

20-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA**,  
vykusios 2017 m. gegužės 12 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 20th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 12 May 2017, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 20-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 12 мая 2017 г., Вильнюс, Литва

## PREKINIŲ VAGONŲ GREIČIO VALDYMO SKIRSTOMAJAME KALNELYJE TYRIMAS

Dalia Butauskienė, Lionginas Liudvinavičius, Gediminas Vaičiūnas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geležinkelių transporto katedra

El. paštas: [dalia.butauskiene@stud.vgtu.lt](mailto:dalia.butauskiene@stud.vgtu.lt); [lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt](mailto:lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt); [gediminas.vaiciunas@vgtu.lt](mailto:gediminas.vaiciunas@vgtu.lt)

**Santrauka.** Straipsnyje išnagrinėta vagonų skirstymo patirtis Europoje, Amerikoje, Kinijoje Pateikta informacija apie vagonų skirstymo automatizavimo sistemas ir jų lygius. Išnagrinėtos vagonų skirstymo mikroprocesorinio valdymo sistemos. Ypatingas dėmesys skirtas nuotolinio valdymo sistemoms. Siekiant pagerinti Vaidotų vagonų skirstymo stoties darbo kokybę, išvengti avarių, vagonų daužymo ir kt. sudaryta kalnelio mikroprocesorinio valdymo struktūra, naudojant radijo ryšiu valdomą lokomotyvą.

**Reikšminiai žodžiai:** skirstymo kalnelis, atkaba, stabdikliai, stumtuvai, automatizavimo lygis, mikroprocesorinis valdymas, radijo ryšiu valdomas lokomotyvas.

### Įvadas

Sąstato išformavimas yra įgyvendinamas skirstymo kalnelio manevrinių lokomotyvų, kurie nutraukia sąstatą ant skirstymo kalnelio nuolydžio, atkabindami po vieną ar keletą vagonų, kurių tolimesnė kryptis yra vienoda, išformuoja atvežtą sąstatą suformuodami naujus. Vagonų greitis yra reguliuojamas stabdikliais, bei ratstabdžiais. AB „Lietuvos geležinkeliai“ turi tik vieną modernizuotą Vaidotų skirstymo stotį kurios padidintas automatizavimo lygis. Buvo sumontuota ir vagonų greičio, svorio ir gabaritų matavimo bei vėjo greičio ir krypties nustatymo įranga. Visą įrangą ir skirstymo kalnelį valdo „Siemens“ sukurta ir įdiegta mikroprocesorinė valdymo sistema „MSR32“, kuri pakeitė ankstesnę sistemą, veikusią reliatinės technologijos pagrindu.

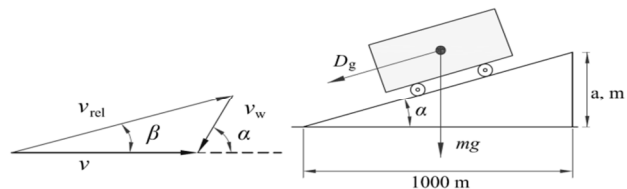
### Vagono judėjimo pasipriešinimo jėgos riedant nuo kalnelio

Riedančius vagonus veikiančios judėjimo pasipriešinimo jėgos pateiktos 1 pav. (Bureika 2002).

Riedmens traukos arba stabdymo jėga apskaičiuojama taip (Östlund 2011; Liudvinavičius *et al.* 2015).

$$F = m_a a + D, \quad (1)$$

čia:  $m_a$  – traukinio sąstato dinaminė masė, kai sąstatas traukiamas arba stabdomas;  $a$  – pagreitis  $m/s^2$ ;  $D$  – suminė judėjimo pasipriešinimo jėga.



1 pav. Riedančius vagonus veikiančios judėjimo pasipriešinimo jėgos

Riedmenų pasipriešinimo jėgos dedamoji. Riedmenų pasipriešinimo jėgos dedamoji apskaičiuojama:

$$D_r = m(c_1 + c_2 v), \quad (2)$$

čia:  $m$  – riedmens masė, kg; koeficientai:

$$c_1 = 0,01 - 0,02 \left( \frac{N}{kg} \right) \text{ ir } c_2 = 0,00015 - 0,0003 (s^{-1}).$$

Aerodinaminio pasipriešinimo jėgos dedamoji. Esant traukinio greičiui didesniau kaip 100 km/h aerodinaminio pasipriešinimo jėgos dedamoji ypač ženkli. Aerodinaminio pasipriešinimo dedamoji apskaičiuojama:

$$D_a = \frac{1}{2} \rho v_{rel}^2 A C_D(\beta), \quad (3)$$

čia:  $\rho$  – oro tankis  $1,3 \text{ kg/m}^3$ ;  $v_{rel}$  – reliatyvus (menamas) greitis (m/s);  $A$  – vagono priekio plotas ( $m^2$ );  $C_D(\beta)$  – aptakumo koeficientas – aerodinaminė pastovioji, priklausanti nuo oro srauto atakos kampo.

*Kelio kreivės pasipriešinimo jėgos dedamoji.* Kelio kreivės pasipriešinimo jėgos dedamoji apskaičiuojama:

$$D_k = m \frac{6,5}{r - 55}, \quad (4)$$

čia:  $m$  – traukinio masė, kg;  $r$  – kreivės spindulys, m.

