



GEOSYNTETIKA V DOPRAVNÍ INFRASTRUKTUŘE
31.leden 2006 - Praha, 1.únor 2006 - Brno



DLOUHODOBÉ CHOVÁNÍ VYZTUŽENÝCH ZEMNÍCH KONSTRUKCÍ

Ing. Vítězslav HERLE





GEOSYNTETIKA V DOPRAVNÍ INFRASTRUKTUŘE

31.leden 2006 - Praha, 1.únor 2006 - Brno

- Jablonec – Střelnice
vysoká vyztužená zemní konstrukce
- ČD Bubeneč-Kralupy
nízká vyztužená zemní konstrukce
- Strážný – obchvat
násyp na měkkém podloží (rašelina)

JABLONEC – STŘELNICE

Rozšíření stávajícího atletického stadionu

Konstrukce: vyztužený zemní násyp – svislá opěrná zeď kombinovaná se 70° svahem s jednou lavičkou

Maximální výška vyztužené zemní konstrukce: 14 m

Vyztužení: polyesterová geomříž 55/30-80/30-110/30 kN/m

Zemina: písčitá hlína se štěrkem (perk)

Lícové opevnění: betonové KB bloky (spodní část o výšce 4 až 5 m), ocelová síť v horní části svahu (10 m)

