Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede. Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020

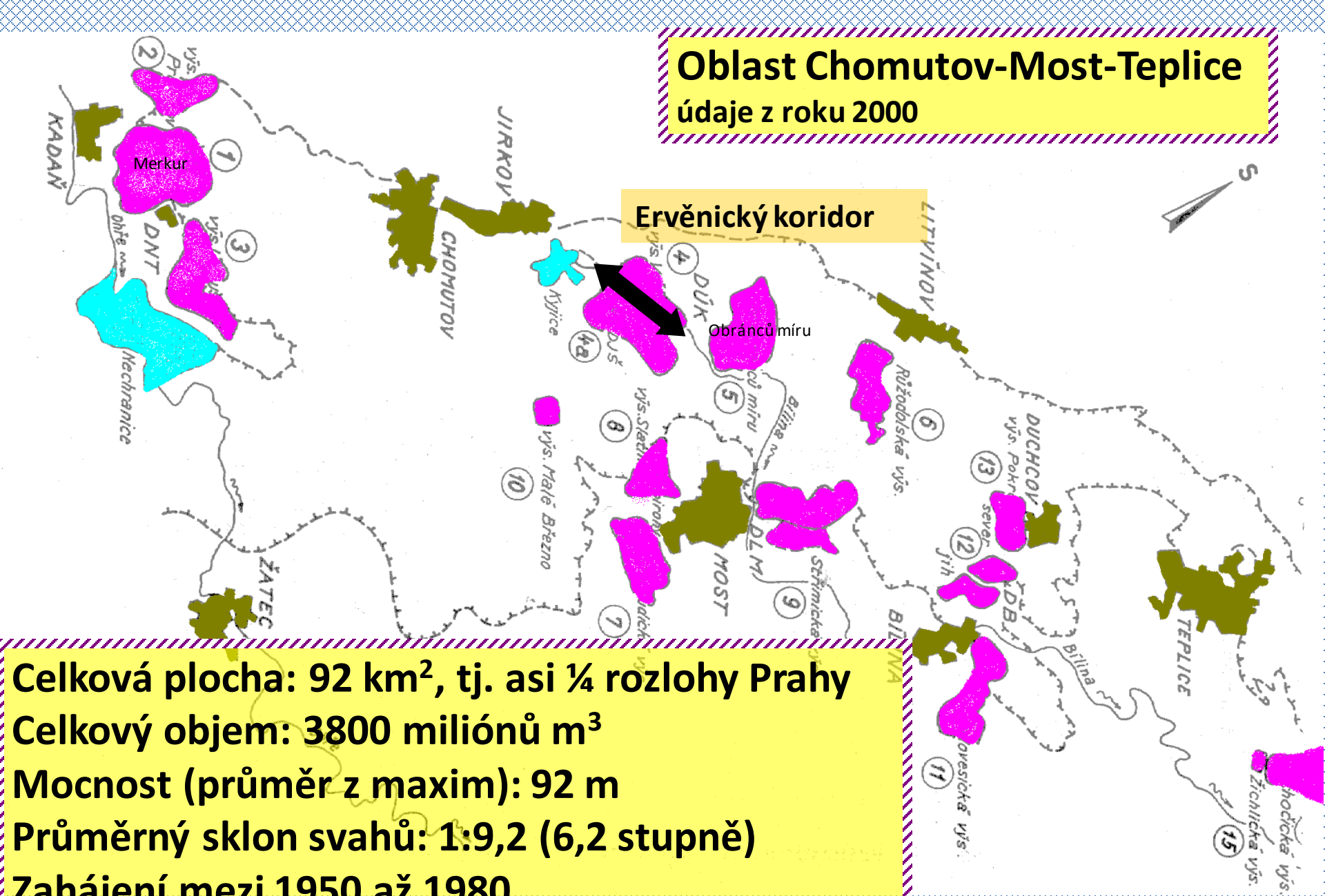
Skládkový workshop Liberec-Žitava 2018
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI www.tul.cz
skladkytul.cz
15.-16.11.2018 Liberec

Náchylnost zemin ve výsypkách povrchových hnědouhelných lomů SHR k vytvoření plastického jádra

Ing. Jan Kurka, CSc., AZ CONSULT, spol. s r.o. Ústí nad Labem
Ing. Pavel Kotva, GEO-TOOLS, z.s.

Oblast Chomutov-Most-Teplice

údaje z roku 2000



Celková plocha: 92 km², tj. asi ¼ rozlohy Prahy

Celkový objem: 3800 miliónů m³

Mocnost (průměr z maxim): 92 m

Průměrný sklon svahů: 1:9,2 (6,2 stupně)

