



**FWD KUAB TEHERBÍRÁSMÉRÉS  
PÁLYASZERKEZETEK MEGERŐSÍTÉSE  
A SZLOVÁK ÚTHÁLÓZATON**

**Ing. Benkó Zsolt**  
Slovenská správa ciest  
Szlovák Közúti Igazgatóság, Bratislava

**doc. Dr. Ing. Jozef Komačka**  
Žilinská univerzita v Žiline  
Žilina-i Egyetem, Žilina

**Szlovákia közúthálózata**

**Autópálya és a közúthálózat hossza .... 17 809 km**

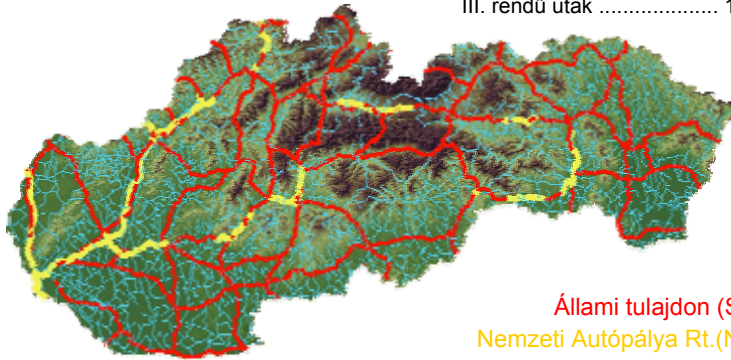
Autópálya D1,D2,D4 .....	328 km	...	2%
I. rendű utak .....	3 341 km	...	19%
II. rendű utak .....	3 734 km	...	21%
III. rendű utak .....	10 401 km	...	58%



## Szlovákia közúthálózata

**Autópálya és a közúthálózat hossza .... 17 809 km**

Autópálya D1,D2,D4 .....	328 km	...	2%
I. rendű utak .....	3 341 km	...	19%
II. rendű utak .....	3 734 km	...	21%
III. rendű utak .....	10 401 km	...	58%



Állami tulajdon (SSC): 3 092 km

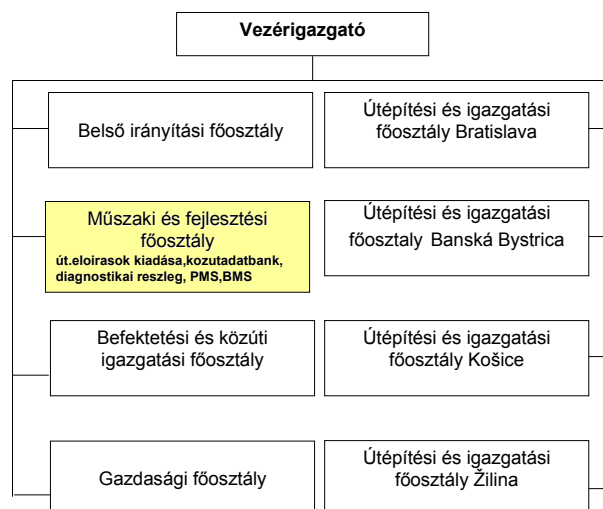
Nemzeti Autópálya Rt.(NDS): 549 km

Területi (megyei) önkormányzat (SK), BA, KE: 14 168 km

**Σ :17 809 km**

## Szlovák Közúti Igazgatóság szervezeti felépítése

Az SSC (SZKI) a közhasznú társaság és a Közlekedési Minisztérium irányítása alá tartozik.



## Diagnosztikai mérőkocsik



Videocar

Profilograph GE

KUAB FWD 50

Skiddometer BV 11



## FWD KUAB TEHERBÍRÁSMÉRÉS PÁLYASZERKEZET MEGERŐSÍTÉSE A SZLOVÁK ÚTHÁLÓZATON

Szlovákiában KUAB típusú nehézejtősúlyos mérőeszközöket használunk.

-1992: az első FWD **KUAB 2m-150** behajlasmérő

-2003-tól: FWD **KUAB 2m-50**

Ezek a behajlasmérők a Szlovák Közúti Igazgatóság, Adatbanki osztály, Diagnosztikai részlegén vannak üzemeltetve.

## FWD KUAB 2m-50



## FWD KUAB 2m-50 részletes bemutatása

### FWD KUAB 2m-50:

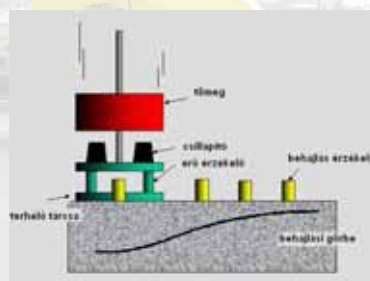
- Toyota LandCruiser típusú vontató jármű
- KUAB vontatott utánfutó:
- súlyok és erő-csillapítók (2+2 db.)
- szeizmométerek 0, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500 mm távolságban a terhelés középpontjától
- elemekből álló terhelő tárcsa 300 mm-es átmérővel
- távolságmérő
- laptop, szoftver

### Mérés paramétere:

- terhelés terjedelme: 12 kN - 50 kN
- terhelés időbeli felfutása: 17 ms - 23ms
- terhelés időtartama: 40 ms - 60 ms

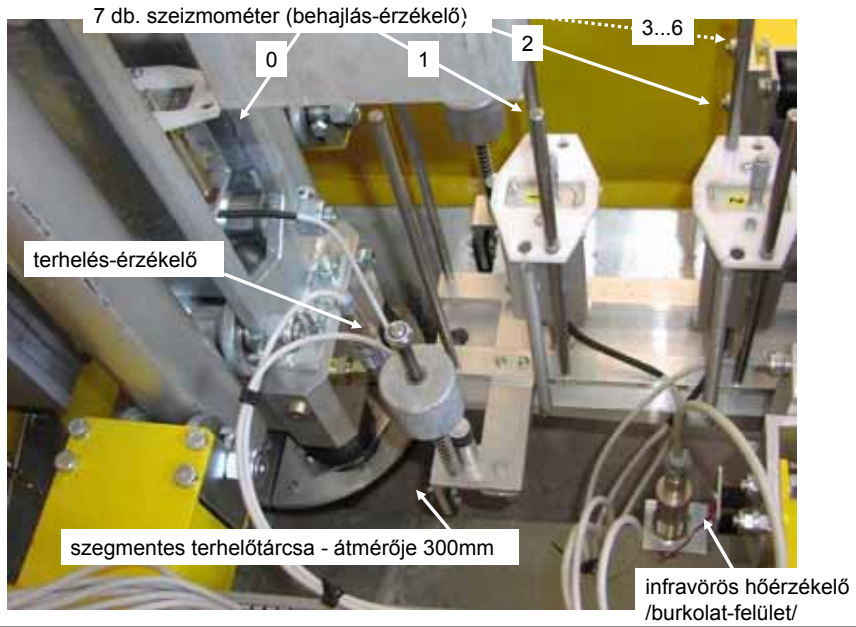
### Lemért adatok:

- szeizmométerek alatt mért behajlás
- útburkolat-felületi hőmérséklet
- levegő hőmérséklete
- pályaszerkezet rugalmassági modulusa E





FWD KUAB 2m-50



FWD KUAB 2m-150



FWD KUAB 2m-150



szegmentes tárcsák - átmérő 300mm és 450mm

FWD KUAB 2m-150

terhelő súly 13db. /150kN/

dinamikus erőátvitel: gumis-  
erőcsillapítók 3+3 vagy 9+9 db.



terhelés időhossza: 40-60ms  
lehetséges terhelés: 12-150kN

FWD KUAB 2m-150



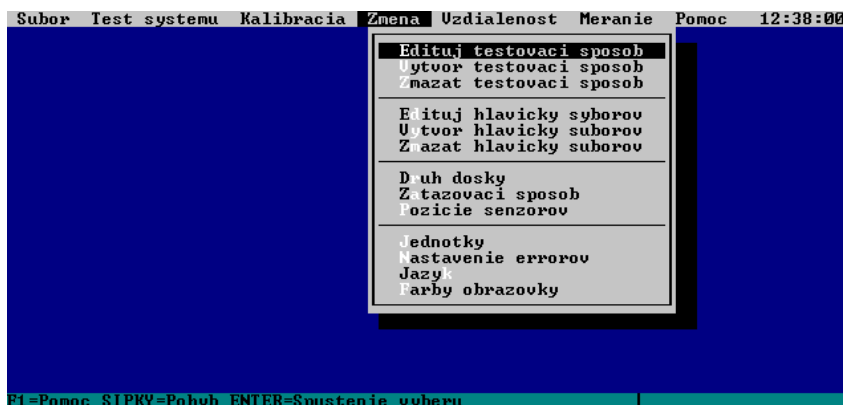
FWD KUAB 2m-50



Ahhoz, hogy a mért adatok megbízhatóak legyenek, elengedhetetlen a mérőeszköz kalibrációja valamint a mérés is a mérési feltételek betartása szerint kell hogy legyen elvégezve. A mérőeszköz minden 3 évben van kalibrálva a gyártónál.