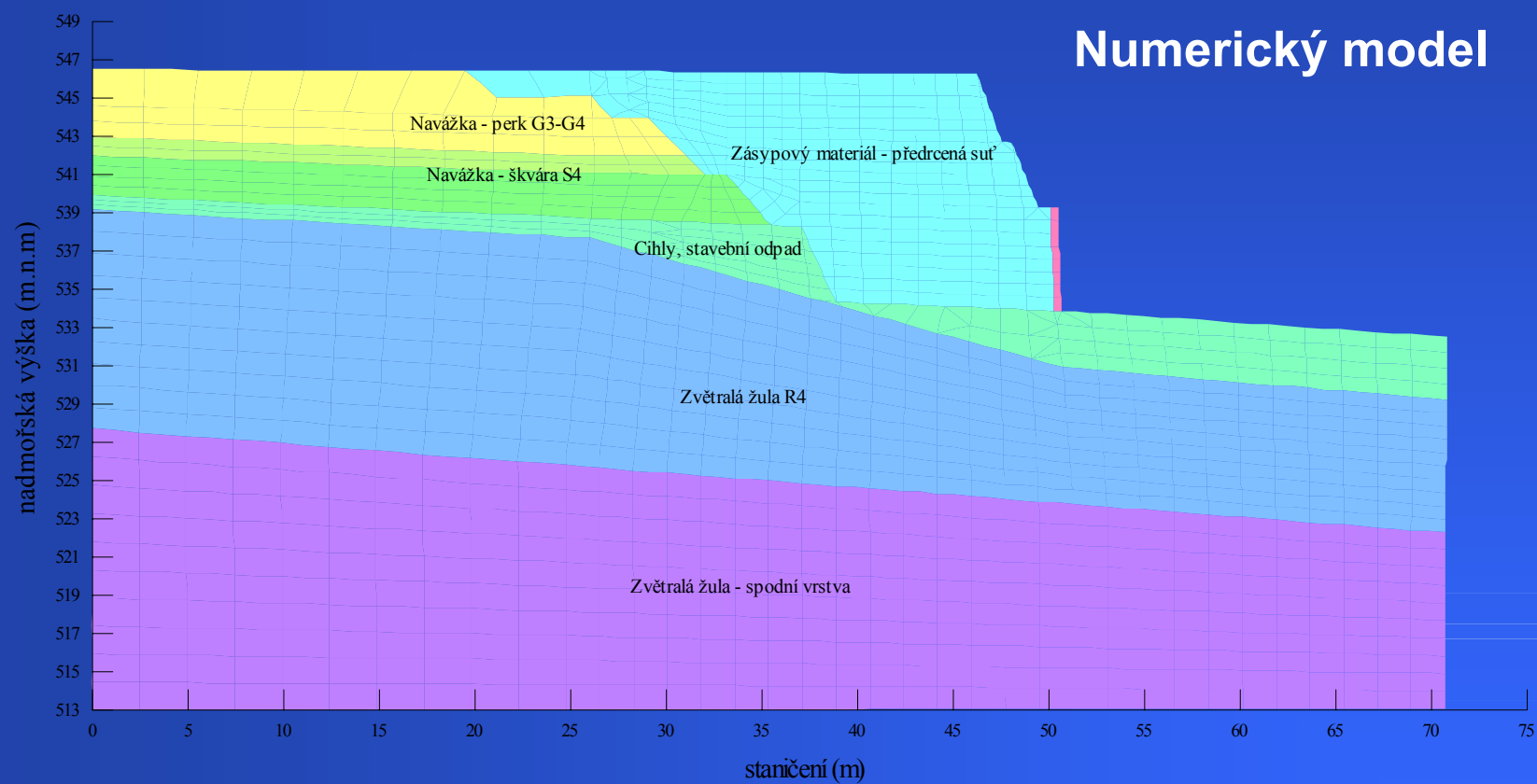


Stav při zahájení prací

Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese PK

Jablonec - Střelnice

Numerický model

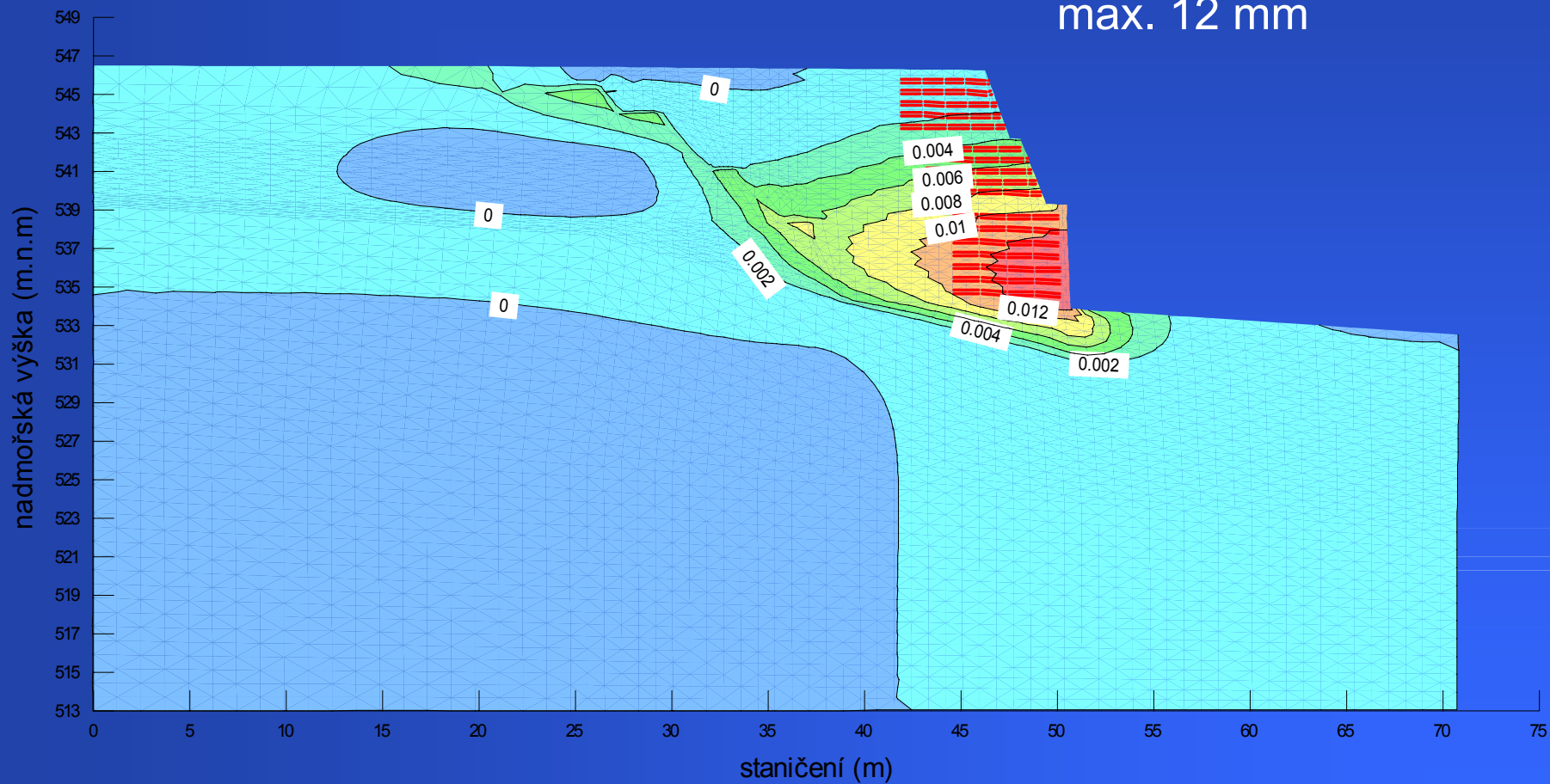


Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese PK

Jablonec - Střelnice

Izolinie vodorovných deformací těsně po dostavbě

Vypočítané vodorovné posuny
max. 12 mm

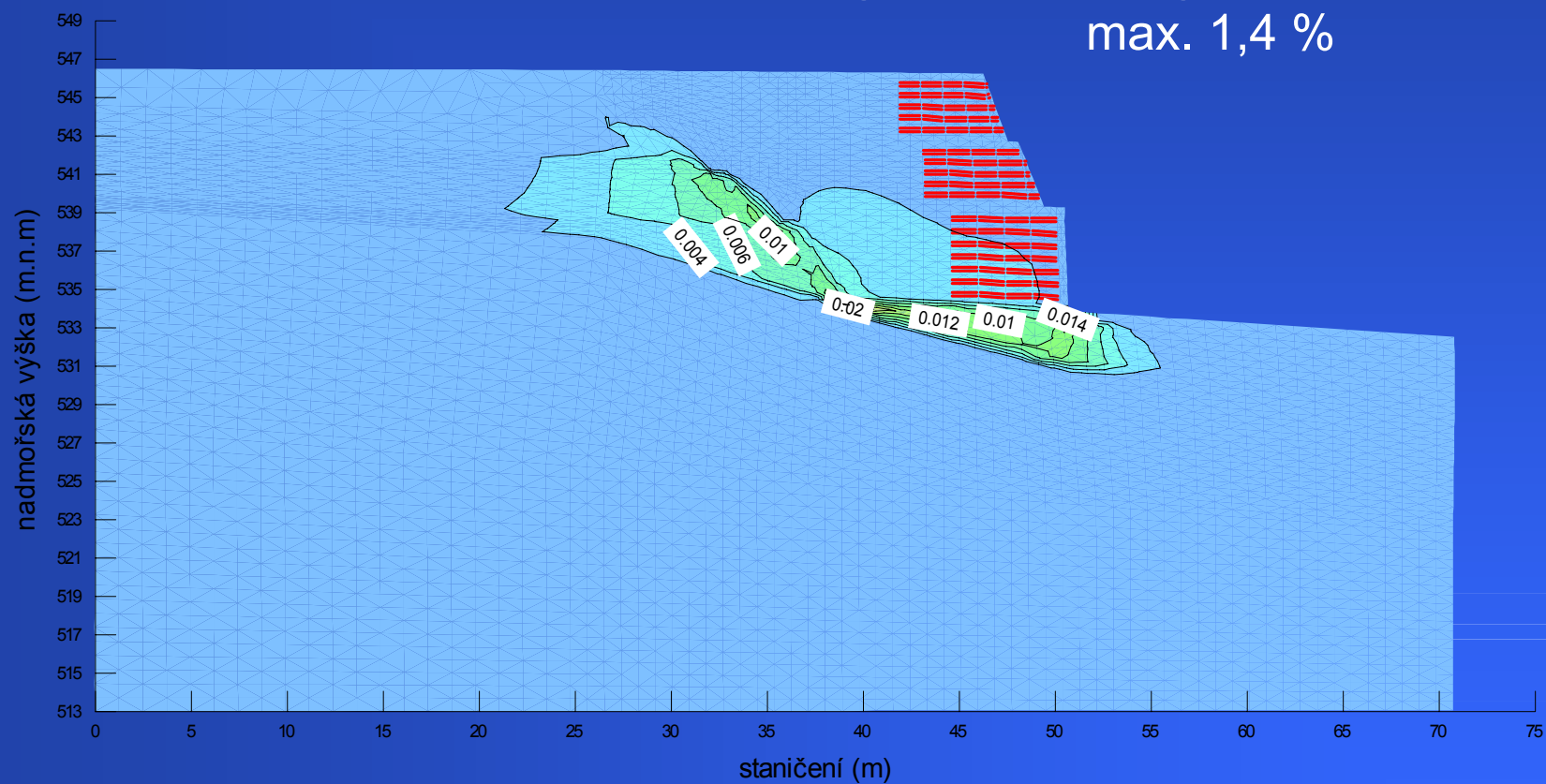


Geosyntetika a lehké materiály v zemním tělese PK

Jablonec - Střelnice

Maximální smyková přetvoření