Zahájení mezi 1950 až 1980

výsypka Merkur: 14 km², 611 miliónů m³

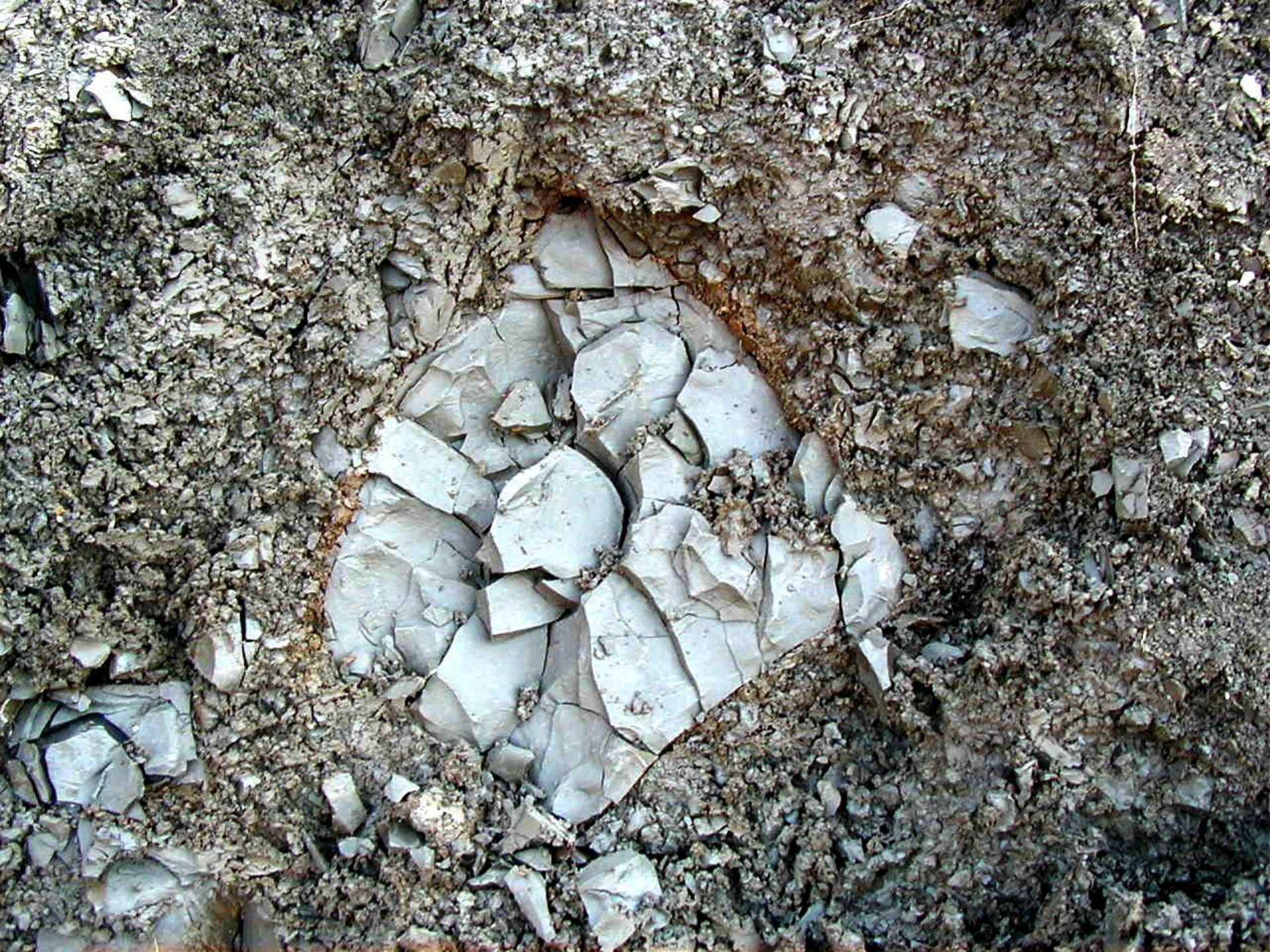
výsypka Obránců míru: mocnost až 150 m

Plastické jádro

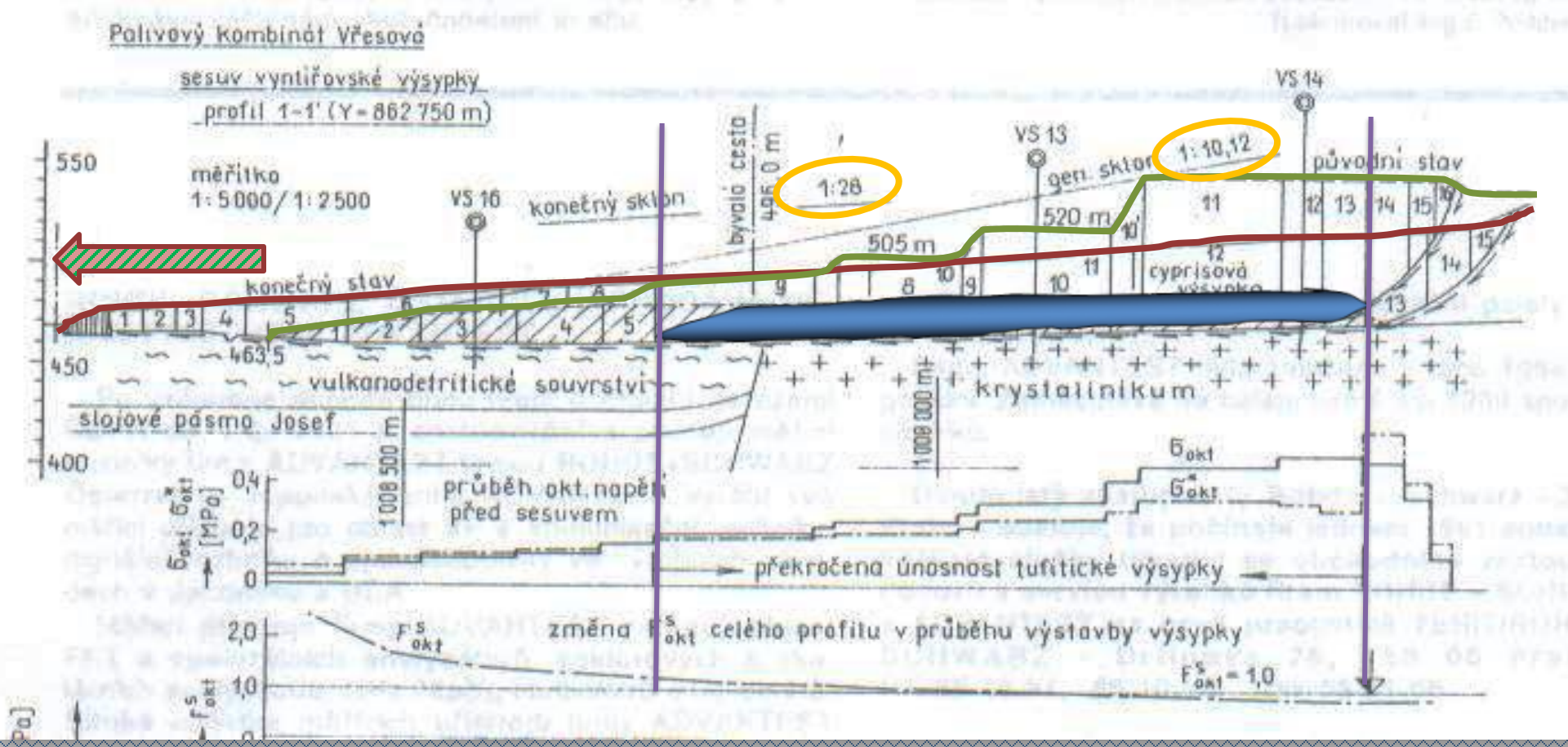
Za kombinace nepříznivých okolností se uvnitř výsypky může vytvořit oblast, která je konsolidačně izolovaná od okolí, a ve které jsou mezery vyplněné vodou. Postupnou degradací úlomků dochází k homogenizaci této vrstvy a výsledkem je zemina s měkkou až kašovitou konzistencí. Taková oblast se označuje jako **plastické jádro**.

Termín ´**plastické**´ znamená konzistenci zemin v dané vrstvě.

Termín ´**jádro**´ napovídá, že se objekt nalézá uvnitř výsypky. Podmínky pro jeho vznik se však tvoří v době, kdy daná vrstva je čerstvě nasypaná a tvoří dočasný povrch výsypkového tělesa. Teprve později je překryta dalšími vrstvami a jimi je izolována od okolí. Záleží na tom, v jakém stavu se při překrývání a izolaci nachází.



K nejrozsáhlejšímu sesuvu přisuzovanému existenci plastického jádra došlo u Sokolova mezi a Vintířovem a Lomnicí po překročení únosnosti vrstev tufitických jílů uvnitř výsypky (Radl, 1991). Tehdy se generální obrys svahu výsypky z původního sklonu 1:10,1 samovolně ustálil až na sklonu 1:28, přičemž čelo sesuvu se posunulo až o cca 200 m.



Co je tedy určující:

Matematické uchopení problému

Jak již bylo uvedeno, předpokládá se, že jsou k dispozici údaje o zrnitostním složení, hustotě pevných částic, váhové vlhkosti a objemové hmotnosti sušiny $\boldsymbol{\rho_{ds}}$ na vstupu (ze skrývkové strany) a konzistenčních mezích. Dále se předpokládá plná nasycenost zeminy ze skrývkové strany. Postup výpočtu logicky sleduje proces těžby a ukládání na výsypce.

$$n = 100 * \left(1 - {\rho_{ds}}/{\rho_s}\right)(\%) \quad (1)$$

$$n + m = 100 * \left(1 - {\rho_{dv}}/{\rho_s}\right)(\%) \quad (2)$$

Při plné saturaci platí, že

$$S_{rs} = 1 = {(\rho_{ns} - \rho_{ds})}/{(\rho_w \times n)} \quad (3$$

$$n = {\rho_{ds} \times w_s}/{\rho_w} = 100 * \left(1 - {\rho_{ds}}/{\rho_s}\right) \quad (4)$$

$$w_S = {100 \times \rho_w \times \left(1 - {\rho_{ds}}/{\rho_s}\right)}/{\rho_s} \quad (5)$$

$$I_{cs} = {(w_L - w_s)}/{I_P} = {\left(w_L - {10^5}/{\rho_{ds}} + {10^5}/{\rho_s}\right)}/{I_P} \quad (6)$$

$$w_L = {10^5}/{\rho_{ds}} - {10^5}/{\rho_s} + I_{cs} \times I_P \quad (7)$$

hutnění (pojezdy auty, zakladačem, atp.), není možné obecně předpokládat jakýkoli pozitivní vliv hutnění

$$w_L = {10^5}/{\rho_{ds}} - {10^5}/{\rho_s} + I_{cs} \times I_P = {10^5}/{\rho_{dv}} - {10^5}/{\rho_s} + I_{cv} \times I_P \quad (8)$$

$$I_{cv} = I_{cs} + {10^5 \times (\rho_{dv} - \rho_{ds})}/{(I_P \times \rho_{dv} \times \rho_{ds})} \quad (9)$$

