

Inž. Josef V a n í č e k , VÚHU :

BRZDICÍ VÁHY VOZIDEL POUŽÍVANÝCH V ELEKTRIFIKOVANÉ DOPRAVĚ

POVRCHOVÝCH HNĚDOUHELNÝCH DOLŮ

(Měření zábrzdných drah a stanovení brzdících vah)

Na základě požadavků obou oborových ředitelství hnědouhelných dolů i BPT, byl zařazen ministerstvem paliv v roce 1964 do plánu VÚHU resortní úkol č. 2 " Silové poměry u vlakové dopravy při různých režimech " a jako bod 4 tohoto úkolu - " Měření zábrzdných drah a stanovení brzdících vah vozidel elektrifikované dopravy rozchodu 900 mm a 1 435 mm.

Požadavek na náš ústav byl vznesen z toho důvodu, že Výzkumný ústav dopravní v Praze pro naléhavost svých vlastních úkolů nemá možnost se problémům kolejové dopravy na povrchových hnědouhelných dolech věnovat, že nejsou známy brzdící váhy používaných vozidel, nejsou známy adhezni koeficienty, jízdní odpory vozidel, ani skutečné tažné síly lokomotiv. Tyto skutečnosti vedou často k provozním těžkostem a nedávají možnost ekonomicky navrhovat účelný dopravní park. Rovněž nás žádaly některé provozy o posudky možnosti účinného brzdění souprav pro jízdy na různých klesáních.

Účelem bodu 4 tohoto resortního úkolu je zjistit brzdící váhy vozidel elektrifikované kolejové dopravy, a tím umožnit výpočet brzdících procent souprav a stanovit v provozních řádech potřebný počet brzděných vozidel v soupravách i maximální pojízďeční rychlosti souprav na jednotlivých úsecích trati. Zvýší se tím bezpečnost dopravního provozu, jejíž zajištění je jedním ze základních předpokladů pro plynulé plnění plánu těžby.

Pro provoz důlních drah platí " Dopravní předpisy pro důlní dráhy povrchových hnědouhelných dolů " (D - D2) a " Pravidla technického provozu pro důlní dráhy povrchových hnědouhelných dolů " (PTP - D) a v nich některé paragrafy a odstavce určují požadavky na brzdy, vybavení souprav brzdami, brzdové výpočty i použití brzd. Pro řešení úkolu jsou z nich důležité zejména tyto :

D - D 2 : § 18, odst. 10 c - Ve vlaku musí být potřebný počet způsobilých brzd, aby vlak byl dostatečně brzděn a brzdová zařízení musí být správně nastavena.

- § 22 - Při výpočtu brzdění se elektrodynamická brzda neuvažuje.
- § 23, odst. 1 - Průběžné brzdy tlakové se uvádějí v činnost z jednoho místa, zpravidla ze stanoviště strojvedoucího na všech obrzděných vozidlech. K průběžnému brzdění vlaků se používá samočinné tlakové brzdy, u níž při přetržení vlaku se samočinně uvedou všechny průběžné brzdy v činnost.
- § 23, odst. 2 - K rychlému zabrzdění samotné lokomotivy může být na lokomotivě ještě brzda přídavná.
- § 23, odst. 8 - U vozů řady LH a T je povoleno ponechat přestavovač sítě v poloze " ložený " i tehdy, jde-li o vůz prázdný.
- § 23, odst. 9 - Na dálnicích drahách se používá jen provozního brzdění.
- § 25, odst. 1 - Vlak je dostatečně brzděn, kryje-li jeho skutečná brzdící váha potřebnou brzdící váhu nebo je-li větší. Ve vlaku musí být proto tolik způsobilých brzd, aby vlak byl podle sklonových poměrů a rychlosti brzděn aspoň nejmenšími brzdícími procenty určenými provozním řádem.
- § 25, odst. 3 - Brzdící procenta pro zábrzdňovou vzdálenost 150 m, odstupňovaná podle rychlosti, jsou pro vlaky předepsána v tabulce brzdících procent (viz tabulka 1).
- § 25, odst. 4 - Zábrzdňová vzdálenost je vzdálenost, kterou vlak potřebuje při určité rychlosti a obrždění k zastavení po úplném zabrzdění.
- § 25, odst. 7 - Skutečná brzdící váha je součet brzdících vah všech vozidel ve vlaku se zapnutými (obsluhovanými) a správně účinkujícími brzdami.
- § 25, odst. 8 - Nejsou-li brzdící váhy na vozidlech napsány a nejsou-li známy z podrobného průzkumu brzdění, určí se takto : U lokomotiv a velko-prostorových vozů se vypočtou minimální brzdící váhy z přítlaku brzd - ných zdří podle údajů dokumentace vozidla.
- § 34, odst. 1 - Největší dovolené rychlosti, které nesmějí být překročeny, jsou : a/ u vlaků tažených 30 km . h⁻¹
b/ u vlaků sunutých 25 km . h⁻¹.
- § 34, odst. 2 - V provozním řádu se určí pro jednotlivé traťové úseky největší jízdní rychlosti podle traťových poměrů a s ohledem na brzdění.

PTP-D : § 29, odst. 3 - Nově stavěné lokomotivy musí mít kromě ruční brzdy ještě brzdu působící na hnací kola lokomotivy, kterou lze uvést v činnost zároveň s průběžnou brzdou tlakovou pro soupravu.

§ 29, odst. 4 - Průběžná brzda musí být stále udržována ve stavu schopném provozu a musí samočinně účinkovat při náhlém poklesu tlaku v brzdovém potrubí o půl atmosféry.

§ 38, odst. 1 - Zásadně je nutno brzdit vlaky průběžně samočinnou tlakovou brzdou.

Z toho důvodu jsme se při řešení úkolu zabývali jen průběžnou samočinnou brzdou.

Podle vyhlášky Mezinárodní železniční unie (UIC) č. 544 počítá se brzdící váha pro nákladní vůz ze vzorce :

$$B_N = P \cdot n \cdot \frac{10}{7} \cdot \gamma,$$

kde B_N = brzdící váha pro pomalé plnění brzdového válce (20 - 30 s)
označovaná N neb II kp,

