FERVOJA SURKONSTRUAĴO I.

LA BALASTO

D-RO JOZEFO HALÁSZ

MISKOLC 2009

Dua, iom ampleksigita sed ne tralaborita varianto en jaro 2024

ENHAVO

1. **Nocioj: ... 5**
2. **La graveco de la balasto ... 5**
   2,1 La taskoj de la balasto ... 5

3. La materialo de la balasto ... 6
   3,1 Ekzameno laŭ testo „Los Angeles” ... 7
   3,2 Ekzameno laŭ testo „Deval” ... 7

4. La dimensio de la balasto ... 9
   4,1 La alto de la balastotavolo ... 10
   4,2 Transetendiĝo de la balasto ... 11

5. **La kompakteco de la balasto ... 13**
6. **Maŝinaj laboroj de la balasto ... 14**
   6,1 Balastebeniga- kaj disigatora maŝino ... 14
   6,2 Kribromaŝino por balasto ... 15
   6,3 Balastkompaktiloj ... 16
      6,31 Balastoŝtopmaŝino ... 16
      6,32 Permana balastoŝtopmaŝino ... 18
      6,33 Raŭphava kompaktiga vibratoro ... 19
      6,34 Kompaktilo de la interŝpala spaco kaj la balastbordero ... 19
   6,4 Senbalastiga maŝino ... 19
   6,5 Maŝinserio por ĉesigi la lokajn trakdeformiĝojn ... 20
7. **Mezurdona kalkulado de la fervoja balasto ... 21**
   7,1 Metodo de *Schramm*, laŭ premdistribuo ... 21
   7,2 La metodo de *Boussinesq – Steinbrenner* ... 25
8. **Literaturo ... 29**
9. **Fakesprimoj ... 29**
   9,1 Magyar – Eszperantó ... 29
   9,2 Esperanto – Hungara ... 30

LA BALASTO

1. Nocioj:

Balasto (PIV):	Ŝutaĵo (el ŝotro, gruzo, skorio ks) sub trako, kiu ricevas ŝarĝon de la trakveturiloj pere de la reloj kaj ŝpaloj, transdonas ĝin al la subkonstruaĵo kaj samtempe amortizige kaj flekseble firmigas la trakon.
Balastopremo:	Ŝarĝo, kiun la balasto transdonas al la supra surfaco de la subkonstruaĵo laŭmezure po areunuo. Ĝia mezurunuo estas N/mm^2
Balastrando:	Linio, kiun sekcas la supra kaj dekliva surfacoj de la balasto.
Balastrezisteco:	Forto, devenanta el la balasto, kiu efikas malhelpi la long- kaj transversdirektajn movojn de la trako pro la veturilaj ŝarĝoj. Ĝia mezurunuo estas: kN/m
Grandaj maŝinoj:	Memveturantaj labormaŝinoj, kiuj parte aŭtomate, parte per homa direktado, sed sen homa fizika forto faras laborseriojn konsistantajn el pluraj elementoj.
Malgrandaj maŝinoj:	Labormaŝinoj, ne memveturantaj, kiuj faras plej ofte unu laborelementon parte aŭ tute per helpo de homa fizika forto.
Relvojo (PIV):	Bazelemento de relaj transportsistemoj ebliganta veturilmovojn, konsistanta el subkonstruaĵo (talusoj, tranĉeoj, tuneloj ktp) surkonstruaĵo (balasto, trakoj, trakaparatoj) kaj pontoj.
Surkonstruaĵo:	Tiu parto de la relvojo, kiu troviĝas super la supra surfaco de la terlaboraĵo. Partoj de la surkonstruaĵo estas balasto ŝpaloj, reloj, trakforkoj, akcesoraĵoj.
Transetendiĝo:	Dimensio, kiu montras la distancon inter la balastrando kaj ŝpalekstremaĵo.

2. La graveco de la balasto

Laŭ spertoj 60%-ojn da stabileco de la trako donas la balasto kaj 40%-ojn donas la rigideco de la trako. Pro tio la kvalito de la balasto havas grandan gravecon.

2,1 La taskoj de la balasto

La balasto estas parto de la relvoja surkonstruaĵo, kies taskoj estas:

- Doni solidan, tamen elastan subtenon por la trako
- La ŝarĝon, ricevitan de la ŝpaloj transdoni, al la supra surfaco de la subkonstruaĵo tiel ke ĝia ŝarĝado estu pli malgranda ol ĝia ŝarĝeblo.
- Ebligi la rapidan defluigon de la pluvaĵdevena akvo, falinta sur la balaston.
- Donu sufiĉe da rezisteco por la trako kontraŭ kaj la laŭlongaj kaj la transversaj movoj.
- Ebligi la vertikalan kaj horizontalan trakĝustigadon, tielmaniere, ke la tiucelan trakrektikadon kaj trakniveladon oni povu fari facile kaj precize.
- Ebligi ke la trako konservu sian situon laŭeble dum longa tempo malgraŭ la funkcia ŝarĝo.

3. La materialo de la balasto

La menciitajn taskojn povas plenumi nur tiu balasto, kiu estas konstruita el bonkvalita materialo havanta taŭgan granulmetrion. La materialo de la balasto ĝenerale estas malmola rompita petro, la **ŝotro**, ĉefe el erupcia petro, kiel andezito, granito, aŭ bazalto kun akraj randoj kaj malglata surfaco. Tiuj petrospecoj malrapide erodiĝas, dispeciĝas kaj kontraŭstaras la froston. En nia lando troviĝas sufiĉa kvanto da bonkvalita erupcia petro, pro tio la plimulto de niaj fervojlinioj havas balaston el ŝotro.
Laŭ rezultoj de la enlandaj esploroj el vidpunkto de rezisteco kontraŭ trakrampado estas la plej konvena granulmetrio 25/65 mm-oj. (Tio signifas ke la ŝotro estu pli granda ol 25 mm-oj, kaj malpli granda ol 65 mm-oj.) En la bonkvalita materialo de la balasto la granulmetrio kontinue distribuas inter la du mezurlimoj. La formo de la unuopaj ŝotroj estas diktrunka. Ardeztipa, disloziĝanta, ne frostrezista petro ne estas taŭga por balasto.
El rezultoj de esploroj de dek Eŭropaj fervojoj estas konkludeble, ke ili uzas por balastmaterialo 2 – 4 specojn de petroj, ĉefe vulkandevenajn. El la petrospecoj uzas bazalton, graniton po ses fervojoj, andeziton, gabron, porfiron po tri fervojoj.
Kelkaj fervojoj por duarangaj fervojlinioj ĝis rapido 90 km/h uzas ankaŭ duran kalkoŝtonon. La sedimentaj petroj estas malpli konvenaj por balastmaterialo, ĉar iliaj rigidecaj valoroj grave ŝanĝiĝas dum la funkcidaŭro, iliaj randoj malakriĝas.
Hungaraj Ŝtatfervojoj ekde 1995 enkondukis la proponojn de ORE (ERRI) por ŝotro, havanta 32 – 50 mm-ojn da nominala grajnmezuro. La konsiderendajn limojn de la grajnmezuro difinas du limlinioj. (Fig. 1)

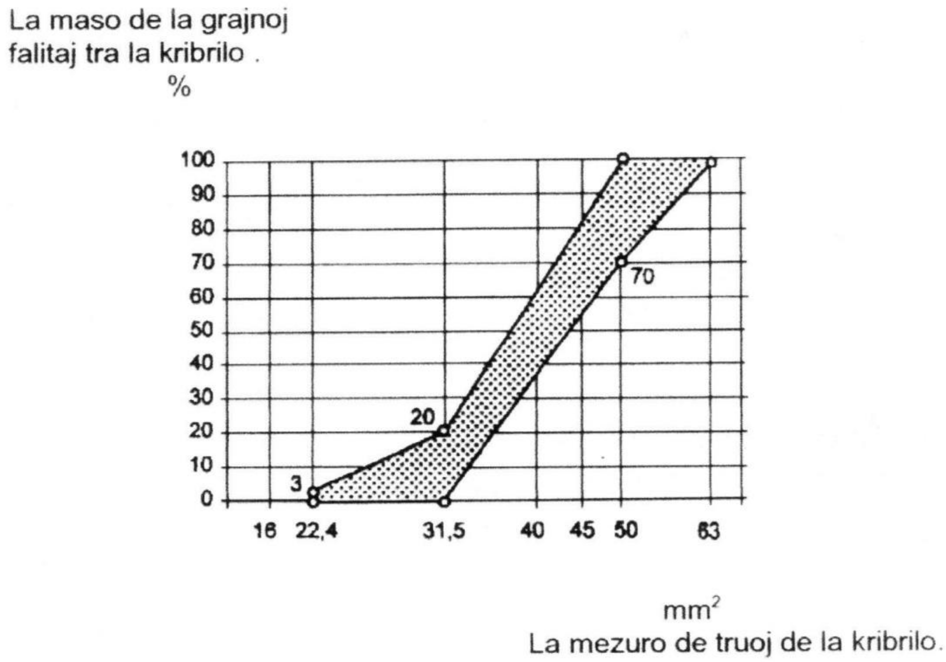

Fig.1
La limlinioj de la laŭnorma ŝotro de Hungaraj Ŝtatfervojoj.

Por triviĝprova ekzameno de la ŝotro estas konataj diversaj laboratoriaj testoj. La plimulto de la fervojoj uzas la testojn „Los Ageles” kaj „Deval”. Krom tio oni ekzamenas la frostorezistecon kaj akvosorbadon de la ŝotro.

3,1 Ekzameno laŭ testo „Los Angeles”

5000 gramojn, aŭ 10000 gramojn da lavpurigita sekigita petromaterialo oni metas en la tamburon de la triviĝprova maŝino „Los Angeles”, kun 6 aŭ 12 ŝtalgloboj kies diametro estas 47 mm-oj. Post 500 aŭ 1000 turniĝoj de la tamburo la triviĝitan kvanton oni apartigas per helpo de kribrilo kies trudimensio estas 1,6 mm-oj. La kvanton restitan sur la kribrilo oni denove lavpurigas, sekigas kaj pesas.

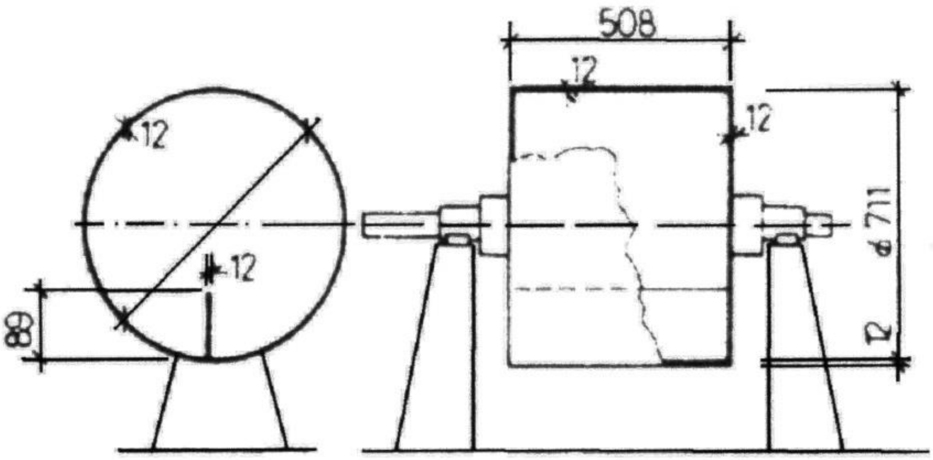

Fig. 2
Triviĝprova maŝino por ekzameno „Los Angeles”

La mezuro de la erodo estas:

$$k = \frac{m - m_k}{m} \cdot 100\%$$

kie:

m: estas maso de la ekzamenita petromaterialo.
m_k: estas maso de la petromaterialo restita sur la kribrilo.

