

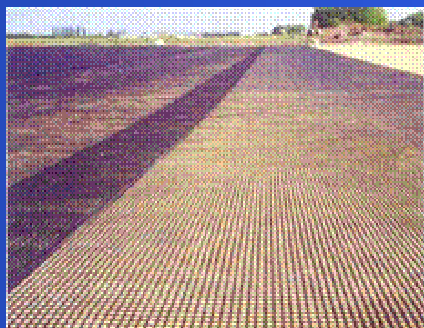


GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Vyztužování zemin

Prof. Ivan Vaníček





GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

OBSAH

- 1. Základní principy vyztužování**
- 2. Typické příklady vyztužených zemních konstrukcí**
- 3. Základní nároky na výztužná geosyntetika**
- 4. Navrhování vyztužených zemních konstrukcí**
- 5. Závěr**



ZÁKLADNÍ PRINCIPY VYZTUŽOVÁNÍ ZEMIN

dřevo, ocel, beton **X** zemina (min. tahová pevnost)

VÝVOJ

beton → železobeton → předpj. železobeton → drátkobeton

Zemina - vyztužená zemina (makrovyztužování)

- předpjaté vyztužené zeminy
- vyztužená zemina s rozptýlenou výztuží (mikrovyztužování)



HLAVNÍ EFEKT VYZTUŽOVÁNÍ ZEMIN

- a) **Zvýšení stability, únosnosti zemní konstrukce**
 - smyková plocha prochází oblastí vyztužení
 - smyková plocha mimo - kinematicky náročnější

- b) **Snížení jak absolutních tak nerovnoměrných deformací**
 - pevnost výztuhy
 - zapojení – větší část zemního tělesa do spolupůsobení na přenosu zatížení

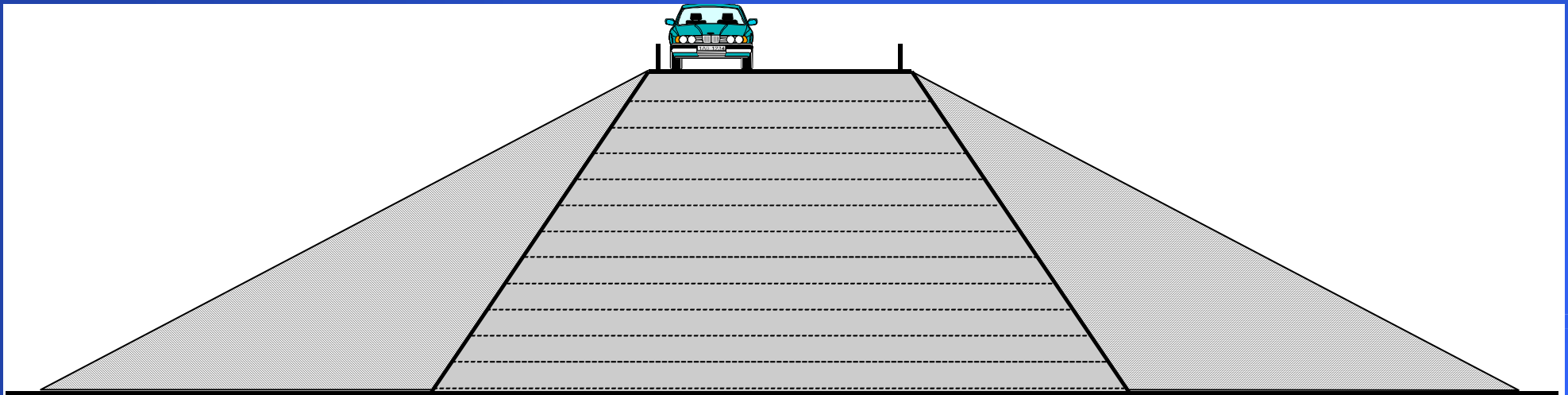


GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

TYPICKÉ PŘÍKLADY VYZTUŽENÝCH ZEMNÍCH KONSTRUKCÍ

- dopravní stavitelství



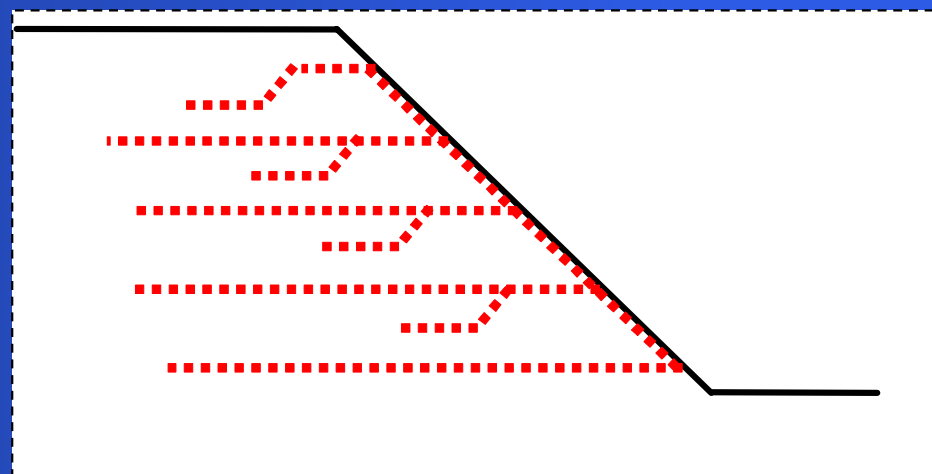
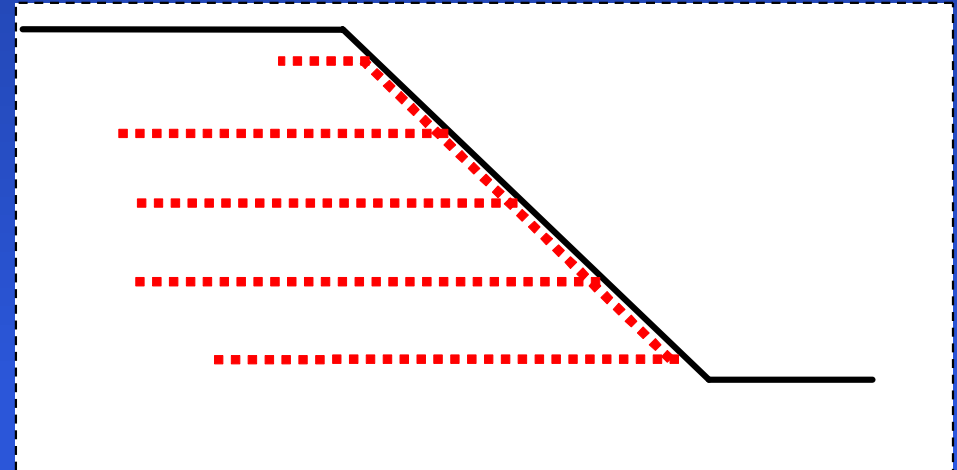
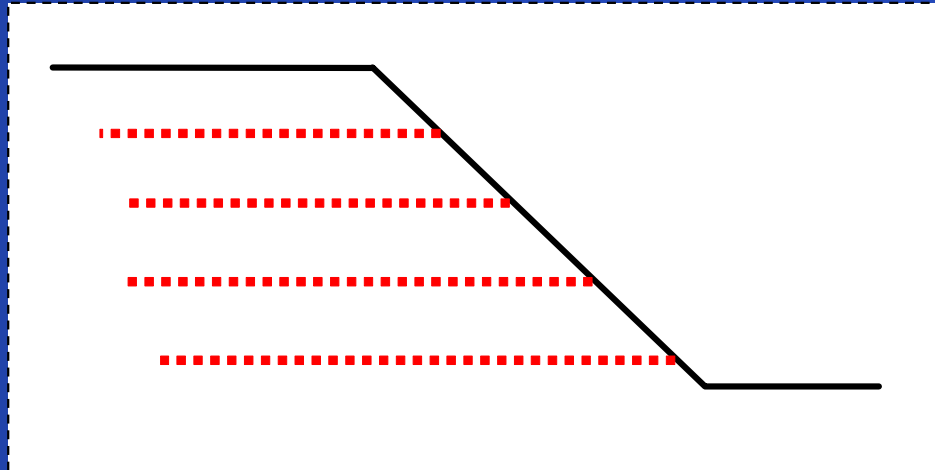
Porovnání násypu nevyztuženého a vyztuženého



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Vyztužený svah

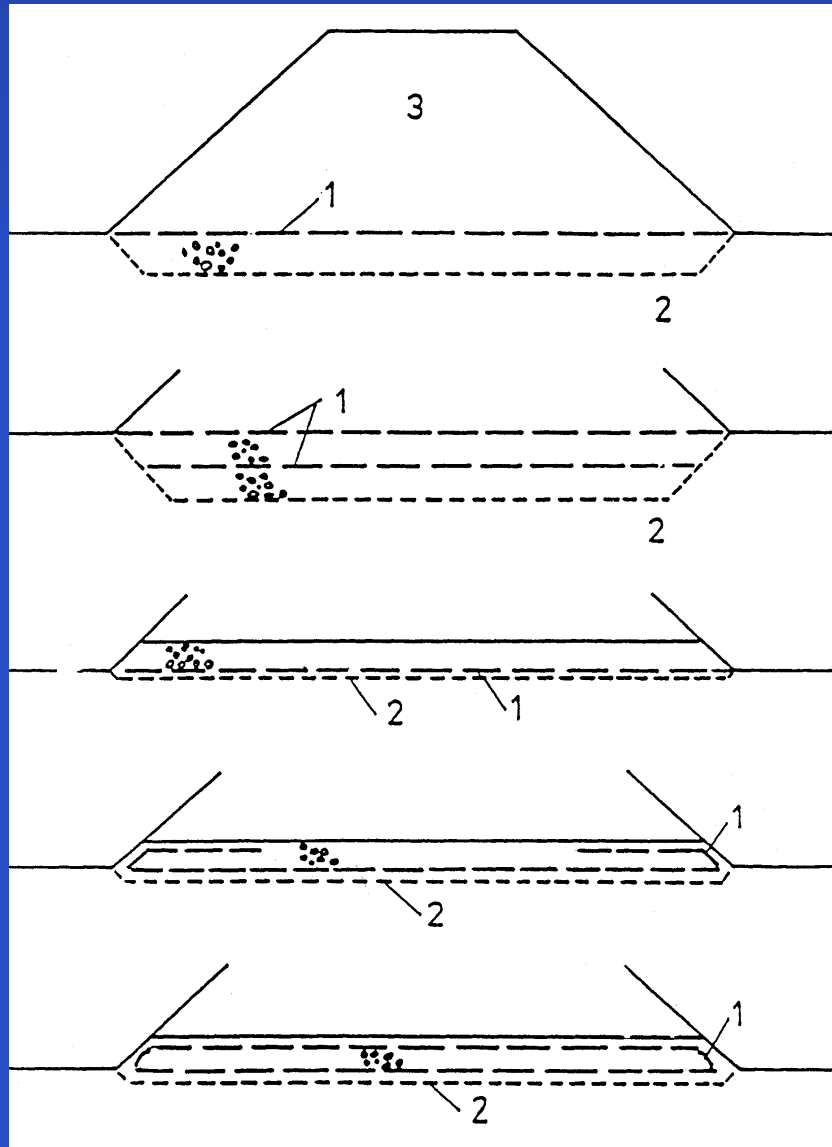




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Vyztužení kontaktu násypu s podložím