*Kelio nuolydžio pasipriešinimo jėgos dedamoji.* Kelio nuolydžio jėgos dedamoji apskaičiuojama:

$$D_g = mg \sin \alpha = mg \cdot i = mg \frac{s}{1000}, \quad (5)$$

čia:  $g$  – laisvojo kritimo pagreitis,  $m/s^2$ ;  $s$  – nuokalnės kelias, m.

*Suminė pasipriešinimo judėjimui jėga.* Suminė pasipriešinimo judėjimui jėga apskaičiuojama:

$$D = D_r + D_a + D_k + D_g. \quad (6)$$

### Vagonų skirstymo procesas

Vagonų skirstymo procese – išformuojami ir suformuojami traukiniai. Kai manevravimas atliekamas postūmiais vagonui ar grupei vagonų pradinį greitį suteikia šilumvežis. Toks metodas yra efektyvesnis, bet mažiau saugus, nes vagonai yra laisvo judėjimo būklėje ir sustabdomi tik ratstabdžiais (Lingaitis *et al.* 2009).

### Skirstymo stočių parkai ir jų funkcijos

Traukinio sąstato išformavimas ir suformavimas pasaulio geležinkeliuose, naudojant vagonų sunkio jėgą, paplito suprojektavus specialios konstrukcijos stoties dalis. Šios dalys yra traukinių atvykimo parkas, skirstymo kalnelis, traukinių išvykimo parkas. Skirstymo stočių technologiniai procesai pateikti 2 pav.

Skirstymo stotys turi tenkinti specifinius reikalavimus. Šie reikalavimai yra: skirstymo efektyvumas, tylus stabdiklių ir iešmų pavarų veikimas, specialių taisyklių

taikymas, ribota prieiga prie skirstymo komplekso teritorijos ir kt. Dėl šios priežasties rūšiavimo stotys skiriasi viena nuo kitos: struktūra, automatizavimo lygiu, techninėmis priemonėmis ir įranga.

### Skirstymo stočių struktūrų variantai

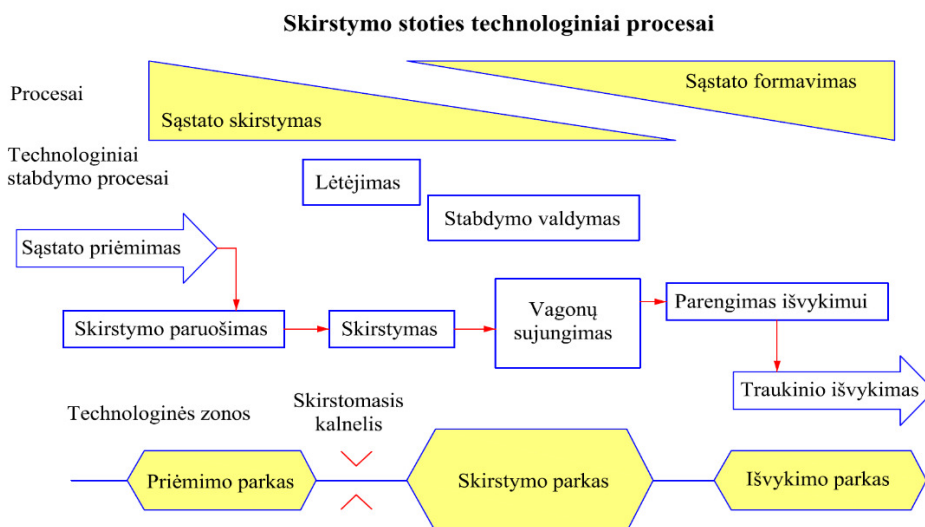
Skirstymo stočių struktūrų atrankos kriterijai pateikti 3 pav. Skirstymo kalnelio profilio aukščio skirtumas priklauso nuolydžių dydžių. Dažniausiai, vagonų skirstymui naudojama potencinė vagonų energija.

Skirstymo kalnelyje su ilgu nuolydžiu vagonai juda per visą stotį veikiami savo svorio. Tai leidžia skirstymo procesą organizuoti taip, kad lokomotyvas naudojamas tik vagonų stūmimui į kalną, vagonų skirstymui lokomotyvas nėra būtinas.

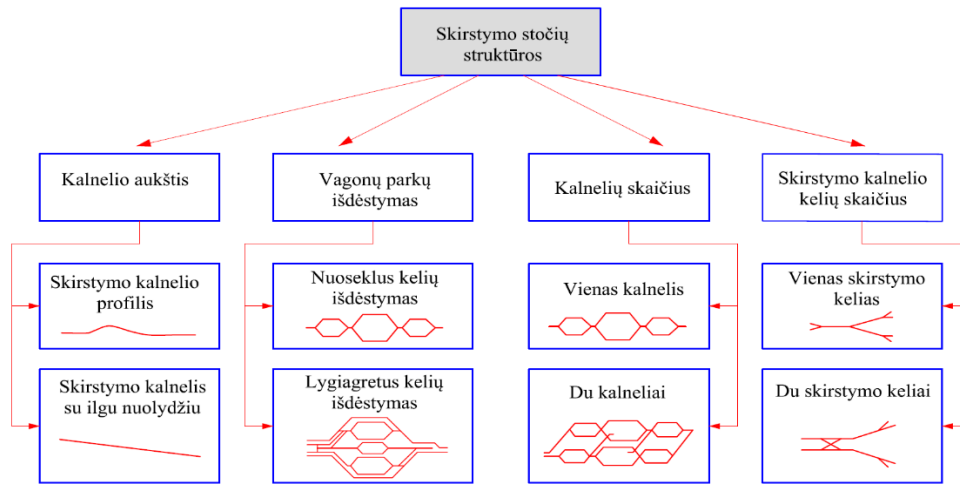
Pasaulio geležinkelių vagonų skirstymo skirtumai gali būti dėl kelių priežasčių: automatizuotų valdymo sistemų kūrimo tendencijų, teoriniu požiūriu ir kontrolės algoritmais metodikų skirtumais, kompiuterinių sistemų specifika, skirstymo kontrolės įrangos *techniniais sprendimais*.

