SchRs 1550

POPIS VELKOSTROJE A HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY

Teoretická výkonnost	5 500 m^3/h
Šířka dopravního pásu	2 000 mm
Výškový dosah	30 m
Hloubkový dosah	4 m
Délka kolesového výložníku	70 m
Sklon kolesového výložníku	+ 13,5°/-11,2°
Rozsah horní stavby rýpadla	360°
Úhel otoče horní stavby kolesového rýpadla vůči spojovacímu mostu	± 160 °
Rychlost otoče kolesového výložníku vztažená ke středu kolesa při přemístění pojezdové roviny	0 – 36 m/min
Rychlost zdvihu kolesového výložníku vztažená ke středu kolesa	0 – 4,7 m/min
Přípustný sklon během provozu	1:17 = 58 promile = 5,8 % = 3,3°
Přípustný sklon při transportu	1:14 = 70 promile = 7,0 % = 4°
Přívodní napětí	35 kV, 50Hz
Provozní hmotnost rypadla	3893 t

Hlavní data – spojovací most

Vzdálenost od středu otoče rýpadla do středu podepření spojovacího mostu	12,5 m
Délka spojovacího mostu od středu podepření na kolesovém rýpadle do středu podepření na nakládacím voze	90 m
Sklon spojovacího mostu ve výškové, resp. hloubkové poloze	+16,7° / 0°
Rozsah otoče spojovacího mostu	
- vůči horní stavbě rýpadla	± 160°
- vůči nakládacímu vozu	± 100°
- vůči spodní stavbě rýpadla	± 100°

Hlavní data – nakládací vůz

Délka nakládacího výložníku od středu mostového uložení do středu porubního	15 m ± 1 m
Výška shazovacího bubnu nad pojezdovou rovinou	
- hloubková poloha	+ 4 m
- výšková poloha	+ 8 m
Rychlost zdvihu nakládacího výložníku vztažená na střed shazovacího bubnu	cca 1,31 m/min
Přípustný výškový rozdíl mezi pojezdovou rovinou rýpadla a nakládacím vozem	+ 10m / - 12 m

Koleso s pohonem

Provedení kolesa	bez komorové, jednokotoučové kuželové těleso
Objem korečku	1240 l
Počet korečků	14
Počet výsypů za minutu	63
Řezná rychlost měřená na břitu korečku	2,78 m/s

Housenicový podvozek kolesového rýpadla

Počet housenic	6
Uspořádání	tříbodová opěra (3 housenicové skupiny, každá se 2 jednotlivými housenicemi)
Provedení	2 řízené housenicové skupiny 1 pevná housenicová skupina
Vzdálenost podepření skupin řídících housenic k podepření skupiny pevných housenic	16,5 m
Opěrná délka	cca 19 m
Délka jedné housenice (vzdálenost od středu hnacího kola do středu napínacího kola)	cca 12 m
Rychlost pojezdu, plynule řiditelná mezi	2,5 – 10 m/min.
Střední tlak na podložku při provozní hmotnosti	110,9 kN/m^2

Housenicový podvozek nakládacího vozu

Počet housenic	3
Uspořádání	tříbodová opěra
Provedení	2 řízené housenice/1 pevná h.
Vzdálenost mezi podpěrami	12 m
Opěrná délka	13 m
Délka housenic (vzdálenost od středu hnacího kola do středu napínacího kola)	9 m
Rychlost pojezdu	2,5 – 10 m / min.
Střední tlak na podložku při provozní rychlosti	111,5 kN / m^2

1. BÁŇSKO - TECHNICKÁ ČÁST

Technologický postup těžby rypadlem SchRs 1550 /4x30

Rozměry řezu, šířka pracovní plošiny, způsob dobývání a nakládání.

Maximální šířka výškového záběru je 90 m (při výšce řezu 27 m), maximální šířka spodního záběru je 90m (při výšce řezu -12 m)

l. výškový řez - max. povolená výška svahu je 27 m
max. sklon svahu 35°
max. sklon čelního svahu 45°

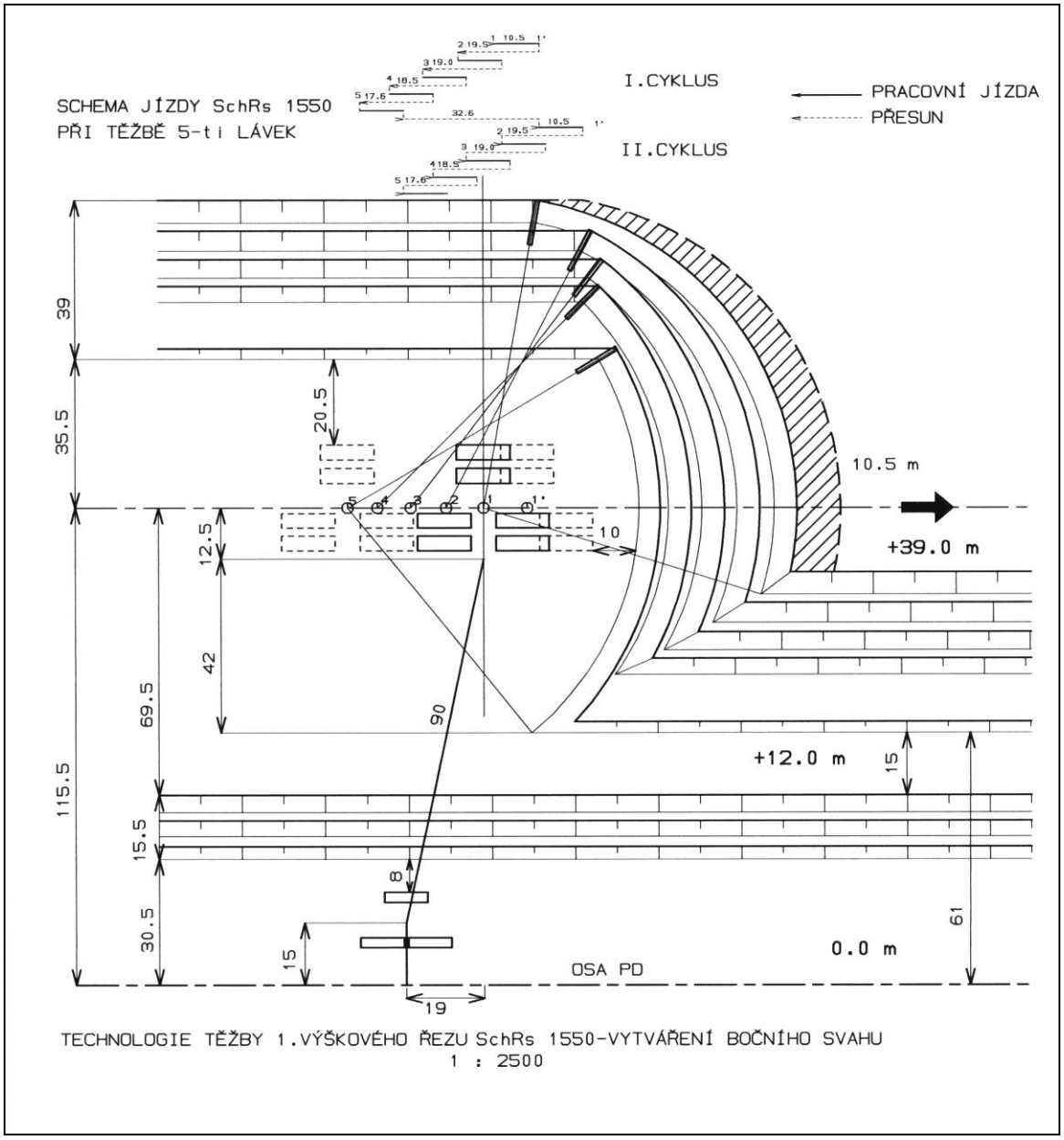
Vytváření čelního svahu

S ohledem na geomechanické vlastnosti hrabaného materiálu je max. svah o výšce 27 m rozdělen na 5 lávek.

Doporučené výšky lávek jsou následující:

1. výškový řez	lávka	**I.**	**7,0 m**
		II.	**5,5 m**
		III.	**5,5 m**
		IV.	**5,5 m**
		V.	**3.5 m**

Obrázek č. 1

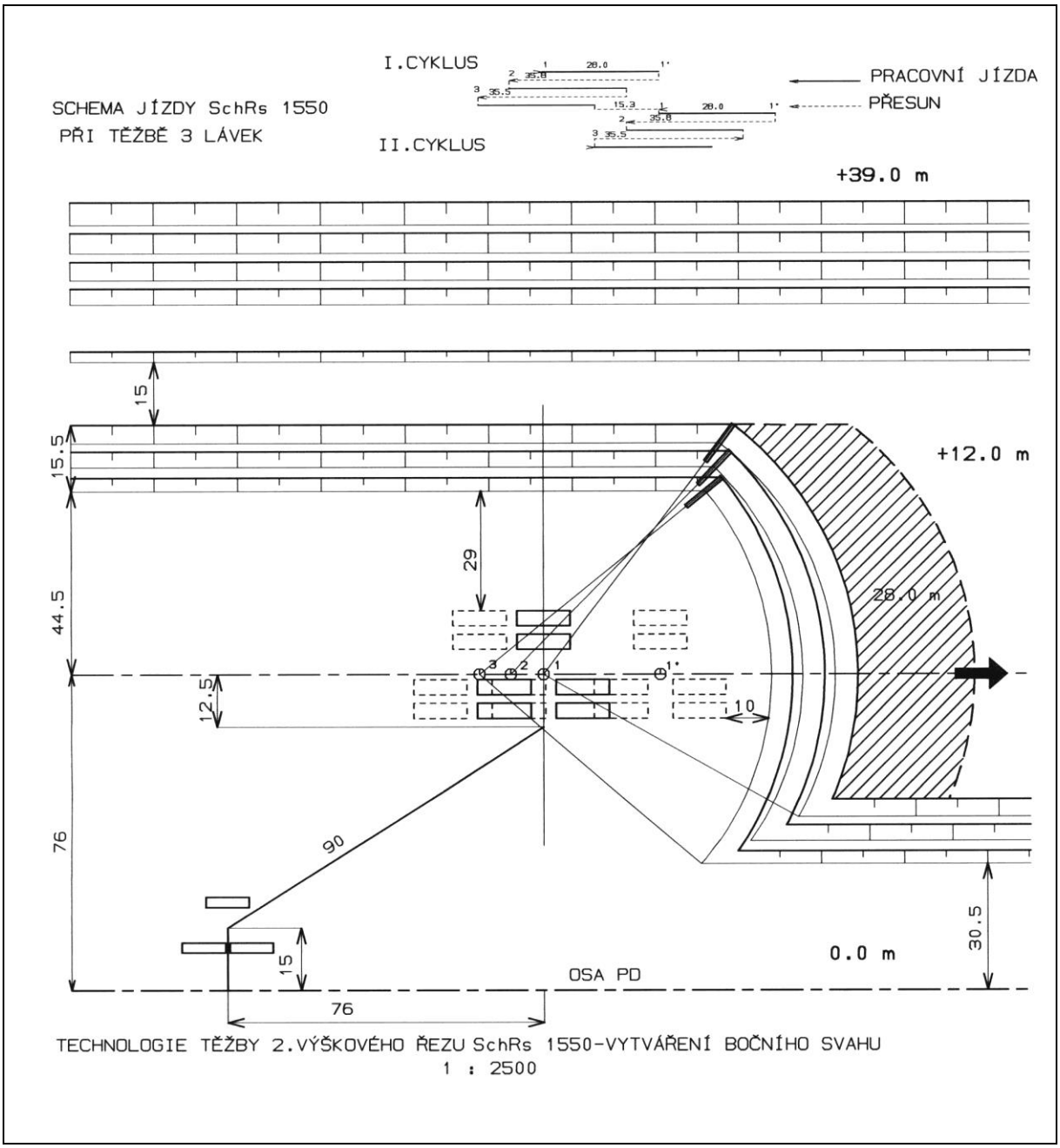


Tabulka č. 1

TABULKA PARAMETRŮ PRO TĚŽBU 5-ti LÁVEK 1. VÝŠKOVÉHO ŘEZU					
LÁVKA č.	***výška lávky (m)***	***pojezd zpět do další polohy (m)***	***záběr vpřed (m)***	***úhel otoče od osy pojezdu (º)***	***úhel zdvihu ß ke středu kolesa (º)***
1	7,0	9,0	10,5	79,8	7,0
2	5,5	8,5	10,5	62,3	2,5
3	5,5	8,0	10,5	52,3	-2,1
4	5,5	7,1	10,5	45,0	-6,5
5	3,5	0,0	10,5	30,7	-9,4

<u>2. výškový řez</u>	lávka	**I.**	**4,5 m**
		II.	**4,0 m**
		III.	**3.5 m**

Obrázek č. 2



Tabulka č. 2

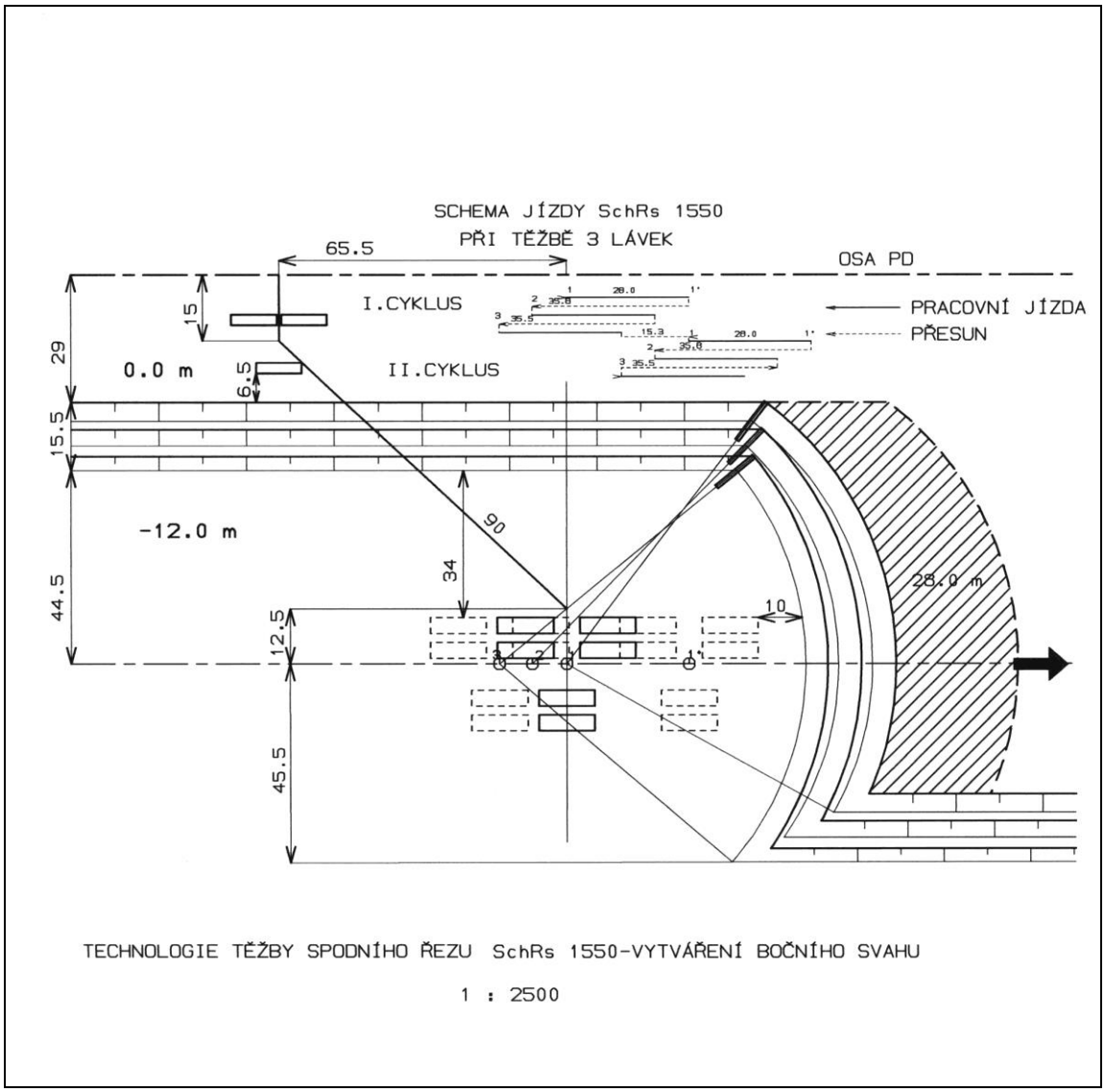
TABULKA PARAMETRŮ PRO TĚŽBU 3 LÁVEK 2. VÝŠKOVÉHO ŘEZU					
LÁVKA č.	***výška lávky (m)***	***pojezd zpět do další polohy (m)***	***záběr vpřed (m)***	***úhel otoče od osy pojezdu (º)***	***úhel zdvihu ß ke středu kolesa (º)***
1	4,5	7,8	28,0	52,8	-3,3
2	4,0	7,5	28,0	45,6	-6,5
3	3,5	0,0	28,0	39,2	-9,4

spodní řez lávka **I.** **4,5m**

II. **4,0 m**

III. **3,5 m**

Obrázek č. 3

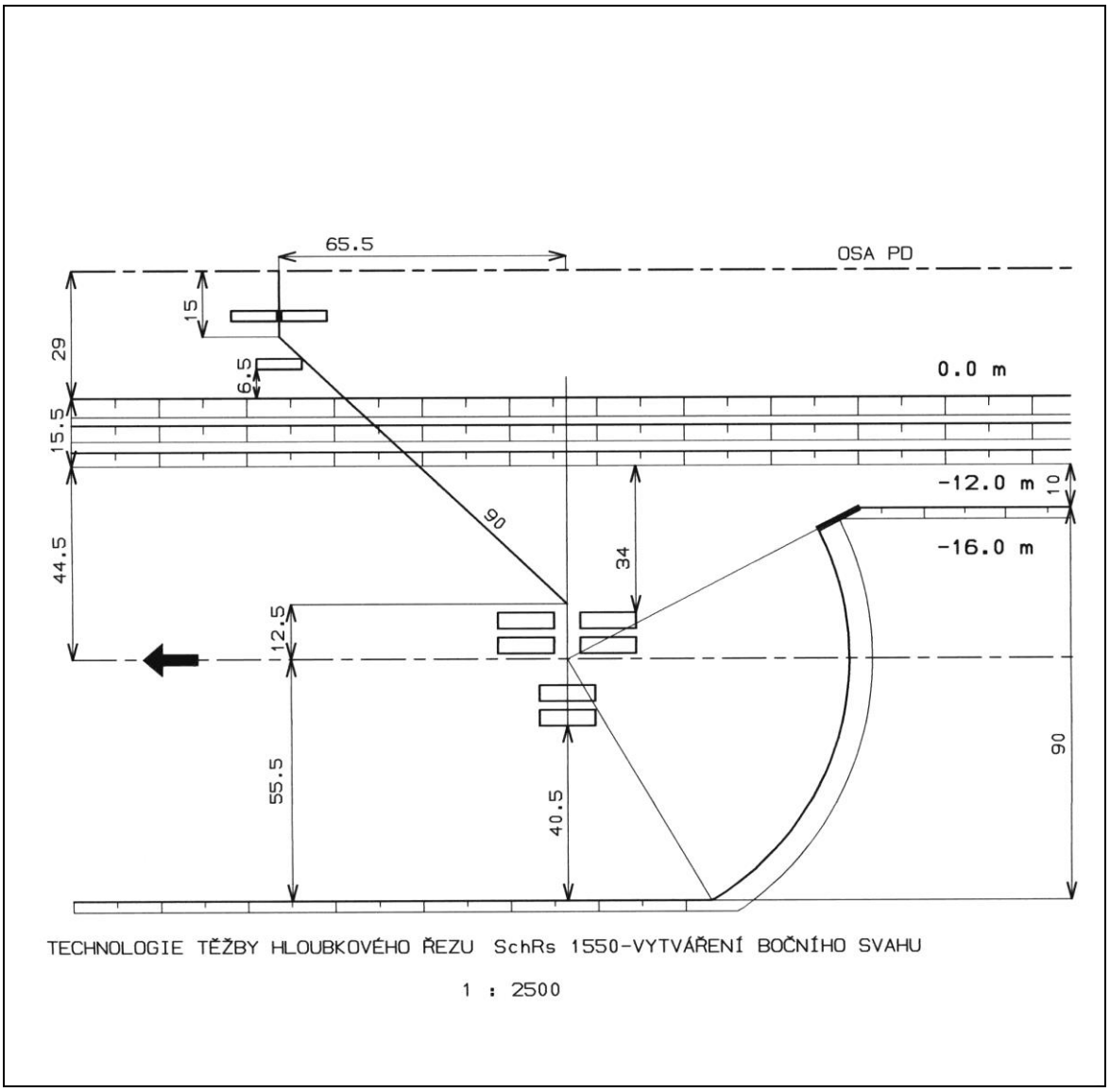


Tabulka č. 3

TABULKA PARAMETRŮ PRO TĚŽBU 3 LÁVEK SPODNÍHO ŘEZU					
LÁVKA č.	***výška lávky (m)***	***pojezd zpět do další polohy (m)***	***záběr vpřed (m)***	***úhel otoče od osy pojezdu (º)***	***úhel zdvihu ß ke středu kolesa (º)***
1	4,5	7,8	28,0	52,8	-3,3
2	4,0	7,5	28,0	45,6	-6,5
3	3,5	0,0	28,0	39,2	-9,4

"rak" lávka **I** **4,0 m**

Obrázek č. 4

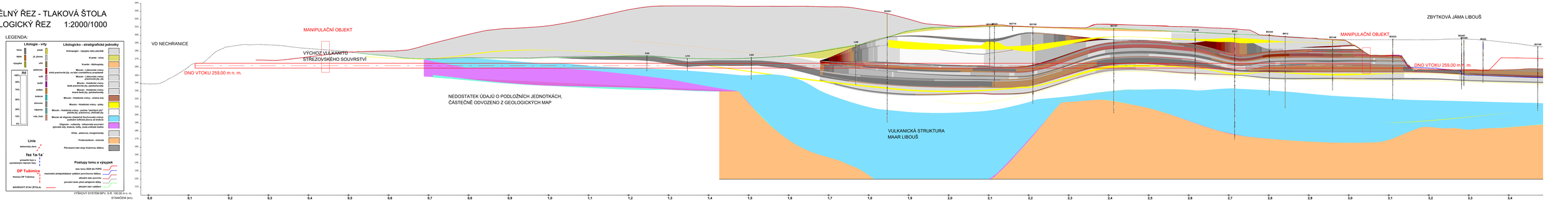


Tabulka č. 4

TABULKA PARAMETRŮ PRO TĚŽBU HLOUBKOVÉHO ŘEZU

LÁVKA č.	***výška lávky (m)***	***úhel otoče od osy pojezdu (°)***	***úhel zdvihu ß ke středu kolesa (°)***
1	4,0	27,1	-12,8

PODÉLNÝ ŘEZ - TLAKOVÁ ŠTOLA
GEOLOGICKÝ ŘEZ 1:2000/1000



Prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
GEOTECHNICKÉ KONZULTACE
Zakládání st., podzemní st., lomařství
147 00 Praha 4, Jeremenkova 64
IČ: 18399886

Akce:

POSOUZENÍ PODZEMNÍHO PROPOJENÍ ZBYTKOVÉ JÁMY LIBOUŠ S VODNÍM DÍLEM NECHRANICE

Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Autorizovaný inženýr pro obor geotechnika.
Soudní znalec z oboru stavebnictví,
stavební odvětví různá,
specializace zakládání staveb a podzemní stavby

Praha, listopad/prosinec 2021

Příloha B.3.3

1. ÚVOD

Na základě požadavku Ing. Pavla Balvína, vedoucího oddělení hydrauliky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., ze dne 1. 12. 2021, zpracoval prof. Jiří Barták (*citace z objednávky)* „posouzení propojení zbytkové jámy Libouš s vodním dílem Nechranice, a to pomocí štoly s danými technickými parametry. Posudek se bude soustředit na možnosti propojení štolou na základě podkladů poskytnutých objednatelem a shrne výhody a nevýhody spojené s realizací tohoto technického díla."

Předkládané vyjádření je, vzhledem k velmi omezenému množství a podrobnosti dodaných podkladů, koncipováno jako základní popis možné technologie ražby pro realizaci navrhovaného hydrotechnického tunelu (A > 16 m^2).

2. PODKLADY

Jako podklady měl zpracovatel vyjádření k dispozici:

[1] Situace lokalit lom Libouš – nádrž Nechranice se zakreslením tras jejich propojení otevřeným kanálem a štolou. Zpracovatel neuveden, datum vypracování neuvedeno.

[2] Báňsko-geologický řez lom Libouš – Nechranice, přímá trasa. Vypracoval Mgr. Novotný, Severočeské doly a.s., 04/2021.

[3] Stručné e-mailové informace od Ing. P. Balvína z 24. 11. 2021.

a) parametry štoly podle hydrotechnických výpočtů (min. průměr 3 m), kóta zaústění do Nechranic co nejvýše (zvoleno dno na kótě 259,00 m n.m.), niveleta bez sklonu, uzávěr na obou koncích (uzávěrový šachtový objekt);

b) ražení a obezdívka - analogie k výstavbě metra v úseku Dejvice – Veleslavín: obdobné geologické poměry, předpokládáme použít razícího štítu technologií TBM EPG, štít o průměru ražby 6 m , postup ražby odhadujeme cca 10 m/den.

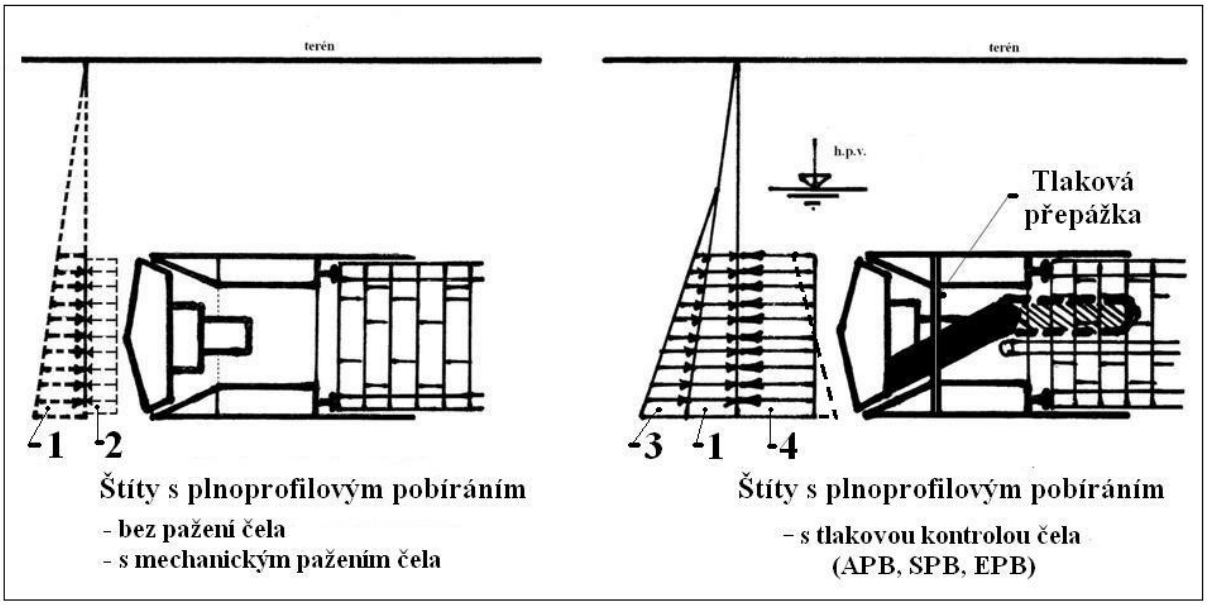
3. ZÁKLADNÍ ROZVAHA

Ražené podzemní dílo požadované velikosti (průměr cca 6 m) je možno obecně realizovat některou z metod konvenčního (cyklického) tunelování, nebo metodou plynulého tunelování pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů.

Pro **konvenční metody tunelování** (v současnosti je většinou preferována Nová rakouská tunelovací metoda – NRTM) jsou charakteristické pravidelně se opakující operace, které vždy v průběhu jednoho cyklu umožní postup ražby o jeden pracovní záběr. Rozpojování horniny se provádí pomocí tunelových fréz či tunelových bagrů, ve skalních horninách pomocí impaktorů nebo trhacích prací.

Vzhledem k mimořádně pestrému složení horninového masivu, kterým by měl navrhovaný tunel procházet (podklad [2]), se jeví použití konvenční ražby Novou rakouskou tunelovací metodou jako nevhodné. V důsledku střídání souvrství nesoudržných a soudržných zemin – písků, písčitých jílů, tufitických jílovců, uhelné sloje apod. – by hrozila při ražbě častá nestabilita čelby tunelu a nadměrné deformace výrubu (extruze i konvergence). Bylo by nutno provádět zpevňovací injektáže, zpevňovací kotvení do čelby a s velkou pravděpodobností náročná předstihová opatření typu subhorizontálních předkleneb ze sloupů tryskové injektáže. Ražba pomocí NRTM by v daném prostředí byla technicky mimořádně obtížná a časově i ekonomicky velmi náročná. Předpokládaná rychlost ražby 10 m/den je v daném prostředí nedosažitelná.

Jako vhodná technologie do daného prostředí se jeví **technologie plynulé ražby pomocí tunelovacího stroje**. Místní složité geotechnické poměry však budou vyžadovat nasazení speciálního tunelovacího stroje, a to štítu s tlakovou kontrolou čelby výrubu, která zajišťuje stabilitu výrubu i v nejobtížnějších podmínkách (obr. 1).



Obr. 1 Typy štítů s plnoprofilovým pobíráním
1 – zemní tlak 2 – tlak razicí hlavy na čelbu 3 – hydrostatický tlak 4 – tlak na čelbu použitým mediem

K dispozici jsou čtyři typy tunelovacích štítů s tlakovou kontrolou čelby:

- **pneumatický štít** (APB – Air Pressure Ballance) zajištuje při ražbě v zeminách pod hladinou podzemní vody odvodnění výrubu a stabilitu čelby pomocí přetlaku vzduchu, a to pouze v odtěžovací komoře štítu; osádka pracuje v prostředím atmosférického tlaku. ***Použití pneumatických štítů je výjimečné***, zejména při mělké

ražbě hrozí fatální mimořádná událost v podobě zavalení štítu zvodnělou zeminou v důsledku možného protržení málo mocného nadloží přetlakem vzduchu.

- **bentonitový štít** (SPB – Slurry Pressure Ballance) zajištuje při ražbě pod hladinou podzemní vody v nesoudržných hrubozrnných zeminách odvodnění výrubu a stabilitu čelby pomocí přetlaku bentonitové suspenze, která vytváří před čelbou v zemině nepropustnou kolmatovanou zónu, na níž působí tlak suspenze. Bentonitová suspenze též zajišťuje dopravu vytěžené rubaniny. Pro dopravně vyhovující fragmentací kamenité (výjimečně balvanité) složky vytěžené rubaniny jsou bentonitové štíty často opatřeny drtičem. ***Použití bentonitových štítů je častější*** než u štítů pneumatických, zatěžující přídavnou technologií je nutná existence náročné povrchové manipulace při sedimentaci těžené rubaniny z vyčerpané bentonitové suspenze a její následné čistění pro opakované použití.
- **zeminový štít –** (Earth Pressure Ballance) zajišťuje ve všech typech zemin, poloskalních hornin a silně rozpukaných hornin potřebnou stabilitu čelby pomocí tlaku rozpojené zeminy, upravené v odtěžovací komoře obvykle pomocí lubrikačních přísad. ***Použití zeminových štítů je zcela převládající***, přes 90 % v praxi nasazených štítů s tlakovou kontrolou čelby jsou zeminové štíty. Jistým problémem je deponování a další možné použití těžené lubrikované zeminy.
- **štít s proměnnou hustotou tlakového media –** (Variable Density Shield), jeden z moderních typů kombinovaných plnoprofilových tunelovacích strojů. Umožňuje čtyři variace tlakové kontroly čelby kombinovaným využitím zařízení a funkcí bentonitového a zeminového štítu.

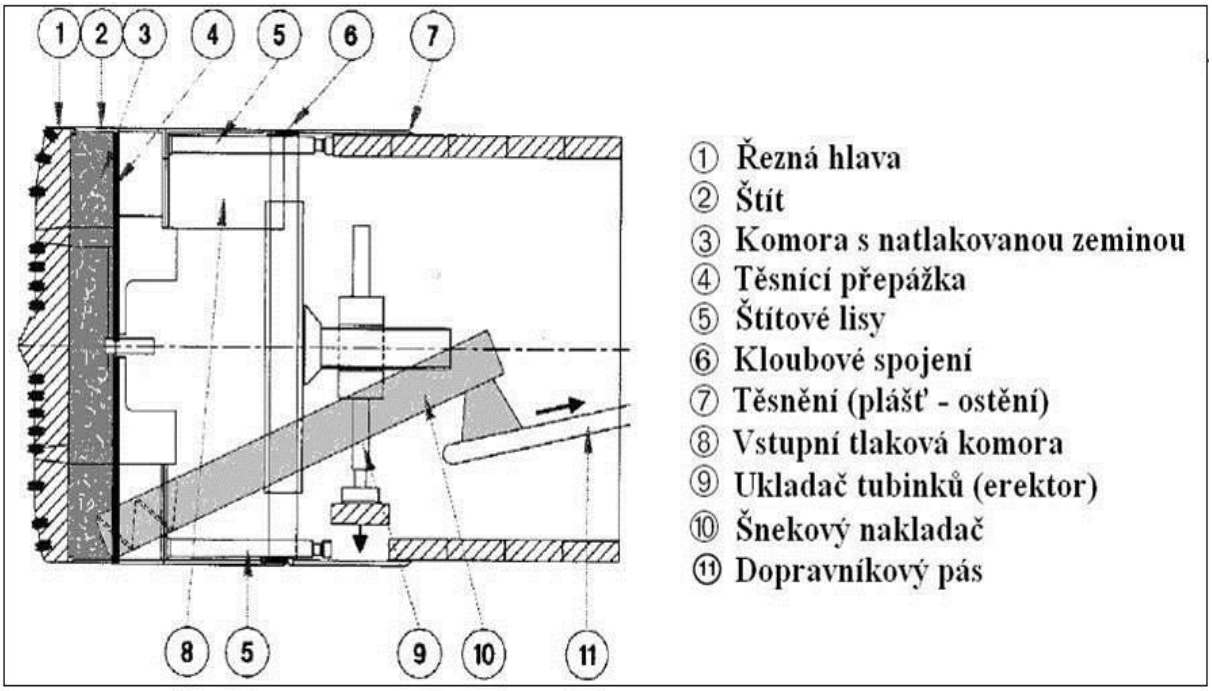
4. ZEMINOVÝ ŠTÍT

4.1 Konstrukce zeminového štítu

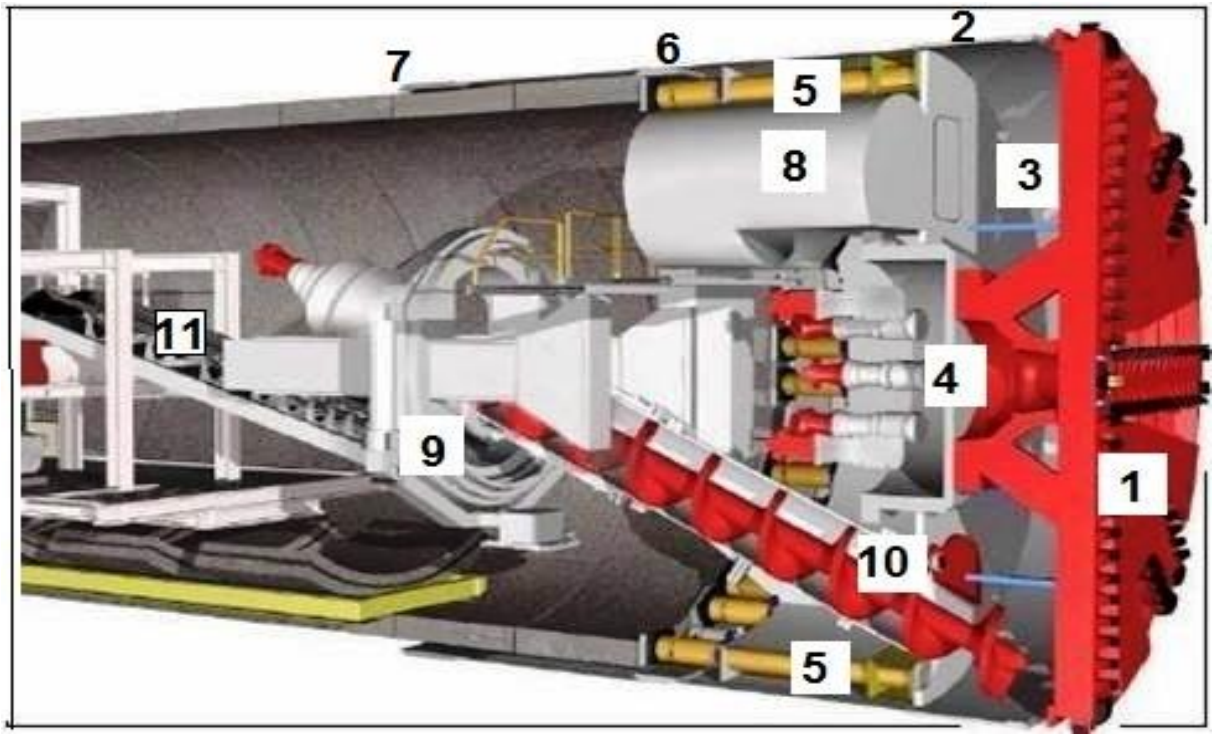
Zeminový štít umožňuje ražbu v nestabilních zeminách, poloskalních horninách i v horninách s nízkou pevností a velkou hustotou diskontinuit všech typů, a to vzhledem k jeho schopnosti vytvářet prostřednictvím těžené a upravované zeminy/horniny kontrolovaný plošný přítlak (podpůrný tlak) na čelbu tunelu, kterým je výrub stabilizován.

Základní části zeminového štítu jsou zachyceny na obr. 2 a 3. Řezná hlava ***1***, která je opatřená rozpojovacími nástroji (řezná a disková dláta), zajišťuje rozpojení zeminy/horniny.

Rubanina plní odtěžovací komoru ***3*** v množství odpovídajícím použitému módu ražby (viz dále). Odtěžovací komora je od vnitřního prostoru štítu oddělena tlakovou přepážkou ***4***,



Obr. 2 Základní části zeminového štítu (zobrazen uzavřený mód ražby)



Obr. 3 Podélný řez zeminovým štítem

charakteristickou pro štíty s tlakovou kontrolou čelby. Tlakově kontrolovaný odběr rubaniny z odtěžovací komory je zajišťován pomocí šnekového dopravníku ***10***, další doprava probíhá

pomocí dopravníkových pásů ***11***. Posun štítu a tlak na čelbu zajišťují štítové lisy ***5***, ukládání železobetonových dílců (tubingů) do jednotlivých prstenců ostění se provádí pomocí vakuového ukladače ***9*** (erektoru). Důležitou součástí zeminového štítu je tlaková komora ***8***, která umožňuje i v případě uzavřeného módu ražby, po vytěžení komory a zajištění stability čelby přetlakem vzduchu, časově řízený vstup do odtěžovací komory a výměnu řezných nástrojů. Pokud ve štítu není instalována tlaková komora, je možné provádět výměnu řezných nástrojů pouze v otevřeném módu ražby, tj. při stabilní čelbě. Tento příznivý stav však nemusí být v čase potřebném pro výměnu řezných nástrojů k dispozici a nastanou komplikace s vytvořením vnějších podmínek pro vynucenou stabilitu čelby (zpevňující injektáže prostředí, nebo vytvoření příčných stabilizujících stěnových přepážek). Nicméně i stabilizace čelby přetlakem vzduchu v tektonicky silně porušených horninách s nízkým nadložím a s velkým přítokem vody může být riziková, neboť sebou nese reálnou možnost protržení nadloží, a tím možnost úniku natlakovaného vzduchu z odtěžovací komory. Kontrola a výměna řezných nástrojů pracovníky ve vzduchem natlakované odtěžovací komoře by představovala za těchto okolností jejich nepřijatelné bezpečnostní ohrožení.

4.2 Ražba zeminovým štítem

Osádka štítu musí ovládat a kontrolovat nastavení tunelovacího stroje tak, aby se podařilo horninu nebo zeminu masivu odtěžit, stabilizovat čelbu, zastavit přítoky podzemních vod, rubaninu upravovat (lubrikovat), postavit prstenec ostění a dutinu mezi masivem a ostěním vyplnit.

Stabilitní podmínky na čelbě se mohou v průběhu ražby měnit, na což může osádka zeminového štítu reagovat trojím režimem ražby:

- *Režim bez podpory čelby* ***(otevřený mód ražby) –*** řeznou hlavou štítu rozpojená zemina/hornina[1], která padá do odtěžovací komory, je bezprostředně odebírána a dopravována šnekovým dopravníkem, takže na čelbu tunelu není vytvářen žádný podpůrný tlak.
- *Režim s částečnou podporou čelby* ***(přechodný mód ražby) –*** odtěžovací komora je alespoň z padesáti nebo více procent zaplněna upravenou rubaninou, což cíleně snižuje výšku nezajištěné čelby, a tím zlepšuje její stabilitu.

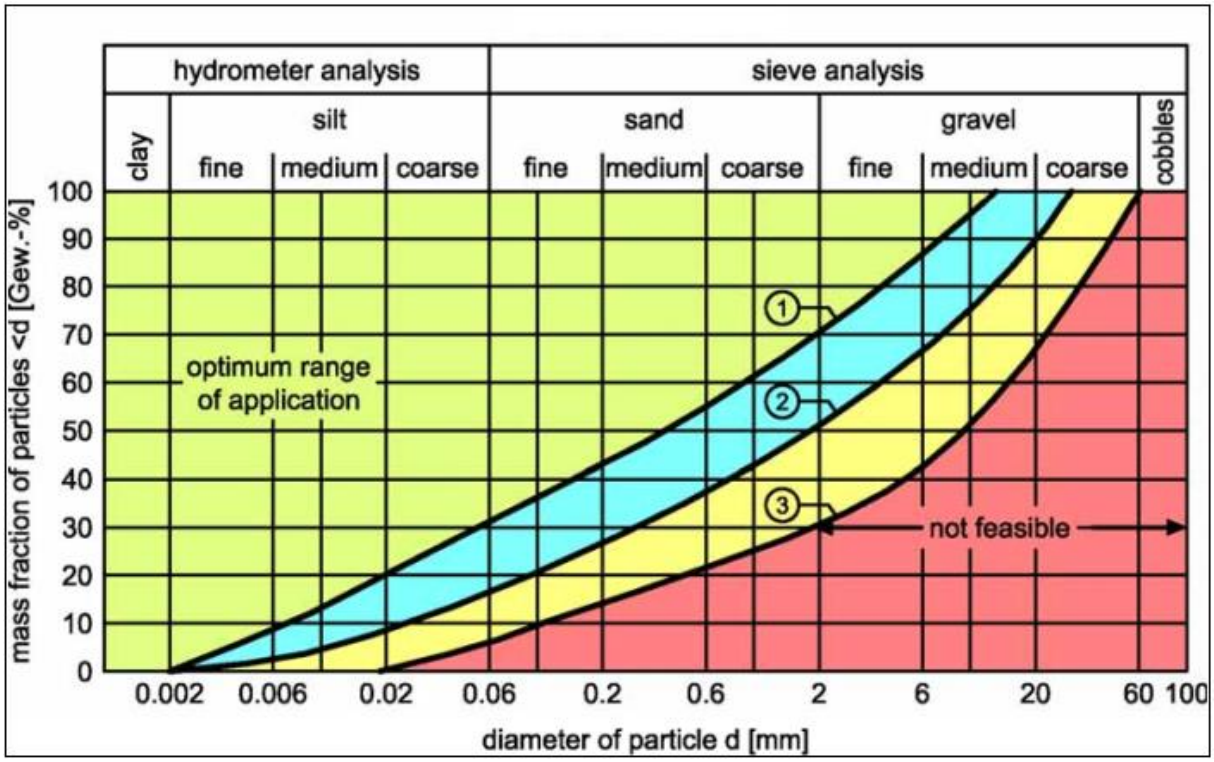
[1] Dále bude v zájmu zjednodušení používán z hlediska plnoprofilového mechanizovaného štítování mírně nepřesný termín „rubanina“.

- *Režim s úplnou podporou čelby* ***(uzavřený mód ražby)*** – odtěžovací komora je zcela zaplněna upravenou rubaninou, čímž se vytváří přítlak (podpůrný tlak) na čelbu. Velikost přítlaku lze regulovat množstvím materiálu v odtěžovací komoře. Režimu s úplnou podporou lze alternativně dosáhnout částečným zaplněním odtěžovací komory pomocí rubaniny a její dotlačování pomocí stlačeného vzduchu. Tento režim je použitelný v případech, kdy je čelba dostatečně stabilní a pomocí stlačeného vzduchu se zamezuje vysokým přítokům podzemní vody.

Režim uzavřeného módu lze úspěšně realizovat pouze za předpokladu, že rozpojená rubanina v odtěžovací komoře bude mít takovou konzistenci, která umožní přenos tlaku (vytvářeného pomocí štítových lisů), na čelbu tunelu. Současně je nutné, aby vhodná konzistence rubaniny umožňovala její plynulý odběr šnekovým dopravníkem z odtěžovací komory a následnou kontrolovatelnou přepravu pásovým dopravníkem.

V přirozeném stavu často nemá rubanina požadovanou konzistenci a je ji nutno upravovat. Úprava konzistence se provádí řízenou změnou vlhkosti horniny, což lze realizovat přidáváním vody, pěny, polymerů, případně dalších činidel. Úprava konzistence rubaniny do plastické oblasti je věcí poměrně složitou. Pokud není do horniny dodáváno dostatečné množství vody, stává se rubanina s obsahem jemnozrnných (jílovitých a prachovitých) částic lepivou. V případě přidání nadměrného množství vody se rubanina stává tekutou, a tudíž netěžitelnou pomocí šnekového dopravníku. Pilot zeminového štítu má v tomto smyslu velmi obtížný úkol, neboť aktuální konzistenci rubaniny v odtěžovací komoře pouze předpokládá. Stav rubaniny může kontrolovat až v okamžiku, kdy ji šnekový dopravník vynese na dopravníkový pás. Prochází-li zeminový štít složitým geologickým prostředím s náhle a výrazně se měnícími geotechnickými vlastnostmi, je optimální nastavení množství rubaniny v odtěžovací komoře a přísad pro úpravu konzistence rubaniny, ale i dalších důležitých parametrů stroje, velmi komplikované. Pilot štítu se musí v takových případech spolehnout zejména na vlastní zkušenosti z předchozí ražby a jen v dosti omezené míře na předpoklady o geologické stavbě masivu zjištěné geotechnickým průzkumem.