3,2 Ekzameno laŭ testo „Deval”

El la ekzamenenda petromaterialo oni lavpurigas kaj sekigas cent provpecojn, kiuj unuope havas mason ĉirkaŭ po 100 gramoj. Poste oni pesas la mason de la tuta kvanto kaj metas pecojn po 50 en ĉiun tamburon de la triviĝprova maŝino „Deval”. Post 10 000 turniĝoj de la tamburoj la triviĝitan kvanton oni apartigas per helpo de kribrilo kies trudimensio estas 1,6 mm-oj. La kvanton restitan sur la kribrilo oni denove lavpurigas, sekigas kaj pesas.

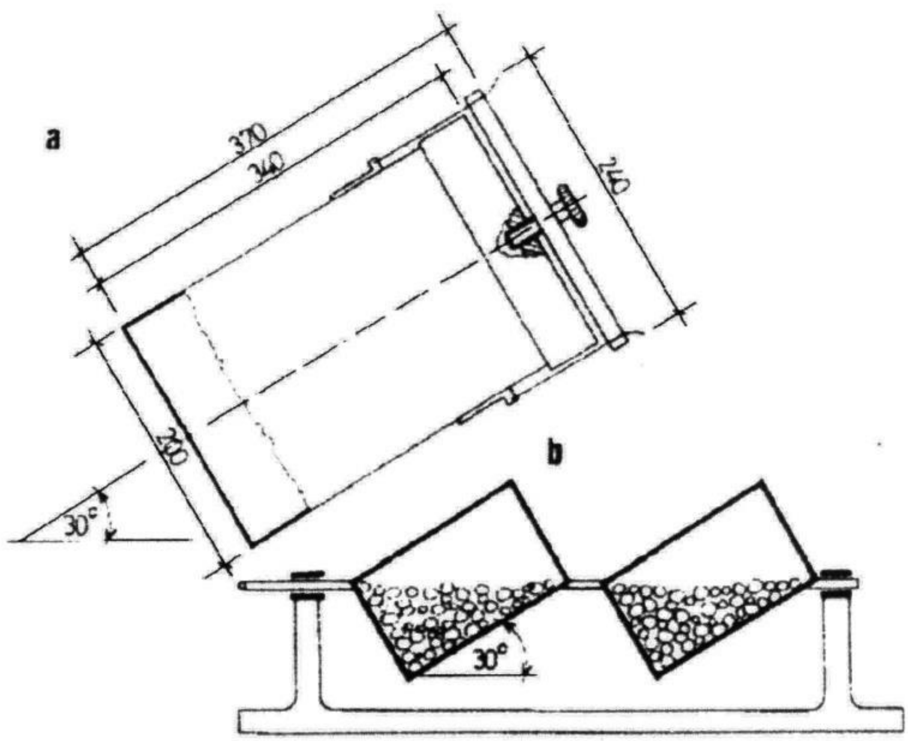

Fig. 3
Triviĝprova maŝino por ekzameno „Deval”

La mezuro de la erodo estas:

$$k = \frac{m - m_k}{m} \cdot 100\%$$

kie:

m: estas maso de la ekzamenita petromaterialo.
m_k: estas maso de la petromaterialo restita sur la kribrilo.

La **skorio** – kiun oni iam uzis kiel balastmaterialon, ĉefe kiel suban balastotavolon – ŝlimiĝas pro efikoj de la ŝarĝo kaj akvo. Pro tio la fervojoj jam malofte uzas ĝin. Ekzemple, se la novkonstruita taluso ankoraŭ ne kompaktiĝis, oni konstruas provizoran balaston el skorio. Tiucele estas taŭga nur la tute bruligita etgrajna karboskorio.

En servotrakoj aŭ malnovaj duarangaj fervojlinioj malofte troviĝas balasto el **gruzo**, sablo aŭ **rulŝtono.** La gruzo konsistas el eroditaj globformaj grajnoj, kies froto kaj rezisteco kontraŭ la long- kaj transversdirektaj fortoj de la trako ne estas sufiĉa. Pro la malgranda interna froto de ĉi tiu materialo la ŝtopitaj ŝpaloj baldaŭ loziĝas, ili estas malfacile kompakteblaj, kaj bezonas multe da trakbontenado. Nun jam ankaŭ tiuj fervojoj ne uzas gruzon kiuj antaŭe uzis pli grandan kvanton eĉ por ĉefliniaj trakoj.
Pro la dinamikaj efikoj de la trakveturilaro sub la ŝpaloj elformiĝas pli kompakta parto de la balasto ol en la ĉirkaŭantaj partoj, kiun oni nomas ankaŭ balastotrabo.

La balasto la ŝarĝon, ricevitan de la ŝpaloj transdonas al la subkonstruaĵo disdonante egalmezure. Tio estas la balastopremo, kies mezurunuo estas N/mm^2.
Pro la rubaĵo falanta el la trakveturiloj al la balasto, kaj pro la sablo kaj ŝlimo devenanta el subkonstruaĵo, malboniĝas la akvodefluiga kapableco de la balasto, kaj komeciĝas la procezo de la balastoŝlimiĝo.

Se la balasto ŝlimiĝis tiel mezure, ke ĝia kribado jam ne estas profitdona oni ŝanĝas la balaston. La **ŝanĝo de la balasto** signifas, ke oni ŝanĝas la materialon de la balasto je pli bonkvalita aŭ je samkvalita sed nova materialo. Se ne estas altolimigo aŭ iu grava subkonstruaĵa difekto la materialon de la malnova balasto oni etendas kaj uzas kiel plibonigan grundotavolon sub la nova balasto, en mala okazo oni forigas ĝin.
Pro la fortoj, venantaj de la reloj, la ŝpaloj provas fari long- kaj transversdirektajn movojn. Ĉi tiujn movojn la balasto penadas malhelpi. Tiu forto devenanta el la balasto kiu efikas malhelpi la movojn estas la **balastrezisteco**.

La tn longdirekta balastrezisteco, kiu estas paralela al la trakakso, devenas parte el la froto, funkcianta sur la suba surfaco de la ŝpaloj, aliparte el tiu pasiva premo de la balasto kiu efikas al la flankaj surfacoj de la ŝpaloj. La valoro de la longdirekta balastrezisteco estas ĉ. 10 kN/m, se la balasto estas malkompakta, kaj ĉ. 15 kN/m, se la balasto estas kompakta.
La transversdirekta balastrezisteco, kiu estas orta al la trakakso, devenas el la froto, funkcianta sur la suba surfaco kaj sur la flankaj surfacoj de la ŝpaloj, aliparte el la pasiva premo de la balasto efikanta al la frunta surfaco. La valoro de la transversdirekta balastrezisteco estas ĉ. 5 kN/m, se la balasto estas malkompakta, kaj ĉ. 8 kN/m, se la balasto estas kompakta.
Sufiĉe kompakta balasto elformiĝas post la rekonstruado aŭ post tiuj bontenadaj laboroj kiuj bezonis iom gradan malkonstruadon de la balasto, se la trakon jam trairis ĉ cent mil tunoj da trajnpezo.

La balastrezisteco havas gravan rolon por la stabileco de la senbreĉe kunvelditaj trakoj, kaj por limigo de la mezuro de tiuj reljuntoj kiuj elformiĝas je relrompiĝo.
La balaston oni konstruas el du – suba kaj supera – tavoloj. La suban tavolon oni etendas sur la subkonstruaĵon antaŭ sternado de la trako kaj kompaktigas ĝin per tiucelaj maŝinoj tielmaniere, ke la supra surfaco estu je 5 cm-oj sub la projektita nivelo.
Sur la suban tavolon oni sternas trakon. Ĉi tiu trako estas uzata por transporti la balastmaterialon de la supera tavolo, per specialaj vagonoj. Ĉi tiuj vagonoj estas kargofunelaj balastvagonoj.
Per maŝinoj oni faras la trakĝustigadon kaj levas la trakon ĝis la projektita nivelo, fine elformas la laŭnorman balastprofilon.

4.La dimensio de la balasto

Krom la kompakteco kaj bonkvalito de la balastmaterialo havas gravan rolon ankaŭ la ĝusta dimensio de la balasto. La laŭmezura alto de la balastotavolo ebligas tiun dispartigon de la ŝarĝo al la supra surfaco de la subkonstruaĵo laŭ kiu ĝi ricevas malpli da specifa ŝarĝo ol ĝia ŝarĝeblo. Por la transversa stabileco estas tre grava la transetendiĝa dimensio inter la ŝpalekstremaĵo kaj la balastrando. Se la transetendiĝo estas pli granda, ankaŭ la transversa balastrezisteco estas pli granda ĉar por delokiĝi la ŝpaloj devas forŝovi pli grandan mason da balasto.
La dimension de la balastprofilo determinas: la longo de la ŝpaloj, la transetendiĝo ĝis la balastrando, la alto de la balastotavolo, la deklivo de la supra surfaco de la subkonstruaĵo (simetria aŭ nesimetria), kaj la kverdisnivelo de la trako.

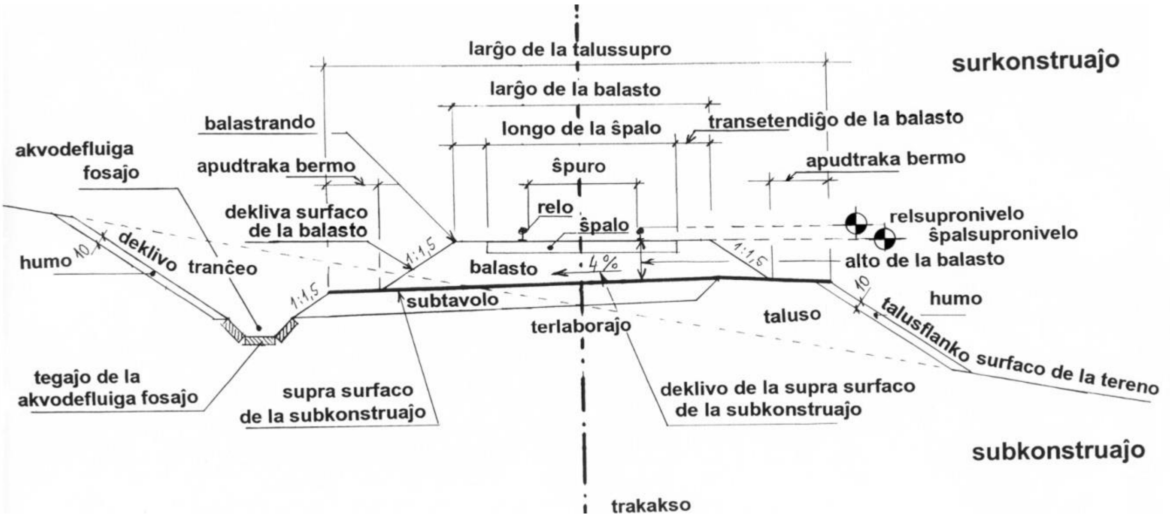

Fig. 4
Dimensio de la balastprofilo, se la subkonstruaĵo estas nesimetria

4,1 La alto de la balastotavolo

La malsupra surfaco de la ŝpalo transdonas la ŝarĝon devenantan de la veturiloj al la balasto. La balasto pludonas la ricevitan ŝarĝon al la supra surfaco de la subkonstruaĵo, kaj samtempe egalmezure disdonas ĝin. Tiu egalmezura disdonado povas efektiviĝi nur tiuokaze, se la balasto havas sufiĉe da alto.
La necesa alto de la balasto dependas de

- la radaksa ŝarĝo de la veturiloj
- frotkoeficiento de la balastmaterialo
- ŝarĝeblo de la subkonstruaĵo
- ŝpaldistanco

Iam estis uzata simpla metodo kalkuli la necesan alton de la balasto.
La ricevita ŝarĝo en la balasto pluiras ne vertikale, sed laŭ kliniĝinta direkto, kies angulo estas: β. Se ni supozas, ke la ŝarĝo pluiras el ĉiu punkto de la malsupra surfaco de la ŝpalo laŭ rekta linio, la trandono de la ŝarĝo al la subkonstruaĵo estas egalmezura en la sekcopunktoj de rektaj linioj, devenantaj el samaj punktoj de la najbaraj ŝpaloj. Do, la balasto devas esti tiel alta, ke ĉi tiuj sekcopunktoj estu sur la supra surfaco de la subkonstruaĵo.