### Skirstymo stočių automatizavimo lygiai

Technologijų pažanga lėmė naujos įrangos atsiradimą vagonų skirstymo procese (radio ryšys, stabdikliai, jutikliai, elektrinės iešmų pavaros) ir automatinės valdymo sistemose. (Calvert 1999). Pirmame automatizavimo lygyje buvo pakeisti rankiniai ratstabdžiai stabdikliais. Antrame automatizavimo lygyje stabdiklių ir iešmų valdymas vykdomas automatizuotu kalnelio įrenginių kompleksu. Norėdami pereiti į visišką vagonų skirstymo automatinį valdymą (trečią automatizavimo lygį) būtina: kalnelio automatizuotą valdymo sistemą apjungti su lokomotyvo valdymo sistema. Toks metodas taikomas Šiaurės Amerikoje ir pramonės įmonių geležinkelių transporto Europoje sistemoje.



2 pav. Skirstymo stočių technologiniai procesai (Theeg *et al.* 2009)



3 pav. Skirstymo stočių struktūros

### Vagonų skirstymo proceso automatinis valdymas

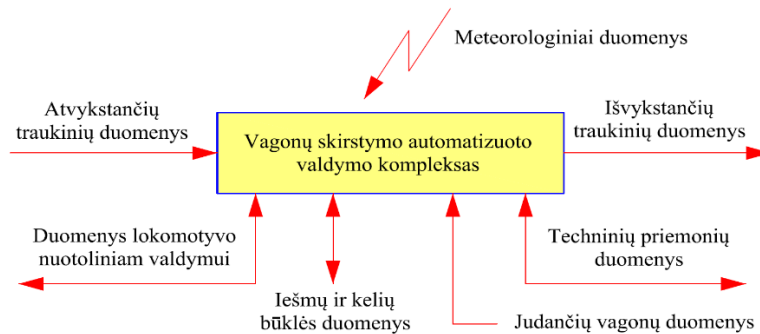
Judančių vagonų greičio keitimo techninėmis priemonėmis stotyse naudojami: stabdymui – stabdikliai, judėjimui – stūmimo prietaisai, (greitintuvai), judėjimo ribojimui – ratstabdžiai, vagonų užtvirtinimo įtaisai ir kliūtys. Duomenys vagonų skirstymo proceso valdymui tiekiami kompleksui pateikti 4 pav.

Vagonų skirstymo proceso valdymo duomenys: vagonų išdėstymas, atvykimo laikas ir kt., vagonų techniniai parametrai (svoris, plotis, aukštis, ašių skaičius), aplinkos sąlygos (vėjas, lietus, sniegas, oro temperatūra ir

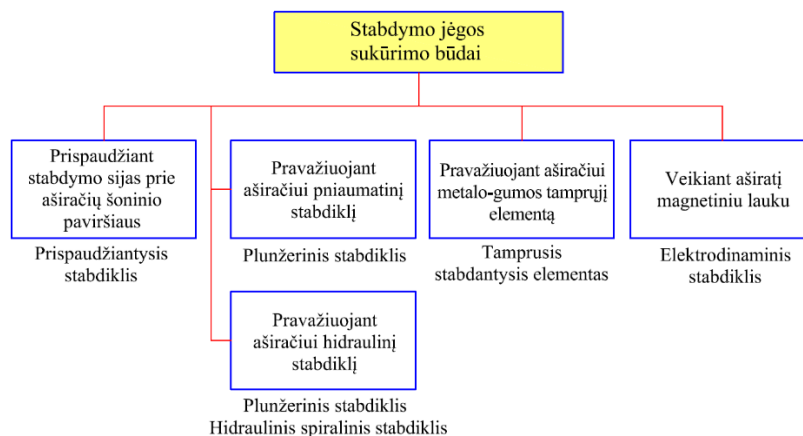
kt.), vagono judėjimo greitis, vagono vieta, iešmų padėtis (užimtumas), stabdiklių būklė (darbinė padėtis, užimta ar laisva), kelių būklė (užimta ar laisva) ir kt.

### Stabdymo jėgos sukūrimo būdai

Stabdikliai sukuria stabdymo jėgą, kuri veikia judančių vagonų ratus. Stabdymo jėga gali būti gaunama įvairiais būdais, tai leidžia pritaikyti stabdymo procesą individualiems skirstymo stoties reikalavimams (5 pav.). Todėl naudojamos įvairios jų struktūros, konstrukcijos.



4 pav. Duomenys vagonų skirstymo proceso valdymui



5 pav. Fizikiniai stabdymo principai ir stabdiklių tipai

Regionuose, kuriuose vyrauja nepalankios klimato sąlygos (pvz. Rusija, Šiaurės Kinijoje) vyrauja pneumatiniai stabdikliai.