Vhodný rozsah zrnitosti zemin a podmínky pro lubrikaci zeminy jsou patrné z obr. 4 a ze související tabulky.



range	requirements	conditioning agent
1	I_c = 0.4 - 0.75	water
	I_c > 0.75	clay, polymer suspensions tenside foams
2	k < 10^{-5} m/s water pressure < 2 bars	clay, polymer suspensions tenside foams
3	k < 10^{-4} m/s no water pressure	high density slurrys high molecular polymer suspensions foams with polymer additives

Obr. 4 Rozsah použití zeminových štítů a podmínky lubrikace zeminy

Range – rozsah, Requirements – požadavky, Condition agent – lubrikant, Water – voda, Clay – jíl, Polymer suspension – polymerová suspenze, Tenside foams – tenzidové pěny, High density slurrys – vysokohustotní suspenze, High molecular polymer suspensions – vysokomolekulární polymery, Foams with polymer additives – pěny s přísadami polymerů) (Wittke, a kol., 2007)

Pokročilé tunelovací stroje, včetně zeminových štítů, jsou osazeny soustavou čidel, které zaznamenávají nejdůležitější parametry z razící hlavy stroje a přenášejí je online do řídící kabiny stroje a k dalším vybraným uživatelům. Obvykle se jedná o následující parametry:

- ***Penetration*** **–** pronikání - vyjadřuje hodnotu postupu řezné hlavy v mm na jedno otočení řezné hlavy; ze zjištěných hiodnot lze usuzovat na pevnost, ulehlost a únosnost zeminy;

- ***Speed Cutterhead*** **-** prezentuje rychlost otáčení řezné hlavy a její jednotkou je počet otáček hlavy za minutu;
- ***Grout Injektion*** **-** celkový objem výplňové injektáže při výstavbě mezi prstenci a horninou masivu a je zaznamenávána v litrech, následně se dokladuje v m^3;
- ***Advance Speed*** **-** údaj o rychlosti ražby, udává posun řezné hlavy v milimetrech za minutu;
- ***Total Advance Force*** **-** síla potřebná pro posun stroje v kN;
- **Total Contact Force Cutterhead -** prezentuje celkovou sílu na kontaktu řezné hlavy se zeminou čelby v kN;
- ***Earth Pressure Sensor*** **-** prezentuje průměrný tlak zeminy na senzory osazené v ploše řezné hlavy v kPa;
- ***Screw Conveyor 1 a 2*** **-** dokladuje tlak ve šnekovém dopravníků na prvním a druhém čidlu, tj. na jeho začátku (v odtěžovací komoře) a na jeho konci (výsypu) v kPa.

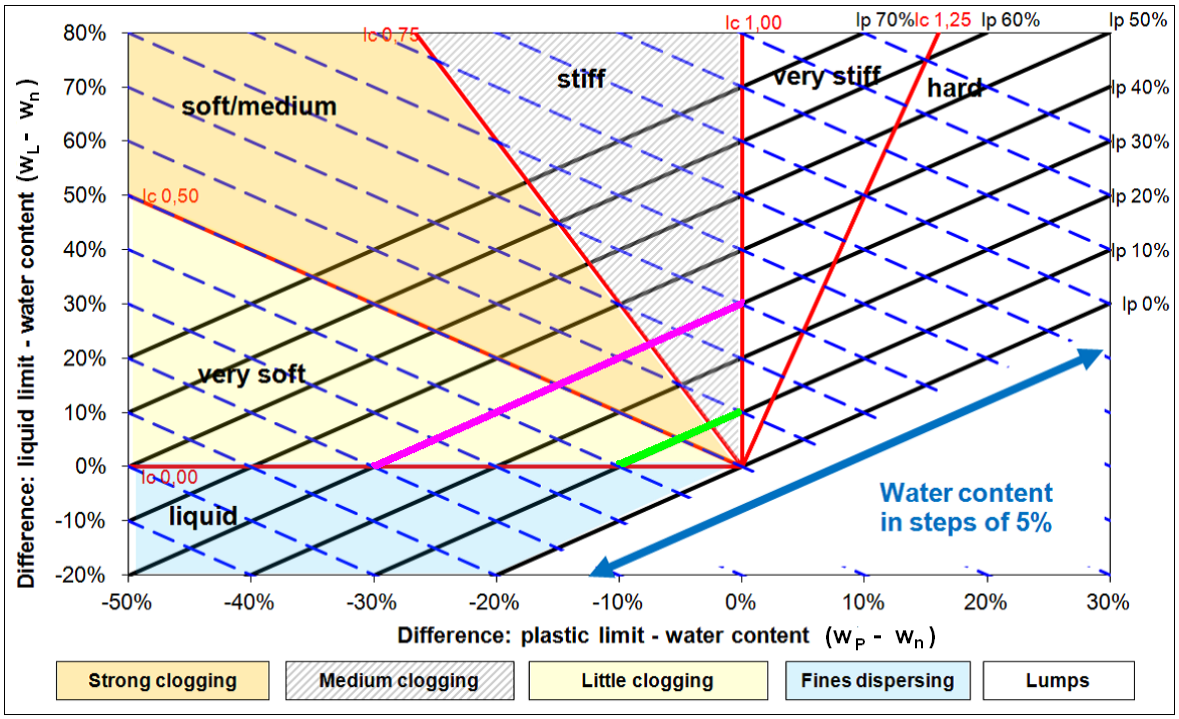
Sledování uvedených parametrů umožňuje pilotovi stroje objektivizovat režim ražby a uvést jej, v rámci možností, do souladu nikoliv s prognózovanými, ale se skutečně zastiženými geotechnickými podmínkami.

4.3 Hlavní problémy při ražbě zeminovým štítem

Lepivost je jedním z hlavních problémů při ražbě v zeminách a negativně působí hlavně na řezné orgány štítu. Rozhodujícími parametry pro posouzení úrovně lepivosti jemnozrnné zeminy (jíly, silty), která může vznikat i při rozpojování jílovců, prachovců a jílovitých břidlic, jsou její konzistenční (Atterbergovy) meze tekutosti w_L a plasticity w_P, přirozená vlhkost w_n a odvozené indexy konzistence I_C a plasticity I_P. Univerzální diagram w_P - w_n (osa x) a w_L – w_n (osa y) ukazuje závislost změn konzistence a lepivosti rubaniny na indexu plasticity a množství přidané vody při ražbě zeminovým štítem (obr. 4) v režimu úplné tlakové podpory čelby (Thewes, 2015).

Z diagramu je názorně patrné, že rozhodující veličinou pro posouzení vhodné konzistence rubaniny a její lepivosti (clogging) je index plasticity I_P, který udává, jak velké množství vody je potřebné ke změně konzistence z tuhé (stift) na měkkou (very soft), jimž jsou přiřazeny odpovídající úrovně lepivosti. Při nízkém indexu plasticity (např. 10% – v diagramu vyznačeno v oblasti lepivosti zeleně) vede již malá změna obsahu vody (10%) k rychlé změně konzistence i úrovně lepivosti, při vysokých hodnotách indexu plasticity (např. 30%) –

v diagramu vyznačeno v oblasti lepivosti fialově) je třeba pro změnu konzistence a úrovně lepivosti přidat vody podstatně více.



Obr. 4 Diagram závislosti změn konzistence a lepivosti rubaniny na indexu plasticity a množství přidané vody

Pokud má jemnozrnná zemina nebo jemnozrnná složka rubaniny velmi nízký index konzistence (např. I_P = 10%), tak je vysoce citlivá na změny vlhkosti. Úprava konzistence pouhým přidáváním vody je v takovém případě velmi obtížná a je nutno využít přidávání pěny. Pokud při ražbě dochází k vysokým nekontrolovaným přítokům podzemní vody do odtěžovací komory, stává se úprava vhodné konzistence rubaniny obtížně řešitelným problémem, který lze zvládnou pouze přidáváním polymeru, tj. látky, která váže vodu a je schopná do určité míry zamezit hydrostatickému natlakování šneku, což mj. redukuje problémy spojené s následným čištěním stroje.

Při realizovaných ražbách bylo opakovaně zjištěno, že k výrazným projevům lepivosti dochází v prostoru kolem centra řezné hlavy, kde nejsou otvory pro průchod materiálu do odtěžovací komory. Rozpojený materiál zde musí být roztlačován radiálně, kolmo na směr ražby, ke vzdálenějším otvorům řezné hlavy. K vyvození radiálního pohybu je nutné do tohoto prostoru přidávat zvýšené množství vody pro docílení velmi měkké konzistence rubaniny (periferní oblasti mohou mít konzistenci tužší). Lze tak předejít slepování rubaniny v okolí centra řezné hlavy, které vede k znehybnění ložisek řezných disků a tím k jejich

poškození (obr. 5), dále k výraznému nárůstu krouticího momentu a kontaktní síly řezné hlavy. Následné přehřátí řezné hlavy ohrožuje i hlavní ložisko stroje.

Také prostor uvnitř řezné hlavy – v prostoru kde radiální ramena upínají řeznou hlavu na hlavní ložisko – je velmi náchylný k rozsáhlému zalepování a ucpávání. Tento jev je při ražbách v jemnozrnných zeminách velmi častý.

Obr. 5 Poškozená disková dláta při zalepení (zadření) ložisek

Vysoké přítoky vody na čelbu tunelu působí negativně na ražby zeminovým štítem z několika důvodů:

- Prvním je problém s úpravou rubaniny, tj. s dosažením konzistence zeminy vhodné pro kontrolu přítlaku (podpůrného tlaku) na čelbu při režimu s úplnou podporou čelby. Zvýšené přítoky podzemní vody navíc velmi komplikují proces dopravy rubaniny jak šnekovým dopravníkem, tak dopravníkovým pásem.
- Tlak ve vrchlíku štítu od přirozené hladiny podzemní vody se může dosti značně lišit od tlaku na dně odtěžovací komory. V rubanině tekuté (kašovité) konzistence dochází k natlakování šnekového dopravníku hydrostatickým tlakem. V takovém případě rubanina šnekový dopravník opouští pod značným tlakem, není těžitelná pásovým dopravníkem a způsobuje zaplavení a nežádoucí znečištění spodní části tunelovacího stroje (s následným obtížným ručním výklizem) .

Smíšená čelba vytváří problémy při ražbě v případě, že je čelba ve značné části tvořena zeminou měkkou a tlačivou a ve zbývající zeminou/horninou pevnou a stabilní. Z důvodu nestability některé části čelby je pak nutné razit v režimu s úplnou podporou čelby, což při smíšené čelbě vyvolává řadu komplikací.

- Směrové i výškové vedení štítu je obtížnější, neboť musí při ražbě probíhat operativní korekce přítlaků opěrných lisů v závislosti na různých odporech heterogenní čelby.
- Podpůrný tlak štítu se koncentruje do horniny s vyšším modulem deformace, v zemině s nízkým modulem deformace je podpůrný tlak značně snížen; to vede k nestabilitě čelby a vzniku nadvýlomů.
- Dochází k většímu opotřebení nástrojů. Valivá dláta, která jsou určena k rozpojování pevných hornin, jsou jemnozrnnou složkou měkké zeminy ucpávána, často dochází k jejich zablokování a tím k jejich lokálnímu obroušení a znehodnocení; je nezbytná častější kontrola řezné hlavy a výměna řezných nástrojů.
- Úpravu rubaniny v tlakové komoře přidáváním vzduchu, vody, pěny či polymerů není možno provádět optimálním způsobem, neboť každá část dělené čelby vyžaduje jinou kombinaci zmíněných činidel; problém s dosažením vyhovující konzistence obsahu odtěžovací komory pro zajištění stability čelby a dopravy rubaniny se zvětšuje.
- Ražba v uzavřeném módu předpokládá v odtěžovací komoře vytvoření pažící suspenze z upravené zeminy. Ve smíšené čelbě přítomné pevné horniny nejsou pro vytvoření pažící suspenze vhodné.
- Jednotlivé skupiny lisů musí vyvíjet při vedení stroje rozdílné tlaky, čímž jsou jednotlivé segmenty ostění nerovnoměrně zatěžovány; nerovnoměrné zatížení segmentů zvyšuje nebezpečí vzniku smykových trhlin v ostění.

Abrazivita hornin je jedním ze stěžejních parametrů ovlivňujících ražbu zeminovým štítem v případě zastižení poloskalních nebo silně rozpukaných skalních hornin. V závislosti na míře abrazivity rozpojované horniny dochází k většímu opotřebení řezných nástrojů. Jejich nezbytná kontrola a výměna pak představují významnou část doby realizace podzemního díla, která může dosahovat 30 až 50 % celkového času provádění.

Důležitým faktorem abrazivity je petrografická variabilita hornin (např. obsah křemene) a jejich tektonické porušení. Rozpukaná hornina často obsahuje pukliny výplněné žilným křemenem. Zejména zvýšené abrazivní vlastnosti hornin s žilným křemenem způsobují vyšší opotřebení řezných nástrojů, a tudíž i nutnost častějších vstupů do odtěžovací komory s odpovídajícím časovým zdržením. Abrazivita způsobuje vysoké opotřebení nejen diskových dlát, ale také otěruvzdorných destiček na řezné hlavě. Příliš velké opotřebení otěruvzdorných destiček může ohrozit samotnou konstrukci řezné hlavy.

Abrazivita hornin je sledována v rámci geotechnického monitoringu a obvykle vyhodnocována metodou Cerchar Abrazivity Index (CAI), což je mezinárodně uznávaná metodika stanovení abrazivity hornin. Při zkoušce se zjišťuje míra opotřebení zatíženého ocelového hrotu o předepsané tvrdosti a geometrii při 10 mm posunu po horninovém vzorku. Mikroskopicky se měří změna diametru hrotu způsobená abrazivitou horniny. CAI má de facto rozměr v mm, udává se však všeobecně jako bezrozměrné číslo. V ČR je též používán postup dle někdejší oborové normy ON 441121[2].

Nadvýlomy a poklesy nadloží se vyskytují v tektonicky porušeném a zvodnělém horninovém prostředí, které je z hlediska rychlého a optimálního nastavení parametrů stroje nutných k zajištění stability čelby značně nepříznivé. Nadvýlomy vznikají při ražbě v otevřeném, tranzitním módu, ale též v módu uzavřeném s použitím stlačeného vzduchu. Pouze uzavřený mód s natlakovanou rubaninou v odtěžovací komoře brání tvorbě nadvýlomů. Indikátorem tvorby nadvýlomů je nárůst váhy rubaniny, který neodpovídá váze rubaniny předpokládané pro jeden záběr. Změna váhy rubaniny, v odchylce značně odlišné od očekávané hodnoty stanovené výpočtem ze změřené objemové hmotnosti rubaniny, musí být impulsem pro zavedení uzavřeného režimu ražby nebo ke zvýšení opěrného tlaku v komoře, což tvorbu nadvýlomů výrazně omezí.

U zeminového štítu bez vstupní tlakové komory může dojít ke vzniku značně zvětšených nadvýlomů. Je to v případě, že byla rubanina z komory odtěžena pro provedení inspekce čelby a výměnu řezných nástrojů, ale bylo zjištěno, že čelba je nestabilní a podmínky pro její inspekci nejsou bezpečné. V takovém musí ražba pokračovat, dokud se geologické podmínky nezlepší. Rozjezd stroje s odtěženou komorou bez opěrného tlaku rubaniny však umožňuje vznik nadvýlomů v nestabilní čelbě a v horninovém nadloží, a to až do doby, než se odtěžovací komora znovu zaplní rubaninou a dojde k vytvoření potřebné stabilizující hodnoty podpůrného tlaku. V popsaném případě mohou vzniknout nadvýlomy natolik velké, že při nižším nadloží postupnou destabilizací nadložní horniny dojde až k abnormálním poklesům na povrchu území.

---

[2] Norma ON 441121 zjišťuje úbytek hmotnosti normalizovaného kovového roubíku při jeho pohybu po upraveném povrchu zkušebního horninového tělesa s konstantní přítlačnou silou, vztažené k celkové délce dráhy pohybu zkušebního tělesa. Rozměr abrazivity F_v je v pojetí této normy v mg/m.

5. SEGMENTOVÉ OSTĚNÍ

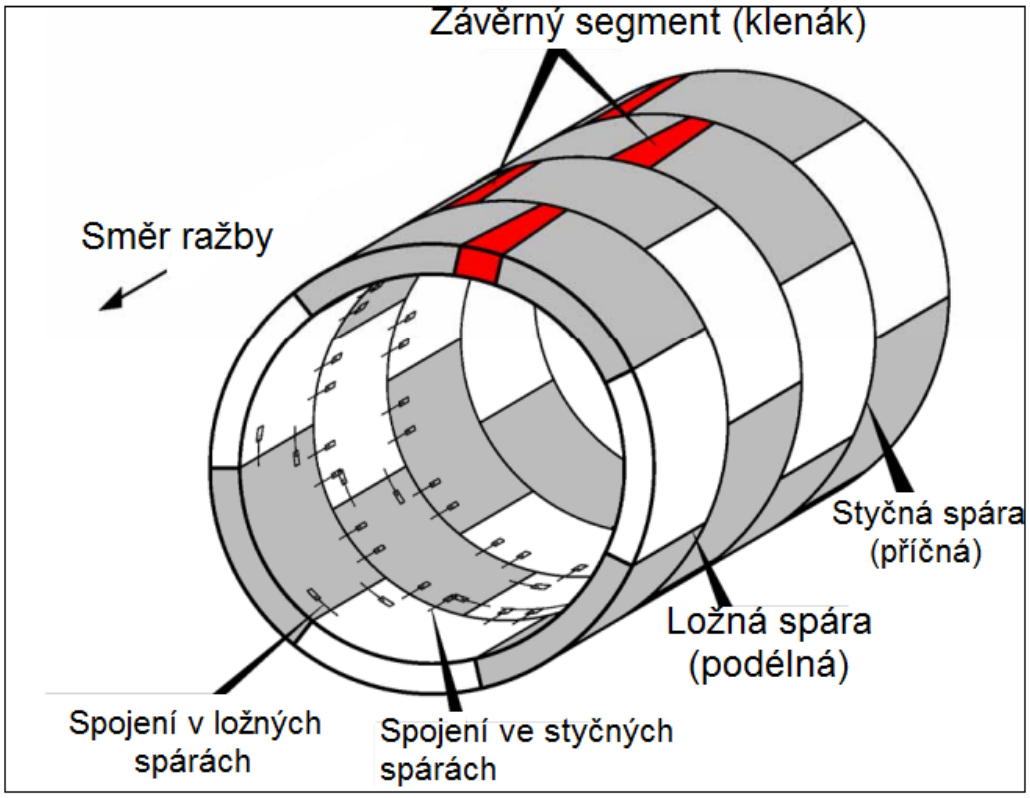
Segmenty (tubingy), tvořící tunelové ostění při použití technologie štítování, jsou prefabrikované elementy předepsaných rozměrů a tvarů, instalovaných v průběhu ražby ve formě prstenců. Moderní segmentové ostění musí splňovat tyto předpoklady:

- Základní funkcí je zajišťovat stabilitu výrubu – vytvořit ostění odolávající všem předvídaným dlouhotrvajícím a krátkodobým zatížením společně se všemi vnějšími i vnitřními vlivy po celou dobu životnosti podzemní stavby.
- Absorpce zatížení od tunelovacího stroje při ražbě.
- V případě tunelování pod hladinou podzemní vody izolovat vnitřní prostor tunelu proti průsakům a působení vodního tlaku.
- Zajistit podélnou kontinuitu s ohledem na prostorové vedení podzemního díla.
- Možnost rychlého a bezpečného sestavení v zadní části tunelovacího stroje.
- Umožnit upevnění veškerého vnitřního tunelového vybavení.

Segmentové ostění musí být velmi odolné proti mechanickému namáhání, protože slouží jako opěra umožňující realizovat posun štítu kupředu pomocí štítových lisů tlačících na již zbudované segmentové ostění. Únosnost ostění musí být ihned po instalaci tak velká, aby mohla odolávat vysokým tlakům štítových lisů. V současnosti jsou již téměř výhradním typem používaným při ražbě mechanizovanými štíty ***betonová segmentová ostění***, a to buď se segmenty železobetonovými, nebo segmenty z drátkobetonu. Výhodou železobetonových prvků je jejich vysoká ohybová tuhost, zatímco drátkobeton je prospěšný pro omezení vzniku a šířky trhlin. Je obvykle výhodné recepturu betonu pro prefabrikované ostění naladit na potřeby konkrétního projektu a možnosti přiměřeně dostupné výrobny prefabrikátů. Kromě požadavku na vysokou pevnost betonu musí být dodržena také minimální propustnost betonového segmentu a další vlastnosti, např. váha. Problémem je obtížná manipulovatelnost s těžkými betonovými segmenty. Proto je vhodné navrhovat ostění s větším počtem segmentů v prstenci (například pro průměr tunelu cca 6,0 m na trase V.A pražského metra bylo použito jen šest segmentů v prstenci, z nichž každý vážil cca 3 t).

Segmentové ostění je složeno v podélném směru z jednotlivých prstenců. Každý prstenec pak tvoří několik segmentů a závěrný klenák. Zvláštním rysem segmentového ostění je ***vysoký počet spojů mezi jednotlivými prvky*** oproti klasickému spojitému monolitickému ostění. Tyto obvykle dočasné spoje jsou nutné z důvodu tvarové neurčitosti a

statické přeurčitosti kruhového ostění při větším počtu kloubů v prstenci (platí pro každý počet kloubů $n_{kl} > 3$). Rozlišujeme dva typy spojů – podélné spoje v ložných spárách prstence a příčné spoje ve styčných spárách prstence (obr. 6).

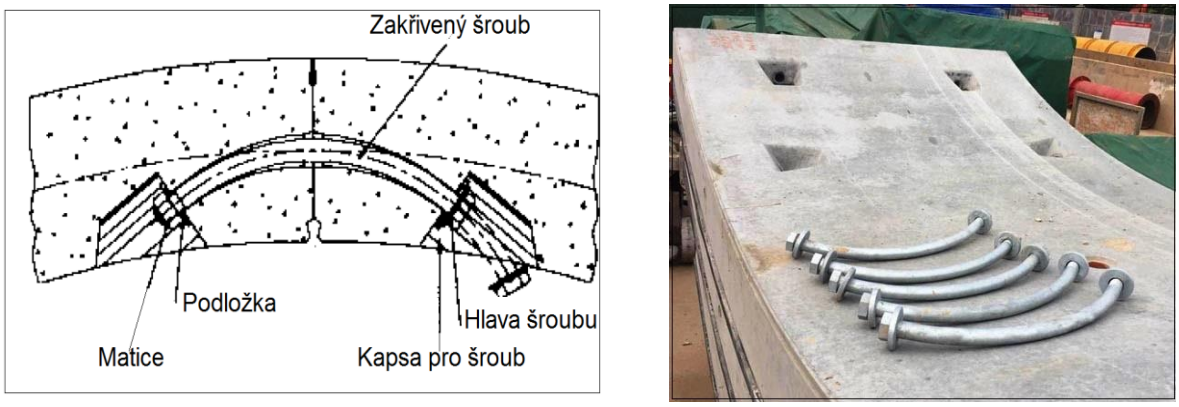


Obr. 6 Základní prvky segmentového ostění

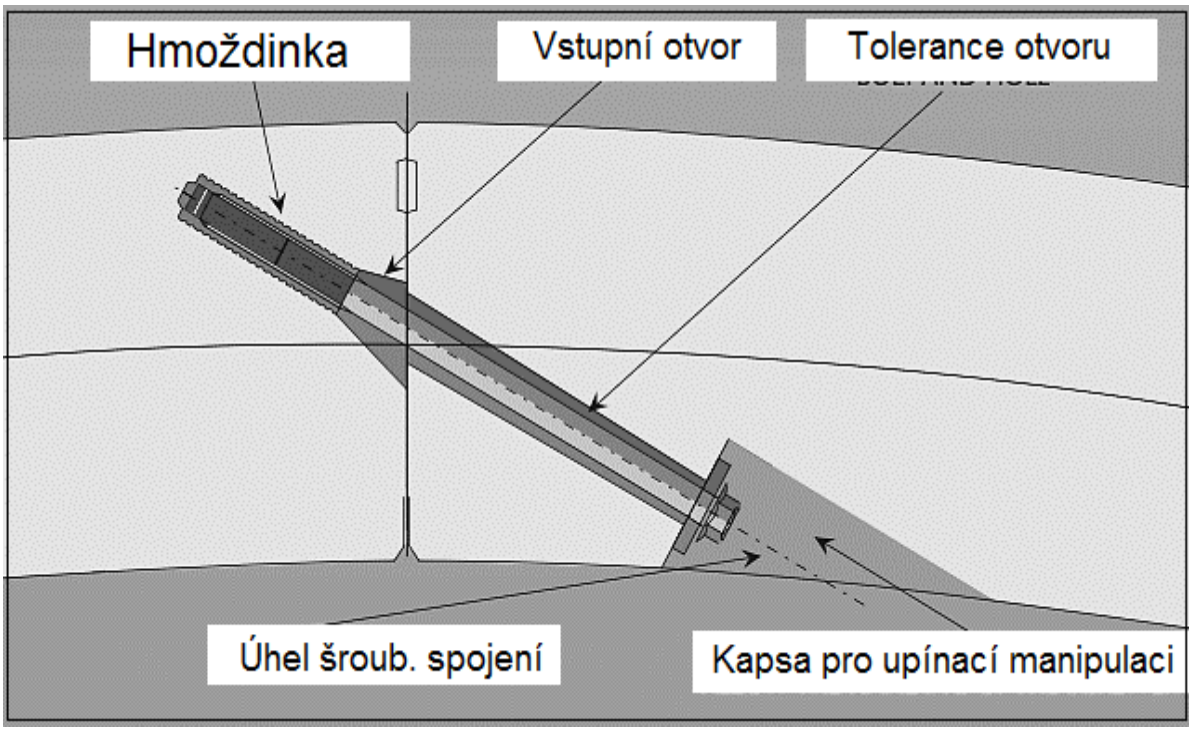
Počet spojovacích prvků je projekt od projektu rozdílný a závisí především na zatížení (tíha segmentu, vzájemné smykové síly, odpor těsnícího profilu apod.), které musí spojovací prvky přenést. Obvyklý počet je jeden až tři spojovací prostředky na jednu plochu segmentu. Po vytvrdnutí výplňové a těsnící injektáže (tj. přibližně po sestavení deseti prstenců ostění) nejsou spojovací prostředky již zapotřebí, protože se ostění zmonolitněné injektáží a stlačené štítovými lisy stává systémem tvarově určitým a třikrát staticky neurčitou soustavou uzavřeného kruhu. Spojovací prostředky se proto odstraňují a opakovaně použijí.
V oblastech seizmicky zatížených, dále v místech, kde se předpokládá křížení budoucí podzemní výstavba, v blízkosti portálů, před určitou změnou příčného řezu a také u dopravních tunelů (silnice, železnice), kde je obava, aby spojovací prostředky po degradaci v čase neohrozily svým pádem bezpečnost v tunelu, je vhodné spojovací prostředky navrhnout s dostatečnou životností a nedemontovat je.

Spojování segmentů se provádí obvykle pomocí šroubů v různém typovém uspořádání, v současné době jsou nejpoužívanější následující dva způsoby:

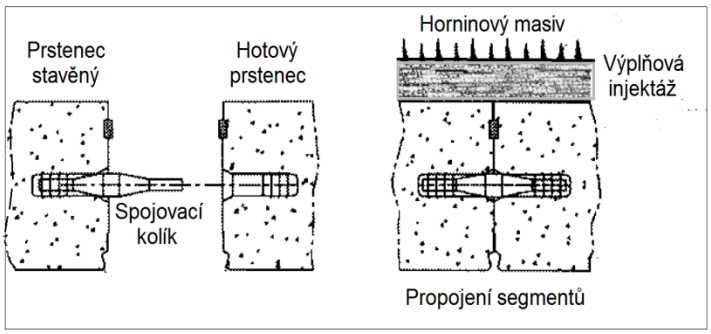
- Spojení pomocí zakřivených šroubů (obr. 7) nebo tyčemi se závitem (obr. 8), v obou případech umístěných na vnitřní straně ostění. Nový segment je nejdříve usazen na své místo a poté připevněn k sousednímu segmentu či prstenci.
- Připojení pomocí bikónických trnů (kolíků), které jsou jednou polovinou vloženy do styčné plochy jednoho prstence (obr. 9). Segment druhého prstence je na ně v průběhu montáže nasunut. Kvůli kinematice montáže bývají v podélných spárách použity vodící tyče (obr. 10).



Obr. 7 Spojení segmentů zakřivenými šrouby

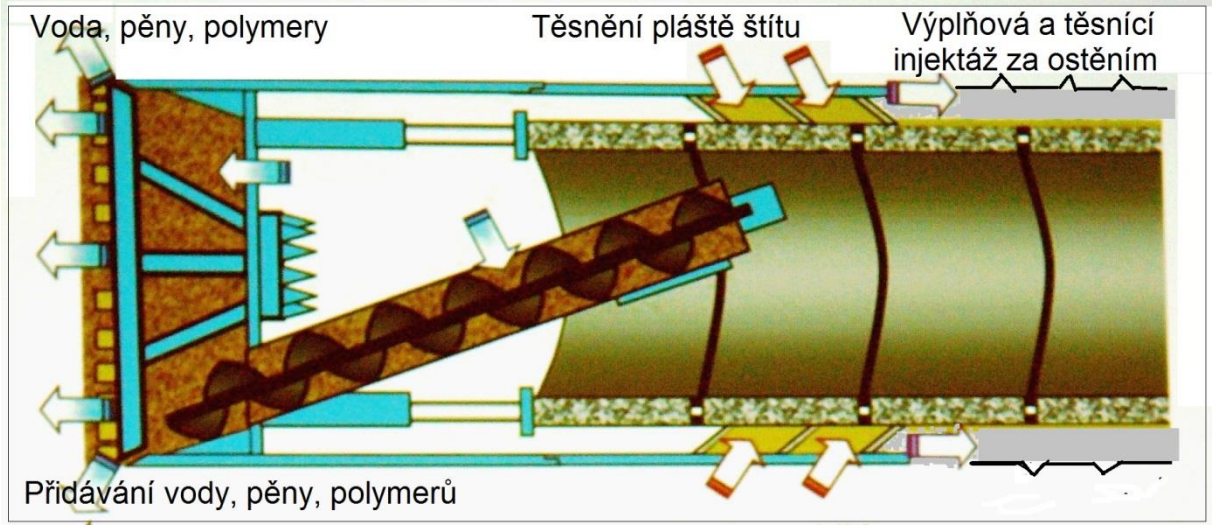


Obr. 8 Spojení segmentů šikmými šrouby



Obr. 9 Spojení segmentů pomocí kolíků

Obr. 10 Vodící tyč v ložné spáře



Obr. 11 Aditiva injektovaná do prostoru za rubem ostění

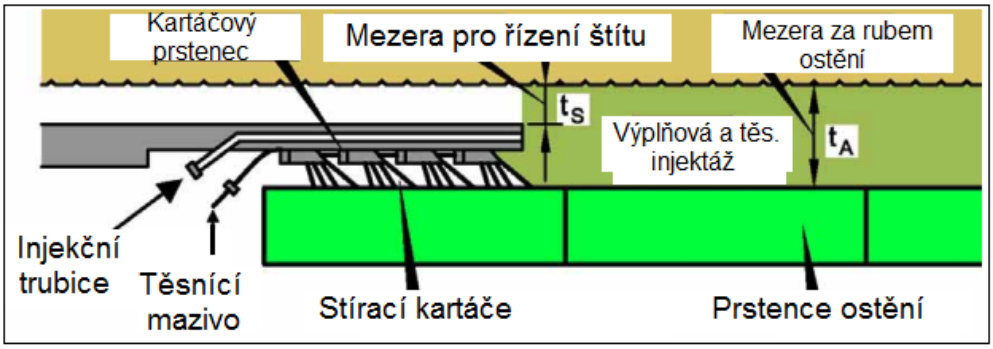
Správná statická funkce ostění úzce souvisí s dokonalým ***vyplněním prostoru mezi rubem segmentů a výrubem*** (obr. 11). Dokonalá výplň prostoru za ostěním ***injektáží*** je důležitá z následujících důvodů:

- Jak již bylo uvedeno, každý prstenec skládající se z více než tří spojů (kloubů) je staticky přeurčitý (tvoří kinematický mechanismus), který udrží kruhový tvar jen v důsledku působení spojů ve spárách. Teprve po zatvrdnutí výplňové a těsnící injektáže jsou prstence zmonolitněny do staticky neurčitého kruhového rámu.
- Vyplň za rubem ostění je potřebná z důvodu rovnoměrného přenosu vnějšího zatížení do ostění, též z důvodu podpory ostění při zatížení silami ze štítových lisů a od kroutících sil vzniklých otáčením řezné hlavy.
- Prostřednictvím injektážního tlaku je do prstence ostění vnesena tlaková normálová síla, která pomáhá minimalizovat negativní projevy nesymetrického vnějšího zatížení (především vznik ohybových momentů).

- Při ražbě s tlakovou kontrolou čelby je injektáž nutná proto, aby se předešlo úniku tlaku z čelby do volného prostoru za ostěním.
- Výplň podporuje udržení stavu horninového masivu blízkého primární napjatosti – minimalizace deformačních projevů ražby. Menší redistribuce napjatosti kolem výrubu znamená menší deformace masivu a při ražbě s nižším nadložím minimalizaci poklesové kotliny na povrchu území.
- Při použití injektovaného materiálu na bázi hydraulických pojiv zlepšení vodonepropustnosti jednoplášťového ostění.
- Výplň umožňuje částečnou izolace před agresivními vlivy prostředí. V některých případech může být proto výhodné použít speciální složení injektážní směsi z látek odolávajících agresivnímu prostředí a zvětšení tloušťky injektované vrstvy.
- V případě tunelů vystavených vnitřnímu tlakovému režimu je vnější rovnoměrné podepření ostění injektáží pro správné statické působení ostění rozhodující.

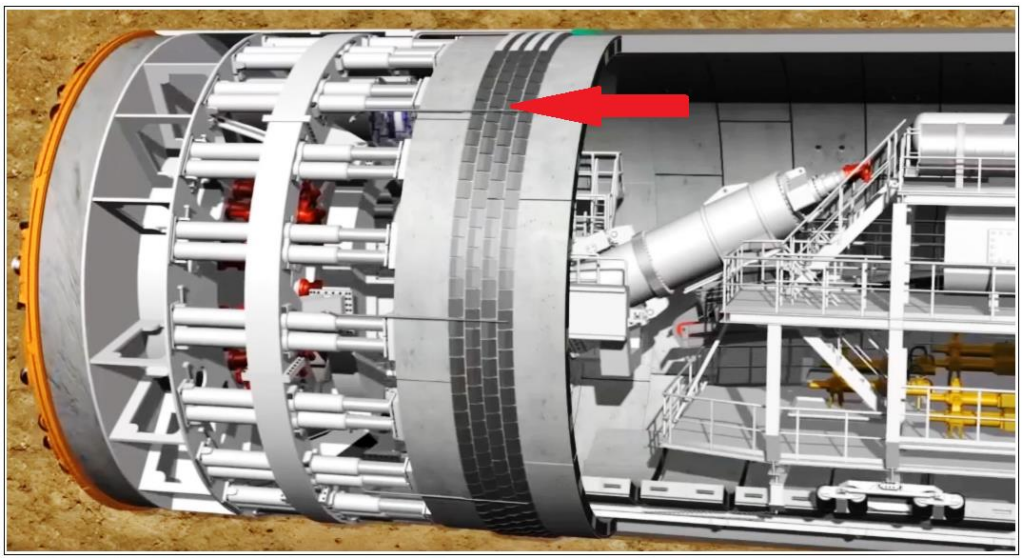
Vyplnění volného prostoru injektáží je prováděno ve fázi, kdy se razicí stroj pohybuje vpřed. Materiál výplně může být do mezery umístěn dvěma způsoby. Buď k tomu určenými otvory v jednotlivých segmentech, nebo přes injektážní trubice v koncové části pláště štítu.

- První možnost skrz otvory v ostění je častěji prováděna v kombinaci se štěrkovou (kačírkovou) výplní. Otvory jsou opatřené závitovými spoji pro injektážní hadice. Další možností je použití gumových zpětných ventilů integrovaných přímo do segmentů.
- Injektáž přes koncovou část štítu (obr. 12) je v současnosti standardem u štítů s aktivně podepřenou čelbou. Injektáž probíhá současně s postupem štítu. Výhodou je okamžité vyplnění mezery mezi ostěním a horninou. Dnes jsou nejrozšířenější integrované injektážní trubice. Každá injektážní dráha je kvůli potenciální možnosti blokace a čistění opatřena druhou rezervní trubicí.



Obr. 12 Schema uspořádání koncové části pláště štítu

Injektáž prostoru mezi horninou a ostěním musí být realizována co nejdříve po provedení výrubu a instalaci ostění, zejména pokud má okolní horninový masiv nízkou stabilitu. Injektážní směs nesmí v žádném případě unikat na čelbu. Aby bylo dosaženo úspěšné tlakově kontrolované výplně mezilehlého prostoru kolem ostění, je nutné zabezpečit jeho těsnost. Příklad a umístění štítového těsnění je vidět na obr. 12 a 13.



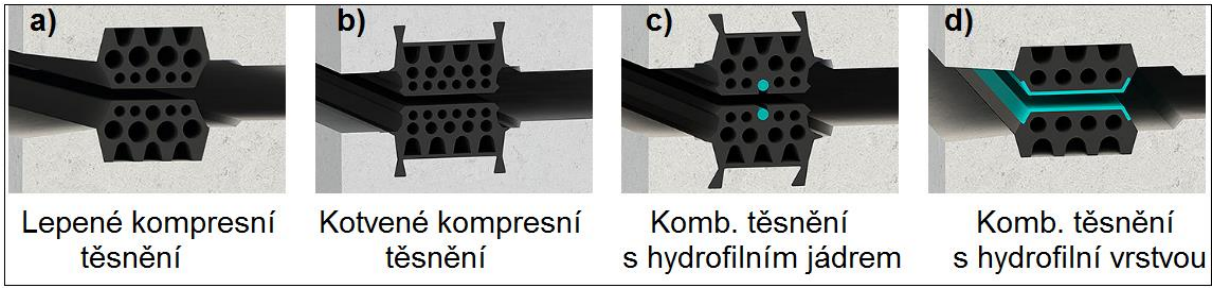
Obr. 13 Poloha těsnění v koncové části pláště štítu

Těsnění spár mezi segmenty je vedle vodonepropustného betonu segmentů podstatnou složkou zajištění celkové těsnosti ostění. Provádí se souvislými těsnícími vložkami vkládanými do drážek umístěných blíže k vnějšímu okraji segmentu v podélných a příčných spárách. Každý individuální segment je tak vždy kolem dokola opatřen těsněním.

Těsnící vložky fungují vždy v páru. Vždy jsou dvě proti sobě a těsnost spoje je zajištěna výhradně stlačením vložek proti sobě. Existují tyto základní principy (typy) těsnění:

- Celosvětově používané kompresní těsnění (obr. 14 a, b), u něhož je stlačení těsnících vložek v příčných spárách dosaženo silami štítových lisů, v podélných spárách pomocí erektoru. Krátkodobě je stlačení udrženo pomocí spojovacích prostředků.
- Vodoexpanzní těsnění. Toto těsnění je vyrobeno z materiálu, který v kontaktu s vodou může cyklicky zvětšovat svůj objem – bobtnat (hydrofilní guma, bentonit). Těsnění v tom případě funguje i za velice nízké přítlačné síly. Tento typ je dosti choulostivý na působení vnějších podmínek. Proto musí být před vložením do ostění a sestavením prstence chráněn proti nechtěnému namočení, které by jej znehodnotilo, nebo musí být opatřen ochrannou folií či speciálními nátěry, které se rozpustí až při určité hodnotě pH, odpovídající podzemní vodě.

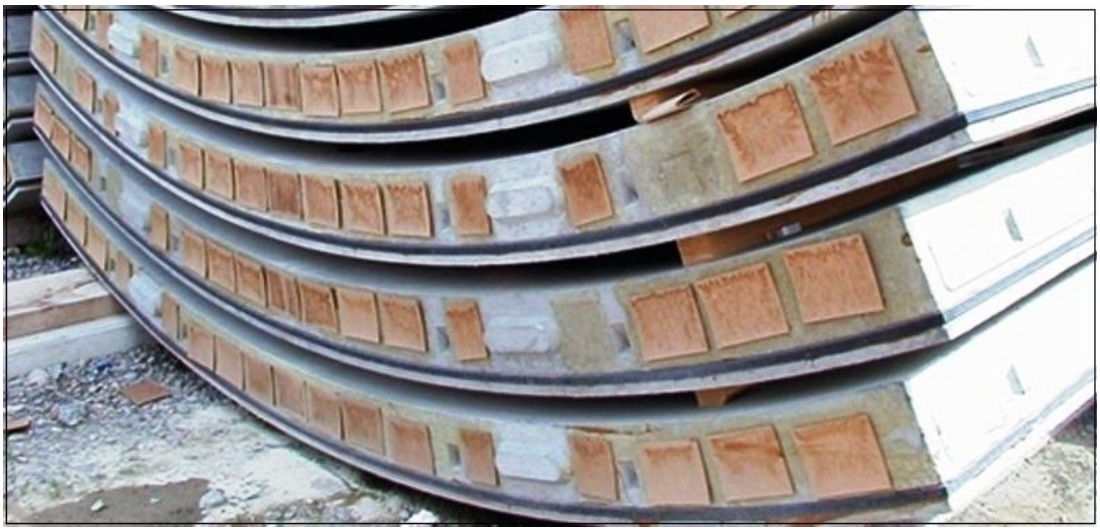
- Kombinované těsnění (obr. 14 c, d). Základní princip je stejný jako v předcházejícím případě. Rozdíl oproti klasickému kompresnímu těsnění je v přítomnosti bobtnající látky ve střední části těsnění, která pracuje jako pojistka v případě poruchy kompresního těsnění. Tento typ je nejvýhodnější, protože disponuje přednostmi obou předchozích druhů.



Obr. 14 Typy těsnění spár mezi segmenty a prstenci ostění

Roznášecí poddajné desky se umísťují do míst styčných spár mezi jednotlivými prstenci ostění z důvodu usměrnění zatížení od štítových lisů tam, kde je prvek speciálně dodatečně vyztužen, a též k vyrovnání lokálních koncentrací napětí od nepřesností ve výrobě a při montáži segmentů. Nevýhodou je umělé zvětšení mezery mezi jednotlivými segmenty, a tím možné snížení funkčnosti segmentového těsnění ve spárách.

Materiál používaný na roznášecí desky může být guma, bitumenové pásky, nebo dříve často používaná hutná dřevotříska či sololit. V dnešní době jsou běžnější směsné umělé materiály na bázi speciálních vyztužených gum. Roznášecí podložky jsou lepeny vždy do středu spoje. Tloušťka roznášecích desek bývá v rozmezí několika milimetrů.



Obr. 15 Segmenty ostění s pryžovým těsněním a roznášecími dřevotřískovými deskami

6. ZÁVĚR

Posouzení možnosti propojení zbytkové jámy Libouš s vodním dílem Nechranice pomocí hydrotechnického tunelu má, vzhledem k omezenému rozsahu a podrobnosti podkladů, obecnější informativní charakter. Nicméně zpracování vychází z praktických zkušeností při nasazení zeminových štítů na ražbách v České republice, tyto zkušenosti byly popsány a bude je možno využít i v případě realizace výše uvedené podzemní stavby pomocí technologie tlakově kontrolovaného štítování.

Dva zeminové štíty byly nasazeny při realizaci prodloužení linky A pražského metra na úseku Dejvice – Petřiny v délce 2 x 4,53 km. Štíty o průměru 6,0 m (vnitřní průměr ostění 5,3 m) se osvědčily při ražbě v druhohorních jílovcích i v heterogenních souvrstvích pražského ordoviku, ve dvou případech též při ražbě pod mnohapodlažní zástavbou (obytný areál Hvězda na Petřinách a věžové domy Červený Vrch).

Kombinovaný tunelovací plnoprofilový stroj – zemní štít + štít do tvrdých hornin – byl použit při ražbě Ejpovického tunelu délky 2 x 4,17 km. Zeminový štít úspěšně razil v málo stabilních prvohorních břidlicích se silnými přítoky vody pod vrchem Homolka i v zeminách pod velmi nízkým nadložím ve složitých geotechnických poměrech v sedle mezi vrchy Homolka a Chlum. Ražba v tvrdých spilitech vrchu Chlum proběhla po přestavbě na štít pro ražbu v tvrdých horninách (Hard Rock Shield). Zkušenosti z ražby jižní tunelové trouby, která byla vyražena se zpožděním více než šest měsíců, byly racionálně využity při ražbě trouby severní, která byla vyražena pouze s necelým měsíčním zpožděním.

Konkrétnější vyjádření k podmínkám ražby tunelu Libouš – Nechranice bude možné po provedení inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu s geotechnickým vyhodnocením. Za současných znalostí o geologických poměrech v zájmové lokalitě je možno konstatovat, že ražba hydrotechnického tunelu o průměru šesti metrů zeminovým štítem je proveditelná a dosažení rychlosti ražby 10 m/den je dle stávajících zkušeností zcela reálné.

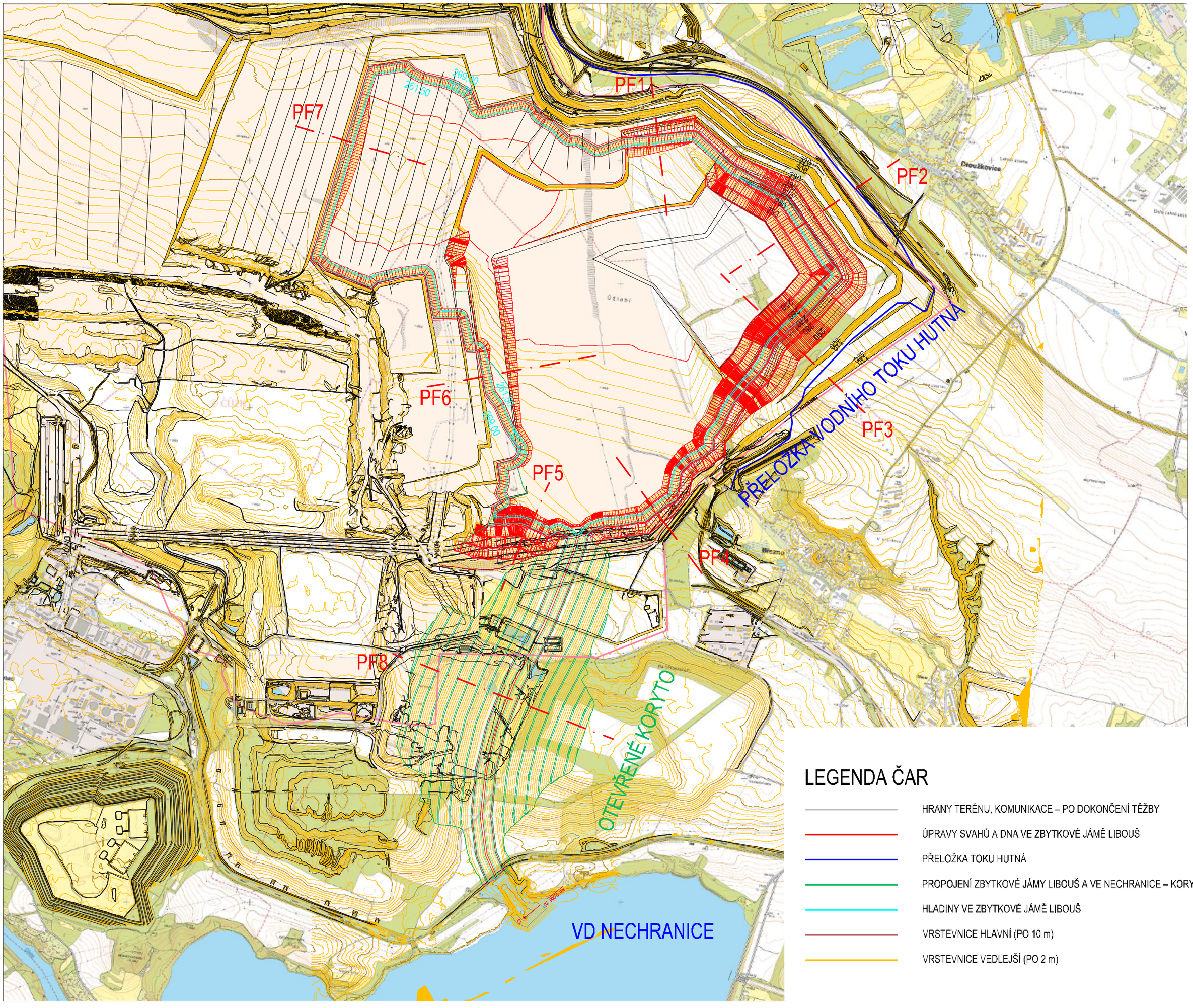
V Praze, 2. 12. 2021

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc. Autorizovaný inženýr pro geotechniku ČKAIT - 0000035

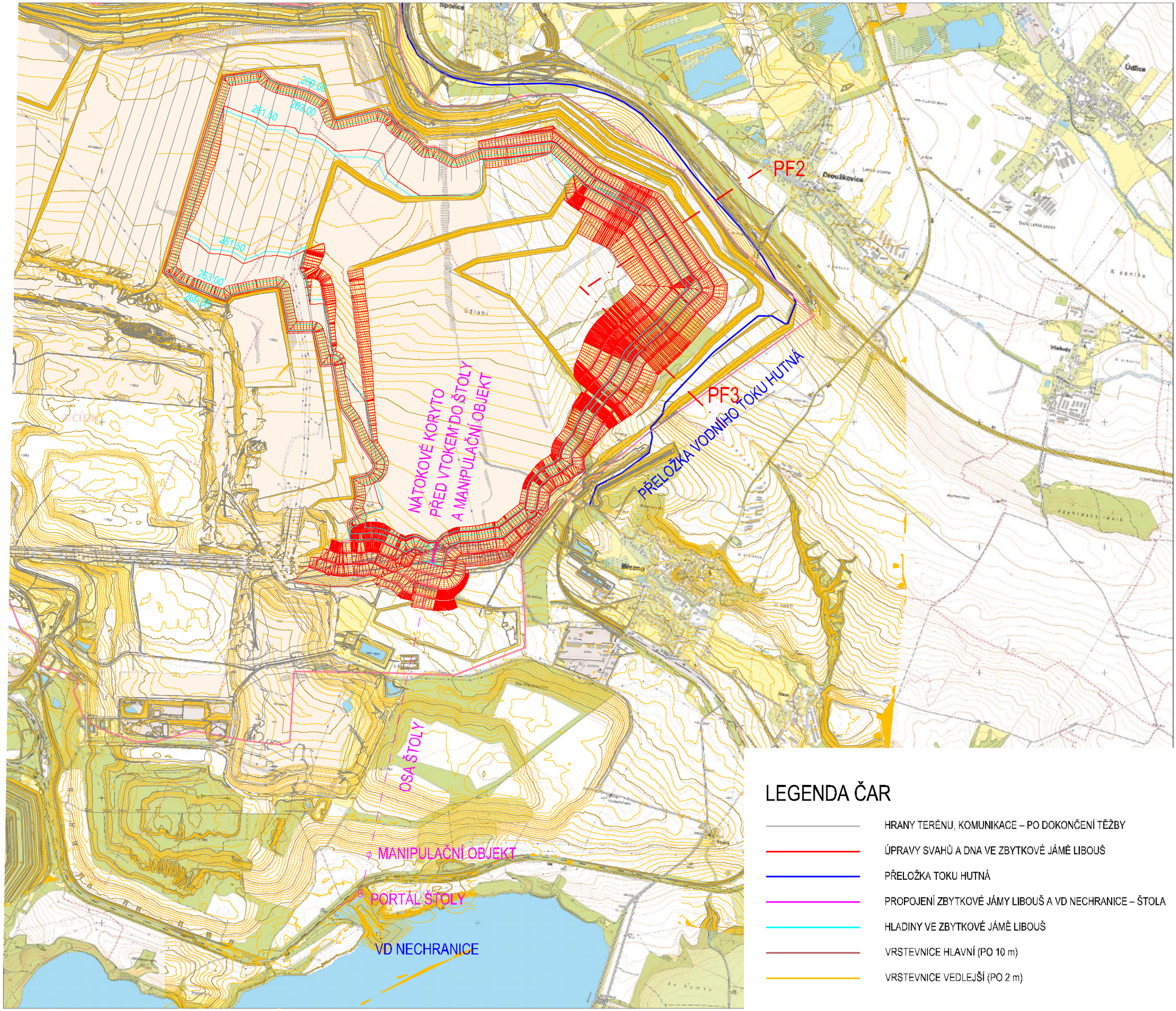
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Autorizovaný inženýr pro obor geotechnika.
Soudní znalec z oboru stavebnictví,
stavební odvětví různá,
specializace zakládání staveb a podzemní stavby

.