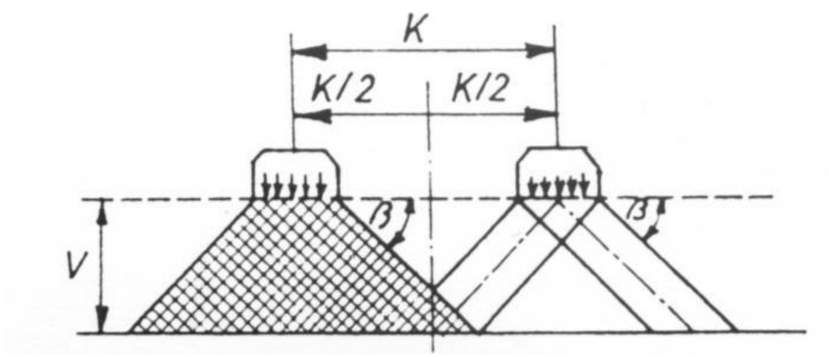

Fig. 5
Transdono de la ŝarĝo al la balasto

La necesan alton de la balasto ni povas kalkuli per la formulo:

$$v = \frac{k}{2} \cdot tg\beta$$

kie: v: subŝpala alto de la balasto
k: ŝpaldistanco
β: angulo inter la kliniĝinta kaj horizontala direktoj

Ekzemple: se k = 60 cm, β = 45°

$$v = \frac{60}{2} \cdot tg45° = 30cm$$

Se ni aldonas al la kalkulita valoro la alton de la armita betonŝpalo, kiu estas 22 cm-oj, ni ricevas la necesan alton de la balasto, kiu estas 52 cm-oj.
Ju pli granda estas la alto de la balasto, des pli pezaj veturiloj povas trafiki sur la trako, des pli elaste kaj homogene situas la trako en la balasto.
En kverdisnivelaj traketapoj oni devas fari la preskribitan alton de la balasto sub la interna relo de la kurbiĝo.
La nun uzataj altoj de la balastotavolo estas: 57, 52, 50, kaj 40 cm-oj.

57 cm-oj da alto de balastotavolo estas bezonata:

- Sub trakforkoj kun armitaj betonŝpaloj, pro tio ke sub la ŝpalo la alto de la balastotavolo estu 35 cm-oj.
- Sub trakoj kun armitaj betonŝpaloj, se la radaksa ŝarĝo estas pli ol 225 kN-oj aŭ se la permesita rapido estas pli ol 140 km/h.

52 cm-oj da alto de balastotavolo estas bezonata:

- Sub trakoj kun armitaj betonŝpaloj, se la radaksa ŝarĝo ne estas pli ol 210 kN-oj aŭ se la permesita rapido ne estas pli ol 140 km/h, pro tio ke sub la ŝpalo la alto de la balastotavolo estu 30 cm-oj.

50 cm-oj da alto de balastotavolo estas bezonata:

- Sur tradiciaj kaj senbreĉe kunvelditaj fervojlinioj sub la trakoj en eksterstaciaj sekcioj kaj sub ĉefaj trairtrakoj de la stacioj se la permesita rapido ne estas pli ol 80 km/h.
- Sur senbreĉe kunvelditaj fervojlinioj sub la trakoj ankaŭ tiuokaze se la permesita rapido estas malpli ol 80 km/h.

40 cm-oj da alto de balastotavolo estas bezonata:

- En ĉiu ajn alia okazo.

4,2 Transetendiĝo de la balasto

La larĝo de la balasto estas sumo de la ŝpallongo kaj transetendiĝoj troviĝantaj ambaŭ flanke de la trako.
La dimensio de la transetendiĝo varias inter 40 kaj 65 cm-oj.

40 cm-oj da transetendiĝo estas bezonata:

- laŭ ambaŭ flankoj de ĉiu tradicia trako
- laŭ ambaŭ flankoj de senbreĉe kunvelditaj trakoj en rektaj etapoj kaj en kurbaj etapoj, se R > 3000 m-oj.

Okaze de senbreĉe kunvelditaj trakoj en kurbaj traketapoj la transetendiĝo povas esti 45, 55, kaj 65 cm-oj. La uzenda dimensio dependas de la kurboradiuso kaj de la pezo pometra de la relo.
En kurbaj traketapoj, se la kurboradiuso estas malpli ol 600 m-oj, oni devas elformi ankaŭ altigon de la balastrando sur la ekstera flanko de la trakkurbo. La altigon de la balastrando oni devas fari per 1:5 da kliniĝo al la supra surfaco de la ŝpalo.

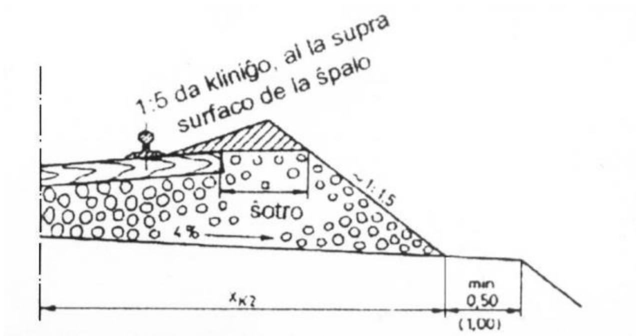

Fig. 6
Altigo de la balastrando

En etradiusaj, senbreĉe kunvelditaj trakoj krom la pliigo de la dimensioj de la balasto estas necese uzi ankaŭ ĉapankron por la ŝpaloj en la interna flanko de la trako. Oni devas munti ĉapankron, se

- la pometra pezo de la relo estas 48 kg-oj, kaj R = 399 – 360 m-oj sur ĉiun ŝpalon
- la pometra pezo de la relo estas 54 kg-oj, kaj
  - R = 499 – 450 m-oj sur ĉiun trian ŝpalon
  - R = 449 – 400 m-oj sur ĉiun duan ŝpalon
  - R = 399 – 360 m-oj sur ĉiun ŝpalon
- la pometra pezo de la relo estas 60 kg-oj kaj
  - R = 549 – 500 m-oj sur ĉiun trian ŝpalon
  - R = 499 – 400 m-oj sur ĉiun ŝpalon

La ĉapankrojn oni devas munti sur la ŝpalojn post la horizontala kaj vertikala ĝustigago de la trako sed antaŭ la kunveldado de la reloj.

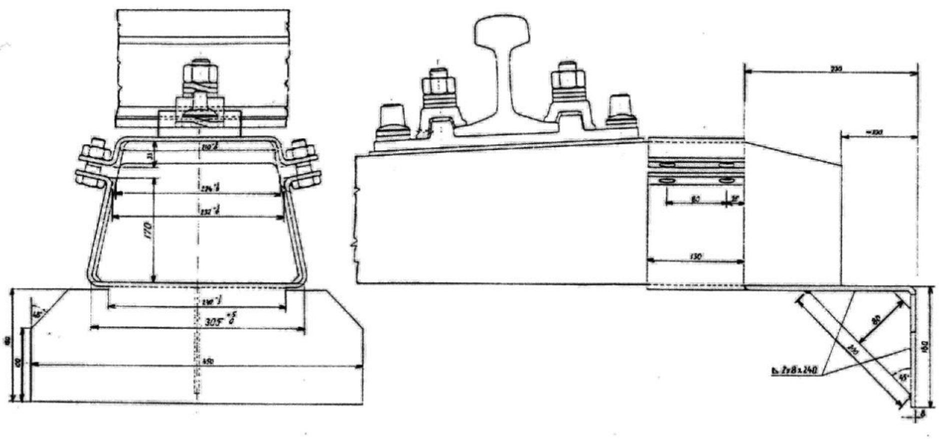

Fig. 7
Ĉapankro

5. La kompakteco de la balasto

Siajn taskojn la balasto povas plenumi nur tiuokaze, se ĝi estas sufiĉe kompakta. La trako kvazaŭ „naĝas” en la balasto, pri kio ni komprenas tion ke la trako ne estas fiksita al la balasto, sed pro la efikoj de la ŝarĝo ĝi povas delokiĝi laŭ horizontala direkto laŭ la grajna strukturo de la balasto simile, kiel la naĝanta korpo en la akvo.

Kontraŭ tiuj delokiĝoj la balasto estas parte elasta, parte viskoza, kiel la tre densaj likvaĵoj, do ĝi montras elastan-viskozan reziston.

La elastan komponanton donas la ŝtonstrukturo, la viskozan komponanton donas la internaj fortoj, funkciantaj inter la grajnoj de la balasto. La internaj fortoj devenas parte el la froto funkcianta inter la grajnoj, parte el la interkojnado de la grajnoj.
Des pli granda estas la rezisto de la ŝtonstrukturo kaj tiu de la internaj fortoj ju pli bone alkonformiĝas unu al la alia la unuopaj grajnoj de la balasto do, ju pli kompakta estas la balasto. La bezonata kompakteco de la balasto estas necesa kondiĉo de la stabileco de la trako.

El vidpunkto de la vertikala ŝarĝo estas tre grave, ke rezulte de la kompaktigado elformiĝu kompaktaj tn. balastotraboj sub la ŝpaloj. Ankaŭ tio estas grava ke sub ĉiu ŝpalo, eĉ sub ambaŭ reloj de sama ŝpalo estu laŭeble samfirmeca balastotrabo, kiu tuŝu tiun suban surfacon de la ŝpalo kiu transdonas la ŝarĝon al la balasto. La malsama kompakteco de la balastotraboj kaŭzas deformiĝon de la balasto, kion sekvas traksinkiĝo kaj inter la balasto kaj la suba surfaco de la ŝpalo elformiĝas interspaco. Ĉi tiu stato pliigas la malfavorajn efikojn de la ŝarĝo devenanta de la veturiloj, kiuj rapidigas la procezon de la trakdifektiĝo.

Similan problemon kaŭzas se pro la malperfektaĵoj de la trakĝustigado jam fine de la laboro troviĝas interspacoj inter la balasto kaj la suba surfaco de la ŝpalo.
Kaj la laŭlongan kaj transversan stabilecojn de la trako, kaj la firmecon de la subŝpalaj balastotraboj pliigas la taŭga kompaktigado de la interŝpala spaco kaj la trakbalasta ŝultro.
Bone karakterizas la kompaktecon de la balasto la koeficiento de balasto.

$$p = c \cdot y \rightarrow c = \frac{p}{y}$$

kie:

p: balastopremo (N/cm^2)
y: enpenetrado (cm)
c: koeficiento de subgrunda reakcio (N/cm^3)

„c” montras kiel proporcias la balastopremo kun la enpenetrado.

La proksima valoro de „c” estas:

por gruzo:	30 N/cm^3
por ŝotro:	80 N/cm^3
por kompaktigita ŝotro:	100 N/cm^3

6. Maŝinaj laboroj de la balasto

6,1 Balastebeniga- kaj disigatora maŝino

La balastebeniga- kaj disigatora maŝino estas memveturanta labormaŝino, funkcianta kiel fervoja veturilo, kiu formas la laŭnorman balastoprofilon. Ĝi faras samtempe aŭ unu post la alia plurspecajn laborfazojn.