A mérések és a mért adatok kiértékelése az útügyi műszaki előírások értelmében történnek.

### FWD KUAB mérési és kalibrációs szoftvér



KUAB FWOP operating program.



```

HKategória cesty : I
HCislo cesty : 77
HPopis useku : Raska Uola - Obrucne
HPoc.uzl.bod : 2741A01800
HKon.uzl.bod : 2741A02200
HZac.ner.Dm1 :
HKon.ner.Dm1 :
HSmr.nerania : 1
HMerany pruh : pravy
HPvrch vozovky : AB
H :
HTyp zariadenia : KUAB FVD 150
HTest sposob :
HUykonav. sondaze : N
H :
HOperator : Benko
HCislo suboru :
HCislo diskety :
HKomentar : meranie pre SSC BA

IDatum : 24-09-1999
IZatazovaci sposob: 2 (3+3 buffers, 3 stack weights)
IPolmer dosky : 15.0 (cm)
IZlacte usporiad: SLOVENSKA SPRAVA CIEST
HIderova sekvencia: 23
IZaznan padu? : NY
IUska padu : 1 2 3 4
IKontakna sila : 18.0 26.0 50.0 71.0 kN
ICislo senzora : 0 1 2 3 4 5 6
IUzdial senzora : 0.0 30.0 45.0 60.0 90.0 120.0 150.0 (cm)
IPoloha senzora : STRED ZA ZA ZA ZA ZA ZA

IReferencna vzdial: 0 m
IUzdialenost ner.bodov: 40 m

J Stanic Imp Zataz D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 Uzd Uoz E-mod Cas
J n Num kN sm sm sm sm sm sm sm sm °C °C D0 hh:mm:ss>>
J
c Komentar : meranie v smere 1 »
c Komentar : uls 2741A01800 2741A02200 »

```

#### A mérés kísérő és azonosító adatok:

-út kategóriája, száma, mérés helye, mért szakasz lokalizációs rendszerben, mérés iránya, burkolatfelület típusa

-mérés jellegző adatai: tárcsa átmérője, terhelés konfigurációja, választott terhelő erők, behajlást érzékelő szeizmométerek pozíciója, mérési pontok távolsága

```

IDatum : 24-09-1999
IZatazovaci sposob: 2 (3+3 buffers, 3 stack weights)
IPolmer dosky : 15.0 (cm)
IZlacte usporiad: SLOVENSKA SPRAVA CIEST
HIderova sekvencia: 23
IZaznan padu? : NY
IUska padu : 1 2 3 4
IKontakna sila : 18.0 26.0 50.0 71.0 kN
ICislo senzora : 0 1 2 3 4 5 6
IUzdial senzora : 0.0 30.0 45.0 60.0 90.0 120.0 150.0 (cm)
IPoloha senzora : STRED ZA ZA ZA ZA ZA ZA

IReferencna vzdial: 0 m
IUzdialenost ner.bodov: 40 m

J Stanic Imp Zataz D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 Uzd Uoz E-mod Cas
J n Num kN sm sm sm sm sm sm sm sm °C °C D0 hh:mm:ss>>
J
c Komentar : meranie v smere 1 »
c Komentar : uls 2741A01800 2741A02200 »
D 3210 2 50.5 185 136 114 96 66 45 33 13 13 886 08:52:15 »
D 3250 2 51.1 274 194 156 127 81 54 38 14 14 605 08:53:46 »
c Komentar : 3275 m : km 34.0 »
D 3290 2 51.2 323 234 190 153 93 60 36 14 15 514 08:54:55 »
D 3330 2 51.5 184 138 119 102 72 54 41 14 15 908 08:56:10 »
D 3370 2 51.1 150 120 108 94 68 53 39 14 15 1106 08:57:10 »
D 3410 2 51.4 167 133 118 104 76 56 41 14 15 1000 08:58:19 »
D 3450 2 51.3 253 192 165 137 87 57 38 14 14 658 08:59:24 »
D 3490 2 51.1 136 100 97 85 61 46 34 14 13 1217 09:00:01 »
D 3530 2 51.6 250 154 115 89 55 37 26 14 13 670 09:00:23 »
c Komentar : 3570 m : vyspravky, plus opravy »
D 3570 2 50.5 207 124 94 71 37 18 8 14 12 794 09:04:42 »
D 3610 2 51.0 357 214 157 115 56 28 14 14 12 464 09:05:53 »
c Komentar : 3650 m : vyspravky »
D 3650 2 51.2 486 298 211 143 61 25 13 14 13 342 09:07:01 »
D 3690 2 51.4 319 215 173 138 87 56 36 14 13 524 09:08:15 »
c Komentar : 3730 m : vyspravky »
D 3730 2 51.4 272 160 114 83 42 23 12 14 13 613 09:09:31 »

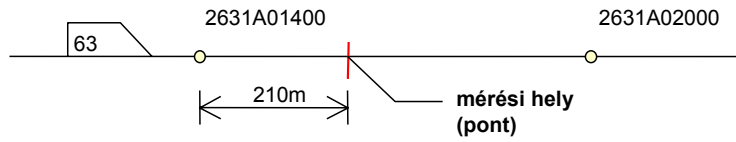
```

#### Lemért értékek:

-csomóponttól megtett távolság /mérési pozíciója/, terhelő erő /kN/, behajlás értéke a szeizmométerek alatt D0-D6, levegő hőmérséklet, burkolat-felületi hőmérséklet, rugalmassági modulus E-mod, időpont

**Jegyzetek:** burkolatfelületi állapot, vízelvezetés, árkak állapota, hidak, átérsek, időjárás ....

### A mért hely leírása csomóponti lokalizációs rendszerben



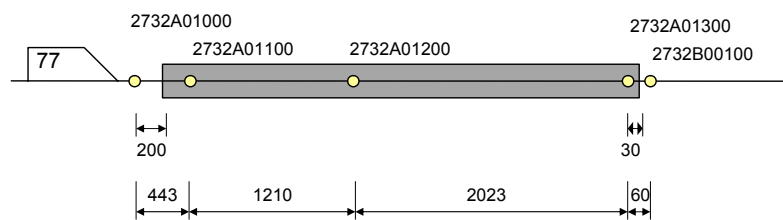
leírás:

I/63 2631A01400 2631A02000 210



csomópontok jelölése

### A mért szakasz leírása csomóponti lokalizációs rendszerben



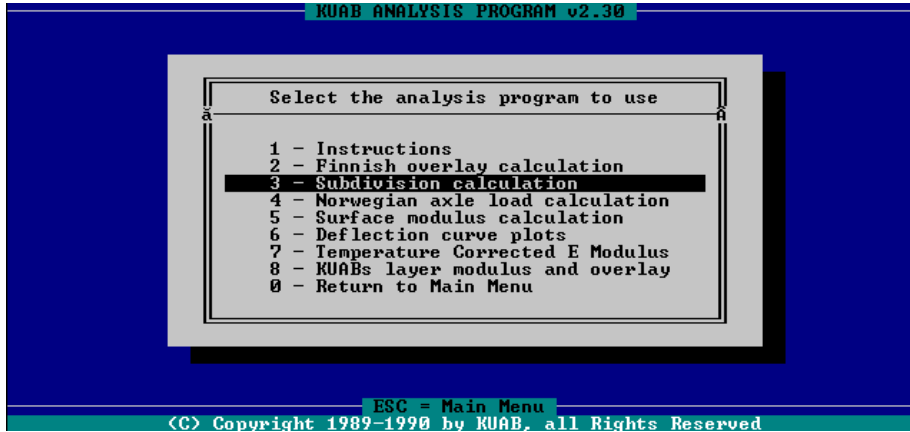
Leírás:

I/77 2732A01000 2732A01100 200 2732A01300 2732B00100 30 3506 pl: útpálya szerkezete

Részletes leírás:

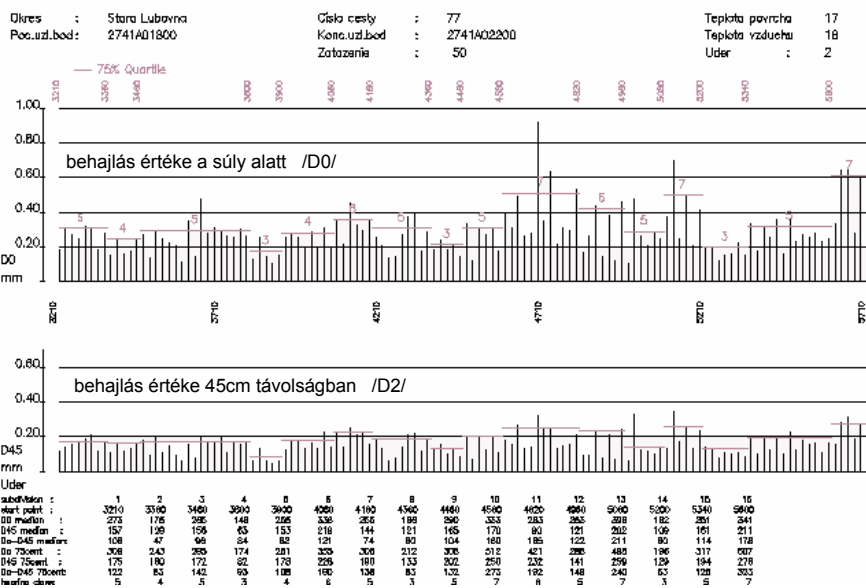
I/77	2732A01000	2732A01100	200	2732A01000	2732A01100	443	243
	2732A01100	2732A01200	0	2732A01100	2732A01200	1210	1210
	2732A01200	2732A01300	0	2732A01200	2732A01300	2023	2023
	2732A01300	2732B00100	0	2732A01300	2732B00100	30	30
							3506 m

## FWD KUAB szoftvér

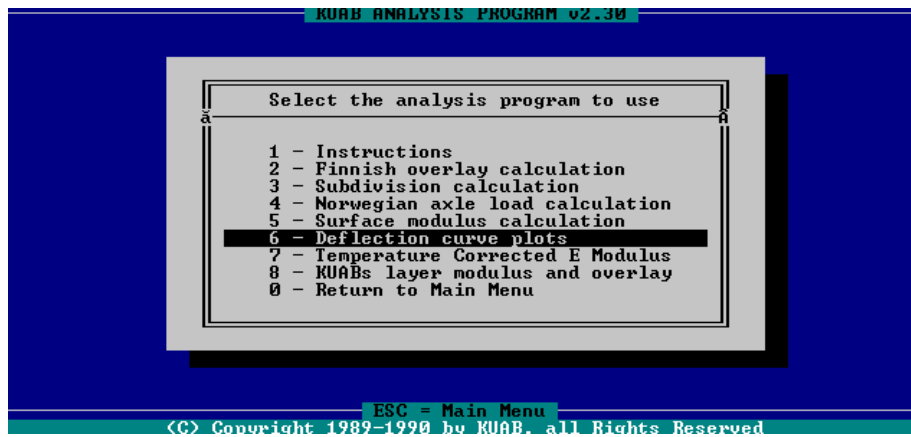


KUAB FWMENY analysis program – homogén szakaszok meghatározása behajlás szempontjából

## FWD KUAB szoftvér



## FWD KUAB szoftvér



KUAB FWMENY analysis program – behajlási görbe kirajzolása

## FWD KUAB szoftvér

Data from File C:\FWMENY\DATA\S19SL77.DAT

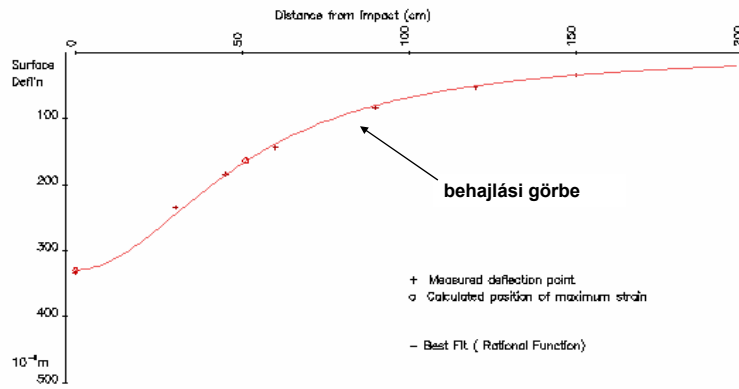
3210	2	50.5	185	136	114	96	66	45	33	13	13	886	08:52:
3250	2	51.1	274	194	156	127	81	54	38	14	14	605	08:53:
3290	2	51.2	323	234	190	153	93	60	36	14	15	514	08:54:
3330	2	51.5	184	138	119	102	72	54	41	14	15	908	08:56:
3370	2	51.1	150	120	108	94	68	53	39	14	15	1106	08:57:
3410	2	51.4	167	133	116	104	76	56	41	14	15	1000	08:58:
3450	2	51.3	253	192	165	137	87	57	38	14	14	658	08:59:
3490	2	51.1	136	108	97	85	61	46	34	14	13	1217	09:02:
3530	2	51.6	250	154	115	89	55	37	26	14	13	670	09:03:

(C) Copyright 1989-1990 by KUAB, all Rights Reserved

KUAB FWMENY analysis program – behajlási görbe kirajzolása

## FWD KUAB szoftvér

FILE : Bratislava--vidiek      DATE : 503      SURF TEMP : 24  
DISTRICT : 4422A00803      OBJECT : 3444A00400      AIR TEMP : 21  
POSITION : 17430      LOAD : 50.1      IMPACT : 2



## Mérési feltételek

### TP02/2006 – útügyi műszaki előírás

#### A hajlékony és félmerev aszfalt-burkolatú pályaszerkezetek mérésénél betartandó mérési feltételek:

- burkolatfelület hőmérsékleti intervallum: 5°C - 30°C
- mérést a jobboldali keréknyomban kell elvégezni
- 30cm átmérőjű tárcsát kell használni
- terhelési erőt 50kN-ra kell beállítani

## Adatok felhasználása

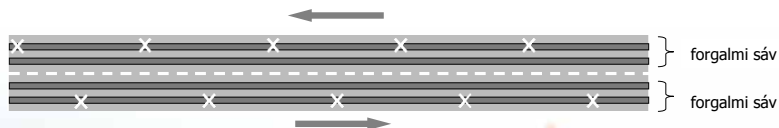
### **A KUAB mérőeszközzel mért adatok felhasználása a PMS (pavement management system) útgazdálkodási rendszerben :**

**úthálózati szinten** az utak feltérképezésére és osztályozására, felderítési mérések- mérési pontok távolsága 200m, mérés kétoldalú az ellenkező irányban 50%-os eltolású

- **projekt szinten** kerületi közúti igazgatóságoktól javasolt a következő évi javítási tervbe vett útszakaszok- mérési pontok távolsága 40m, a mérés kétoldalú az ellenkező irányban 50%-os eltolású, a maradék élettartam meghatározása és a szükséges erősítési rétegvastagság számítása megfelelő javítási technológia kidolgozása céljából