*Sijiniai stabdikliai.* Jie susideda iš dviejų judančių sijų, sumontuotų ant vieno arba abiejų (6 pav.) bėgių. Sijinių stabdiklių stabdymo jėga reguliuojama elektros energija arba suslėgtu oru ar skysčiu. Elektrodinaminuose stabdikliuose naudojamas sukurinių srovių principas.



6 pav. Dvibėgis sijinis pneumatinis stabdiklis (Mannheim, Vokietija) (Theeg et al. 2009)

*Hidrauliniai spiraliniai stabdikliai.* Kai vagono rato antbriaunis susiduria su cilindro formos stabdiklio spiralės iškyša (7 pav.), stabdiklis atlieka vieną apsisukimą apie savo ašį. Kai vagono greitis viršiją nustatytą, stabdiklis užtikrina didžiausią stabdymo jėgą.



7 pav. Hidraulinis spiralinis stabdiklis (Košė, Slovakija, Košice, Slovakija)

*Plunžeriniai stabdikliai.* Plunžeriniai stabdikliai gali būti hidrauliniai ar pneumatiniai. Jų stabdymo efektas priklauso nuo vagonų ratų poveikio plunžeriui išdėstyto virš stūmoklio (8 pav.).

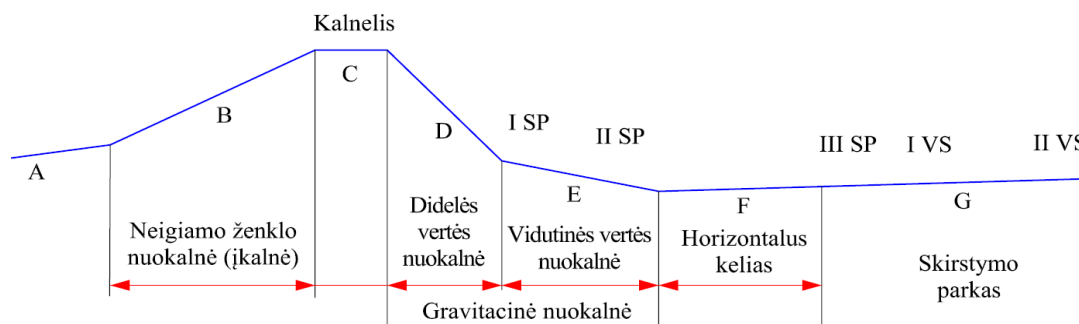


8 pav. Plunžeriniai stabdikliai (Charbinas, Kinija) (Theeg et al. 2009)

*Stabdiklių naudojimas.* Yra dvi pagrindinės vagonų stabdymo koncepcijos: nuolatinis greičio valdymas, grindžiamas plunžeriniais stabdikliais (naudojama Kinijoje) ir stabdymo poveikis stabdant, kad paskutinio vagonų greitis būtų toks, kad vagonas sustotų reikiamoje rūšiavimo parko vietoje, t. y. vagonų greitis būtų reguliuojamas priklausomai nuo atstumo tarp paskutinio stabdiklio ir sustojimo vietos. Europoje paprastai stabdikliai yra išdėstomi taip, kaip pateikta 10 pav. Pirmosios stabdymo pozicijos 1SP stabdikliai vadinami – rampos (angl. *ramp retarders*). Paprastai pirmosios stabdymo pozicijos 1SP stabdikliai – hidrauliniai dvibėgiai sijiniai stabdikliai. Antrosios stabdymo pozicijos 2SP stabdiklius vadina kalnelio, pagrindiniais (angl. *hump retarders, main retarders*).

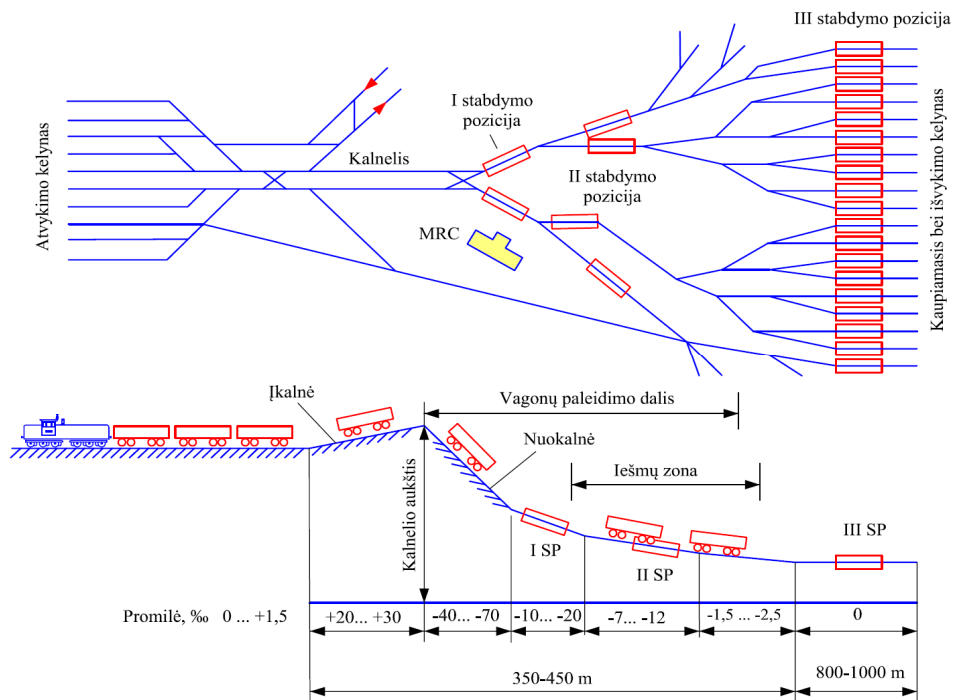
Jungtinėje Karalystėje jie vadinami karališkais (angl. *king retarders*), Šiaurės Amerikoje – sunkūs lėtikliai (angl. *master retarders*). Trečiosios stabdymo pozicijos stabdiklius 3SP vadina antriniais (angl. *secondary retarders*), Jungtinėje Karalystėje jie vadinami karališkais (angl. *queen retarders*), Šiaurės Amerikoje – grupiniais (angl. *group retarders*).