Vypočítaná smyková přetvoření
max. 1,4 %

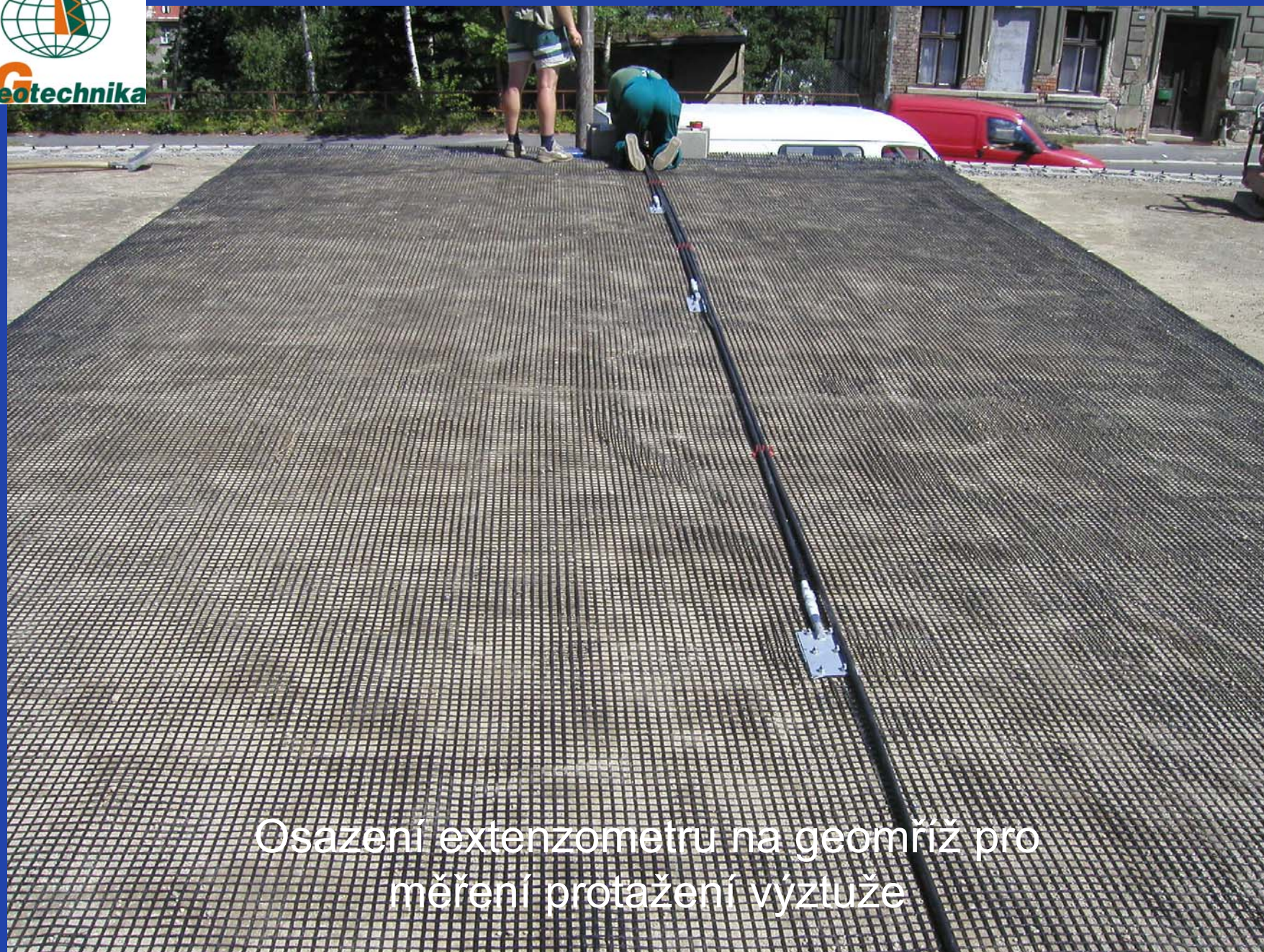




Zahájení stavby - povrch
výztuží nesmí být pojížděn



Správně vyrovnaný povrch
geomříží+přesahy



Osazení extenzometru na geomříž pro
měření protažení výztuže



Pohled se shora na vyztuženou vrstvu

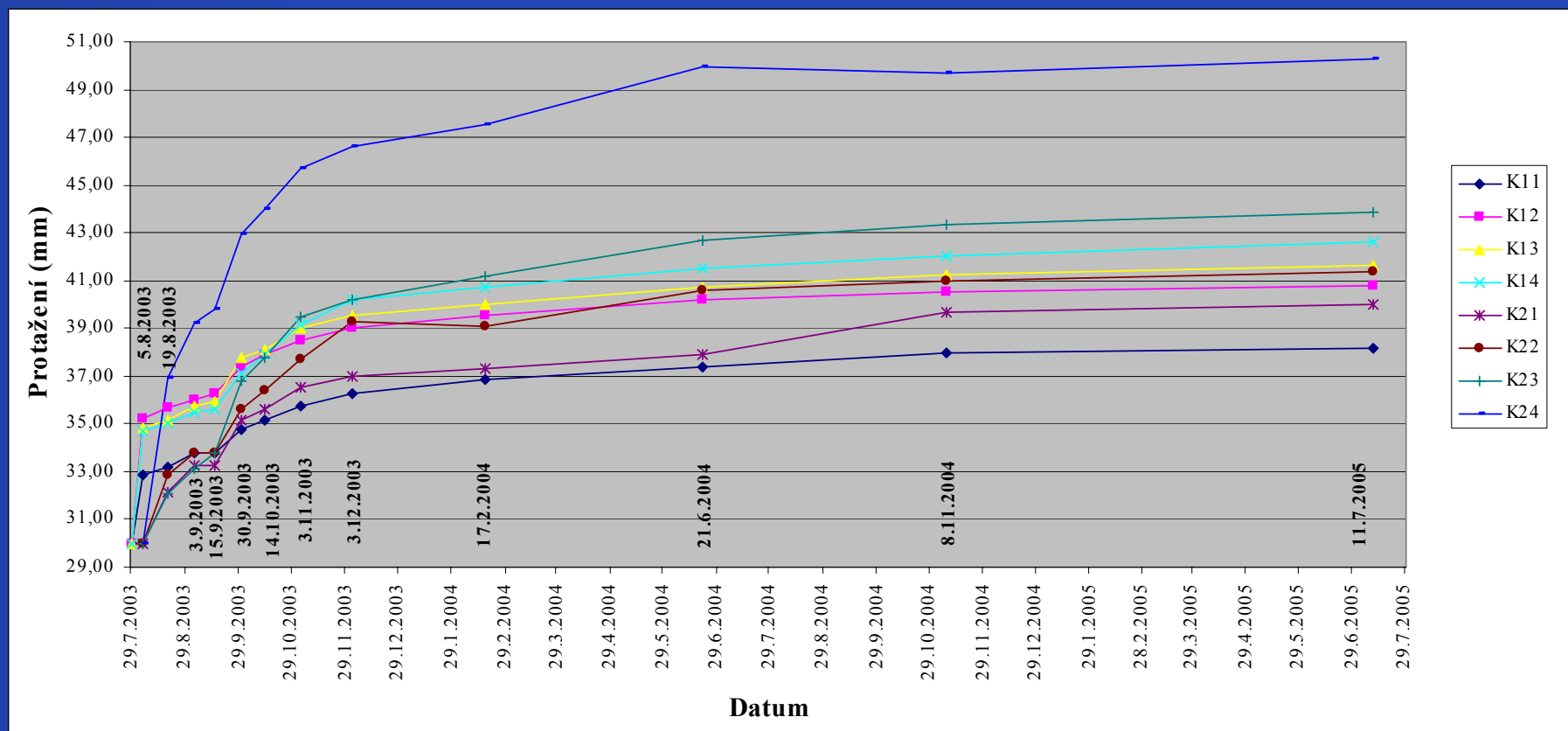


Lícové opevnění z ocelových sítí+nastavování
ocelových sítí PET geomříží



Stav konstrukce 2 roky od dokončení

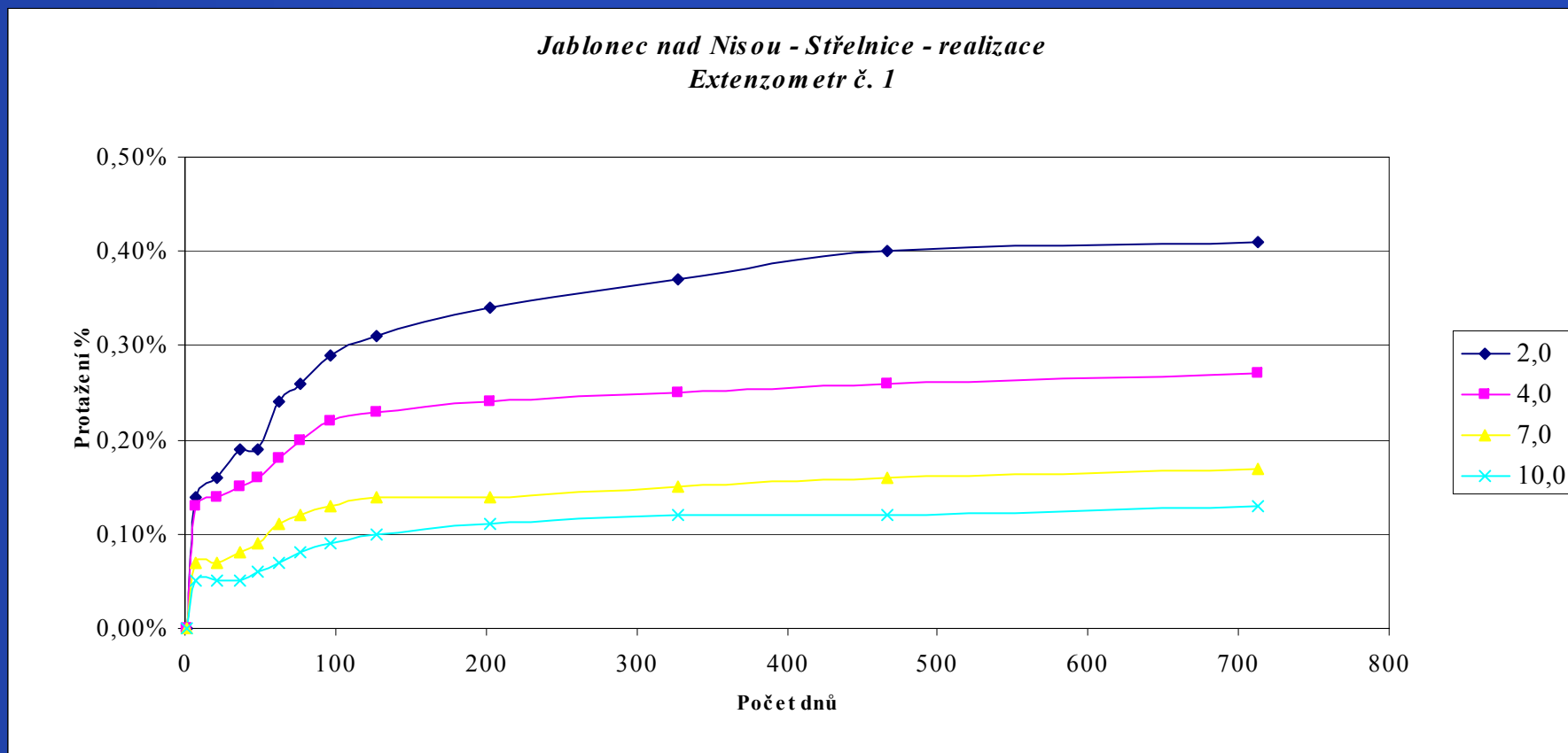
Protažení PET geomříží v čase mm vs. čas (lineárně)