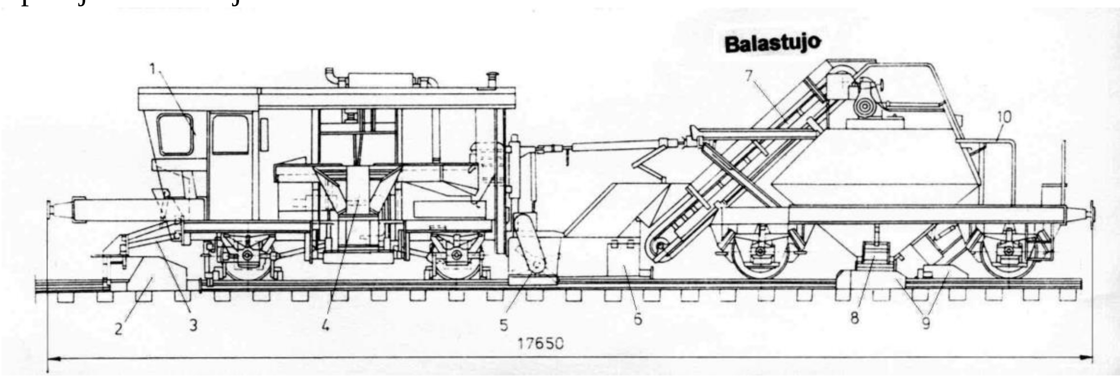

Fig. 8
Balastebeniga- kaj disigatora maŝino
1: kondukistokupeo; 2: frontsoko; 3: duopa artika tenilo; 4:flanka soko; 5:gumbalailo; 6: transversa transportbendo; 7: pleniga transportbendo; 8: krutkanalo; 9: ebenigiloj; 10: loko de manipulisto

Ili estas:

- Ebenigo de la balastodeklivo per flankaj sokoj
- Ebenigo de la balastokrono per fronta soko, kiu ŝovas la ŝotron en la interŝpalajn spacojn
- Balai per speciala gumbalaila mekanismo la superfluan ŝotron restintan sur la supra surfaco de la ŝpaloj
- La tielmaniere kolektitan ŝotron levi en ŝotrorezervujon de la maŝino, per helpo de transporta bendo
- Kompletigi la balaston per la kolektita materialo el la ŝotrorezervujo tra la krutkanalo
- Forigi la ŝotrogruojn restintajn en la spaco inter la relkapo kaj relpiedo per helpo de speciala balaila mekanismo.

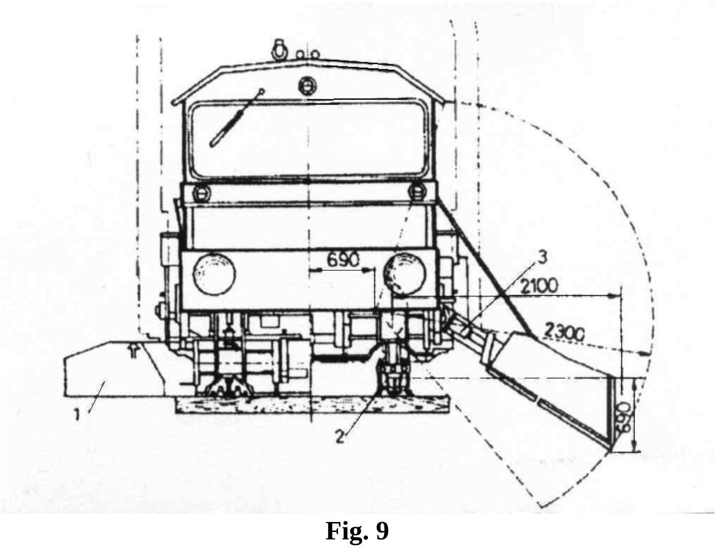

Fig. 9
Flanka soko
1: flanka soko; 2: gumbalailo por purigi la spacon inter la relkapo kaj relpiedo;
3: regulanta hidraŭlika cilindro

La diverstipaj maŝinoj havas la mekanismojn por la menciitaj taskoj, ili diferencas unu de alia nur laŭ elformiĝo de la unuopaj tipoj.

6,2 Kribromaŝino por balasto

La kribromaŝino estas uzata purigi la materialon de la balasto, apartigi la denove uzeblan ŝotron de la kribradrestaĵo. Depende de sia tipo la maŝino povas purigi la tutan kvanton aŭ iom parton da balasto.

La tipoj de la kribromaŝino estas:

- Kribromaŝino, kiu kribras nur la ŝultron de la balasto
- Raŭphava kribromaŝino, kiu kapablas kribri la sentrakan balaston.
- Surtraka kribromaŝino. Ĉi tiu tipo estas ĝenerale uzata.

Fig. 10
Surtraka kribromaŝino

La kribromaŝino de sub la trako per sia skrapĉeno forigas la kotan balaston, kiun per transportbendo ĝi transportas al la kribro-mekanismo. La kribro-mekanismo purigas kaj laŭ frakcio apartigas la ŝotron. La denove uzeblan parton ĝi remetas sub la trakon, la kribradrestaĵon ĝi transportas per transportbendo aŭ en vagonon, aŭ sur la talusdeklivon.

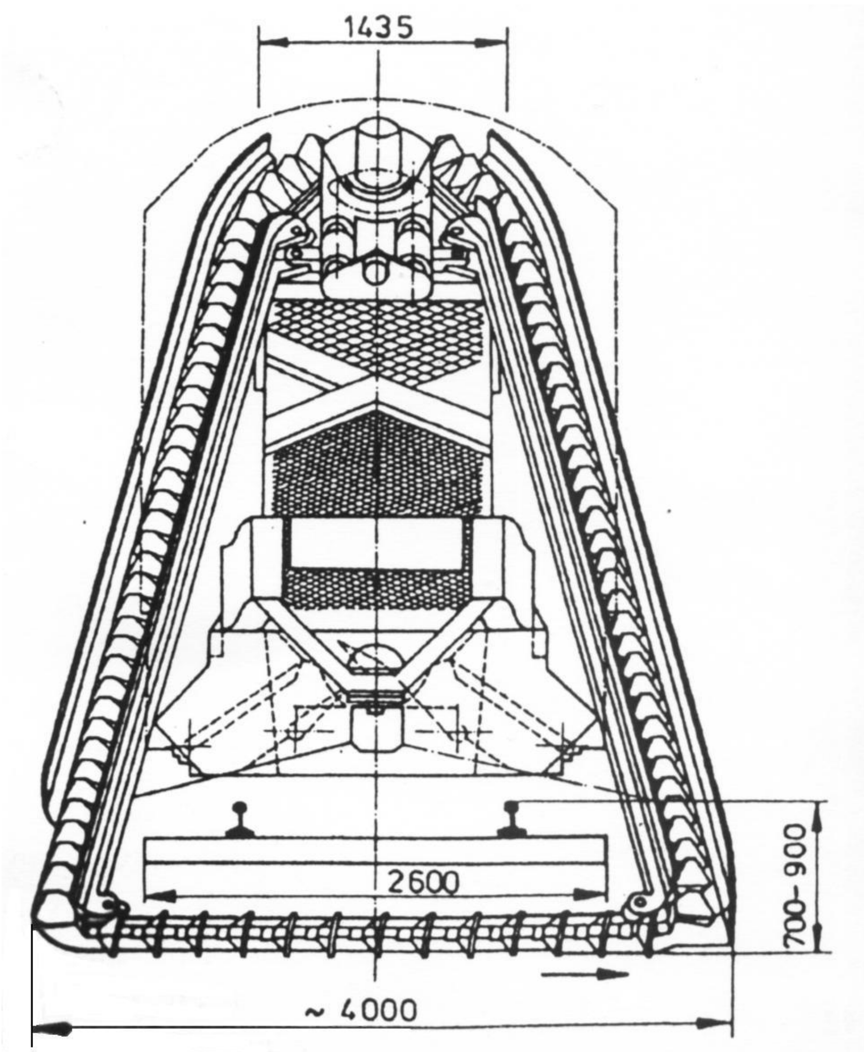

Fig. 11
Skrapĉeno

Ekzistas tipoj de la kribromaŝinoj, kiuj estas uzeblaj purigi ankaŭ la balaston de trakforkoj. Aliaj tipoj dum la kribrado kapablas konstrui subtavolon el gruzo, sub la purigitan, remetitan ŝotron. La povumo de la diverstipaj konataj kribromaŝinoj estas 50 – 600 m^3/h.

6,3 Balastkompaktiloj

6,31 Balastoŝtopmaŝino

La balastoŝtopmaŝino estas memveturanta labormaŝino, funkcianta kiel fervoja veturilo, kiu faras la balastoŝtopadon per martelecaj elementoj – ili estas ŝtopmarteloj - kies laborsurfaco estas ĉirkaŭ po 120x75 mm-oj. Ĉi tiuj elementoj formas parojn unu kontraŭ la alia. Ili enprofundiĝas la balaston, sub malsupran surfacon de la ŝpaloj, kaj tie ili faras kuntiran vibradan movon.

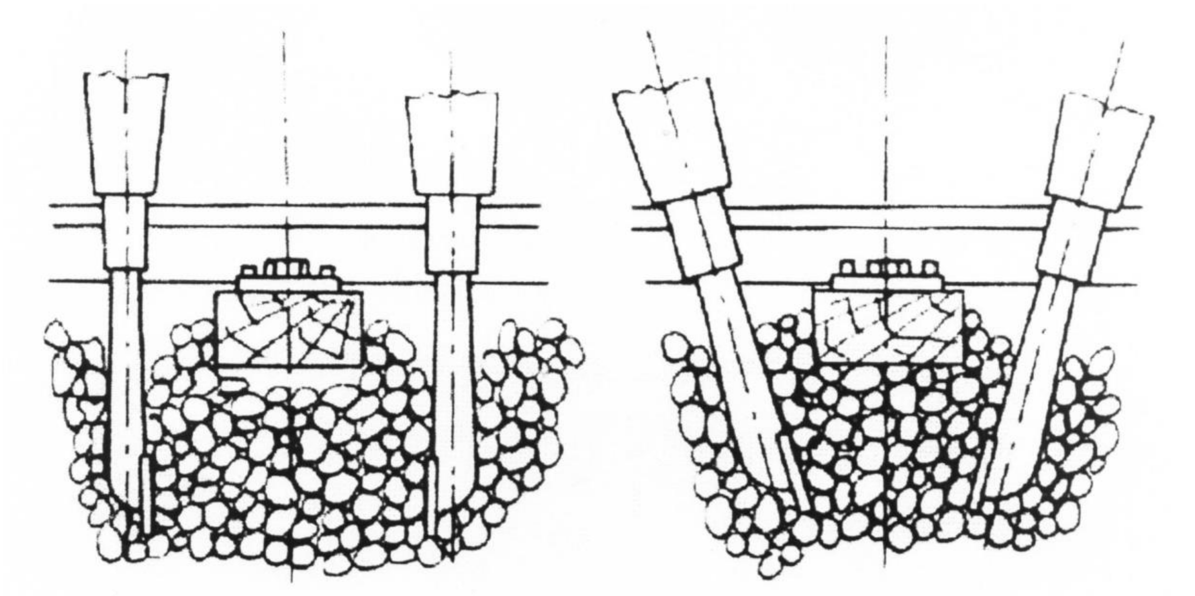

Fig. 12
Ŝtopmarteloj

Ŝtopadon de unu ŝpalo faras laŭ reloj po kvar, do entute ok ŝtopmarteloj, kiujn funkciigas laŭ reloj po unu ilarkesto.
La ciklo de la ŝtopado de la balasto sub unu ŝpalo konsistas el la sekvaj fazoj:

- Malsuprenigo de la ilarkesto
- Trakĝustigo kaj ŝtopado de la balasto sub la ŝpalo
- Levo de la ilarkesto
- Pluiro al la sekvanta ŝpalo.