P = přítlak jedné zdrže měřený za jízdy kp,

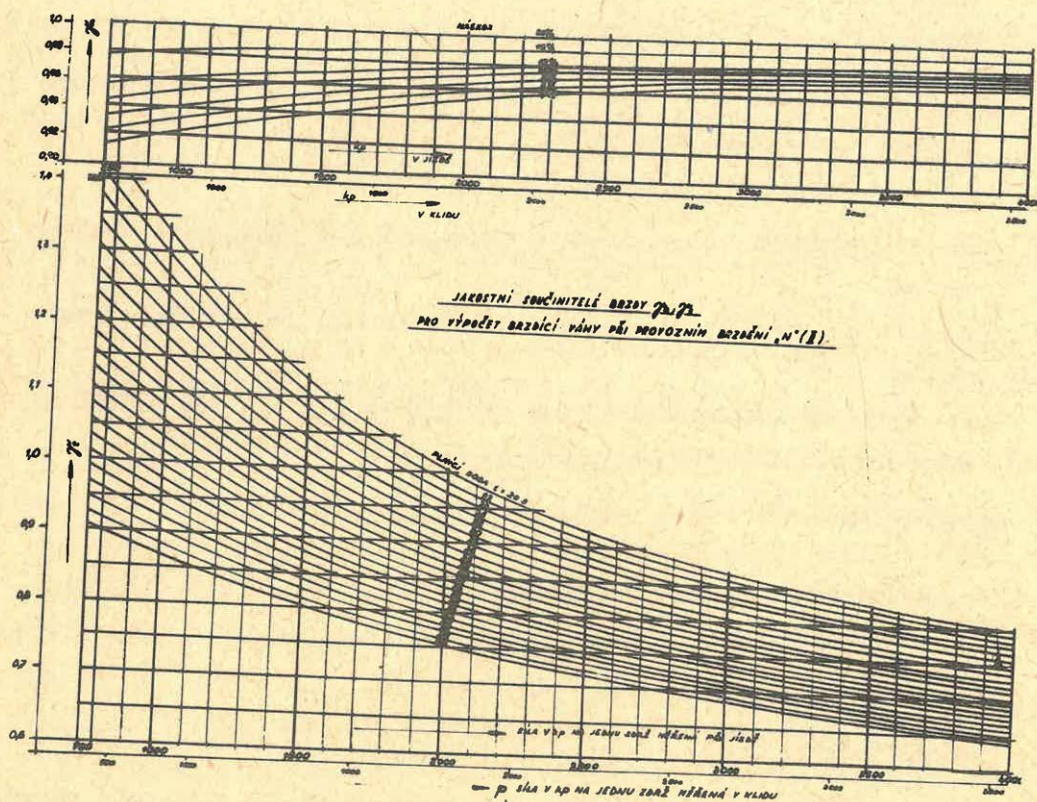
n = počet zdrží,

γ = jakostní součinitel funkce brzdy, který se mění s velikostí náskoku " a " a plnicí doby " t " v závislosti na přítlaku zdrže a je dán součinem složek : $\gamma = \gamma_a \cdot \gamma_t$, kde γ_a je součinitel závislý na velikosti náskoku " a " a přítlaku na jednu zdrž a γ_t je součinitel závislý na plnicí době a přítlaku na jednu zdrž. Náskok " a " je poměr přítlaku zdrže po náskoku tj. přilehnutí zdrží na kolo " P_n " ke konečnému přítlaku zdrže " P_k " vyjádřený v procentech :

$a = \frac{P_n}{P_k} \cdot 100$. Doba plnění je měřena od okamžiku vstupu stlačeného vzduchu do brzdového válce až do okamžiku, kdy přetlak vzduchu dosáhne 95 % konečné hodnoty. Diagramy hodnot γ_a a γ_t dle UIC jsou na obr. č. 1.

Tlak za jízdy nebývá přímo měřen a uvažuje se 9/8 tlaku měřeného na stojícím voze bez poklepu na pákovi a tyčovi kladivem. Při výpočtu nebývají ani tyto hodnoty k dispozici, a proto se určují výpočtem z pákového převodu a z údajů výrobce rozvaděče a přestavovače. Takto zjištěná brzdící váha se zaokrouhlí na celé Mp tak, že zaokrouhlení pod 0,5 Mp je dolů a nad 0,5 Mp nahoru.

Obr. č. 1



Brzdící váha vozidel vybavených osobní tlakovou brzdou, tj. pro rychlé plnění brzdového válce (3 až 8 s), označovanou 0 neb I, se zjišťuje podle UIC na základě brzdících zkoušek neb výpočtem. Brzdící zkoušky se konají buď soupravou vozů stejného typu o šedesáti nápravách tažených nebrzděnou lokomotivou, neb jedním vozem, tzv. vrhací zkouškou výběhovou. Zkoušky se konají na vodorovné přímé trati z rychlosti $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ u podvozkových vozů osobních a nákladních vozů pro velké rychlosti. U nákladních vozů pro nižší rychlosti se zkouší z rychlosti $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Po dosažení předepsané rychlosti se lokomotiva odvěsí a vozidla zabrzdí. Ze zábradné vzdálenosti se přímo v tabulkách UIC odečtou brzdící procenta b_p .

Kde nejsou vhodné vodorovné přímé trati pro dosažení rychlosti nejméně $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, mohou se brzdící váhy určit výjimečně výpočtem, a to pro vozidla určená pro menší rychlosti než $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Platí pak vzorec :

$$B_0 = \sum P \cdot k,$$

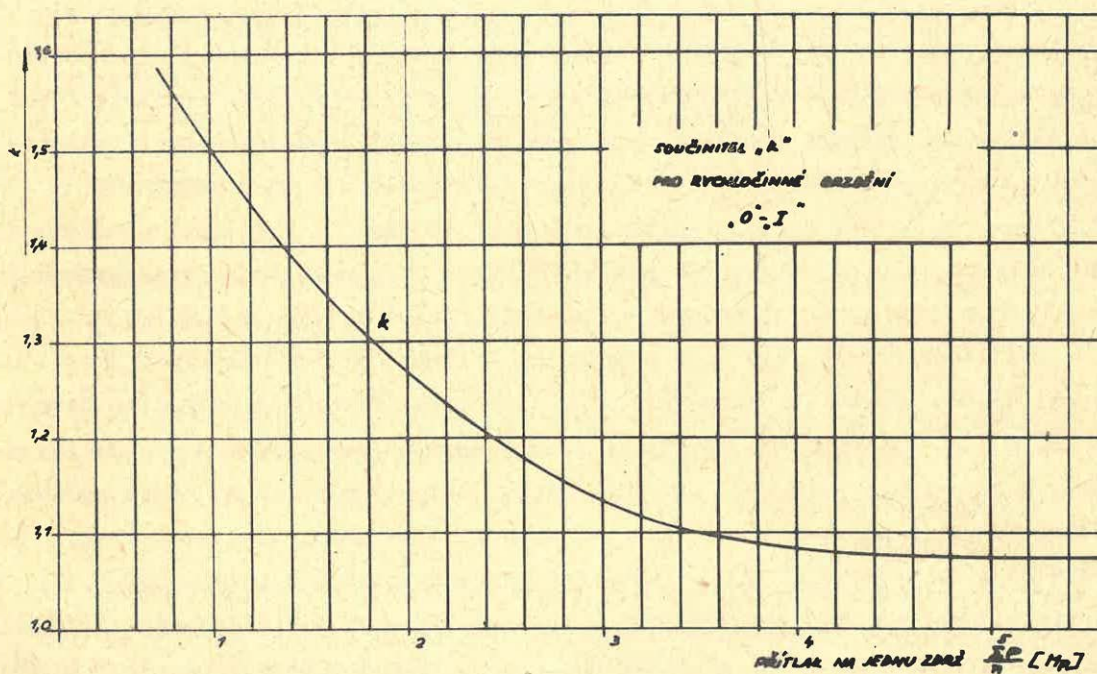
kde B_0 = brzdicí váha vozu pro rychlé plnění brzdových válců

" 0 " neb " I " kp,

$\sum P$ = celkový přítlak zdrží za jízdy kp,

k = součinitel závislý na hodnotě přítlaku na jednu zdrž $\frac{\sum P}{n}$, n =
= počet zdrží. Průběh součinitele k je na obrázku č. 2.

Obr. č. 2



Vzhledem k tomu, že se za provozu jedná o průběžné brzdění souprav samočinnou tlakovou brzdou a nemáme na povrchových dolech možnost provádět vrhací zkoušky výběhové, neboť pro ně nejsou vhodné tratě ani nejsou k dispozici trakční vozidla dosahující rychlost $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, rozhodli jsme se u provozem užívaných vozidel :

- 1/ ověřit používané brzdiče, rozvaděče a přestavovače v provozních poměrech,
- 2/ dle naměřených hodnot rozvaděčů a brzdového zařízení vypočítat pro jednotlivé typy vozidel minimální brzdicí váhy,
- 3/ provést v provozu zábrzděné zkoušky a z naměřených hodnot z nich zpětně ověřit minimální brzdicí váhy vozidel.

Již při prvých zkouškách jsme si ověřili, že soupravy jezdí trvale s přestavovačem "ložený", jak to vyhovuje předpisům. U vozů Talbot, kde bylo původně namontováno automatické zařízení pro změnu brzdící váhy dle zátěže, není toto zapojeno a jezdí se v poloze pro zatížení na plnou nosnost. Z těchto důvodů prováděli jsme výpočty jen pro přestavovač v poloze "ložený". Přestavovač "osobní - nákladní" je montován jen u rozvaděčů Knorr a jezdí se u LH vozů 25 m³ na "0" (důl Fučík, Jirásek), u ostatních vozů na "N". Provedenými měřeními jsme zjistili, že doba plnění brzdových válců i s přestavovačem v poloze "N" je krátká 6,6 až 8,3 s, když s přestavovačem v poloze "0" je 4,2 až 7,8 s a proto nutno považovat při výpočtech brzdící váhu v obou případech jako brzdění s rychlým plněním brzdových válců. Zjištěný rozdíl byl též v tom, že s přestavovačem v poloze "0" se docílovalo vyšších přetlaků, než zjištěno teoretickým výpočtem z roztažení vzduchu z pomocného vzduchojemu do brzdového válce a to v průměru o 0,13 kp . cm⁻², což možno hodnotit jako využití tlaku z brzdového potrubí při brzdění. U vozů vybavených rozvaděčem Dako CV 1 není tento přestavovač, a průměrná doba plnění brzdových válců byla zjištěna měřením 3,6 s.