SITUAČNÍ VÝKRES – OTEVŘENÉ KORYTO
ŘEZY PRO POSOUZENÍ STABILITY SVAHŮ
M 1 : 25 000

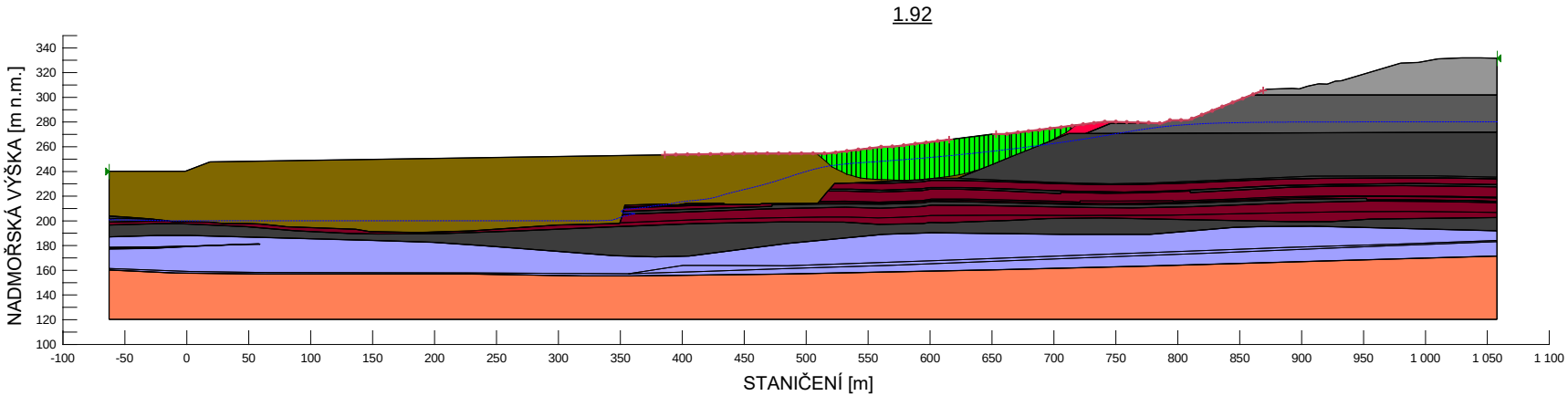


SITUAČNÍ VÝKRES – VARIANTA ŠTOLA
ŘEZY PRO POSOUZENÍ STABILITY SVAHŮ
M 1 : 25 000

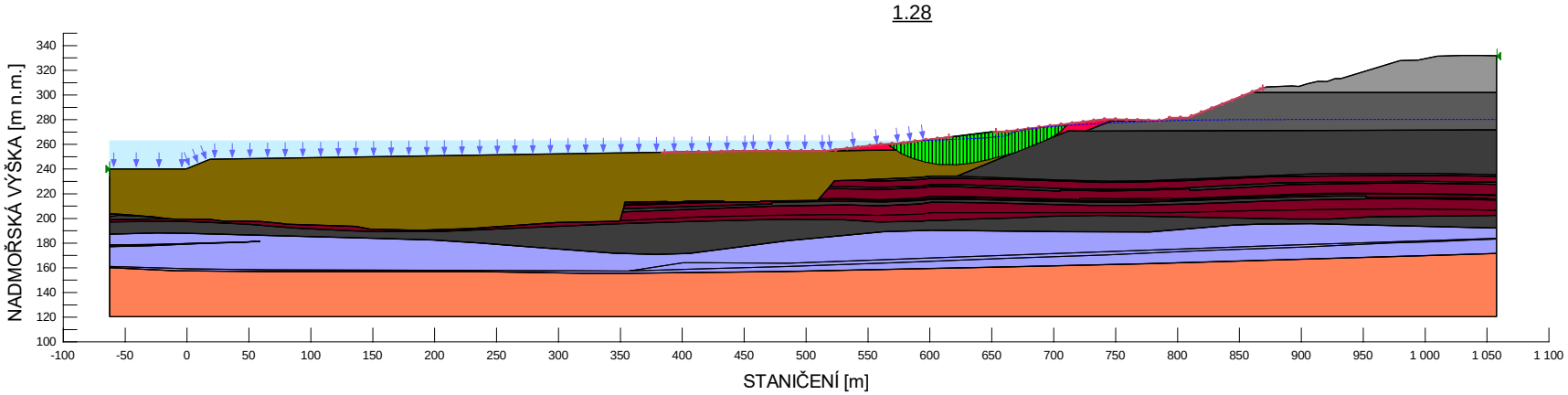


VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF1

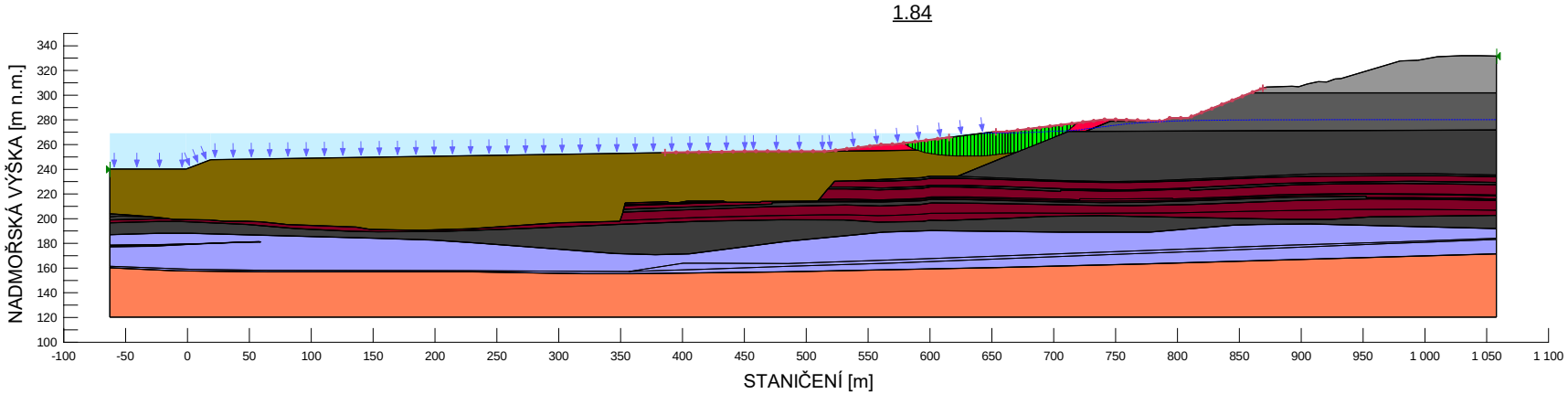
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



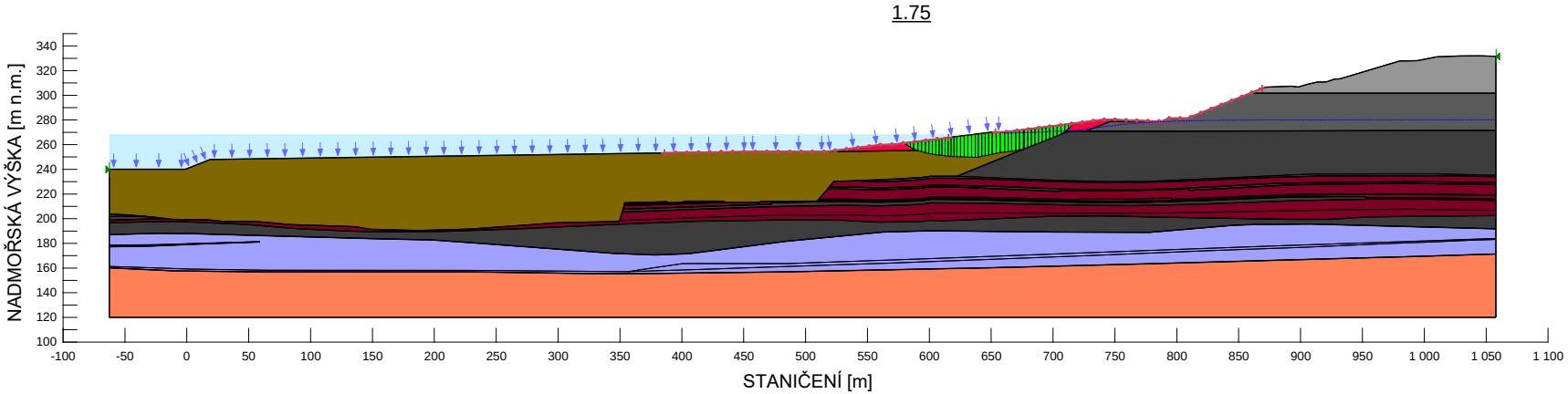
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

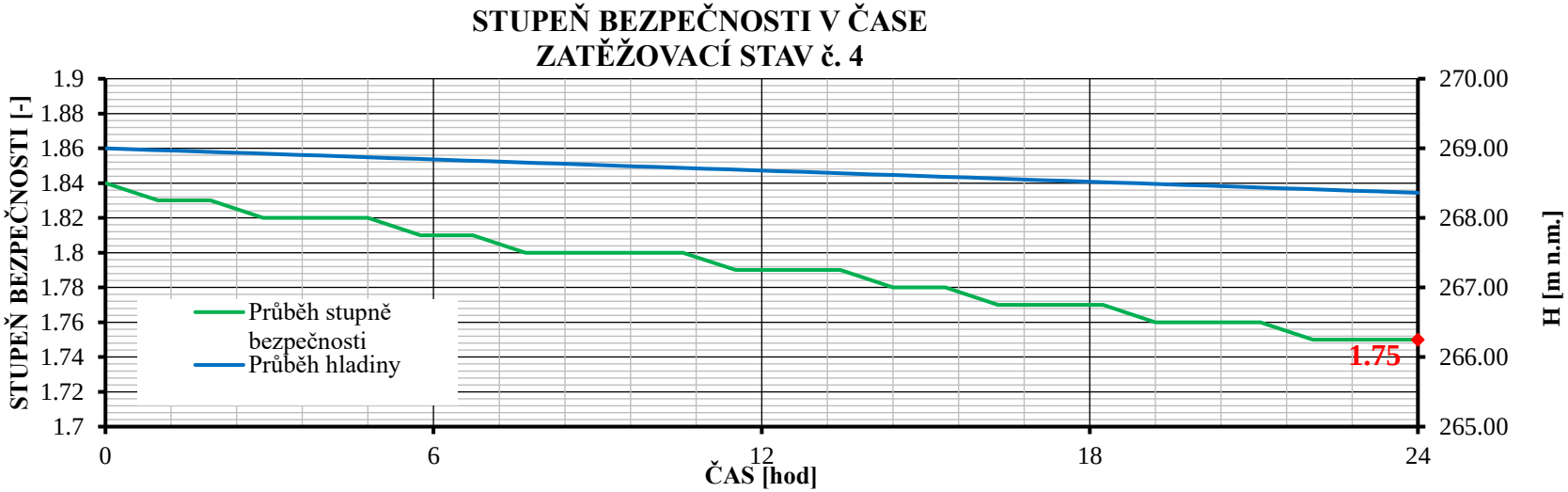


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

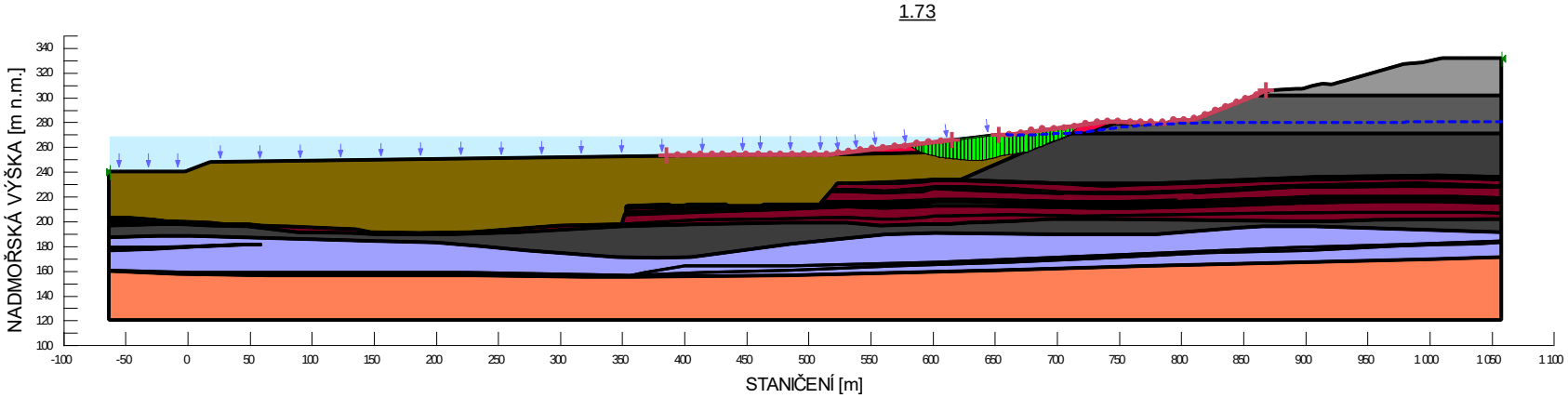


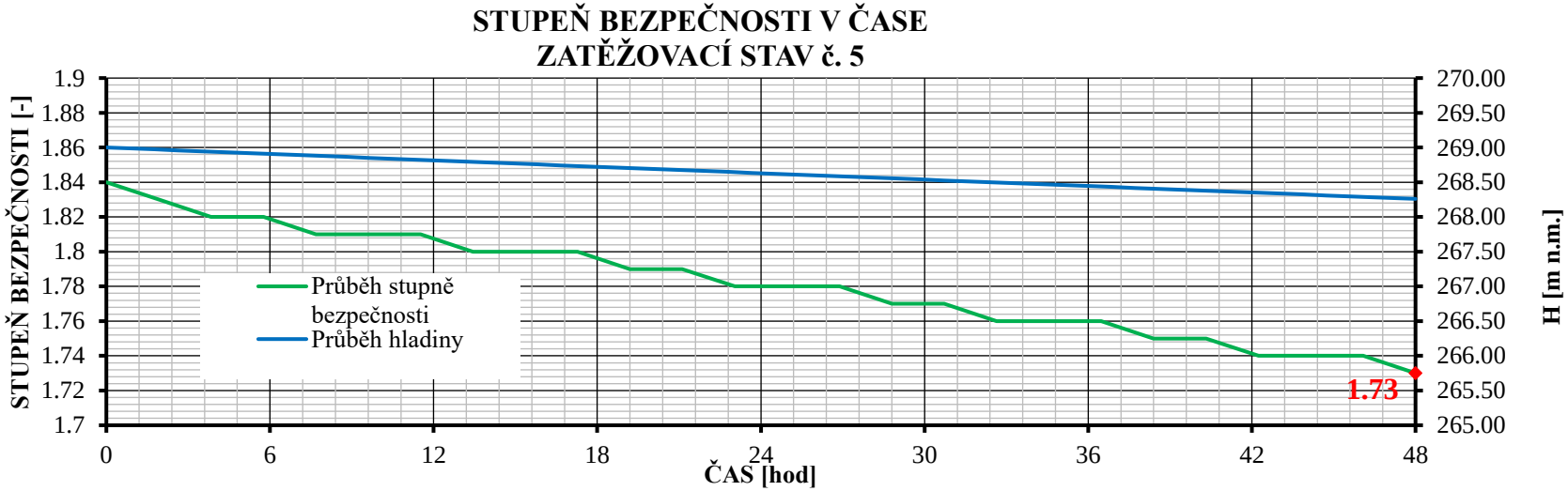
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



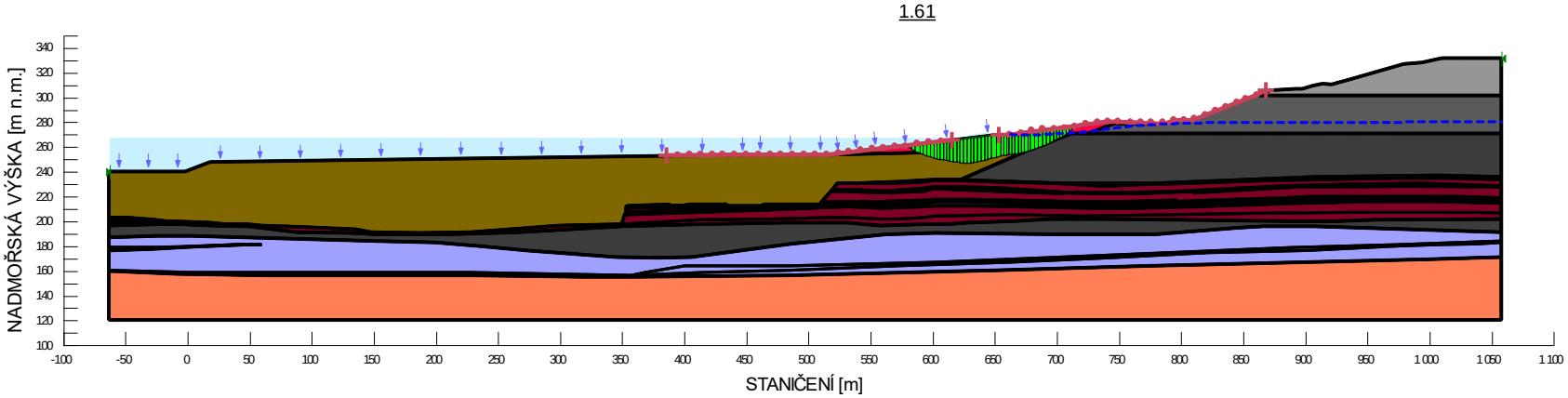


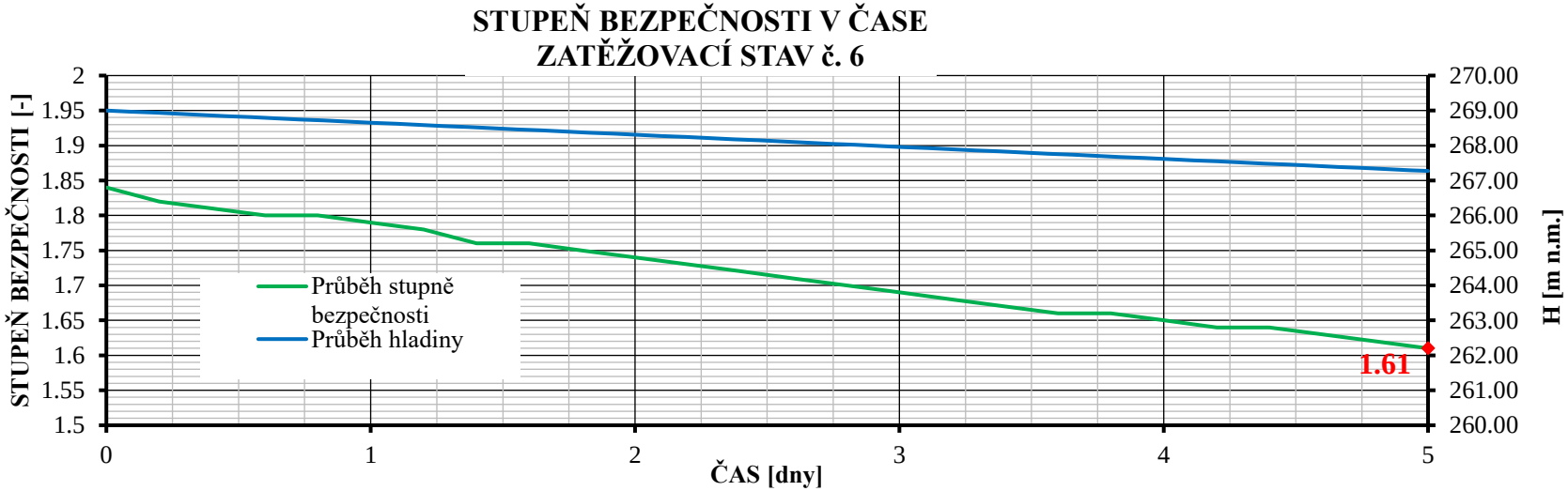
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



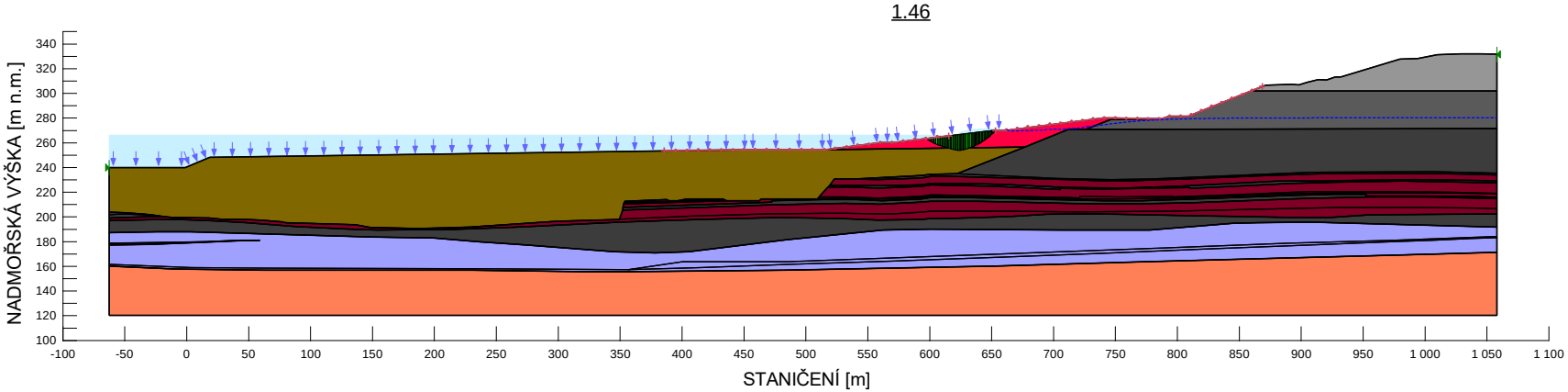


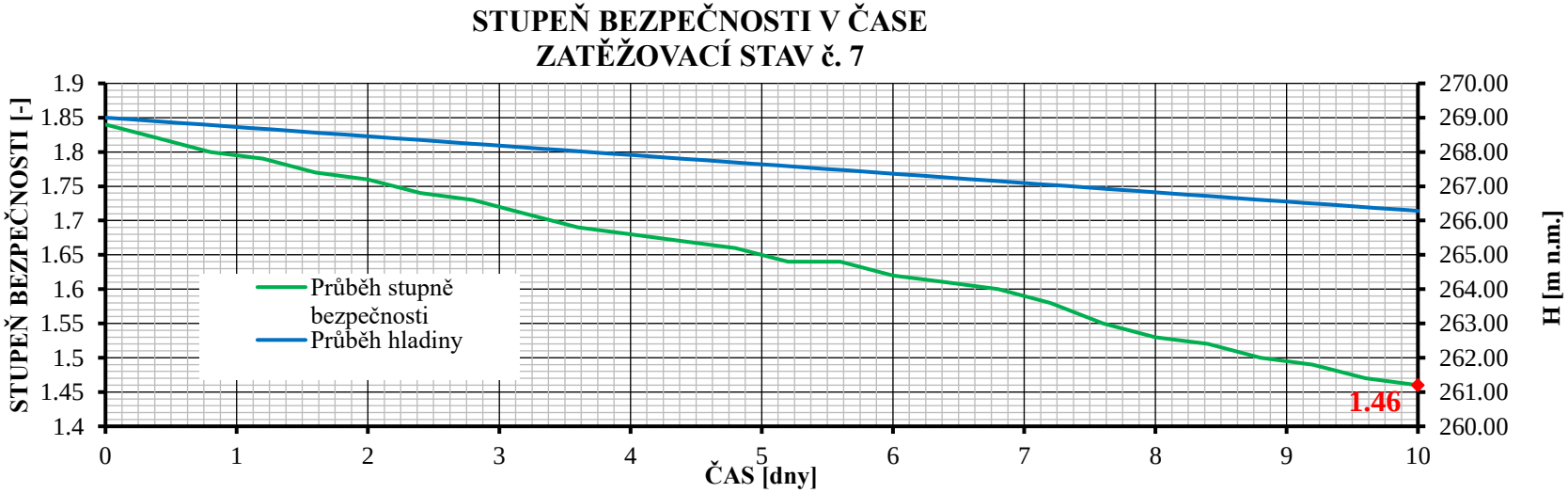
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



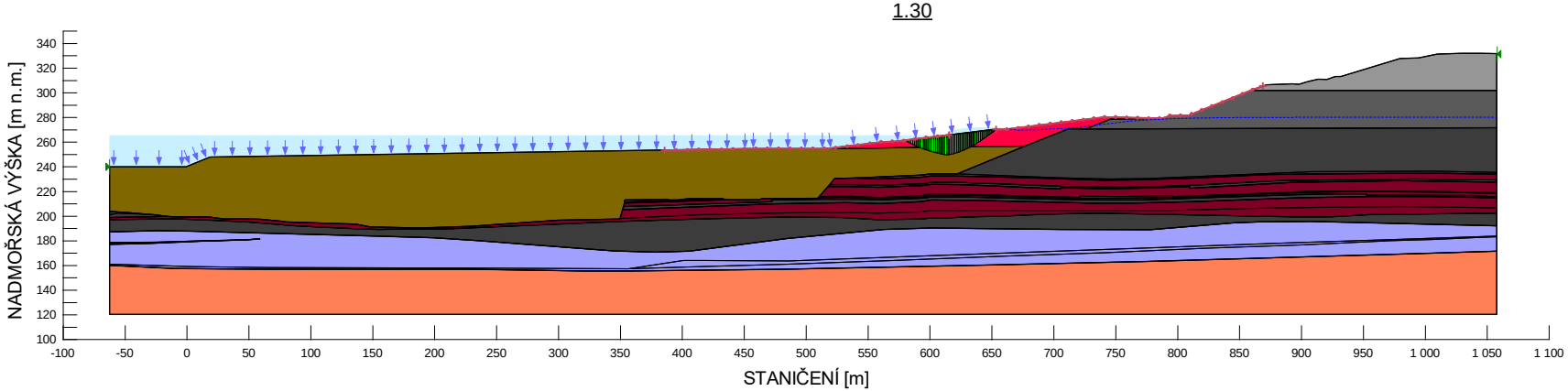


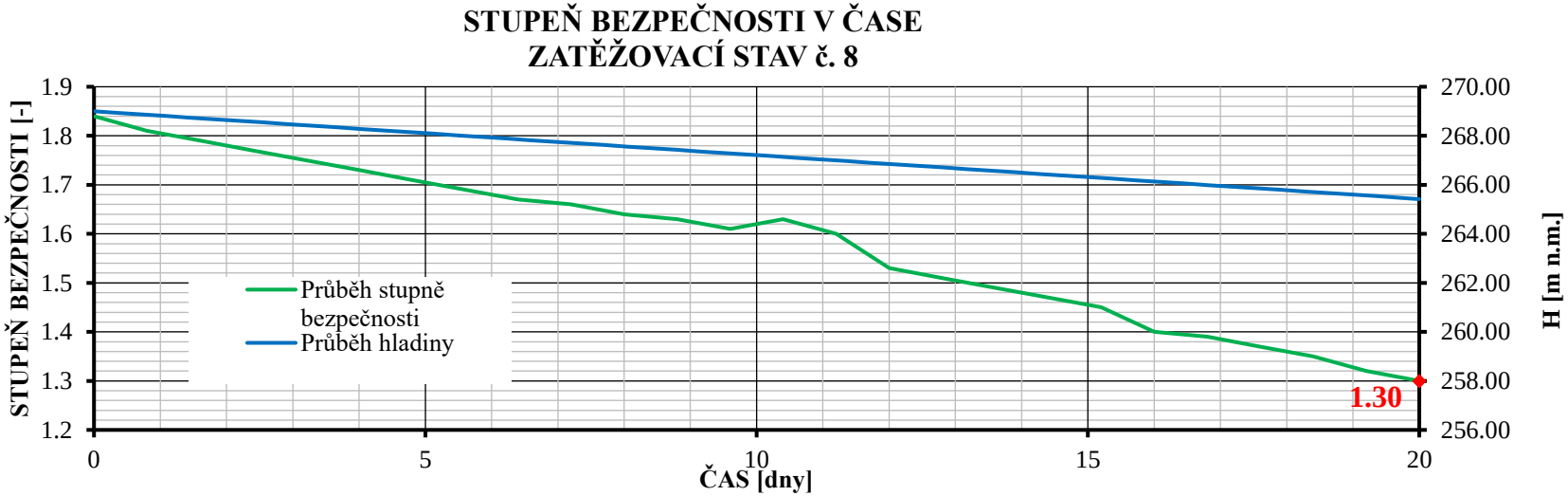
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



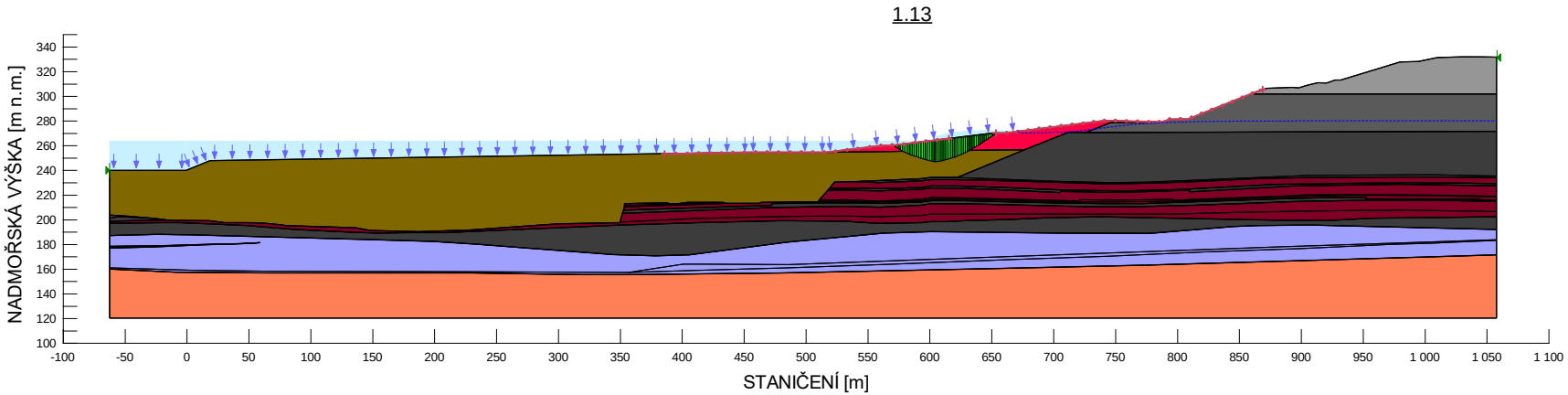


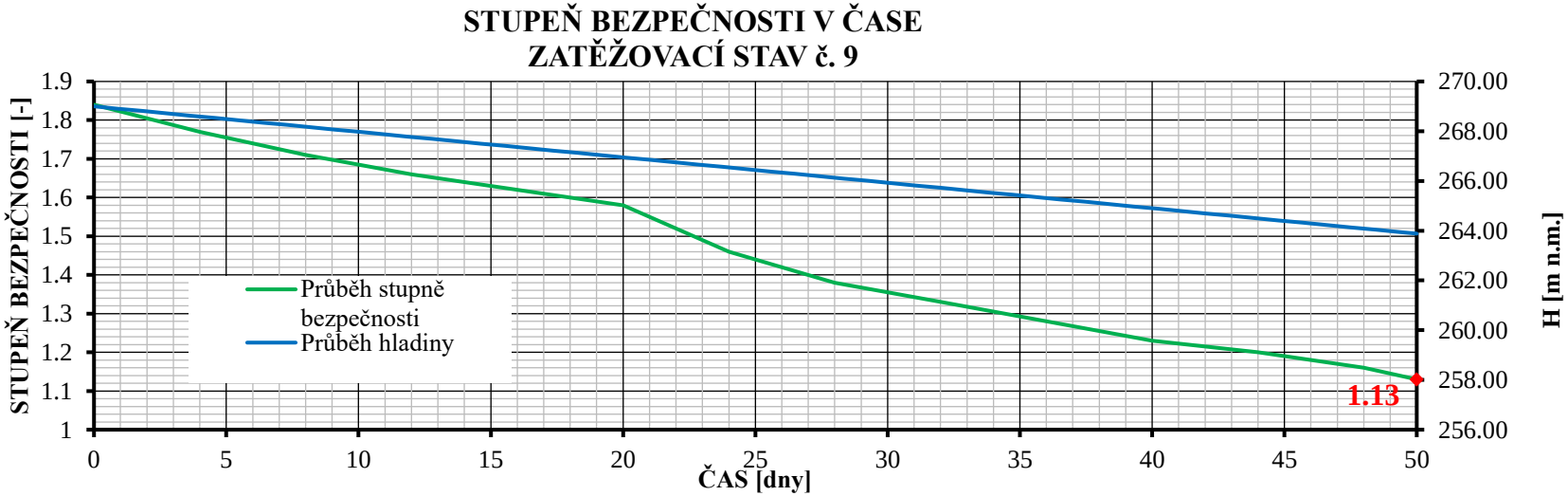
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



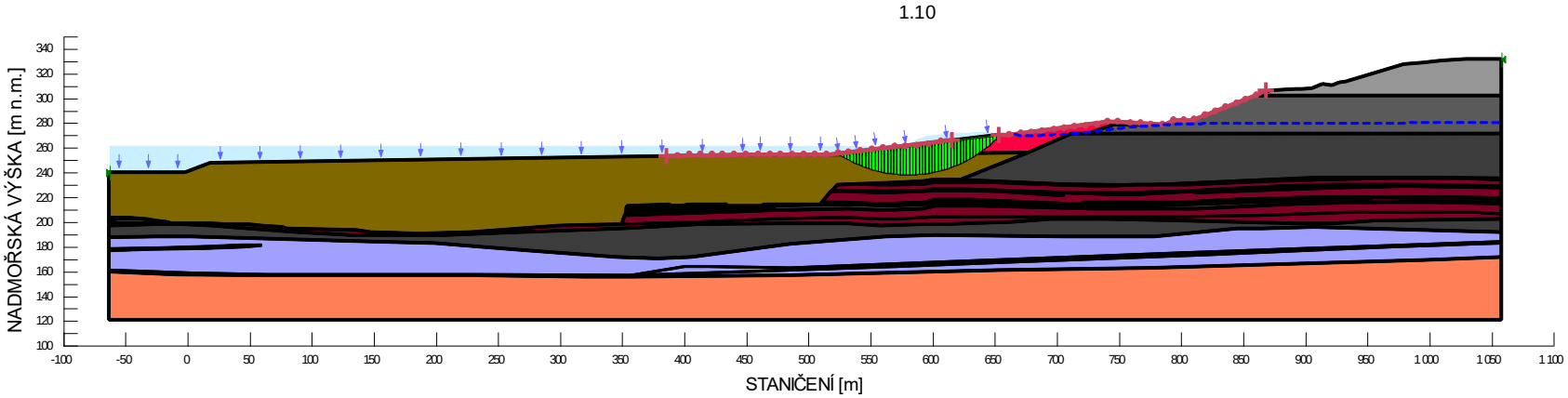


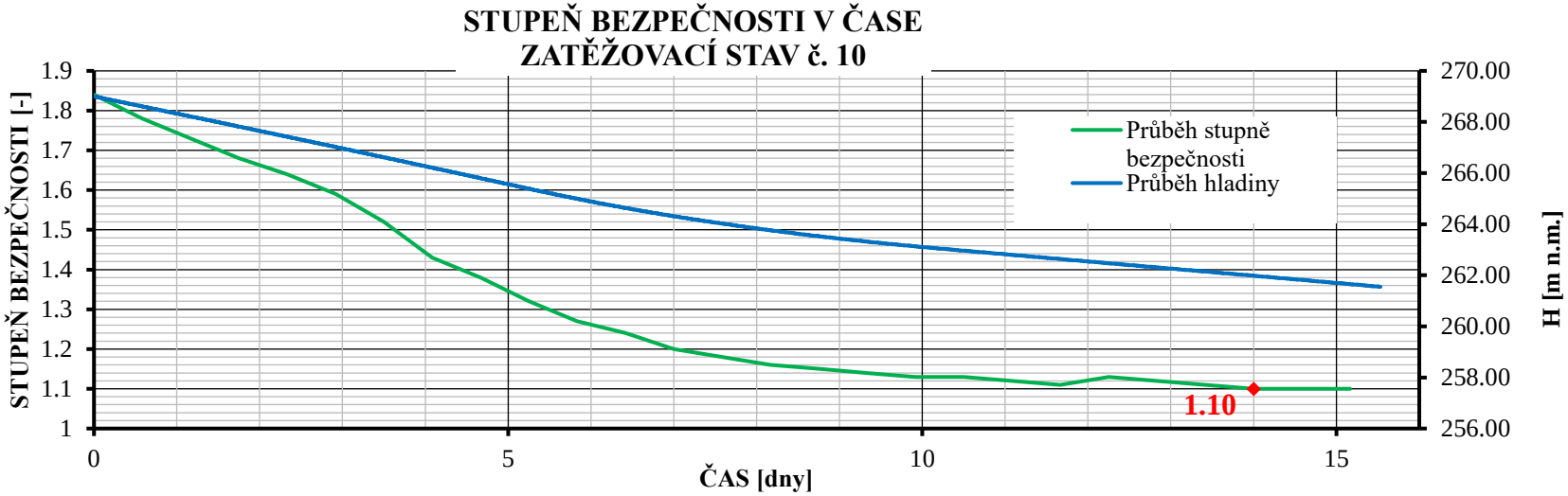
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



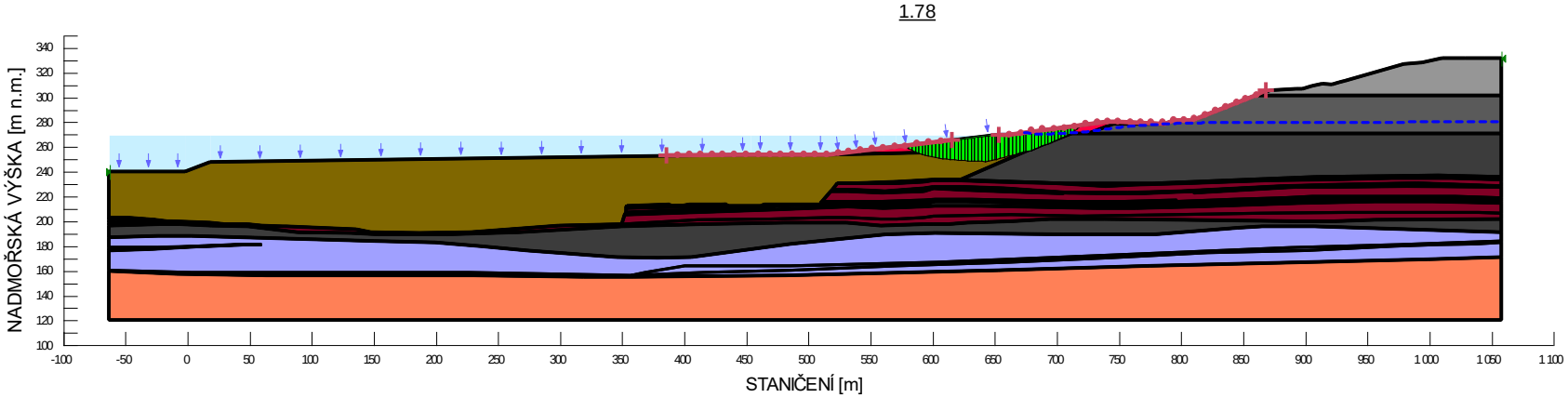


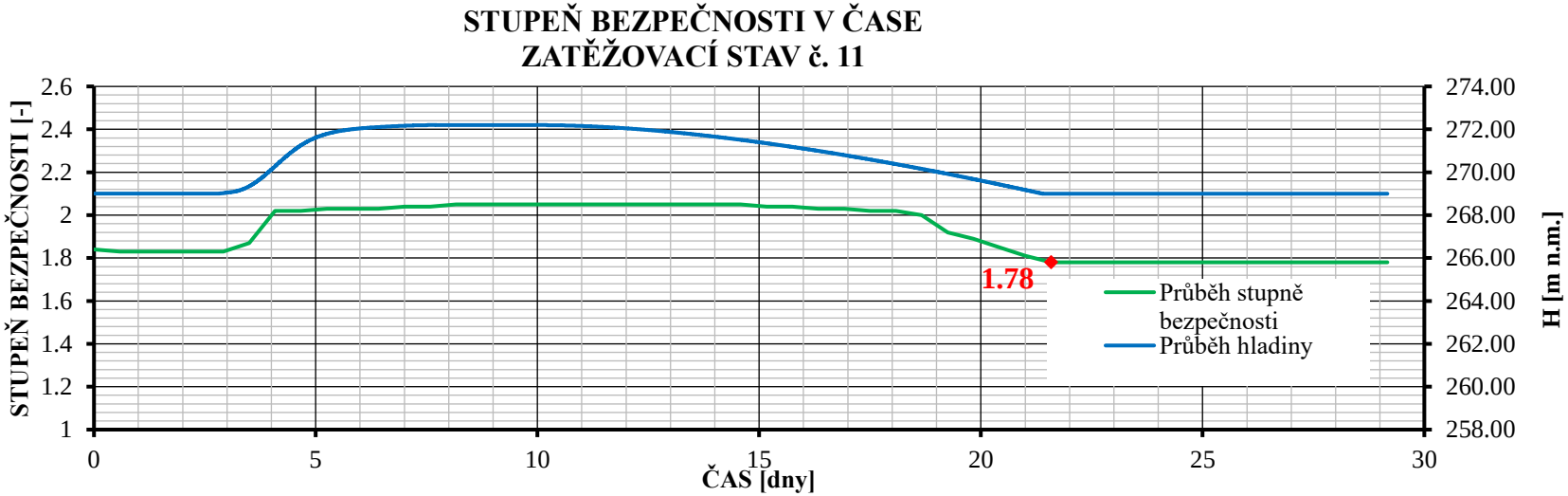
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})

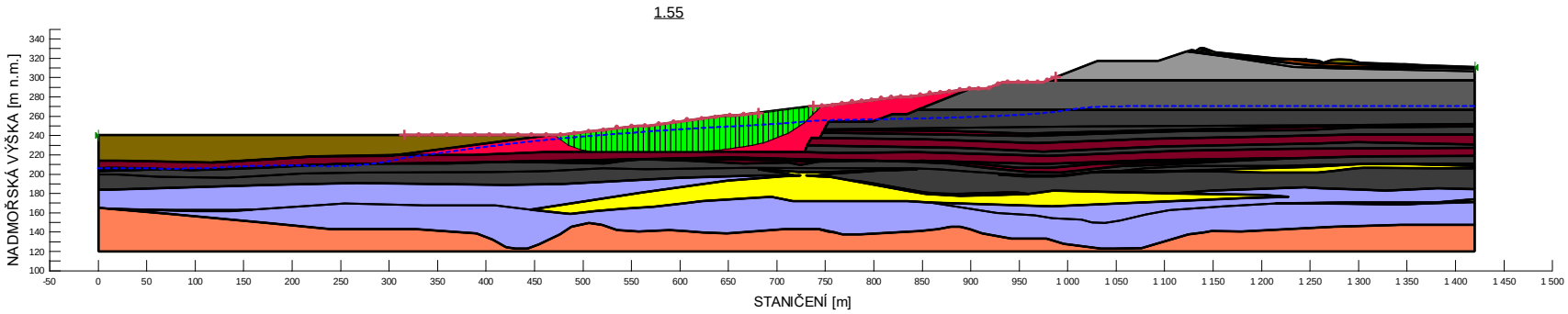




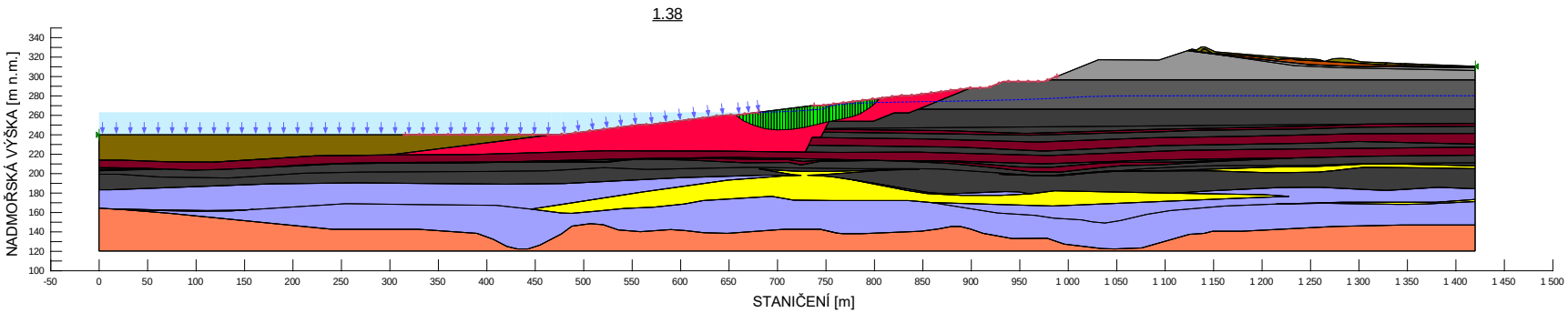
VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF2

Varianta otevřené koryto (zasypané dno do úrovně 240,00 m n.m.)