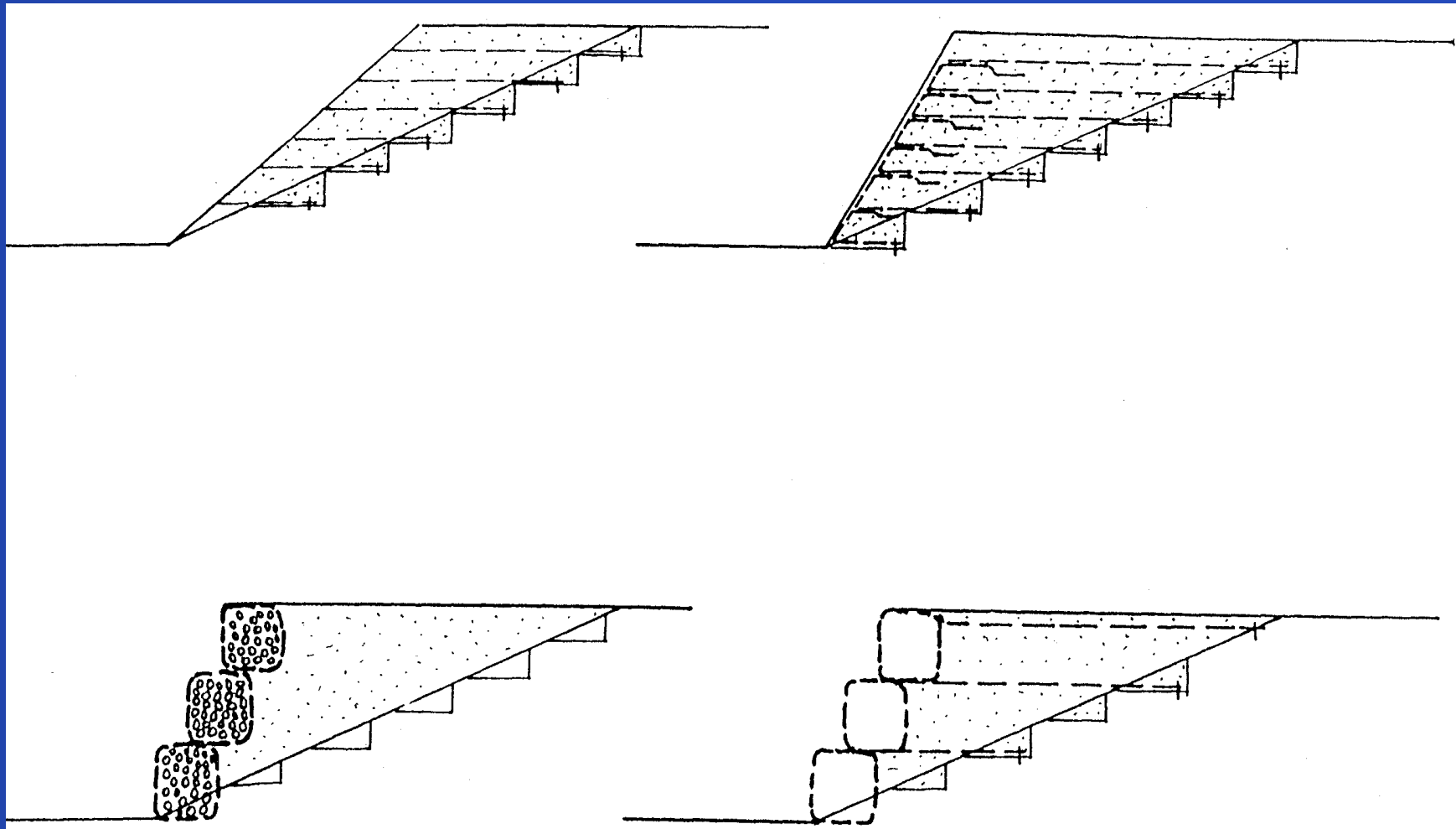




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Rozšíření násypového tělesa s mírným sklonem

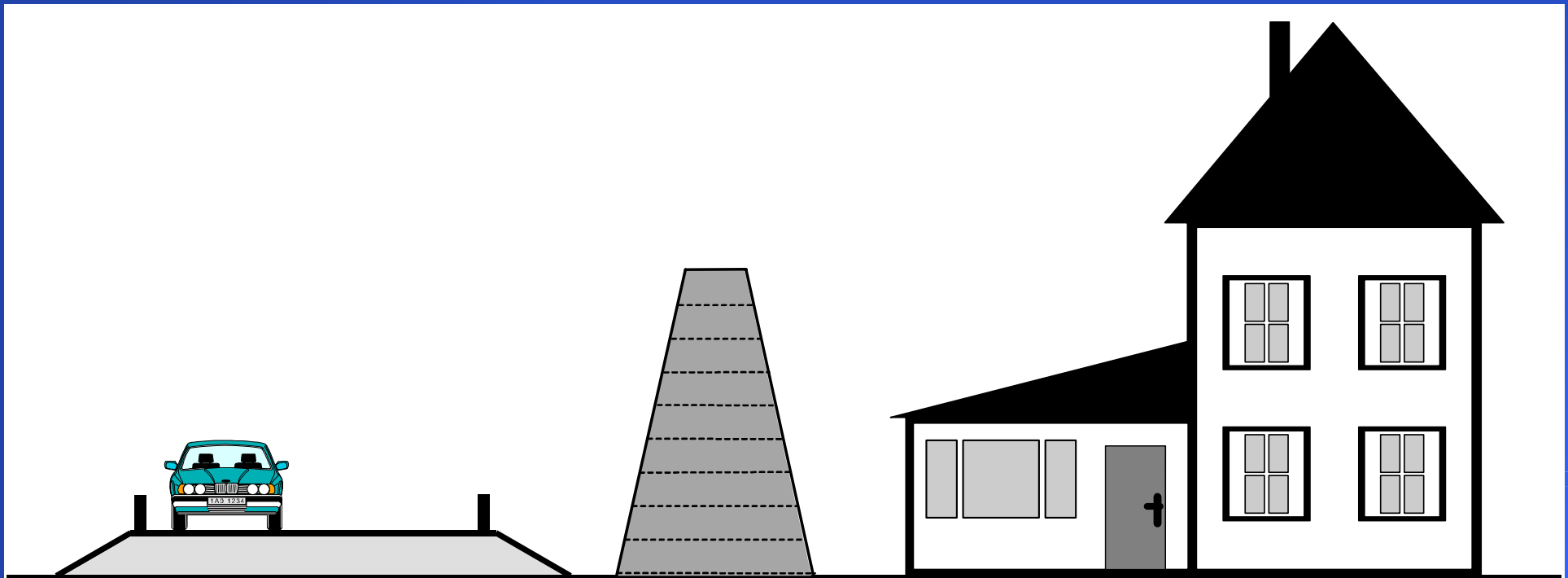




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Schéma realizace protihlukové bariéry z vyztužené zeminy