- **leromlási tényezők meghatározására kiválasztott kísérleti útszakaszok** /1 km hosszúságú, 23 kísérleti útszakasz/ – különböző pályaszerkezettel, terep és hőmérsékleti szempontból kiválasztott, stb... ezek minden évben tavasszal és ősszel is fel vannak mérve, mérési pontok távolsága 20m, a mérés egyoldalú

## Adatok felhasználás



### **A KUAB mérőeszközzel mért adatok mennyisége:**

úthálózati szint	
200m mérési pontok távolsága	236 km
projekt szint	
40m mérési pontok távolsága	90 km
kísérleti útszakaszok	
20m mérési pontok távolsága	40 km
egyébb mérések	77 km
<b>összesen 2006-ban:</b>	<b>443 km</b>

## Adatok felhasználása – úthálózati szint

Tájékoztató jellegű értékelés az ekvivalens rugalmassági modulus alapján:

$$E_{ekv} = 2 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \frac{\sigma \cdot a}{Y_{0,T20,50}}$$

$E_{ekv}$  - ekvivalens rugalmassági modulus

$Y_{0,T20,50}$  – súly alatt mért behajlás, korrigálva 50 kN terhelési erőre és 20°C hőmérsékletre

$\sigma$  - a terhelő tárcsa alatt keletkező kontakt feszültség [MPa]

$a$  - a terhelő tárcsa sugara [m]

$\mu$  – Poisson tényező

## Adatok felhasználása – úthálózati szint

Teherbírás-értékelési kritériumok:

<b><i>Forgalmi terhelési osztály: I. és II. (nehéz teherforgalom/24 ó. &gt; 1501)</i></b>			
Osztályzás	Rugalmassági modulus $E_{ekv}$ /MPa/		Teherbírás-jellemzés
	Hajlék. pályasz.	Félmerev pályasz.	
1	>900	>1100	Kitűnő
2	801 – 900	951 – 1100	Nagyon jó
3	701 – 800	851 – 950	Jó
4	650 – 700	800 – 850	Elégséges
5	<650	<800	Nem megfelelő

<b><i>Forgalmi terhelési osztály: III. (nehéz teherforgalom/24 ó. 1001 – 1500)</i></b>			
Osztályzás	Rugalmassági modulus $E_{ekv}$ /MPa/		Teherbírás-jellemzés
	Hajlék. pályasz.	Félmerev pályasz.	
1	>800	>950	Kitűnő
2	701 – 800	851 – 950	Nagyon jó
3	601 – 700	751 – 850	Jó
4	550 – 600	700 – 750	Elégséges
5	<550	<700	Nem megfelelő

## Adatok felhasználása – úthálózati szint

Teherbírás-értékelési kritériumok:

<b>Forgalmi terhelési osztály: III. (nehéz teherforgalom/24 ó. = 501 – 1000)</b>			
Osztályzás	Rugalmassági modulus $E_{ekv}$ /MPa/		Teherbírás-jellemzés
	Hajlék. pályasz.	Félmerev pályasz.	
1	>650	>800	Kitűnő
2	571 – 650	721 – 800	Nagyon jó
3	501 – 570	651 – 720	Jó
4	450 – 500	600 – 650	Elégséges
5	<450	<600	Nem megfelelő

<b>Forgalmi terhelési osztály: IV.-VI (nehéz teherforgalom/24 ó. ≤ 500)</b>			
Osztályzás	Rugalmassági modulus $E_{ekv}$ /MPa/		Teherbírás-jellemzés
	Hajlék. pályasz.	Félmerev pályasz.	
1	>600	>750	Kitűnő
2	521 – 600	671 – 750	Nagyon jó
3	451 – 520	601 – 670	Jó
4	400 – 450	550 – 600	Elégséges
5	<400	<500	Nem megfelelő

## Adatok felhasználása – úthálózati szint

- Az úthálózati szinten főleg olyan hajlékony pályaszerkezetű I.rendű utak vannak felmérve, amelyeken nagyobb a nehézközlekedési forgalom.
- Az I.rendű utak összhosszából ami 3341 km, cca. **10%** ezeknek az utaknak **csökkentett teherbírású**.
- Az újjonnan épült vagy cca.15-20 évben rekonstruált utak az úthálózati szinten elvégzett mérések alapján megfelelő eredményeket mutatnak ki.
- A jövőben - az egész úthálózaton több mérésekre lenne szükség hogy komplex képet kapjunk az alacsonyabb rendű, II. és III. osztályú utakról is.