Nuokalnių, įkalnių proporcijų, stabdymo pozicijos tipinėse Rusijos vagonų skirstymo stotyse pavyzdys pateiktas 10 pav. SPIII stabdikliai skirti pristabdyti vagonus iki saugaus judėjimo greičio (Rusijoje jis yra lygus 5 km/h). Nuokalnių, įkalnių proporcijų, stabdymo pozicijos tipinėse Rusijos vagonų skirstymo stotyse pavyzdys pateiktas 10 pav.



9 pav. Stabdymo ir stumtuvų pozicijų išdėstymas naudojamas Vakarų Europos geležinkelių skirstymo stotyse: ISP-III SP – stabdymo pozicijos; IVS, IIVS – stumtuvų pozicijos





10 pav. Nuokalnių, įkalnių proporcijų, stabdymo pozicijos tipinėse Rusijos vagonų skirstymo stotyse pavyzdys

### Prekinių vagonų stumtuvai

Norėdami pašalinti tarpus tarp vagonų po vagonų skirstymo naudojami manevriniai lokomotyvai arba *judamieji įrenginiai (stumtuvai)*. Šie įrenginiai yra įrengti didelio pajėgumo Europos geležinkelių šiuolaikinėse skirstymo stotyse. Stumtuvai juda tarp bėgių automatiškai valdomi trosais (11 pav.). Stumtuvų naudojimas leidžia optimaliai naudoti skirstymo parko kelius ir pašalina būtinybę naudoti lokomotyvus (Theeg *et al.* 2009).



11 pav. Europos valstybių geležinkeliuose naudojamų vagonų stumtuvų nuotraukos (Miunchenas, Vokietija)

Vagonų stumtuvas įrengiamas kelio vėžės viduryje, ir valdomas lynais automatiškai. Jie nustumia vagonus prie jau kelyje stovinčių vagonų. Tokie stumtuvai naudojami Miuncheno (Vokietija), Ciuricho (Šveicarija), Roterdamo (Olandija) kalneliuose.

### Skirstymo stočių valdymo sistemos

*Pagrindinis valdymo tikslas – kontroliuoti vagonų judėjimą nuo kalnelio, stebėti vagonų judėjimą visoje trasoje, valdyti kalnelio lokomotyvą, valdyti vagonų greitį.* (Lingaitis *et al.* 2013). Pasaulio geležinkeliai naudoja skirtingas technines priemones.

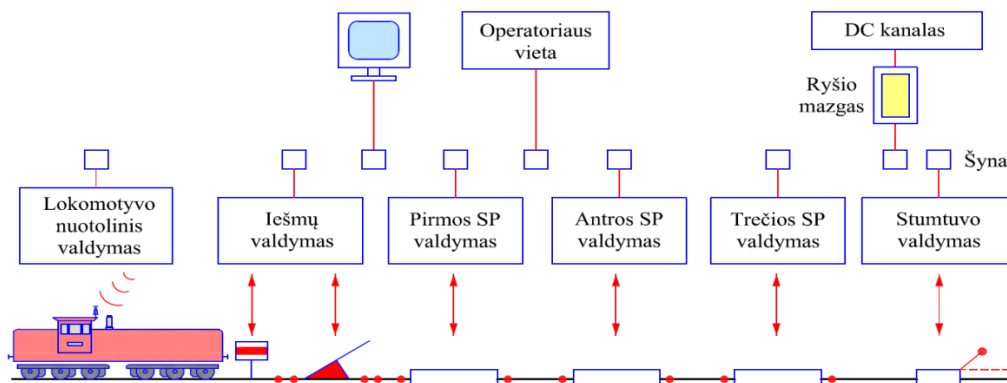
Vagonų skirstymo valdymo sistema, yra naudojamų optimalaus valdymo procesų elektroninių automatizuoto funkcijų daugybės kompleksas (Brian Frank 2006). Vagonų skirstymo valdymo sistemos yra dažnai papildomos diagnostikos sistemomis.

### Europos geležinkelių vagonų skirstymo sistemos

Naujų kalnelių mažo ir didelio pajėgumo įrengimui, modernizavimui firma Siemens sukūrė universalų vagonų rūšiavimo kompleksą *MSR 32*. Siemens sukurtą sistemą jau naudoja ir LG. Ji įdiegta Vaidotų stotyje. Kompanijos Siemens universalus vagonų rūšiavimo komplekso *MSR 32* struktūrinė schema pateikta 12 pav.

Sistemos komponentai yra: (13 pav.) kalnelio mikroprocesorinis kompleksas, jutikliai stebėti kelio užimtumui ir artėjančiam vagonui, Doplerio radaras vagono greičio matavimui, šviesos vartai – nustatyti atstumą tarp atkabų, svorio jutikliai, oro sąlygų (vėjo greičio ir krypties, oro temperatūra ir drėgmės) matavimo jutikliai, skirtingo greičio iešmų pavaros, skirtingų tipų stabdikliai ir stumtuvai.