S_{rs} je stupeň nasycení zeminy ze skrývky (-)
ρ_{ns} je objemová hmotnost vlhké zeminy ze skrývky (kg/m^3)
ρ_{ds} je objemová hmotnost suché zeminy ze skrývky (kg/m^3)
ρ_w je objemová hmotnost vody (1000 kg/m^3)
ρ_s je měrná hmotnost zrn (2700 kg/m^3)
w_s je váhová vlhkost zeminy ze skrývky (%)
w_L je mez tekutosti (%)
w_P je mez plasticity (%)
I_P je index plasticity (w_L - w_P) (%)
I_{cs} je index konzistence zeminy ze skrývky (-)

Výsledky parametrických výpočtů – krok 1

Je možné provést libovolně vysoký potřebný počet parametrických výpočtů kombinujících w_L, w_P, ρ_{ds} a další související parametry k tomu, aby bylo možné stanovit náchylnost ke vzniku plastického jádra prostřednictvím vybraných parametrů I_{cv}, m a ρ_{dv}.

Protože tyto parametry jsou navzájem provázané, budou pro vysoké riziko vzniku plastického jádra přijatelné pouze výsledky, kdy jsou plněna kritéria výskytu všech parametrů **v optimální rovnováze**.

Je zřejmé, že **neexistuje jednoznačný výsledek** kombinace v maximální míře napomáhající vzniku plastického jádra, a že jakkoli vyjádřená náchylnost bude závislá na zvolené cílové kombinaci.

Užité způsoby vyhodnocení hledají vyvážené hodnoty všech vstupních i výstupních (nejčastěji tří naposledy jmenovaných, I_{cv}, m a ρ_{dv}) parametrů mezi účinky v maximální míře zvyšujícími riziko vzniku plastického jádra a dostatečnou pravděpodobností jejich výskytu.

Pro první krok řešení dané problematiky byl zvolený algoritmus založený na **úplném prohledání celého prostoru vstupních proměnných** (pomocí vnořených cyklů v rozsahu od minima do maxima s krokem Δ) při současném výpočtu hodnot výstupních proměnných pro aktuální kombinace vstupních hodnot s použitím výše uvedených vzorců

Tabulka 1 - vstupní proměnné výpočtu

Proměnná	Označení	Jednotka	Minimum	Maximum	Krok Δ
Mez tekutosti	w_L	%	30	100	5%
Mez plasticity	w_P	%	20	60	5%
Objemová hmotnost sušiny na skrývce	ρ_{ds}	kg/m^3	1400	2000	50
Objemová hmotnost sušiny ve výsypce	ρ_{dv}	kg/m^3	950	1300	20

Tabulka 2 - výstupní proměnné výpočtu

Proměnná	Označení	Jednotka	Minimum	Maximum	Krok Δ
Objemová hmotnost pevných částic	ρ_s	kg/m^3	2700	2700	(konst.)
Index konzistence	I_{cv}	%	0,0	0,6	nestanoveno
Pórovitost	n	%	25	40	nestanoveno
Přídavná pórovitost - mezerovitost	m	%	15	35	nestanoveno

FUNKCIONALITA PLASTICKÉ JÁDRO VÝSYPKY

Fáze 1: Vstupní parametry:

- RoS = 2700 # kg/m3 # měrná hmotnost zrn — zadána pevná hodnota 2700
- WL <- seq(30, by = 5, 120) # mez tekutosti — zadán rozsah od 30 do 120, krok 5
- PocetWL <- length(WL)
- WP <- seq(20, by = 5, 60) # mez plasticity — zadán rozsah od 20 do 60, krok 5
- PocetWP <- length(WP)
- RoDV <- seq(100, by = 20, 1240) # Hustota sušiny na vysypce — zadán rozsah od 100 do 1240, krok 20
- PocetRoDV <- length(RoDV)
- RoDS <- seq(1400, by = 20, 1800) # Hustota sušiny na skrývce — zadán rozsah od 1400 do 1800, krok 20
- PocetRoDS <- length(RoDS)

FUNKCIONALITA PLASTICKÉ JÁDRO VÝSYPKY

Fáze 2: Spuštění výpočtu + omezení (filtrovaní) výstupů výpočtu

Omezení mezerovitosti a Indexu konzistence

```
N <- 100.0 * (1.0 - RoDS[IndexRoDS] / RoS)
        if ((N >= 25.0) && (N <= 40.0)) {
            for (IndexRoDV in 1:PocetRoDV) {
                M <- 100.0 * (1.0 - RoDV[IndexRoDV] / RoS) - N    # druhotna
mezerovitost
                if ((M >= 15.0) && (M <= 35.0)) {
                    Ic <- (1.0E5 / RoS - 1.0E5/ RoDV[IndexRoDV] + WL[IndexWL]) / Ip
                        if ((Ic >= 0.0) && (Ic <= 0.8))
```

FUNKCIONALITA PLASTICKÉ JÁDRO VÝSYPKY

Fáze 3: Generování výstupního souboru v xls/csv

Matice[PocetPruchodu, 1] <- WL[IndexWL]

Matice[PocetPruchodu, 2] <- WP[IndexWP]

Matice[PocetPruchodu, 3] <- RoDV[IndexRoDV]

Matice[PocetPruchodu, 4] <- RoDS[IndexRoDS]