Vodorovná deformace vypočtená: 12 mm, měřená: 8 až 20 mm

Poměrné protažení PET geomříží v čase

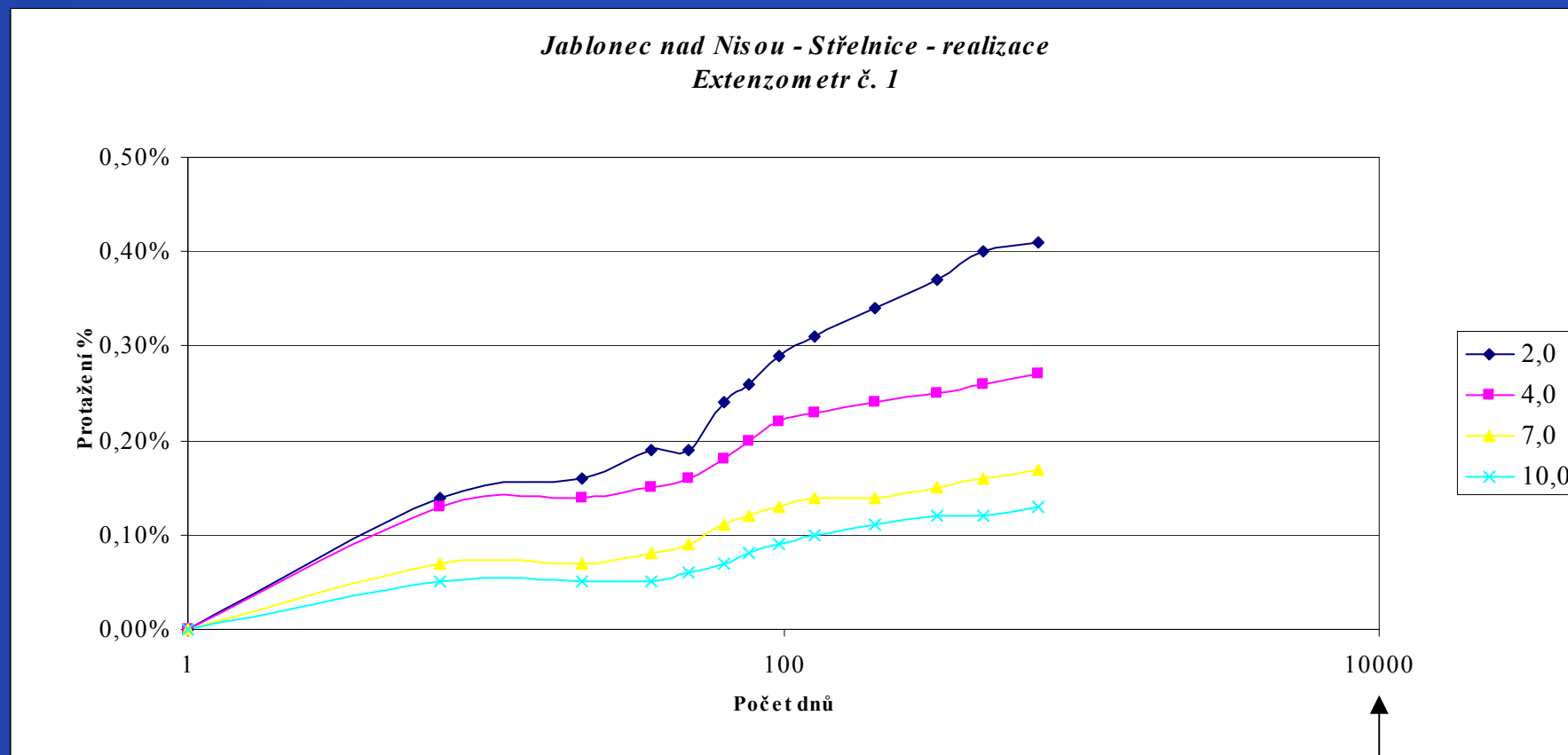
% protažení vs. čas (lineárně)



Stávající protažení 0,12 až 0,40 %, vypočtené max. 1,4 %

Poměrné protažení PET geomříží

% protažení vs. čas (log)



Extrapolace do 30 let 0,2 až 0,5 %, do 100 let max. 0,7 %

30 let

SHRNUTÍ

- Komplexní návrh složité vyztužené zemní konstrukce je možné dobře modelovat pomocí MKP za použití vhodných konstitučních vztahů.
- Vstupní parametry (smyková pevnost zeminy, interakce zemina-výztuž, poškození geosyntetika při ukládání apod.) musí být stanoveny na základě zkoušek.
- Při stavbě je naprosto nezbytná důsledná kontrola provádění vyztužené zemní konstrukce.
- Protažení geomříže je u pečlivě provedené konstrukce mnohem menší než je uvažováno v návrhu.

ČD BUBENEČ – KRALUPY, modernizace

Zajištění paty rozšiřujícího násypu tratě

Konstrukce: vyztužená zemní konstrukce – šikmá opěrná zeď ve sklonu 5:1, nad stěnou svah 1:1,5
výšky max. 1,1 m

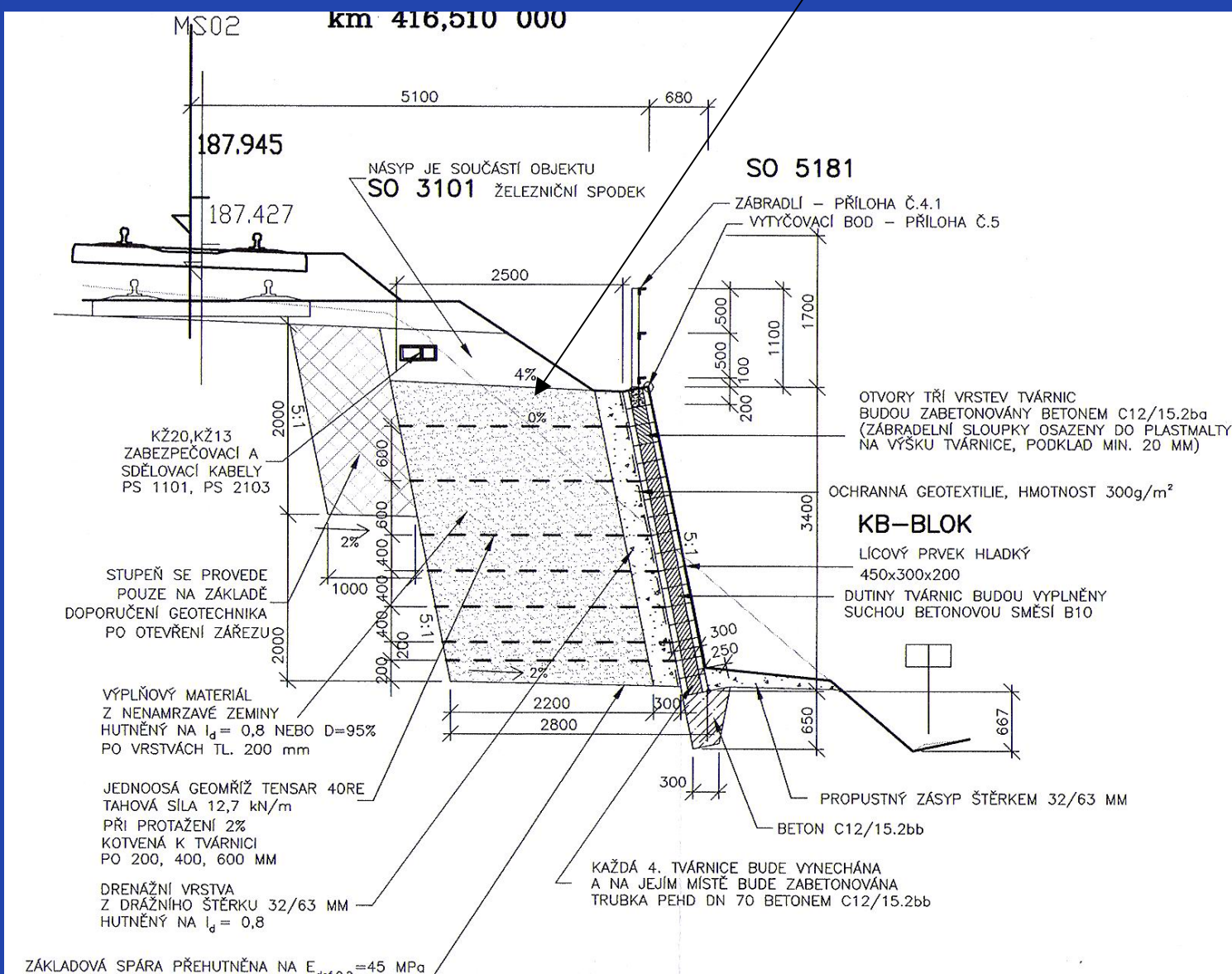
Maximální výška vyztužené konstrukce: 4,0 m,
celková výška násypu 5,5 m