Vzhledem k tomu, že délky souprav na našich povrchových dolech jsou proti délkám nákladních vlaků ČSD malé a průrazné rychlosti velké (u Dako i 280 m . s⁻¹), není zde prakticky rozdíl mezi účinky prvního a posledního vozu v soupravě a používání rychlého plnění brzdových válců je zcela odůvodněno. Na povrchových dolech v NDR jezdí s delšími soupravami (až 17 LH vozů 25 m³ a 14 vozů LH 40 m³) výhradně s přestavovačem v poloze "0". Je proto záhodno opravit brzdící váhy vozů pokud jsou na vozech napsány a byly určeny výpočtem podle UIC pro nákladní vozy (pomalé plnění brzdových válců).

Brzdiče na lokomotivách jsou skoro výhradně Škoda-O-N a již jen ojediněle sedmipolohové Knorr. Výhodou brzdičů Škoda je, že umožňují v poloze N využívat tzv. nevyčerpateľnosti moderních rozvaděčů jako je např. Dako, neboť při provozním brzdění doplňují samočinně přetlak v průběžném potrubí a tím i v pomocných vzduchojemech na takovou výši, která odpovídá nastavení rukojeti brzdiče.

Při měření zjišťovali jsme přetlak v brzdovém potrubí, který je shodný, když se nebrzdí, s přetlakem v pomocných vzduchojemech. Ze změřených zdvihů pístů brzdových válců jsme u rozvaděčů Knorr a jednoduchých lokomotivních rozvaděčů počítali teoretický přetlak v brzdových válcích. Tento přetlak jsme též zjišťovali měřením a hodnoty získané porovnávali. Pro teoretický výpočet

byl použit vzorec :

$$p_{bv} = p_v \cdot \left(\frac{V_v}{V_v + V_{bv} + V_{bp}} \right)^\alpha,$$

- kde p_{bv} = absolutní tlak v brzdovém válci pro naměřený zdvih pístu brzdového válce $\text{kp} \cdot \text{cm}^{-2}$,
 p_v = absolutní tlak v pomocném vzduchojmu $\text{kp} \cdot \text{cm}^{-2}$,
 V_v = obsah pomocného vzduchojmu 1,
 V_{bv} = obsah brzdového válce pro změřený zdvih jeho pístu 1,
 V_{bp} = obsah brzdového potrubí mezi rozvaděčem a brzdovým válcem 1,
 α = Poissonova konstanta = poměr spec. tepla za stálého tlaku ku spec. tepla za stálého objemu - pro vzduch = 1,4.

Při přestavovači v poloze 0 jsme přičítali k vypočtenému tlaku zmíněné zhodnocení tlaku z potrubí ve výši $0,13 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$. Měřením přetlaků v brzdových válcích jsme u rozvaděčů Dako zjistili, že výše přetlaku je prakticky přímkově závislá na zdvihu pístu brzdového válce a při přetlaku v pomocném vzduchojmu $5 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$ je pro zdvih pístu 100 mm v průměru $3,8 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$, pro zdvih 50 mm $3,9 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$ a zdvih 150 mm $3,7 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$, tedy odpovídající údajům výrobce, který zaručuje přetlak v brzdovém válci pro zdvih 100 mm $3,8 \pm 0,1 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$. Proto jsme při výpočtech s přímkovou závislostí počítali.

U každé přistavené soupravy ke zkouškám vypočetli jsme brzdící váhu jednotlivých vozidel, jejichž brzdy byly zapojeny, z ověřeného přetlaku v brzdovém válci a z převodu brzdového pákoví dle těchto vzorců :

$$\sum P = (F \cdot p - S) \cdot i \cdot \eta \quad \text{a} \quad B_{o \text{ prov}} = \sum P \cdot k,$$

- kde F = plocha pístu brzdového válce cm^2 ,
 p = ověřený přetlak v brzdovém válci pro naměřený zdvih pístu $\text{kp} \cdot \text{cm}^{-2}$,
 S = silový vliv vratných pružin brzdového pákoví, přenesený na píst brzdového válce (normálně pro válec 10" .. $S = 120 \text{ kp}$, pro válec 14" .. $S = 180 \text{ kp}$) kp ,
 i = převod brzdového pákoví - výpočtem,
 η = účinnost převodu (použito u vozů $\eta = 0,9$ a u lokomotiv $\eta = 0,96$),
 $B_{o \text{ prov}}$ = brzdící váha vozidla pro změřený zdvih pístu brzdového válce kp .

Tímto způsobem jsme stanovili teoretickou brzdicí váhu přistavené soupravy. Pro každý typ vozidla vypočetli jsme též jeho minimální brzdicí váhu s maximálně provozně přípustným zdvihem pístu brzdového válce (150 mm) a přetlak v pomocném vzduchojemu 5 kp . cm⁻², abychom dostali redukční koeficient pro vyčíslenou hodnotu brzdicí váhy ze zábrzdných zkoušek. Úmyslně jsme počítali minimální teoretickou brzdicí váhu B_0 pro minimální zdvih pístu 150 mm a ne pro střední zdvih pístu 100 mm, abychom pro porovnání dostali jen takovou brzdicí váhu soupravy, která by se mohla v nejnepříznivějším případě v provozu vyskytnout. Pokud v soupravě brzdila i lokomotiva, rozdělili jsme zjištěnou brzdicí váhu soupravy zábrzdnými zkouškami v poměru, který jsme určili z teoreticky vypočtených vah. Poměrné rozdělení :

na lokomotivu :

$$\frac{B_0 \text{ prov lok}}{B_0 \text{ prov lok} + B_0 \text{ prov vozů}}$$

na vozy :

$$\frac{B_0 \text{ prov vozů}}{B_0 \text{ prov lok} + B_0 \text{ prov vozů}}$$

Redukční koeficient :

$$\alpha_v = \frac{n \cdot B_{0 \text{ min}}}{B_0 \text{ prov}}, \text{ kde } n = \text{počet brzděných vozů}$$

$$\text{a obdobně pro lokomotivu : } \alpha_1 = \frac{B_{1 \text{ min}}}{B_1 \text{ prov}}$$

Zábrzdné zkoušky jsme prováděli na přímých tratích. Pro zkoušky jsme vytýčili na koleji vzdálenosti po 30 m a zjistili jsme niveletu zkušební trati. Před vytýčenými vzdálenostmi potřebovali jsme potřebnou délku pro rozjezd. Pro zjištění zábrzdné rychlosti měřili jsme čas průjezdu středu lokomotivy základním třicetimetrovým úsekem, který byl vytýčen před návěstím pro za - brzdění a který se strojvůdce snažil projet rovnoměrnou rychlostí, aniž by k tomu používal samočinné průběžné brzdy. Po projetí tohoto úseku strojvůdce na znamení plně zabrzdil. Kromě rychlosti měřili jsme čas od zabrzdění do zastavení a délku zábrzdné dráhy. Brzdicích zkoušek jsme prováděli vždy větší počet z různých rychlostí ve snaze docílit i rychlost 30 km . h⁻¹, obvykle s loženými i prázdnými vozy. Vozy jsme před zkouškami zvážili a jen váhu vozů LH 25 m³ a LH 40 m³ výroby RLR jsme určovali dle údajů provozu, neboť na dole Fučík, Pokrok a M. Gorkij nejsou potřebné kolejové váhy k dispozici.

Pro výpočet těžiště jsme soupravu též přeměřili.

