seuraavilla kaavoilla:

- kun kuorma kiinnitetään kääntöalustan tukipintaan:

$$F_{tur}^{lt} = 0,5 Q_{ld} \mu_{rt}(1000 - a_v)/1000 (tf); \quad (46)$$

- kun kääntöalusta kiinnitetään vaunuun:

$$F_{tur}^{lt} = 0,5(Q_{ld} + Q_{tur}) \mu (1000 - a_v)/1000 (tf) \quad (47)$$

Lisäksi tehdään laskelmat kuorman kiinnityksestä kääntöalustojen kuormatasoihin ja kääntöalustojen kiinnityksestä vaunuihin.

9. Kääntöalustaparien suunnittelua koskevat tekniset ja käyttöä koskevat perusvaatimukset

Kääntöalustojen liikkuvilla ja kiinteillä osilla on oltava mekaanisesti luotettava rakenne, joka estää liikkuvien osien suistumisen johteilta laskettaessa vaunuryhmiä mäestä sekä kuljetuksen ja vaihtotöiden aikana. Liikkuvien kääntöalustaparien kääntöalustojen liikkuvien osien on pituussuuntaisten hitausvoimien vaikutuksen lakattua sekä niihin kohdistuvien pystykuormitusten poistuttua palattava lähtöasentoon (keskiasentoon).

Irrotettavat kääntöalustaparit on voitava asentaa matalalaitaiseen avovaunuun ja poistaa siitä nostolaitteilla mahdollisimman vähällä työllä ja millään tavalla vaunun rakennetta rikkomatta.

Kääntöalustaparien rakenne ei saa estää pääsyä käsiksi säädettäviin ja huollettaviin komponentteihin.

Kääntöalustaparien on pysyttävä toimintakykyisinä ja vahingoittumattomina vaunuryhmien törmäysnopeuden ollessa enintään 9 km/h.

Kääntöalustaparien rakenteen on oltava sellainen, että:

- kuorma ja liikkuva kalusto eivät vahingoitu
- kulkeminen osana tavarajunaa enimmillään 100 km:n tuntinopeudella on turvallista
- kulku ei esty kaarteissa, joiden säde on yhteenkytketyn vaunuryhmän kaarteeseen mukautumisen minimisäteen suuruinen, ja kuorma pysyy kuormaulottumassa kaarteissa, joiden säde on 350 m
- vaunuryhmän kulku laskumäen harjan yli ei esty; tätä varten kääntöalustan liikkuvan osan on käännäyttävä pystytasossa vähintään 5 asteen kulmassa

- kuorma ei kierry vaunuryhmän kulkiessa kaartuvalla rataosuudella ulomman kiskon maksiminousulla kuorman suurimman laskennallisen kääntökulman suhteessa radan pituussuuntaiseen akseliin ollessa kaarteeseen tultaessa enintään 0,5°.

Kuorman kiinnittäminen kääntöalustoihin suositetaan tehtäväksi standardikiinnittimillä (pultit, ruuvit, vaarnaruuvit ym.).

Vaikka ulkoisten kuormitusten yhdistelmät ja kääntöalustaosien keskinäinen sijainti olisivat mahdollisimman epäsuotuisat, kääntöalustan sijoittaminen matalalaitaiseen avovaunuun ei saa johtaa vaunun aluskehyksessä taivutusmomentteihin, joiden arvot ylittävät taulukossa 14 mainitut. Matalalaitaisen avovaunun aluskehyn taivutusmomentin tarkistuslaskelma tehdään tämän luvun liitteessä 4 annettujen suositusten mukaan.

Telikeskiötapin pituussuuntaisen liikkeen mahdollistavan aukon pituus lasketaan kaavasta 48:

$$C_{lg}=(4l_a+20)(n-1)+d+50 \quad (48)$$

jossa l_a on automaattikytkimen joustolaitteen jousto, mm (valitaan 100 mm),

n on yhteenkytkettyjen vaunujen lukumäärä lukuun ottamatta kuorman päiden suojavaunuja ja

d on telikeskiötapin halkaisija, mm.

Kääntöalustaparille kuormattaessa on telikeskiötapin oltava aukon keskellä.