Matice[PocetPruchodu, 5] <- N

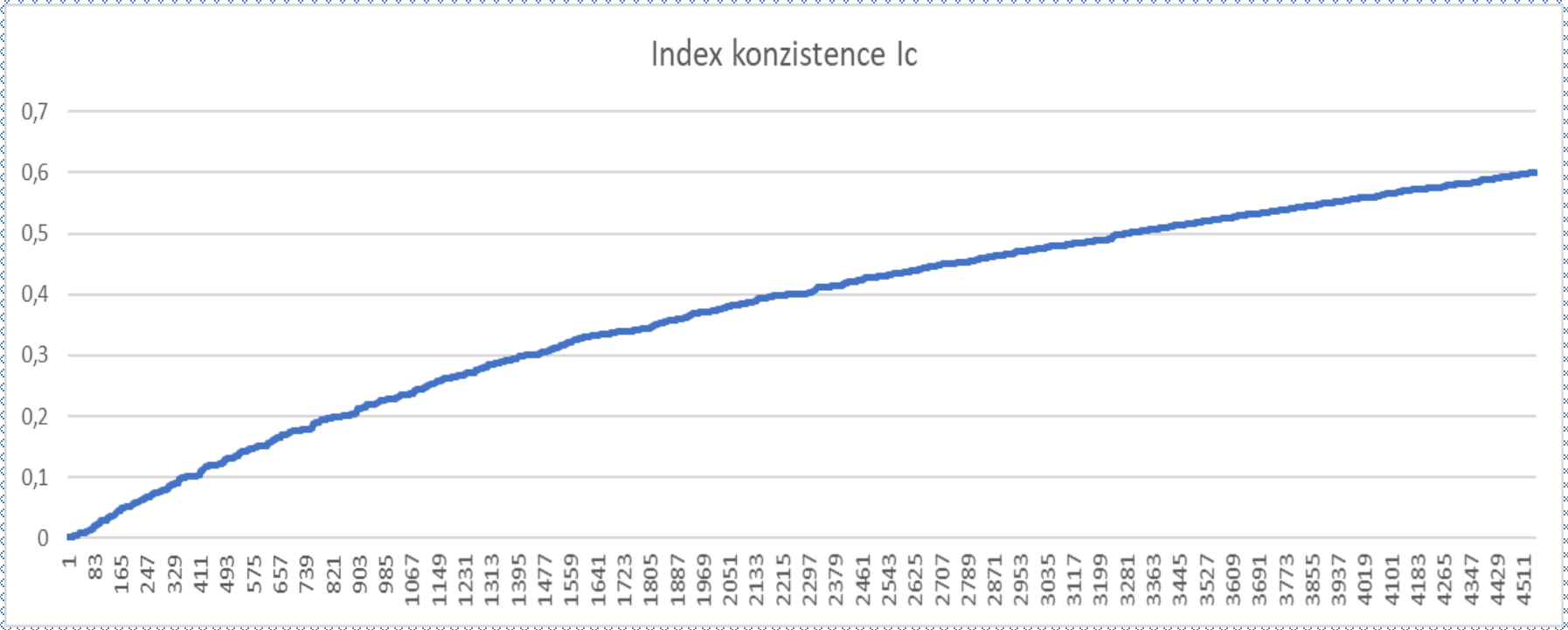
Matice[PocetPruchodu, 6] <- M

Matice[PocetPruchodu, 7] <- Ic

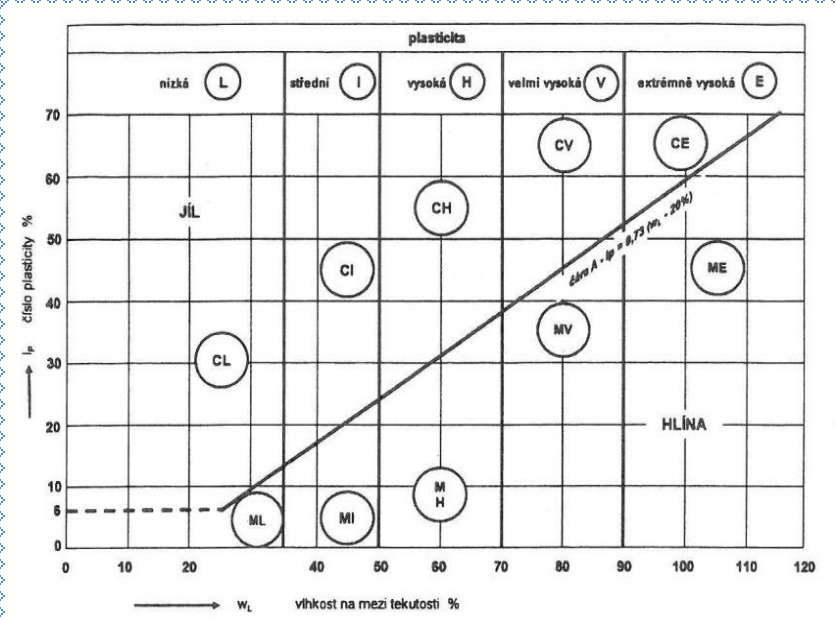
Celkem 18.040 kombinací při zadaných vstupních hodnotách a variantách a omezení výstupů.

X	WL	WP	RoDV	RoDS	N	M	IC
1	45	20	1220	1640	39.2592592592593	15.5555555555556	0.00279295689131743
2	45	20	1220	1660	38.5185185185185	16.2962962962963	0.00279295689131743
3	45	20	1240	1660	38.5185185185185	15.5555555555556	0.0556750298685785
4	45	20	1220	1680	37.7777777777778	17.037037037037	0.00279295689131743
5	45	20	1240	1680	37.7777777777778	16.2962962962963	0.0556750298685785
6	45	20	1220	1700	37.037037037037	17.7777777777778	0.00279295689131743
7	45	20	1240	1700	37.037037037037	17.037037037037	0.0556750298685785
8	45	20	1220	1720	36.2962962962963	18.5185185185185	0.00279295689131743
9	45	20	1240	1720	36.2962962962963	17.7777777777778	0.0556750298685785
10	45	20	1220	1740	35.5555555555556	19.2592592592593	0.00279295689131743
11	45	20	1240	1740	35.5555555555556	18.5185185185185	0.0556750298685785
12	45	20	1220	1760	34.8148148148148	20,00	0.00279295689131743
13	45	20	1240	1760	34.8148148148148	19.2592592592593	0.0556750298685785
14	45	20	1220	1780	34.0740740740741	20.7407407407407	0.00279295689131743
15	45	20	1240	1780	34.0740740740741	20,00	0.0556750298685785
16	45	20	1220	1800	33.3333333333333	21.4814814814815	0.00279295689131743
17	45	20	1240	1800	33.3333333333333	20.7407407407407	0.0556750298685785
18	50	20	1160	1620	40,00	17.037037037037	0.0276713495104299
19	50	20	1180	1620	40,00	16.2962962962963	0.0763758108390879
20	50	20	1200	1620	40,00	15.5555555555556	0.123456790123457

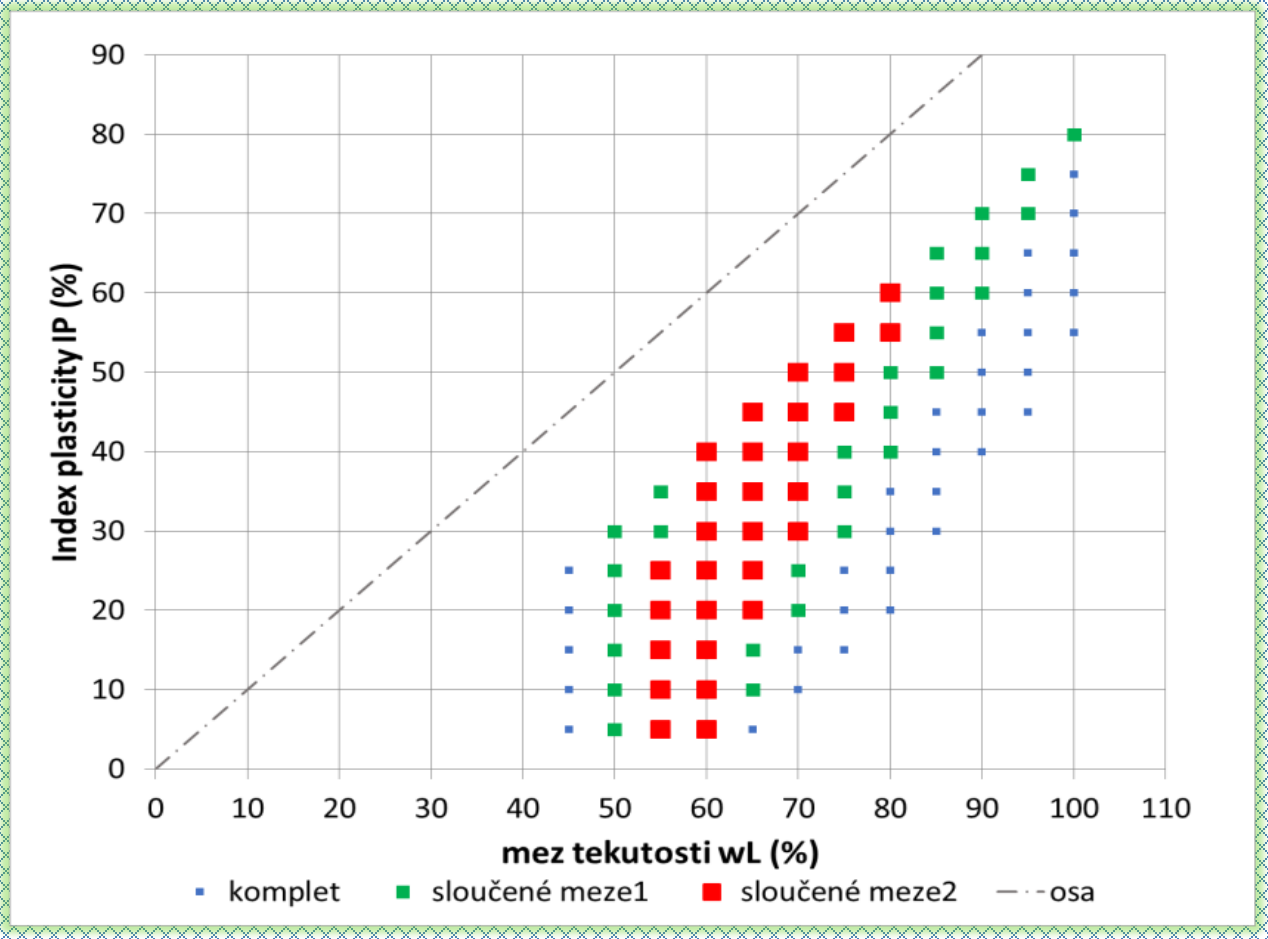
Výsledná výstupní matice má podle zvolených rozmezí a kroků odpovídající počet řádků s kombinacemi hodnot, které vyhovovaly zadání. Setříděné výsledky z matice podle I_{cv} jsou uvedené v obrázku