Rovnice pro výpočet zábrzdných drah vychází obvykle z pohybové energie, která je na zábrzdné dráze stravována pohybovými odpory a přídatnou brzdicí silou. Kinetická energie vlaku je dána jednak pohybem translačním, jednak rotačním pohybem rotujících částí (dvojkolí apod.) a na stoupání k ní přistupuje ještě energie potenciální. Pohybové odpory jsou jízdní odpory skládající se v podstatě ze tření smykového neb valivého v ložiskách náprav, tření valivého mezi kolem a kolejnicí a třením o prostředí. Každé z uvedených tření je složitým jevem podstatně závislejícím na rychlosti. Přídatná brzdicí síla je závislá na přitlaku zdrží a tření mezi kolem a zdrží. Toto tření je závislé na složení materiálu zdrží a nákoků, jakosti povrchu, měrném tlaku a rychlosti. Nemá-li nastat při brzdění uvážnutí kol a tím zhoršení brzdících poměrů, musí být brzdicí síla daná součinem koeficientu tření mezi zdrží a kolem a celkovým přitlakem rovna neb menší než součin koeficientu adheze s brzděnou váhou. Koeficient adheze je opět složitý jev závislý na rychlosti, složení materiálu kol a kolejnic, na jakosti jejich povrchu i na tlaku na kolo. Koeficienty adheze i tření mezi kolem a zdrží se zvyšují, dle dostupné technické literatury, se snižují se rychlostí, a to velmi podstatně od padesátikilometrové rychlosti dolů, ale ne shodně.

Vzhledem k tomu, že jevy při brzdění jsou tak složité, autoři vzorců pro výpočet zábrzdné dráhy použili pro zjednodušení jevů empirické vzorce, ověřované praktickými zábrzdnými zkouškami. Empirické vzorce používané UIC pro výpočet zábrzdných drah jsou buď pro podstatně vyšší rychlosti, neb i pro podstatně delší vlaky než pojíždějí na povrchových dolech, eventuálně jsou jen pro roviny, případně nepoužívají brzdících procent, ale obrzdění. Ověřování brzdících vah podle těchto vzorců by dávalo podstatně vyšší hodnoty brzdících vah, než jsou hodnoty získané výpočtem, neboť se na dolech pohybujeme v oblastech takových rychlostí, kde průměrný koeficient tření mezi zdrží a kolem i adhezní koeficient je podstatně vyšší než u veřejných drah. Provedli jsme proto porovnávací výpočet brzdících vah z brzdících zkoušek podle empirického vzorce používaného v lomovém provozu v NDR, neboť naše lomové poměry jsou podobné jako v NDR a vzorec platí pro rychlé plnění brzdových válců a bere ohled na konstrukci lomových vozidel, sklon trati i délku vlaku.

Zábrzdná vzdálenost ve znění Dopravních předpisů D - D 2 se skládá :

- 1/ z dráhy l_n projeté za čas od přestavení brzdíče na lokomotivě do náskoku zdrží ke kolům, kdy souprava se pohybuje prakticky rovnoměrně -

(u rozvaděče Dako naměřeno 0,2 až 0,4 s, u rozvaděče Knorr 0,4 až 1,0 s, u lokomotivního rozvaděče 0,3 až 0,7 s),

- 2/ ze vzdálenosti projeté za polovinu plnicího času brzdového válce l_p , neboť v době plnění stoupá brzdící výkon z nuly do plné hodnoty (při dosažení $0,95 p_{max}$) prakticky rovnoměrně, takže možno uvažovat, že za polovinu plnicí doby je pohyb rovnoměrný a v druhé polovině je již plný brzdící výkon,
- 3/ z čisté zábrzdne vzdálenosti l_b výpočtem z empirických vzorců, kdy je již plný brzdící výkon.

Celková zábrzdne vzdálenost l :

$$l = l_n + l_p + l_b$$

Použitý vzorec čisté zábrzdne vzdálenosti pro rozvaděč Knorr dle NDR :

$$l_b = \frac{3,85 V^2}{6,1\psi \cdot \left(1 + \frac{\lambda_r}{10}\right) + i_r}$$

kde V = rychlost km . h⁻¹, ψ = součinitel mající zřetel na brzdící poměry,

λ = brzdící procento vlaku %, λ_r = výpočet pro upravené brzdící procento vlaku %,

c_1 = korekční součinitel sklonu trati pro zábrzdnou rychlost,

c_1 = korekční součinitel brzdících procent pro rychlé plnění brzd. válce s ohledem na počet os v soupravě,

i = sklon trati projatý těžištěm soupravy na čisté zábrzdne vzdálenosti + pro stoupání, - pro klesání trati % ,

i_r = výpočtový sklon trati % ,

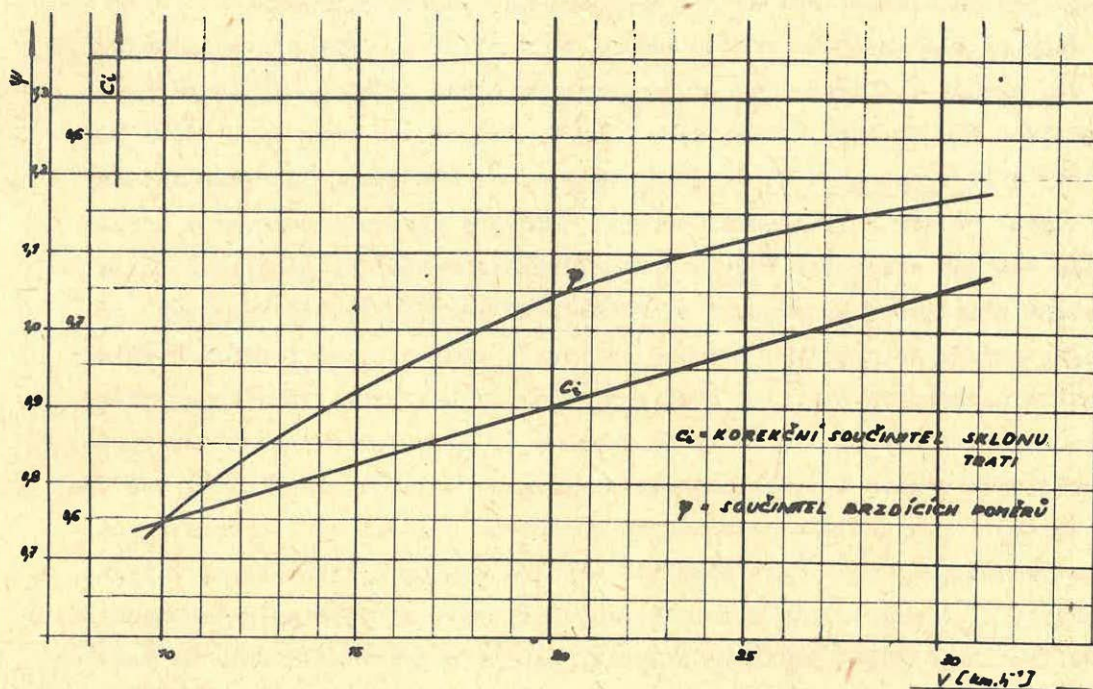
příčemž $\lambda_r = c_1 \cdot \lambda$, $i_r = c_1 \cdot i$,

počet os	do 24	24 - 48	48 - 60	60 - 80	80 - 100
c_1	1,10	1,05	1,00	0,97	0,92

rychlost km . h ⁻¹	10	20	30	40	50	60
pro jednoduché zdrže	0,75	1,04	1,17	1,23	1,25	1,24
c_1	0,60	0,66	0,72	0,77	0,81	0,84

Mezi hodnoty ψ a c_1 je nutno interpolovat a proto pro odečty jsou vyneseny do diagramu na obr. 3.

Obr. 3 :



U vozidel, u nichž je zabudován moderní rozváděč Dako, vyhodnocená brzdicí váha proti teoreticky vypočtené příliš stoupá. Abychom brzdicí váhu vozidel s rozváděčem Dako příliš nepřehodnotili, upravili jsme vzorec tak, že jsme součin $6,1 \psi$ mající zřetel na brzdicí poměry zvýšili o 10 %, abychom vyjádřili výhodné vlastnosti tohoto rozváděče.

V poslední době vede se v NDR diskuse v časopise Bergbautechnik o tom, že používaný vzorec pro zábrzdnou dráhu dává výpočtem delší zábrzdnou vzdálenost, než je skutečně zjištěná brzdícími zkouškami. V důlní dopravě v NDR nepočítají brzdicí procenta z brzdicí váhy vozidel vypočtené dle vzorce UIC, ale jen dle svých směrnic hodnotou 0,7 vlastní váhy prázdného vozu. Takto určená brzdicí váha je malá, rovněž tak i brzdicí procenta a zábrzdná vzdálenost delší, než ověřená zábrzdnými zkouškami.