Vyztužení: tuhá jednoosá monolitická HDPE geomříž
o pevnosti 52,5 kN/m

Zemina: písčitá hlína se štěrkem, drcené kamenivo u
rubu zdi

Lícové opevnění: betonové KB bloky

chybí výztužná vrstva





Zahájení stavby



Nedostatečně napnutá geomříž



Volné prostory pod geomříží



Nevhodná zemina – neodpovídá návrhu

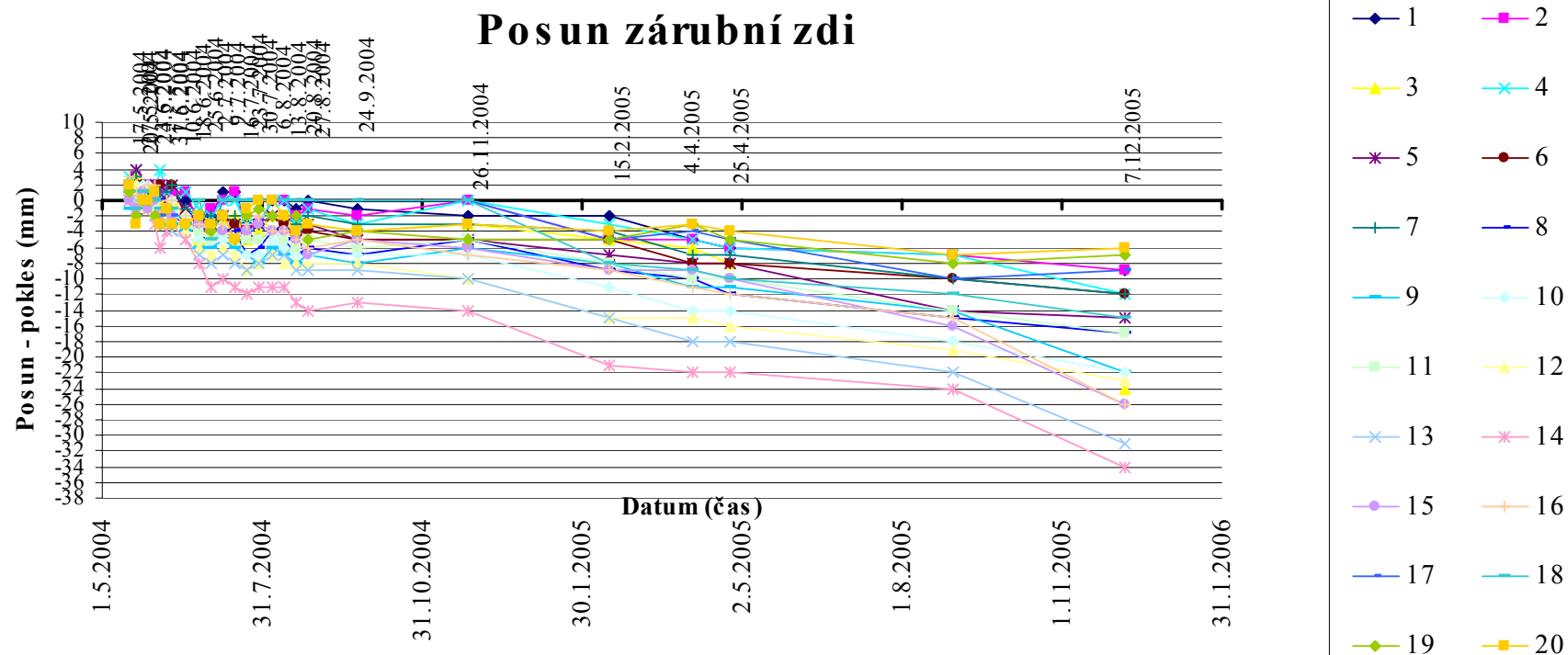


Stavba po dokončení



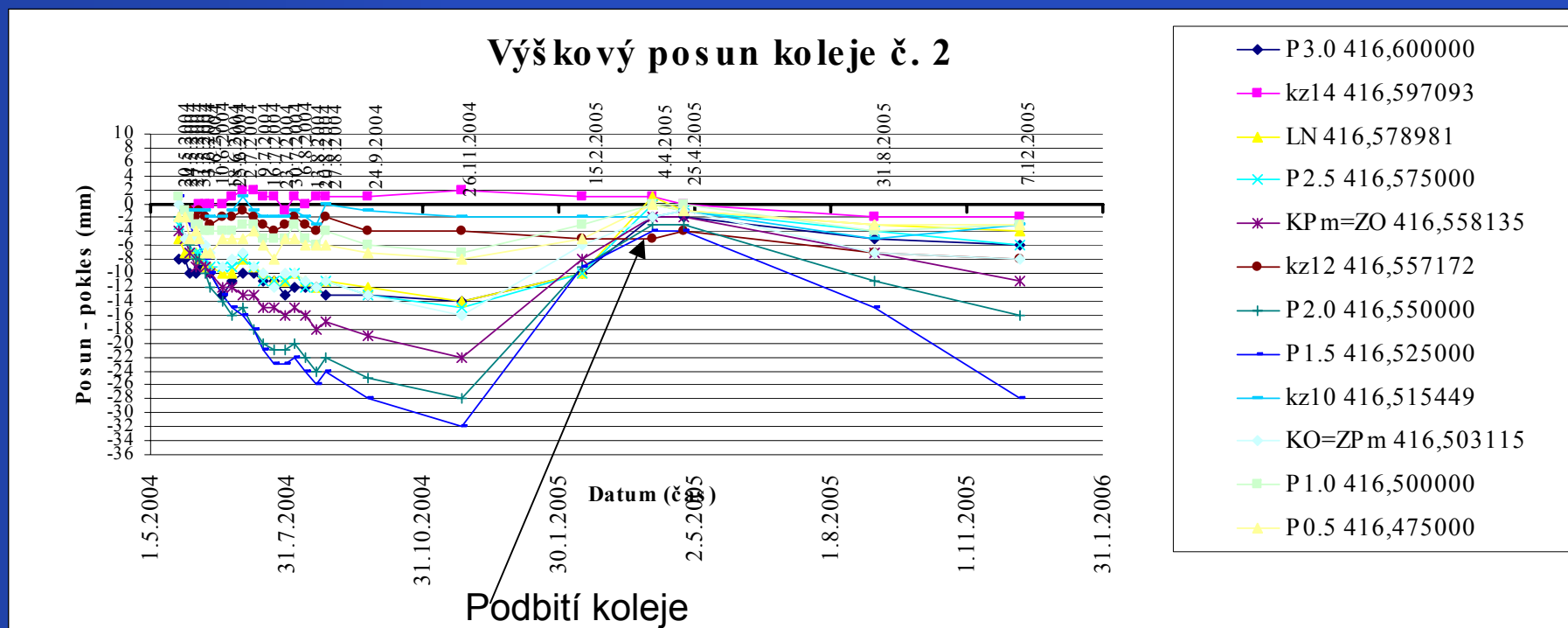
Deformace horní části zdi

Posun zdi (mm) v čase (lineárně)



Max. posun 36 mm v horní části konstrukce tj. 1,8 %

Pokles koleje (mm) č. 2 v čase (lin.)



Max. pokles 60 mm (32 a 28 mm) během 2 let

SHRNUTÍ

- Přestože se jednalo o nízkou konstrukci, došlo k velkým posunům líce zdi (téměř 2 % délky výztuže – 5x více než u 4x vyšší konstrukce v Jablonci) které vyvolaly významné poklesy koleje.
- Vstupní parametry do návrhu (smyková pevnost zeminy, interakce zemina-výztuž, poškození geosyntetika při ukládání apod.) nebyly stanoveny na základě zkoušek. V konstrukci chyběla horní vrstva geomříže. Smyková pevnost použité zeminy byla nižší než bylo uvažováno v návrhu.
- Při stavbě nebyla prováděna důsledná kontrola vhodnosti a zhutnění navážené zeminy ani pokládky tuhé HDPE geomříže která se obtížně vypíná.

SILNICE I/4 STRÁŽNÝ – HRANICE SRN

Výstavba silničního násypu na 2 až 3 m mocné vrstvě rašeliny

Konstrukce: vyztužený zemní polštář na bázi násypu

Maximální výška násypu: 5,0 m

Vyztužení: PET geotextilie o pevnosti 200/50 kN/m ve dvou vrstvách nad sebou

Zemina: písčitý štěrk (drcené kamenivo z rozstřelených skalních výchozů)

Předpověď sedání: 1,0 m

Ruční pokládka geotextilie a navážení štěrku malou mechanizací. Podloží tvoří až 3 m rašeliny ($E_{\text{oed}}=0,4$ MPa), vyztužení: 2 vrstvy PET geotextilie 200/50