Pliigi la povumon de la balastoŝtopmaŝinoj oni konstruis maŝinspecon kiu ŝtopas la balaston samtempe sub du ŝpaloj.

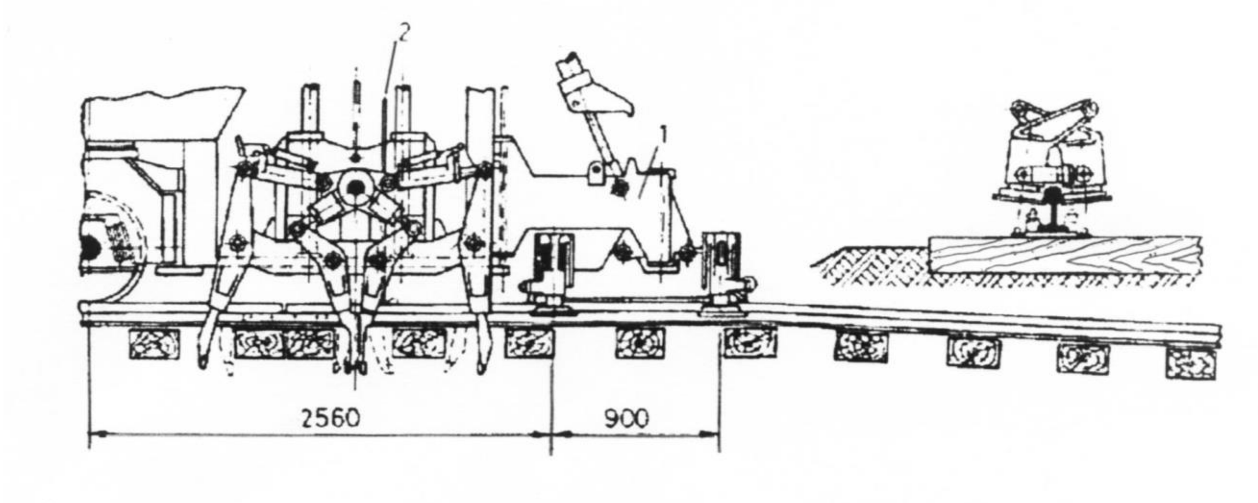

Fig. 13
Duobla ŝtopmaŝino

6,32 Permana balastoŝtopmaŝino

La maŝino apartenas al kategorio de la trakbontenadaj malgrandaj maŝinoj. Ĝi havas elektromotoron en fermita motorkesto, kiu ricevas la kurenton de movigebla generatoro. Sur akso de la motoro troviĝas ekscentriko, kiu vibrigas platon, kies nomo estas vibrigata plato. Al unu flanko de la motorkesto estas fiksita prenilo, al la alia flanko la vibrigata plato. La liberan finon de la vibrigata plato la traklaboristo enprofundigas en la balaston kaj movigas ĝin kvazaŭ li ŝovelus. Per la vibrado kaj movigo de la vibrigata plato li kompaktigas la balaston.

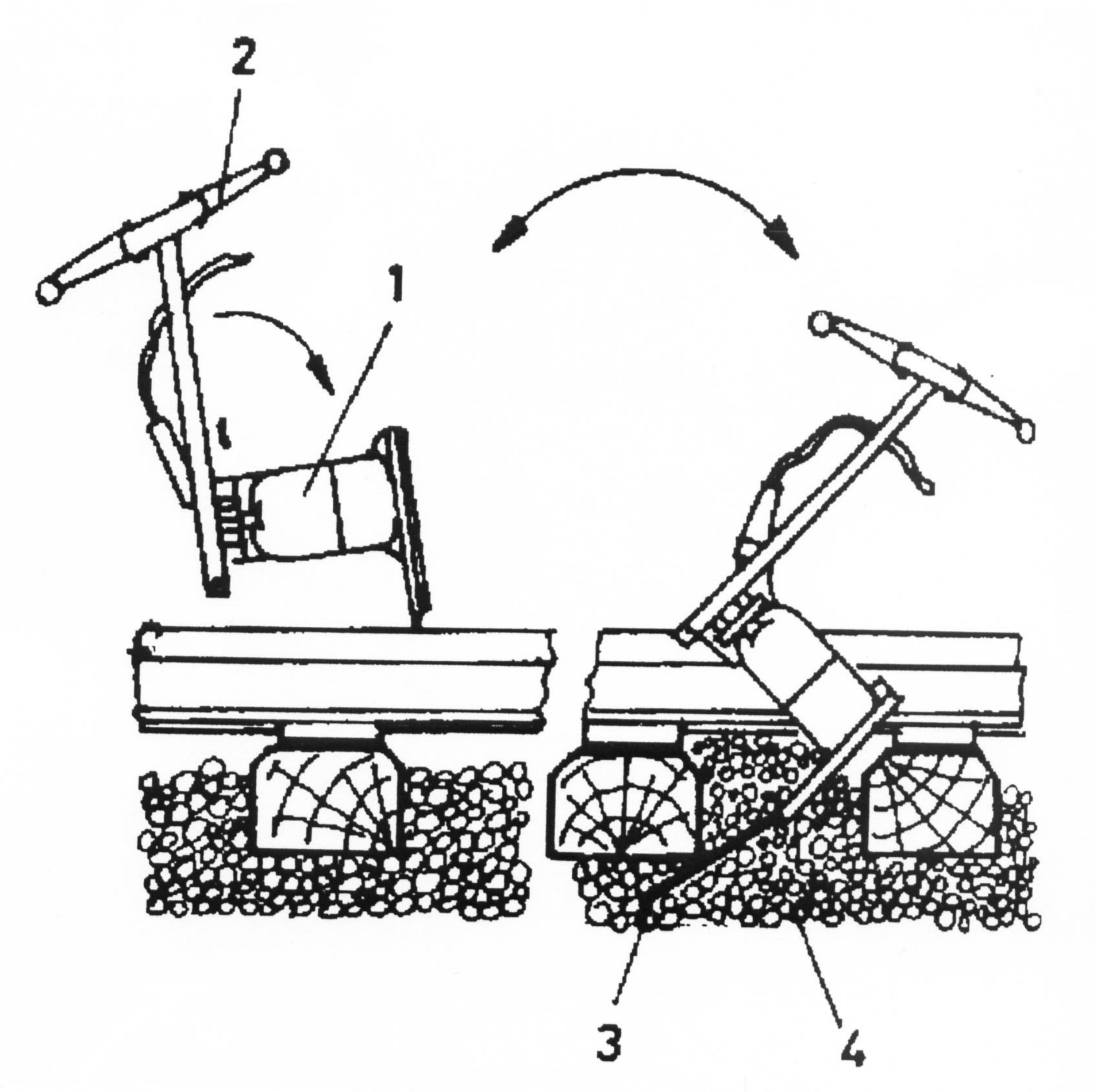

Fig. 14
Permana balastoŝtopmaŝino
1 motoro, 2 prenilo, 3 vibrigata plato, 4 kompaktiga kapo

6,33 Raŭphava kompaktiga vibratoro

La maŝino estas raŭphava traktoro sur kiun oni muntis kompaktigajan platojn.Ĉi tiu maŝino estas uzata okaze de fervojkonstruado kompaktigi la suban tavolon de la balasto antaŭ sternado de la trako. La kompaktigajn platojn movigas trapezoidrimena transmisio. Vibradojn kaŭzas ekscentrikoj, troviĝantaj sur la turniĝanta ŝafto de la movigmekanismo de la platoj. La kompaktigan efikon pliigas la aldona pezo de la kompaktigaj platoj. La efikon de la kompaktigado influas la antaŭenira rapido de la traktoro.

Fig. 15
Raŭphava kompaktiga vibratoro

6,34 Kompaktilo de la interŝpala spaco kaj la balastbordero

Kiel ĝia nomo montras la maŝino kompaktigas la interŝpalajn spacojn kaj la balastoborderon. Ĝi apartenas al la kategorio de la grandaj maŝinoj kaj ĝi estas memveturanta labormaŝino, funkcianta kiel fervoja veturilo. La maŝino havas du balanctrabojn kiuj portas la vibratorojn. Samtempe la maŝino kompaktigas du interŝpalajn spacojn kaj la balastoborderojn limantajn ilin. La balancotraboj portas po kvar vibratorojn. La balancotrabojn levas kaj mallevas hidraŭlikaj cilindroj kiuj premas la vibratorojn al la surfaco de la balasto. Ĉi tiu metodo pliigas la kompaktigan efikon, ĉar samtempe kun la vibrado funkcias ankaŭ premo al la balasto. Ankaŭ la platojn kompaktigantajn la balastoborderon levas kaj mallevas hidraŭlikaj cilindroj.

6,4 Senbalastiga maŝino

Ĝi estas memveturanta labormaŝino, funkcianta kiel fervoja veturilo, kies tasko estas forigi la balastmaterialon el la interŝpala spaco. La balastforigiloj estas platoj, kies randoj havas rezistecon kontraŭ triviĝo, ili estas muntitaj sur rigidan kadron. Per enprofundigo de la balasforigiloj estas regulebla la profundo de la senbalastigo. La balastforigilojn oni enprofundigas en la balaston per helpo de vibrado. La enprufundigitaj platoj ŝovas la balastmaterialon sur ambaŭ flankojn de la subkonstruaĵo. La balastforigiloj estas moveblaj aŭ per mekanika aŭ per hidraŭlika forto.

6,5 Maŝinserio por ĉesigi la lokajn trakdeformiĝojn

Por la trakbontenada servo dum longa tempo ne estis solvita la purigado de la balasto kaj trakĝustigado per maŝinoj en mallongaj traketapoj. La konataj kaj uzataj grandaj maŝinoj estas konvenaj nur por longaj traketapoj. Ili havas grandan povumon, krome ili estas tro multekostaj labori en kelkaj metroj da traketapo.
La lokaj trakdefomiĝoj aperas plej ofte en la ĉirkaŭaĵo de izoljuntoj kaj traknivelaj trapasejoj. En ĉi tiuj lokoj la balasto ofte ŝlimiĝas kaj la trako deformiĝas. Oni devas ĉesigi la menciitajn difektojn, ĉar sen enmiksiĝo, pro efikoj de la trafikantaj veturiloj ili aktivigas sin kaj kreskiĝas. Sen riparo de la trakstato post iom da tempo estus bezonata uzi rapideclimigon. La riparado per homa forto bezonas multe da traklaboristoj, kies laboro ne estas efika, kaj ne rezultas sufiĉe bonan kvaliton.
La manko-kompensajn maŝinojn nia fervojo akiris en la jaro 2000, laŭ kooperado kun iu Usona firmao. La projektojn kaj duonon de la maŝineroj liveris la Usona firmao, la alia duono de la maŝineroj kaj la muntado de la maŝinoj estis hejmlanda produkto.
La maŝinserio konsistas el du maŝinoj. Unu el ili estas balastforiga maŝino, la alia estas ŝtop- kaj niveladmaŝino. Ĉi tie temos nur pri la balastforiga maŝino.
La maŝino sen malmuntado de la trako forigas la balastmaterialon, kiun ĝi per ruliĝanta transportbendo transportas aŭ en vagonon, aŭ sur la talusdeklivon. La maŝino havas fos-radon, per kiu ĝi fosas lokon en la balastborderon por la skrapĉeno. Se ĉi tiu loko estas preta oni mallevas en ĝin la skrapĉenon. La skrapĉeno estas turnebla sub la trakon, de kie ĝi forigas la balastmaterialon en la fos-radon, kiu transdonas ĝin al la ruliĝanta transportbendo.
La maŝino estas duradaksa memveturanta labormaŝino, kiu havas tren/bufran ekipaĵon. Interesaĵo de la rulekipaĵo estas, ke la malantaŭa radakso estas movebla. Dum la laborperiodo la radaksdistanco estas je 2050 mm-oj malpli ol dum la veturperiodo. Tiel dum la laboro la ĉasion oni povas senŝarĝigi de la plusŝarĝo de la turnado de la skrapĉeno.