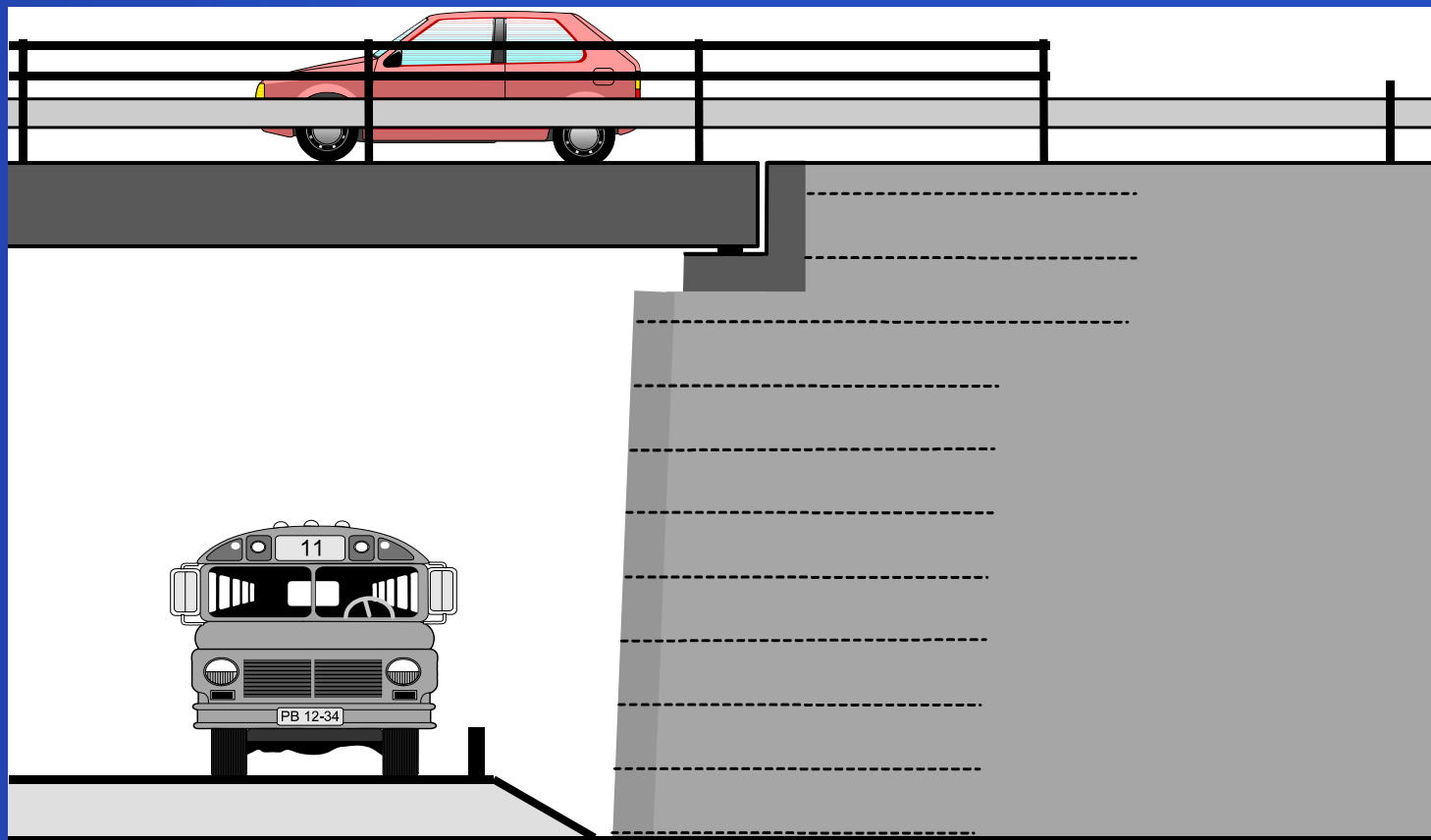




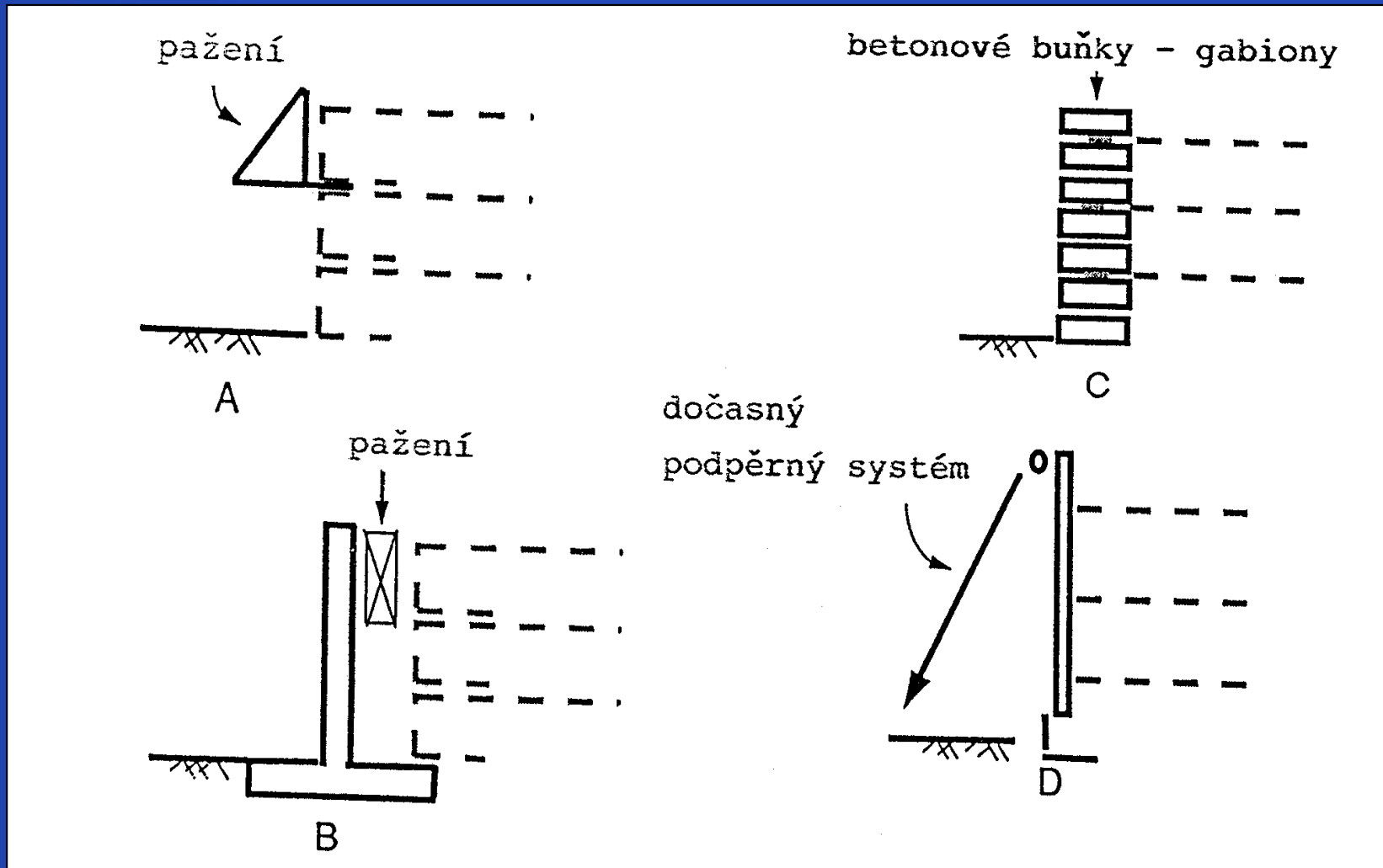
GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

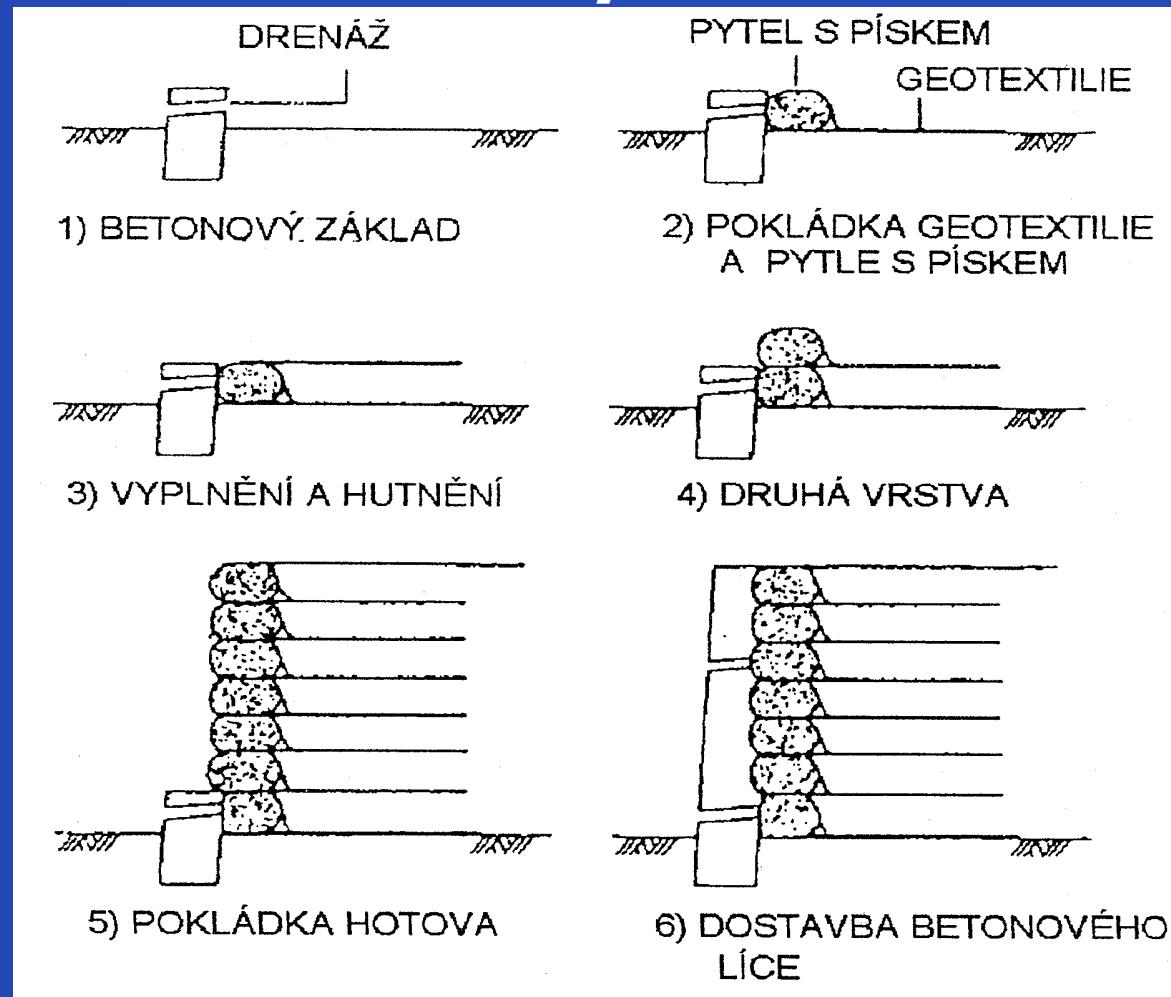
Řez vyztuženou mostní opěrou



Opěrné stěny z vyztužených zemin



Postup výstavby vyztužené opěrné stěny s betonovým lícem





ZÁKLADNÍ NÁROKY NA VÝZTUŽNÁ GEOSYNTETIKA

- Tahová pevnost a přetvoření při porušení (při přípustném přetvoření výztuhy)
- Smyková pevnost kontaktu výztuhy a zeminy
- Creepové vlastnosti výztužných materiálů