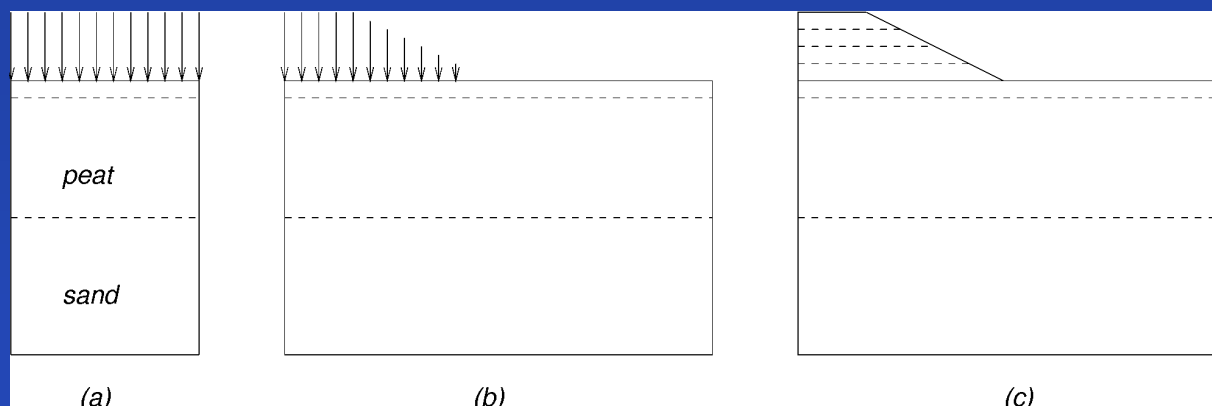




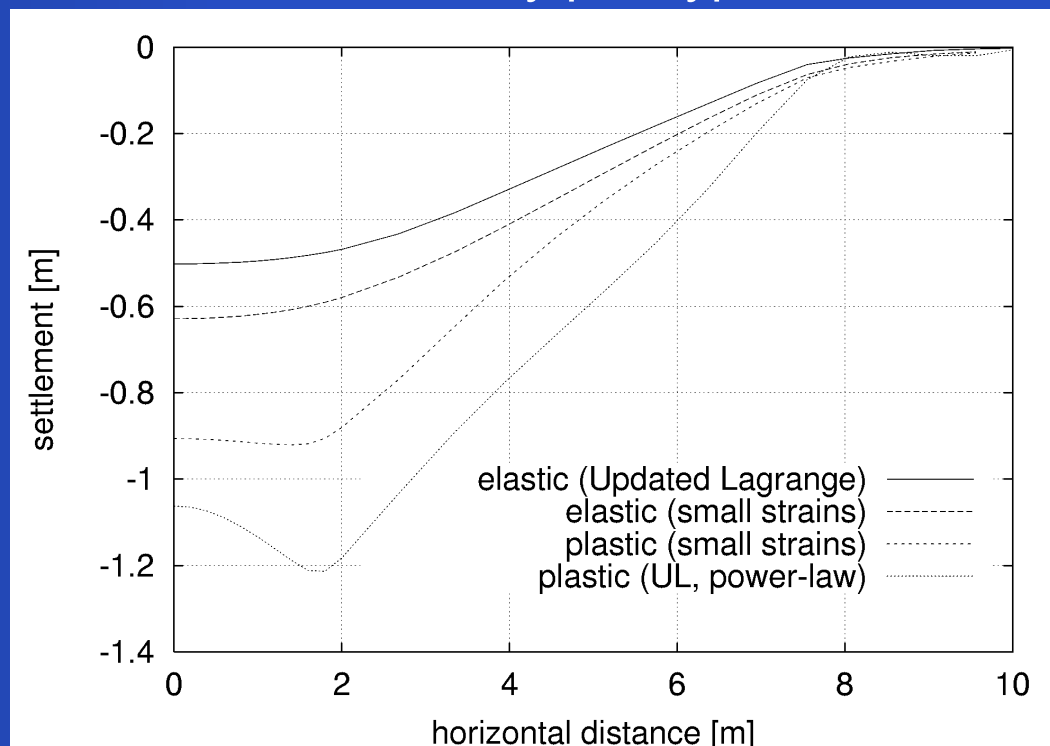
Stav po prvních vrstvách násypu

Měření
sedání

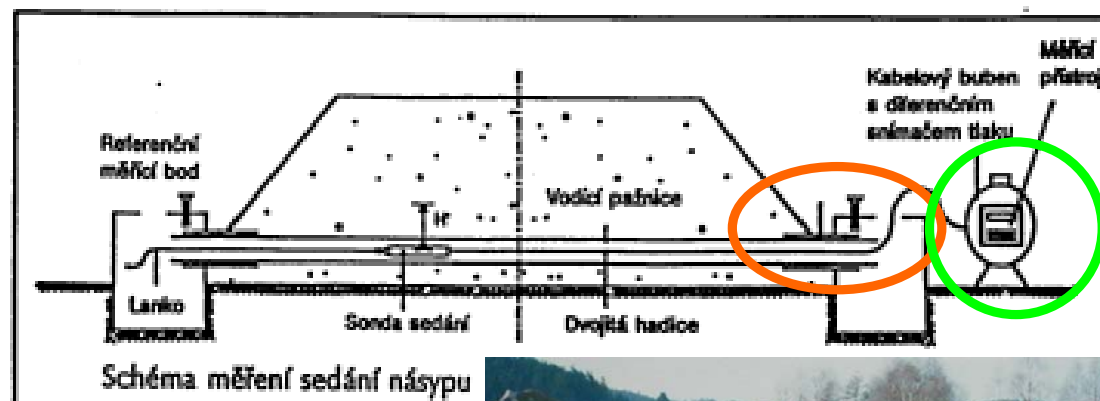




Numerické modely pro výpočet sedání

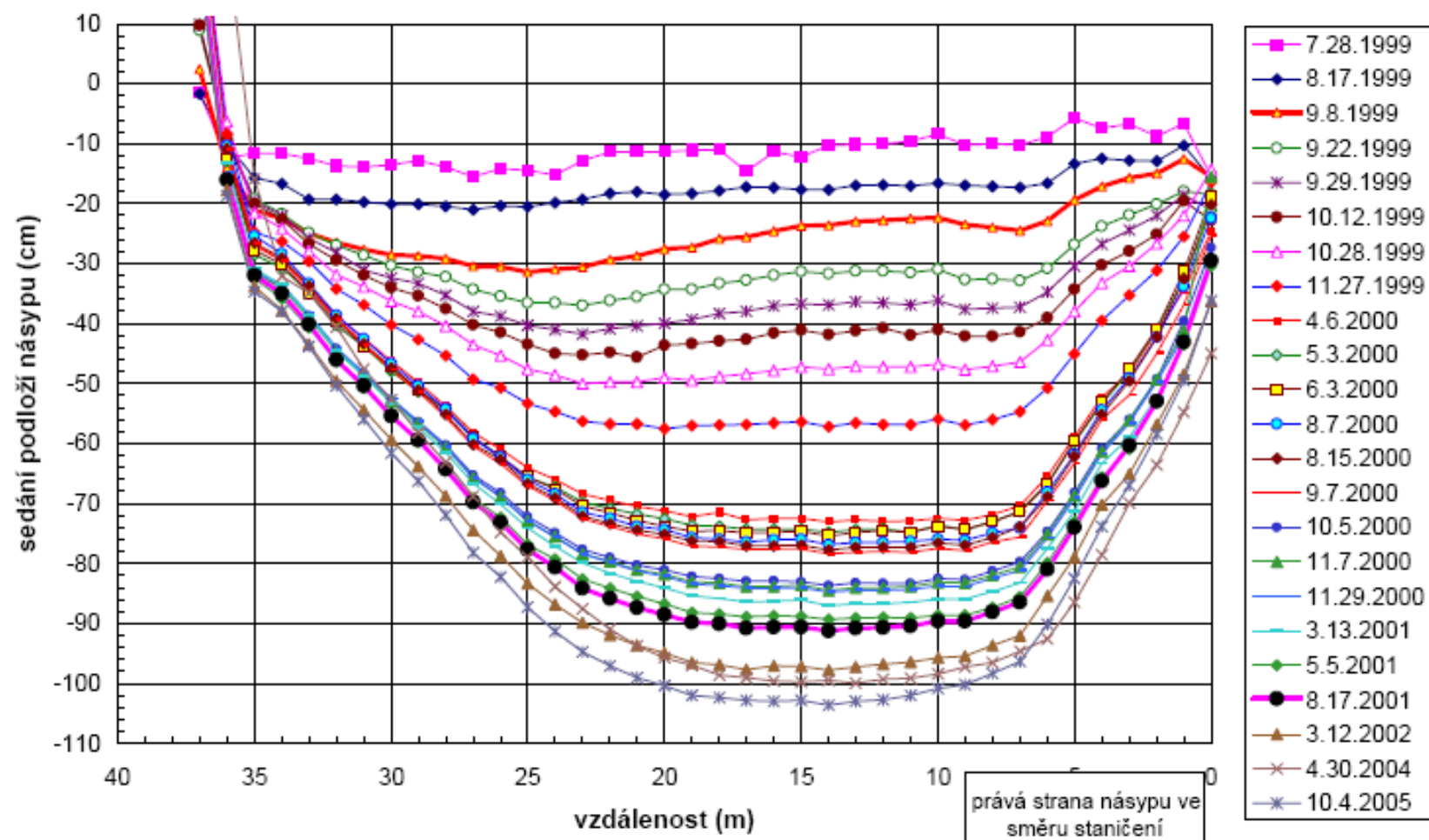


Rozdíly ve vypočteném sedání pro lichoběžníkové zatížení povrchu (případ c) podle použitého konstitučního vztahu 450 až 1200 mm