Jestliže výsledek dokážeme vypočítat, je určitým problémem jeho **názorné zobrazení**. Množina výsledků je tedy různými způsoby filtrována tak, aby se vyváženě zužovaly rozsahy jednotlivých parametrů. V následujícím obrázku je uveden graf s osami w_L (vodorovná) a I_P (svislá), označovaný v mechanice zemin jako **diagram plasticity**, užívaný k zatřídění zemin. Toto užívané grafické schéma je využito jako základ pro další prezentaci výsledků.



ČSN 73 6133 - CL, CI ... – symboly pro třídy zemin



		sloučené meze		
		komplet	1	2
Icv	min	0	0,1	0,2
(-)	max	0,6	0,5	0,4
ρ_{dv}	min	950	1000	1050
kg/m3	max	1300	1200	1150
m	min	15	20	20
(%)	max	35	30	30

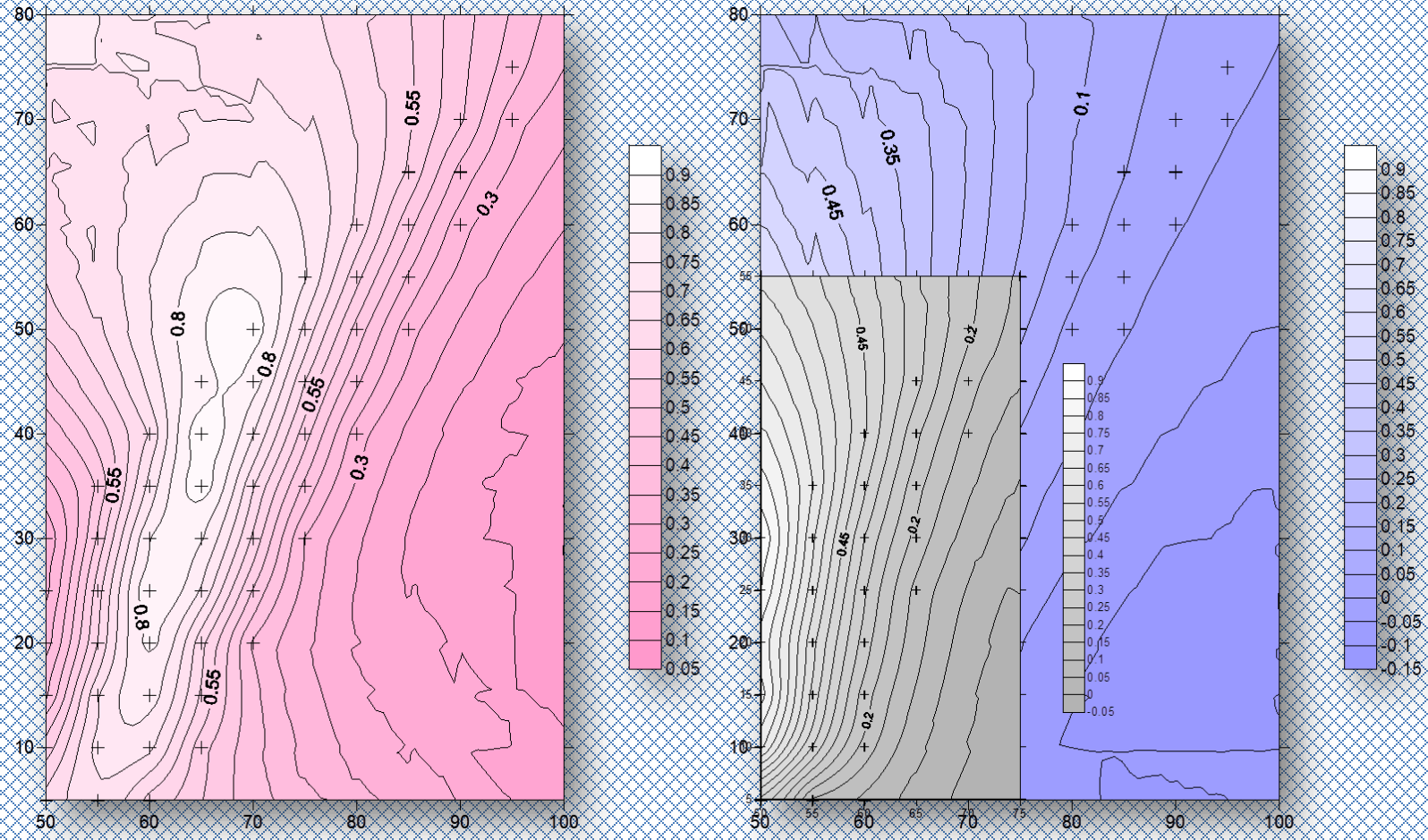
Kvantifikace míry náchylnosti – krok 2

Prezentace podle předchozího obrázku ukazuje rozložení vyhovujících výsledků kolem zvoleného centra. Nevyjadřuje však přímo výši náchylnosti k vytvoření plastického jádra. Ke **kvantifikaci náchylnosti** bylo vytvořeno více alternativních postupů, z nichž dva jsou dále podrobněji popsány. Ačkoli vycházejí z poněkud odlišných výchozích pozic, výsledek je srovnatelný.

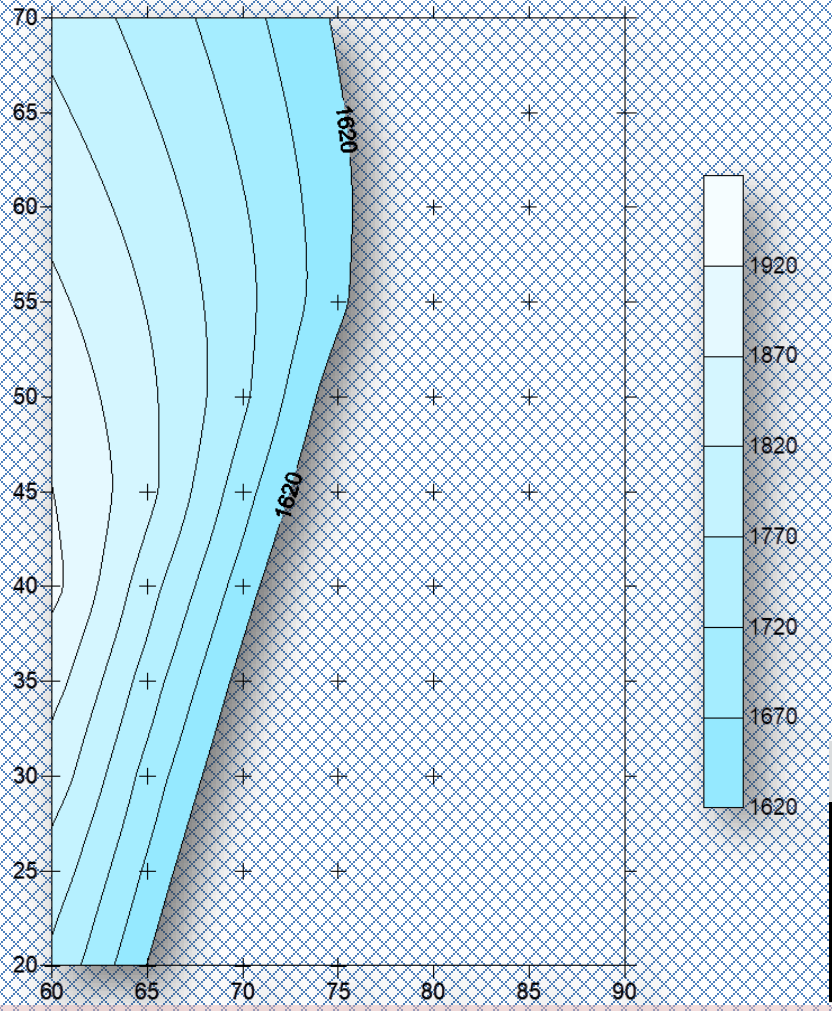
První z postupů vychází z matice všech výsledků. Ve zvolených rozmezích I_{cv}, m a ρ_{dv} se vypočítají partikulární součinitele náchylnosti ψ jako relativní vzdálenosti od zvoleného centra, přičemž centrum je možné volit ve středu intervalu, na jeho okraji nebo i v libovolném místě uvnitř intervalu. Například při m v rozmezí 15 až 35% s centrem uprostřed intervalu je