Pro měření času používali jsme dvouručičkových stopek. Měření jsme prováděli dvojitě a pokud se vyskytly ojediněle rozdíly, použili jsme průměru naměřených hodnot. Niveletu trati provedl buď důl nebo VŮHU. Délky jsme měřili ocelovým pásmem a měření tlaků jsme prováděli tlakoměry se šroubením uzpůsobeným pro montáž do víka brzdového válce a tlakoměry s připojenou hlavou brzdové spojky pro napojení na brzdové potrubí.

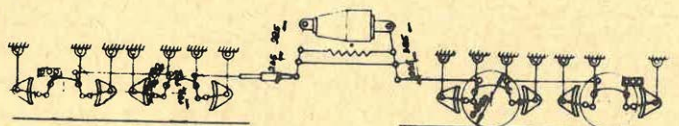
Jako příklad uvádíme postup měření ze dne 17. 2. 1966 provedeného na dole Čs. armády (Elišce) se soupravou o 9 vozech LH 40 m³ s elektrickou lokomotivou 150 t, typu E 2 E, záv. č. 532. Přistavené vozy záv. čísel 304, 296, 259 byly vyrobeny v Kopřivnici, ostatní ve Studénce. Zábrzdné zkoušky byly konány jednak s loženou soupravou, jednak s prázdnou soupravou a bylo brzděno jak jen vozy, tak vozy a lokomotivou současně. Na tabulce č. 2 je naznačena přistavená souprava s výpočtem vzdálenosti těžiště soupravy od měřeného středu lokomotivy, tabulka vah vozů, zdvihu pístů brzdových válců a tabulka naměřených plnicích časů a přetlaků v brzdových válcích u prvního, pátého a devátého vozu soupravy. Na tabulce č. 3 proveden teoretický výpočet brzdících vah vozů a lokomotivy a vyčíslen redukční koeficient pro vozy i lokomotivu a vyčísleno procentní rozdělení brzdící váhy soupravy na vozy a lokomotivu, když byla souprava bržděna současně lokomotivou i vozy. Na tabulce č. 4 nakreslena niveleta zkušební trati s výpočtem průměrného sklonu trati projetého těžištěm soupravy na čisté zábrzdné dráze. Na tabulce č. 5 proveden výpočet brzdících vah z naměřených hodnot při zábrzdných zkouškách. Naměřené zábrzdné vzdálenosti i vyčíslené brzdící váhy ze zábrzdných zkoušek vyneseny do grafu na tabulce č. 6.

Na obr. 4 nakresleno brzdové pákové těchto vozů s výpočtem minimální brzdící váhy vozu a grafem brzdících procent pro teoreticky vypočtenou brzdící váhu vozu 48 Mp i pro ověřenou brzdící váhu 52 Mp.

Brzdící váhy v grafu na tabulce č. 6 jsou již redukovány na maximálně provozně přípustný zdvih pístu brzdového válce 150 mm. Z grafu je též zřejmo, že brzdící váha se zvyšuje se snižující se zábrzdnou rychlostí.

Obr. 4 :

VÝPOČET SAMOČINNÉ TLAKOVÉ BRZDY



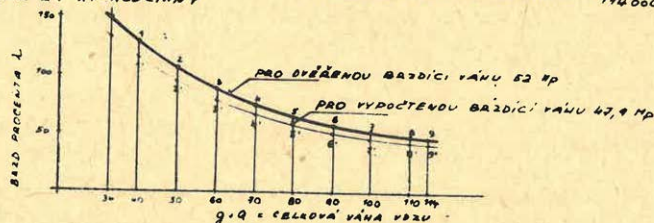
PRŮMĚRNÝ PŘETLAK PRO EDVIN
150 mm : $p = 3,64 \text{ kg/cm}^2$
PŘEVOD $z = 2 + \frac{385}{235} = 13,1065$
ÚČINNOST $\eta = 0,9$

VÁHA PRÁZDNEHO VOZU $q = 34000 \text{ kg}$
LOŽENÁ VÁHA VOZU $Q_1 = 72000 \text{ kg}$
ÚNOSNOST $Q = 80000 \text{ kg}$
POČET BRZĚNÝCH NÁPRAV 4 ks
POČET BRZDOVÝCH ZDRŽÍ 8 ks
BRZDOVÝ VÁLEČ $\phi 14''$ $355,6 \text{ mm}$
PLOCHA PÍSTU $993,1 \text{ cm}^2$
NAK PROVOZENÍ ZAVIN PÍSTU 150 mm
OBJEM VZDUCHUJEMU 75 L
PŘETLAK V PRŮBĚŽNÉM POTR. 5 kg/cm^2
ROZVADĚČ KNORR K 7 - RYCHLOČINNÝ

SÍLA NA PÍST $P \cdot F = 993,1 \cdot 3,64 = 3615 \text{ kp}$
SÍLA NA PÍST PO ODEČTENÍ VLIVU SÍLY KRATKÝCH PRUŽIN (1780 kp)
 $= 3435 \text{ kp}$
CELKOVÝ PŘÍTLAK ZDRŽÍ $\Sigma P \cdot z \cdot \eta = 40518 \text{ kp}$
PŘÍTLAK JEDNÉ ZDRŽE $P_z = 2532 \text{ kp}$
SOUCÍNITEL „k“ $= 1,7825$
BRZDÍCÍ VÁHA $B = \Sigma P \cdot k = 47913 \text{ kp}$
BRZDÍCÍ PROCENTO L

PRÁZD. VOZU $= \frac{47913}{34000} \cdot 100 = 140,9 \%$

LOŽENÉHO NA PLNou ÚNOSNOST $= \frac{47913}{72000} \cdot 100 = 42,0 \%$



Obdobným způsobem byly provedeny zkoušky a měření se všemi druhy vozidel běžně používaných v elektrifikované dopravě povrchových hnédouhelných dolů a to s přestavovačem v té poloze, v které je běžně provozem užíván.

Výsledky zkoušek shrnuty do přehledné tabulky, v níž též uvedena doporučená brzdící váha vozidel pro trakční výpočty :

BRZDÍCÍ VÁHY VOZIDEL POUŽÍVANÝCH V ELEKTRIFIKOVANÉ DOPRAVĚ
POVRCHOVÝCH NÁDRŽNÝCH DOLŮ V ČESKÉ
PRO RYCHLOST 30 km.h⁻¹

TYP VOZIDLA OBSAH ROZCHOD VÝROBCE	ROZVÁŘEČ	PŘESTAVOVACÍ OVL.	BRZDOVÝ PÁLEČ POČET φ	PŘEVOD BRZDO- VÝ TÁHUVÝ U	POVRCHOVÝ BRZDO- VÝ POČET OBLAST	POČET BRZDO- VÝCH ZDRŽÍ	BRZDÍCÍ VÁHA			
							VÝPOČTENÁ DLE UIC	HEJMOVÝ PŘEBŮH PŘEBŮH	DOPRAVNÍ PŘEBŮH	PRO PŘEBŮH
			h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm	h ⁻¹ mm
LH 25m ³ 900mm WICHOV	KNORR RYCHLOČINNÝ	0	10	254	8,0	1	17,441	19,1	19	
LH 25m ³ 900mm PLA	BAKO CV1	-	10	254	9,7032	1	18,806	22,3	22	
LOWA 56m ³ 900mm NDR	KNORR RYCHLOČINNÝ	N	14	383,6	8,02	1	28,300	28,22	28	
EL. LOZKOVITVA ET 900mm, 60 t	JEKOVITVA LOZKOVITVA	-	10	254	5,0	2	25,608	41,8	42	
LH 36 a 40m ³ 1435mm ČSR	KNORR-KT RYCHLOČINNÝ	N	14	355,6	7,1065	1	47,913	57,8	52	
LH 40m ³ 1435mm RLA	KNORR-KT RYCHLOČINNÝ	N	14	355,6	12,083	1	45,282	49,1	48	
70 84m ³ 1435mm NDR	BAKO CV1	-	14	355,6	11,027	1	46,980	45,8	46	
70 88m ³ 1435mm ČSR	BAKO CV1	-	14	355,6	11,024	1	46,980	45,8	46	
70 88m ³ 1435mm ČSR	BAKO CV1	-	14	355,6	12,0	1	45,300	48,3	48	
EL. LOZKOVITVA 14E, ESE 1435mm, 150 t	JEKOVITVA LOZKOVITVA	-	14	355,6	7,53	3	89,370	86,6	87	

Z uvedených výsledků je vidět, že brzdicí váhy ověřené zábrzdými zkouškami jsou vyšší, než vypočtené ze vzorce UIS. Je to z toho důvodu, že vzorec UIC je pro rychlosti až do 100 km.h⁻¹, zatímco na povrchových dolech je připuštěna maximální rychlost jen 30 km.h⁻¹ a průměrné adhezní koeficienty i koeficienty tření mezi zdrží a kolem jsou pro rychlosti 100 až 0 km.h⁻¹ nižší, než pro rychlosti 30 až 0 km.h⁻¹.