chemická
mechanická > odolnost



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

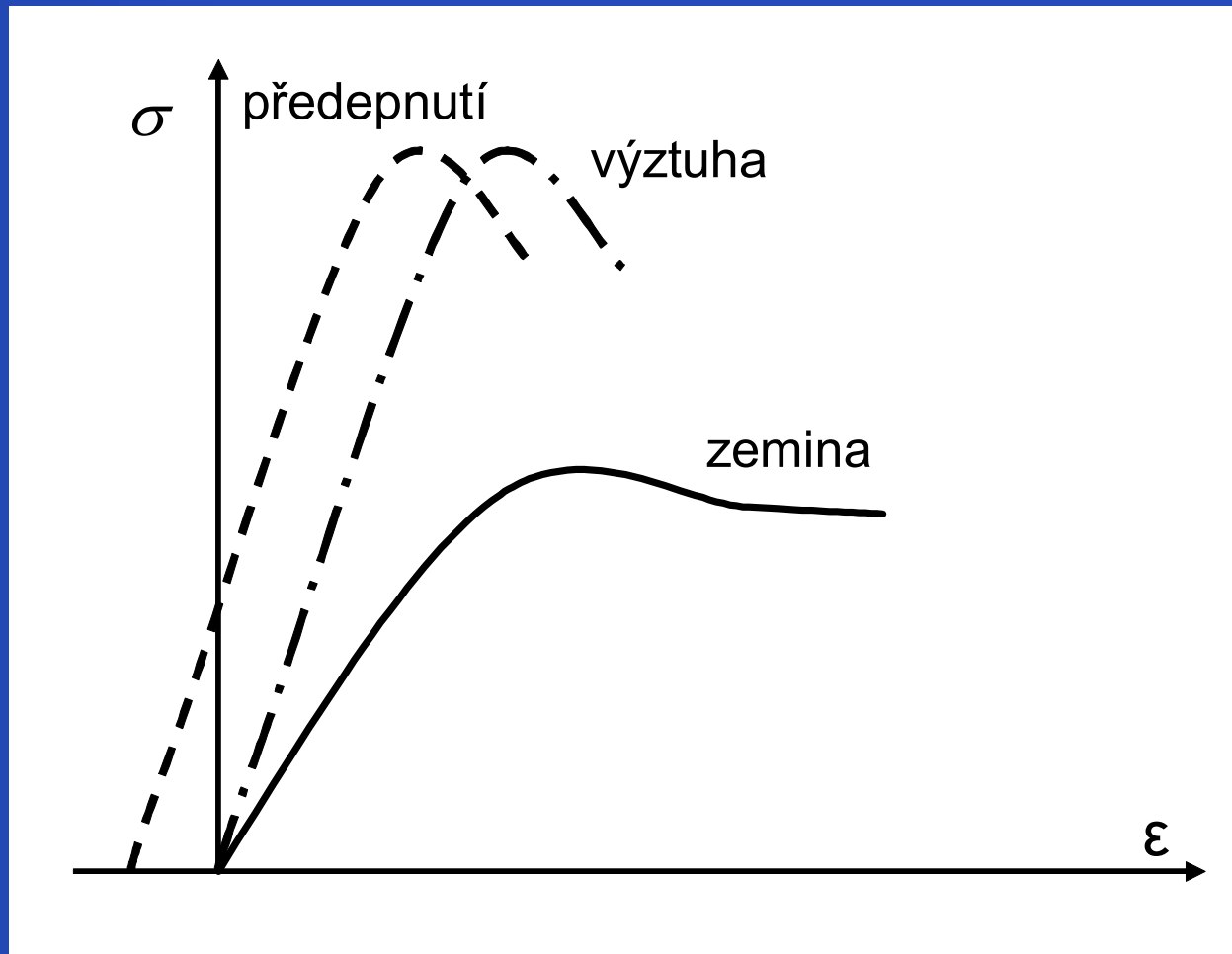
- Polyester
- Polyvinylalkohol
- Aramid
 - vysoká pevnost při malém protažení
 - Výborné creepové vlastnosti

Výrobek - geotextilie $\left\{ \begin{array}{l} \text{tkané} \\ \text{pletené} \end{array} \right.$

- geosítě, geomříže
- geobuňky



TAHOVÁ PEVNOST A PŘETVOŘENÍ

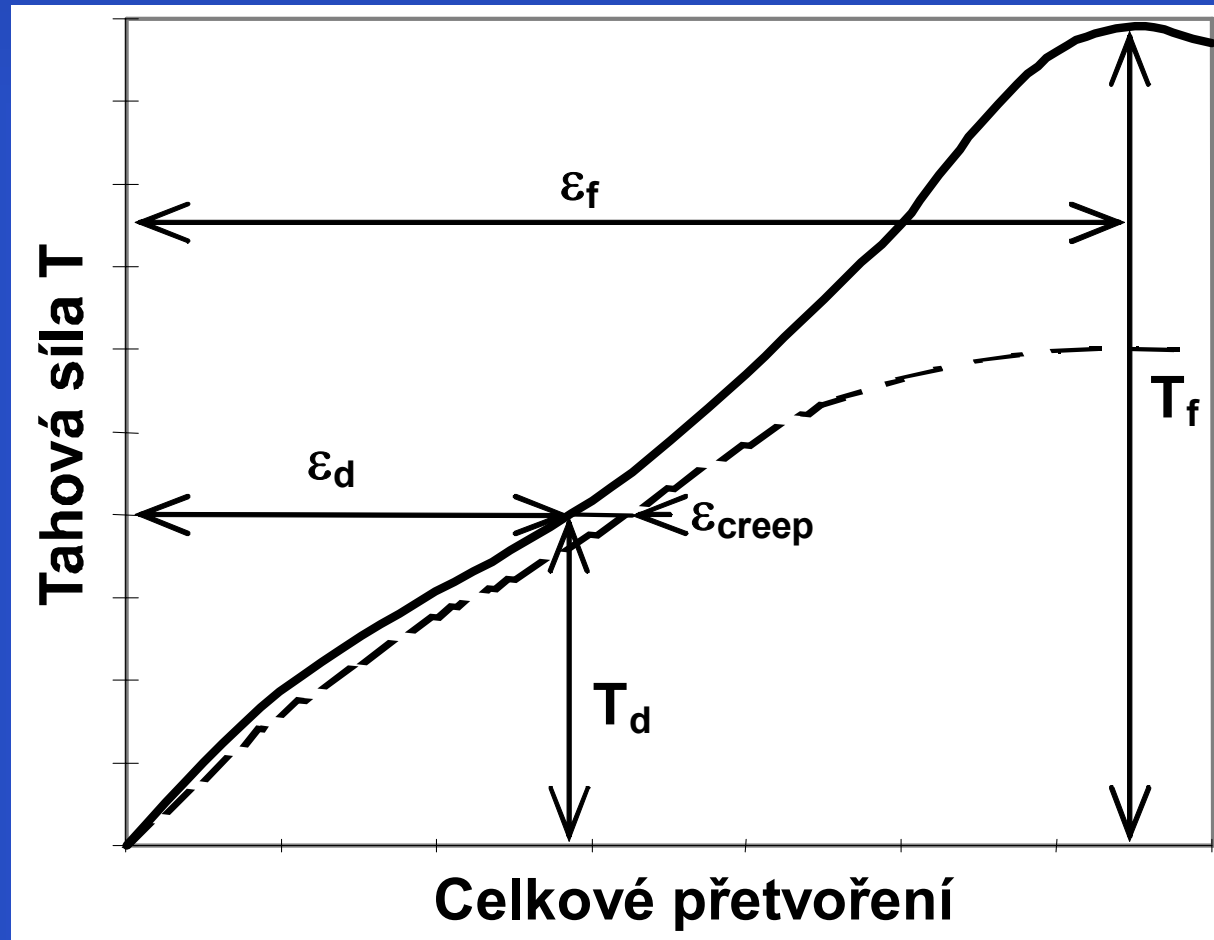
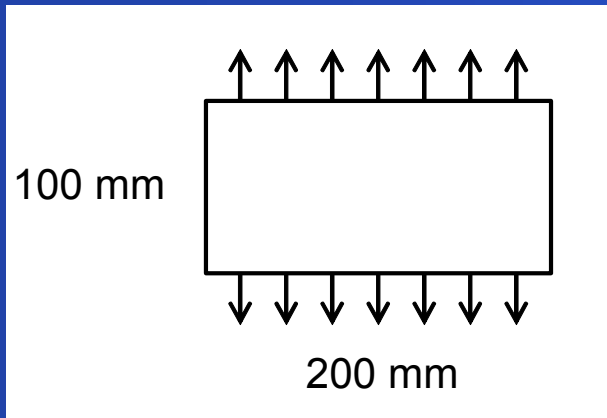




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

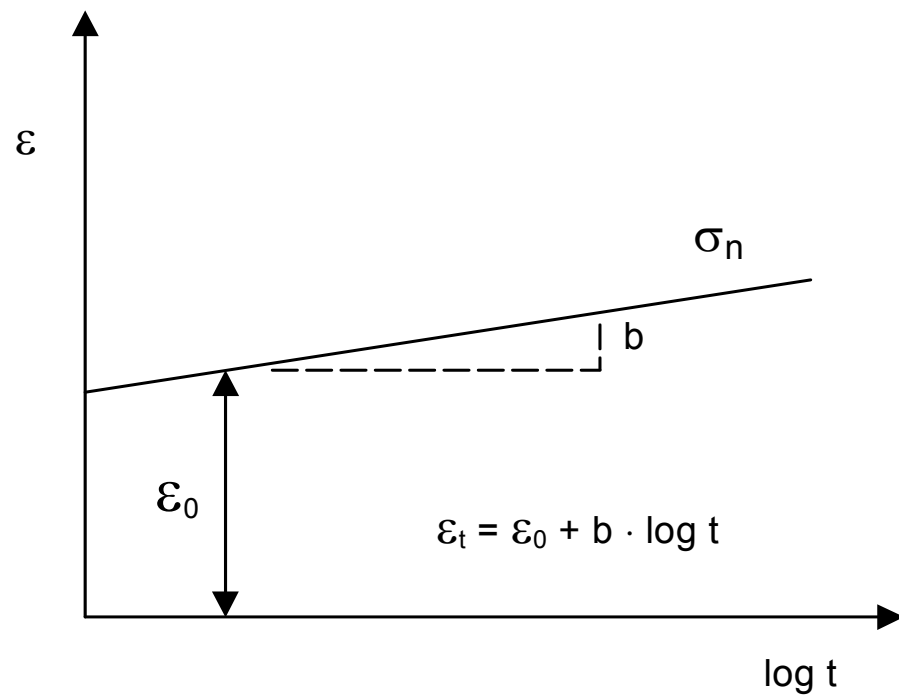
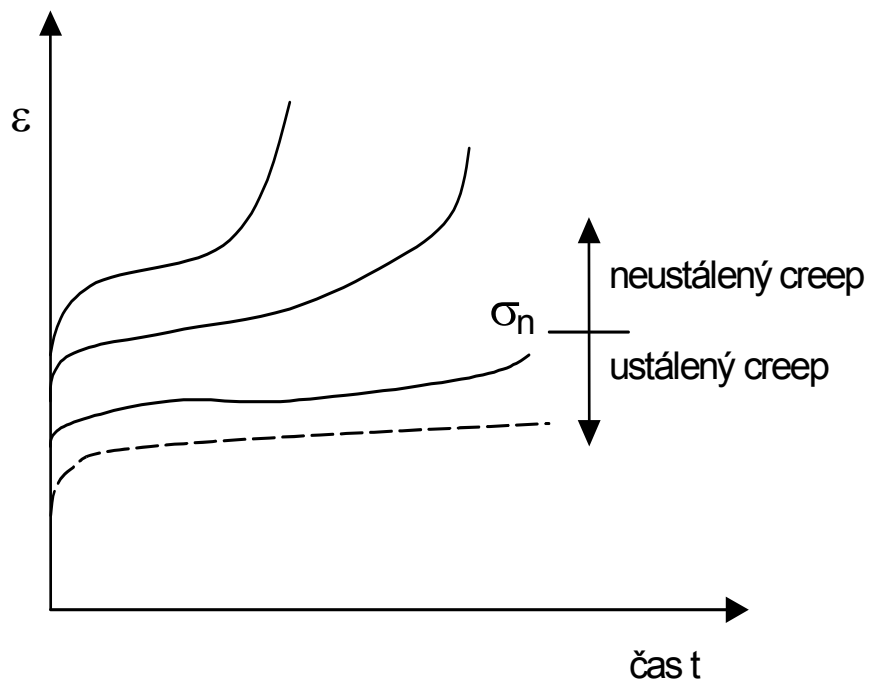
Obecný pracovní diagram výztužného geosyntetika