$$\psi_m = 1 - |(m - (35 + 15)/2)/((35 - 15)/2)| \quad (10)$$

Je-li m = 15 nebo 35, vychází ψ_m rovno 0 (nejnižší náchylnost), pro m = 25 je ψ_m rovno 1 (nejvyšší náchylnost). Je-li m mimo zvolený rozsah, výpočet neproběhne. Součinem partikulárních součinitelů dostaneme celkový součinitel náchylnosti v rozsahu 0 až 1.



Izočáry shodných součinitelů ψ pro maximum volené v centru nebo na okraji intervalu; na vodorovné ose je w_L (%), na svislé I_P (%)



		min	max	centrum
m	(%)	20	30	25
ρ_{dv}	(kg/m3)	1020	1120	1070
I_C	(-)	0,1	0,5	0,3

Izočáry shodných hodnot ρ_{ds} pro maximum volené v centru intervalu podle doprovodné tabulky; na vodorovné ose je w_L (%), na svislé I_P (%)
Oblast je omezena hodnotou ρ_{ds} = 1620 kg/m^3, protože pak při ρ_{ds} = 2700 kg/m^3 hodnota pórovitosti n přesáhne stanovenou hranici 40%.

Pomocné a kontrolní přibližovací výpočty

Na vodorovné ose je objemová hmotnost sušiny na výsypce $\boldsymbol{\rho_{dv}}$, jednotlivé křivky ukazují partikulární součinitele $\boldsymbol{\psi_{ro}}$ a $\boldsymbol{\psi_{lc}}$ ($\boldsymbol{m}$ = konst. -> $\boldsymbol{\psi_m}$ = 1), resp. celkový součinitel $\boldsymbol{\psi}$, jsou-li cílové hodnoty $\boldsymbol{m}$ a $\boldsymbol{I_{cv}}$ ve středu intervalů. Kontrola je ukázána na následujících stránkách, kde je recipročně na vodorovné ose objemová mezerovitost $\boldsymbol{m}$ a objemová hmotnost sušiny na výsypce $\boldsymbol{\rho_{dv}}$ je postupně vkládána hodnotami lišícími se o -20, -10, 0, +10 a +20 kg od střední hodnoty intervalu.

$$\psi_{ro} = 1 - |(\rho_{dv} - (1120 + 1020)/2)/((1120 - 1020)/2)|$$

Zadání k předchozímu obrázku

wL	64		m	*18*	*28*	*23*		výsledek
wP	38		rodv	*1020*	*1120*	*1070*		náchylnost
rods	1700		Ic	*0,1*	*0,5*	*0,3*		**0,983**
rons	2035							
ros	2700							
n	37,04		Ics		dif ws			
ws	*19,71*	*0,90*		1,70				
ws	21,79	Sr=1		1,62	2,08			

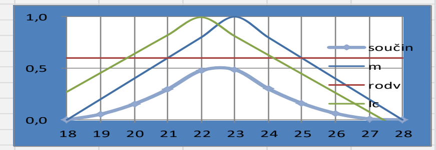
m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*	
23	0,000	1,000	1020	1,000	0,000	58,86	0,20	0,512	0,488	0,000	*0,000*	*0*
23	0,000	1,000	1030	0,800	0,200	58,29	0,22	0,402	0,598	0,120	*0,493*	*0*
23	0,000	1,000	1040	0,600	0,400	57,73	0,24	0,294	0,706	0,282	*0,656*	*0*
23	0,000	1,000	1050	0,400	0,600	57,18	0,26	0,188	0,812	0,487	*0,787*	*0*
23	0,000	1,000	1060	0,200	0,800	56,64	0,28	0,084	0,916	0,733	*0,901*	*0*
23	0,000	1,000	1070	0,000	1,000	56,11	0,30	0,017	0,983	0,983	*0,994*	*1070*
23	0,000	1,000	1080	0,200	0,800	55,59	0,32	0,117	0,883	0,706	*0,890*	*0*
23	0,000	1,000	1090	0,400	0,600	55,08	0,34	0,215	0,785	0,471	*0,778*	*0*
23	0,000	1,000	1100	0,600	0,400	54,58	0,36	0,312	0,688	0,275	*0,651*	*0*
23	0,000	1,000	1110	0,800	0,200	54,09	0,38	0,406	0,594	0,119	*0,492*	*0*
23	0,000	1,000	1120	1,000	0,000	53,60	0,40	0,499	0,501	0,000	*0,000*	*0*
									max	0,983		***1070***

							výsledek
wL	64		m	*18*	*28*	*23*	náchylnost
wP	38		rodv	*1020*	*1120*	*1070*	**0,983**
rods	1700		Ic	*0,1*	*0,5*	*0,3*	
rons	2035						
ros	2700						
n	37,04		Ics	dif ws			
ws	*19,71*	*0,90*	1,70				
ws	21,79	Sr=1	1,62	2,08			

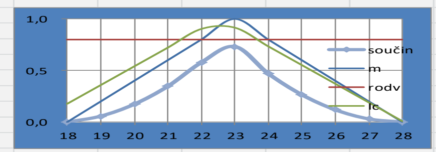
Reciproční kontrolní výpočty

m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*	
23	0,000	1,000	1020	1,000	0,000	58,86	0,20	0,512	0,488	0,000	*0,000*	*0*
23	0,000	1,000	1030	0,800	0,200	58,29	0,22	0,402	0,598	0,120	*0,493*	*0*
23	0,000	1,000	1040	0,600	0,400	57,73	0,24	0,294	0,706	0,282	*0,656*	*0*
23	0,000	1,000	1050	0,400	0,600	57,18	0,26	0,188	0,812	0,487	*0,787*	*0*
23	0,000	1,000	1060	0,200	0,800	56,64	0,28	0,084	0,916	0,733	*0,901*	*0*
23	0,000	1,000	1070	0,000	1,000	56,11	0,30	0,017	0,983	0,983	*0,994*	*1070*
23	0,000	1,000	1080	0,200	0,800	55,59	0,32	0,117	0,883	0,706	*0,890*	*0*
23	0,000	1,000	1090	0,400	0,600	55,08	0,34	0,215	0,785	0,471	*0,778*	*0*
23	0,000	1,000	1100	0,600	0,400	54,58	0,36	0,312	0,688	0,275	*0,651*	*0*
23	0,000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,594	0,119	*0,492*	*0*
23	0,000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,501	0,000	*0,000*	*0*
									max	0,983		*1070*