Europoje, pilnas riedmenų automatinis identifikavimas, kaip Šiaurės Amerikos sistemose, netaikomas. Kita automatikos sistema naudojama Skandinavijos šalyse. Tai *AlisterCargo* sistema, sukurta kompanijos *Funkwerk* (Funkwerk 2008) ir pilnai sudaryta iš pramonės standartais pagamintų programuojamų valdiklių. Buvusioje Čekoslovakijoje (dabar Slovakija ir Čekija) sukurta automatizuota valdymo sistema *KOMPAS* pagal kompanijos *AŽD Praha* projektą. Ji sukurta tais pačiais principais, kaip *MSR 32* ir *AlisterCargo* sistemos. (Hajek 2006). Remiantis praktine *KOMPAS* sistemos patirtimi, bendrovė Privni Signalni sukūrė valdymo sistemą *MODEST MARSHAL* (Zarecky *et al.* 2008).



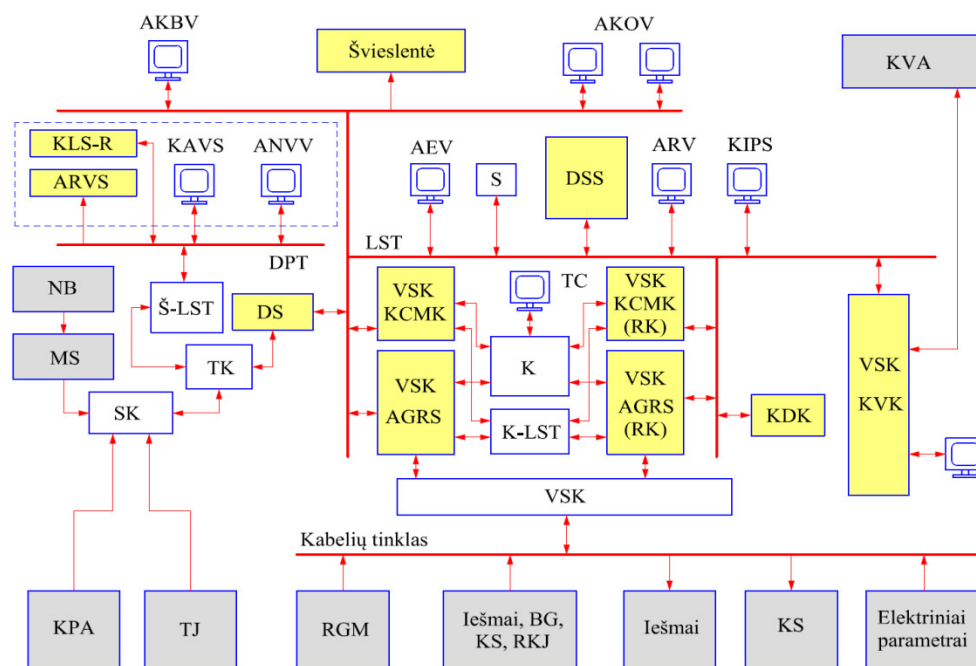
12 pav. Kompanijos Siemens universalus vagonų rūšiavimo kompleksą MSR 32 (Siemens, 2008) struktūrinė schema: SP – stabdymo pozicija

### Rusijos geležinkelių vagonų skirstymo sistemos

Rusijos Skirstymo stoties valdymo komplekso struktūrinė schema pateikta 13 pav. Kalnelio mikroprocesorinio valdymo KMK kompiuteris ir visos šiuolaikinės skirstymo stoties kontrolės sistemos komponentai yra su-

kurti pagal Rusijos nacionalinius reikalavimus ir standartus.

Sistema taip pat leidžia informaciją perduoti per Rusijos geležinkelių duomenų tinklą ir prieiti prie informacijos iš darbo vietų nuotoliniams vartotojams (Ivancenko *et al.* 2002; RFNIIAS 2008).



13 pav. Skirstymo stoties valdymo sistema Rusijoje (RFNIIAS 2008): KVA – kalnelio viršūnės aparatūra; AKBV – automatizuota kalnelio budėtojo darbo vieta; ARV – automatizuota remonto darbuotojo darbo vieta; ANVV – automatizuota nuotolinio valdymo darbuotojo darbo vieta; AEV – automatizuota elektromechaniko darbo vieta; AKOV – automatizuotos kalnelio operatorių darbo vietos; AGRS– automatinė vagonų greičio reguliavimo ir tikslaus stabdymo sistema; ARVS – automatizuota linijinių rajonų valdymo sistema; NB –nešiojamasis blokas; KLS-R – kalnelio lokomotyvų signalizacija su duomenų perdavimu radijo kanalu sistema; KCMK – kalnelio automatinė centralizacija su automatiniu maršrutų kaupimu; KS – kalnelio stabdikliai; KIPS – kalnelio informacinė-analitinė posistemė; K – komutatorius; K-LST – LST komutatorius; KVK – kalnelio viršūnės kontrolieris; KDK – kontrolės diagnostikos kompleksas; KPA – kelių pripildymo aparatūra; KAVS – kompleksinė kompresorinės automatizuota valdymo sistema; LST – lokalus skaičiavimo tinklas; MS – meteorologinė stotis; SK – informacinių kanalų signalų keitiklis; RK– rezervinis kompleksas; RGM – radiolokaciniai greičio matuokliai; RKJ – radiotechniniai kelio užimtumo jutikliai; BG – bėgių grandinės; DS – duomenų serveris; TK – tinklo komutatorius; S – spausdintuvas; DSS – duomenų papildymo ir saugojimo serveris; DPT – duomenų perdavimo tinklas; TJ – tenzometriniai svorio jutikliai; TC – technologinis kompiuteris; VSK – valdantysis skaičiavimo kompleksas; Š-LST – SK posistemė