Fig. 16
Balastforiga maŝino por ĉesigi la lokajn trakdeformiĝojn

7. Mezurdona kalkulado de la fervoja balasto

Ekkoni la ŝarĝon de la fervoja balasto (ŝotro) estas malsimpla tasko. Oni ne povas paroli pri la memstara ŝarĝportkapablo de la balasto, kiu estus sendependa de la subkonstruaĵo, ĉar okaze de la balasto estas grava, unuavice la valoro de la premo transdonita al la supra surfaco de la subkonstruaĵo.
Ĉi tiu transdonita premo, - alinome balastopremo – estas la krita, kiun oni devas kontroli. La mezurdona kalkulado de la balasto estas tiu procedo, per kiu oni povas difini la necesan alton de la balasto.
Ni prezentas du metodojn uzatajn por tiu celo.

7,1 Metodo de *Schramm*, laŭ premdistribuo

Unue ni ekzamenu la econ de la balasto, interrilatan al la premdistribuo. La ekzameno povas esti nur proksimiga ĉar ni ne konas precize la distribuon de la premo, transdonita de la ŝpalo. Ni supozas, ke sub la rigida ŝpalo la distribuo de la bazpremo estas homogena. Tamen, la karaktero de la rezultoj kaj la konkludoj tiritaj el tiu supozo estas validaj ankaŭ okaze de alitipaj distribuoj de la bazpremo.
Sur la Fig. 17 ni anstataŭas la balaston per aro de idealaj globoj, nur ilustri la premdistribuon. La forto F' transdonita al la supraj kvar globoj, disiĝas inter ili samgrade, ili ricevas unuon da ŝarĝo. Ĉiu globo transdonas la duonon de sia ŝarĝo al la du globoj troviĝantaj sub si. Tiel formiĝas trapezforma aro en kies plej malsupra vico la ŝarĝo jam ne estas homogena, sed ĝi varias de 1/128 ĝis 112/128 laŭ la figuro. La kliniĝo de linio de la premdistribuo ĉi-okaze, ĉe la globoj estas: $\alpha=60^{o}$ ($\delta= 30^{o}$)

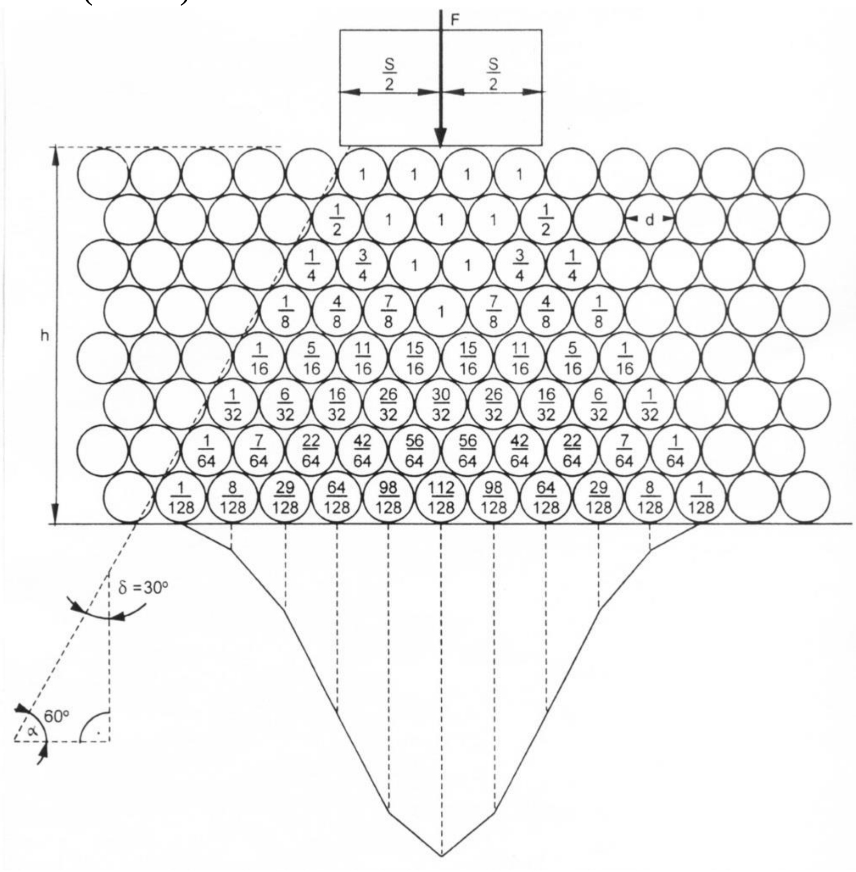

Fig. 17
La ideala okazo de la premdistribuo, ĉe aro de globoj

La kliniĝintan linion de la premdistribuo proksimume ni povas rigardi rekta, kies kliniĝo dependas de materialo de la balasto. La kliniĝo povas varii depende de la formo kaj malglateco de la grajnoj.
La linioj de la premdistribuo ekiras de la randoj de la ŝpalo al direktoj kliniĝintaj per gradoj δ da angulo. Se la alto de la balasto estas malpli ol la karakteriza dimensio de la sekcopunkto C $- \ h_1 = \frac{s}{2} \cdot ctg\ \delta\ -$ tiuokaze la bazpremo sub la ŝpalo ne malpliiĝas. [Fig. 18] Se la alto de la balasto estas pli granda ol h_1 la premo, transdonita al la supra surfaco de la subkonstruaĵo estas grave pli malgranda ol la bazpremo de la ŝpalo.

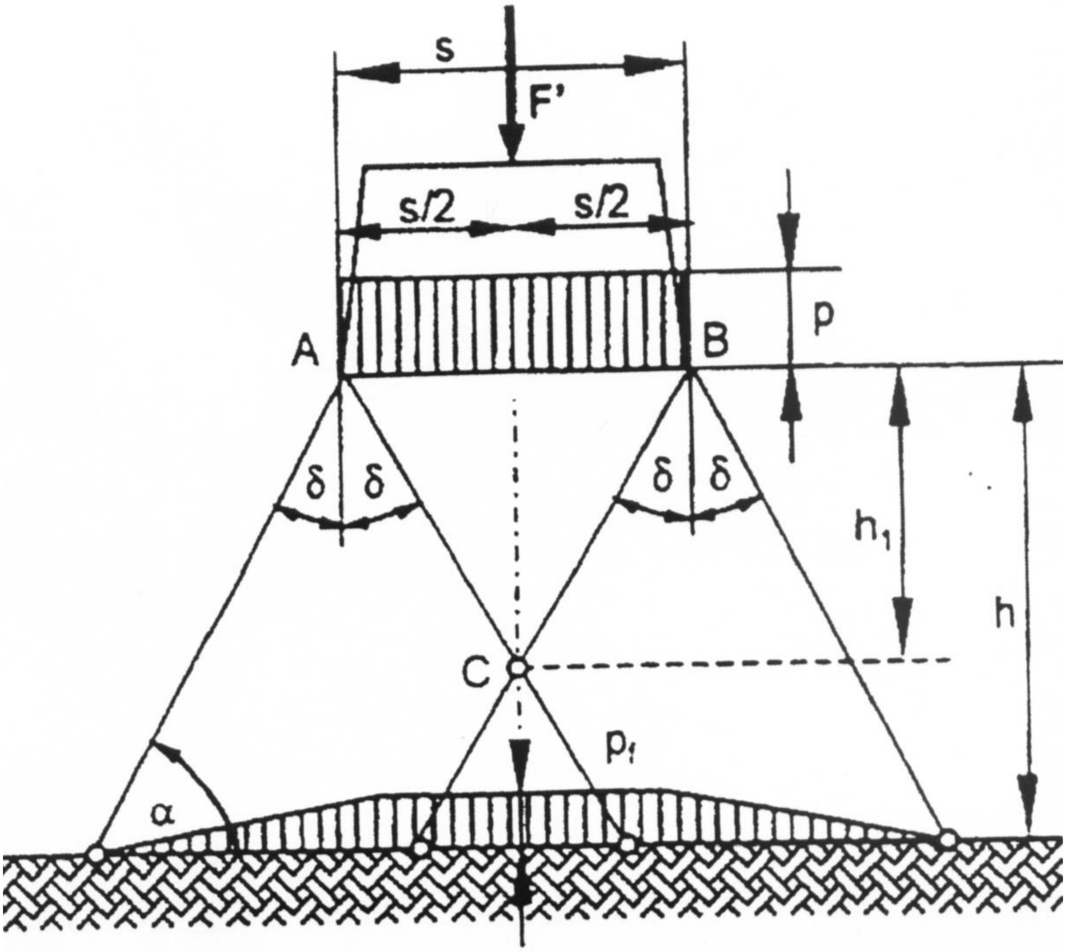

Fig. 18
Sekco de la proksimuma premdistribuo sub la rigida ŝpalo

Se ni deziras kalkuli la premon transdonitan al la subkonstruaĵo, ni devas rigardi la premdistribuon sub la tuta ŝpalo. La transdonita premo malpliiĝas ankaŭ laŭ longa direkto de la ŝpalo.
Sur ebeno de la subkonstruaĵo, je dimensio h sub la ŝpalo, la premo devas ekvilibri kun forto F' transdonita de la relpiedo al la ŝpalo. Sur la supra surfaco de la subkonstruaĵo, sur la granda ŝarĝporta areo DGD_1G_1 la premo lineare pliiĝas de la randoj al la mezo kaj ĝi estas konstanta nur sur la areo de ortogramo HIKL. Tie la valoro de la premo estas p_f, do, ni povas kalkuli per la meznombra premo $p_f/2$ tiel, ke la mezan ortogramon ni kalkulas duoble. [Fig. 19]

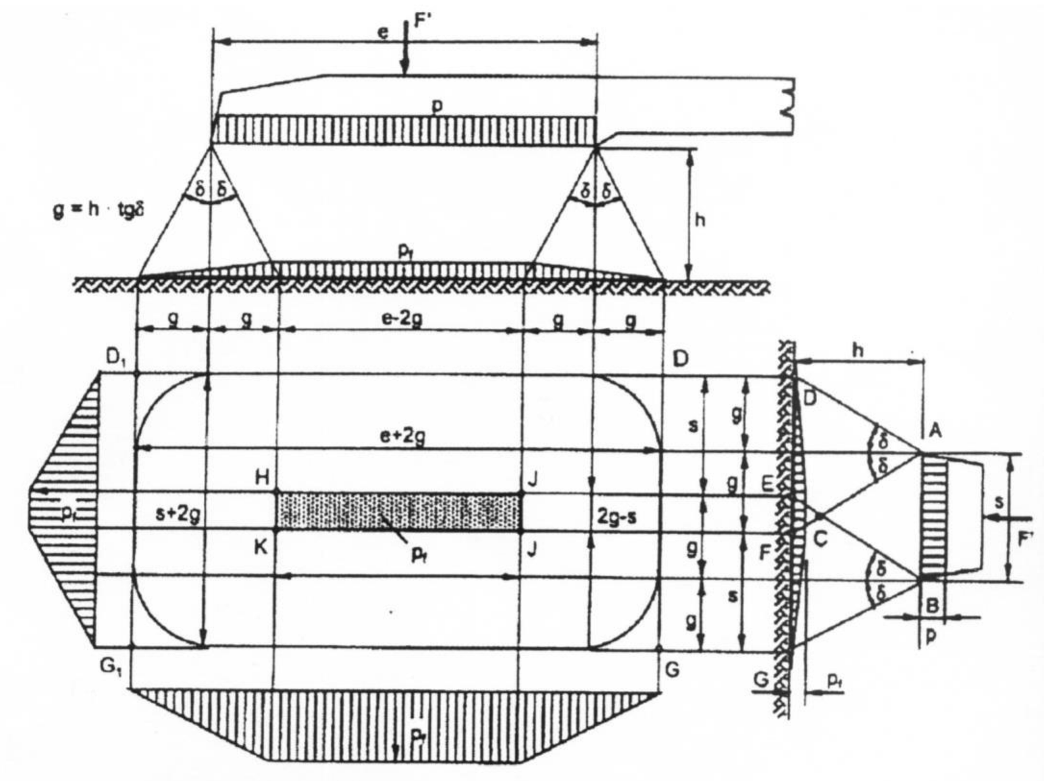

Fig. 19
Proksimuma premdistribuo sub la ŝpalo

La kondiĉo de la ekvilibro estas:

$$F' = \frac{p_f}{2} \cdot (2g + s) \cdot (e + 2g) + \frac{p_f}{2} \cdot (2g - s) \cdot (e - 2g) = p_f \cdot 2g \cdot (e + s)$$