vízvezetés



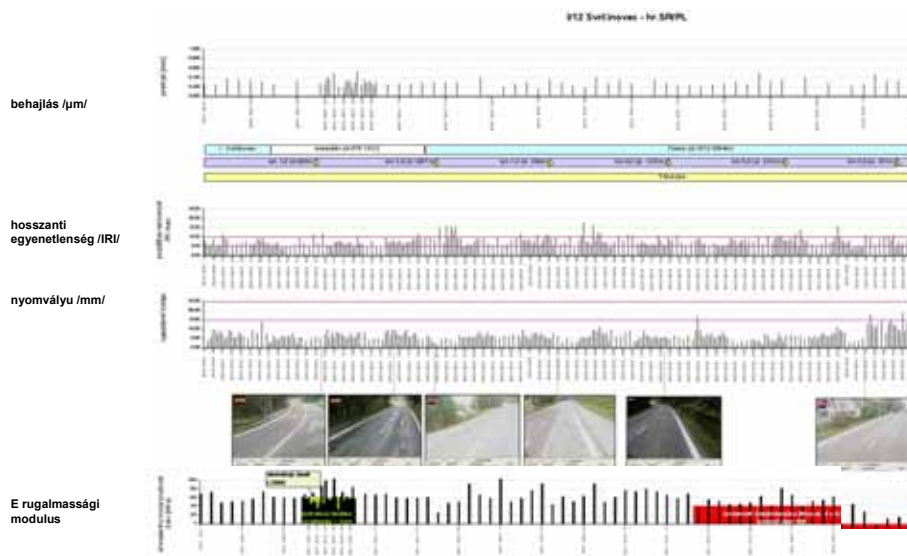


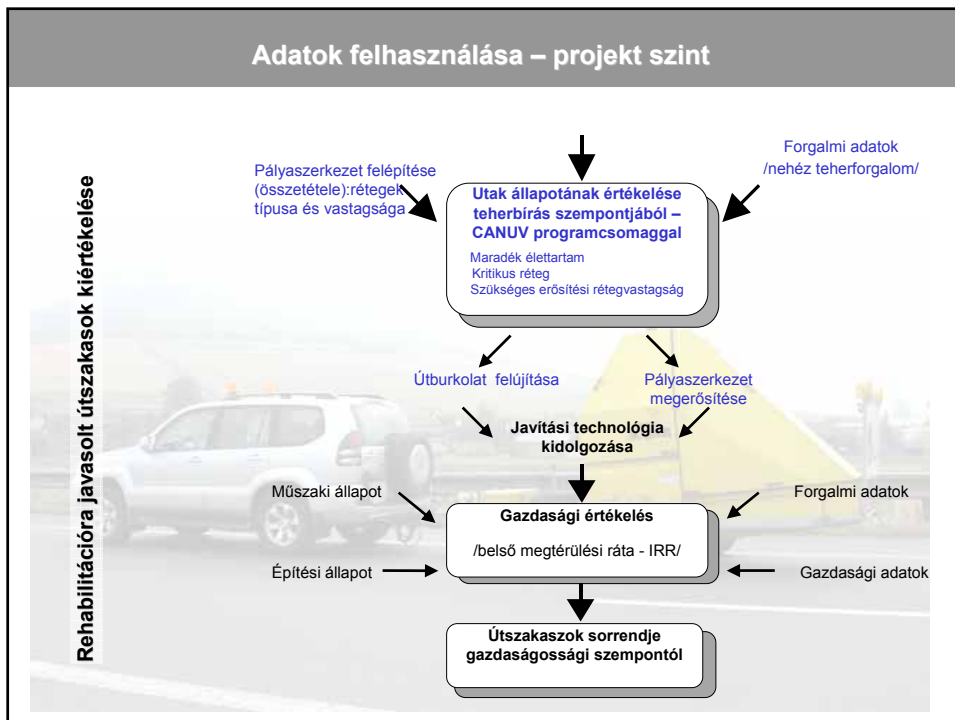
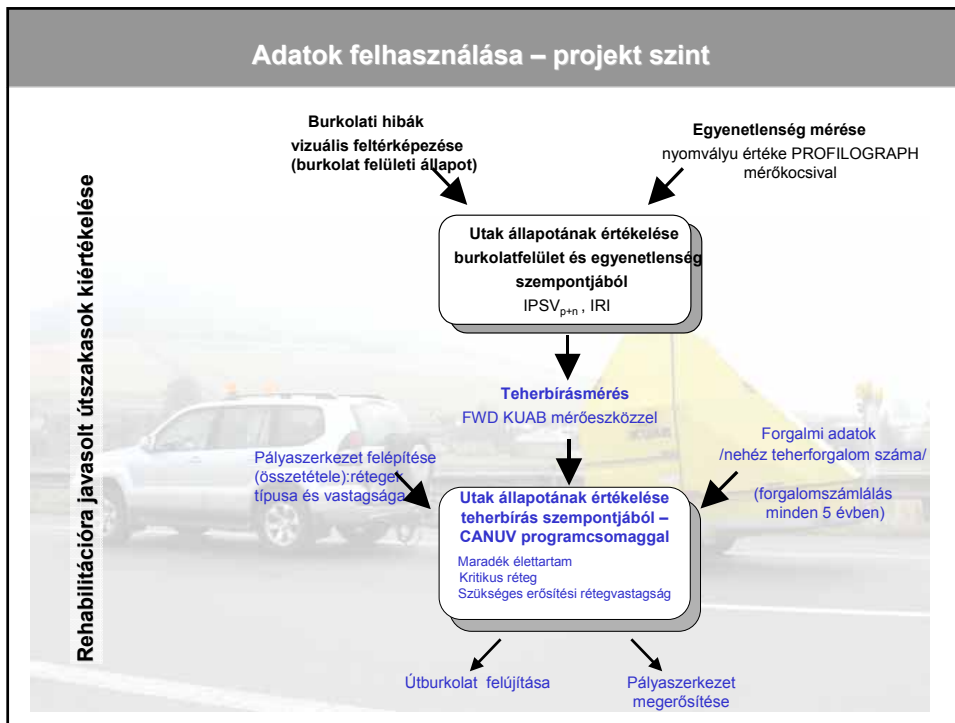
## Adatok felhasználása – úthálózati szint

2005 és 2006-ban elvégzett úthálózati mérések – I.rendű utak:



## Adatok felhasználása – úthálózati szint





## Adatok felhasználása – projekt szint

Rehabilitációra /javításra/ javasolt szakaszok végleges sorrendje:

Microsoft Excel - Zozn\_00.xls

Datái | Próbázni | Lupa | Isk... | Váglód... | Okrae | Zobrazit konce stránek | Zavřít | Nápozędá

Poradie stavieb navrhnutých na rehabilitáciu pre rok 2000.

por.	SÚ	číslo cesty	názov stav. úseku	dĺžka [m]	kumul. dĺžka [m]	cena v SK	kumulácia cena v SK	lim. cena v SK [mil. po SK]	lim. dl. [m]	rozdiel dl. [m]
1.	HN	I/74	mesto Humenné	1 402	1 402	2 566 532	2 566 532	2 566 532	1402	
2.	TN	I/61	Trenčín	113	1 515	350 000	2 916 532	350 000	113	
3.	BB	II/529	Mazanikovo - Brezno	800	2 315	1 260 000	4 176 532	1 260 000	800	
4.	TN	I/57	Horné Štíto	2 075	4 390	4 357 000	8 533 532	4 357 000	2075	
5.	PX	I/61	prieťah Kolesca	160	4 570	500 560	9 034 092	500 560	160	
6.	BB	II/529	Čierny Bál - Mazanikovo	460	5 030	1 100 000	10 214 092	1 100 000	460	
7.	D.S	I/63	z.Kútniky - k.Kútniky	1 178	6 208	1 635 581	11 849 673	1 635 581	1178	
8.	ZA	I/18	Strečno	1 500	7 708	4 300 000	16 149 673	4 300 000	1500	
9.	D.S	I/63	z.Dolný Bar - k.Dolný Bar	1 501	9 209	2 212 760	18 362 433	2 212 760	1501	
10.	BH	II/502	Vínosady - Modra	1 900	11 109	2 800 000	21 162 433	2 800 000	1900	
11.	ZA	II/502	Pov-Chlmec	596	11 695	750 000	21 912 433	750 000	596	
12.	P.O	I/18	Pr.okr. Lesoča - odo.diaľnice D1	3 140	14 835	3 526 000	25 438 433	3 526 000	3140	
13.	LM	I/18	Ružomberok	1 296	16 133	4 921 560	30 360 043	4 921 560	1296	
14.	VK	I/75	Veľký Krtíš	560	16 693	900 000	31 260 043	900 000	560	
15.	MI	I/50	Trhovište prietah	1 495	18 188	2 392 000	33 652 043	2 392 000	1495	
16.	MT	I/18	Dubná Skala - kr.III/016294	3 611	21 799	15 400 000	49 052 043	6 000 000	1407	2 204
17.	SN	I/18	Kónstne - Pr.okr.P.O (Branisko)	5 472	27 271	14 890 000	63 942 043	6 000 000	2235	3 237
18.	PP	I/18	Pr.okr. LM - T.Štba	3 253	30 564	6 920 000	70 862 043	6 000 000	2855	438
19.	BB	I/66	Sl. Dúpa	723	31 287	1 600 000	72 462 043	1 600 000	723	
20.	ZV	I/50	zst. Detva - MK Durtovci	1 801	33 088	4 250 620	76 712 663	4 250 620	1801	
21.	DK	I/70	Párnica - Dolný Kútín	5 607	38 695	13 276 000	89 988 663	6 000 000	2534	3 073
22.	NZ	I/75	intražil Nové Zámky	518	39 213	658 150	90 646 813	658 150	518	
23.	D.S	I/63	Bietrá na Ostrove - Holice	2 321	41 534	5 751 106	96 397 919	2 151 659	864	1 457
24.	ZA	II/583	Nížné Kamence	1 000	42 534	850 000	97 247 919	850 000	1000	
25.	MT	I/18	Sušany	896	43 430	4 400 000	101 647 919		896	
26.	BB	I/59	intražil Banská Bystrica	500	44 020	1 300 000	102 947 919	1 300 000	500	
27.	ZV	I/50	za mo.182 Bučina - kr.Liesťovec	3 462	47 482	9 989 200	112 937 119	1 749 330	609	2 853

Náhľad: stránka 1 z 3

## Adatok felhasználása – projekt szint

### CANUV

számítógépes program a pályaszerkezet komplex elemzésére:

A program részei:

- inputadatok előkészítése /beadása/
- pályaszerkezeti rétegek E modulusainak visszaszámítása /back-calculation/
- maradék élettartam számítása
- szükséges erősítési rétegvastagság számítása

## Adatok felhasználása – projekt szint

**A CANUV program részei:** [inputadatok előkészítése /beadása/](#)

Konverzia    Priprava homogénnych úsekov    Priprava súborov    Výpočet    Výstupy    Koniec  
 Zadá názov výstupného súboru - bez prípony: c41vk527  
 Začiatkový bod homog. sekcie:    Počiatkový uzlový bod: 4621A01400    Koncový uzlový bod: 4612A01600    Stančenie: 700  
 Koncový bod homog. sekcie:    Počiatkový uzlový bod: 4621A01400    Koncový uzlový bod: 4612A01600    Stančenie: 1340  
 Zadá počet bitúmenových vrstiev: 2  
 1.vrstva - názov: ABII    hrúbka v cm: 5  
 2.vrstva - názov: PÄH    hrúbka v cm: 10  
 Podklad - nestmeleny - 1  
 stmeleny cementom - 2  
 stmeleny estattom - 3    1    hrúbka v cm: 40  
 Počet TNV: 159    Redukcia presnosti: 6    Ročný nárast v %: 2  
 Rok sčítania dopravy: 2000    Východiskový rok: 2005    Požadovaná zvyšková životnosť: 10  
 Meno výstupného súboru z CANUVu: c41vk527  
 Sú data v poriadku? (A/N): A