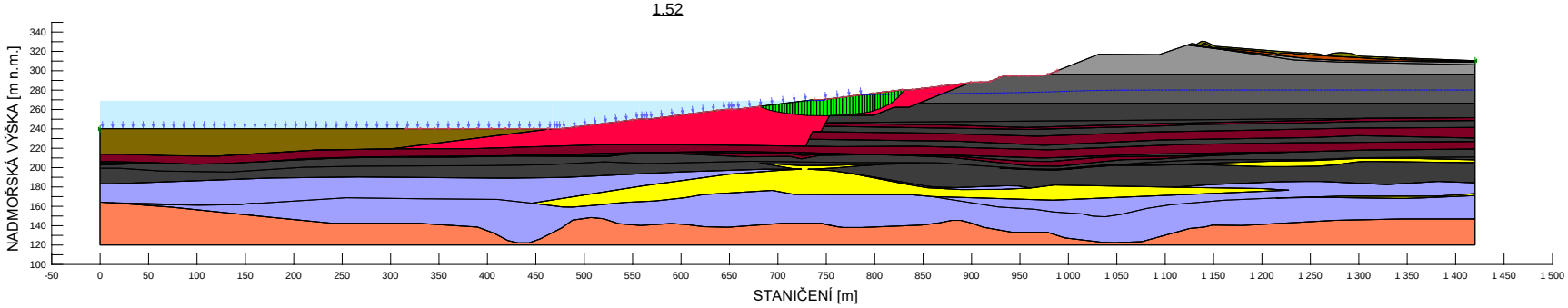
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



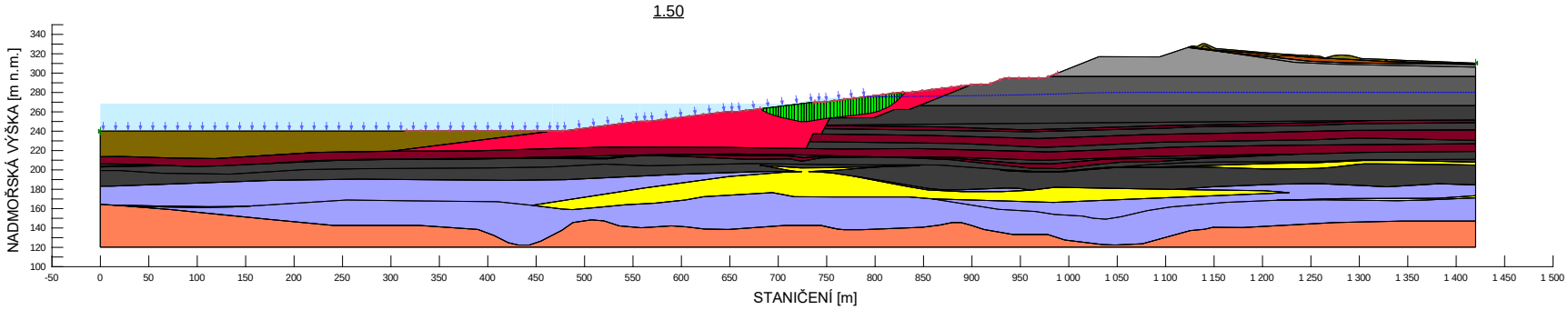
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

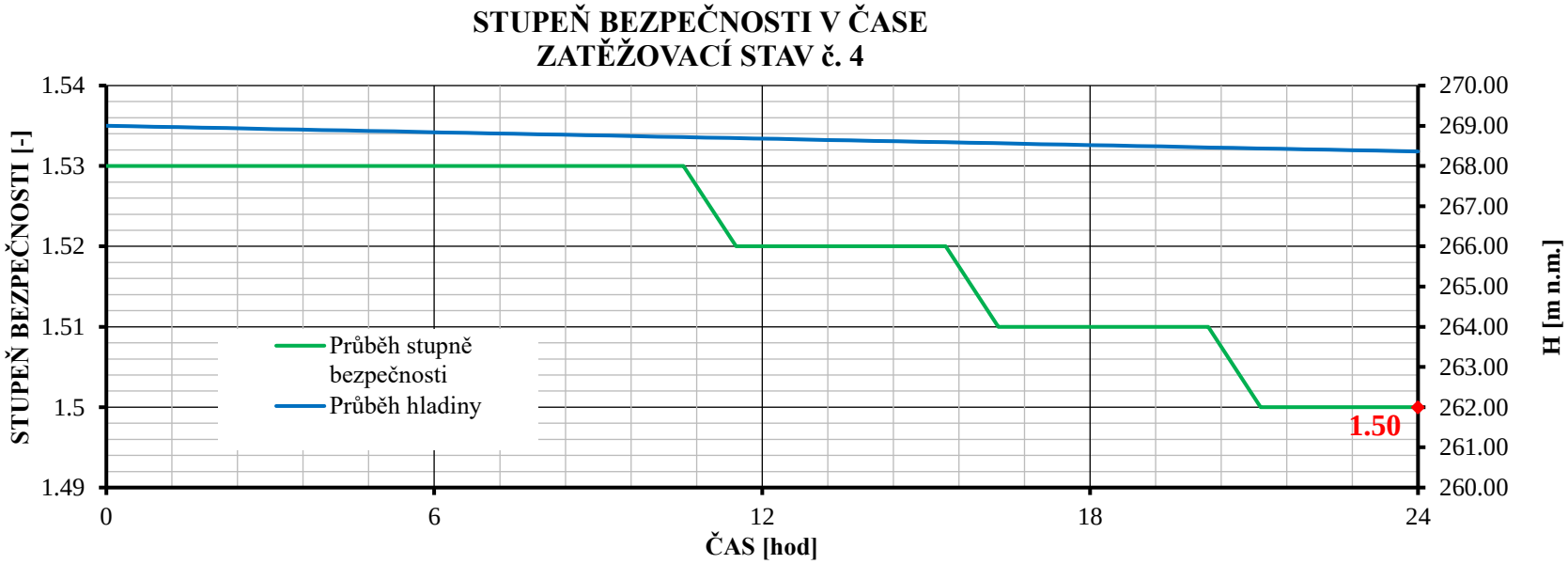


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

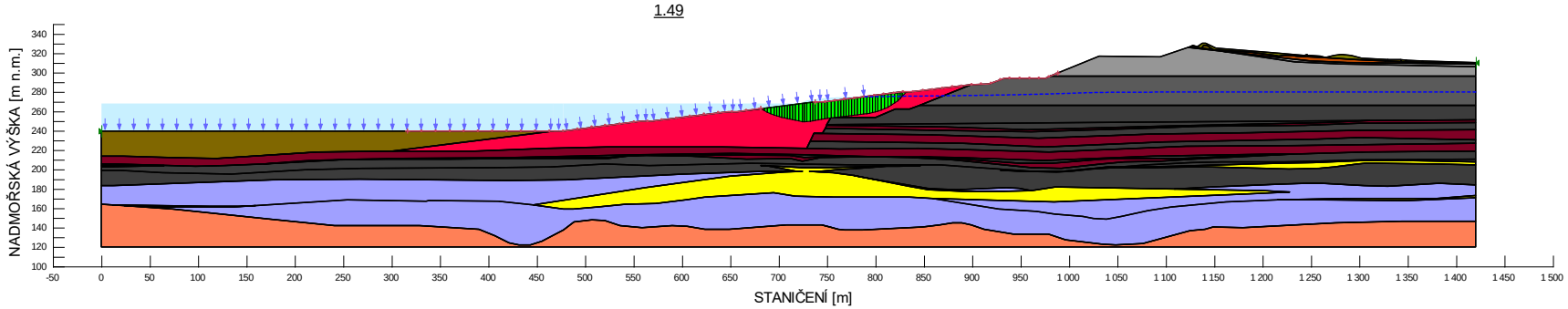


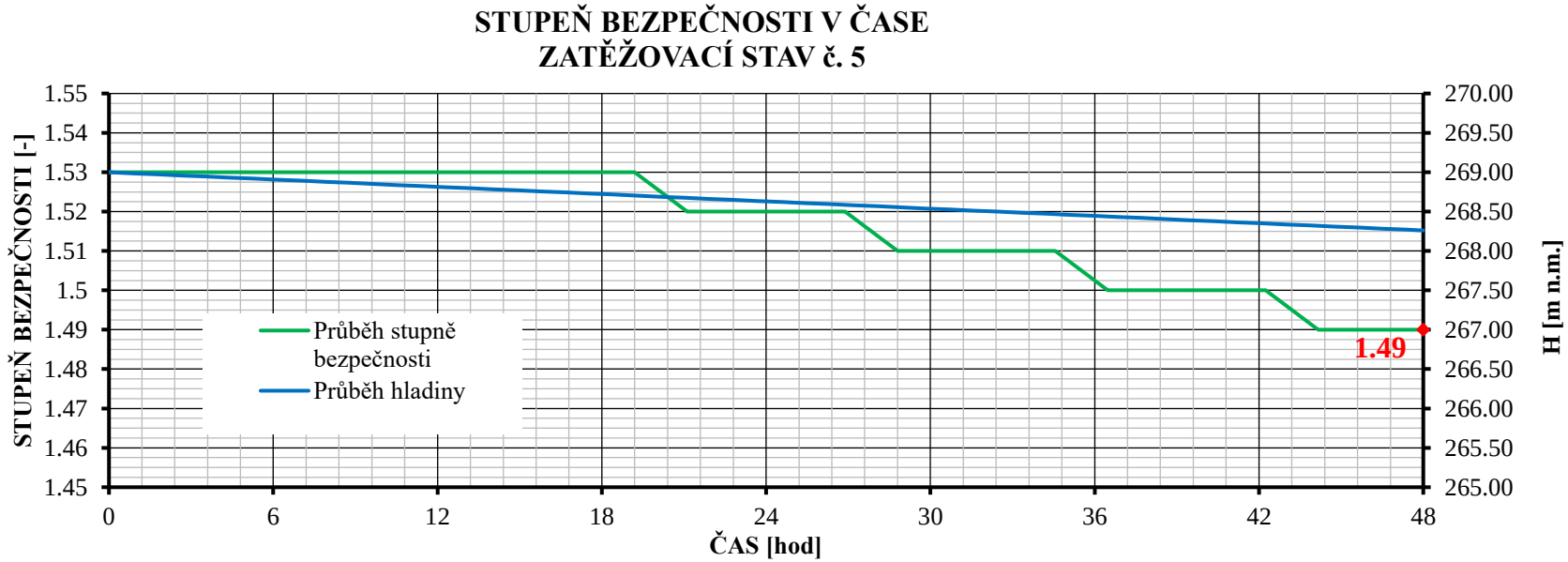
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



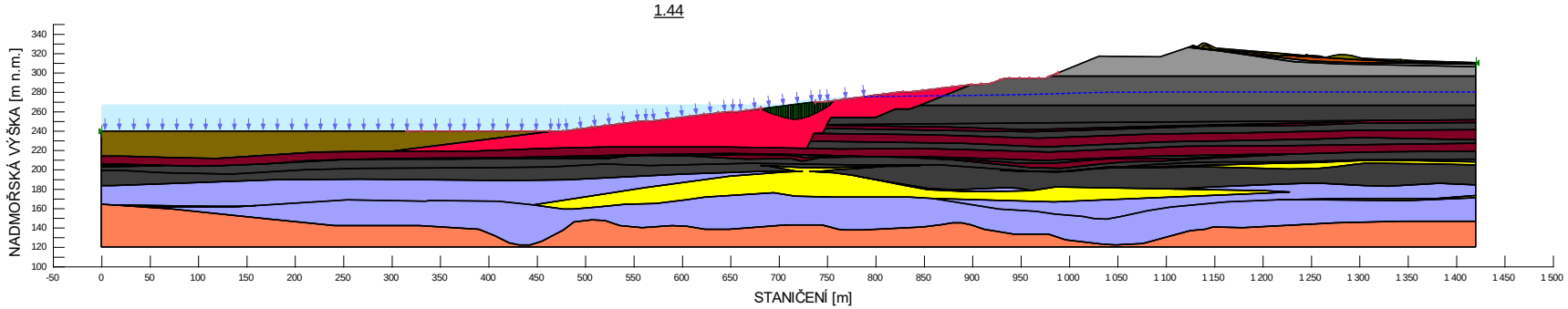


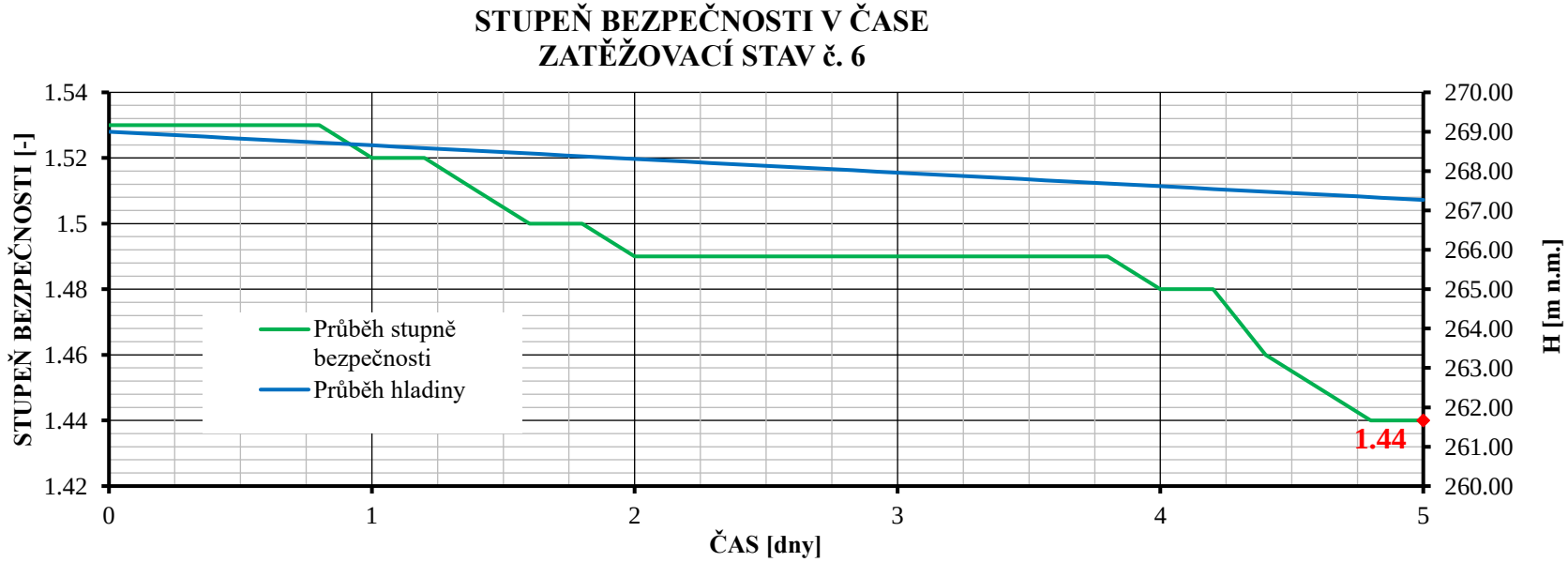
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



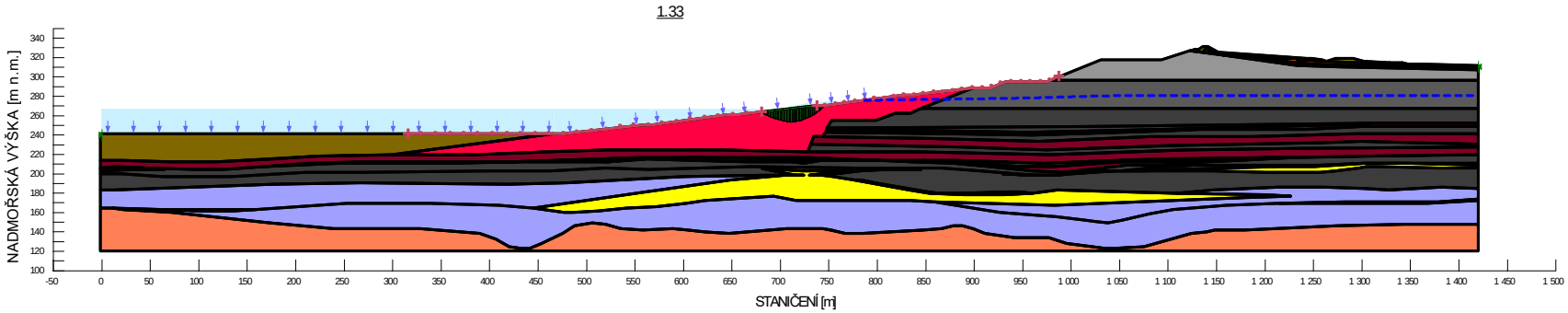


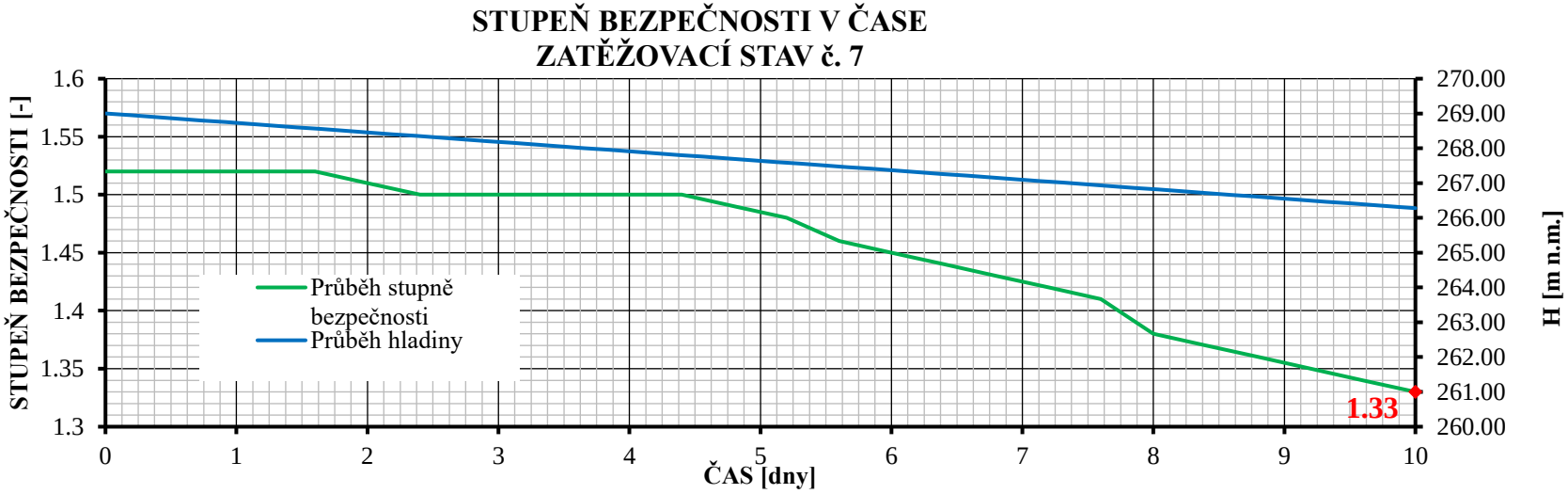
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



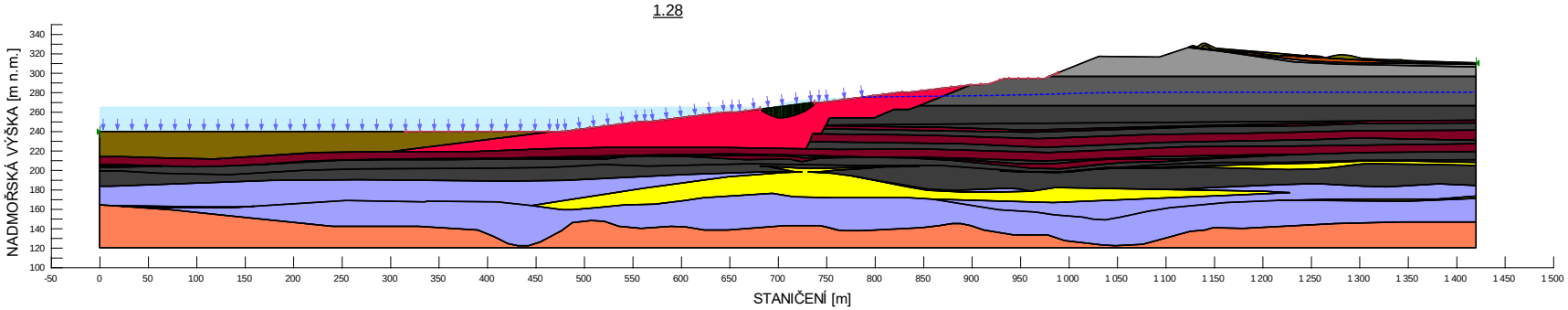


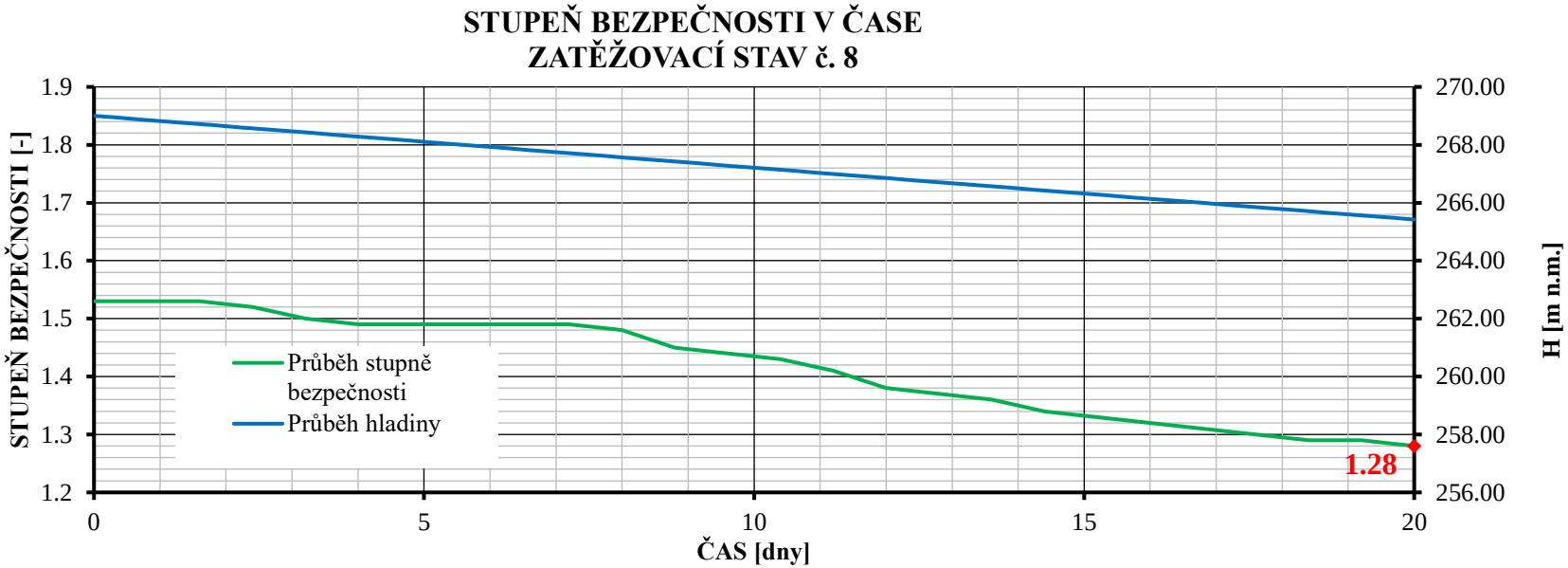
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



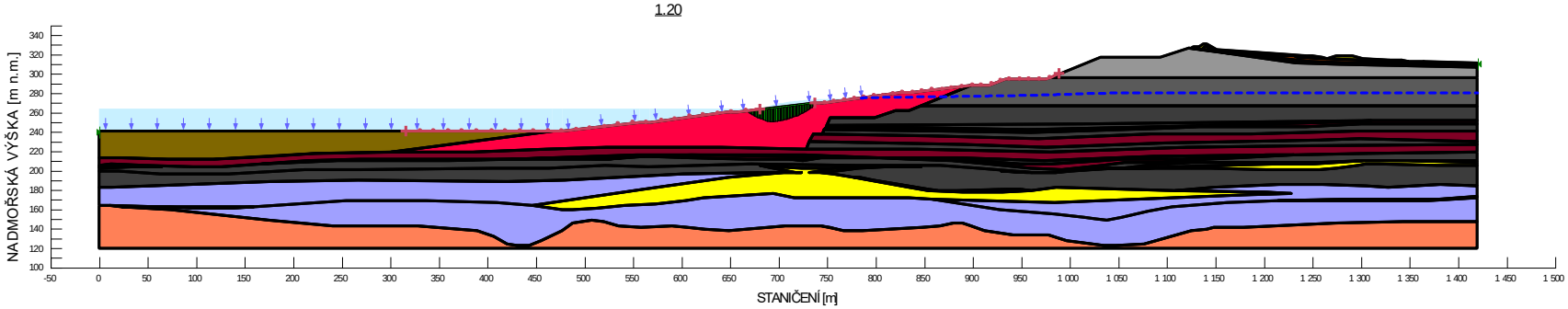


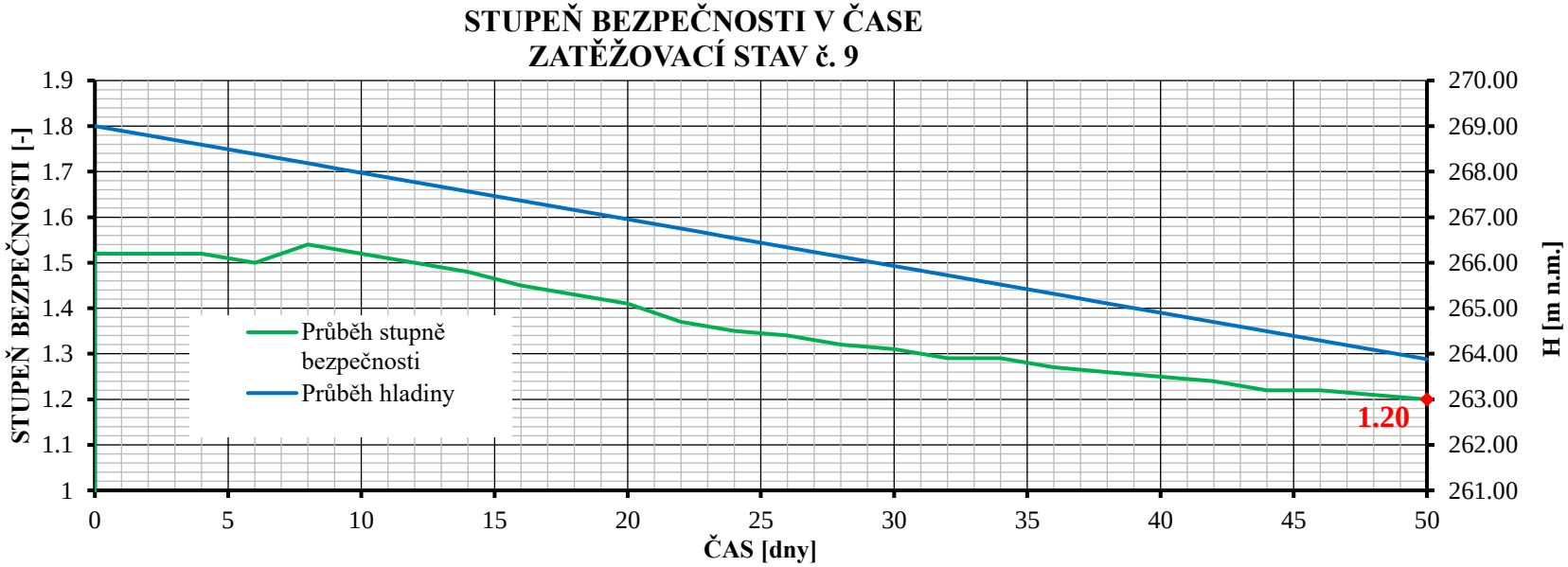
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



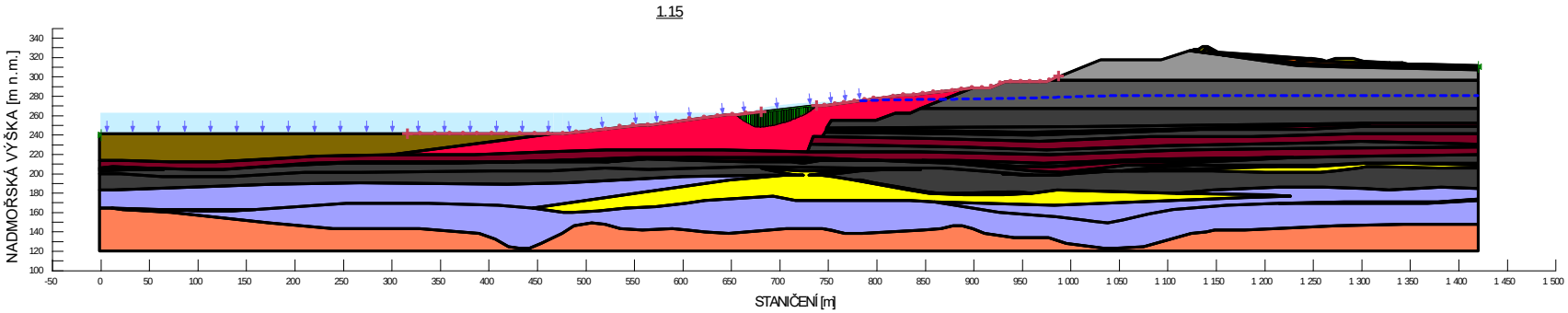


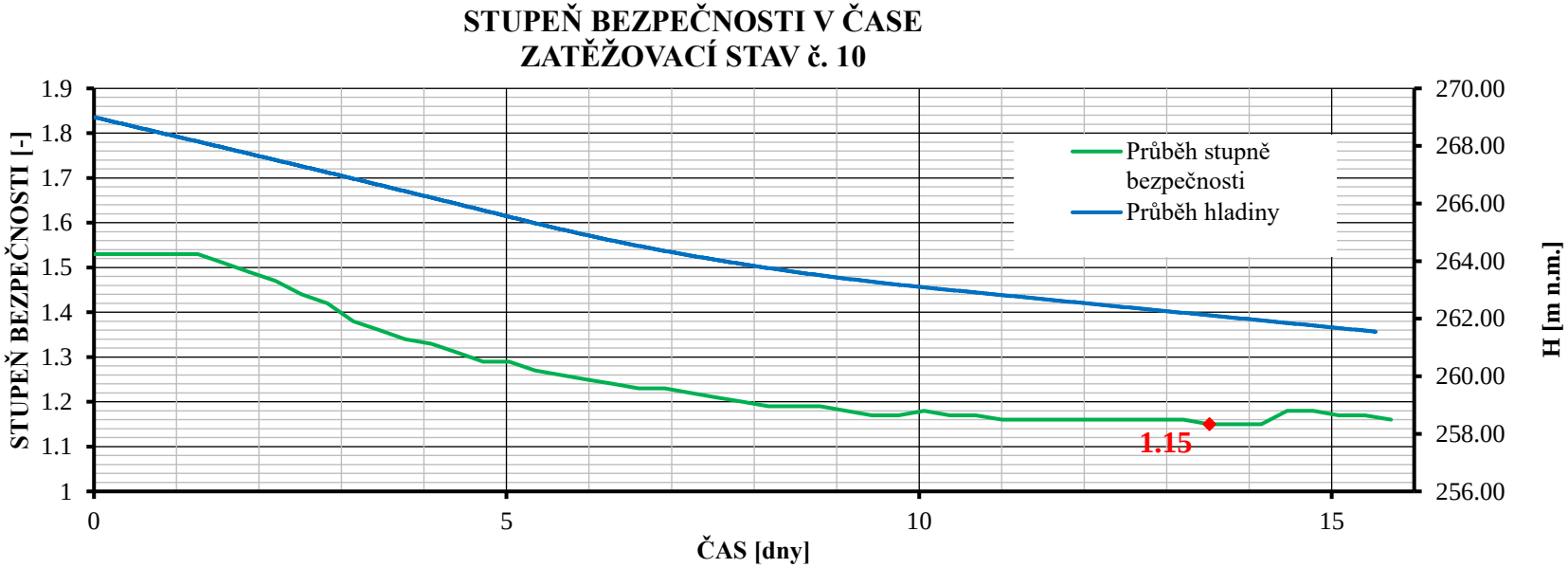
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



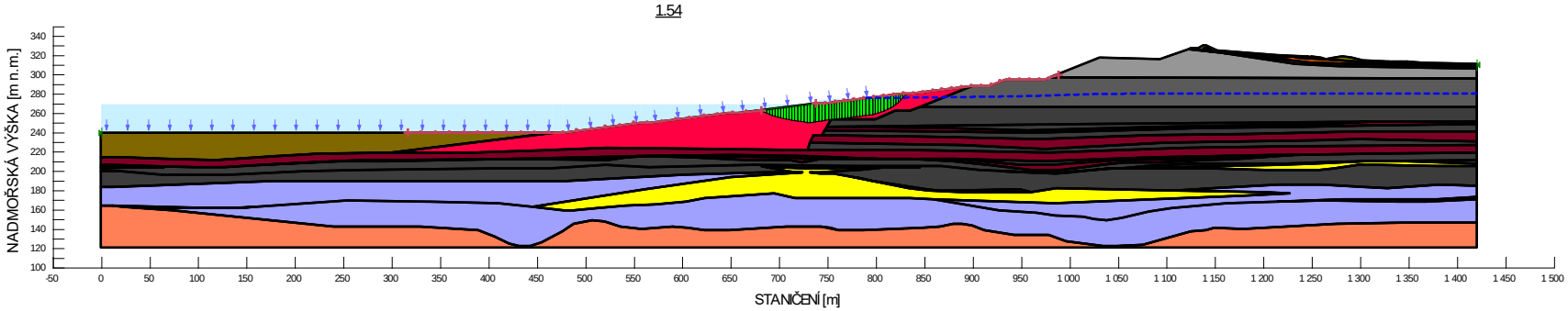


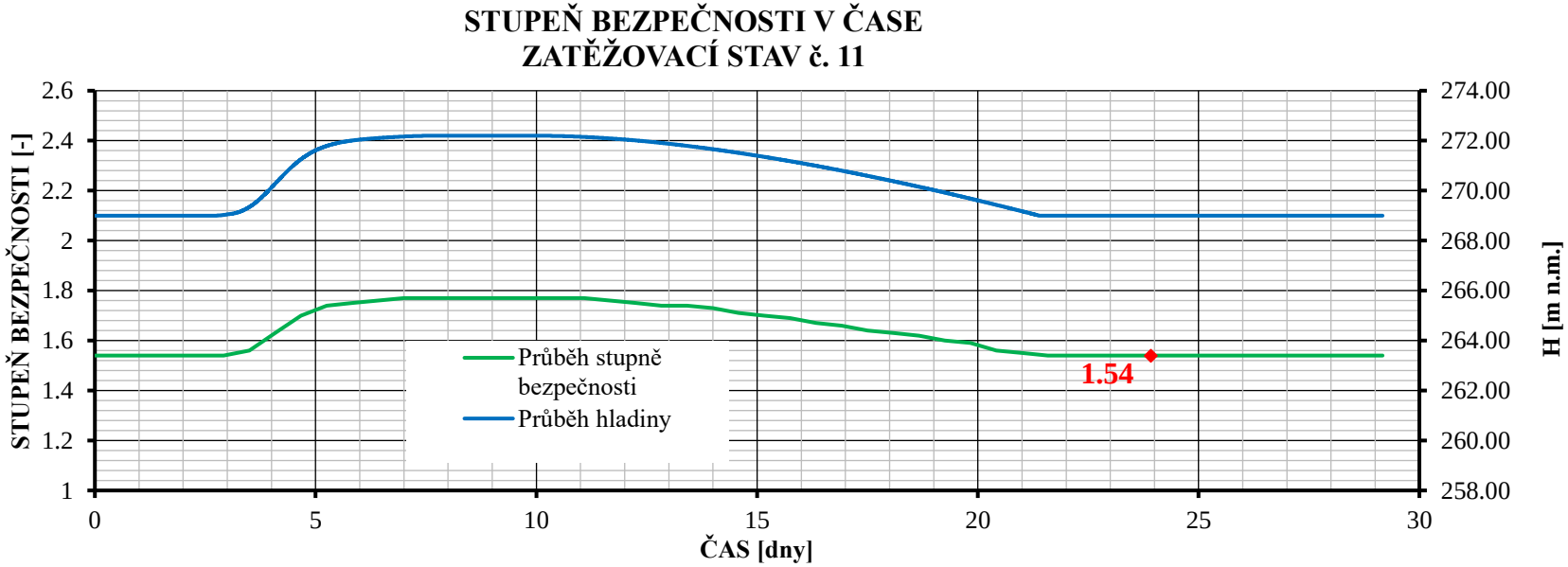
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})

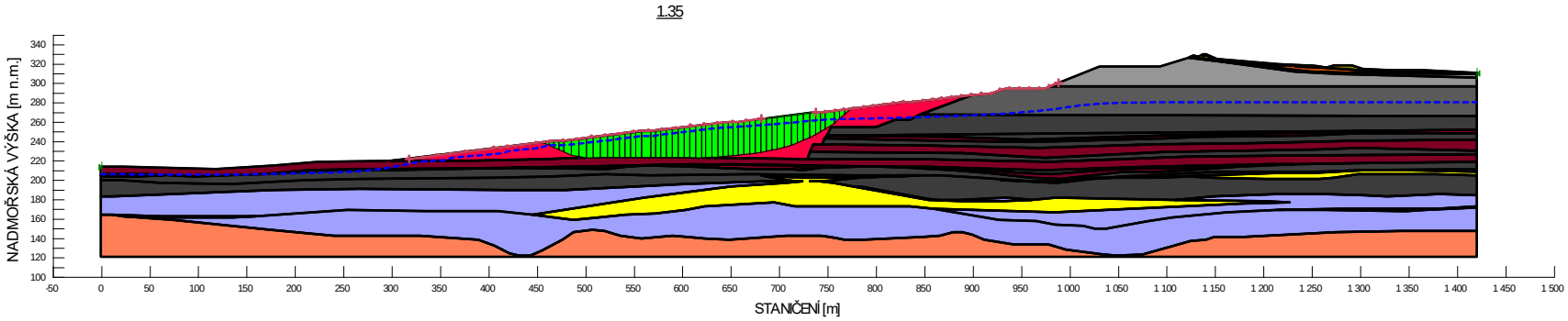




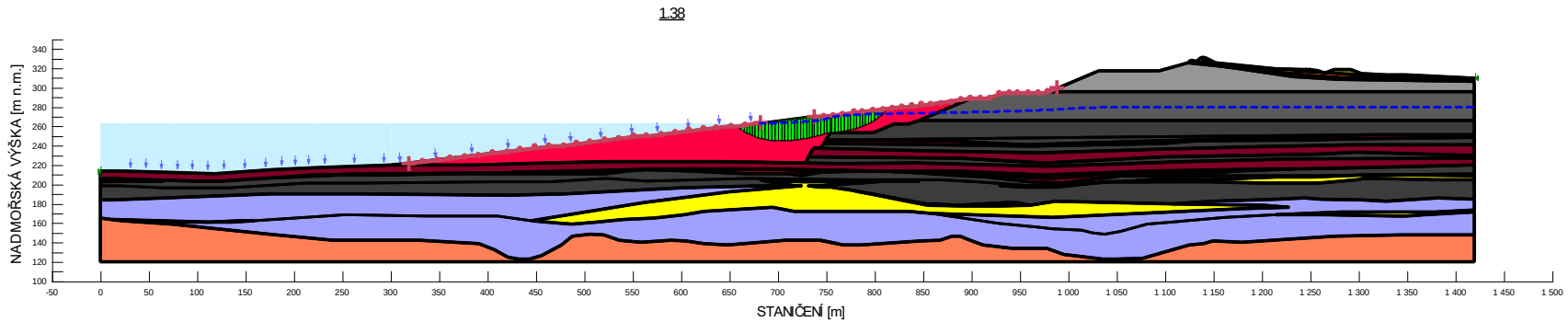
VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF2

Varianta štola (bez zasypání dna)

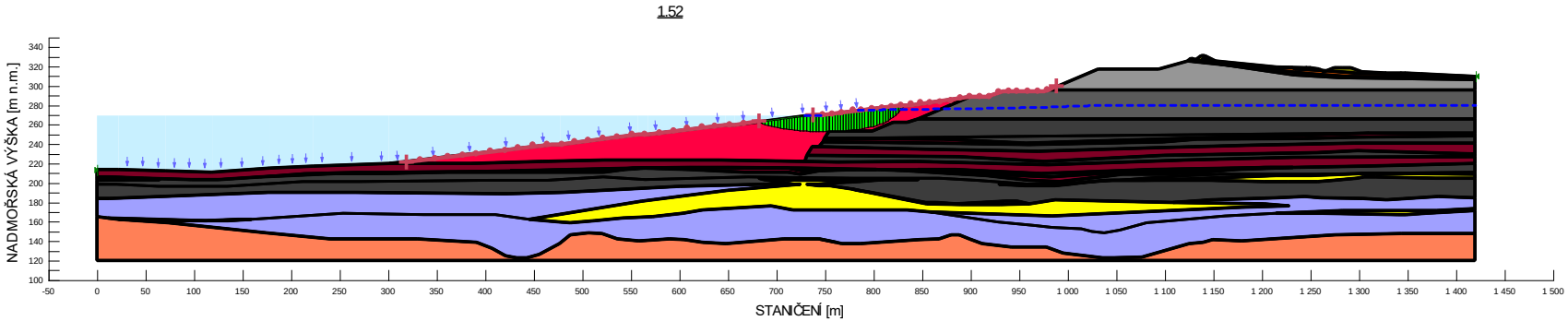
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



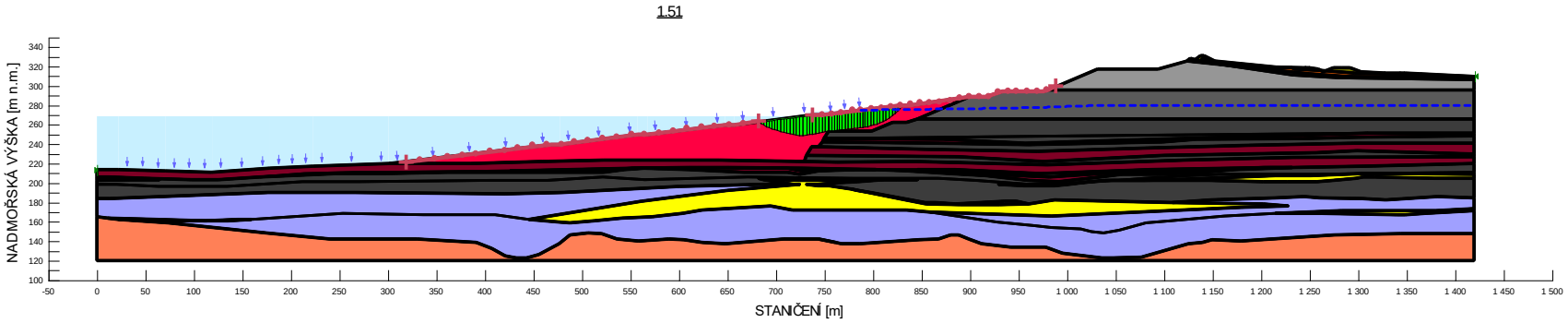
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

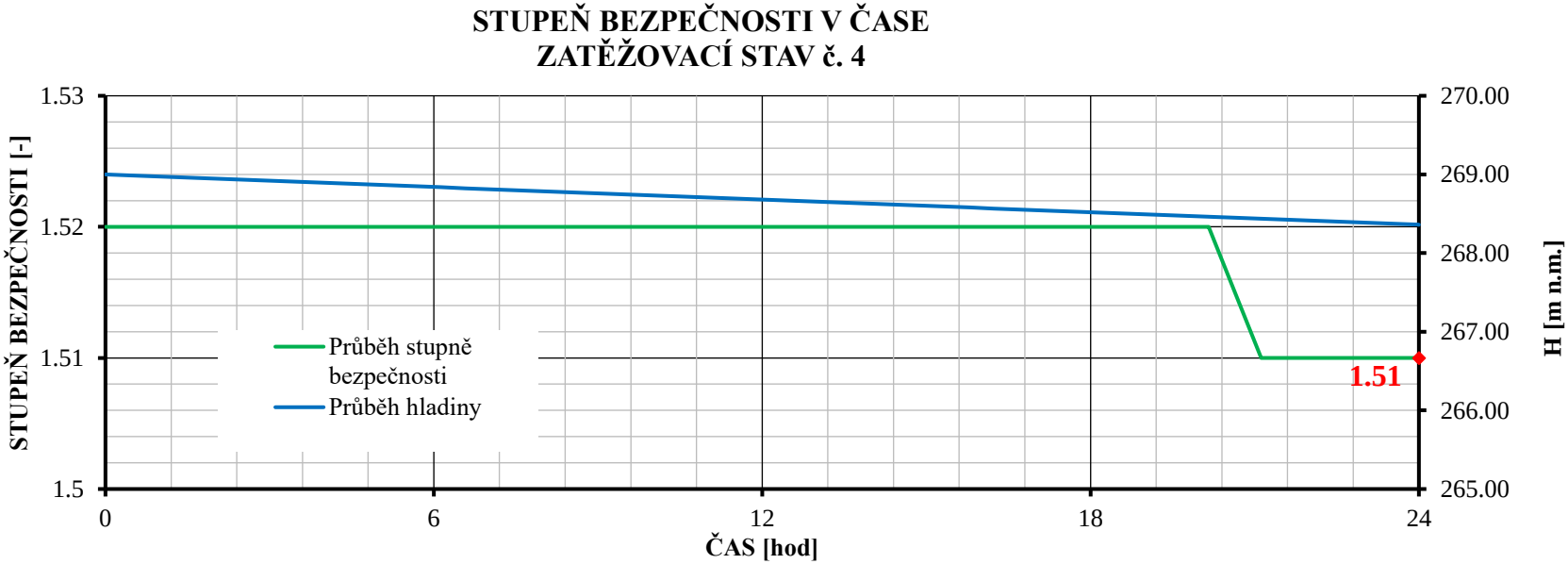


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

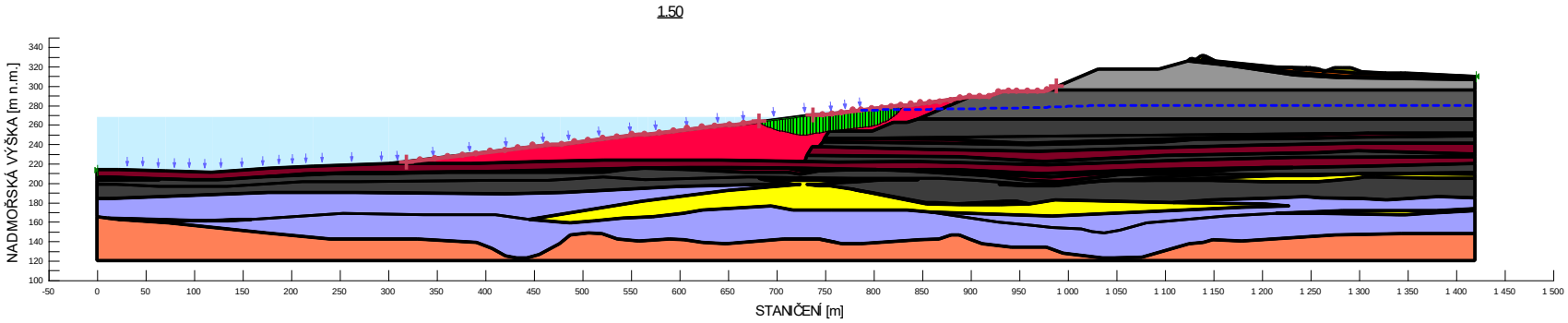


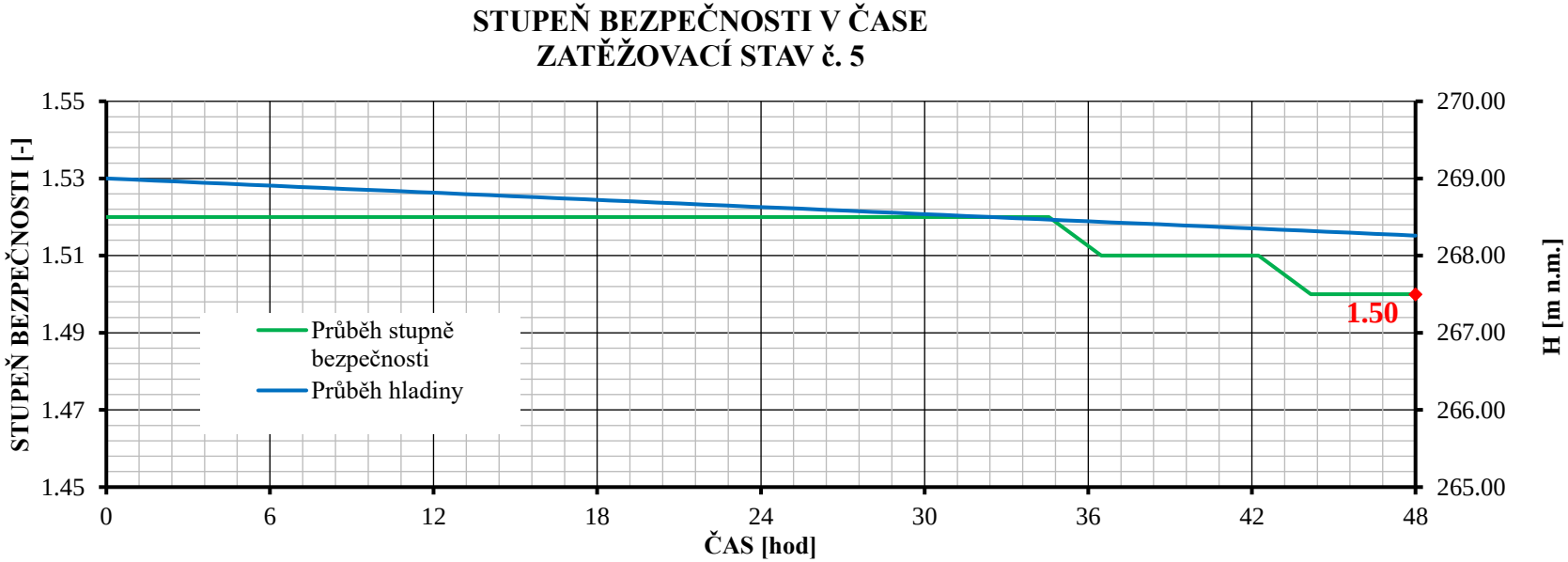
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