Hydrostatické měření sedání

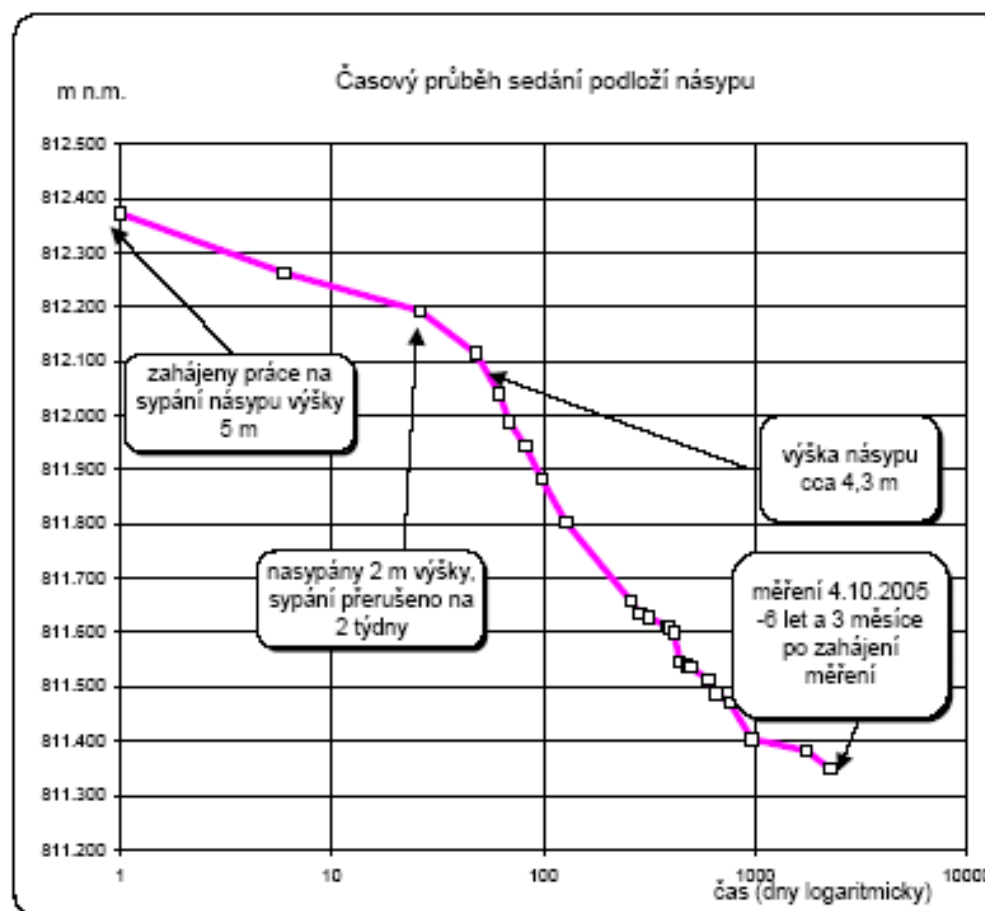
Strážný - měření sedání podloží násypu v km 20,442



Časový průběh sedání podloží násypu
silnice I/4 Hlíníště - Strážný km 20,442
ve vzdálenosti 18 m od pravé paty násypu tzn. v podélné ose násypu

měření	datum	čas den	nadmořská výška m n. m.	celkem sedání cm	výška násypu m
--------	-------	------------	-------------------------------	------------------------	----------------------

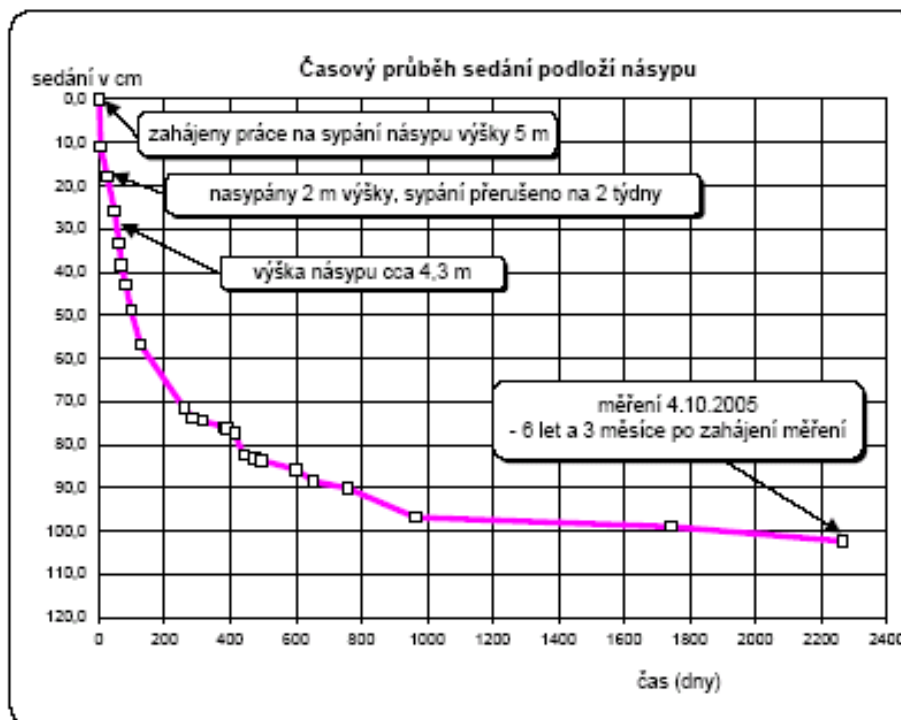
0	22.7.1999	1	812.372	0.0	0.99
1	28.7.1999	6	812.262	11.0	1.19
2	17.8.1999	26	812.193	17.9	1.81
3	8.9.1999	48	812.114	25.8	2.77
4	22.9.1999	62	812.039	33.3	4.31
5	29.9.1999	69	811.988	38.4	4.31
6	12.10.1999	82	811.943	42.9	4.31
7	28.10.1999	98	811.884	48.9	4.31
8	27.11.1999	128	811.803	57.0	4.31
9	6.4.2000	259	811.658	71.4	4.31
10	3.5.2000	298	811.634	73.8	4.31
11	3.6.2000	317	811.627	74.5	4.31
12	7.8.2000	382	811.612	76.0	4.31
13	15.8.2000	390	811.609	76.3	4.31
14	7.9.2000	413	811.599	77.3	4.31
15	5.10.2000	441	811.547	82.6	4.31
16	7.11.2000	474	811.540	83.2	4.31
17	29.11.2000	498	811.536	83.7	4.31
18	13.3.2001	600	811.514	85.8	4.31
19	5.5.2001	653	811.488	88.4	4.31
20	17.8.2001	757	811.471	90.1	4.31
21	12.3.2002	964	811.404	96.8	4.31
22	30.4.2004	1744	811.382	99.0	4.31