### Kinijos geležinkelių vagonų skirstymo sistemos

Kinijos sisteminių tyrimų centras TDJ (*China TDJ system Research Centre, Harbine*) plėtoja įvairius greičio valdymo sistemų sprendimus, remiantis plunžeriniiais stabdikliais. Šios sistemos stabdymo vykdomas naudojant nuolatinę greičio kontrolę. Jų skiriamasis bruožas yra ypatingo profilio kalnelis (15 pav.) ir TDJ tipo vagonų greitintuvai, jei reikia gali padidinti vagonų greitį, Greitintuvai yra varomi suslėgtu oru. (TDJ 2008).

### Šiaurės Amerikos geležinkelių vagonų skirstymo sistemos

Šiaurės Amerikos skirstymo stotyse naudojamos įvairios automatinio valdymo sistemos, tame tarpe *Trainyard Tech PROYARD* ir *STAR NX*. Šios sistemos pasižymi vagonų automatinio identifikavimo sistema (įgyvendinta *STAR NX* sistemoje), naudojant žymeklius ir

stočių įrenginių valdymu radijo ryšio kanalu (Judge 2007).



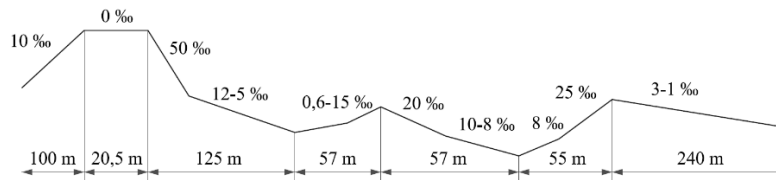
New Joules Engineering North America Inc.

An Argonne National Lab. Company

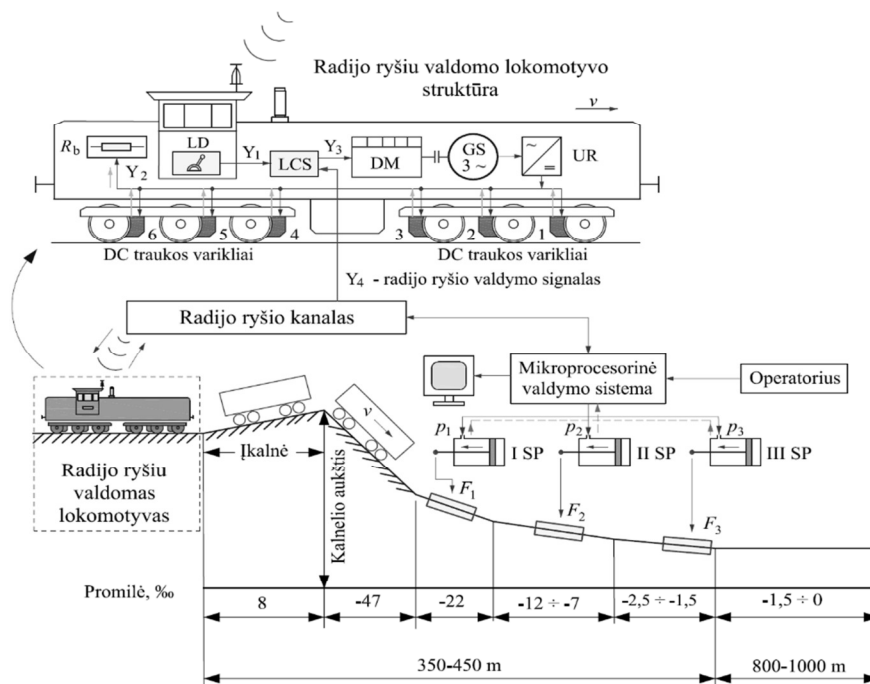
### JOULE SPEED CONTROL SYSTEMS FOR MARSHALLING YARDS



14 pav. Vagonų skirstymo greičio kontrolės sistema Šiaurės Amerikos geležinkeliuose



15 pav. Modernizuotos Shenzhen greičio kontrolės sistemos skirstymo stoties Kinijoje profiliai (Xu Zhengli 2003)



16 pav. Kalnelio mikroprocesorinio valdymo, naudojant radijo ryšiu valdomą lokomotyvą, struktūrinė schema:  $F_1, F_2, F_3$  – stabdiklių, veikiančių aširačius jėgos; 1SP – pirmoji stabdymo pozicija; 2SP – antroji stabdymo pozicija; 3SP – trečioji stabdymo pozicija;  $v$  – vagonų judėjimo greitis;  $p_1$  – pirmosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgis;  $p_2$  – antrosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgis;  $p_3$  – trečiosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgis; 1-3 – stabdymo jėgų  $F_1, F_2, F_3$  jutikliai; 4-6 – pirmosios 1SP, antrosios 2SP, trečiosios 3SP stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgio kontrolės jutikliai;  $\Delta P$  – vagono svorio signalas;  $\Delta n$  – ašių skaičiaus signalas;  $\Delta v$  – vagonų judėjimo greičio jutiklio – Doplerio radaro signalas;  $\Delta p_1$  – pirmosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgio signalas;  $\Delta p_2$  – antrosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgio signalas;  $\Delta p_3$  – trečiosios stabdymo pozicijos hidraulinių cilindrų slėgio signalas; DM – dyzelinis variklis; GS – sinchroninis traukos generatorius; UR – trifazis lygintuvai; LD – lokomotyvo valdiklis; LCS – lokomotyvo valdymo sistema;  $R_b$  – dinaminio stabdymo rezistorius; Y1-Y4 – valdymo signalai