-pályaszerkezet felépítése: rétegek típusa és vastagságuk, alaprétegek jellege (nem kötött, kötött-hidraulikus vagy bitumenes alapréteg), alaprétegek és földmű kezdetleges E modulusainak értékei, nehéz tehergépkocsik áthaladásának száma/24ó, forgalomszámlálás éve, évközi forgalom intenzitásának növekedése, a pályaszerkezet megkövetelt hátralévő élettartama

## Adatok felhasználása – projekt szint

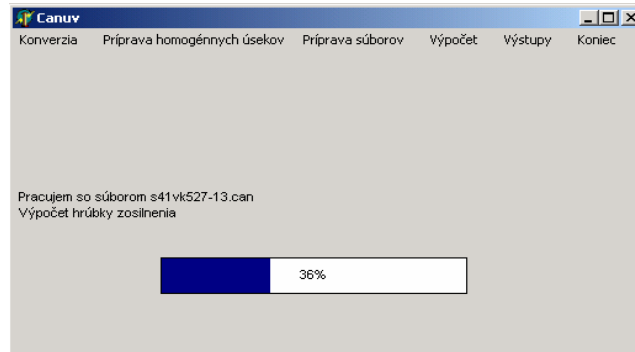
**A CANUV program részei:** [inputadatok előkészítése /beadása/](#)

s41vk527-1 - Poznámkový blok  
 Súbory    Úpravy    Formát    Zobrazíť    Pomocník  
 Vzdialenosť snímačov v cm:    0.0    30.0    45.0    60.0    90.0    120.0    150.0  
 Priehyby v mm:    y1    y2    y3    y4    y5    y6    y7  
 0.3650    0.2210    0.1720    0.1360    0.0920    0.0680    0.0510  
 Teplota pri meraní:    19  
 Polomer zat.dosky:    15.00  
 Veľkosť zat.sily v kN:    49.2  
 Bitúmenove vrstvy (názov a hrúbka v cm, počet max.4 vrstvy):    2  
 1.vrstva    hrúbka    2.vrstva    hrúbka    3.vrstva    hrúbka    4.vrstva    hrúbka  
 ABII    05    PÄH    10       00       00  
 Podklad: nestmeleny  
 hrúbka v cm    40  
 Počet TNV:    159    Redukcia presnosti:    6.0  
 Rok sčítania dopravy:    2000    Ročný nárast v %:    2.0  
 Rok merania priehybu:    18-06-2004    Požadovaná zvyš.životnosť:    10  
 Začiatkový uzlový bod:    4621A01400    Koncový uzlový bod:    4612A01600  
 Stančenie:    700  
 Číslo cesty:    527    Východiskový rok:    2005  
 Meno výstupného súboru:    c41vk527

mért adatok kiegészítve a beadott adatokkal – külön fájl minden egyes mérési ponthoz

## Adatok felhasználása – projekt szint

**A CANUV program részei:** rugalmassági E modulusok visszaszámítása

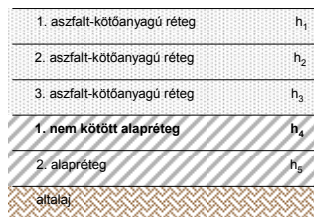


- visszaszámítási /back-calculation/ része a programnak – iterációs folyamat
- számított behajlási görbe folyamatos megközelítése a lemért behajlási görbéhez
- számított behajlási görbe a egyszerűsített pályaszerkezeti modellen van kialakítva
- a modellen kialakított behajlási görbe értékei a lineáris többrétegű rugalmas féltér elemzésén alapszik és a OPMEKO alprogrammal van kiszámítva

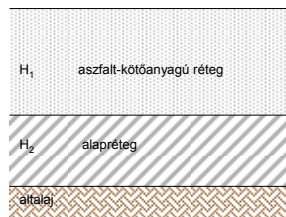
## Adatok felhasználása – projekt szint

**A CANUV program részei:** rugalmassági E modulusok visszaszámítása

**Nem kötött alaprégű pályaszerkezet**



**Modell**



**Kötött alaprégű pályaszerkezet**

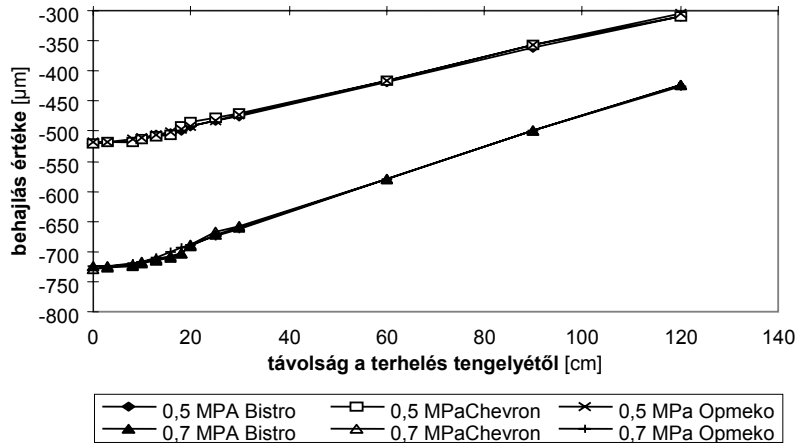


**Modell**



## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: rugalmassági E modulusok visszaszámítása

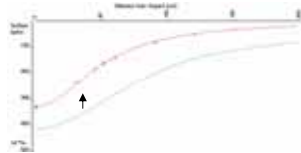


Különböző programokkal számolt behajlási értékek – a program segítségével nyert értékek megegyeznek a Bistro programból kapott értékekkel

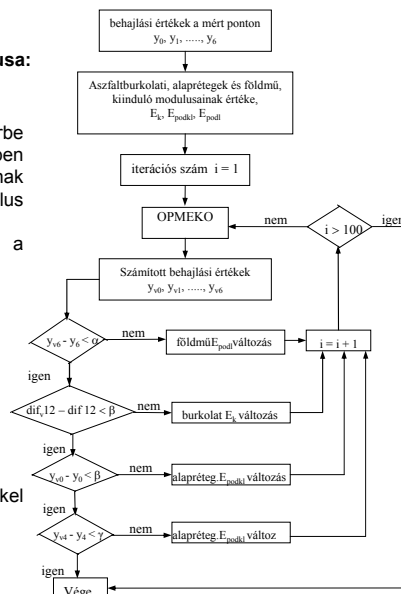
## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV programba épített visszaszámítás algoritmus:

A számítás alapja a számított és mért behajlási görbe közelítése. A két behajlási görbe közelítése lépésekben történik – iterációs alapon, miközben alkalmazva vannak azok a ismeretek, melyek befolyásolják a modulus értékének változásával a behajlási görbe alakját. Iterációk maximális száma 100. A lényeg, hogy a pályaszerkezet felépítése megegyezzen a realitással.



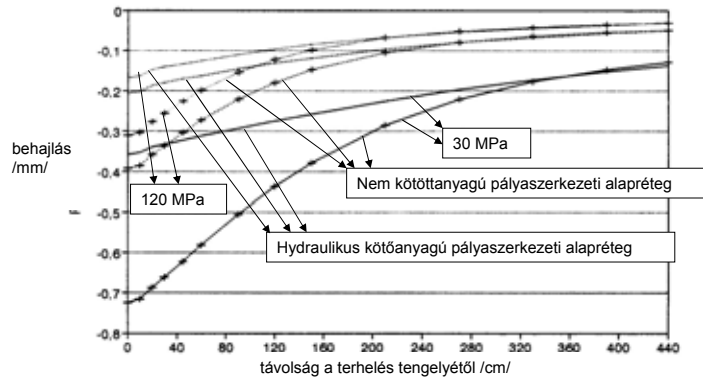
A megengedett eltérés kritériumai  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  tényezőkkel vannak megadva.



## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: [rugalmassági E modulusok visszaszámítása](#)

Földmű rugalmassági modulusának hatása:



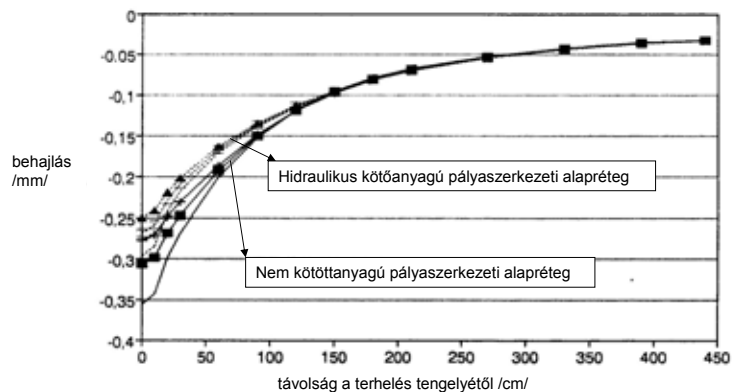
A visszszámítási algoritmus figyelembe veszi a egyes rétegmodulusok hatását a behajlás értékére és a behajlási görbe alakjára

- nem változnak a behajlási görbe alakjai (párhuzamosak a görbék)
- változik a behajlás értéke

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: [rugalmassági E modulusok visszaszámítása](#)

Burkolari rétegek (3500 - 7500 MPa) rugalmassági modulusának hatása:

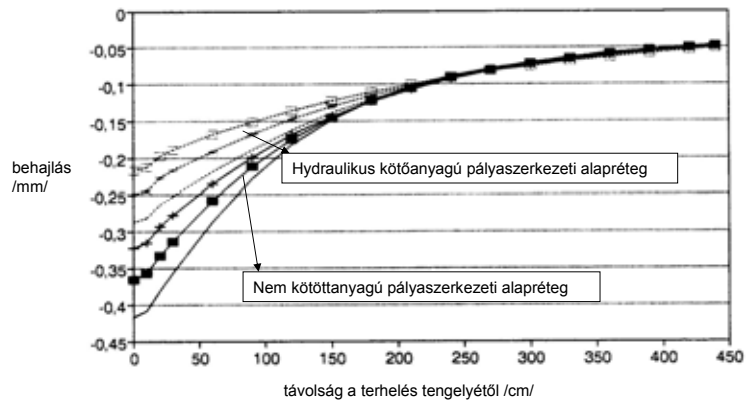


- változik a behajlási görbe alakja (sugara, esése)
- változik a behajlás értéke

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: rugalmassági E modulusok visszazámítása

Alap rétegek rugalmassági modulusának (200 až 1000 MPa) hatása:



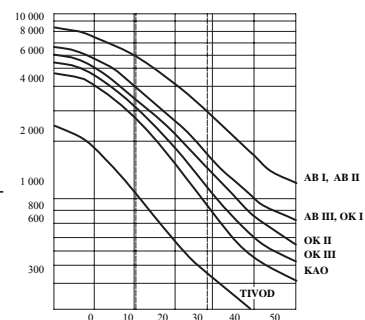
- változik a behajlási görbe alakja (sugara, esése)
- változik a behajlás értéke

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: rugalmassági E modulusok visszazámítása

Mivel a hőmérséklet az egyes mérési pontokban változó, azért a burkolati E modulus át van számítása 11°C referencia hőmérsékletre:

$$E_{cal(T11)} = E_{e(T11)} + (E_{cal(Tm)} - (7717,04 - 225,29 \times T_m + 1,94 \times T_m^2 - (5500 - E_{e(T11)})))$$



$E_{cal(T11)}$  - a model felső (aszfalt) burkolati réteg rugalmassági modulusa átszámítva 11°C [MPa]

$E_{cal(Tm)}$  - felső (aszfalt) burkolati réteg rugalmassági modulusa visszazámítással kiszámolva a mérésnél lement  $T_m$  burkolatfelületi hőmérsékletnél [MPa]

$E_{e(T11)}$  - ekvivalens rugalmassági modulus kiszámítva a mértékadó rugalmassági burkolat réteg modulusokból és a ezek rétegvastagságaiból [MPa]

$T_m$  - mérésnél lement burkolatfelületi hőmérséklet [°C]



## Adatok felhasználása – projekt szint

### A CANUV program részei: [fennmaradó élettartam számítása](#)

Egyszerűsített pályaszerkezeti modellen elvégzett számítások:

-radiális feszültségek számítása a rétegek határán /érintkezésénél/

-vertikális feszültségek számítása a földmű határán

Ezek a számítások a OPMEKO alprogrammal vannak elvégezve.

A pályaszerkezet modelljén lévő kötött rétegek fennmaradó üzemi teljesítőképessége a tervezett tengelyek mennyiségében (N) kifejezve a következő képletből számítandó ki:

$$\log N = \frac{A \cdot R_i - \sigma_r}{B \cdot R_i}$$

$\sigma_r$  - radiális feszültség a hajlításnál keletkezett húzásnál a modell kötött rétegeinek alsó határán [MPa]

$R_i$  - modell kötött rétegének anyagának szilárdsága a hajlítási húzásnál [MPa]

A, B - a pályaszerkezet-modell egyes rétegeinek anyagtényezői

## Adatok felhasználása – projekt szint

### A CANUV program részei: [fennmaradó élettartam számítása](#)

A pályaszerkezet-modellünkben lévő földmű fennmaradó üzemi teljesítőképessége tervezett tengelyterhelésben (N) van megadva és a következő képlet szerint van számítva:

$$\log N = \frac{0,00346 \times E_p - \sigma_z}{0,7 \times \sigma_z}$$

$\sigma_z$  - vertikális feszültség a modell földműjének felső határán [MPa]

$E_p$  - földmű rugalmassági modulusa - visszaszámítással számolva [MPa]

## Adatok felhasználása – projekt szint

### A CANUV program részei: [fennmaradó élettartam számítása](#)

A burkolati rétegek, alaprétegek és a földmű legkisebb N értéke határozza meg a kritikus réteget amelynél a fennmaradó üzemi teljesítőképesség az egyes következő években:

$$N_{\text{czvys},i} = N - \sum_{i=1}^k N_n \cdot \delta_i$$

$N_{\text{czvys},i}$  – fennmaradó üzemi teljesítőképesség i-évben - méretezési tengelyterhelés számban

$N_n$  – egészévi tervezett tengelyek darabszáma az adott szakaszra, forgalomszámlálás évében

$N$  – tervezett tengelyek darabszáma amelyet kritikus réteg képes az élettartam leteltéig képes átvinni

$\delta_i$  – az évközi forgalomintenzitás növekedését képező tényező

## Adatok felhasználása – projekt szint

### A CANUV program részei: [fennmaradó élettartam számítása](#)

A fennmaradó üzemi teljesítőképesség első értékénél i-évben  $N_{\text{czvys},i} < 0$  a fennmaradó élettartam:

$$ZZ = i - 1 \quad [\text{években}]$$

Az esetben, amikor a kritikus réteg maradék élettartama kisebb mint a igényelt maradék élettartam, ki van számolva a szükséges erősítési rétegvastagság.

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: [szükséges erősítési rétegvastagság számítása](#)

A szükséges erősítő rétegvastagság méretezésénél az egyszerűsített pályaszerkezeti modell egy újabb /erősítő/ réteggel van kiegészítve.