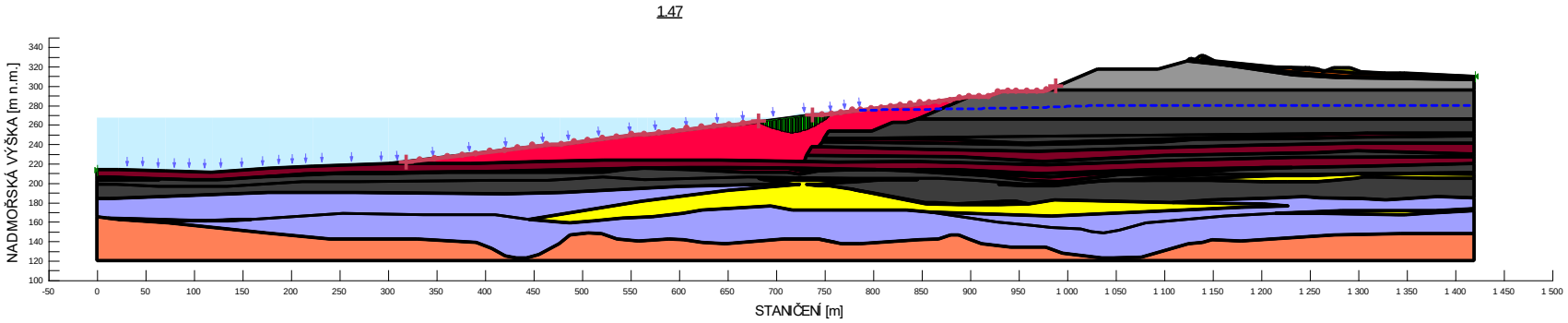


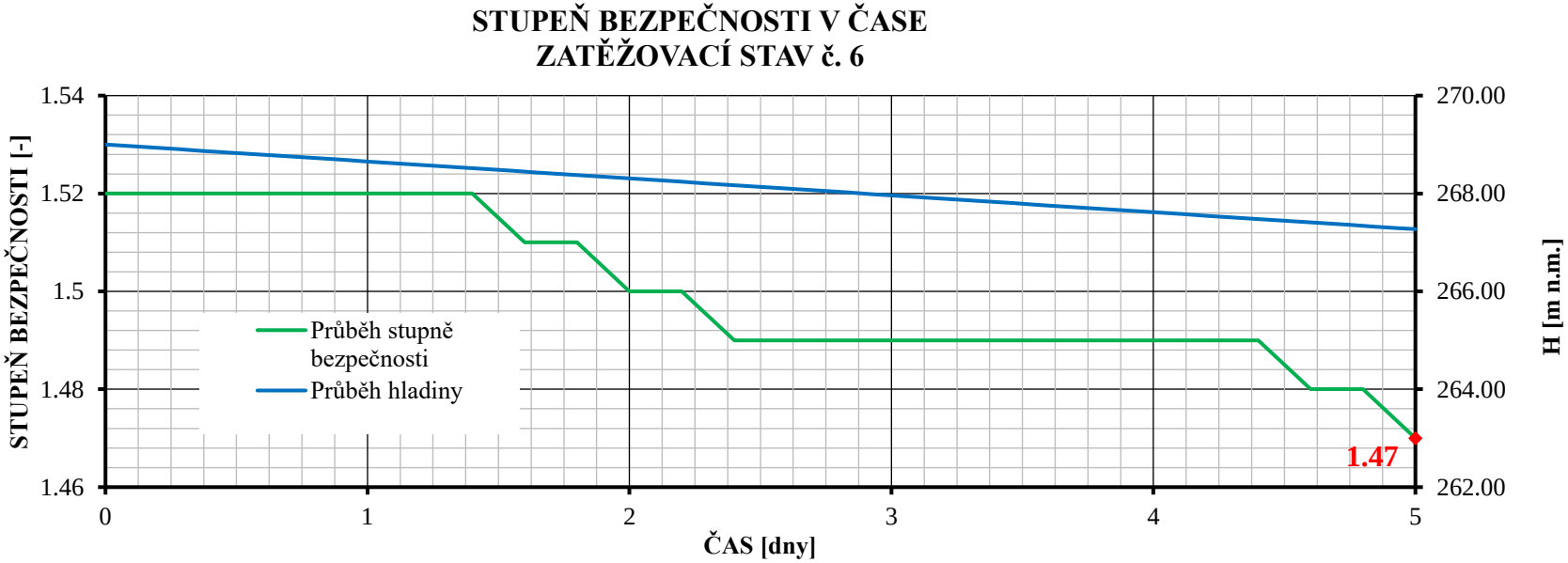
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



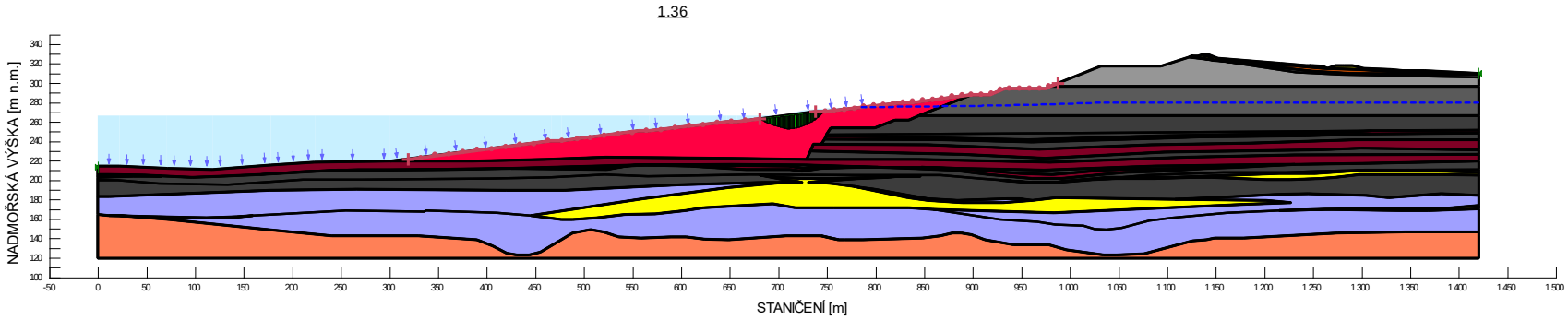


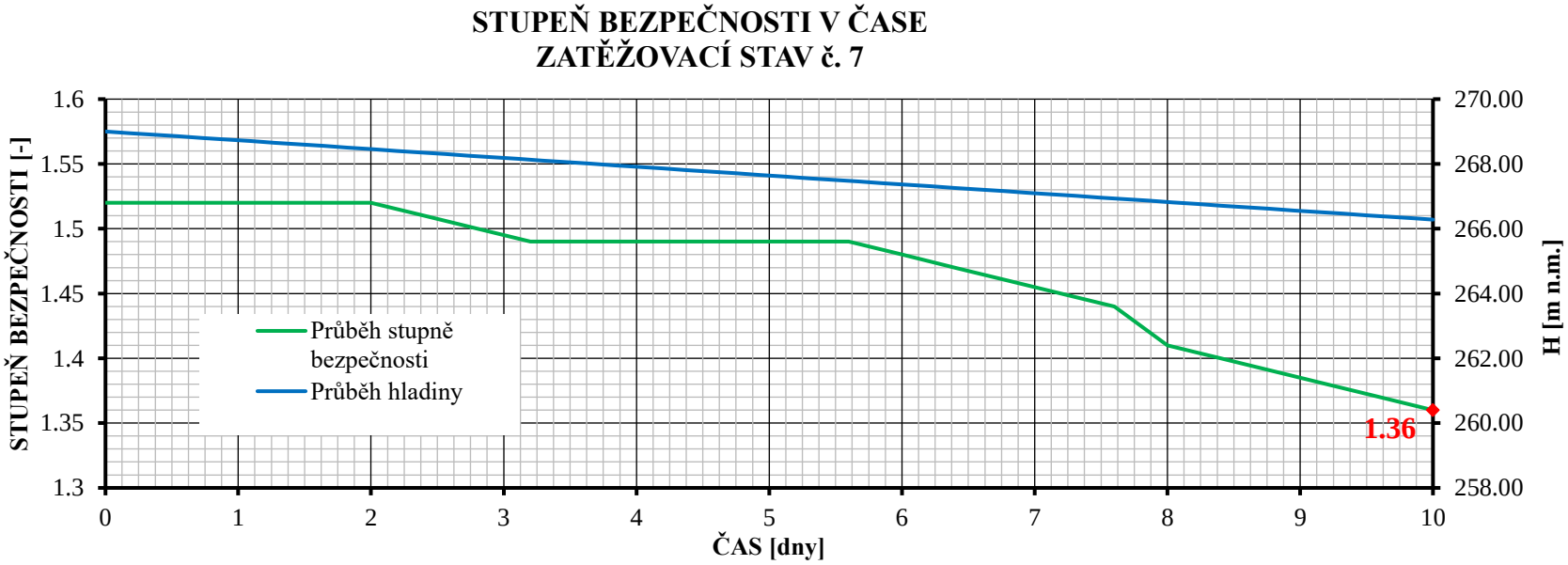
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



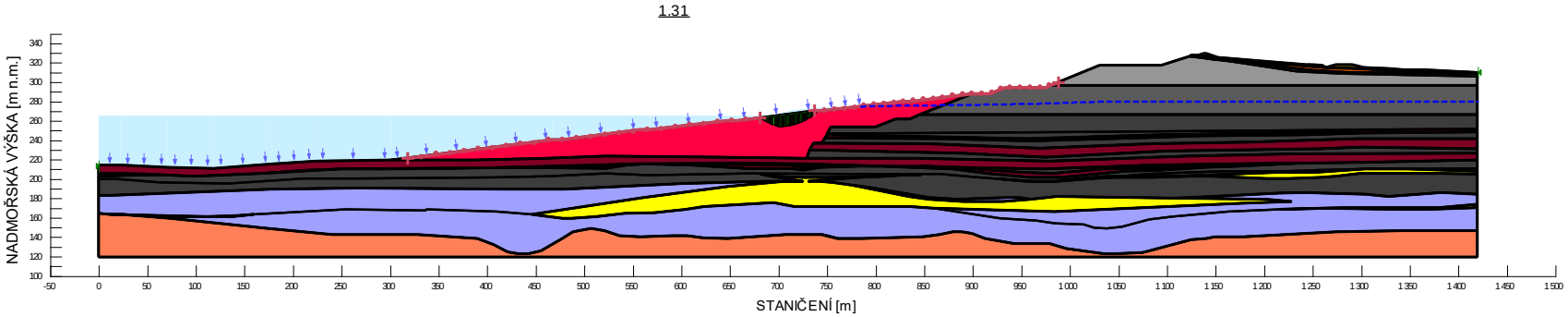


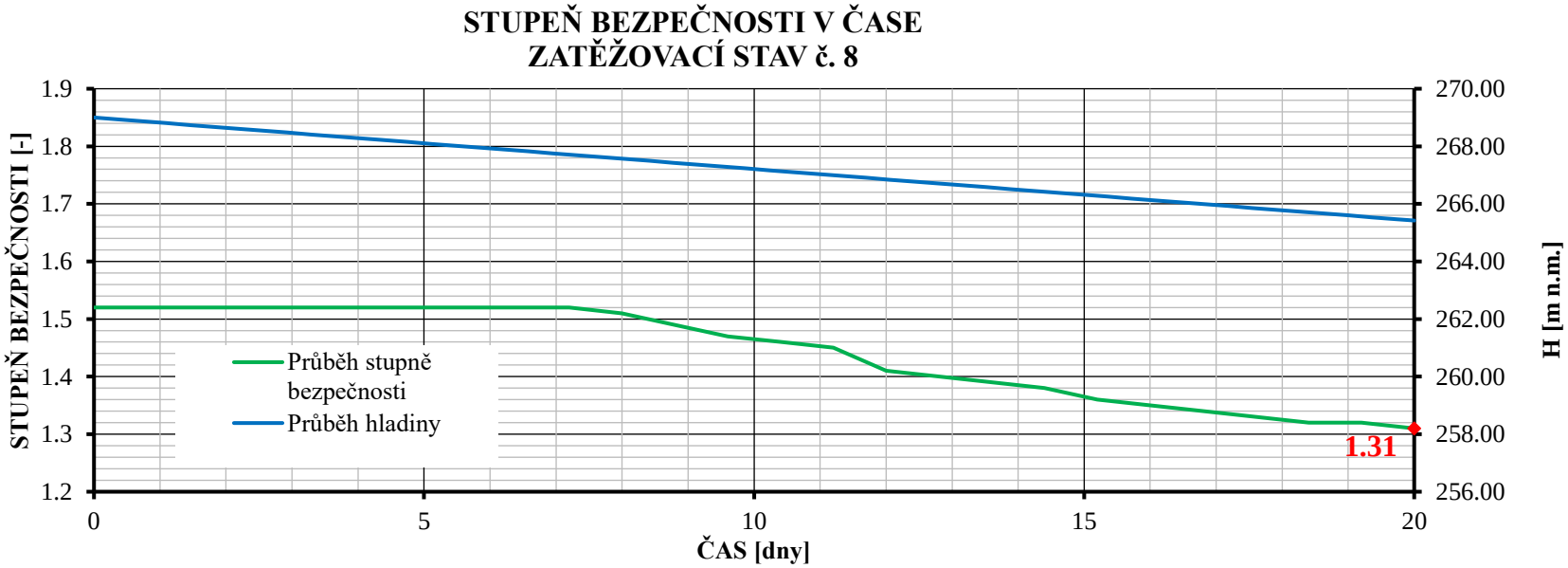
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



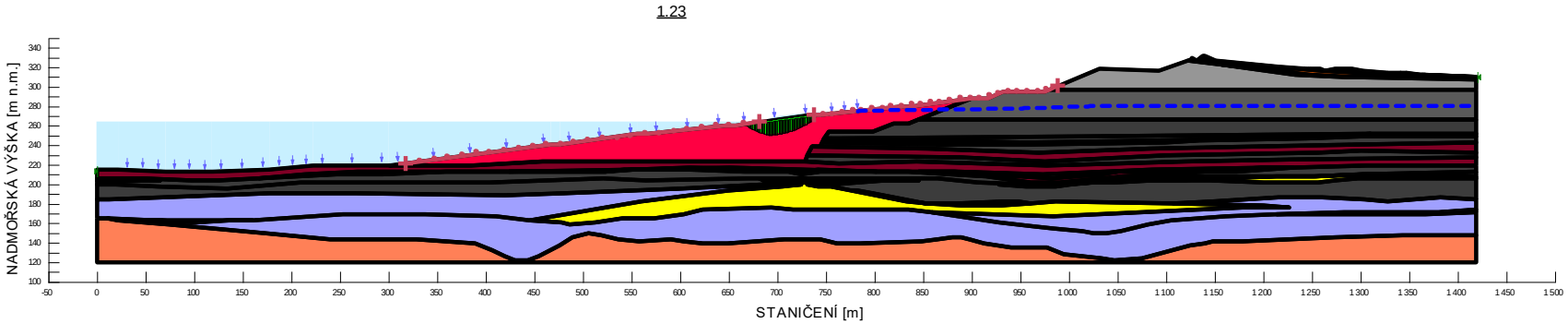


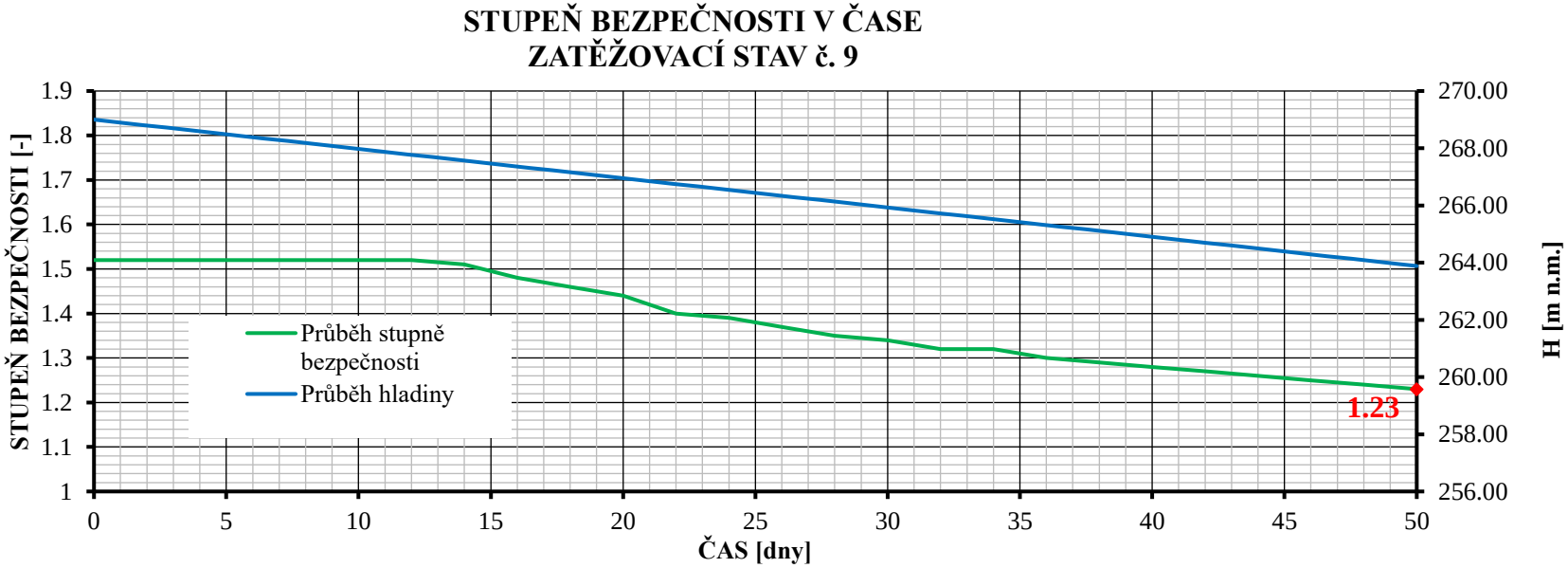
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



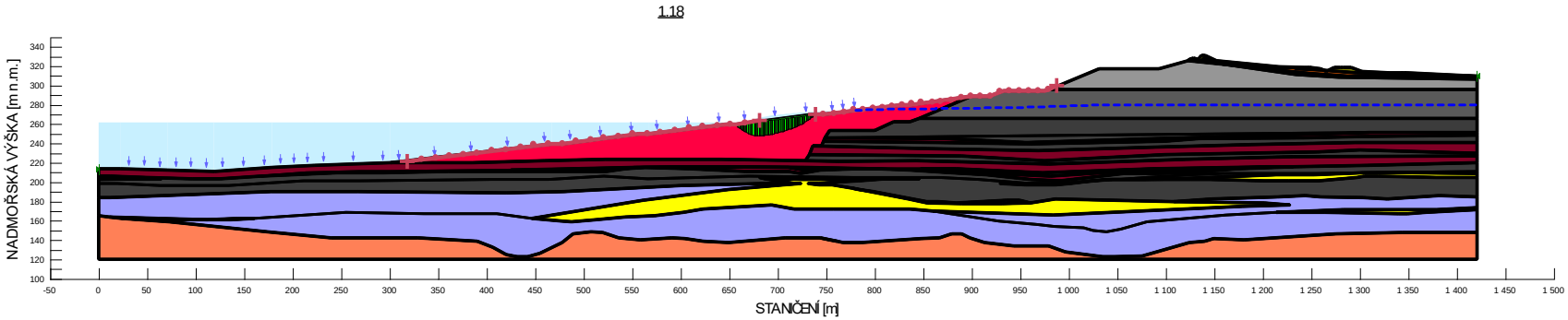


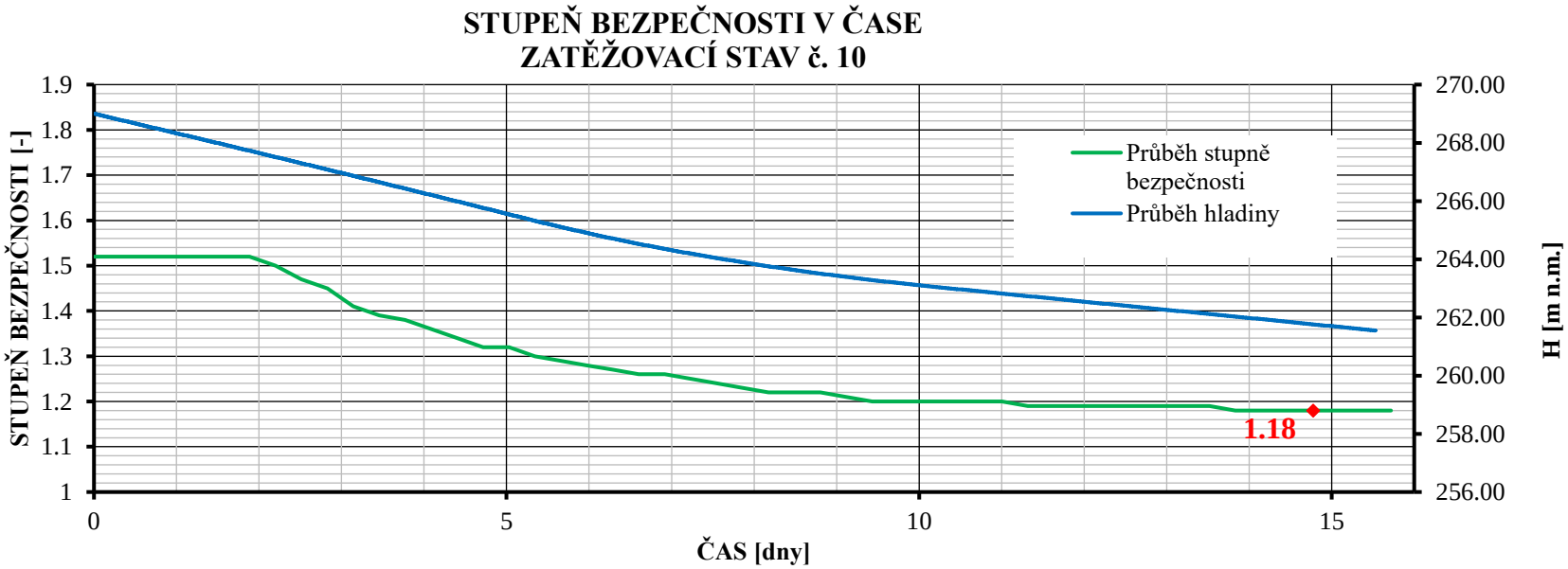
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ





10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)

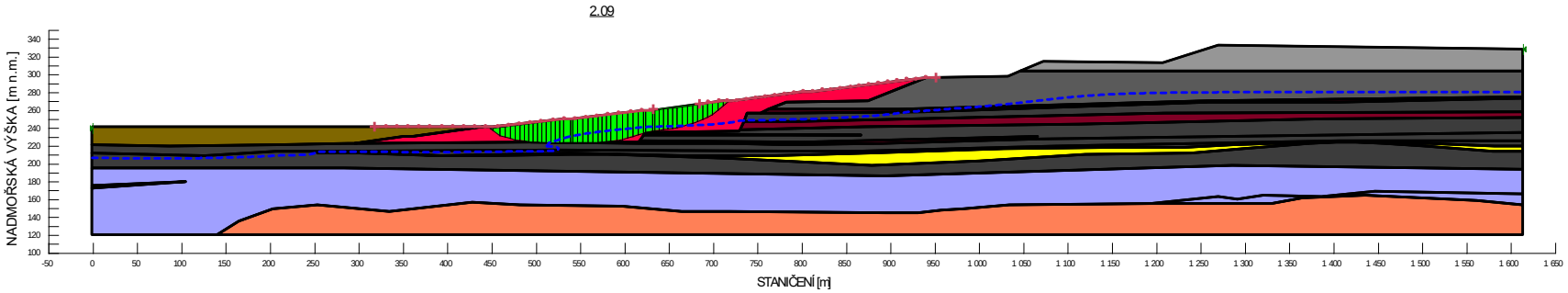




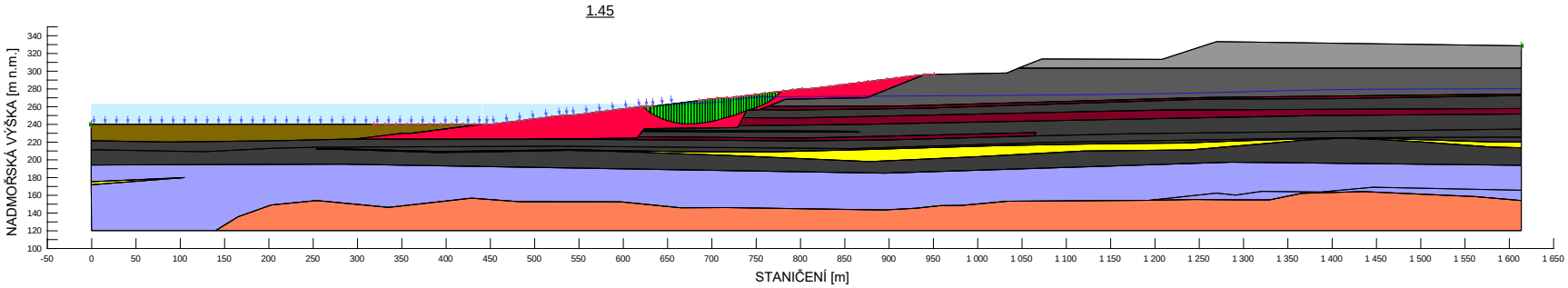
VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF3

Varianta otevřené koryto (zasypané dno do úrovně 240,00 m n.m.)

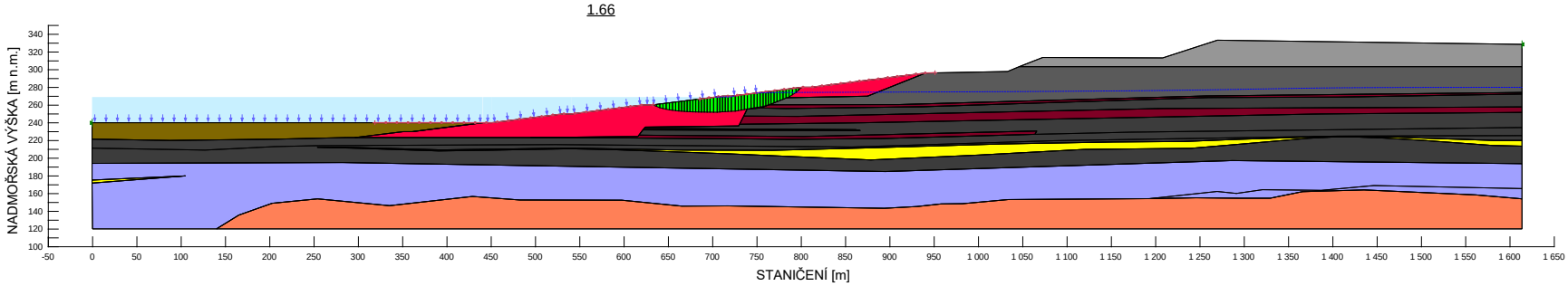
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



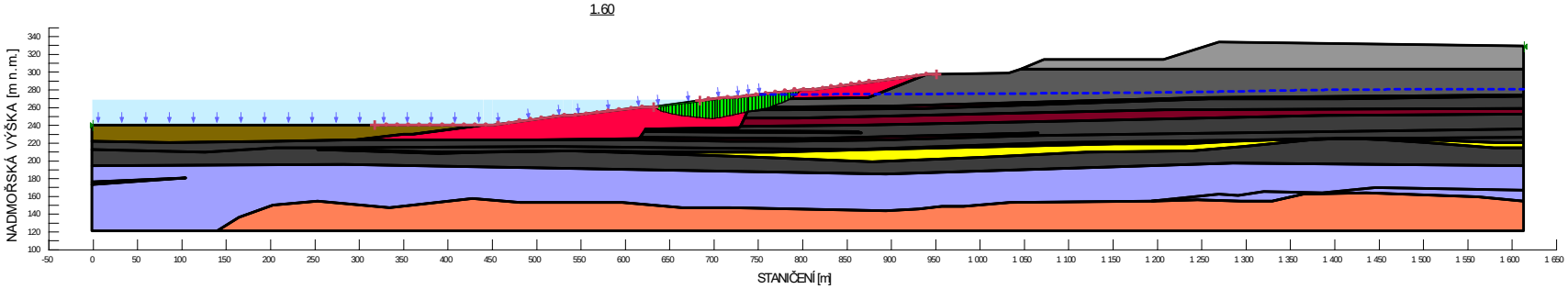
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

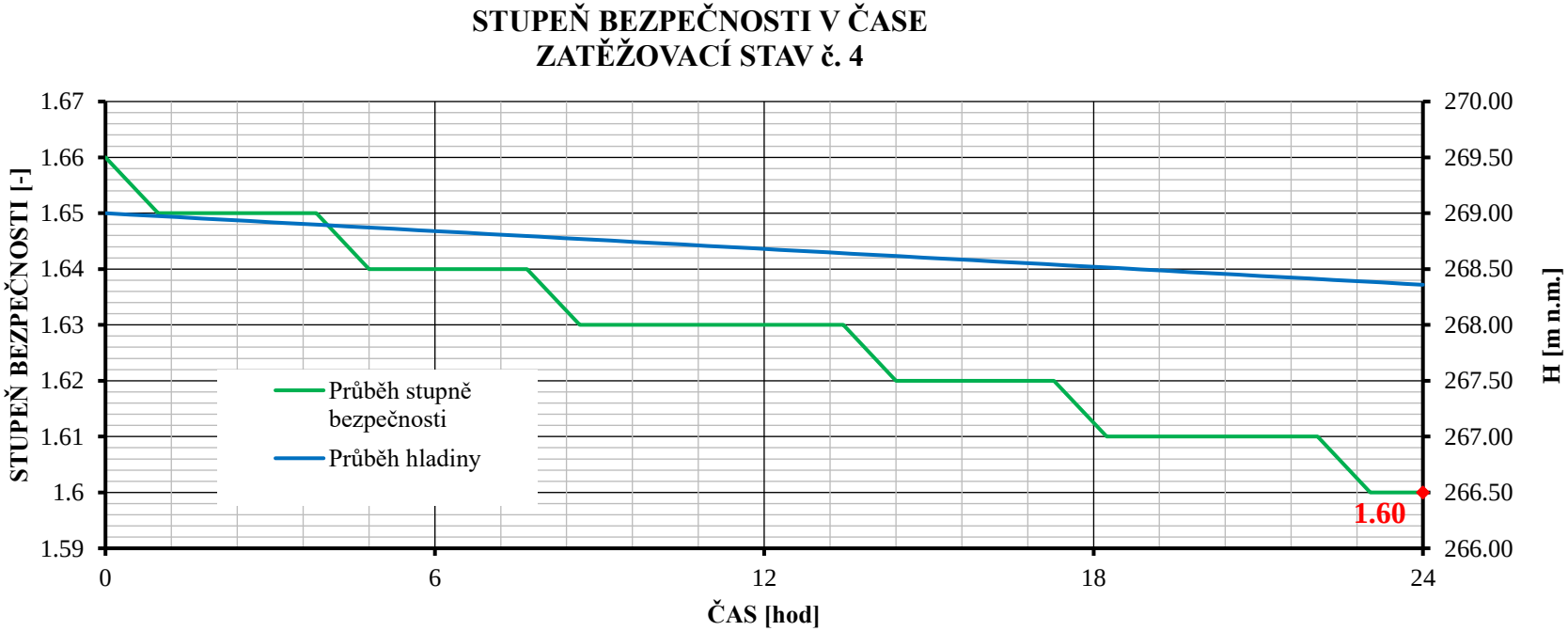


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

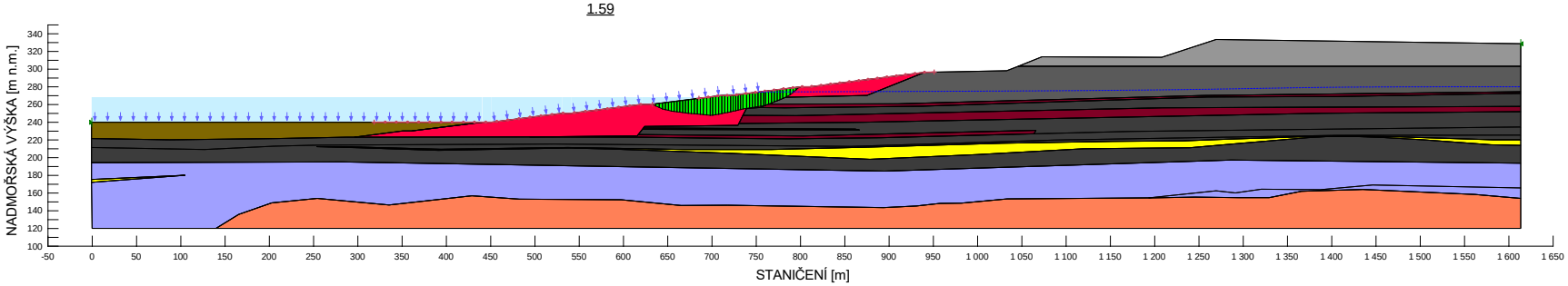


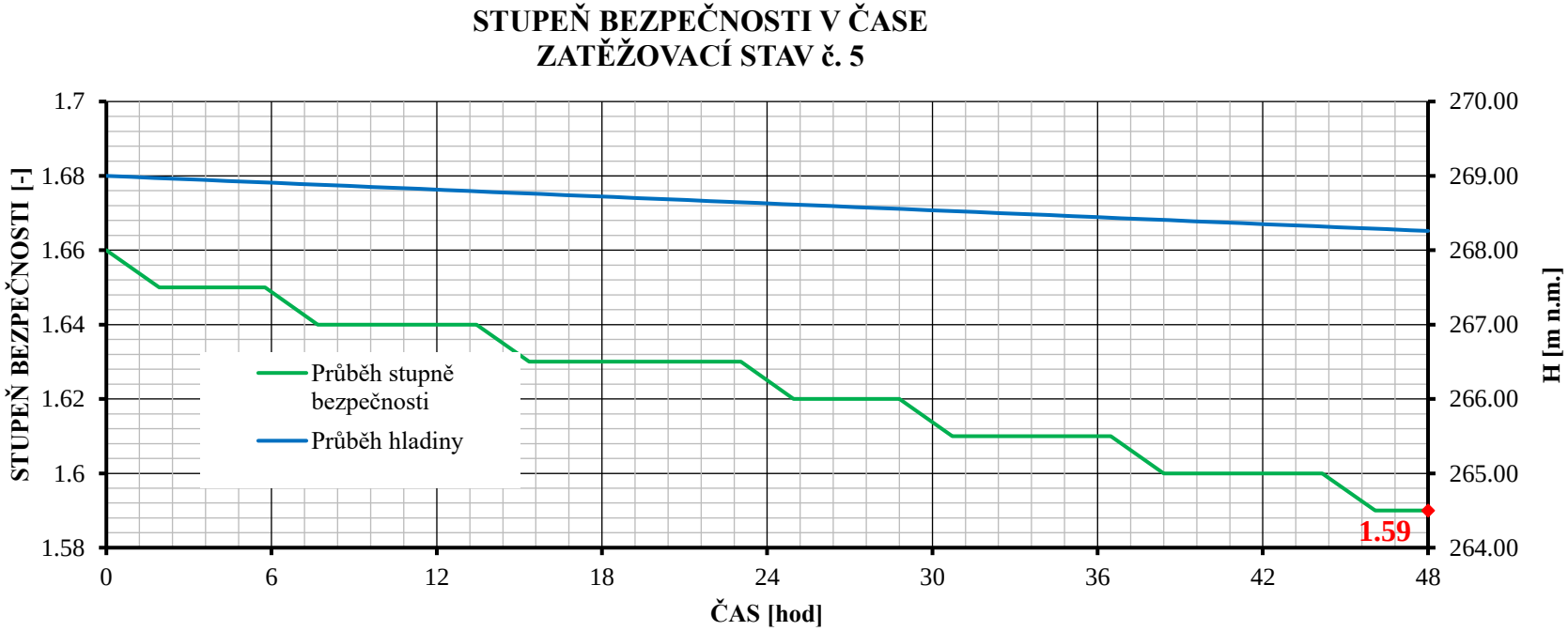
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



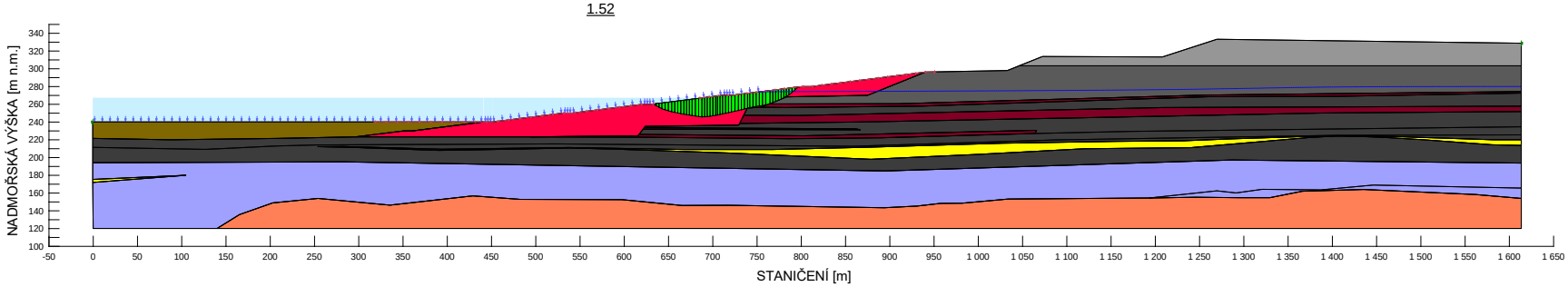


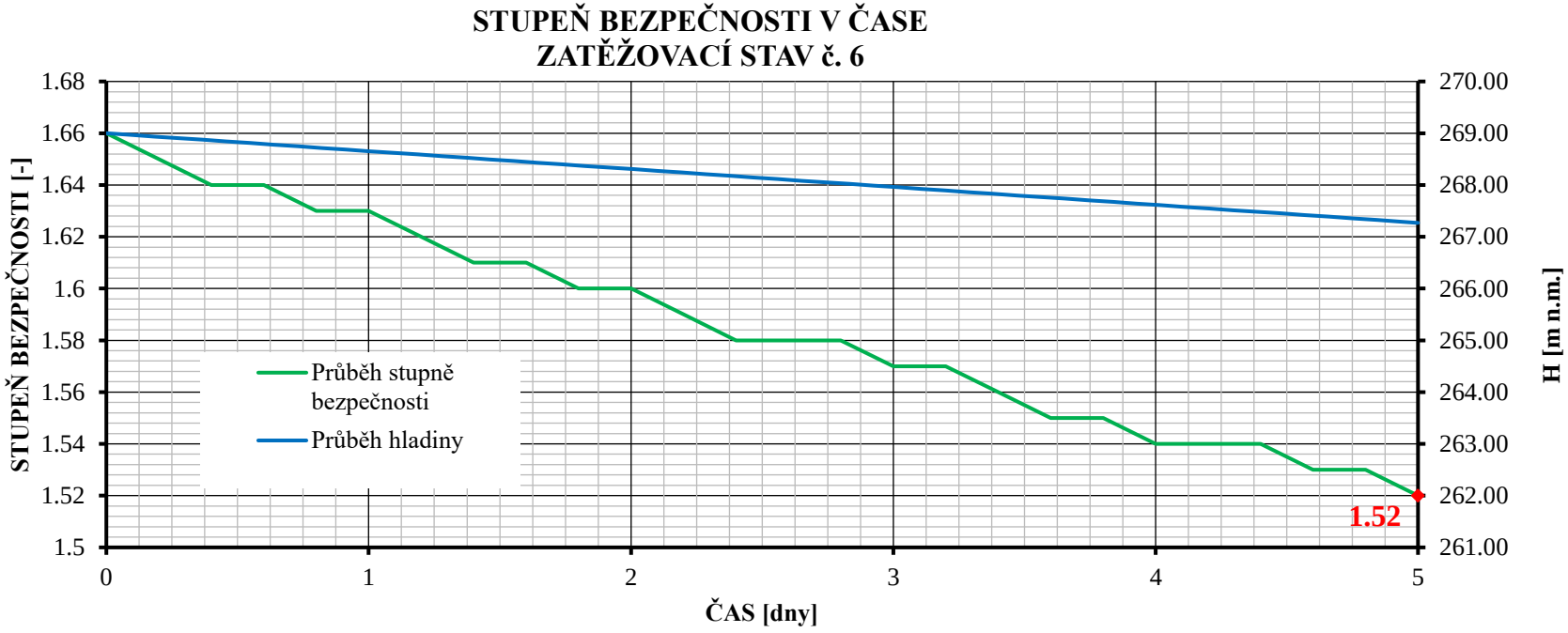
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



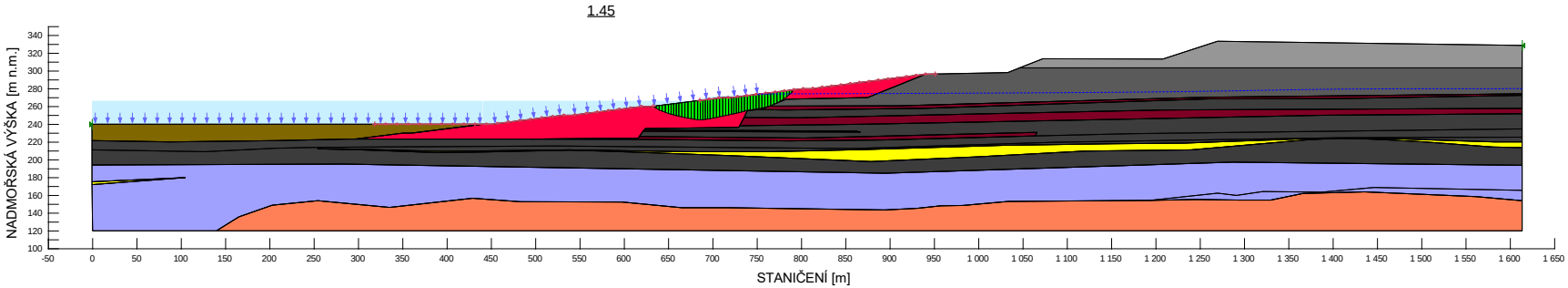


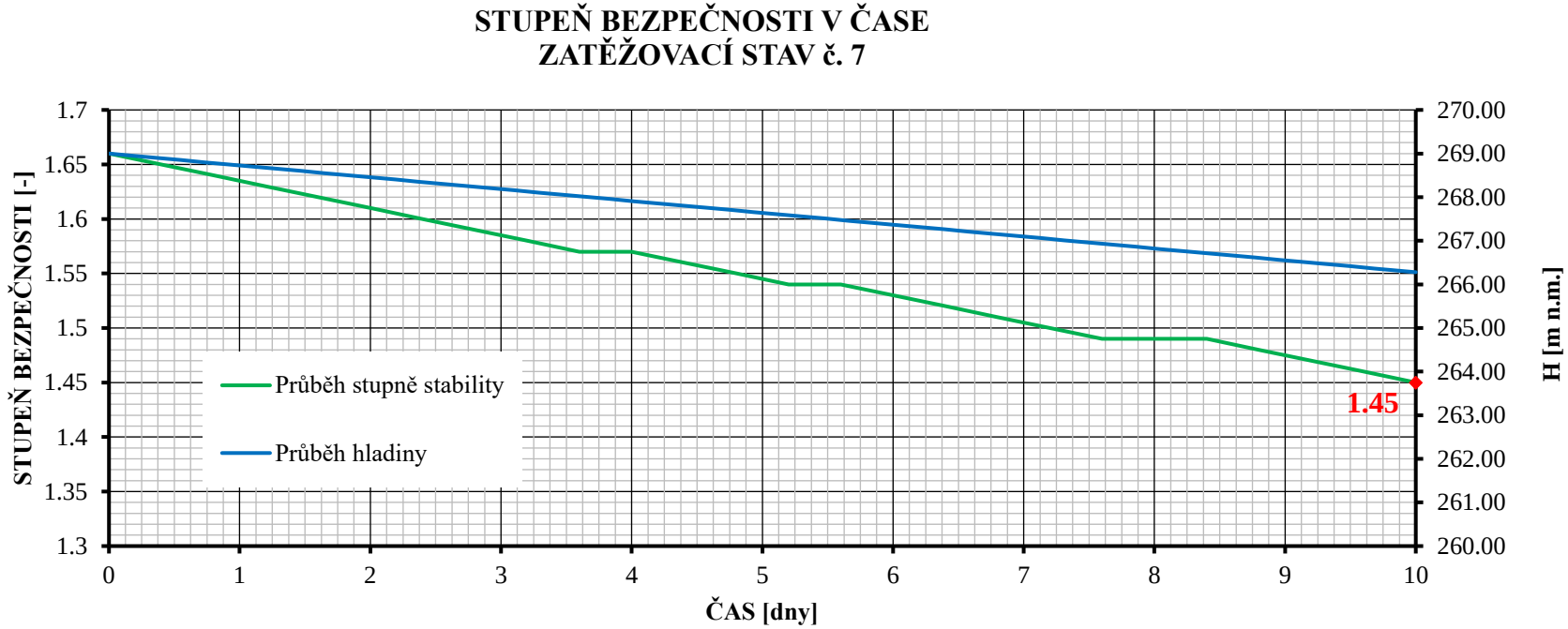
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