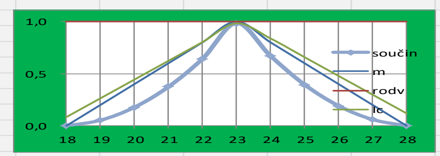
m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*
18	1,000	0,000	1050	0,400	0,600	52,42	0,45	0,728	0,272	0,000	*0,000*
19	0,800	0,200	1050	0,400	0,600	53,37	0,41	0,544	0,456	0,055	*0,380*
20	0,600	0,400	1050	0,400	0,600	54,32	0,37	0,361	0,639	0,153	*0,535*
21	0,400	0,600	1050	0,400	0,600	55,27	0,34	0,178	0,822	0,296	*0,666*
22	0,200	0,800	1050	0,400	0,600	56,23	0,30	0,005	0,995	0,478	*0,782*
23	0,000	1,000	1050	0,400	0,600	57,18	0,26	0,188	0,812	0,487	*0,787*
24	0,200	0,800	1050	0,400	0,600	58,13	0,23	0,371	0,629	0,302	*0,671*
25	0,400	0,600	1050	0,400	0,600	59,08	0,19	0,554	0,446	0,160	*0,543*
26	0,600	0,400	1050	0,400	0,600	60,04	0,15	0,738	0,262	0,063	*0,398*
27	0,800	0,200	1050	0,400	0,600	60,99	0,12	0,921	0,079	0,010	*0,212*
28	1,000	0,000	1050	0,400	0,600	61,94	0,08	1,104	-0,104	0,000	*0,000*
									max	0,487	



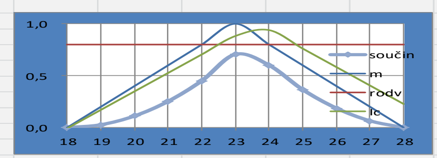
m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*
18	1,000	0,000	1060	0,200	0,800	51,92	0,46	0,823	0,177	0,000	*0,000*
19	0,800	0,200	1060	0,200	0,800	52,87	0,43	0,641	0,359	0,057	*0,386*
20	0,600	0,400	1060	0,200	0,800	53,81	0,39	0,460	0,540	0,173	*0,557*
21	0,400	0,600	1060	0,200	0,800	54,75	0,36	0,278	0,722	0,346	*0,702*
22	0,200	0,800	1060	0,200	0,800	55,70	0,32	0,097	0,903	0,578	*0,833*
23	0,000	1,000	1060	0,200	0,800	56,64	0,28	0,084	0,916	0,733	*0,901*
24	0,200	0,800	1060	0,200	0,800	57,58	0,25	0,266	0,734	0,470	*0,777*
25	0,400	0,600	1060	0,200	0,800	58,53	0,21	0,447	0,553	0,265	*0,643*
26	0,600	0,400	1060	0,200	0,800	59,47	0,17	0,629	0,371	0,119	*0,492*
27	0,800	0,200	1060	0,200	0,800	60,41	0,14	0,810	0,190	0,030	*0,312*
28	1,000	0,000	1060	0,200	0,800	61,36	0,10	0,991	0,009	0,000	*0,000*
									max	0,733	



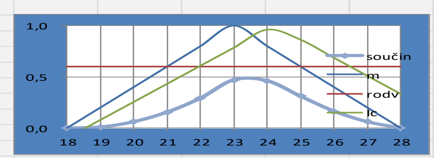
m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*
18	1,000	0,000	1070	0,000	1,000	51,44	0,48	0,916	0,084	0,000	*0,000*
19	0,800	0,200	1070	0,000	1,000	52,37	0,45	0,736	0,264	0,053	*0,375*
20	0,600	0,400	1070	0,000	1,000	53,31	0,41	0,557	0,443	0,177	*0,562*
21	0,400	0,600	1070	0,000	1,000	54,24	0,38	0,377	0,623	0,374	*0,720*
22	0,200	0,800	1070	0,000	1,000	55,17	0,34	0,197	0,803	0,642	*0,863*
23	0,000	1,000	1070	0,000	1,000	56,11	0,30	0,017	0,983	0,983	*0,994*
24	0,200	0,800	1070	0,000	1,000	57,04	0,27	0,162	0,838	0,670	*0,875*
25	0,400	0,600	1070	0,000	1,000	57,98	0,23	0,342	0,658	0,395	*0,734*
26	0,600	0,400	1070	0,000	1,000	58,91	0,20	0,522	0,478	0,191	*0,576*
27	0,800	0,200	1070	0,000	1,000	59,85	0,16	0,701	0,299	0,060	*0,391*
28	1,000	0,000	1070	0,000	1,000	60,78	0,12	0,881	0,119	0,000	*0,000*
									max	**0,983**	