A számításnál megadott erősítési réteg:

aszfaltbeton – AB,  $E=5500$  MPa, referencia hőmérséklet  $11^{\circ}\text{C}$

tervezési időtartam = igényelt élettartam /ez általában 10 év/

Az első méretezési lépés orientációs jellegű és a súly alatt mért behajlás értékétől és tervezési időtartam alatt feltételezett forgalom nagyságától függ. Ezt követő lépésekben a méretezett rétegvastagságnak meg kell felelni a ún. *kritikus réteg kihasználtsági kritériumának* a kihasználtsági tényező szerint.

Ez a ún. *kihasználtsági tényező*:

az esetben ha a megerősítő réteg alatt lévő kritikus réteg :

- aszfaltbeton:  $S_v = 0,85 - 0,95$

- pl.cementstabilizáció, cementbeton:  $S_v = 0,92 - 0,95$

- földmű (altalaj):  $S_v \leq 1$

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: [szükséges erősítési rétegvastagság számítása](#)

Ún. *kihasználtsági tényező*:

-kötött rétegeknél: 
$$S_v = \frac{\sigma_r}{S_N \cdot R_i}$$

$\sigma_r$  - radiális feszültség a hajlításnál keletkezett húzásnál a modell kötött rétegeinek alsó határán – megerősítés után [MPa]

$R_i$  - modell kötött rétegeinek anyagának szilárdsága a hajlításnál keletkezett húzásnál –húzószilárdság [MPa]

$S_N$  - kötött anyag fáradási tényezője  $S_{N,bit} = A - B \cdot \log N_v$

A, B - a modell egyes rétegeinek anyagának együtthatói

$N_v$  - méretezési tengelyterhelés száma az erősítés tervezett időtartama alatt

## Adatok felhasználása – projekt szint

A CANUV program részei: **szükséges erősítési rétegvastagság számítása**

Ún. *kihasználtsági tényező*:

- földműnél: 
$$S_{v,p} = \frac{\sigma_z}{\sigma_{z,dov}} \leq 1$$

$\sigma_z$  - vertikális feszültség a modell földműjének felső határán [MPa]

$\sigma_{z,dov}$  - megengedett feszültség a földműn [MPa]

A feszültségek számítása OPMEKO alprogrammal vannak elvégezve.

## Adatok felhasználása – projekt szint

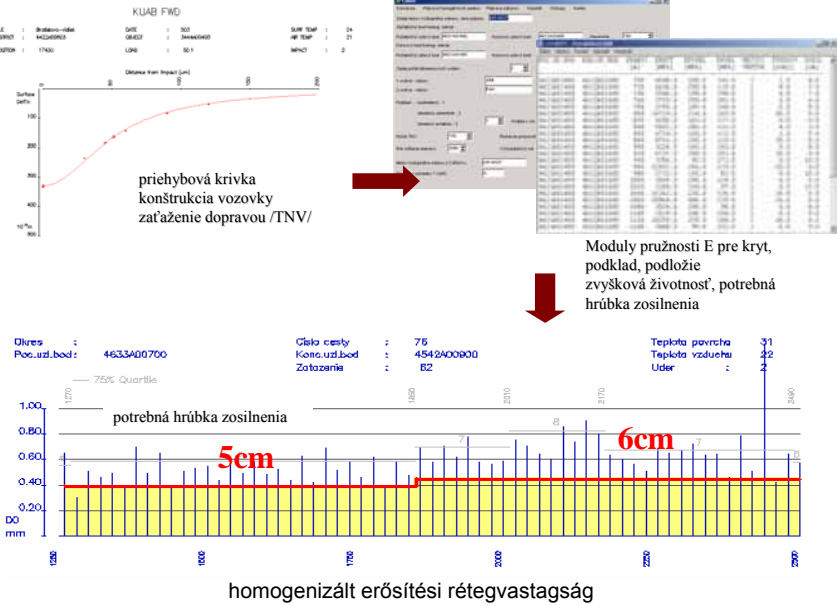
A CANUV program részei: **pályaszerkezet megerősítése méretezése**

POC.UZ.BOD	KON.UZ.BOD	STANIC [m]	EKRYT [MPa]	EPODKL [MPa]	EPODL [MPa]	KRITIC VRSTVA	ZVYSZIV [roky]	ZOSIL [cm]
4621A01400	4612A01600	700	4548.0	200.0	141.0	1	1.0	4.0
4621A01400	4612A01600	720	6636.0	200.0	110.0	1	8.0	1.0
4621A01400	4612A01600	740	3540.0	158.0	194.0	1	0.0	7.0
4621A01400	4612A01600	760	3753.0	200.0	181.0	1	0.0	6.0
4621A01400	4612A01600	780	2765.0	165.0	144.0	1	0.0	9.0
4621A01400	4612A01600	800	10724.0	214.0	160.0	1	20.0	0.0
4621A01400	4612A01600	820	4280.0	163.0	117.0	1	0.0	6.0
4621A01400	4612A01600	840	5601.0	200.0	111.0	1	4.0	3.0
4621A01400	4612A01600	860	4724.0	165.0	112.0	1	1.0	5.0
4621A01400	4612A01600	880	8761.0	200.0	110.0	1	20.0	0.0
4621A01400	4612A01600	900	3226.0	165.0	183.0	1	0.0	8.0
4621A01400	4612A01600	920	6737.0	200.0	191.0	1	10.0	0.0
4621A01400	4612A01600	940	3356.0	80.0	271.0	1	0.0	10.0
4621A01400	4612A01600	960	12431.0	266.0	120.0	1	20.0	0.0
4621A01400	4612A01600	980	2713.0	145.0	82.0	1	0.0	10.0
4621A01400	4612A01600	1000	3549.0	200.0	124.0	1	0.0	6.0
4621A01400	4612A01600	1020	2204.0	144.0	97.0	1	0.0	12.0
4621A01400	4612A01600	1040	32262.0	230.0	126.0	1	20.0	0.0

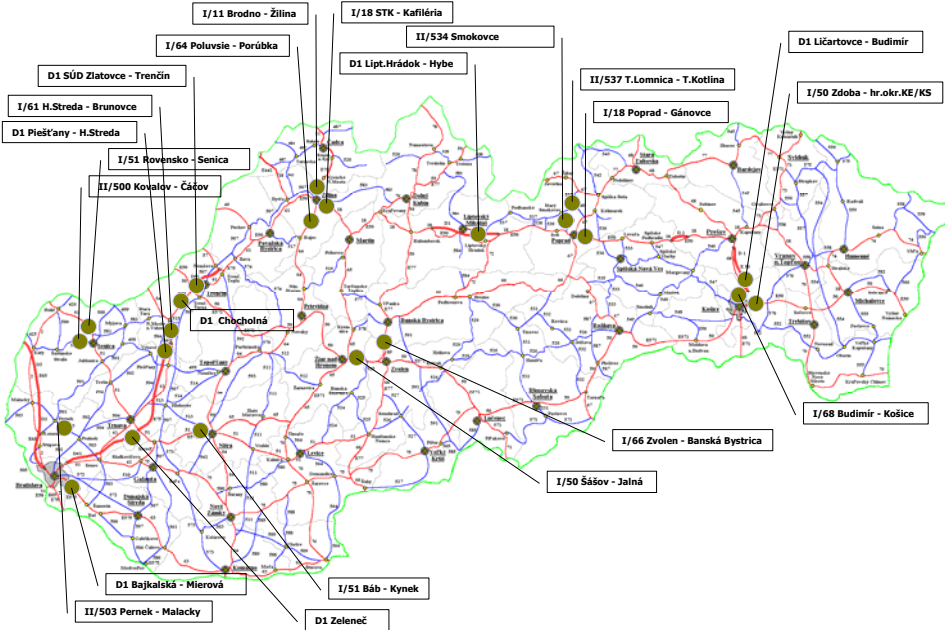
Visszaszámolás redménye - minden egyes mérési ponton.

erősítési rétegvastagság

# Adatok felhasználása – projekt szint



# Kísérleti tszakaszok



Köszönöm a figyelmüket !



[zsolt.benko@ssc.sk](mailto:zsolt.benko@ssc.sk)



Slovenská správa ciest  
Miletičova 19  
826 19 Bratislava

[www.ssc.sk](http://www.ssc.sk)