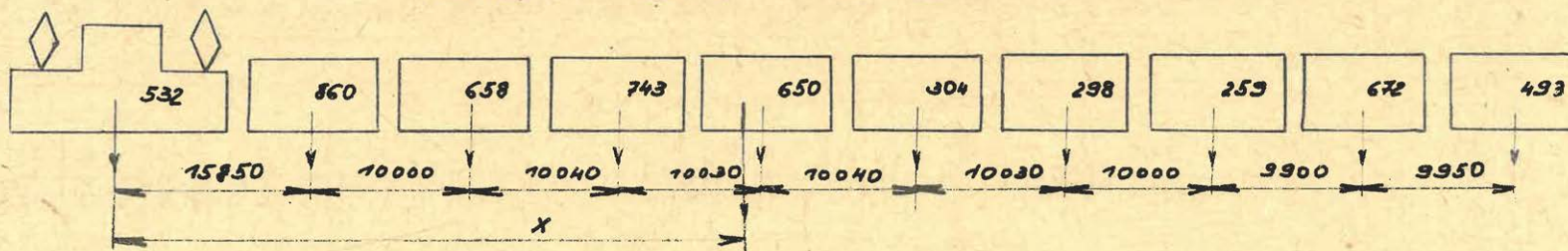
TABULKA BRZDICÍCH PROCENT

TAB. 1

PRO ZÁBRZDNOU VZDÁLENOST 150 m.

ROZHODNÝ SPÁD v ‰	BRZDICÍ PROCENTA PŘI DOVOLENÉ RYCHLOSTI AŽ DO				
	10	15	20	25	30
	KILOMETRŮ ZA HODINU				
0	3	7	13	21	30
1	4	9	14	22	31
2	6	10	16	23	32
3	7	11	17	24	34
4	8	12	18	26	35
5	9	13	19	27	36
6	10	14	20	28	37
7	11	15	22	29	38
8	12	17	23	30	40
9	13	18	24	32	41
10	14	19	25	33	42
11	15	20	26	34	43
12	16	21	28	35	45
13	17	22	29	37	46
14	19	24	30	38	47
15	20	25	31	39	48
16	21	26	32	40	50
17	22	27	34	41	51
18	23	28	35	43	52
19	24	29	36	44	53
20	25	31	37	45	55
21	26	32	38	46	56
22	27	33	40	48	57
23	28	34	41	49	58
24	29	35	42	50	60
25	31	36	43	51	61
26	32	38	44	52	62
27	33	39	46	54	63
28	34	40	47	55	65
29	35	41	48	56	66
30	36	42	49	57	67
31	37	43	50	59	68
32	38	44	52	60	70
33	39	46	53	61	71
34	40	47	54	62	72
35	41	48	55	64	73
36	43	49	56	65	75
37	44	50	58	66	76
38	45	51	59	67	77
39	46	53	60	68	78
40	47	54	61	70	79

VZDALENOST TĚŽIŠTĚ OD STŘEDU LOKOMOTIVY



$$X_{\text{loz.}} = \frac{15,85 \cdot 92,60 + 25,85 \cdot 87,55 + 35,89 \cdot 97,40 + 45,92 \cdot 95,75 + 55,96 \cdot 95,25 + 65,99 \cdot 103,00 + 75,99 \cdot 112,20 + 85,83 \cdot 94,10 + 95,84 \cdot 95,40}{1023,25} = 48,4 \text{ m}$$

$$X_{\text{práz.}} = \frac{15,85 \cdot 61,20 + 25,85 \cdot 34,95 + 35,89 \cdot 73,00 + 45,92 \cdot 51,60 + 55,96 \cdot 63,20 + 65,99 \cdot 73,60 + 75,99 \cdot 81,00 + 85,89 \cdot 54,80 + 95,84 \cdot 51,80}{657,15} = 43,1 \text{ m}$$

NAMĚŘENÉ HODNOTY TLAKŮ A ČASY

PŘETLAK V PRŮBĚŽNÉM POTRUBÍ 5,2 Kp cm²

VŮZ ZÁVODNÍ ČÍSLO	VÁHA t		ZDVH PÍSTU VÁLCE
	LOŽENÝ	PRAZDNÝ	
860	92,60	61,20	154
658	87,55	34,95	96
743	97,75	73,00	110
650	95,75	51,60	117
304	95,25	63,20	133
298	103,00	58,60	145
259	112,20	58,00	90
672	94,10	54,80	145
493	95,40	51,80	120
LOKOMOTIVA			132
	150	150	157
			112
Souprava	1023,25	657,15	-

VŮZ ZÁVODNÍ ČÍSLO		860					304					493					Průměr
MĚŘENÍ ČÍSLO		1	2	3	4	1-4	5	6	7	8	5-8	9	10	11	12	9-12	
ČAS OD PŘESTAVENÍ BRZDÍČE	DO VNIKÁNÍ VZDUCHU DO BRZDOVÉHO VÁLCE S	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	DO DOČLENÍ 0,95 p MAX. S	6,6	6,5	6,5	6,5	6,625	6,6	6,8	6,6	6,6	6,65	6,6	6,6	6,7	6,6	6,625	6,6
ZMĚŘENÍ PŘETLAK p MAX. Kp · cm ²		3,8	3,75	3,75	3,75	3,76	3,9	4,0	3,9	3,9	3,925	4,0	4,0	4,1	4,0	4,025	-

BRZDICÍ VÁHY VOZŮ A LOKOMOTIV DLE MĚŘENÍ ZDVIHŮ PÍSTŮ BRZDOVÝCH VÁLCOŮ

NAHŘENÝ PŘETLAK V BRZDOVÉM POTRUBÍ $p_p = 5,2 \text{ kp.cm}^{-2}$ VOZY: BRZDOVÝ VÁLEC $\phi 14'' = 355,6 \text{ mm}$ PLOCHA PÍSTU $F = 993,1 \text{ cm}^2$ OBSAH VZDUCHOJEMU $V_v = 75 \text{ l}$ OBSAH BRZD. POTRUBÍ $V_{bp} = 0,25 \text{ l}$

SILOVÝ VLIV VRATNÝCH PRUŽIN

 $S = 180 \text{ kp}$ $i = 13,1065$ $\eta = 0,9$ $\Sigma P = (p \cdot F - S) \cdot i \cdot \eta$

LOKOMOTIVA 3 DÍLNÁ, KAŽDÝ DÍL

BRZD. VÁLEC $\phi 14'' = 355,6 \text{ mm}$ PLOCH PÍSTU $F = 993,1 \text{ cm}^2$ OBSAH VZDUCHOJEMU $V_v = 75 \text{ l}$ OBSAH BRZD. POTRUBÍ $V_{bp} = 0,1 \text{ l}$ SILOVÝ VLIV VRATNÝCH PRUŽIN $S = 150 \text{ kp}$ $i = 7,53$ $\eta = 0,96$