## Tyrimo rezultatai

Atlikus Vaidotų vagonų skirstymo stoties darbo analizę nustatyta, kad vagonų pastūmos greitį nustato mašinistas vadovaudamasis savo patirtimi. Siekiant pagerinti Vaidotų vagonų skirstymo stoties darbo kokybę, išvengti avarių, vagonų daužymo ir kt. siūloma sudaryti kalnelio mikroprocesorinio valdymo struktūrą, naudojant radijo ryšiu valdomą lokomotyvą. Kalnelio lokomotyvo nuotolinio valdymo įrenginiai automatiškai valdys lokomotyvą, taip užtikrindami skirtingą atskirų atkabų pradinės pastūmos greitį (šiuo metu šią funkciją atlieka mašinistas).

## Išvados

1. Vaidotų vagonų skirstymo stoties darbo kokybė pagerės, bus išvengta avarių, vagonų daužymo ir kt. jeigu kalnelio mikroprocesorinio valdymo sistema bus papildyta radijo ryšiu valdomu lokomotyvu, bei kitais

eismo valdymo įrenginiais. Vagonų pastūmos greičio reguliavimas šiuo atveju bus automatizuotas. Esant didesnės masės atkabai pastūmos greitis bus mažesnis ir atvirkščiai.

2. Siekiant nustatyti reikiamą lokomotyvo pastūmos greitį, būtina vertinti, kad vagonų atkabos būna skirtingos masės, todėl ją būtina išmatuoti sumontuotais svorio jutikliais

3. Vagonų atkabai ar grupei būtina nustatyti vagonų atkabos ašių skaičių ašių skaitikliais.

4. Vagonų judėjimo greičio signalams gauti būtina naudoti vagonų judėjimo greičio jutiklį–radarą, veikiantį Doplerio efekto principu.

5. Pagal mikroprocesorinio valdymo sistemoje apdorotus signalus lokomotyvas bus valdomas, jeigu jam radijo ryšio kanalu iš mikroprocesorinio valdymo sistemos bus nusiųstas į LCS modulį valdymo signalas Y4. Baziniu lokomotyvu galėtų būti LG pagamintas šilumvežis TEM TMH.

## Literatūra

- Brian, Frank W. (May 1, 2006). *Railroad's Traffic Control Systems. Trains*.
- Bureika, G. 2002. *Rolling stock traction theory. Instructional book*. Riedmenų traukos teorija. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 98 p.
- Calvert, J. B. 1999. *Centralized Traffic Control*.
- Hajek, Z.: Zanzeni pro komplexni automatizaci spadovist' – seznameni s filozofii, 2. seminar *zeleznidiej zabezpeSovacej techniky. Vyhne*, 2006.
- <http://wvyw.funkwerk-it.com>, 2008.
- Ivancenko, V.; Kovalev, S.; Sabel'nikov, A. *New Information Technologies: Control System for Automation of Braking-up - Forming Trains Process*. Rostov-on-Don. 2002.
- Judge, T. 2007. *Yard management gets smarter*. In: *Railway Age*, November 2007.
- Lingaitis, L. P.; Liudvinavičius, L.; Butkevicius, J.; Podagėlis, I.; Sakalauskas, K.; Vaičiūnas, G.; Bureika, G.; Gailienė, I.; Petrenko, V.; Subačius, R. *Railways. A General Course: A text book*. Geležinkeliai. Bendrasis kursas: vadovėlis. Vilnius: Technika. 2009. ISBN 978-9955-28-399-7. 278 p.
- Lingaitis, L. P.; Vaičiūnas, G.; Liudvinavičius, L.; Jevdomacha G. 2013. Methods of calculation line optimum travel of trains with consideration of longitudinal dynamic efforts, *Transport problems* 8(2): 25–34. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej ISSN 1896-0596.
- Liudvinavičius, L.; Daildyka, S.; Vaičiūnas, G. 2015. *Traukos energetinės sistemos ir jų valdymas*. Vadovėlis. Vilnius: Technika. ISBN 978-609-457-791-8. 616 p.
- RFNIIAS. Available from Internet: <<http://www.rfniias.ru>>. 2008.
- Stefan Östlund. 2011. *Electric Railway traction*. KTH, Stockholm, Sweden.
- TDJ. Available from Internet: <<http://www.chinamet.com>>. 2008.
- Theeg, G.; Vlasenko, S. (eds.). 2009. *Railway Signalling & Interlocking – International Compendium*. Eurailpress. 448 p.
- Thompson, K. 2006. AEI data tags and readers, *TRAINS Magazine*. Available from Internet: <[www.trains.com](http://www.trains.com)>. Retrieved 2016-04-18.
- Welty, Gus. (March 1991). *Mandatory AEI tagging*. *Railway Age*.
- Xu, Zhengli. 2003. The Application of the Controllable Retarders and the Boosters for the Speed Control in Marshalling Yard. *Conference ZEL 2003, Zilina*.