La krita forto p_f [N/mm^2] efikanta al subkonstruaĵo estas, ĉar g = h tg δ

$$p_f = \frac{F'}{(e+s) \cdot 2h \cdot tg\delta} \quad \text{N/mm}^2$$

Ni povas esprimi la valoron de la balastopremo, efikanta al la subkonstruaĵo anstataŭ la relforto F', per la valoro de la bazpremo $p = \frac{F'}{e \cdot s}$ funkcianta sub la ŝpalo, kaj tiel:

$$p_f = p \frac{e \cdot s}{(e+s) \cdot 2h \cdot tg\delta} \quad \text{N/mm}^2$$

El vidpunkto de la balastopremo donas konsiderindajn rezultojn la komparo de lignoŝpaloj kaj armitaj betonŝpaloj. [Tab. 1]

La valoroj de la balastopremo

Tabelo 1

Nomoj			Lignoŝpalo	Armita betonŝpalo
Longo, m			2,60	2,40
e, mm			1100	850
s, mm			250	290
h, mm			v-150	v-150
Z, N			125000	125000
F, N			66500	73200
p, N/mm^2			0,24	0,3
p_f, N/mm^2	$\delta = 30°$	h=400 mm	0,17	0,24
		h=500 mm	0,12	0,16
		h=600 mm	0,09	0,13
		h=650 mm	0,08	0,12
	$\delta = 45°$	h=400 mm	0,1	0,14
		h=500 mm	0,07	0,1
		h=600 mm	0,05	0,08
		h=650 mm	0,05	0,07

Laŭ la tabelo la radaksa ŝarĝo estas 250 kN-oj, la pometra maso de la relo estas 48 kg-oj. Se la alto de la balasto estas 50 cm-oj la balastopremo ĉe lignoŝpaloj estas 0,07-0,12 N/mm^2 ĉe armita betonŝpalo estas 0,10-0,16 N/mm^2.

Pro la pli granda forto F', kaj pro la malpligranda areo transdonanta la ŝarĝon, la valoro de la balastopremo estas iom pli malfavora ĉe armita betonŝpalo.

Ni povas vidi, la balasto malperfekte disdonas la ŝarĝon, se ĝia alto estas 40 cm-oj. Se la subkonstruaĵo estas malbonkvalita, se la tero estas argila, eĉ se la alto de la balasto estas 50 cm-oj, la balastopremo povas kaŭzi enpenetradojn sur la supra surfaco de la subkonstruaĵo, en kiuj la akvo kolektiĝas kaj stagnas. La ŝarĝeblo de la malsekiĝinta terlaboraĵo malpliiĝas, kaj komenciĝas la procezo de la ruiniĝo.

Por malbonkvalitaj terlaboraĵoj estas konsilinde konstrui el gruzo subtavolon, kiu helpas la akvodefluigon, kaj pliigas la efikan alton de la balasto.
En bonkvalita balasto la kliniĝo de linio de la premditribuo povas esti 45⁰ kiu favore malpliigas la balastopremon.

La Fig. 20 montras la reciprokan efikon de la najbaraj ŝpaloj. La kvalito kaj alto de la balasto influas la valoron de la balastopremo.
La valoro de la balastoalto h_1 estas:

$$h_1 = \frac{k-s}{2 \cdot tg\delta}$$

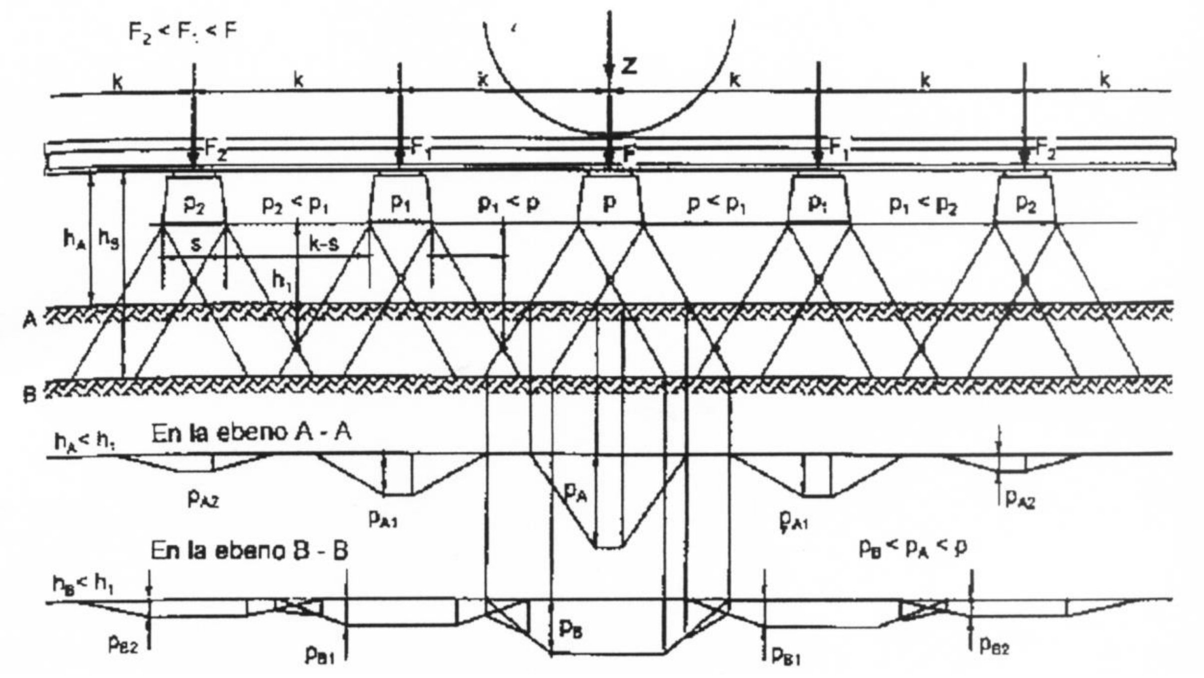

Fig. 20
La reciproka efiko de la najbaraj ŝpaloj

7,2 La metodo de *Boussinesq – Steinbrenner*

Por teoria determino de ŝarĝoj estiĝantaj en la fervoja subkonstruaĵo, oni povas uzi la kalkulmetodon devenantan el la streĉformuloj, prilaboritaj de *Steinbrenner* surbaze de teorio de *Boussinesq.*
Steinbrenner prilaboris la formulon koncernantan normalajn streĉojn, kiuj funkcias je distanco z sub kvarangula areo, kies lateroj estas a kaj b, kaj kiu portas ŝarĝon p.
Laŭ la formulo la normala streĉo sub angula punkto de la ortogramo estas:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi}\left[arctg \left\langle \frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2+b^2) - 2az(r-z)}{z \cdot (a^2+b^2) \cdot (r-z) - z \cdot (r-z)^2} \right\rangle\right] + \left[\frac{bz}{b^2+z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2+z^2)}{(a^2+z^2) \cdot r}\right] \quad \text{N/mm}^2$$

kie: $r^2 = a^2+b^2+z^2$

La uzado de la formulo, sur tereno de la fervojkonstruado estas eble laŭ la principo de kumulado de streĉoj. Tiel laŭ metodo de la Fig. 21 oni povas kalkuli la normalan streĉon en iu ajn punkto de la vertikaloj troviĝantaj kaj sub la ŝarĝita areo, kaj ekster ĝi.

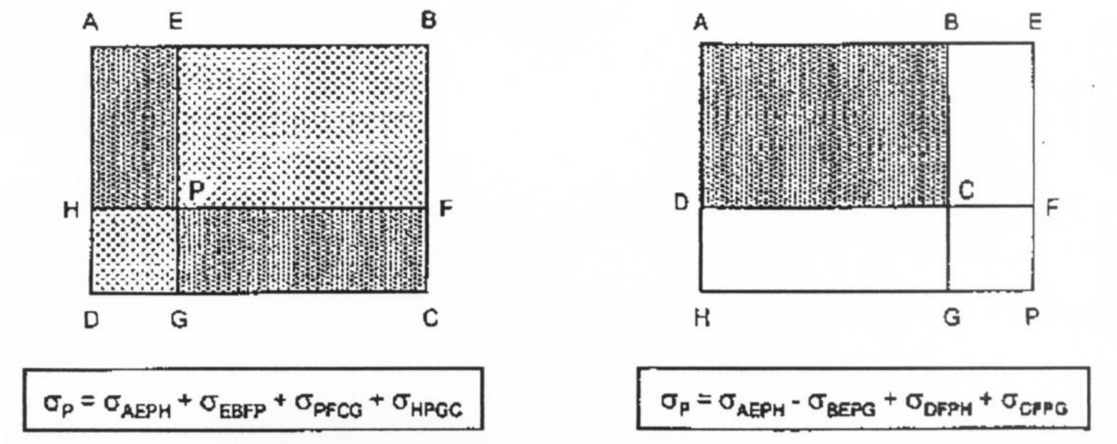

Fig 21
Principo de kumulado de streĉoj

La teorio deduktita por la homogena duonkampo estas uzebla post homogenigado de la multtavola strukturo.
Laŭ signado de la Fig. 22, de la horizontala ebeno de la ŝarĝo, la distancoj de la tavollimoj estas:
$z_1=h_1$; $z_2=h_1 + h_2$; $z_3= h_1+h_2+h_3$ [mm]

Konsiderante la elastecmodulon de la tero (E_4), ni povas kalkuli la anstataŭantajn tavolaltojn, kiuj rezultas saman rigidecon, kiel la originalaj tavoloj.

$$h_i^* = c_i \cdot h_i \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_4}} \qquad \text{[mm]} \qquad (i = 1; 2; 3)$$

La valoro de la ŝanĝo de la unuopaj tavoloj estas:

$$\propto_i = \frac{h_i^*}{h_i} \qquad (i = 1; 2; 3)$$

De la horizontala ebeno de la ŝarĝo, la distancoj de la "tavollimoj" de la homogenigita strukturo estas:

$$z_1^* = h_1\ ; \qquad z_2^* = h_1 + h_2\ ; \quad z_3^* = h_1 + h_2 + h_3 \qquad \text{[mm]}$$

La teoriaj distancoj de la ekzamenitaj punktoj de la duonkampo, kiuj estas uzeblaj por la formulo de *Boussinesq* estas:

se $z < z_1$
$z^* = \alpha_1 z$
se $z_1 < z < z_2$
$z^* = h_1^* + \alpha_2 (z - z_1)$
se $z_2 < z < z_3$
$z^* = h_1^* + h_2^* + \alpha_3 (z - z_2)$
se $z_3 < z$
$z^* = h_1^* + h_2^* + h_3^* + (z - z_3)$