VŮZ ČÍSLO	ZDVIH PÍSTU mm	V_{bv} l	$V_v + V_{bv} + V_{bp}$ l	$\left(\frac{V_v}{V_v + V_{bv} + V_{bp}}\right)^{3/4}$	$(-)^{3/4} \cdot p_p$ kp.cm ⁻²	PŘETLAK p kp.cm ⁻²	p.F kp	p.F-S kp	ΣP kp	P_i kp	k	B_0 kp	
860	154	15,29	90,54	0,76826	4,763	3,76	3734	3554	41922	2620	1,1715	49112	
658	96	9,5	84,78	0,84238	5,223	4,22	4191	4011	47313	2957	1,1345	53667	
743	110	10,92	86,17	0,82334	5,104	4,10	4072	3892	45909	2869	1,143	52474	
650	117	11,62	86,87	0,81408	5,047	4,05	4022	3842	45319	2831	1,1472	51990	
304	133	13,21	88,46	0,79365	4,921	3,92	3893	3713	43798	2735	1,1575	50696	
298	145	14,4	89,65	0,77982	4,829	3,83	3804	3624	42748	2672	1,165	49801	
259	90	8,9	84,19	0,85058	5,274	4,27	4241	4061	47903	2995	1,131	54178	
672	145	14,4	89,65	0,77982	4,829	3,83	3804	3624	42748	2672	1,165	49801	
493	120	11,92	87,17	0,81013	5,023	4,02	3992	3812	44965	2810	1,1495	51783	
B ₀ VOZŮ SOUPRAVY												463504	
TEOR. PŘETLAK p _p = 5 kp.cm ⁻²	150	14,90	90,15	0,7729	4,6374	3,64	3615	3435	40518	2532	1,1825	47913	
EL. LOK. č. 532	DÍL	ZDVIH PÍSTU	V_{bv}	$V_v + V_{bv} + V_{bp}$	$\left(\frac{V_v}{V_v + V_{bv} + V_{bp}}\right)^{3/4}$	$(-)^{3/4} \cdot p_p$	PŘETLAK p	p.F	p.F-S	ΣP	P_i	k	B ₀
	PŘED.	132	13,11	88,21	0,79681	4,94	3,94	3913	3763	27202	6800	1,066	28987
	STŘ.	157	15,59	90,69	0,76648	4,75	3,75	3724	3574	25836	6459	1,068	27593
	ZAD.	112	11,12	86,22	0,82268	5,10	4,10	4072	3922	28357	7088	1,065	30194
B ₀ CELÉ LOKOMOTIVY												86784	
TEOR. PŘETLAK p _p = 5 kp.cm ⁻²	150	14,9	90,0	0,77473	4,65	3,65	3625	3475	25120	6280	1,0665	26790	
TEOR. B ₀ CELÉ LOKOMOTIVY PŘI ZDVIHU 150 mm												80370	

RED. KOEFICIENT VOZŮ: $\alpha_v = \frac{9.47913}{463504} = 0,93$

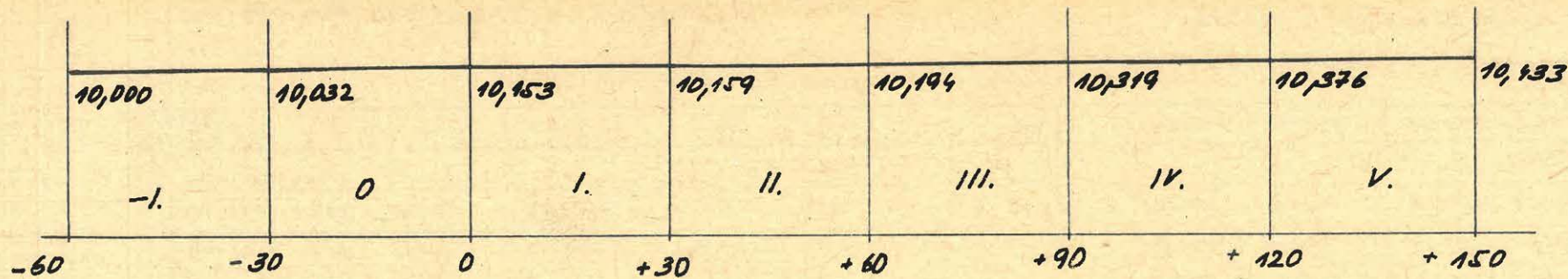
RED. KOEFICIENT LOK.: $\alpha_l = \frac{80370}{86784} = 0,926$

ROZDĚLENÍ BRZDOVÉ VÁHY SOUPRAVY

NA VOZY: $\frac{L}{463504 + 86784} \cdot 100 = 84,23 \%$

NA LOKOM.: $\frac{86784}{86784} \cdot 100 = 15,77 \%$

NIVELETA ZKUŠEBNÍ TRATI NA DOLE ČSA 17. II. 1966



STOUPÁNÍ
V PŮLI :

-I. $(10,032 - 10,000) : 30 \cdot 1000 = 1,067 ‰$

0 $(10,153 - 10,032) : 30 \cdot 1000 = 4,03 ‰$

I. $(10,159 - 10,153) : 30 \cdot 1000 = 0,2 ‰$

II. $(10,194 - 10,159) : 30 \cdot 1000 = 1,17 ‰$

III. $(10,319 - 10,194) : 30 \cdot 1000 = 4,17 ‰$

IV. $(10,376 - 10,319) : 30 \cdot 1000 = 1,9 ‰$

V. $(10,493 - 10,376) : 30 \cdot 1000 = 1,9 ‰$

STANOVENÍ PRŮMĚRNÉHO SKLONU TRATI PROJETÉHO TĚŽISTĚM NA ČISTÉ ZÁBRZDNÉ DRÁZE
POČÍNAJE 5. JÍZDOU BYL POSUNUT POČÁTEK BRZDĚNÍ O 2 POLE T.J. NA POSICI +60 m

JÍZDA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
BRZDĚNO PRŮBĚŽNĚ	← LOŽ VOZY + LOKOM. →				JEN LOŽENÉ VOZY				← JEN PRAZDNÉ VOZY →				← PRAZDNÉ VOZY + LOKOM. →												
ZÁBRZDNÁ DRÁHA, m	24	35	40	57	61	81	26	44	67	76	88	27	39	46	58	67	14	22	32	43	59	63	14	17	
ZASTAVENÍ TĚŽISTĚ SOUPRAVY NA METRU	-24,4	-19,4	-8,4	+8,6	72,6	92,6	37,6	55,6	78,6	87,6	99,6	43,9	55,9	62,9	74,9	85,9	30,9	44,9	48,9	59,9	75,9	79,9	30,9	34,2	
ČISTÁ ZÁBRZD. VZD. L m	12,5	19,8	23,3	36,0	39,1	54,7	14,7	27,3	45,1	52,1	61,7	13,5	21,2	26,2	34,6	42,7	5,9	9,3	15,8	22,8	34,0	36,7	5,3	7,0	
POČÁTEK BRZDĚNÍ TĚŽISTĚ SOUPRAVY NA METRU	-36,9	-33,2	-31,7	-27,4	33,5	37,9	22,9	28,3	33,5	35,5	37,9	30,4	34,7	36,7	40,3	43,2	25,0	35,6	33,1	37,1	44,9	43,2	25,6	27,2	
PŘI ČISTÉ ZÁBRZDNÉ VZDALENOSTI L PROJETO TĚŽISTĚM METRŮ V PŮLI	-I.	6,9	3,2	17																					
	0	5,6	16,6	21,6	27,4																				
	I.			8,6			7,1	1,7									5,0						4,4	2,8	
	II.				26,5	22,1	7,6	25,6	26,5	24,5	22,1	12,5	21,2	23,3	19,7	16,8	0,9	9,3	15,8	22,8	43,9	16,8	0,9	3,9	
	III.				12,6	30,0			13,6	27,6	30,0			2,9	14,9	25,9					20,1	19,9			
	IV.					2,6					9,6														
	V																								
PRŮM. SVAH PROJETO TĚŽISTĚM SOUPRAVY	%	4,80	3,55	3,82	3,11	2,14	2,34	0,40	4,11	2,44	2,76	2,78	1,17	1,17	1,50	2,48	2,99	0,34	1,17	1,17	1,17	2,94	2,79	0,86	0,78