$T_f \rightarrow 1200 \text{ kN/m}^2$

$\epsilon_f \rightarrow 6 - 12 \%$

Creep

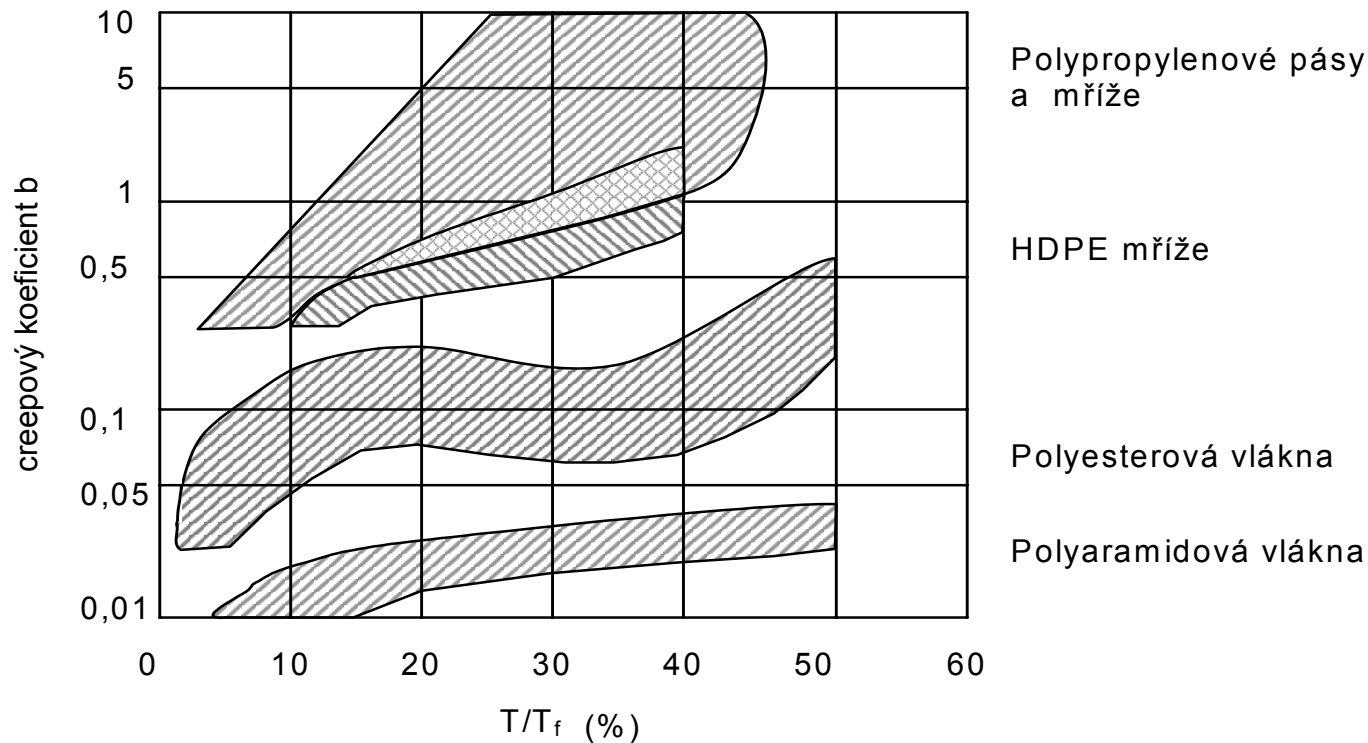




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Závislost creepového koeficientu b na úrovni napětí pro základní polymery

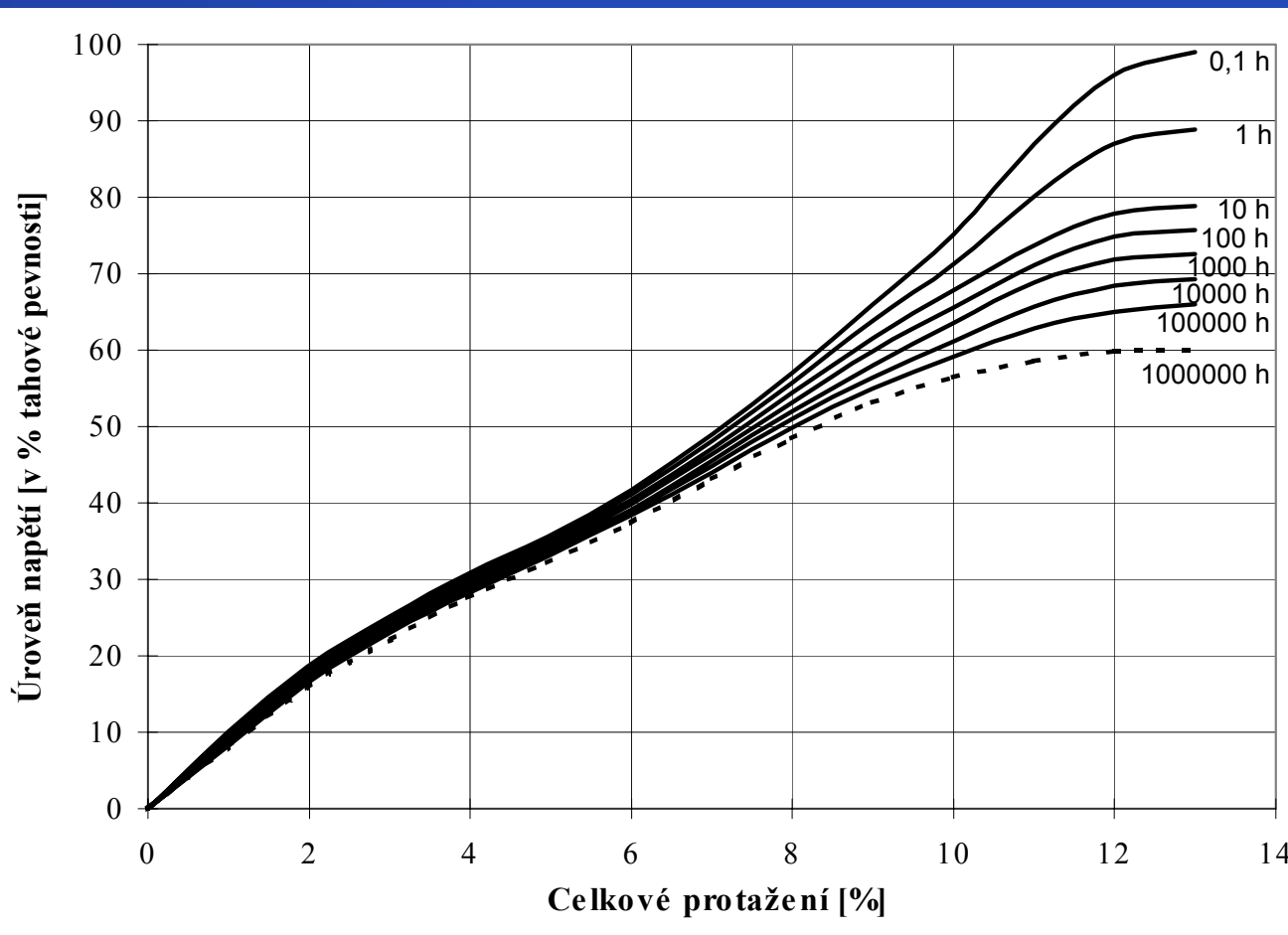




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Creep



Častá podmínka po dokončení kce:

<1% - opěrné stěny

<0,5% - mostní opěry

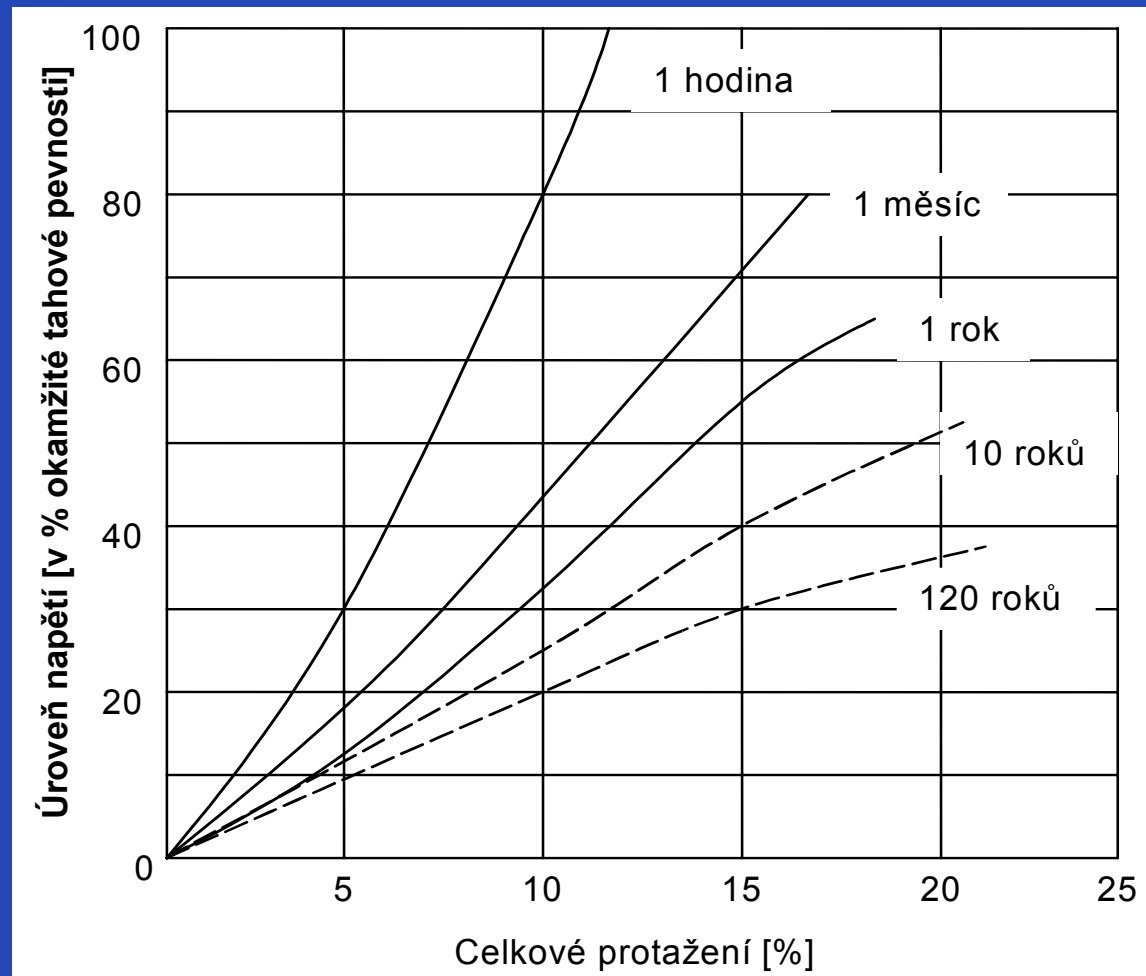
a) polyester



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

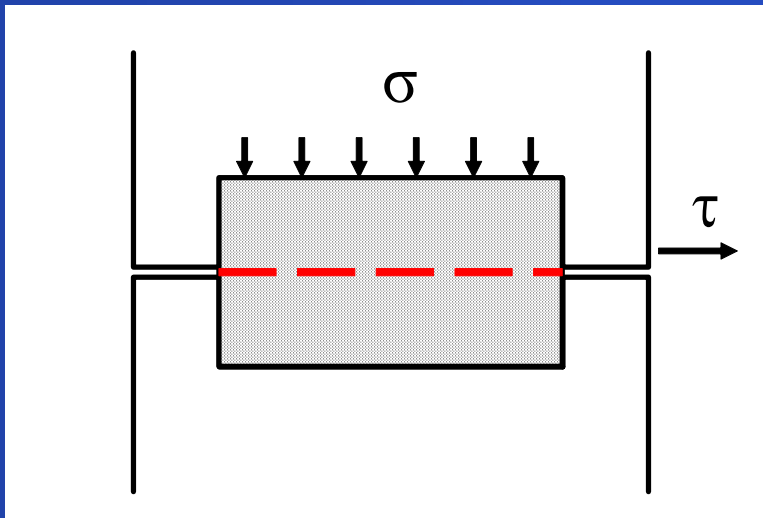
Creep



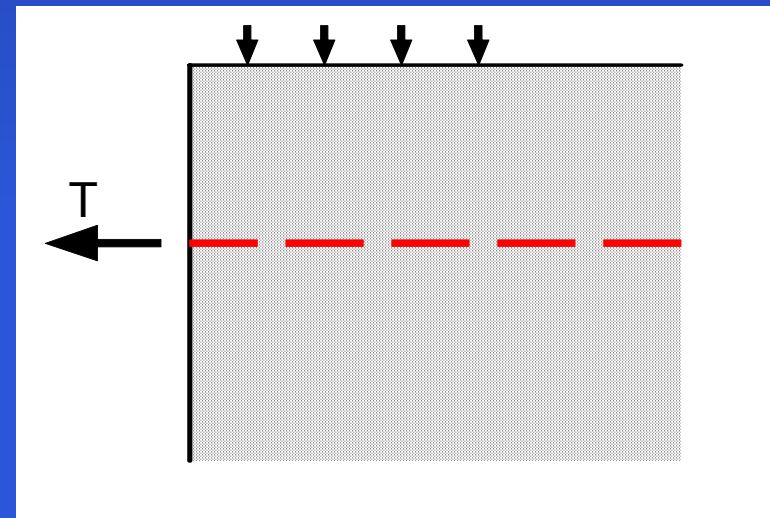
b) Polypropylén

Smyková pevnost kontaktu výztuhy a zeminy

Smyková zkouška

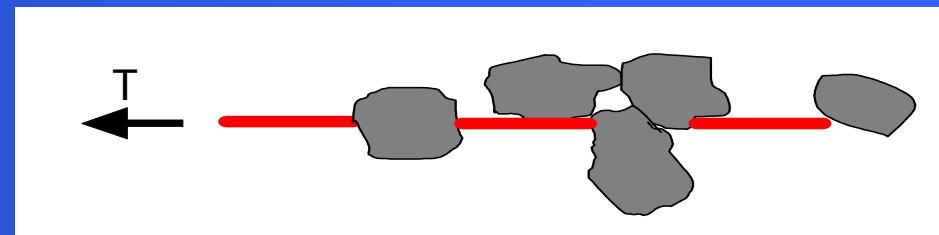


Zkouška na vytržení
(pull out test)



$$\text{tg} \varphi_{gs} \leq \text{tg} \varphi$$

Geomříže





NAVRHOVÁNÍ VYZTUŽENÝCH ZEMNÍCH KONSTRUKCÍ

Mezní stavy

- ztráta celkové stability nebo únosnosti
- deformace (včetně creepových), které způsobí:
 - nepoužitelnost konstrukce
 - konstrukční poruchy přilehlých konstrukcí

-
- porušení povrchovou erozí
 - porušení vnitřní erozí
 - porušení vztlakem



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

EC 7 – 3 GK

PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ MEZNÍCH STAVŮ:

- **Numerické modelování** – různé výpočtové metody
- **Laboratorní modelování**
 - odstředivka (Porhaba, Goodings 1996)
 - stereofotogrammetrie (Vaníček 1978, 80)
- **Modelování 1:1** – reálné kce
 - průkaz
 - budoucí využití - analogie



NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ

- **Klasické metody** $\left\{ \begin{array}{l} \text{stabilita} \\ \text{deformace} \end{array} \right.$
- **Metody napjatostně-deformačního stavu – MKP**
 - deformace
 - pole napětí – místa porušení



MEZNÍ STAV DEFORMACE

- Odhad – na základě přípustného protažení výztuh
- Labor. simulačním modelem
- MKP

Klasické metody $S_{\text{výp.}} \geq S_{\text{reálné}}$
(bez vyztužení)



MEZNÍ STAV STABILITY

Metody mezní rovnováhy

$$\gamma_{sit} \cdot \gamma_n \cdot \psi_c \cdot \sum \gamma_{fai} \cdot S_{act,in} \leq \gamma_{stp} \cdot \sum \gamma_{fpj} \cdot S_{pas,jn}$$

Pro zjedn. případ:

$$\sum S_{pas,jn} / \sum S_{act,in} \geq \gamma_n / \gamma_{stp}$$

$$\sum S_{pas,jn} / \sum S_{act,in} \geq 1,22 - 1,33$$

γ_n - souč. účelu 1,1 - 1,2

γ_{stp} - souč. stability polohy 0,9



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

VÝPOČTOVÁ PEVNOST

- Zeminy φ_d / C_d

- Výztuhy

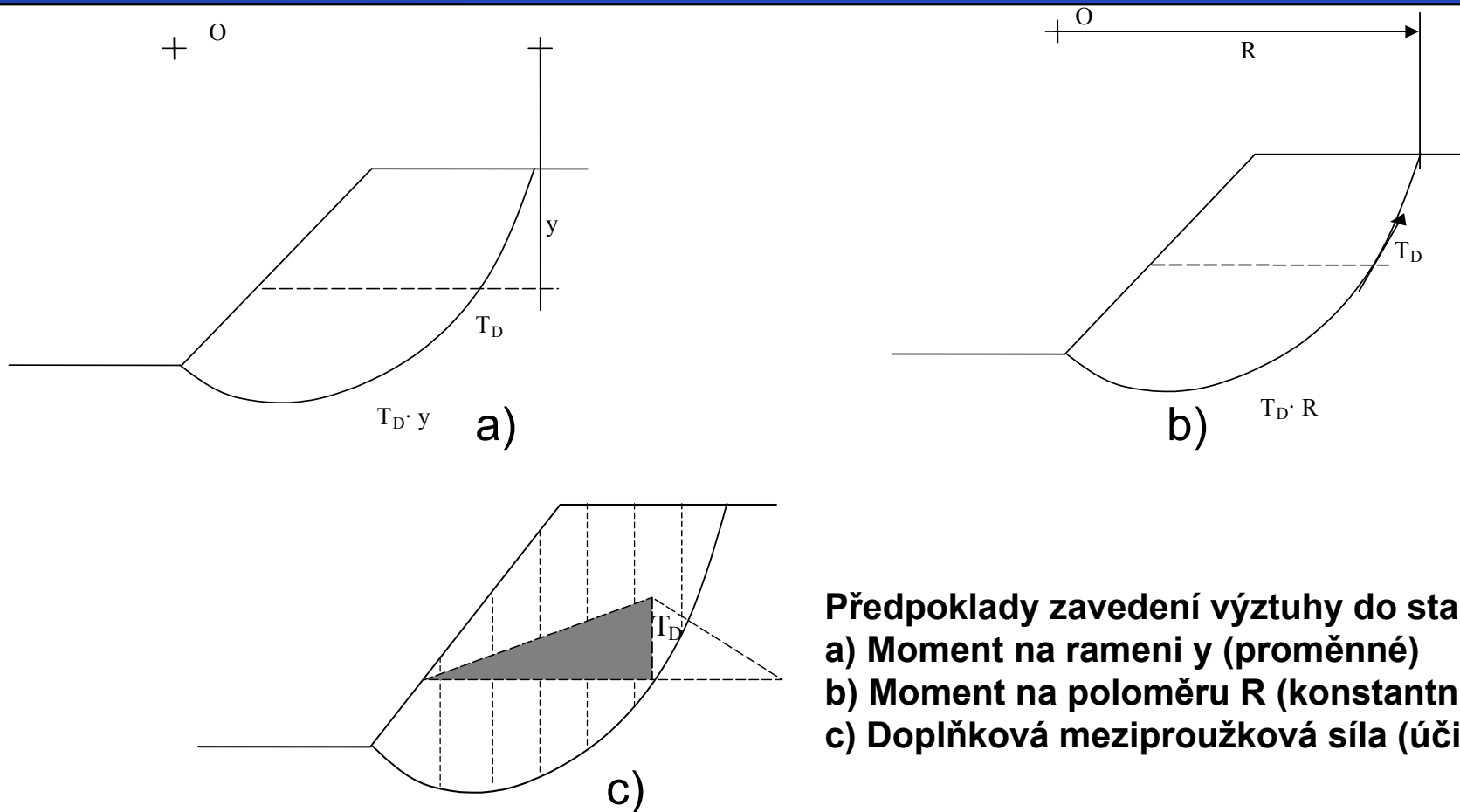
$$T_d = \frac{T_f}{F_{tc} \cdot F_{comp} \cdot F_{env} \cdot F_{mat} \cdot F_{ost}}$$