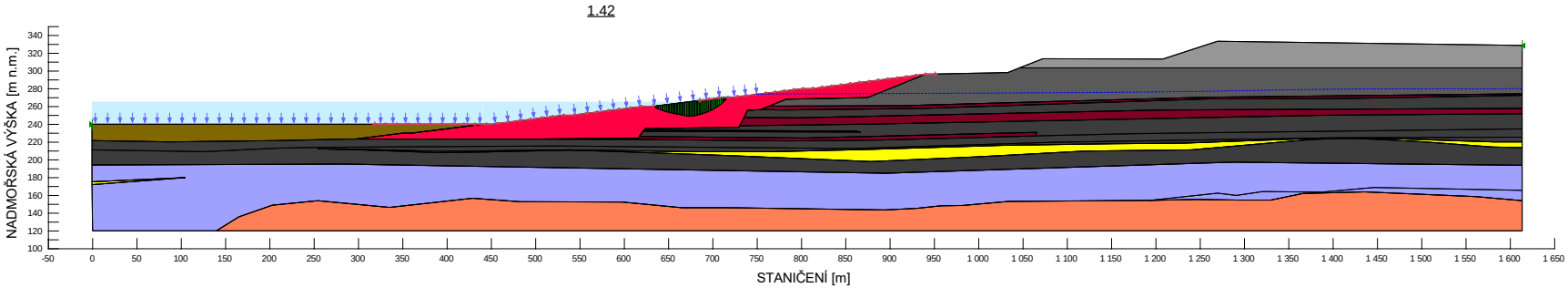


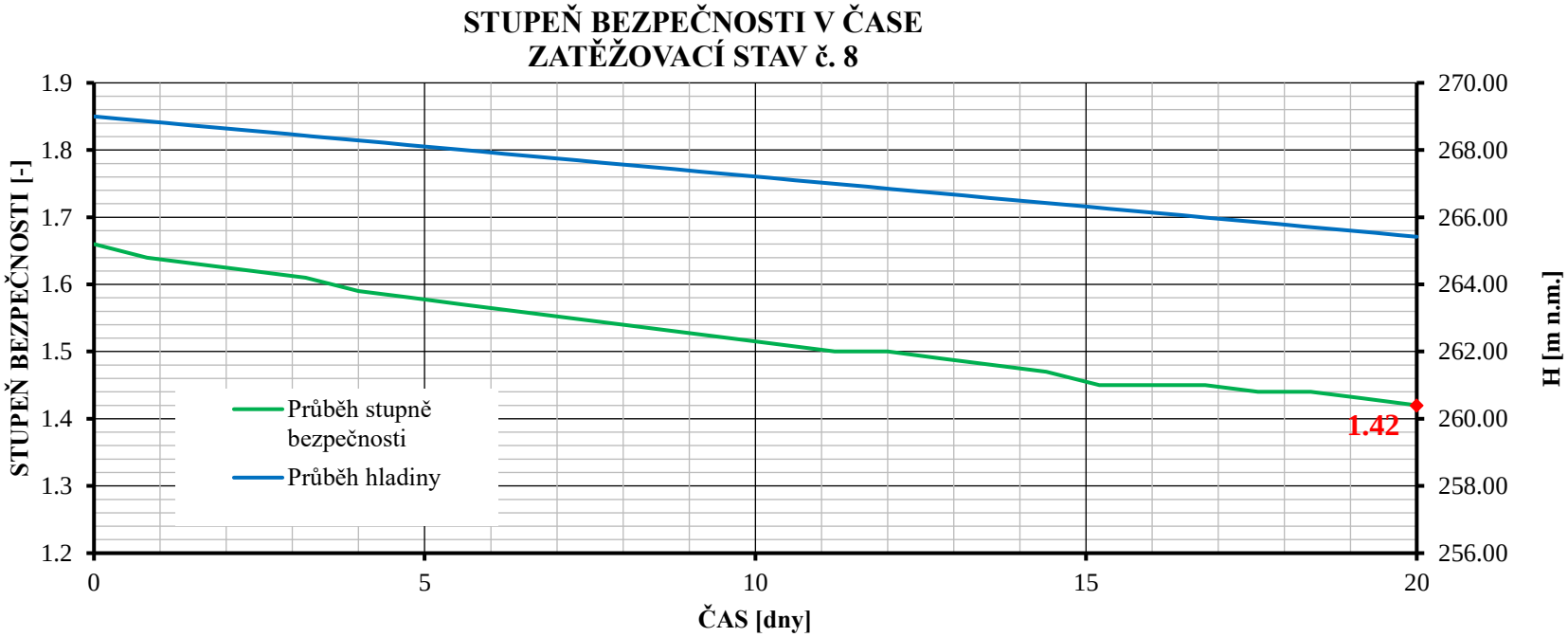
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



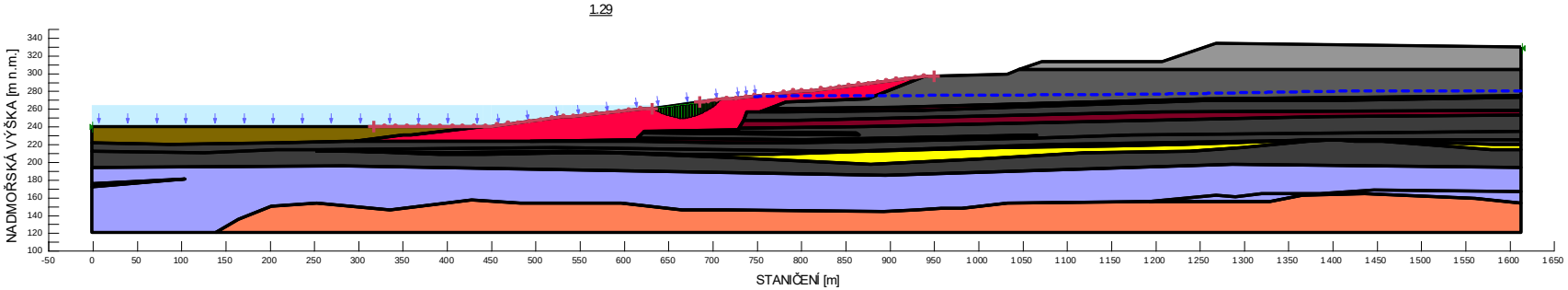


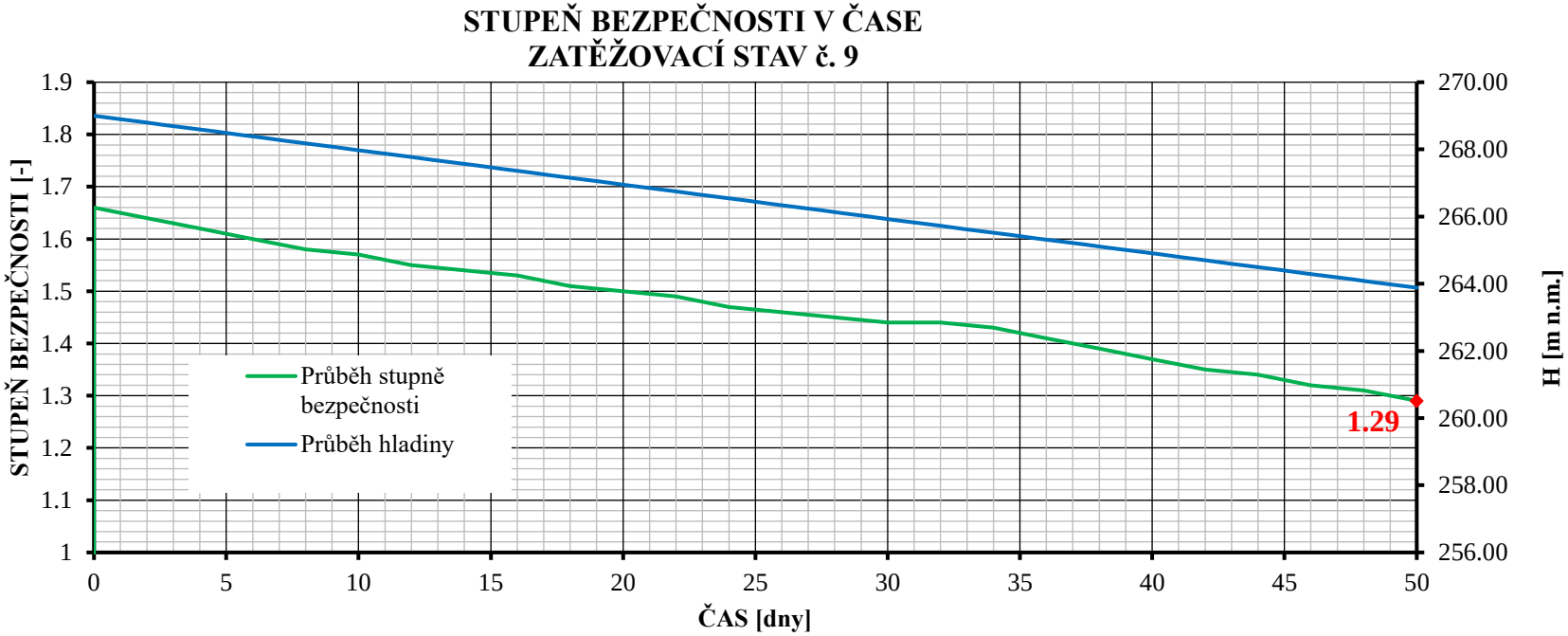
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



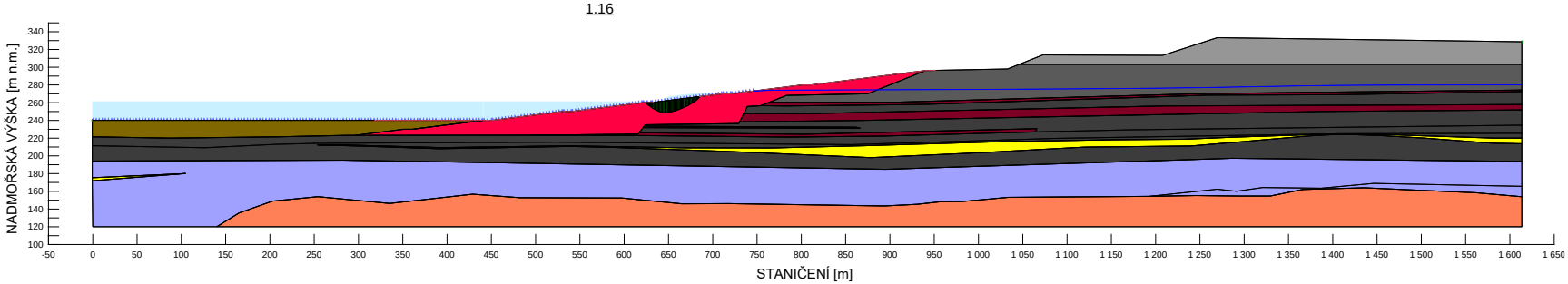


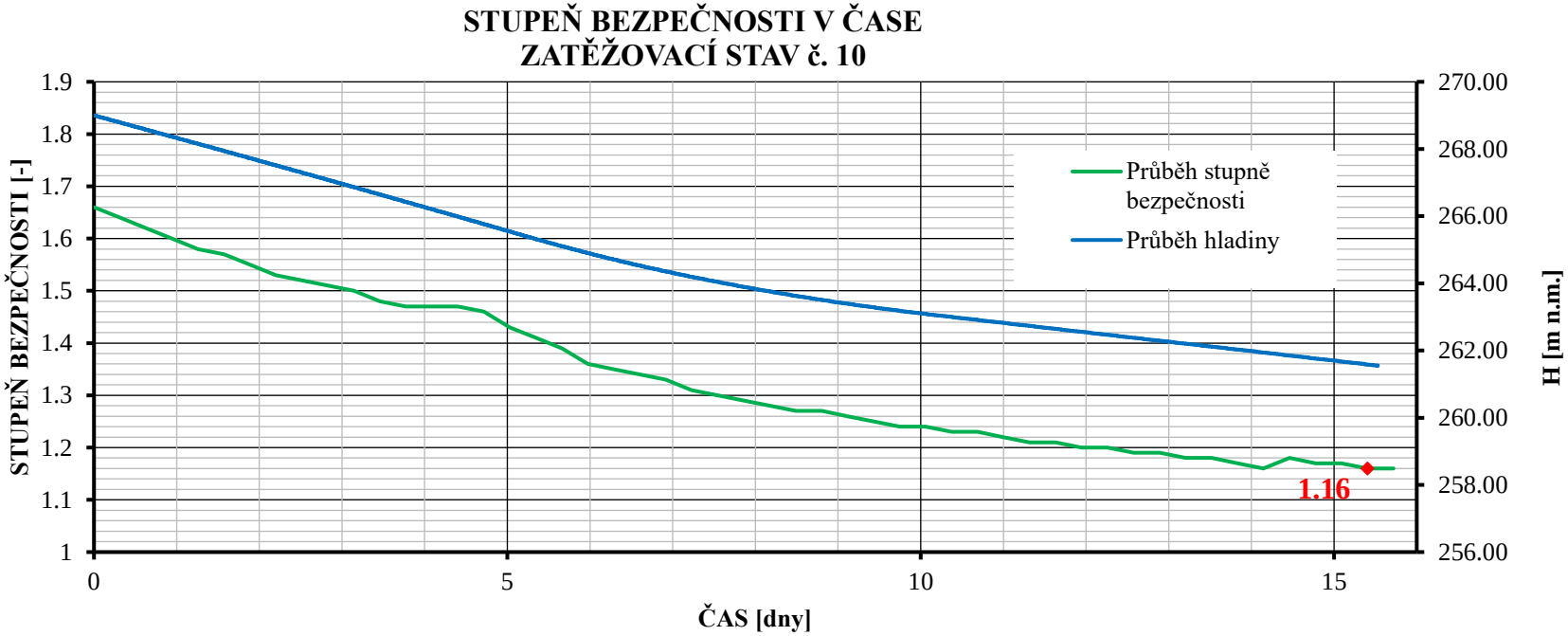
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



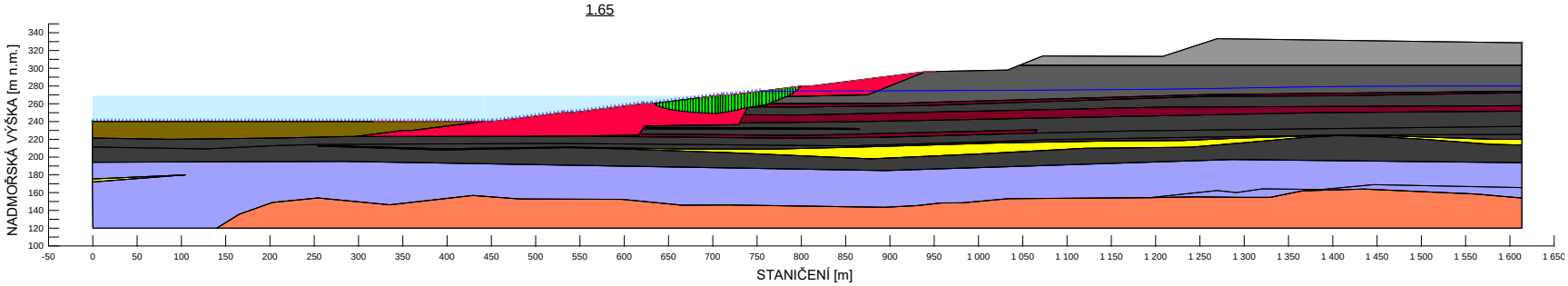


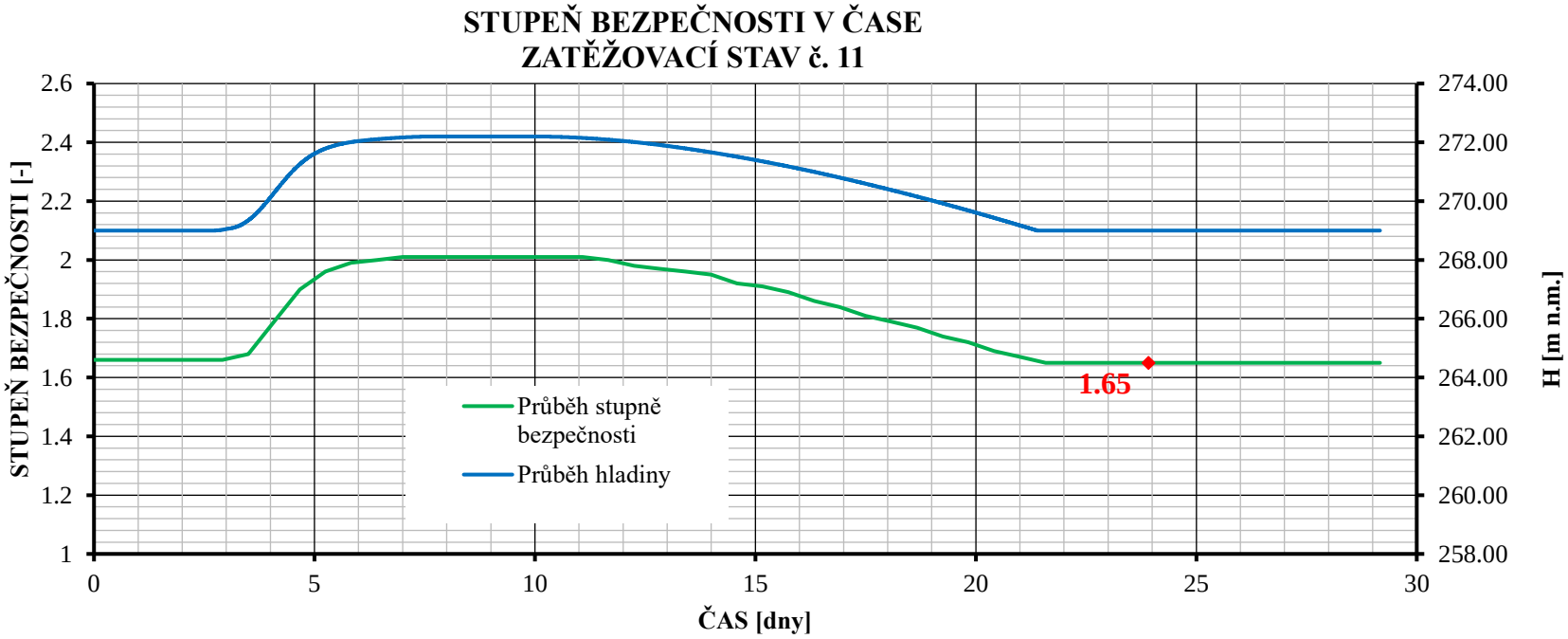
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})

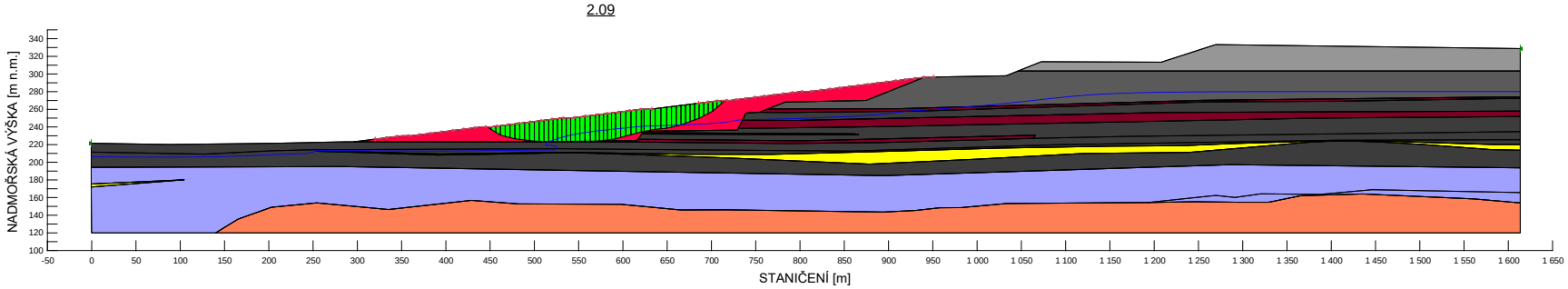




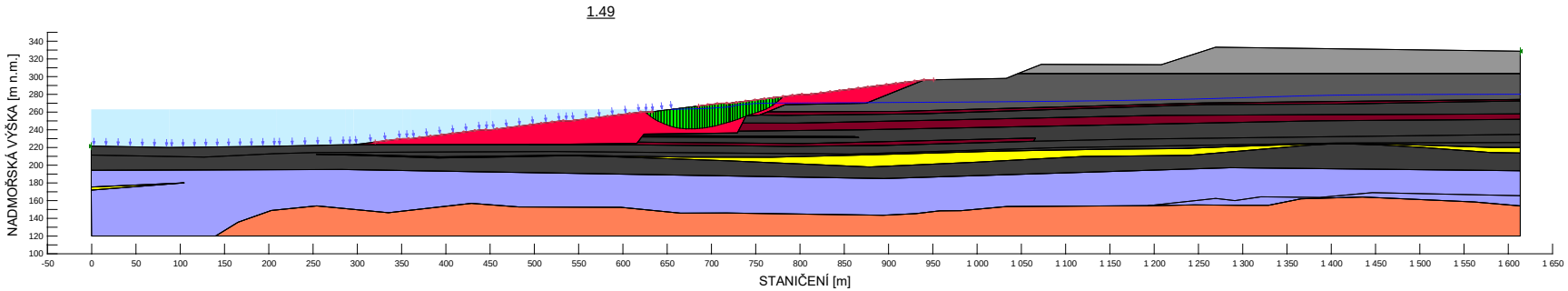
VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF3

Varianta štola (bez zasypání dna)

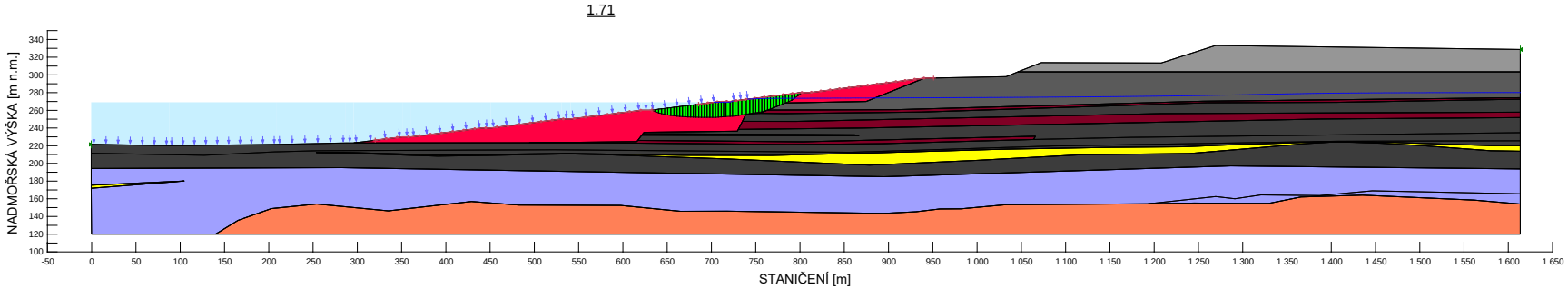
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



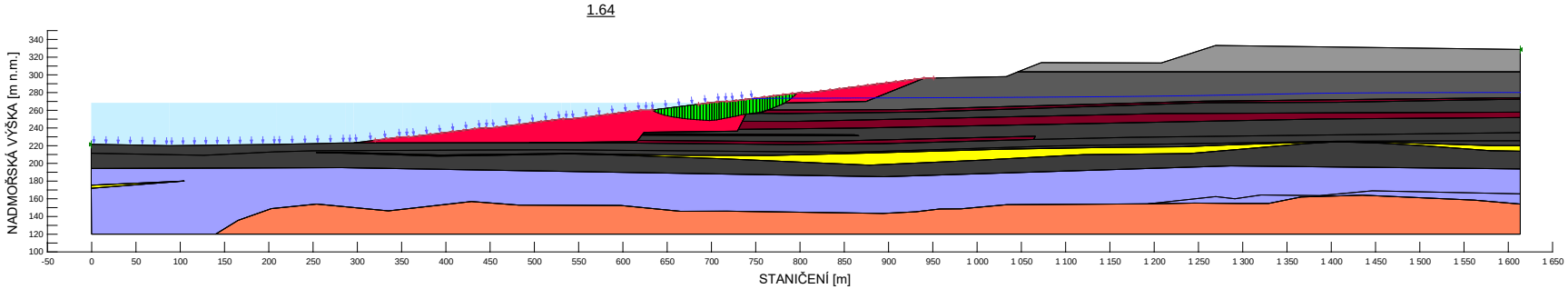
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

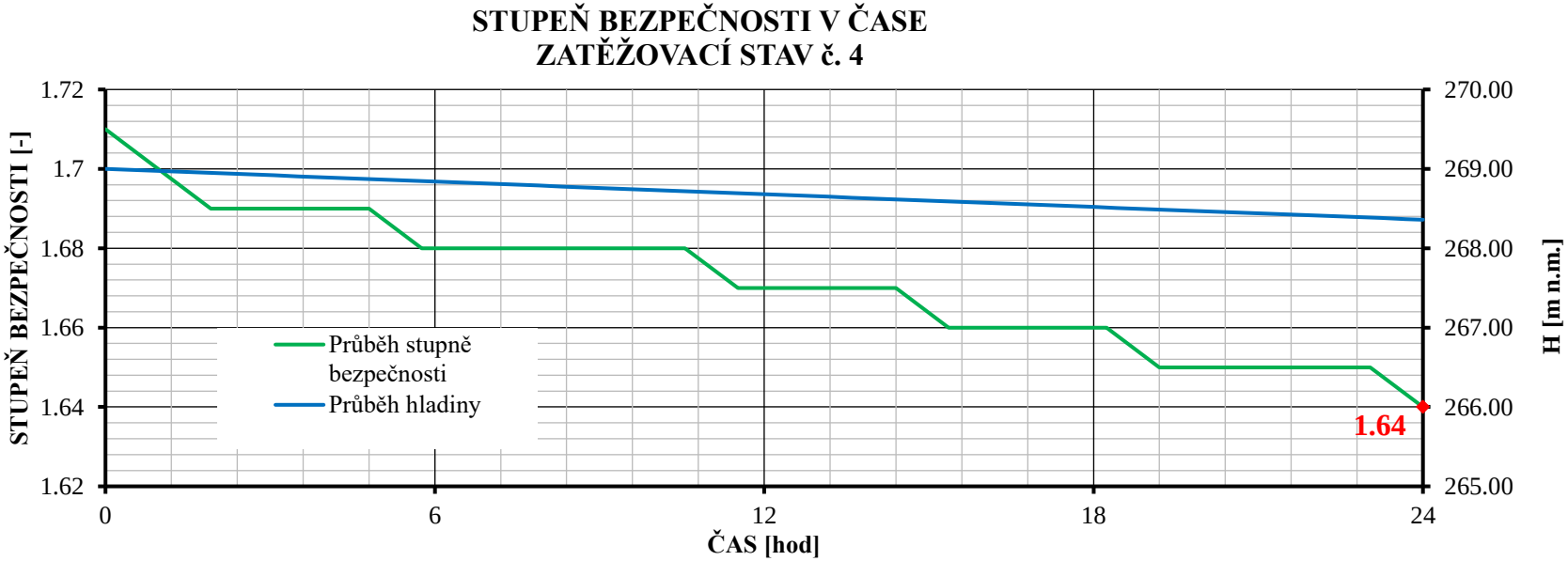


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

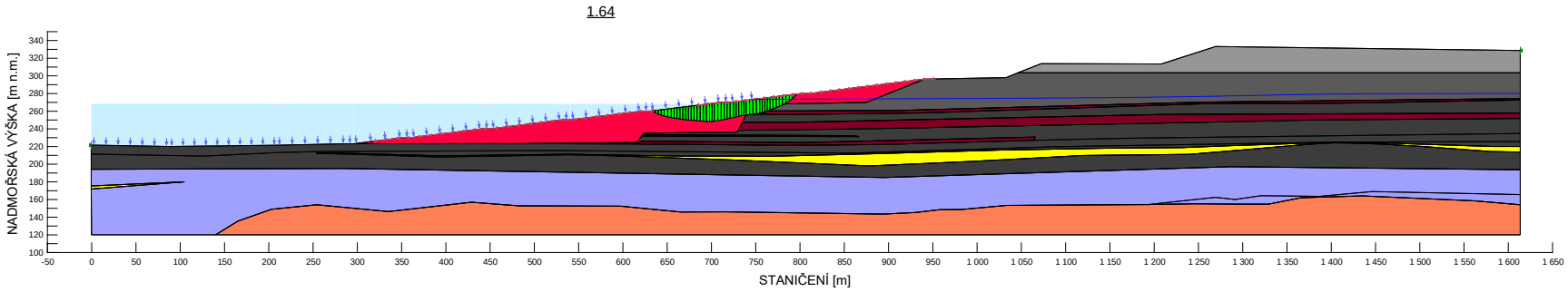


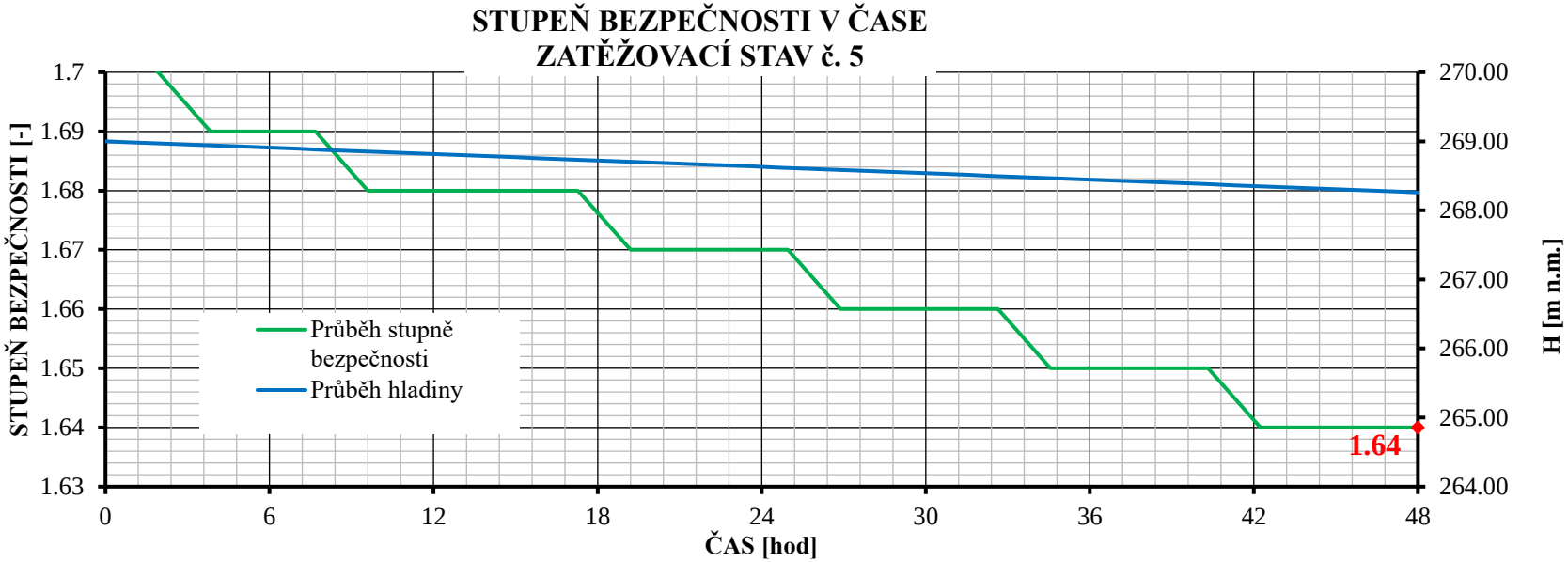
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



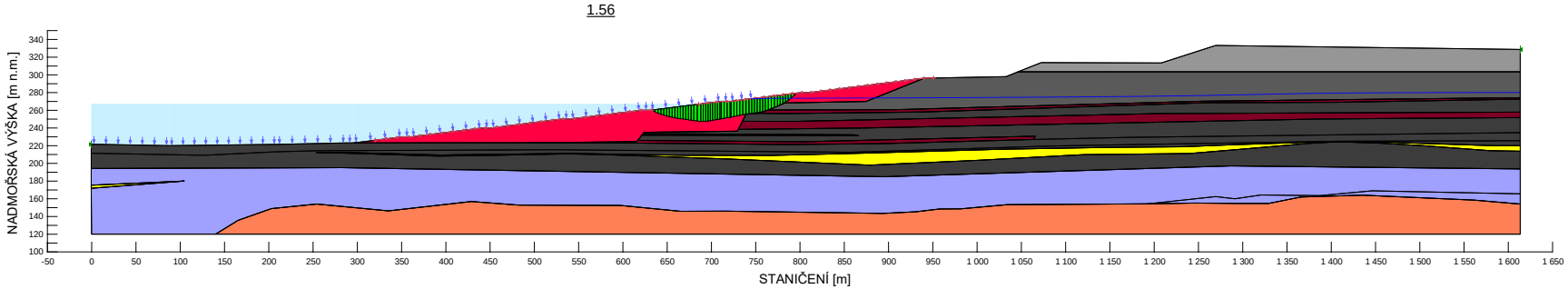


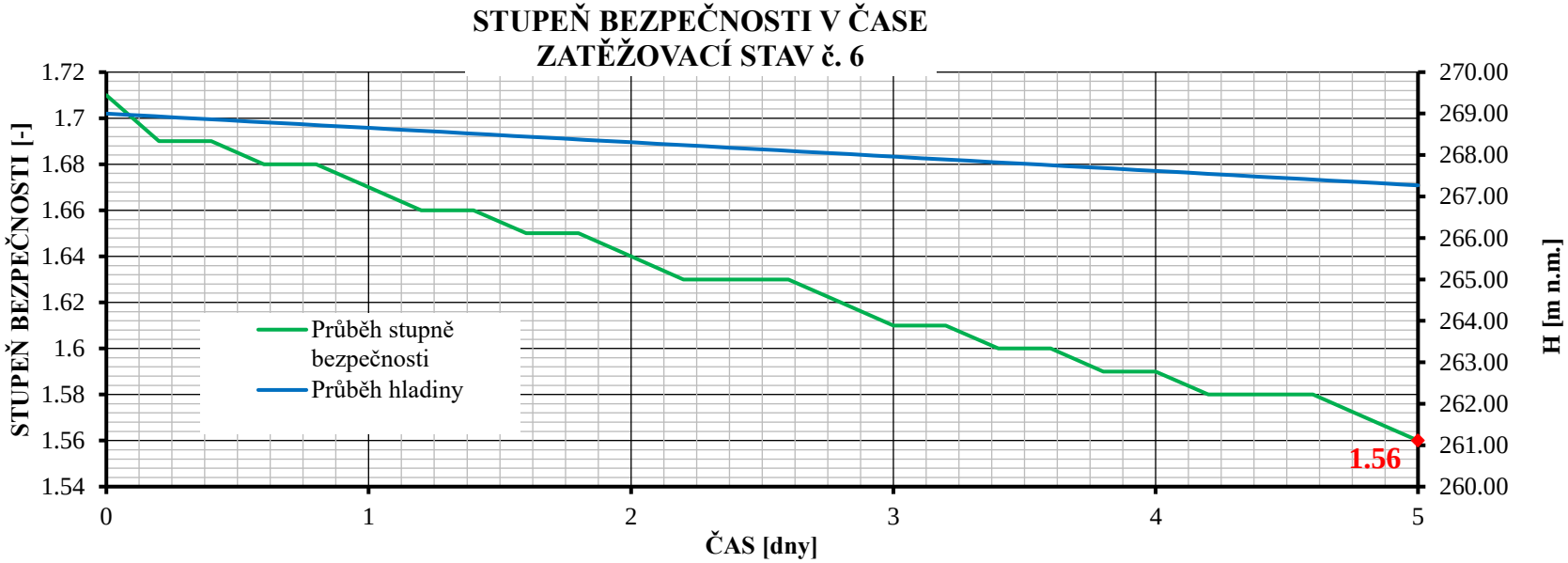
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



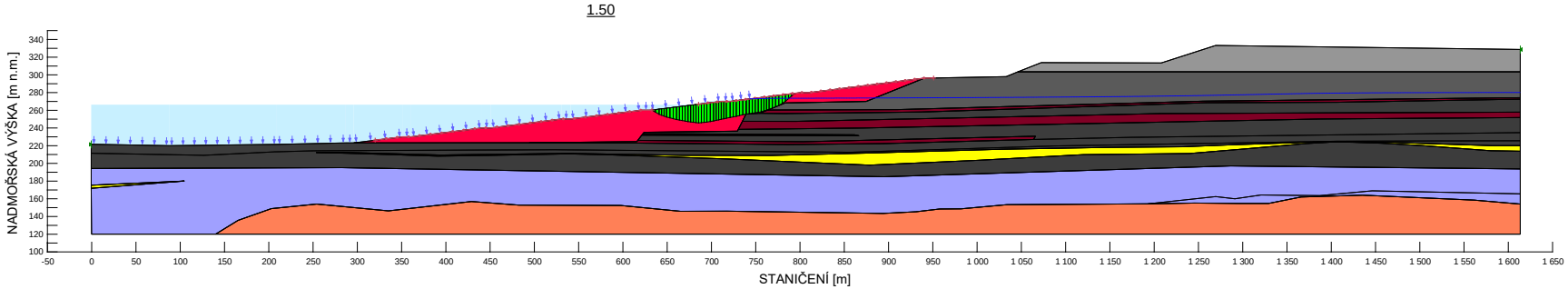


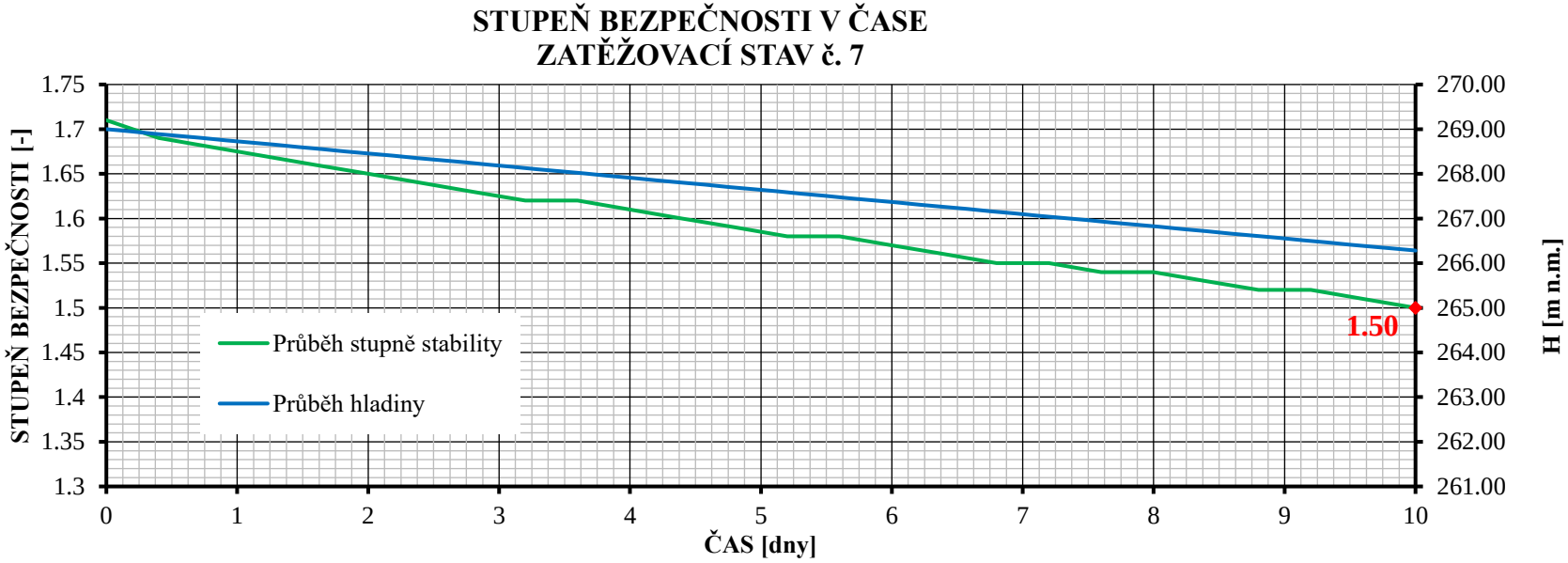
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



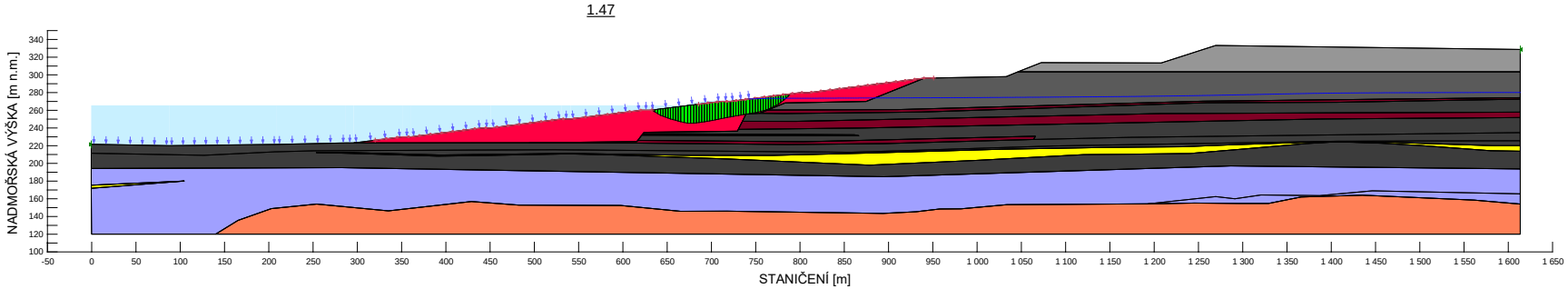


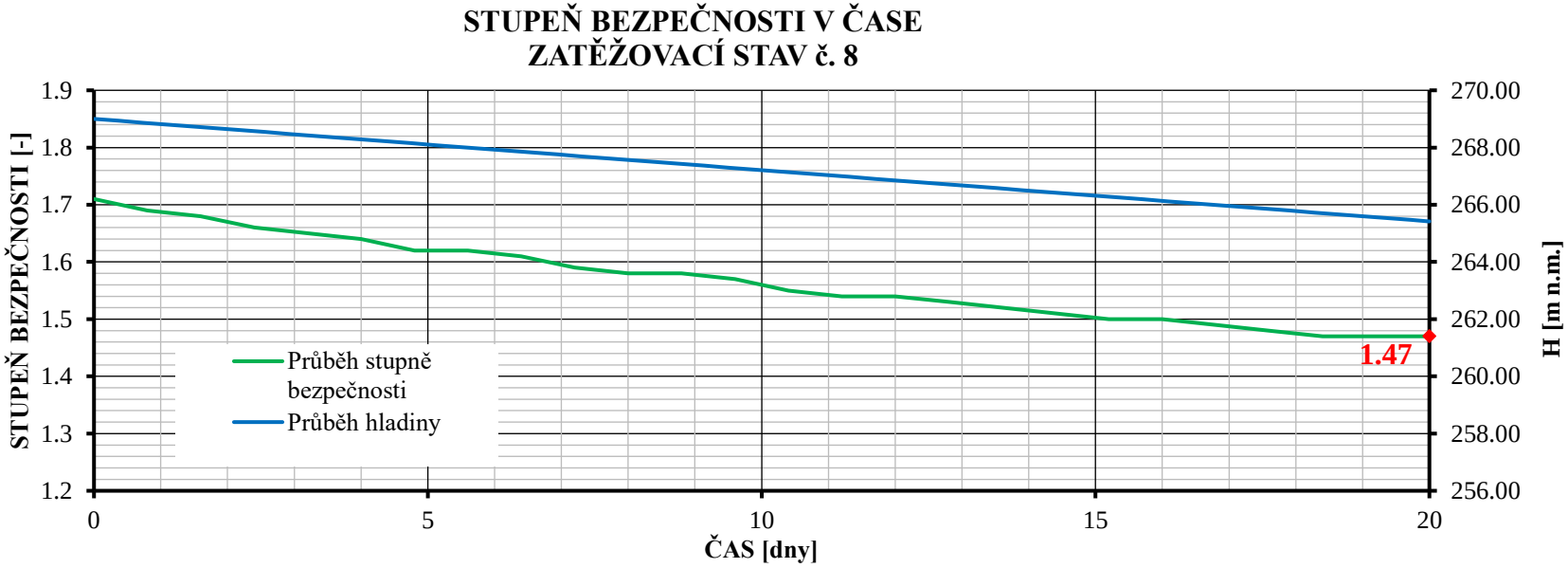
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



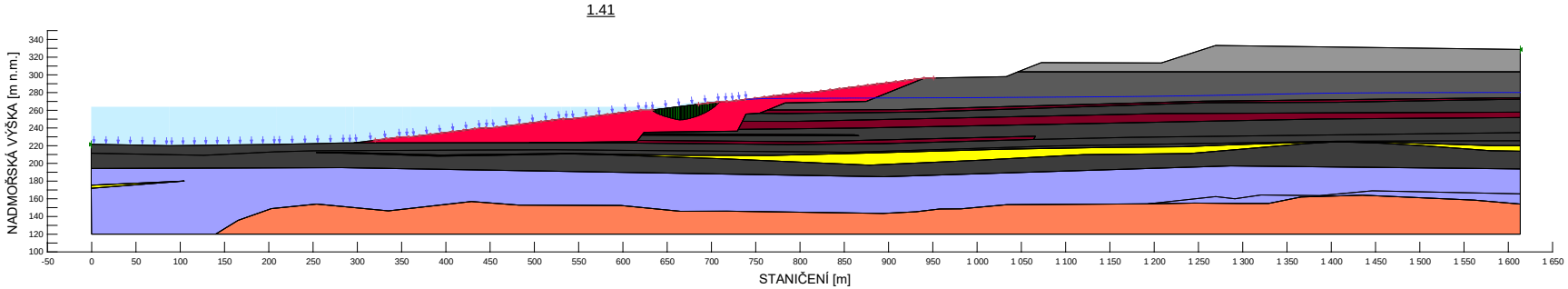


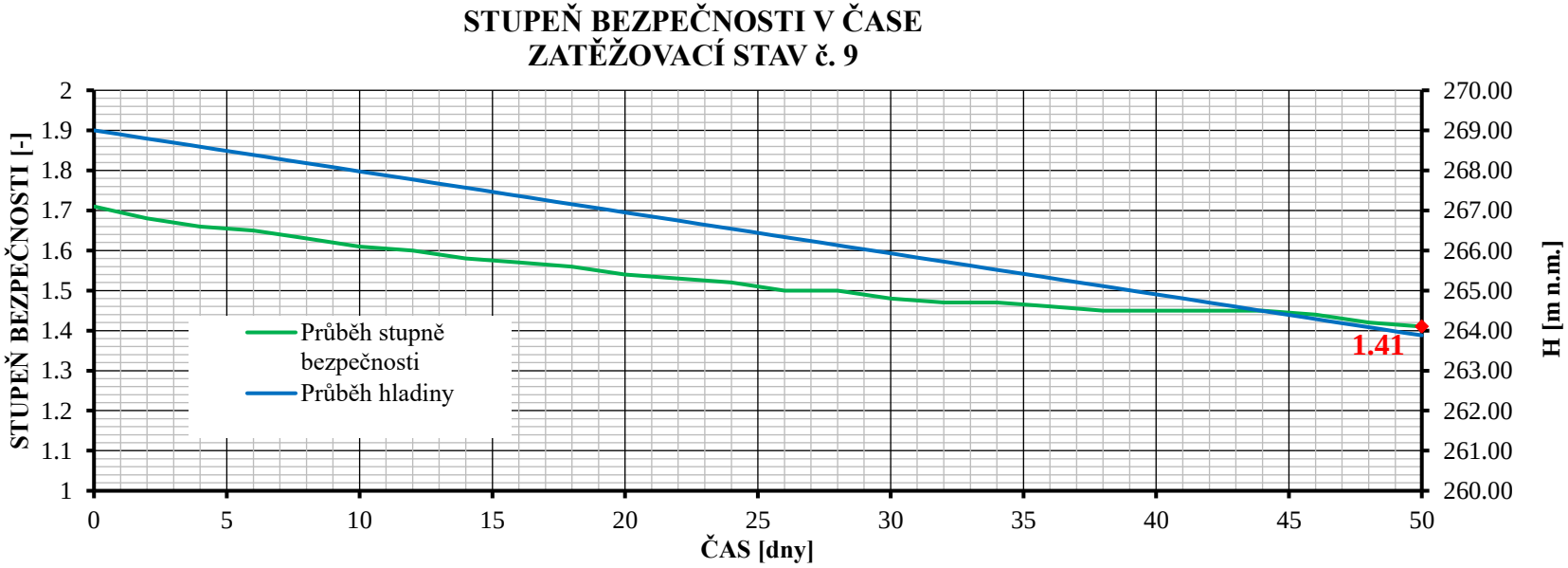
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