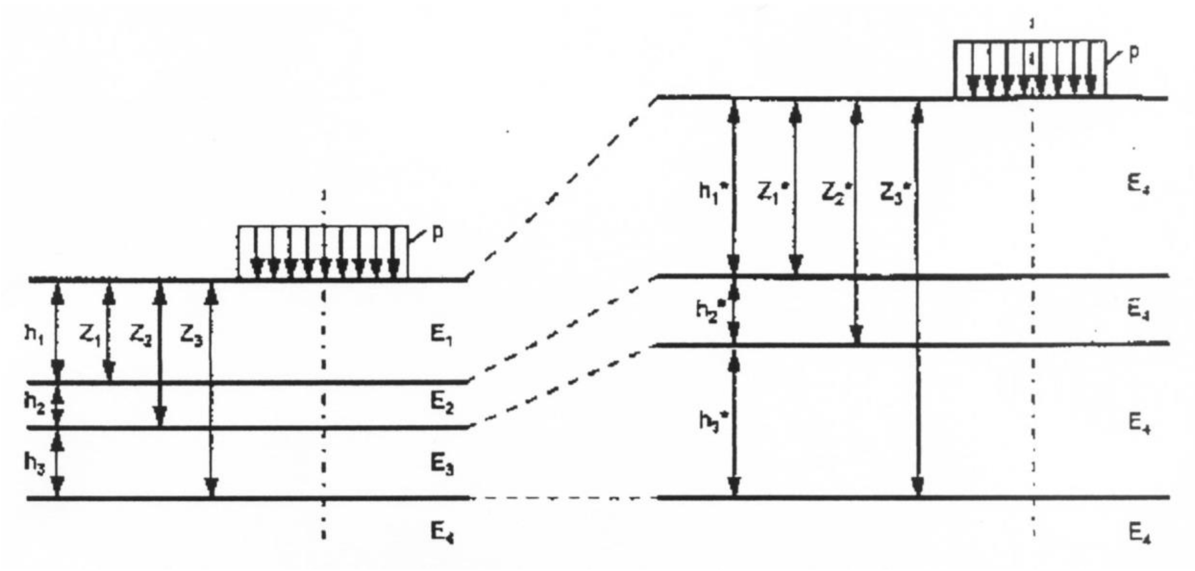

Fig. 22
Anstataŭanta strukturo, rezulte de la homogenigado de multtavola strukturo

La streĉoj transdonitaj de la ŝpalo al la balasto estas kalkuleblaj per helpo de la formulo:

$$p = \frac{1}{2Ls} \cdot \beta \cdot \sum Z\eta \qquad [\mathrm{N/mm^2}]$$

Kie: Z: porada ŝarĝo [N]
β: dinamika koeficiento, $(1 + t \cdot \bar{s})$
L: la rigida longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo [mm]
s: larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo [mm]
η: ordinato de la efikdiagramo

La determino de la streĉoj transdonitaj de la reloj, helpe de la procedo anstataŭanta laŭlonga ŝpalo, laŭ metodo de *Zimmermann* donas eblecon ekzameni la streĉostaton de la relvojo per la teorio de *Boussinesq*.

Ni devas montri, kiel oni povas kalkuli la komponantojn de ĉi-lasta formulo.
La rigida longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas kalkulebla per helpo de la formulo:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{s \cdot c}}$$

Kie: s: la larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo, kiu estas kalkulebla el la egalmezuraj ŝarĝotransdonaj surfacoj, pro la samaj balastopremoj. [mm]
E: koeficiento de elasteco de la relo [N/mm²]
I: inerco-momanto de la relo [mm⁴]
c: koeficiento de la balasto [N/mm³]

Laŭ Fig. 23:

$$2 \cdot a \cdot b = k \cdot s \qquad \text{el kiu:} \qquad s = \frac{2 \cdot a \cdot b}{k}$$

en la formulo a, b, k kaj s estas en mm-oj

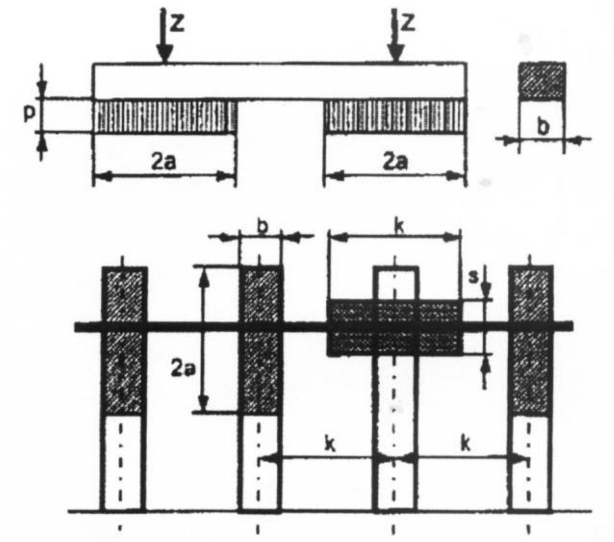

Fig. 23
Determino de la larĝa dimensio de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo

La rezultoj de eksperimentoj unusence pruvis, ke la mezvaloro de la mezuritaj kvantoj bone koincidas kun valoro kalkulita el teoria ŝarĝo, laŭ maniero de *Zimmermann.* Tiel la kalkulita valoro de la teoria ŝarĝo estas sole mezvaloro.
Oni devas specifi la kritan ŝarĝon laŭ probablo per metodoj de la matematika statistiko.
El la mezuroj la variancia devio de la mezvaloro depende de la rapido estas:

$\bar{s} = 0{,}1 \cdot \varphi$ se la surkonstruaĵo estas en tre bona stato
$\bar{s} = 0{,}2 \cdot \varphi$ se la surkonstruaĵo estas en bona stato
$\bar{s} = 0{,}3 \cdot \varphi$ se la surkonstruaĵo estas en malbona stato

kie: $\varphi = 1 + \frac{v_k - 60}{140}$ v_k = 60 … 200 km/h
$\varphi = 1$ se v_k = 60 km/h

Supozante la normalan delokiĝon de la mezuritaj kvantoj, ni povas ricevi la kritan ŝarĝon el la teoria ŝarĝo tiel, se ni obligas ĝin per la dinamika koeficiento $(1 + t \cdot \bar{s})$, kie valoro de t dependas de la preskribita probablo.

Se la preskribita probablo estas:	0,683	t = 1
	0,955	t = 2
	0,997	t = 3

Okaze de mezurdona kalkulado de la fervoja surkonstruaĵo ĝenerale estas uzenda la valoro t = 3.

8. Literaturo

Mérnöki Kézikönyv 4. kötet (Szerkesztõ: Dr. Palotás László)
Mûszaki Könyvkiadó Budapest 1990
MÁV: Vasúti felépítményi szerkezetek és anyagok (Szerzõ: Szamos Alfonz)
Közlekedési Dokumentációs Vállalat Budapest 1991
MÁV Rt: Vasútépítés és pályafenntartás (Sorozatszerkesztõ: Mezei István)
MÁV Rt Vezérigazgatóság Budapest 1999
Halmai Antal: Elkészült a lokális felépítmény hibaelhárító géplánc.
Sínek Világa 2001/1 szám.

9. Fakesprimoj

9,1 Magyar – Eszperantó

ágyazat eliszapolódása	ŝlimiĝo de la balasto
ágyazat ellenállás	balastrezisto
ágyazatcsere	ŝanĝo de la balasto
ágyazateloszto és rendező gép	balastebeniga kaj disigatora maŝino
ágyazati gerenda	balastotrabo
ágyazatnyomás	balastopremo
ágyazatkotrógép	senbalastiga maŝino
ágyazatszél	balastrando
ágyazatszél felpúpozása	altigo de la balastrando
ágyazatvastagság	balastalto
aktív nyomás	aktiva premo
aláverő gép	ŝtopmaŝino
aláverő kalapács	ŝtopmartelo
alépítménykorona	supra surfaco de la subkontruaĵo
aljköz és ágyazatszél tömörítő	kompaktilo de la interŝpala spaco kaj la balastbordero
aljvég	ŝpalekstremaĵo
alsó ágyazat	suba balastotavolo
benyomódás	enpenetrado
deformáció	deformiĝo
dinamikus tényező	dinamika koeficiento
egyengető	ebenigilo
elegysúly	trajnpezo
elmozdulás	delokiĝo
eloszlás	distribuiĝo
erőjáték	fortofunkciado
fagyállóság	frostrezisteco
fajlagos terhelés	specifa ŝarĝo
felső ágyazat	supera balastotavolo

homokos kavics	gruzo
hosszirányú stabilitás	laŭlonga stabileco
kaparólánc	skrapĉeno
kavics	rulŝtono
kézi aláverőgép (EVA)	permana balastoŝtopmaŝino
kopásvizsgálat	triviĝprova ekzameno
kőzet	petro
lánctalpas rázótömörítő	raŭphava kompaktiga vibratoro
nyomás eloszlás	premdistribuo
oldalirányú stabilitás	transversa stabileco
passzív nyomás	pasiva premo
réteghatár	tavollimo
rostaalj	kribradrestaĵo
salak	skorio
surlódási tényező	frotkoeficiento
surrantó	rapidfluejo
szemcse méret	granulmetrio
szerszámszekrény	ilarkesto
talajjavító réteg	subtavolo
túlnyúlás	transetendiĝo
vágány irányszabályozása	trakrektigo
vágányszabályozás	trakĝustigo
vágányszint szabályozása	traknivelado
vízelvezetés	akvodefluigo
vízfelvétel	akvosorbado
zúzottkő	ŝotro

9,2 Esperanto – Hungara

aktiva premo	aktív nyomás
akvodefluigo	vízelvezetés
akvosorbado	vízfelvétel
altigo de la balastrando	ágyazatszél felpúpozása
balastalto	ágyazatvastagság
balastebeniga kaj disigatora maŝino	ágyazateloszto és rendező gép
balastopremo	ágyazatnyomás
balastotrabo	ágyazati gerenda
balastrando	ágyazatszél
balastrezisto	ágyazat ellenállás
deformiĝo	deformáció
delokiĝo	elmozdulás
dinamika koeficiento	dinamikus tényező
distribuiĝo	eloszlás
ebenigilo	egyengető

enpenetrado	benyomódás
fortofunkciado	erőjáték
frostrezisteco	fagyállóság
frotkoeficiento	surlódási tényező
granulmetrio	szemcse méret
gruzo	homokos kavics
ilarkesto	szerszámszekrény
kompaktilo de la interŝpala spaco kaj la balastbordero	aljköz és ágyazatszél tömörítő
kribradrestaĵo	rostaalj
laŭlonga stabileco	hosszirányú stabilitás
pasiva premo	passzív nyomás
permana balastoŝtopmaŝino	kézi aláverőgép (EVA)
petro	kőzet
premdistribuo	nyomás eloszlás
rapidfluejo	surrantó
raŭphava kompaktiga vibratoro	lánctalpas rázótömörítő
rulŝtono	kavics
ŝanĝo de la balasto	ágyazatcsere
senbalastiga maŝino	ágyazatkotrógép
skorio	salak
skrapĉeno	kaparólánc
ŝlimiĝo de la balasto	ágyazat eliszapolódása
ŝotro	zúzottkő
ŝpalekstremaĵo	aljvég
specifa ŝarĝo	fajlagos terhelés
ŝtopmartelo	aláverő kalapács
ŝtopmaŝino	aláverő gép
suba balastotavolo	alsó ágyazat
subtavolo	talajjavító réteg
supera balastotavolo	felső ágyazat
supra surfaco de la subkontruaĵo	alépítménykorona
tavollimo	réteghatár
trajnpezo	elegysúly
trakĝustigo	vágányszabályozás
traknivelado	vágányszint szabályozása
trakrektigo	vágány irányszabályozása
transetendiĝo	túlnyúlás
transversa stabileco	oldalirányú stabilitás
triviĝprova ekzameno	kopásvizsgálat