, kde

Tab. Srovnání dílčích součinitelů bezpečnosti pro různé předpisy

Předpis	F_{comp}	F_{env}	F_{tc}		F_{mat}	F_{ost}
			PET	PP PE		
FHWA (USA)	1,25 - 3	1,1-2	2,5	5	1,5	-
CFGG (F)	1,1 - 1,5	1,1	2,5	4,5	1,2	-
Gourc (F) (NFP – 38064)	1,1 - 1,5	1,1	2,25	4,5	-	-
DGGT (D)	1,1 - 1,5	1,1	2,5	4	1,75	-
Polyfelt	1,3 - 1,5	1,1	2	4	1,2	-
TP 97 + ČD (CZ)	1,1 - 1,5	1,1	2,5	4,5	-	1,22 - 1,33

Zavedení účinku výztuhy do metody mezní rovnováhy



Předpoklady zavedení výztuhy do stabilitního výpočtu

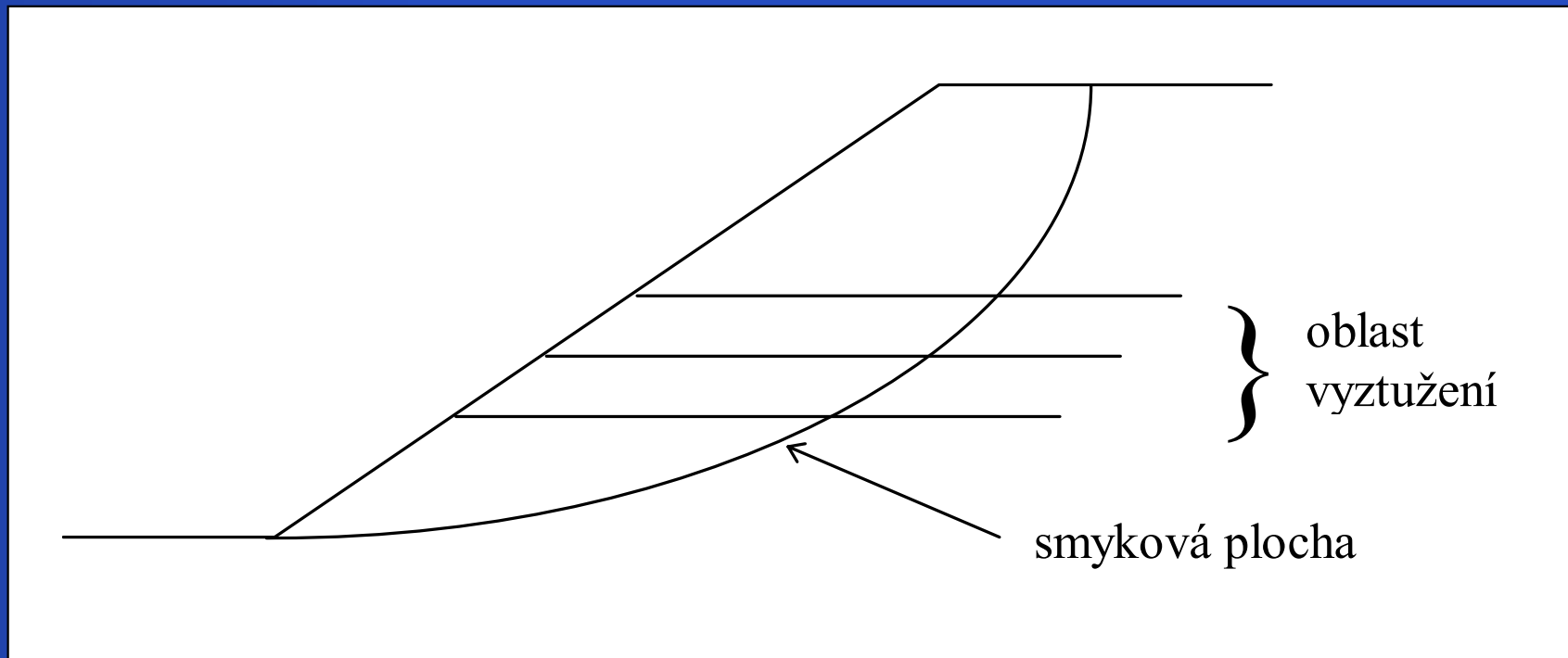
- a) Moment na rameni y (proměnné)**
- b) Moment na poloměru R (konstantní)**
- c) Doplňková meziproužková síla (účinek proměnný)**



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Smyková plocha prochází oblastí vyztužení - výpočet vnitřní stability