BRZDICÍ VÁHY VOZŮ A LOKOMOTIVY DLE ZÁBRZDNÝCH DRAH

TAB. 5

JÍZDA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	PLNÁ SOUPRAVA											PRAŽDNÁ SOUPRAVA												
	VOZY + LOKOM.						JEN VOZY					JEN VOZY					VOZY + LOKOM.							
ČAS NA 30 m s	9,1	6,9	6,3	5,0	4,8	4,0	9,3	6,3	4,8	4,4	4,0	7,8	5,9	5,3	4,5	4,0	13,0	8,3	6,5	5,2	4,2	4,0	12,0	10,5
ZÁBRZD. DR. m	24,0	35,0	40,0	57,0	67,0	81,0	26,0	44,0	67,0	76,0	88,0	27,0	39,0	46,0	58,0	67,0	14,0	22,0	32,0	43,0	59,0	63,0	14,0	17,0
ČAS NA Z. DR. s	7,4	8,5	8,9	10,1	10,3	11,4	7,6	8,9	10,9	11,7	11,4	7,0	8,1	8,7	9,8	10,5	5,9	6,4	7,2	8,1	9,2	9,5	5,5	5,9
V - RYCHLOST m/s	3,3	4,35	4,77	6,0	6,25	7,5	3,23	4,77	6,25	6,82	7,5	3,85	5,08	5,66	6,68	7,5	2,31	3,62	4,62	5,77	7,14	7,5	2,5	2,86
V - RYCHLOST km/h	11,88	15,66	17,17	21,6	22,5	27,0	11,63	17,17	22,5	24,6	27,0	13,86	18,3	20,4	24,0	27,0	8,32	13,0	16,63	20,77	25,7	27,0	9,0	10,3
ČAS BEZ BRZD. ÚČINKU s			3,5						3,5					3,5						3,5				
PROJEKT. DRAHA BEZ BRZD. ÚČINKU m	11,5	15,2	16,7	27,0	27,9	26,3	11,3	16,7	27,9	23,9	26,3	13,5	17,8	19,8	23,4	24,3	8,1	12,7	16,2	20,2	25,0	26,3	8,7	10,0
ČISTA ZÁBRZD. L - VZDÁLENOST m	12,5	19,8	23,3	36,0	39,7	54,7	14,7	27,3	45,1	52,7	61,7	13,5	21,2	26,2	34,6	42,7	5,9	9,3	15,8	22,8	34,0	36,7	5,3	7,0
SMYŠLENÝ EVAN. L - PROJ. TŘ. NAL. s	1,8	3,55	3,82	3,11	2,14	2,84	0,7	1,11	2,37	2,76	2,78	1,17	1,17	1,50	2,48	2,99	0,34	1,17	1,17	1,17	2,94	2,79	0,36	0,78
ČAS PLNĚNÍ BRZD. ÚČINKU s	3,9	5,0	5,4	6,6	6,7	7,9	4,1	5,8	7,4	8,2	8,4	3,5	4,6	5,2	6,3	7,0	2,4	2,9	3,7	4,6	5,7	6,0	2,0	2,4
PRŮMĚR. ZPOZDĚN. NA L m.s ⁻²	0,847	0,870	0,884	0,910	0,933	0,950	0,789	0,824	0,845	0,883	0,893	1,102	1,107	1,090	1,062	1,071	0,969	1,249	1,250	1,253	1,252	1,250	1,250	1,192
PRŮMĚR. ZPOZDĚN. NA ZÁBRZD. DR. m.s ⁻²	0,446	0,572	0,536	0,594	0,607	0,658	0,425	0,536	0,573	0,583	0,632	0,550	0,628	0,657	0,683	0,715	0,392	0,567	0,642	0,712	0,776	0,790	0,455	0,485
V ²	142,2	245,2	294,8	466,6	506,2	729	135,3	294,8	506,2	605,2	729	192	335	416,2	576,0	729	692	169	275,5	432,6	660	729	81,0	106,1
3,85 V ²	547,1	944	1135	1796	1950	2807	520,9	1135	1950	2330	2807	739,2	1290	1602	2218	2808	266	650	1059	1665	2540	2808	3119	407
$\frac{3,85 V^2}{L}$	43,75	47,7	48,7	49,9	49,9	51,3	35,4	41,6	43,2	44,7	45,5	54,8	60,85	61,2	64,0	65,8	45,7	63,2	67,0	73,0	74,8	76,5	58,8	58,3
C _i	0,612	0,634	0,643	0,669	0,675	0,702	0,610	0,634	0,675	0,688	0,702	0,622	0,649	0,663	0,684	0,702	0,590	0,618	0,640	0,664	0,694	0,702	0,594	0,602
i _r = L · C _i	1,100	2,25	2,46	2,08	1,44	2,00	0,428	0,700	1,625	1,900	2,02	0,728	0,760	0,995	1,69	2,10	0,2	0,723	0,750	0,768	2,04	1,96	0,214	0,465
$\frac{3,85 V^2}{L} + i_r$	42,65	45,45	46,26	47,82	48,46	49,30	34,97	40,90	47,58	42,8	43,48	54,072	59,19	60,20	62,37	63,7	44,9	62,48	66,25	72,2	72,8	74,54	58,6	57,8
ψ	0,834	0,947	0,994	1,068	1,085	1,14	0,823	0,994	1,085	1,12	1,14	0,880	1,007	1,046	1,101	1,14	0,666	0,872	0,969	1,054	1,13	1,14	0,716	0,765
6,1 ψ	5,08	5,78	6,06	6,57	6,62	6,95	5,02	6,06	6,62	6,83	6,95	5,41	6,14	6,38	6,71	6,95	4,06	5,32	5,89	6,44	6,90	6,95	4,36	4,66
$\frac{3,85 V^2}{L} + i_r - 6,1 \psi$	8,4	7,85	7,62	7,33	7,32	7,7	6,99	6,73	6,29	6,27	6,25	10,0	9,65	9,43	9,38	9,19	11,1	11,75	11,26	11,23	10,55	10,71	13,45	12,4
-111 - 1	7,4	6,85	6,62	6,33	6,32	6,7	5,99	5,73	5,29	5,27	5,25	9,0	8,65	8,43	8,38	8,19	10,1	10,75	10,26	10,23	9,55	9,71	12,45	11,4
L _r = (111 - 1) · 10 %	74,0	68,5	66,2	63,3	63,2	67,0	59,9	57,3	52,9	52,7	52,5	90,0	86,5	84,3	83,8	81,9	101	107,5	102,6	102,3	95,5	97,1	124,5	114,0
L = $\frac{L_r}{C_1}$ C ₁ = 1,05	70,5	65,2	63,0	60,3	60,2	58,0	57,1	54,6	50,4	50,2	50,0	85,5	82,4	80,3	78,8	78,0	95,7	102,5	97,6	97,5	91,0	92,5	118,5	108,5
BRZD. VÁHA SOUPRAVY NP	722,2	668	646	618	617	595	585	559	515	514	512,5	562	542	528	519	512	630	674	642,5	640	599	608	780	714
BRZD. VÁHA VOZŮ NP	608,4	563	544	520,6	520	507,3	585	559	515	514	512,5	562	542	528	519	512	630	568	541,3	539	504,5	512,2	657	607,5
BRZD. VÁHA LOKOMOTIVY NP	113,8	105	102	97,4	97	93,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	101,2	101	94,5	95,8	123	112,5
BRZD. VÁHA 1 VOZU NP	67,6	62,6	60,4	58,5	57,8	57,7	65,0	62,7	57,2	57,1	57,0	62,5	60,3	58,7	57,7	56,9	67,0	63,1	60,1	59,9	56,0	56,9	73,0	66,8
RED. BRZD. VÁHA VOZU NP	62,9	58,2	56,2	53,9	53,8	57,8	60,5	57,7	53,2	53,1	53,0	58,0	56,0	54,5	53,6	52,9	65,1	58,7	56,0	55,6	52,7	52,9	67,9	62,7
RED. BRZD. VÁHA LOKOM. NP	105,2	97,2	94,4	90,2	89,8	86,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,2	93,8	93,5	87,5	88,8	114	104,2

ZÁBRZDNÉ ZKOUŠKY

SE SOUPRAVOU 9 LH VOZŮ 40 m³ VÝROBY ČSSR A EL. LOK. E2E (1501) DNE 17.2.1966

NA DOLE ČS. ARMÁDY

KLESÁNÍ TRATI 1,1 AŽ 3,8 ‰

ZÁBRZDNÁ VZDÁLENOST LOŽENÉ SOUPRAVY - BRZDĚNO JEN VOZY
 ZÁBRZDNÁ VZDÁLENOST LOŽENÉ SOUPRAVY - BRZDĚNO LOKOMOTIVOU I VOZY
 ZÁBRZDNÁ VZDÁLENOST PRAZDNÉ SOUPRAVY - BRZDĚNO JEN VOZY
 ZÁBRZDNÁ VZDÁLENOST PRAZDNÉ SOUPRAVY - BRZDĚNO LOKOMOTIVOU I VOZY