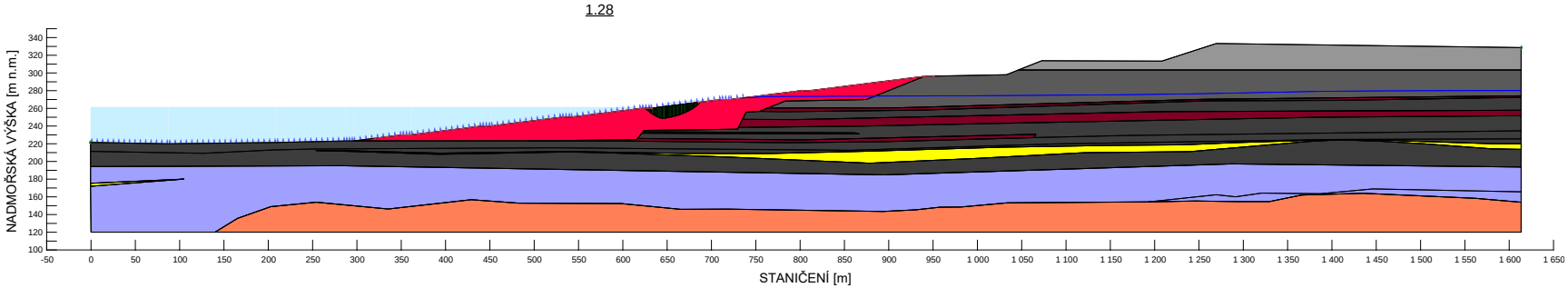


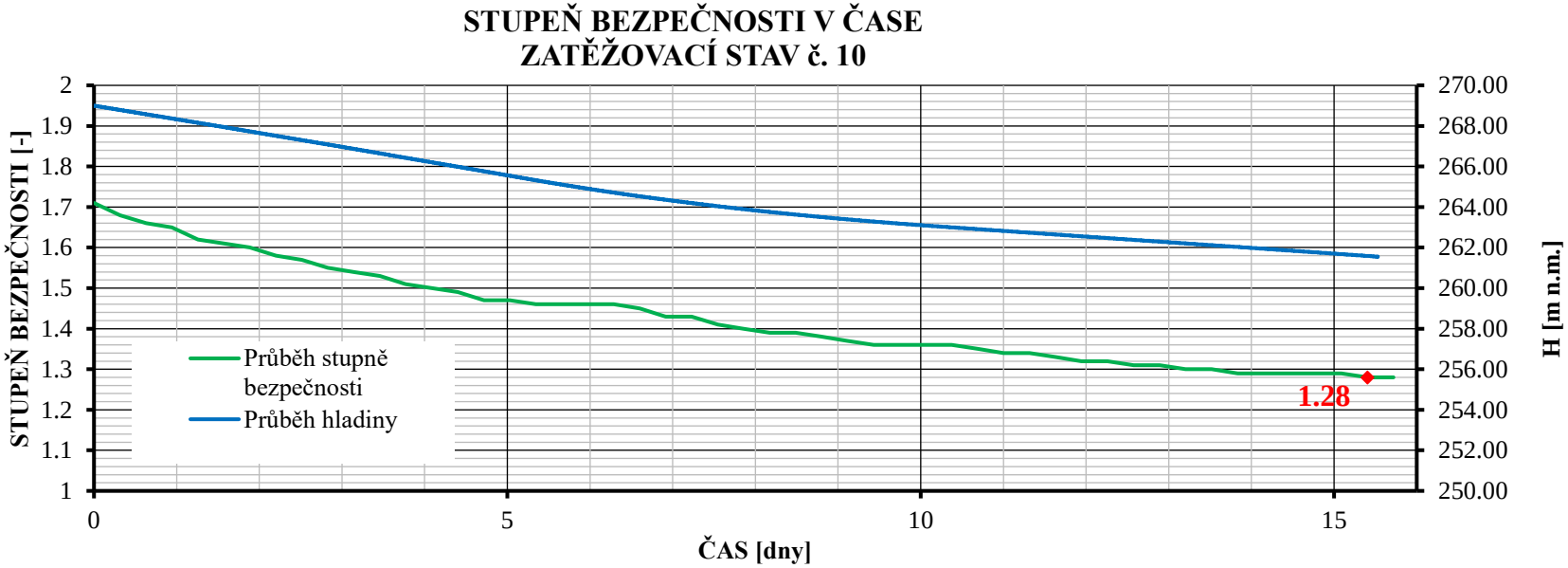
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ





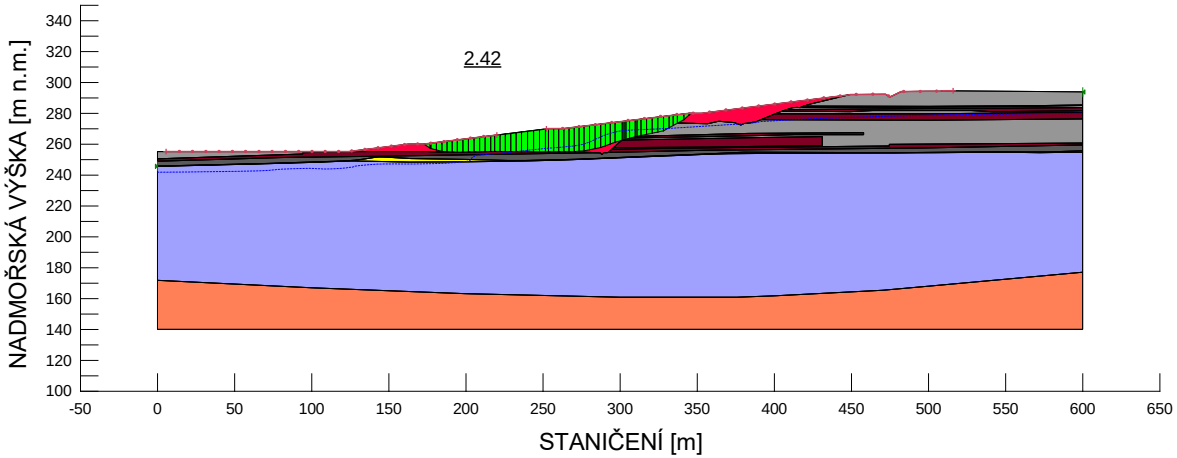
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)



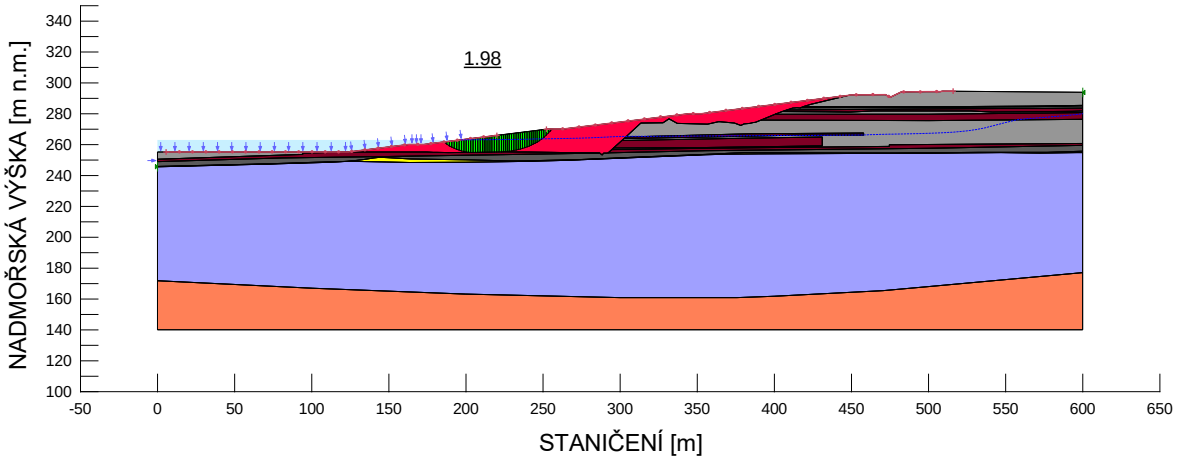


VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF4

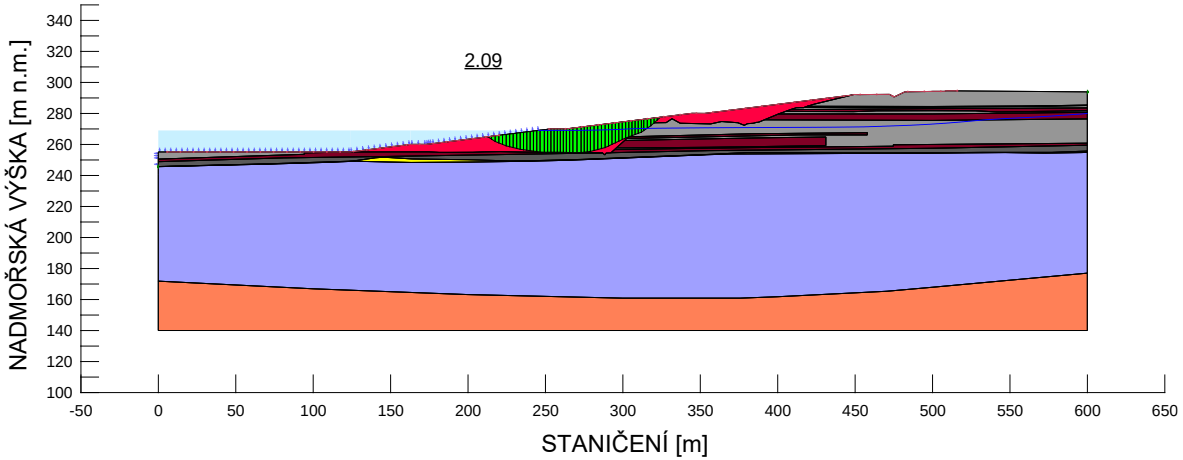
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



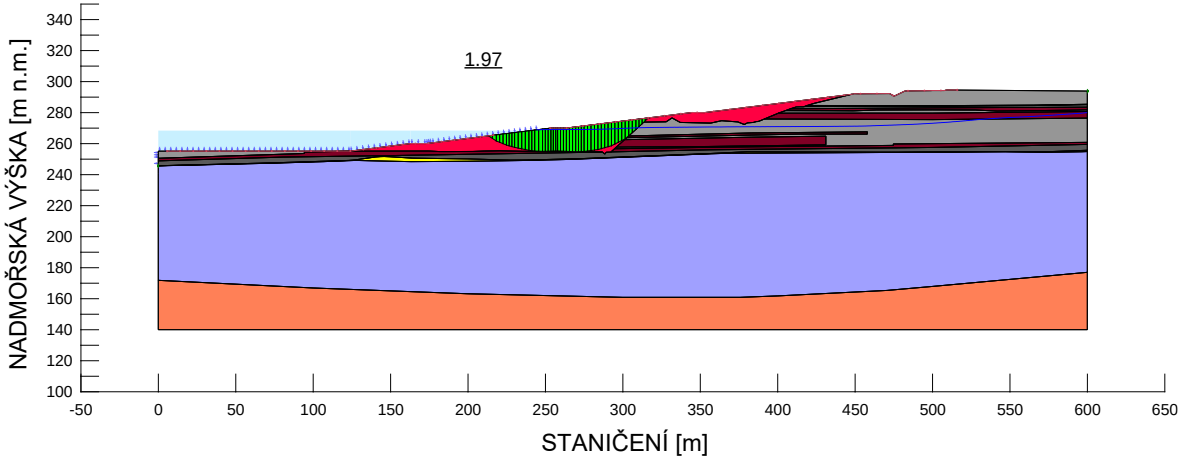
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

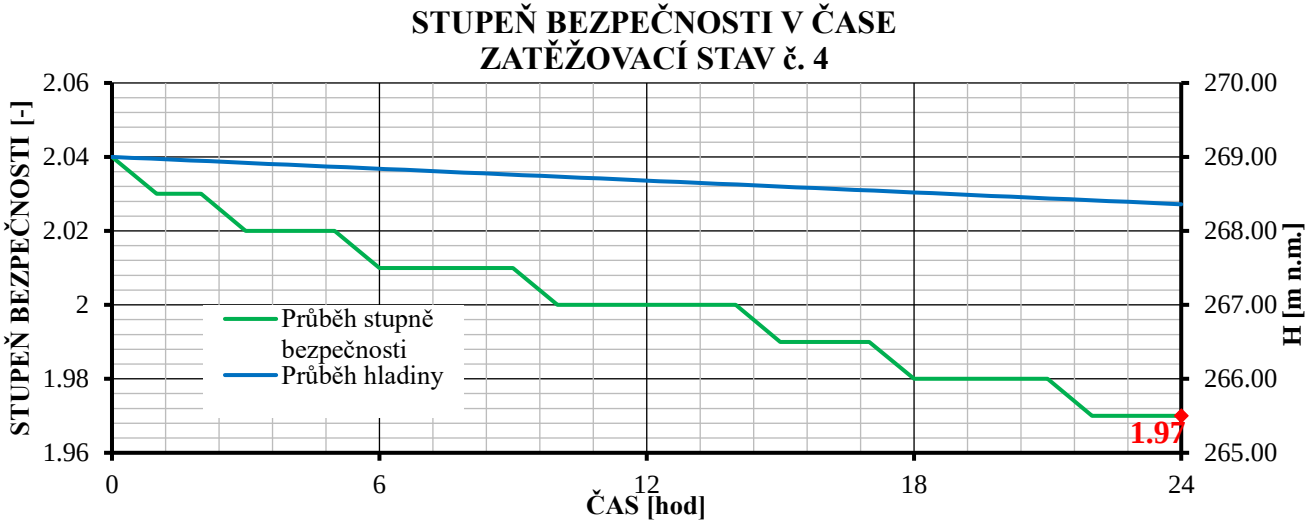


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

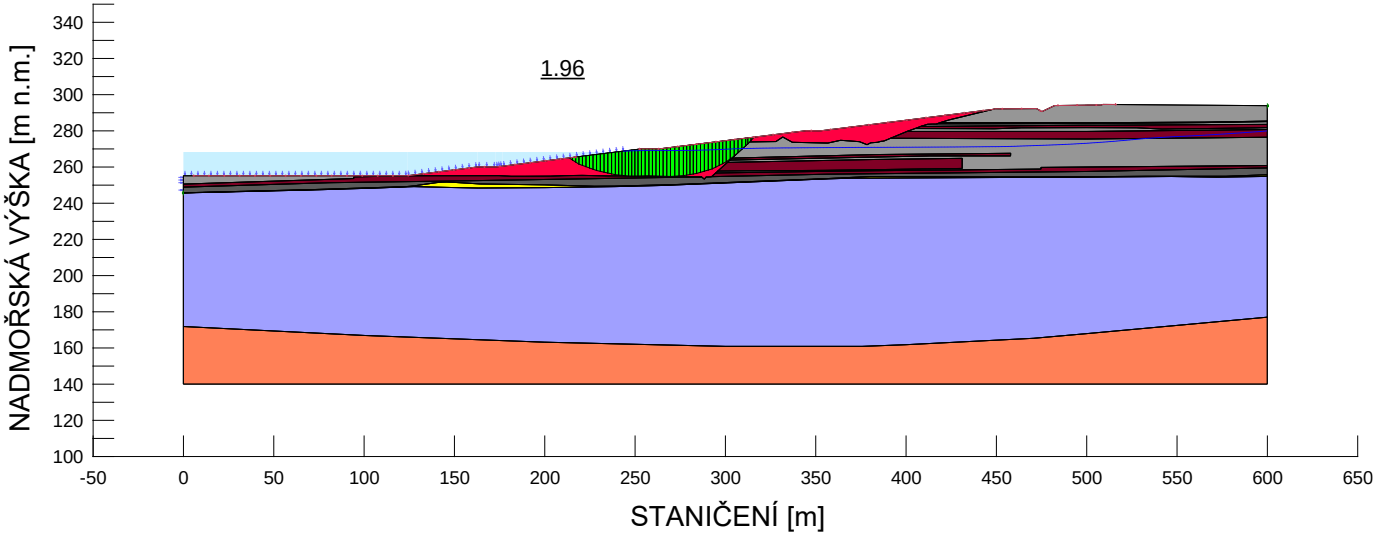


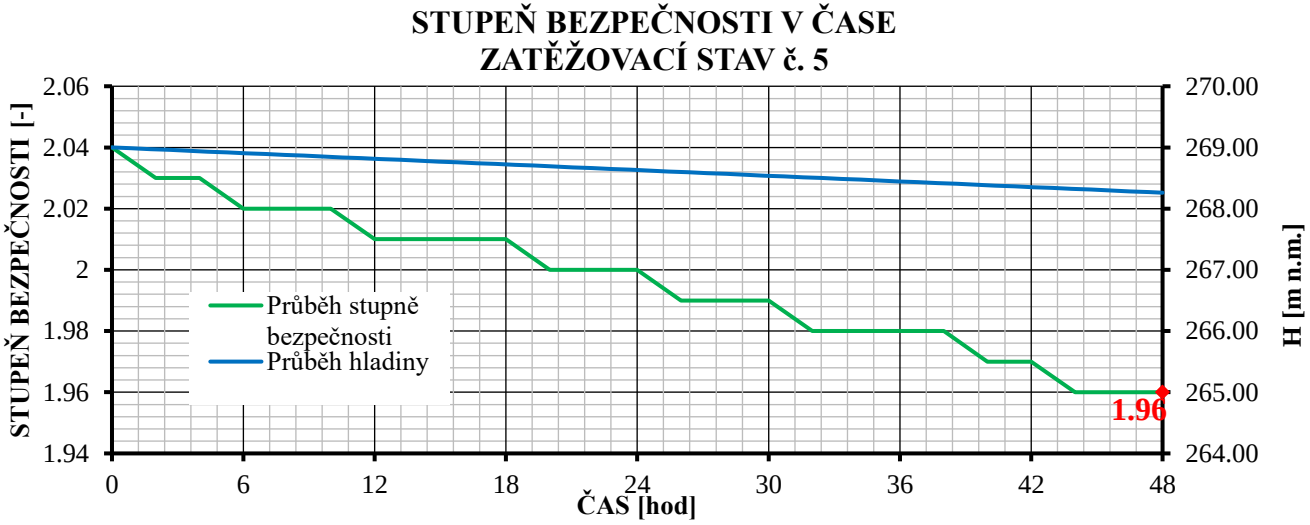
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



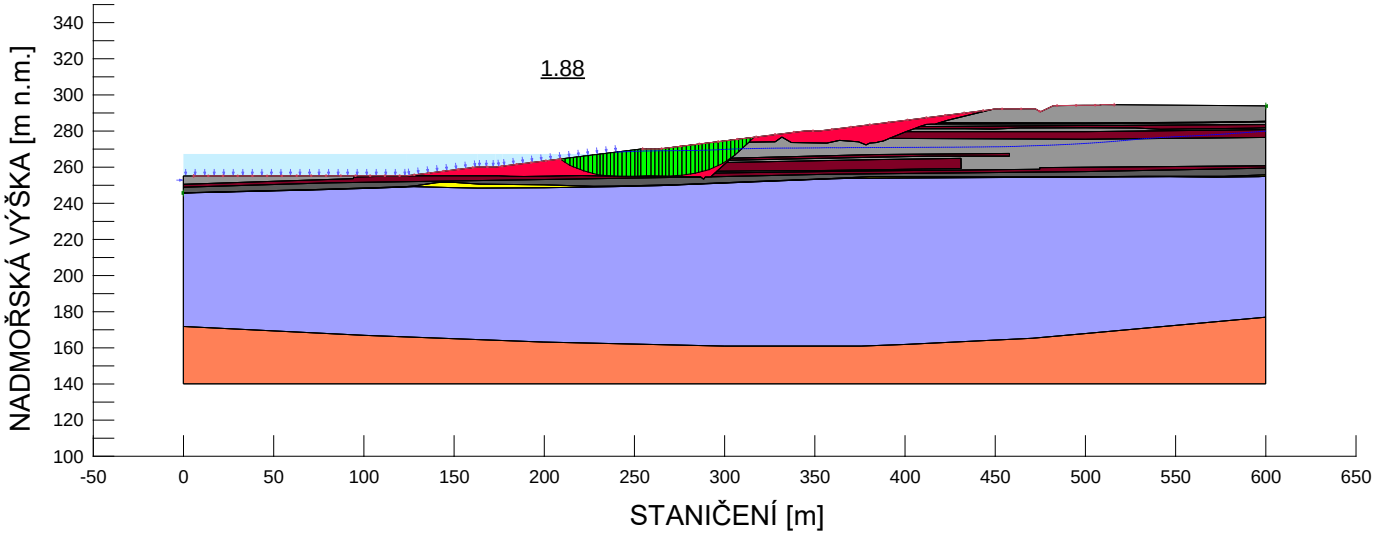


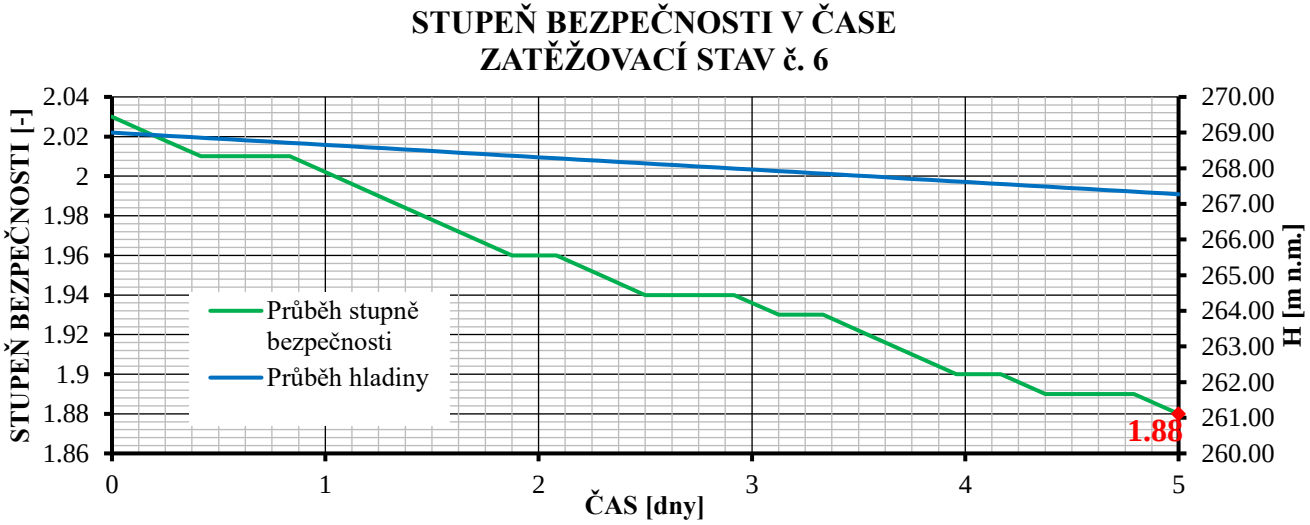
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



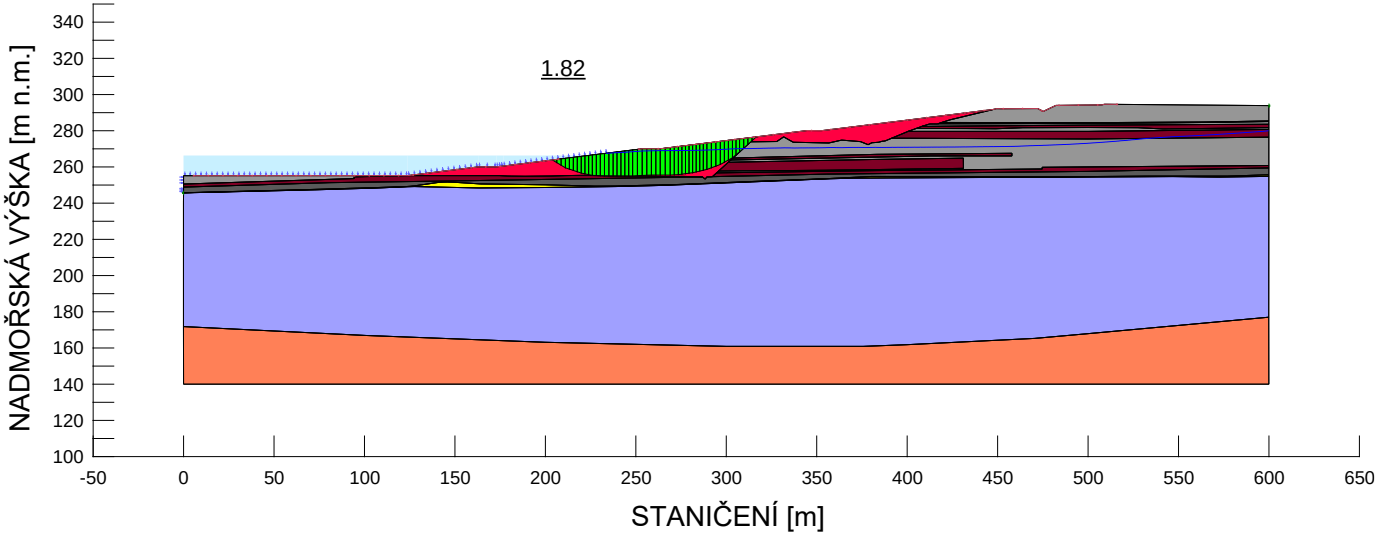


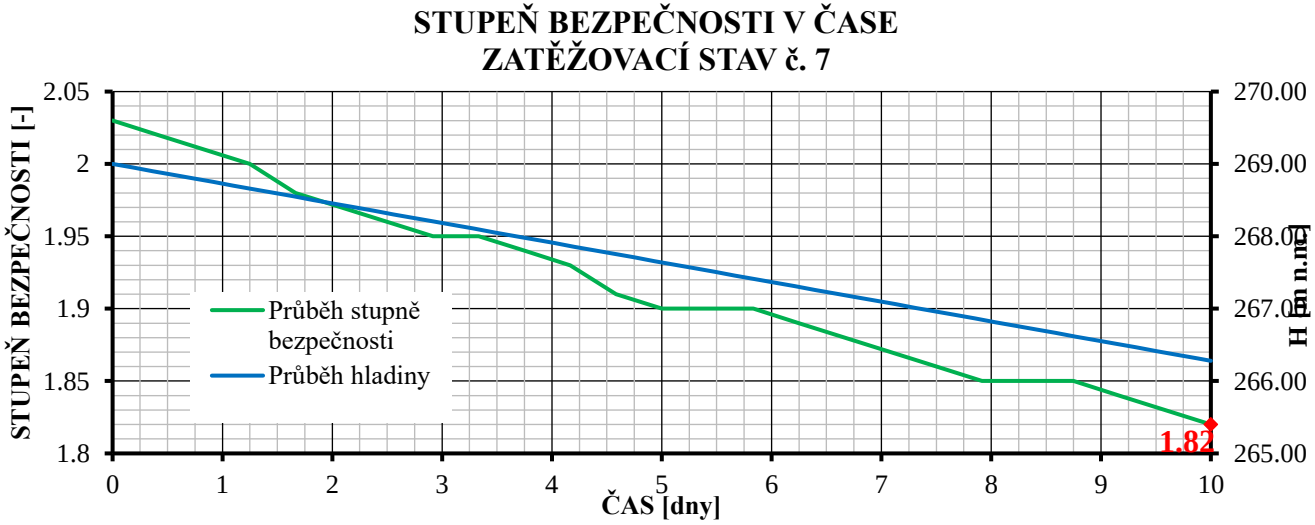
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



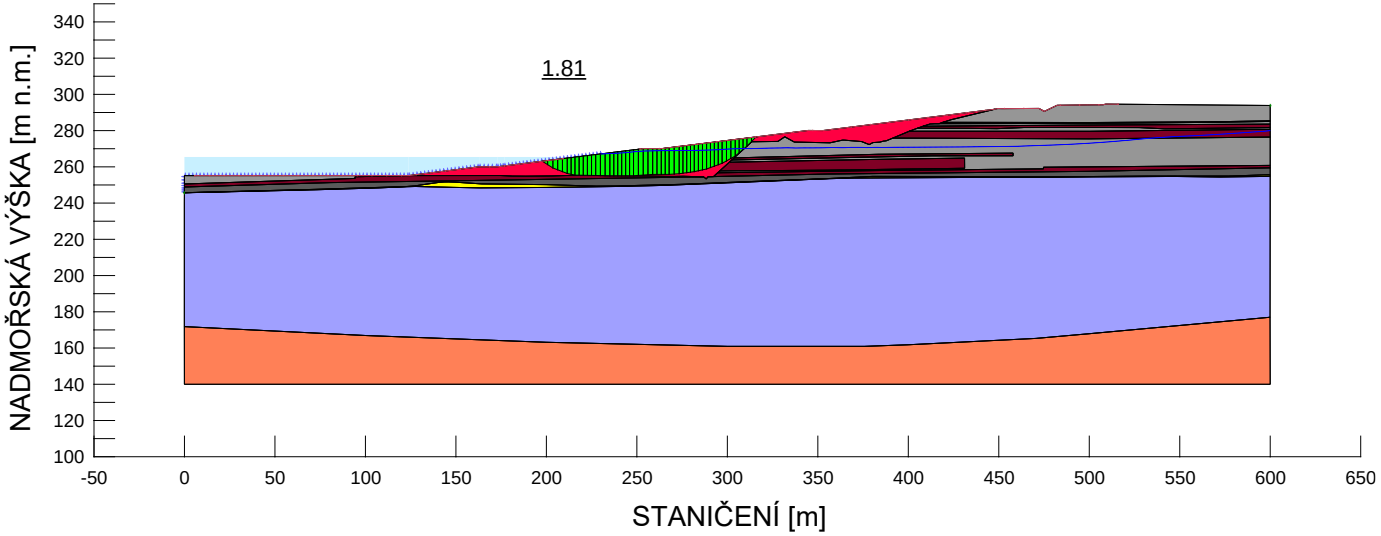


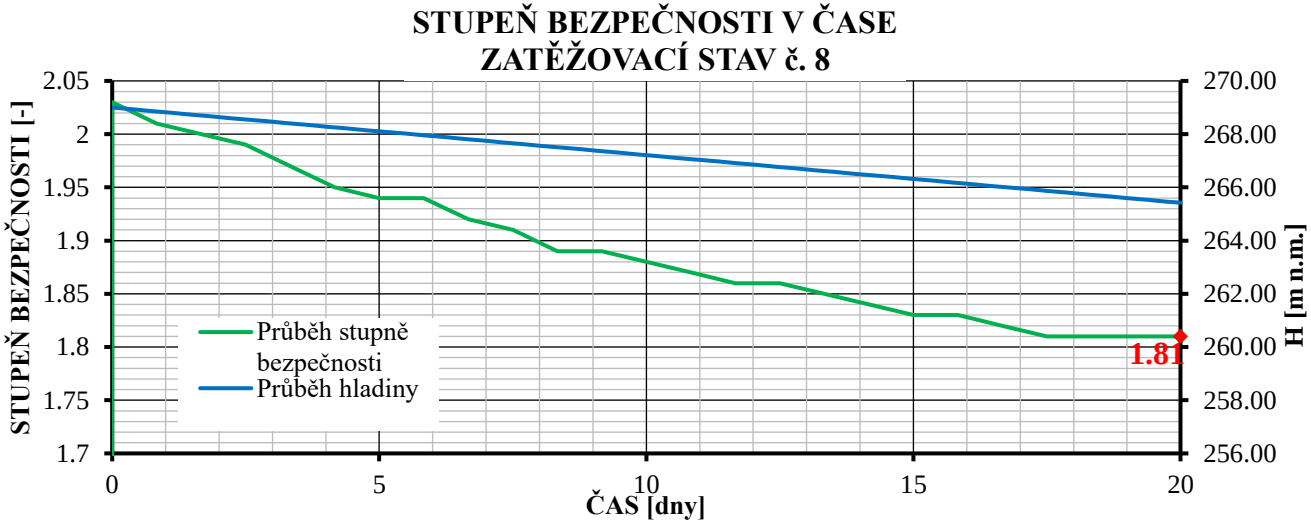
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



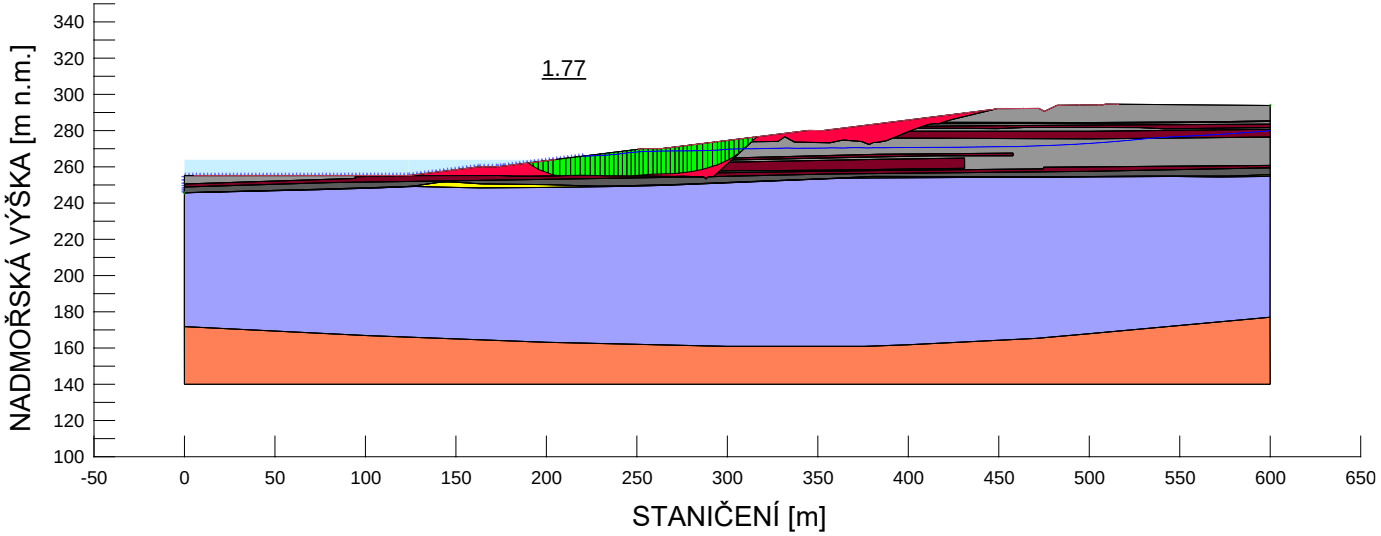


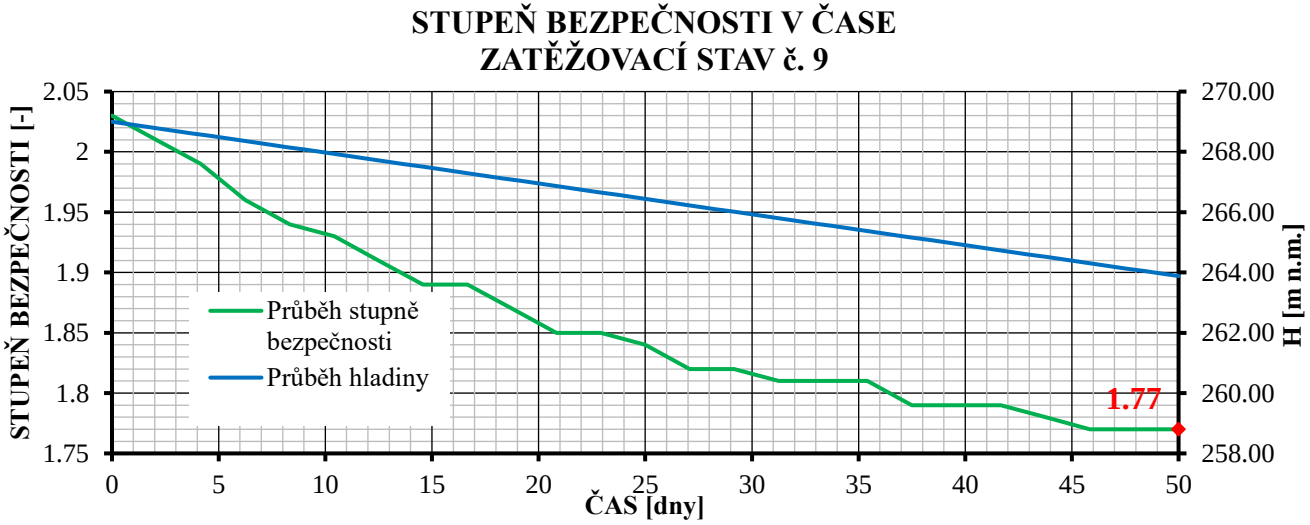
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



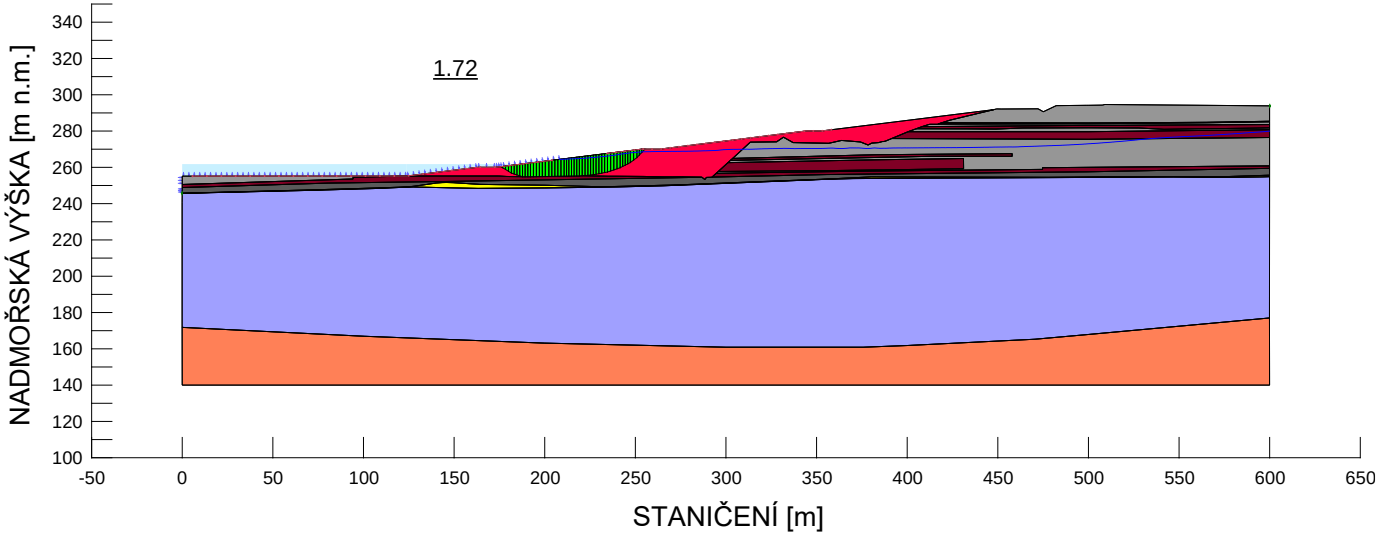


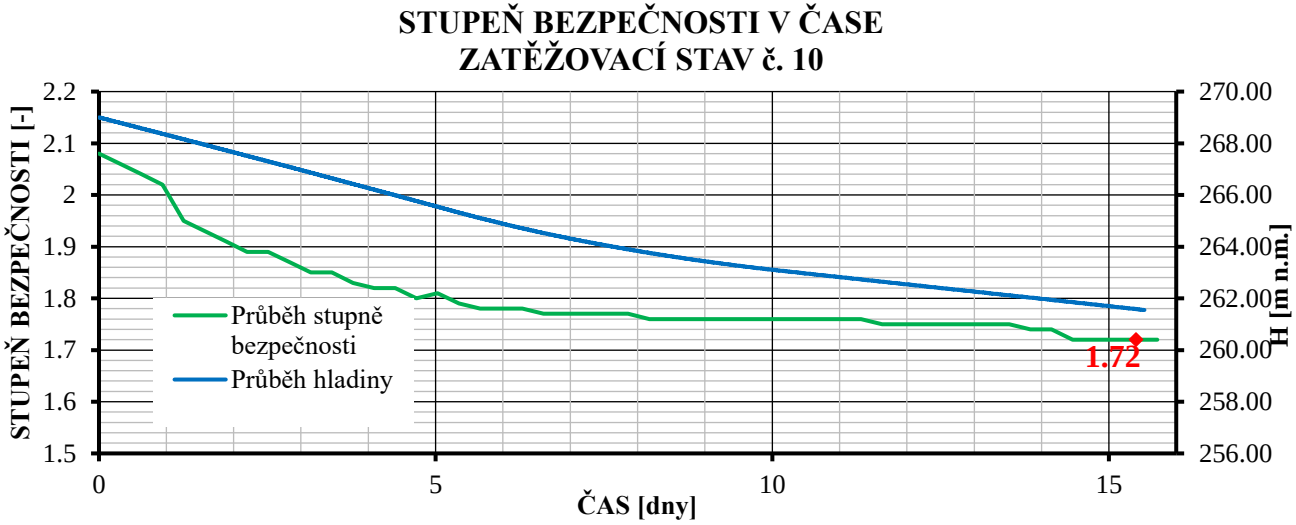
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



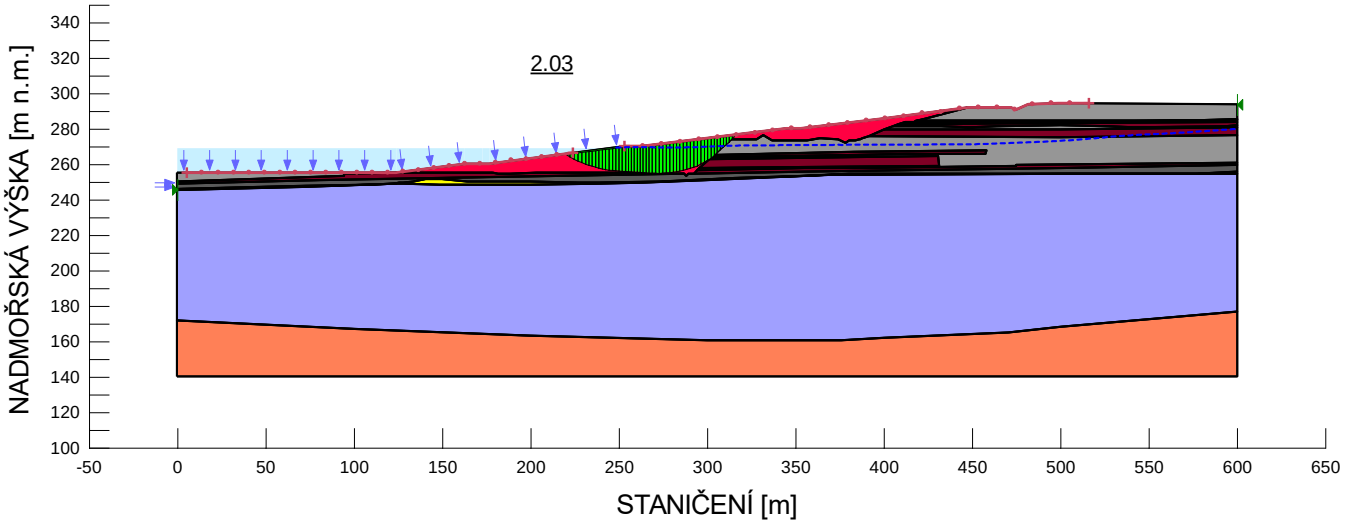


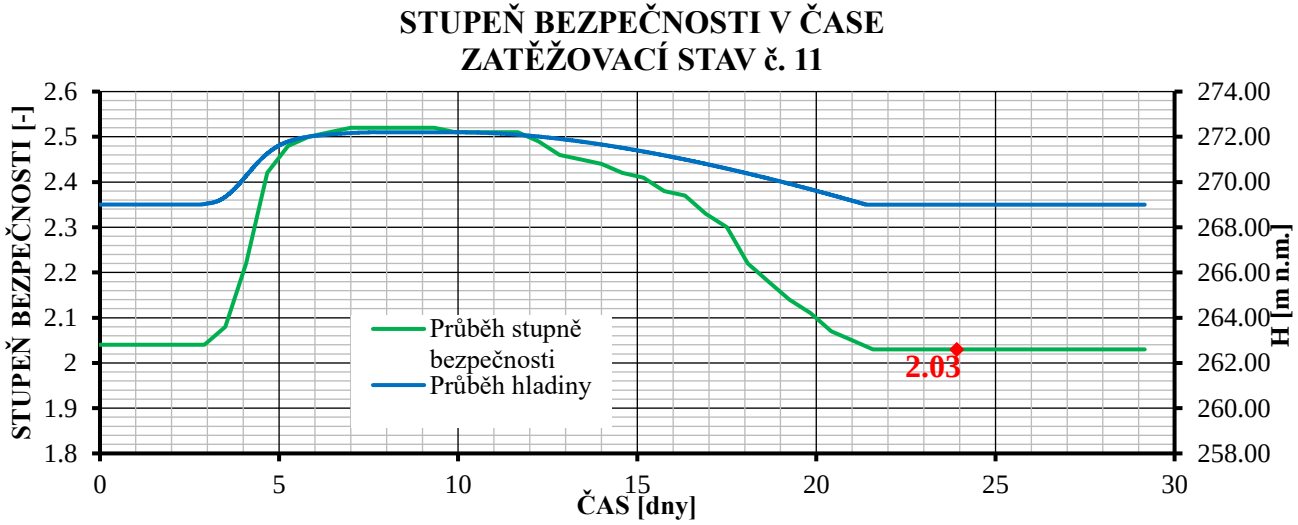
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





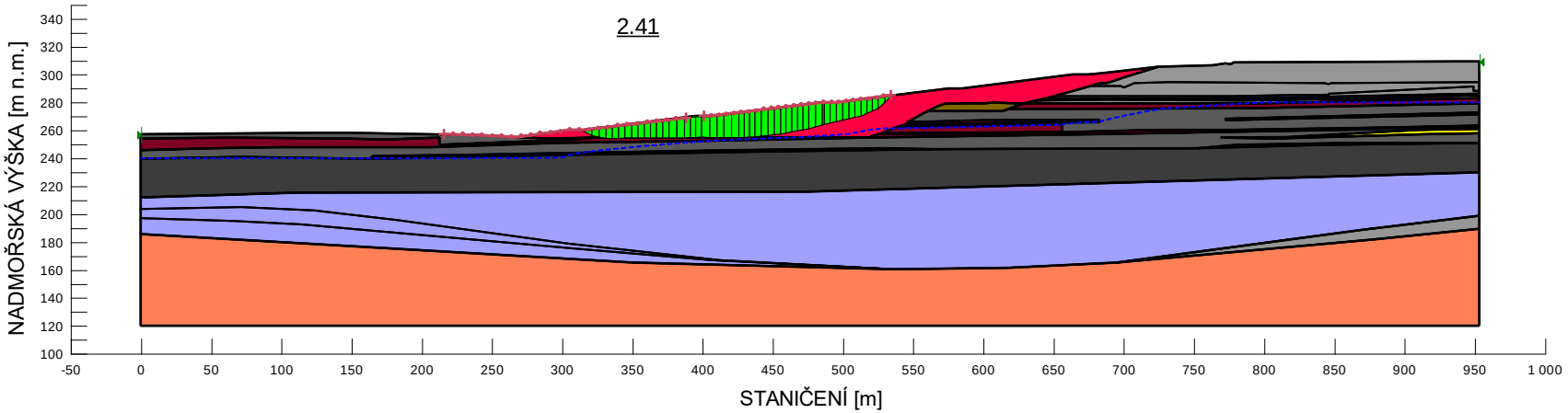
11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})