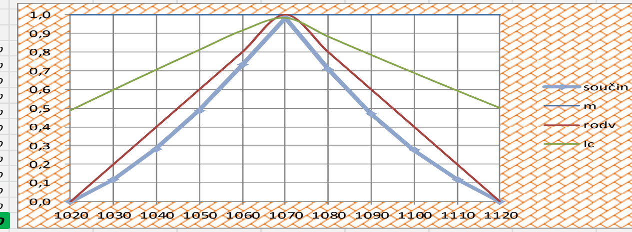


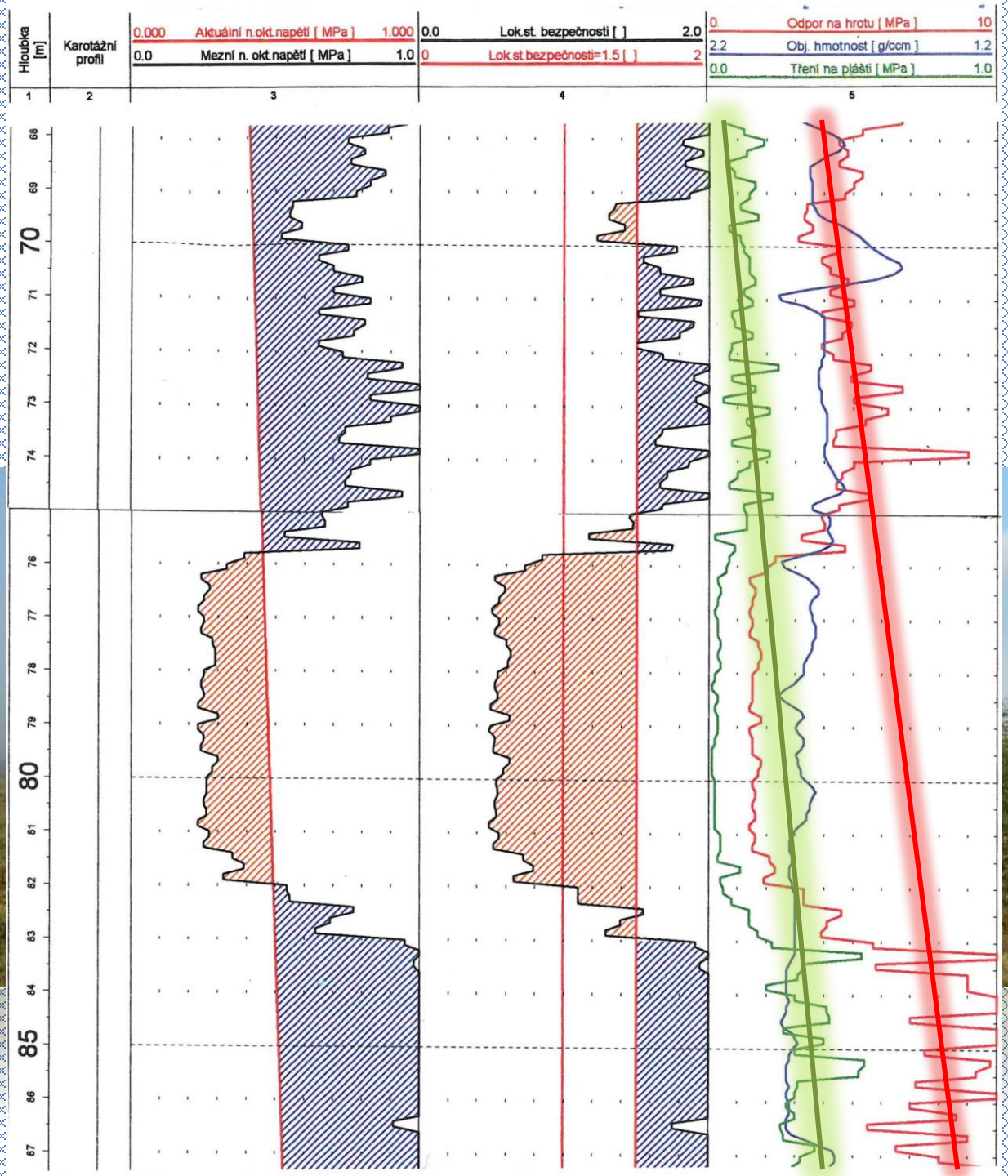
m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*
18	1,000	0,000	1080	0,200	0,800	50,96	0,50	1,008	-0,008	0,000	*0,000*
19	0,800	0,200	1080	0,200	0,800	51,89	0,47	0,830	0,170	0,027	*0,301*
20	0,600	0,400	1080	0,200	0,800	52,81	0,43	0,652	0,348	0,112	*0,481*
21	0,400	0,600	1080	0,200	0,800	53,74	0,39	0,473	0,527	0,253	*0,632*
22	0,200	0,800	1080	0,200	0,800	54,66	0,36	0,295	0,705	0,451	*0,767*
23	0,000	1,000	1080	0,200	0,800	55,59	0,32	0,117	0,883	0,706	*0,890*
24	0,200	0,800	1080	0,200	0,800	56,52	0,29	0,061	0,939	0,601	*0,844*
25	0,400	0,600	1080	0,200	0,800	57,44	0,25	0,239	0,761	0,365	*0,715*
26	0,600	0,400	1080	0,200	0,800	58,37	0,22	0,417	0,583	0,187	*0,571*
27	0,800	0,200	1080	0,200	0,800	59,29	0,18	0,595	0,405	0,065	*0,402*
28	1,000	0,000	1080	0,200	0,800	60,22	0,15	0,773	0,227	0,000	*0,000*
									max	0,706	



m		1-	rodv		1-	wv	Ic		1-	součin	*odmocnina*
18	1,000	0,000	1090	0,400	0,600	50,49	0,52	1,098	-0,098	0,000	*0,000*
19	0,800	0,200	1090	0,400	0,600	51,41	0,48	0,921	0,079	0,009	*0,212*
20	0,600	0,400	1090	0,400	0,600	52,33	0,45	0,745	0,255	0,061	*0,394*
21	0,400	0,600	1090	0,400	0,600	53,24	0,41	0,568	0,432	0,155	*0,538*
22	0,200	0,800	1090	0,400	0,600	54,16	0,38	0,392	0,608	0,292	*0,663*
23	0,000	1,000	1090	0,400	0,600	55,08	0,34	0,215	0,785	0,471	*0,778*
24	0,200	0,800	1090	0,400	0,600	56,00	0,31	0,039	0,961	0,461	*0,773*
25	0,400	0,600	1090	0,400	0,600	56,91	0,27	0,137	0,863	0,311	*0,677*
26	0,600	0,400	1090	0,400	0,600	57,83	0,24	0,314	0,686	0,165	*0,548*
27	0,800	0,200	1090	0,400	0,600	58,75	0,20	0,490	0,510	0,061	*0,394*
28	1,000	0,000	1090	0,400	0,600	59,67	0,17	0,667	0,333	0,000	*0,000*
									max	0,471	






Hloubka [m]
Karotážní profil
0.000 Aktuální n.okt.napětí [MPa] 1.000
0.0 Mezní n. okt.napětí [MPa] 1.0
0.0 Lok.st. bezpečnosti [ ] 2.0
0 Lok.st.bezpečnosti=1.5 [ ] 2
0 Odpor na hrotu [MPa] 10
2.2 Obj. hmotnost [g/ccm] 1.2
0.0 Tření na plášti [MPa] 1.0
1
2
3
4
5
68
69
70
71
72
73
74
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87

Poznámky

- Zjištění skutečného stavu v ´plastickém jádře´ je obtížné.
- Je pravděpodobné, že za určitých tlakových poměrů (větší hloubky, vysoké pórové tlaky) se jako ´plastické jádro´ mohou chovat i zeminy tuhé konzistence. To by ovšem posouvalo hranice náchylnosti.
- Identifikace ´plastického jádra´ pomocí CPT je průkazná, ale úspěšně a masivně je využívaná víceméně jen v sokolovském revíru.
- Dalšími známkami přítomnosti ´plastického jádra´ jsou:
  - svírání vrtů při hloubení a opakované těžení jádra ze stejné úrovně,
  - výtoky vody, bahna nebo měkké zeminy na povrch z otvorů po vrtu nebo penetraci (statické, dynamické),
  - extrémně vysoké naměřené hodnoty pórového tlaku mnohdy přesahující tlak vodního sloupce odpovídajícího hladině v úrovni terénu,
  - sesuvné projevy na povrchu území i při minimálních sklonech.

Závěr

Zeminy ze skrývky nadloží hnědouhelné sloje jsou umisťované na výsypky.

Za kombinace nepříznivých okolností (objektivních i subjektivních) může být stabilita výsypkového tělesa ohrožena vznikem plastického jádra.

Plastické jádro je oblast uvnitř výsypky konsolidačně izolovaná od okolí nepropustnými vrstvami, prakticky nevykazující smykový odpor.

Jednou ze základních informací pro hodnocení náchylnosti ke vzniku plastického jádra jsou geomechanické parametry ukládané zeminy, a to:

mez tekutosti w_L (%),

mez plasticity w_P (%),

objemová hmotnost suché zeminy odebrané ze skrývky ρ_{ds} (kg/m3).

Předložený postup umožňuje po zadání zmíněných parametrů stanovit náchylnost konkrétní zeminy k vytvoření plastického jádra v podobě poměrného součinitele ψ v rozmezí 0 (nulová náchylnost) až 1 (nejvyšší náchylnost).

Výsledek je závislý na volbě cílového stavu považovaného zadavatelem za nejnebezpečnější.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci výzkumného projektu TH02030069 „Expertní systém pro monitoring, hodnocení rizik a podporu rozhodování v oblasti využití krajiny (**GERIT**)“ s podporou Technologické agentury ČR

EXPERTNÍ SYSTÉM GERIT

EXPERTNÍ SYSTÉM PRO MONITORING, HODNOCENÍ RIZIK A PODPORU ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI VYUŽITÍ KRAJINY

Cílem projektu je vytvoření expertního systému pro podporu rozhodování v oblasti využití krajiny na území, kde došlo ke skončení báňského provozu. Příkladem využití území jsou výsypky povrchových dolů či důlní odvaly vytvořené hlubinou těžbou a s nimi související problematikou. Systém bude zohledňovat pravidla a povinnosti vyplývající ze zákonů o vodách, o ochraně přírody a horního zákona.

Jedna z funkcionalit systému: **Plastické jádro výsypky**

Ve velmi krátké době, zhruba během 1 sekundy, provede z kombinací různých hodnot na vstupu výpočet požadovaných výstupních hodnot a provede výpis všech kombinací, kdy se index konzistence nachází ve zvoleném pásmu a hrozí riziko vzniku plastického jádra.