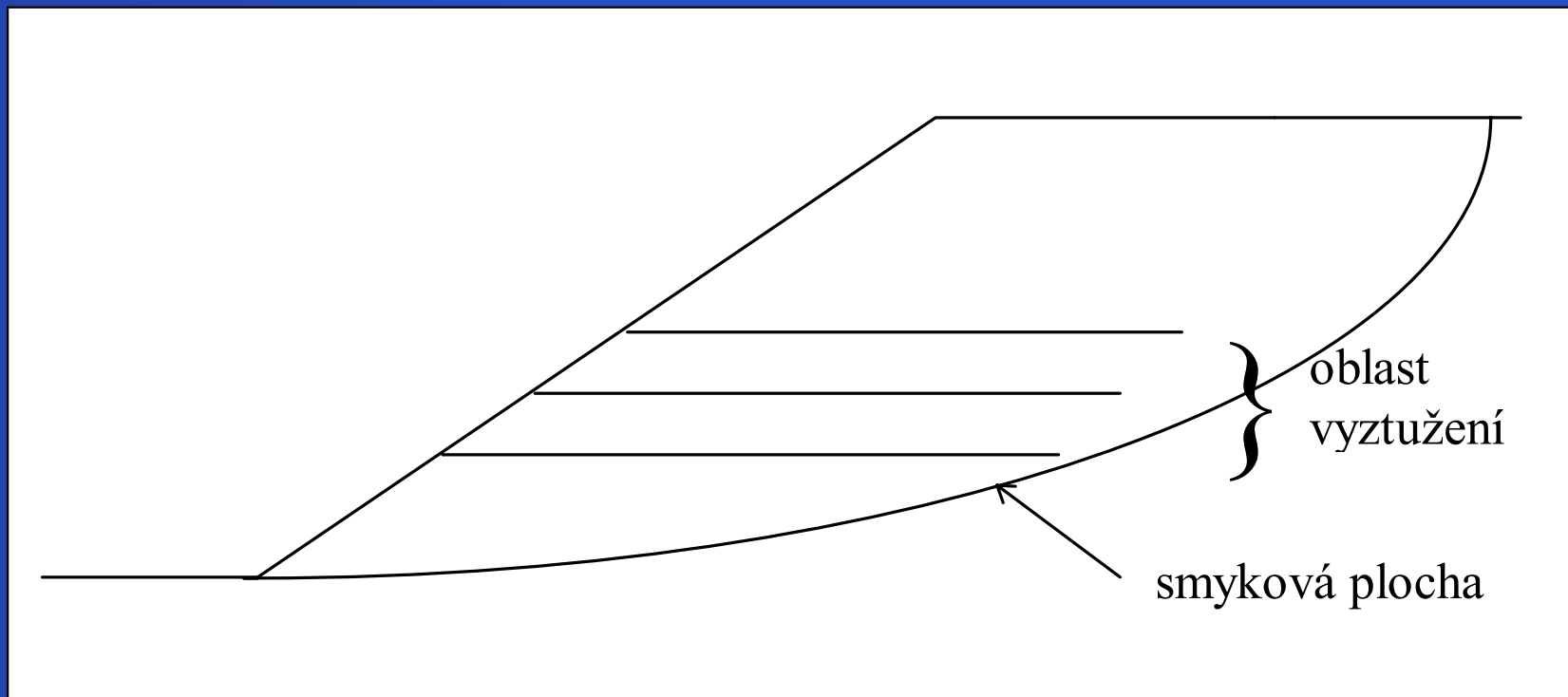




GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

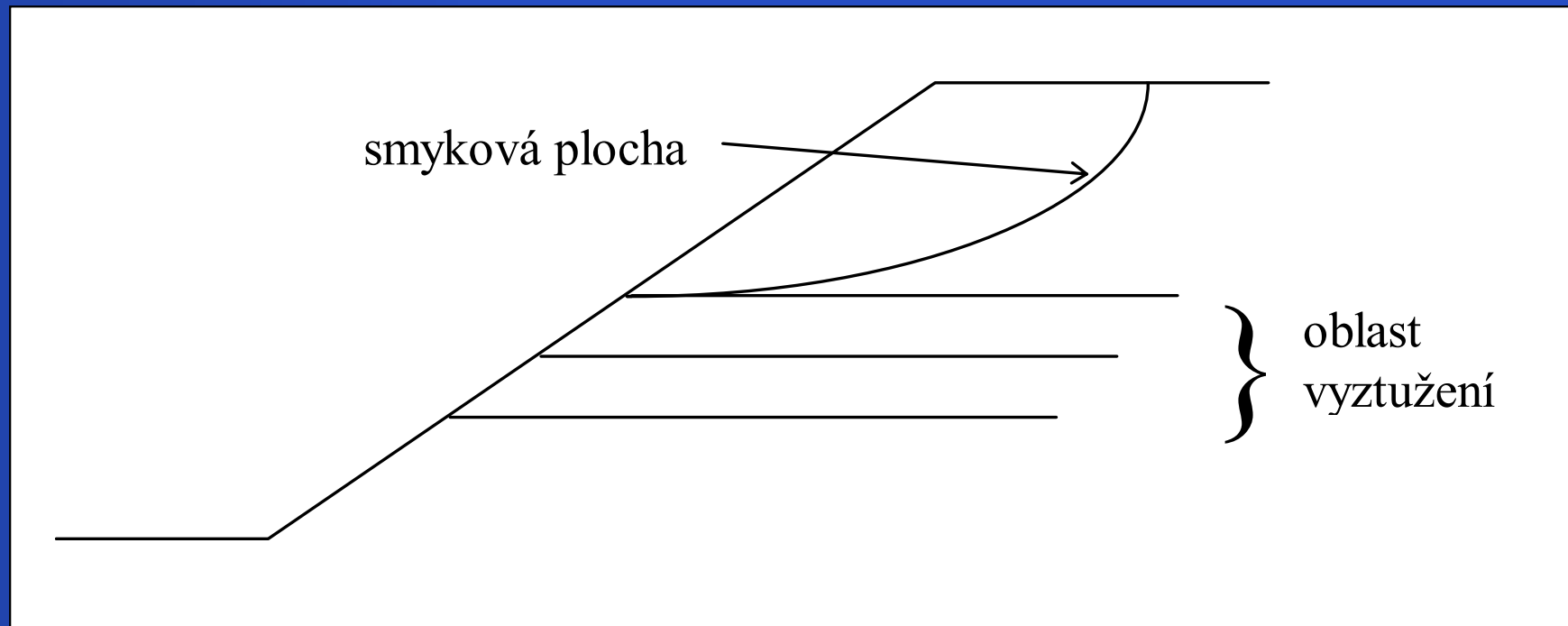
8. únor 2005, Praha

Smyková plocha prochází mimo oblast vyztužení - výpočet vnější celkové stability



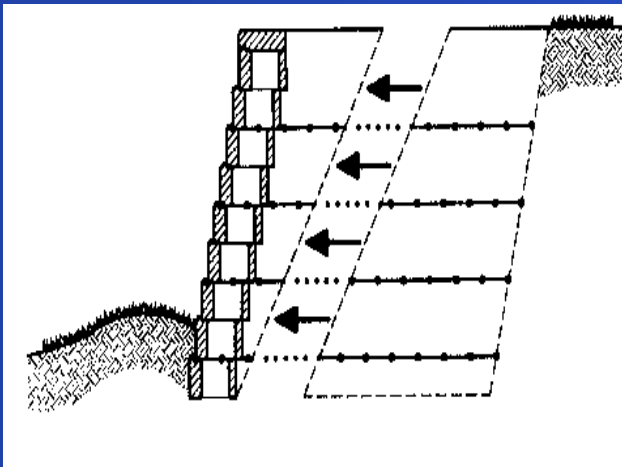


Smyková plocha prochází mimo oblast vyztužení - výpočet vnější dílčí stability

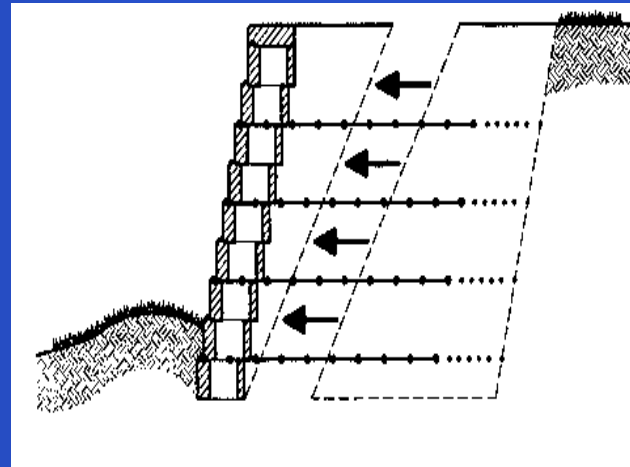


Výpočtové situace pro opěrné stěny

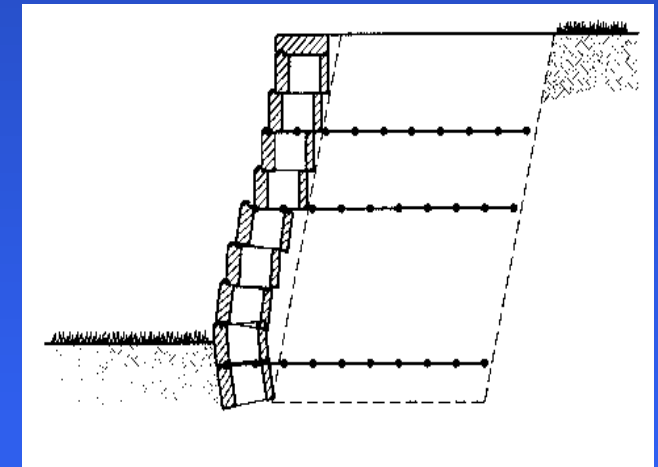
- vnitřní stabilita



**přetržení
výztužného prvku**



**vytržení výztužného
prvku ze zeminy**



**vyboulení
prefabrikátů**

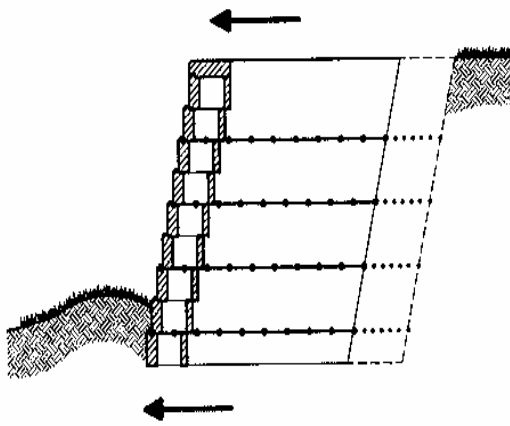


GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

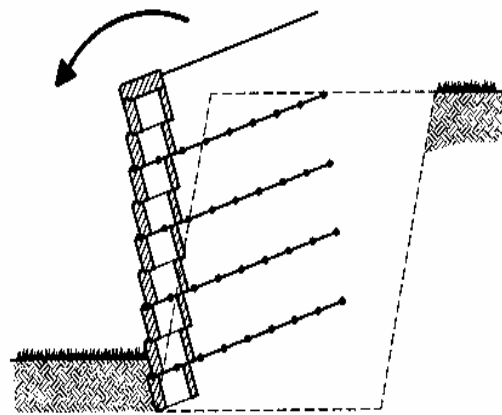
Výpočtové situace pro opěrné stěny

- vnější stabilita



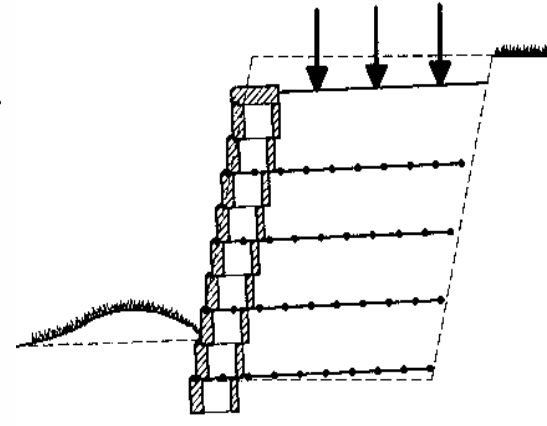
Posunutí

posunutí
konstrukce

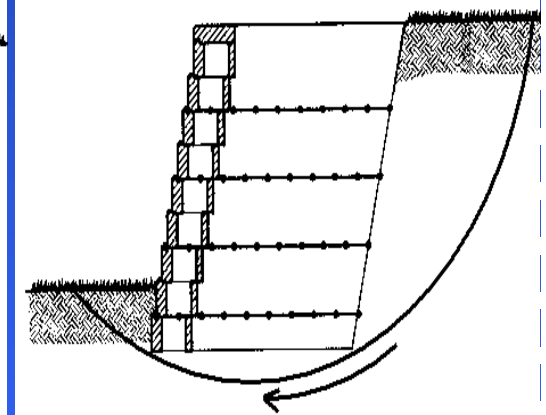


Překlopení

konstrukce



zaboření
konstrukce
do podloží



celk. stabilita-
smyková plocha
za vyztuženou
oblastí



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

Janbu

- **Řešení dle mezních stavů**
- **Obecná smyková plocha**
- **Generace výpočtových hodnot zeminy i výztuhy**
- **Vyhledání nejnebezpečnější smykové plochy**
- **Automatická kontrola délky ukotvení**



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

MKP

PROBLÉMY:

- modelování výztuhy, jejíž tloušťka je s ohledem na celé zemní těleso nepatrná a klasické řešení by vedlo k nepřiměřeně velkému množství konečných prvků
- modelování interakce výztuhy se zeminou

Brown + Poulos (1978)

Rowe + Ho (1988)

} - Kompozitní modely
} - Diskrétní modely



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

MKP

Karpurapu + Bathurst (1994)

- pro modelování napětí a přetvoření zeminy se použily obecnější konstitutivní zákony, které lépe vystihují skutečné chování zeminy
- pro modelování vyztužujících mříží z plastických hmot a panelů na svislém líci konstrukce se použily speciální konečné prvky
- speciální prvky se použily i pro modelování spolupůsobení výztuže se zeminou.



GEOSYNTETIKA VE STAVEBNÍ PRAXI

8. únor 2005, Praha

ZÁVĚR

Vyztužená zemina:

- Kce ze 2 kompozitních materiálů velmi odlišných vlastností
- Aplikace mezních stavů
- Deformace
- Význam monitoringu