Časový průběh sedání podloží násypu silnice I/4 Hlaniště - Strážný km 20,442

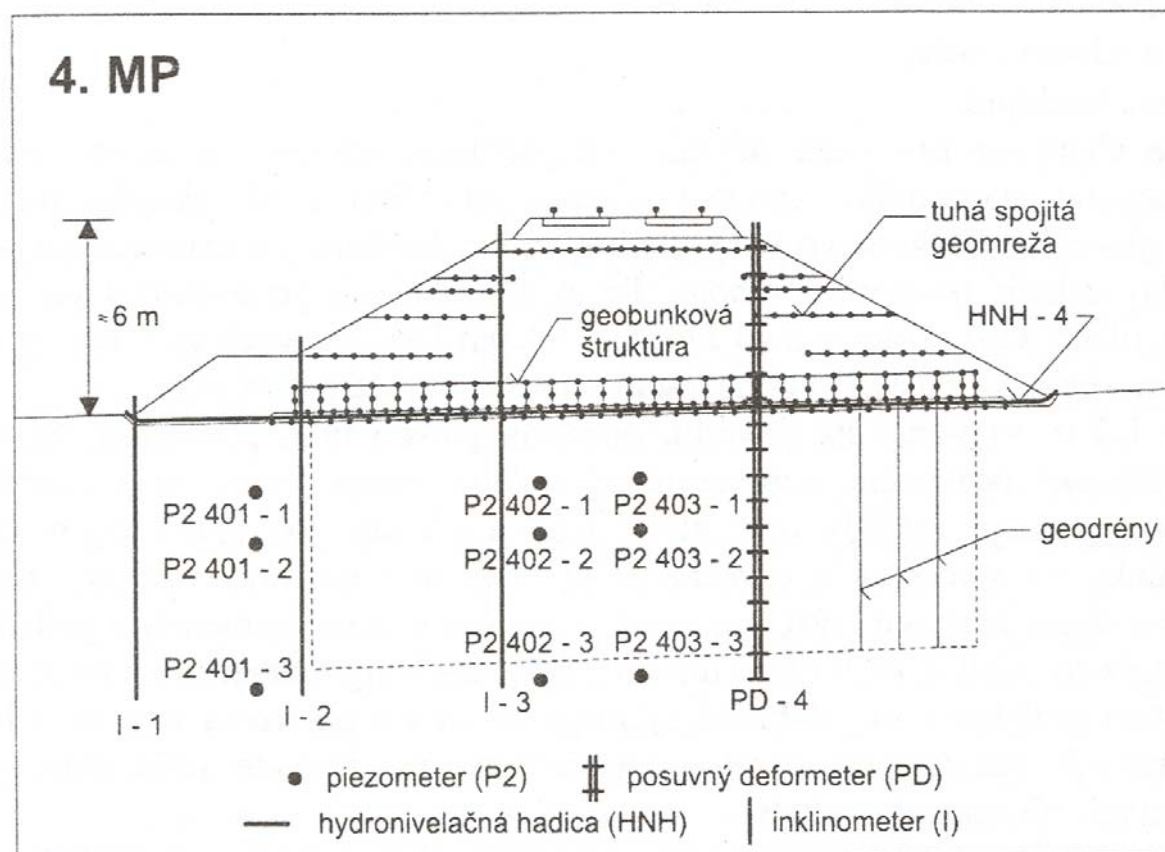
ve vzdálenosti 18 m od pravé paty násypu tzn. v podélné ose násypu

měření	datum	čas den	nadmořská výška m n. m.	celkem sedání cm	výška násypu m
0	22.7.1999	1	812,372	0,0	0,99
1	28.7.1999	6	812,262	11,0	1,19
2	17.8.1999	26	812,193	17,9	1,81
3	8.9.1999	48	812,114	25,8	2,77
4	22.9.1999	62	812,039	33,3	4,31
5	29.9.1999	69	811,988	38,4	4,31
6	12.10.1999	82	811,943	42,9	4,31
7	26.10.1999	98	811,884	48,9	4,31
8	27.11.1999	128	811,803	57,0	4,31
9	6.4.2000	259	811,658	71,4	4,31
10	3.5.2000	286	811,634	73,8	4,31
11	3.6.2000	317	811,627	74,5	4,31
12	7.8.2000	382	811,612	76,0	4,31
13	15.8.2000	390	811,609	76,3	4,31
14	7.9.2000	413	811,599	77,3	4,31
15	5.10.2000	441	811,547	82,6	4,31
16	7.11.2000	474	811,540	83,2	4,31
17	29.11.2000	496	811,536	83,7	4,31
18	13.3.2001	600	811,514	85,8	4,31
19	5.5.2001	653	811,488	88,4	4,31
20	17.6.2001	757	811,471	90,1	4,31
21	12.3.2002	964	811,404	96,8	4,31
22	30.4.2004	1744	811,382	99,0	4,31
23	4.10.2005	2266	811,348	102,4	5,32





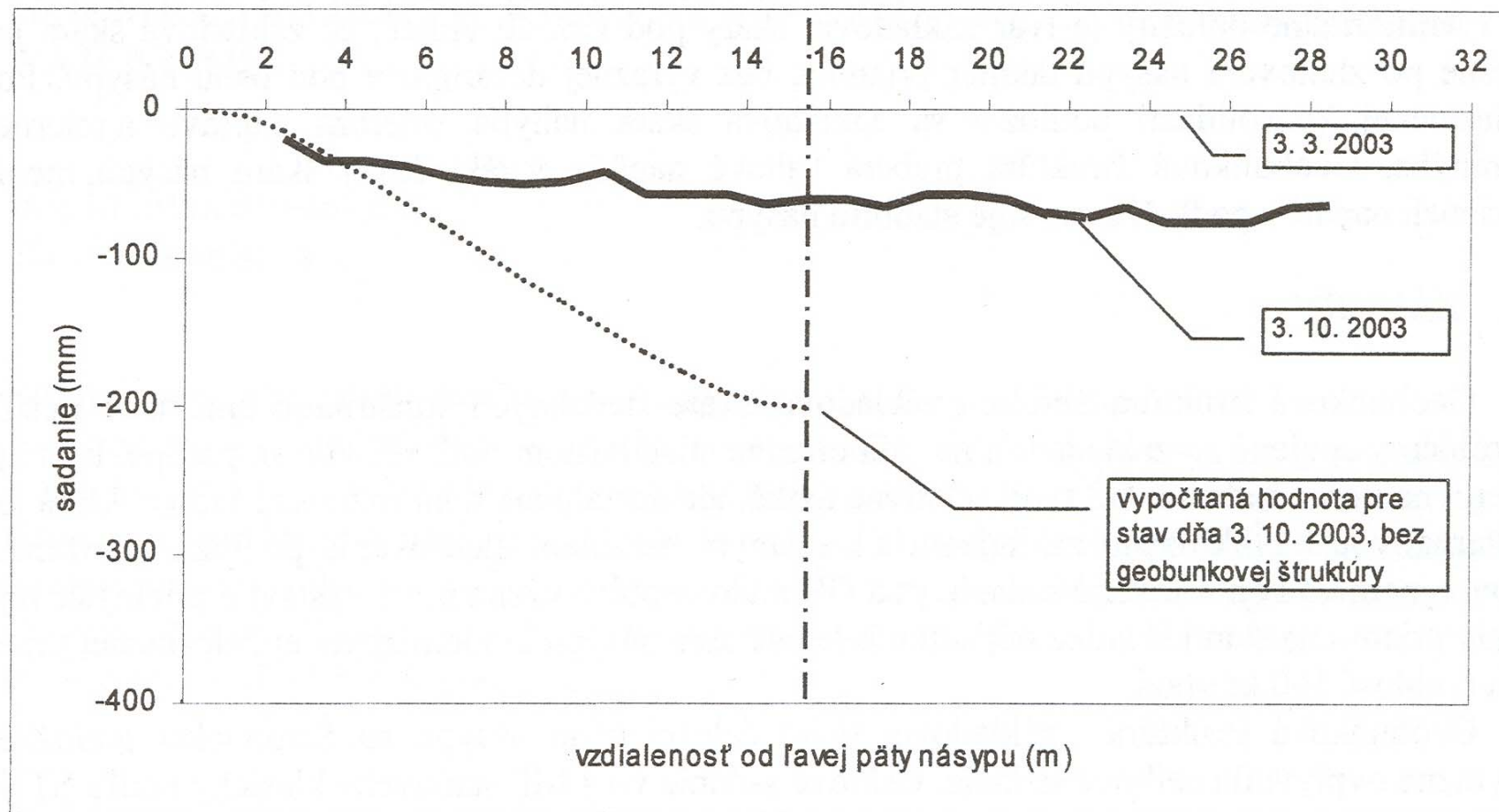




Obr.1 Priečny profil železničného násypu, súčasne 4. merací profil

$$E_{\text{oed}} = 5 \text{ až } 10 \text{ MPa}$$

Baslík R., Geobunková štruktúra jako základová konštrukcia,
Zakládání staveb Brno 2004



Obr.2 Sadanie základovej škáry násypu pod GŠ vo 4.MP

Velký rozdíl mezi vypočteným a měřeným sedáním

SHRNUTÍ

- Založení násypu na měkkém podloží lze realizovat jednoduchým vyztužením kontaktu podloží – násyp. **HOSPODÁRNÉ!!**
- Použití geobuňkové struktury je složité na provádění, zdlouhavé a zejména **DRAHÉ!!**
- Důležité jsou hlavně vstupní geotechnické vlastnosti a vhodný výpočetní model. Zejména je nutné provést výpočet sedání založený na reálných vstupních parametrech.
- Vyztužení nesnižuje celkové sedání. Pouze snižuje lokální nerovnosti v sedání.

ZÁVĚR

Správně navržené a pečlivě realizované vyztužené opěrné zemní konstrukce a strmé svahy využívají podstatně menší část pevnosti geovýztuže než se běžně uvažuje ve výpočtu.

U správně provedené konstrukce nepřekračuje vodorovné přetvoření 0,5 % délky výztuže.

Návrh by měla provést zkušená geotechnická firma která musí stanovit reálné vstupní parametry do výpočtu.

Při stavbě je nutné důsledně kontrolovat shodu návrhových parametrů zeminy se skutečností.

Násypy na měkkém podloží lze stavět na vyztuženém zemním polštáři. Geobuňková struktura je drahá a pracná.