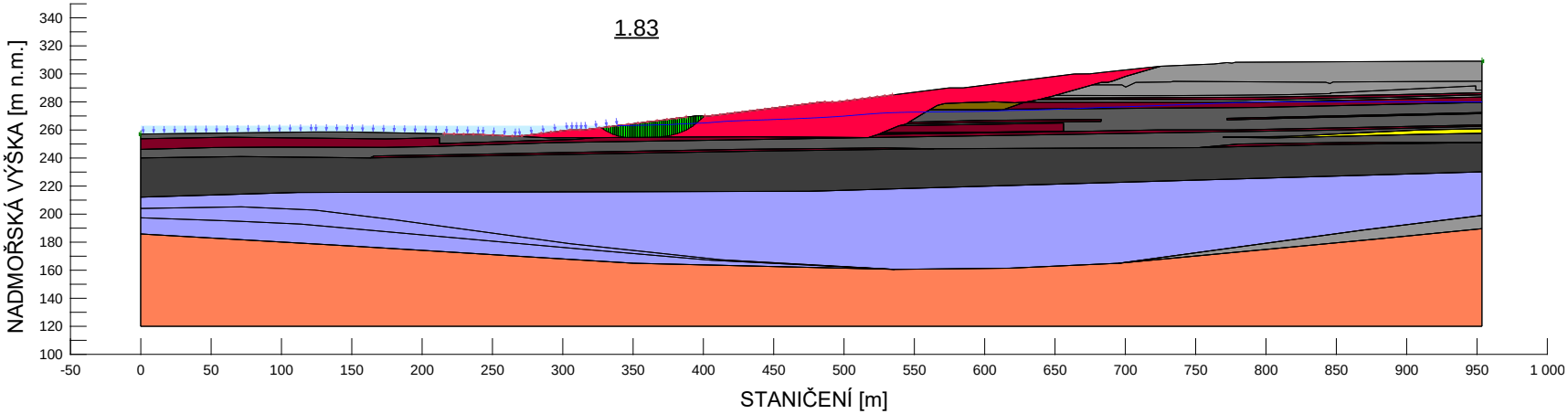


VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF5

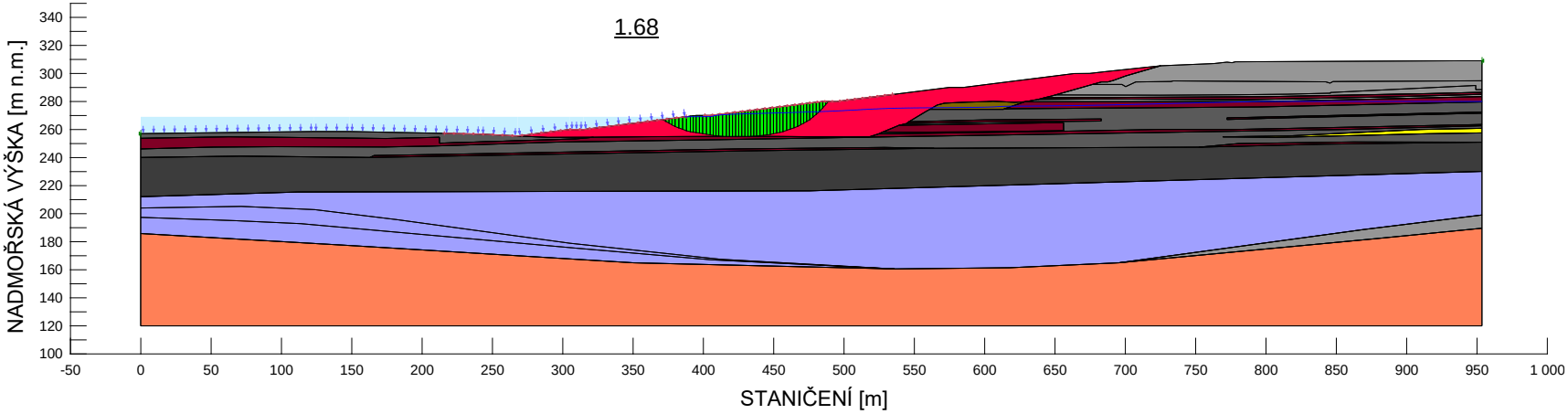
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



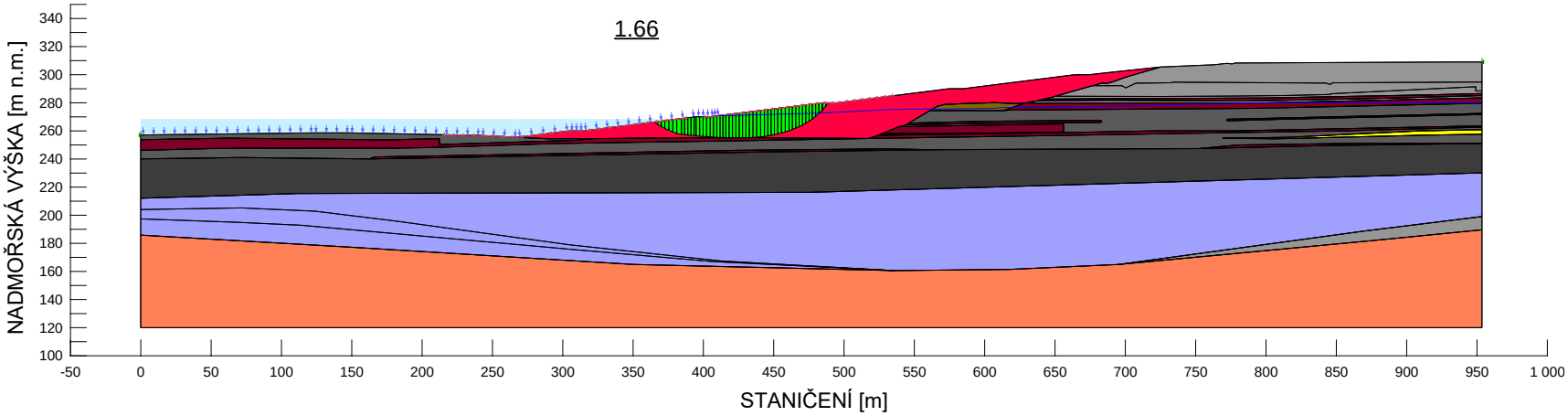
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

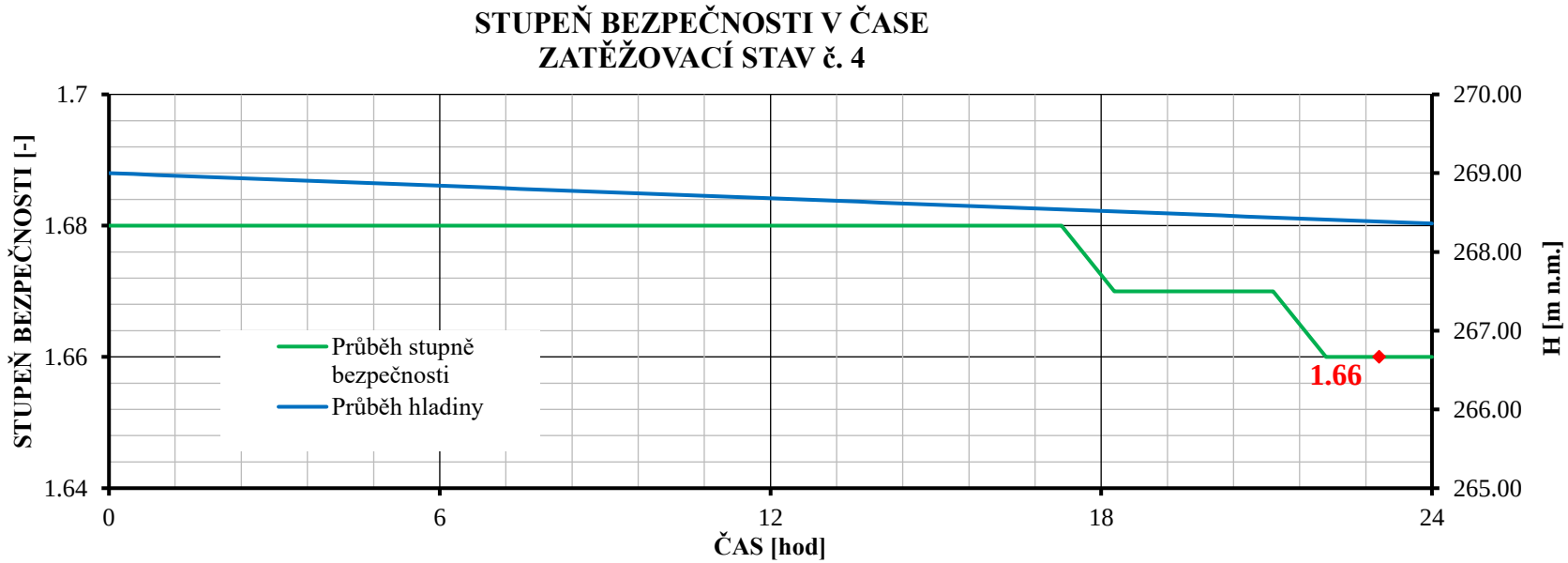


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

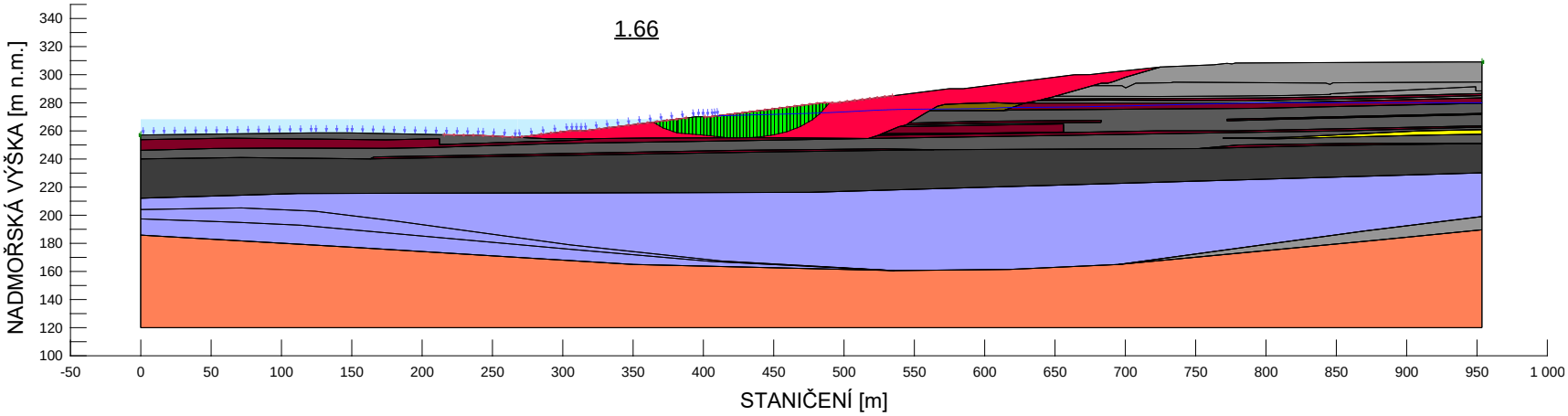


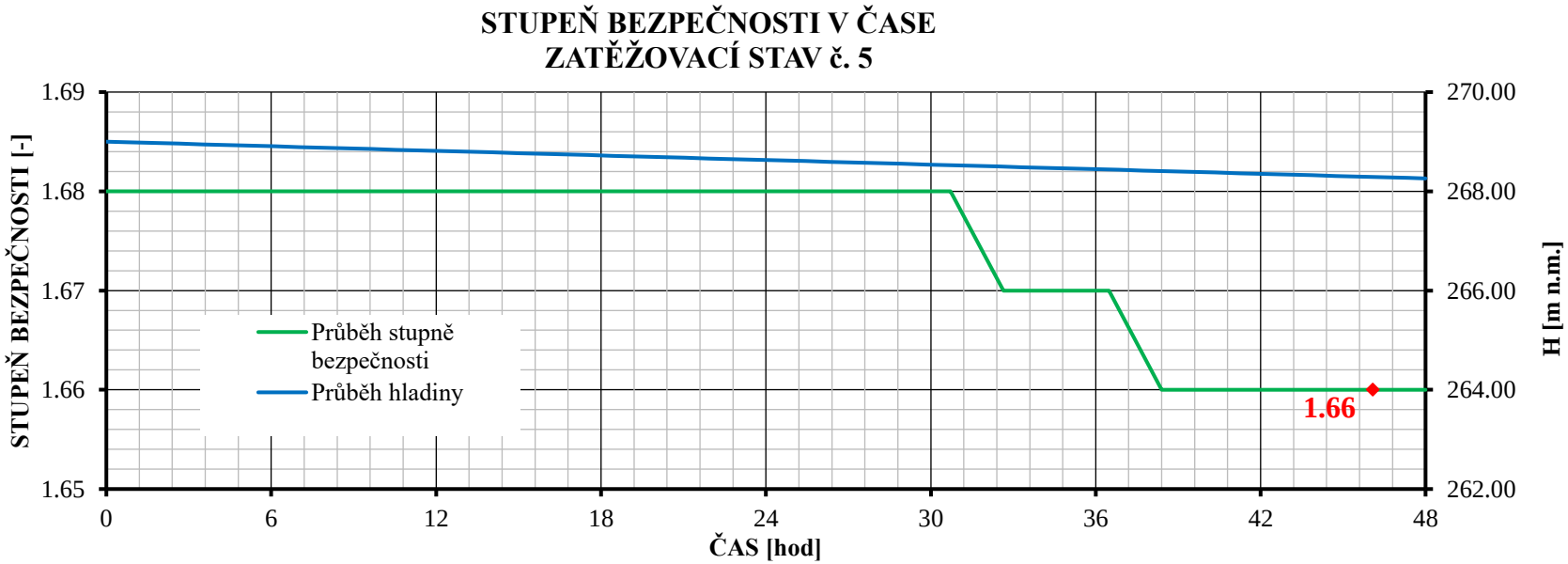
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



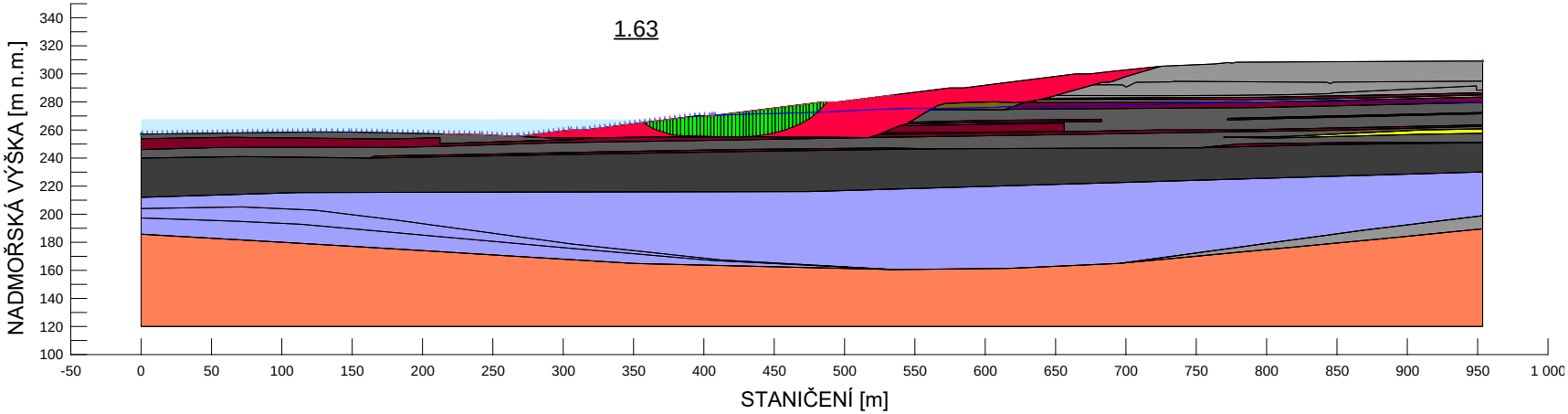


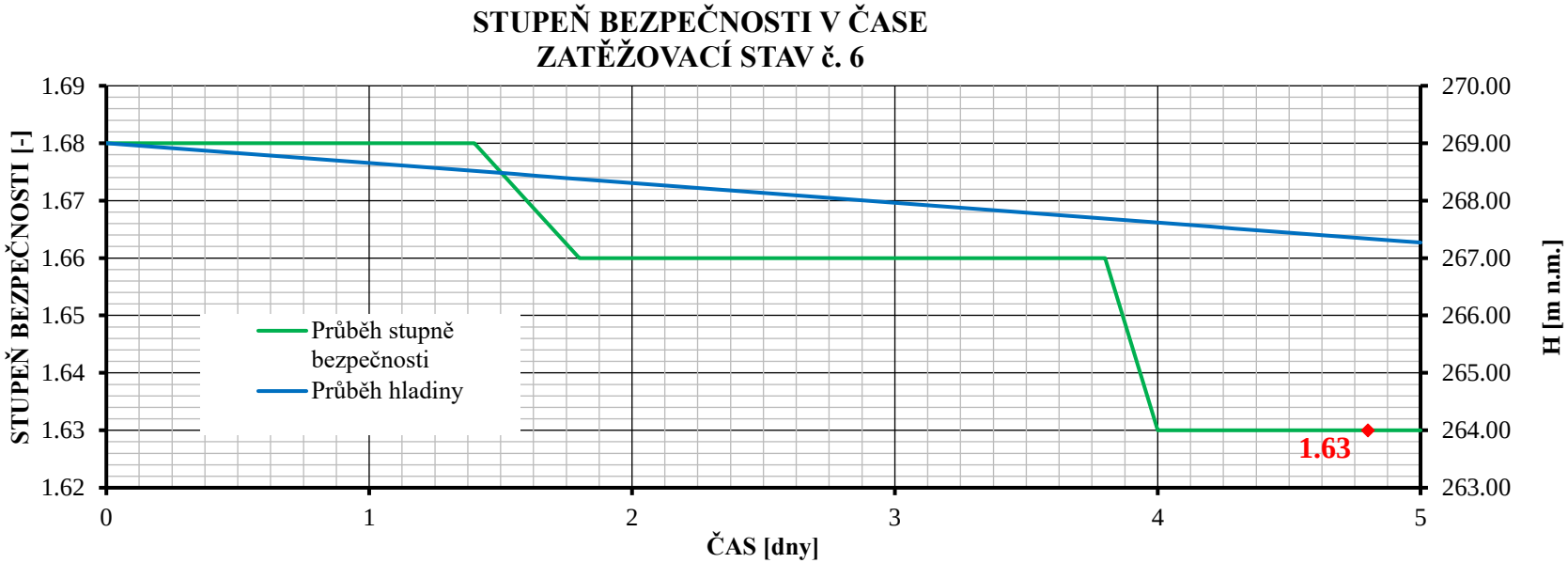
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



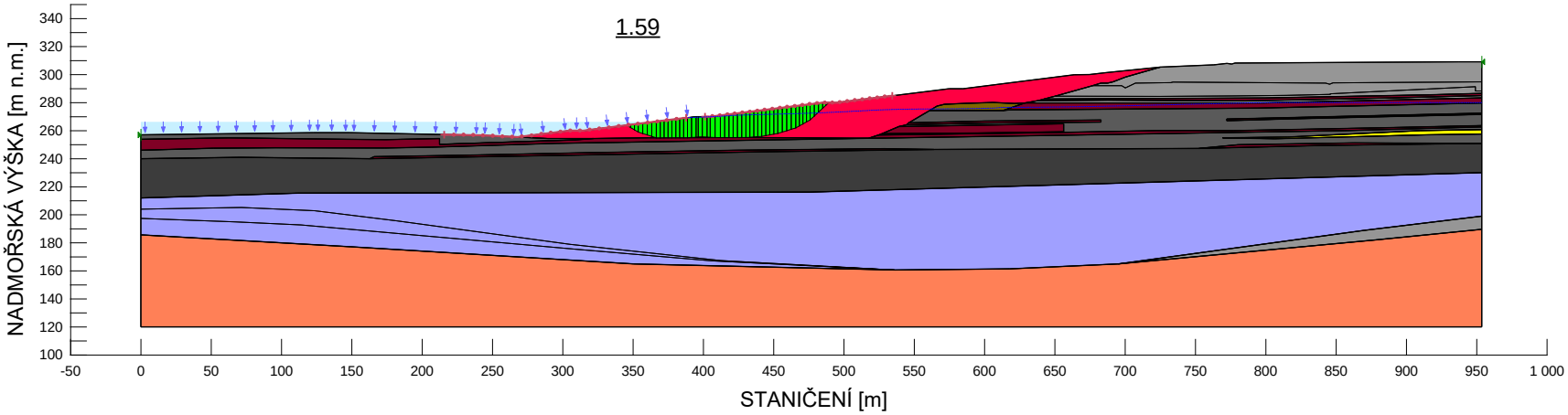


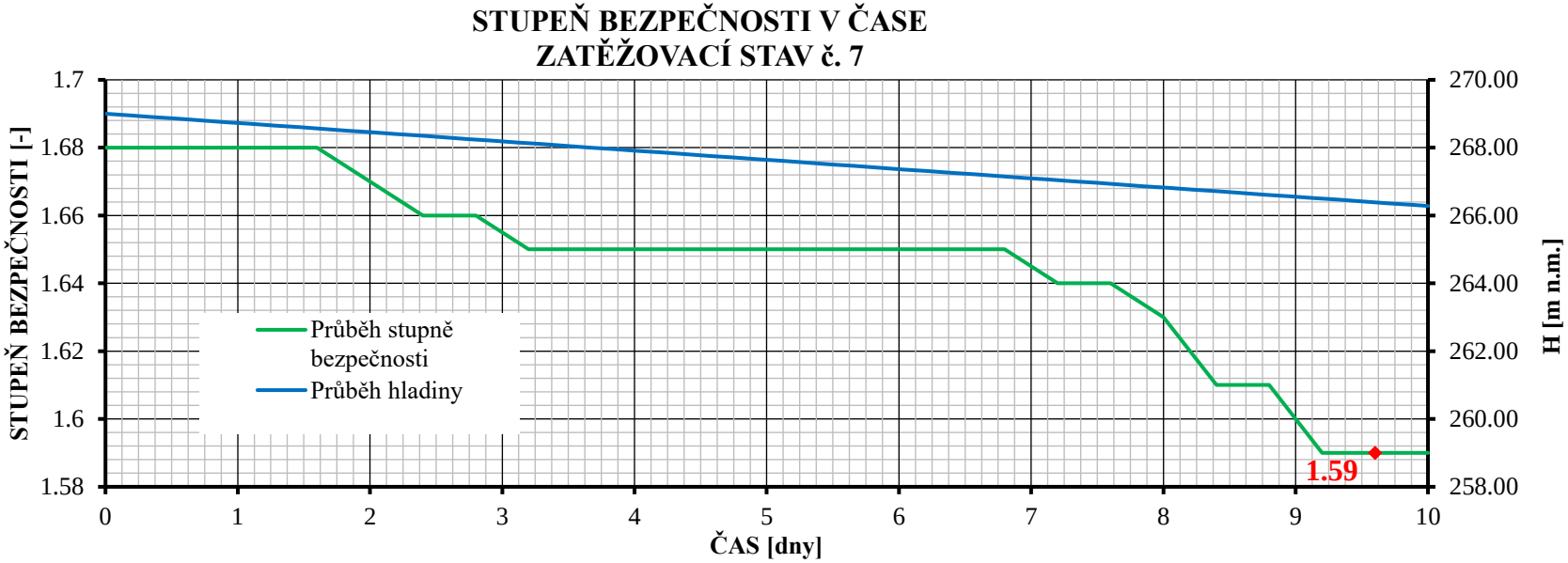
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



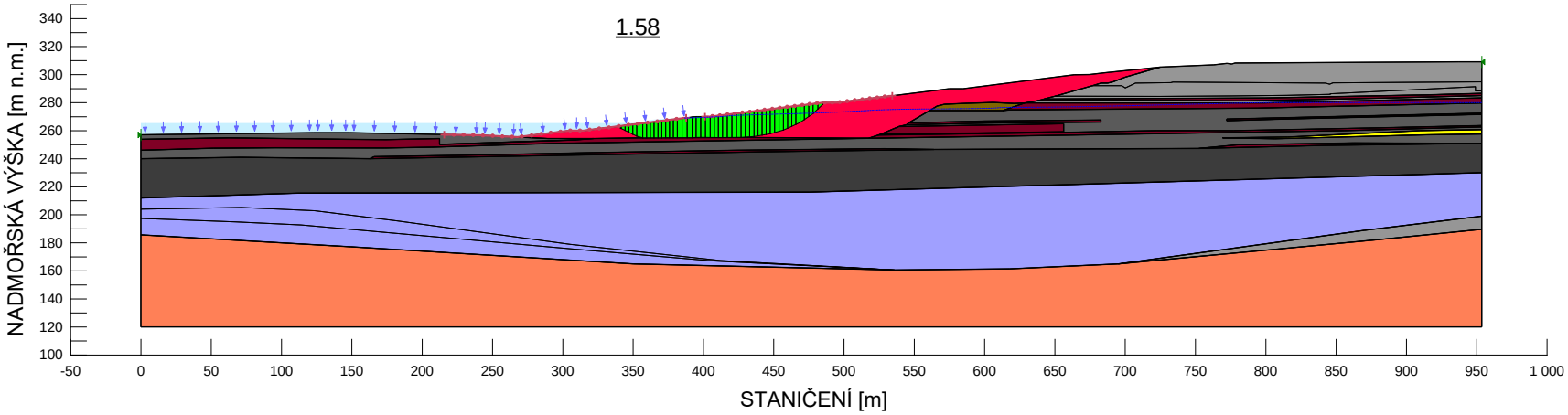


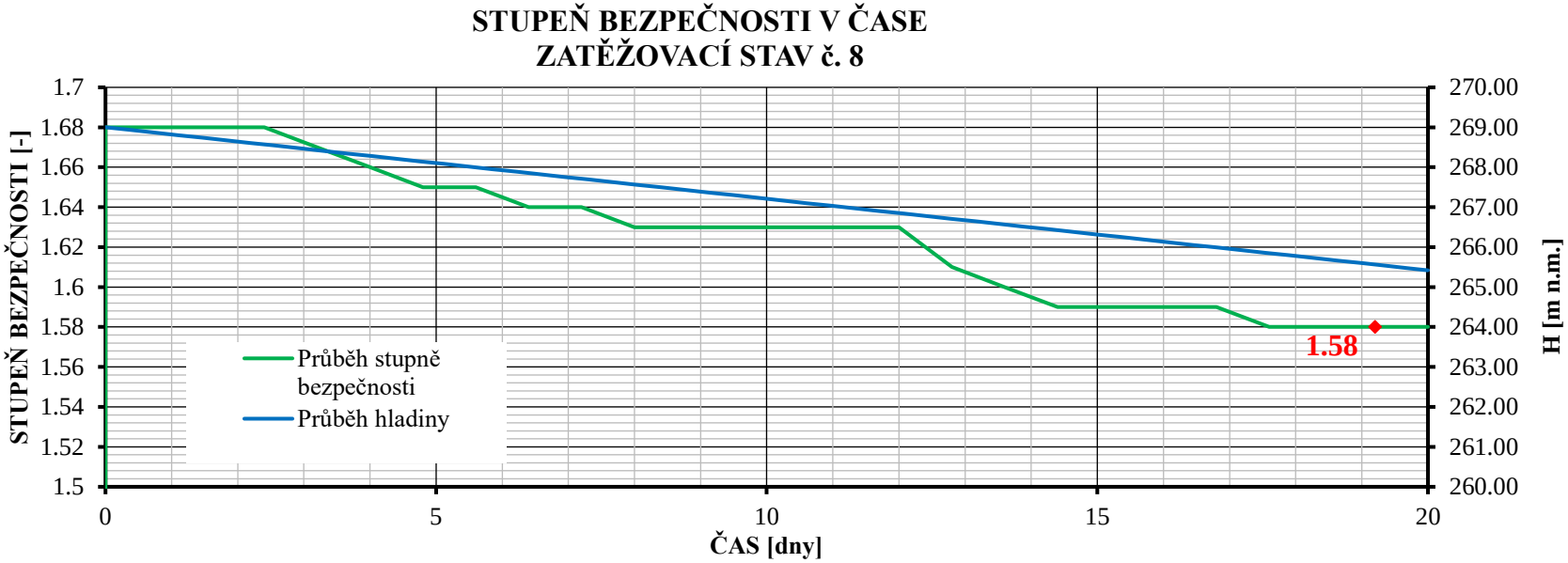
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



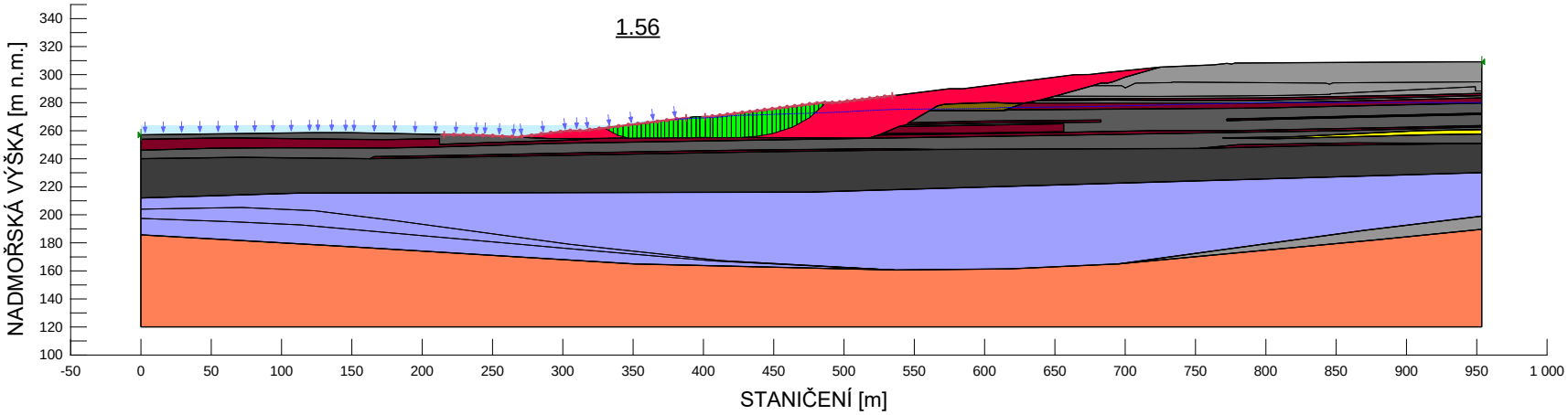


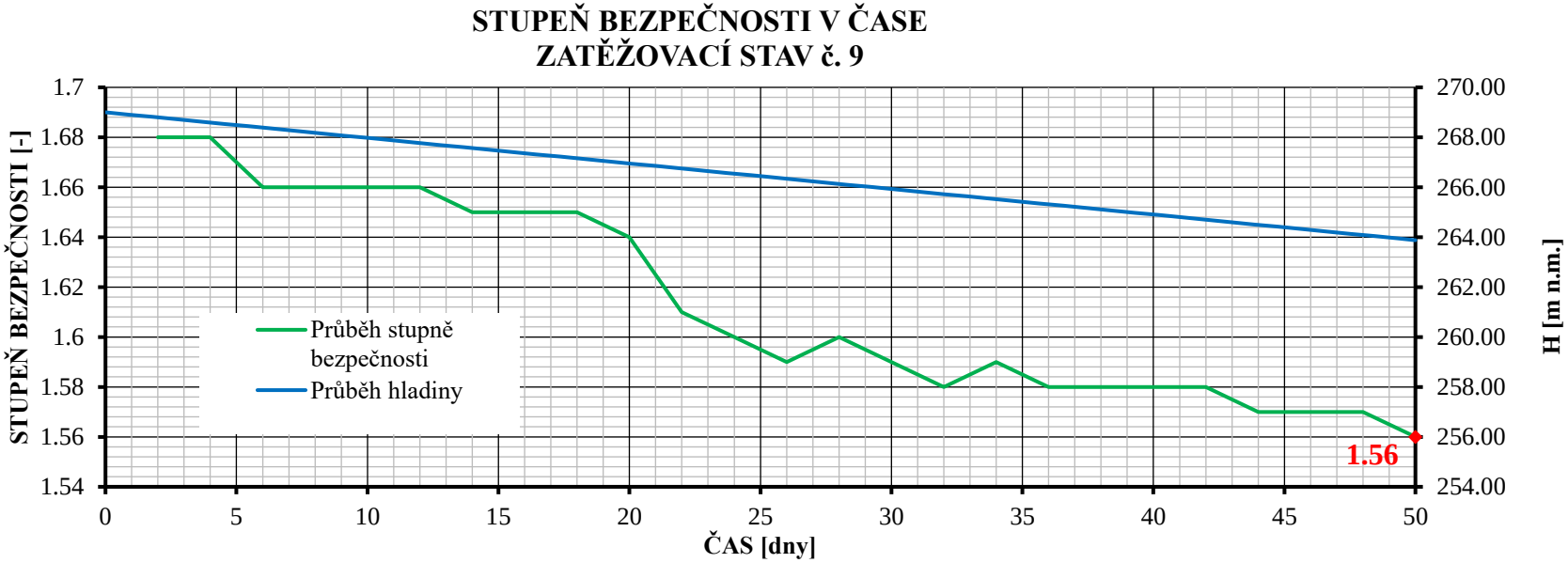
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



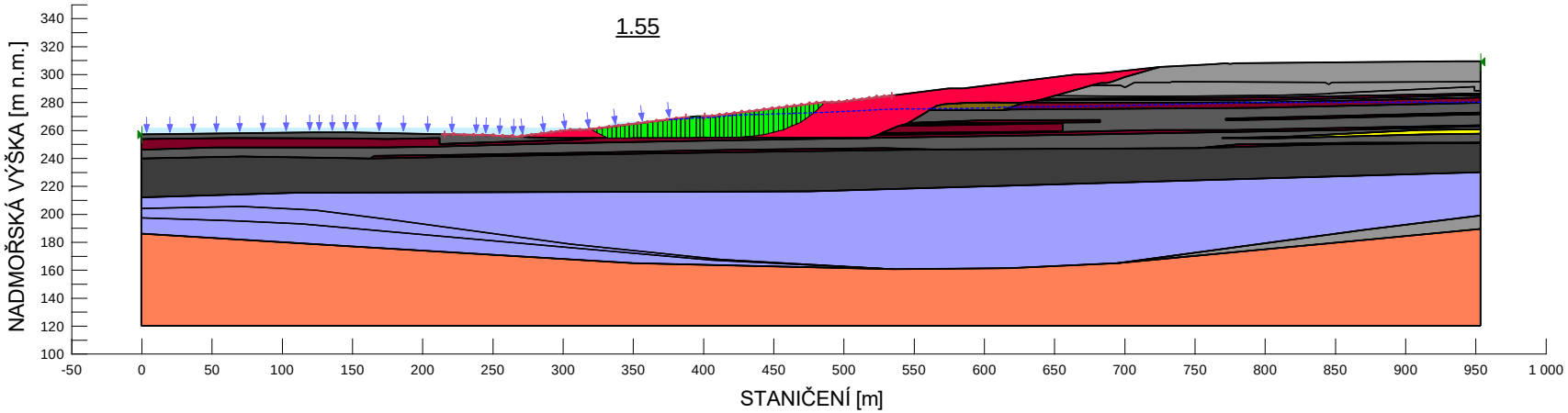


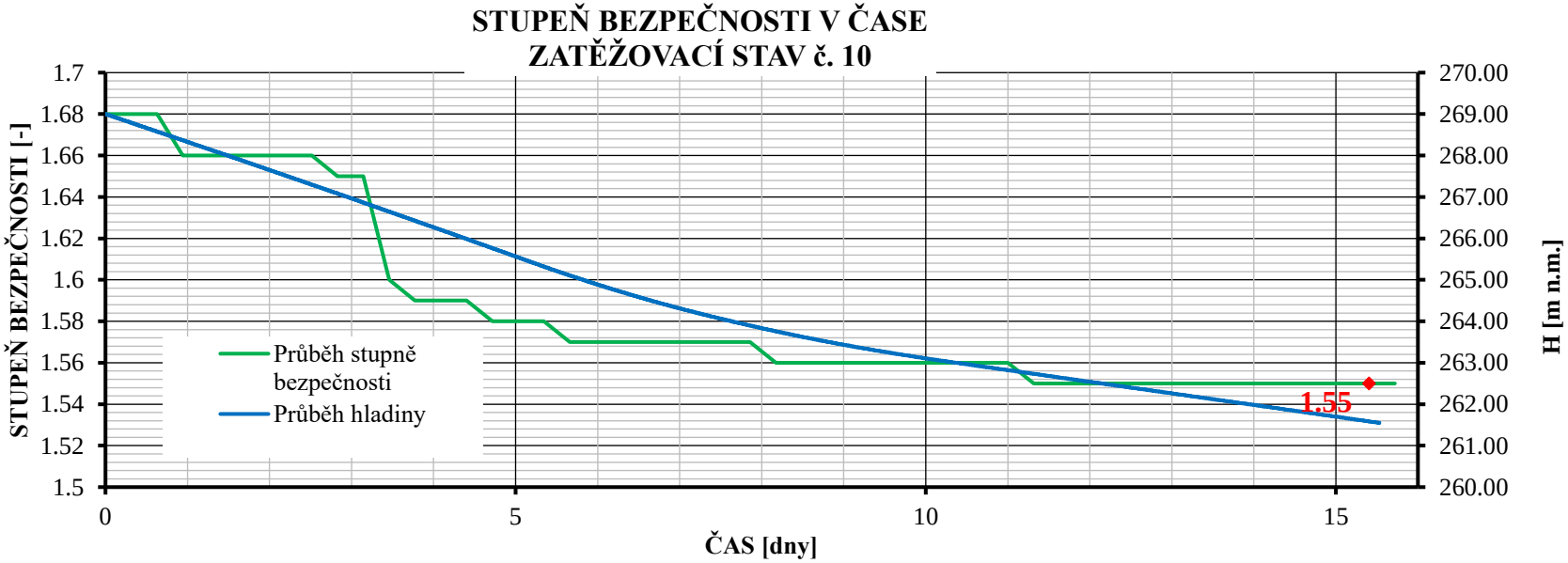
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



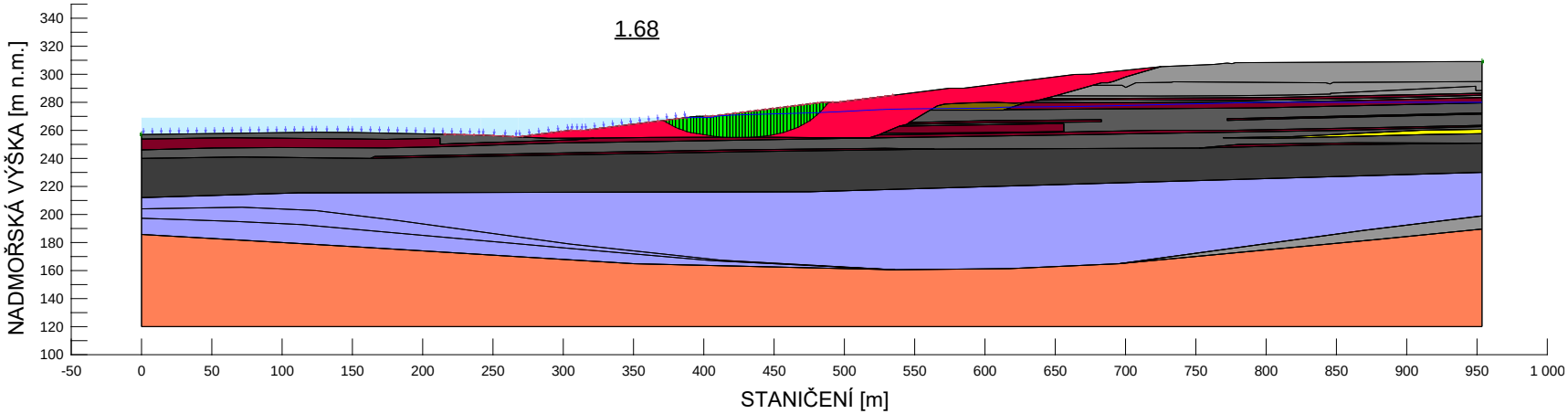


10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)

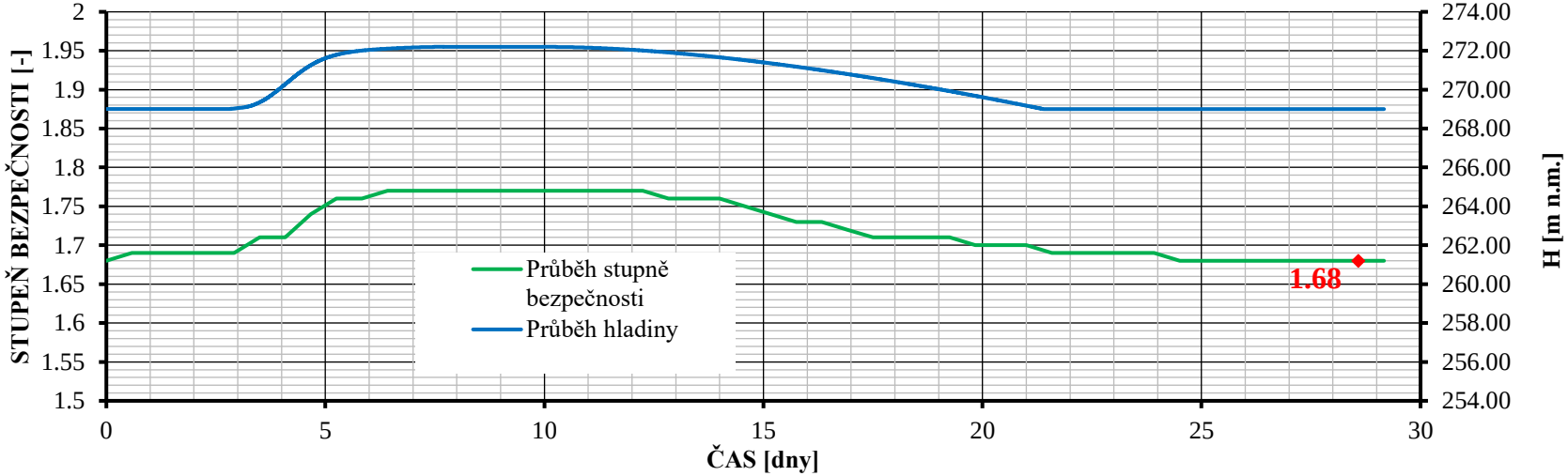




11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})

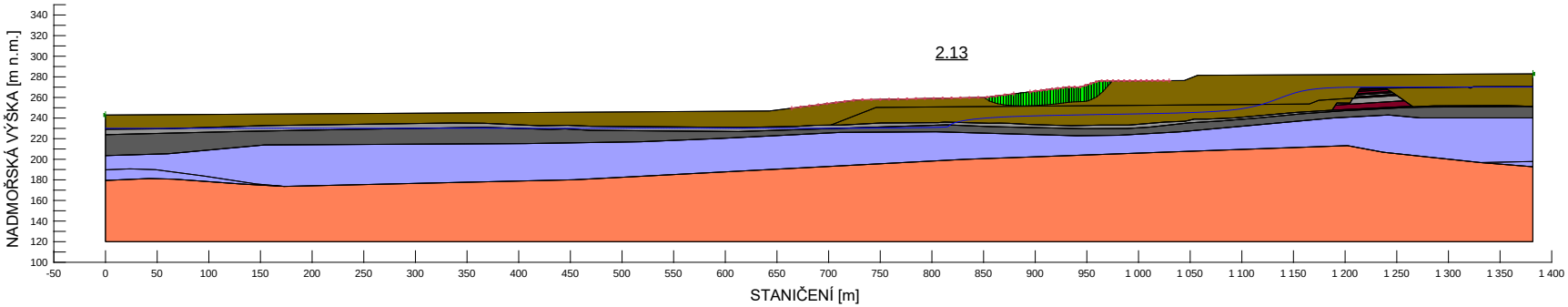


STUPEŇ BEZPEČNOSTI V ČASE
ZATĚŽOVACÍ STAV č. 11

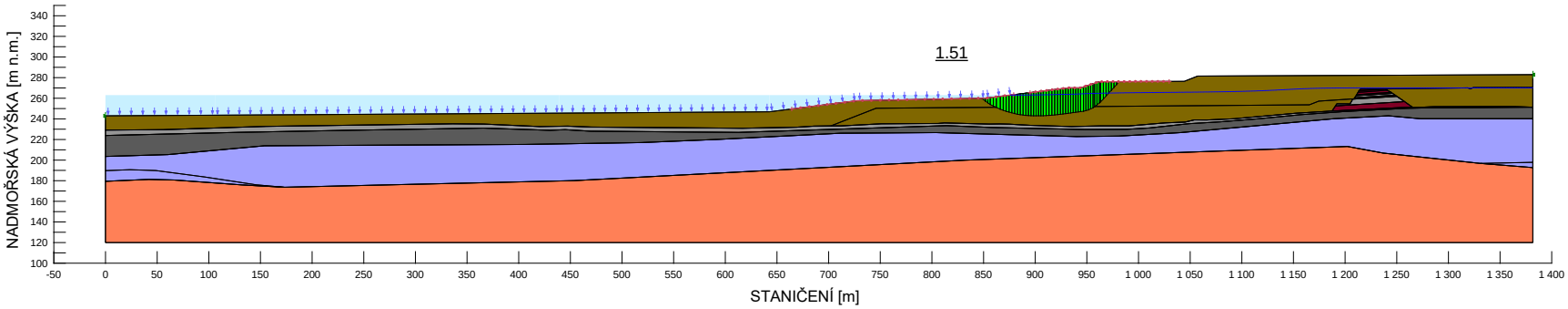


VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF6

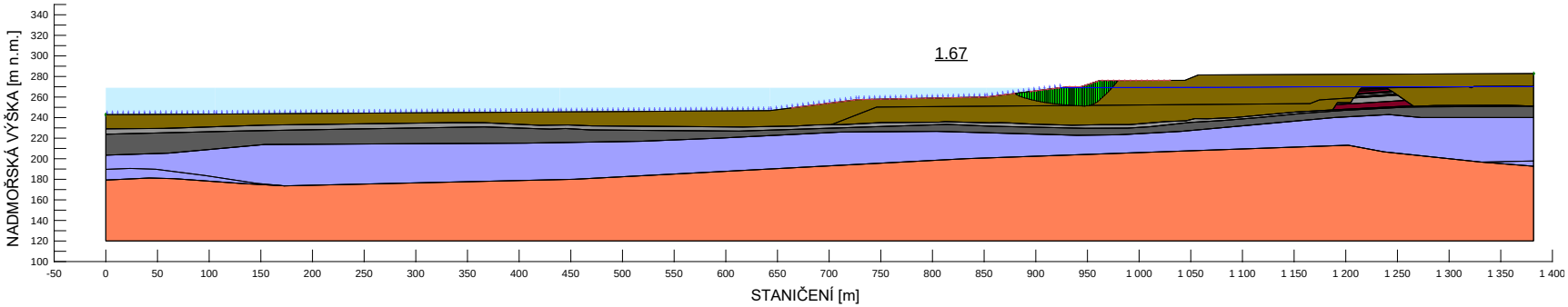
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



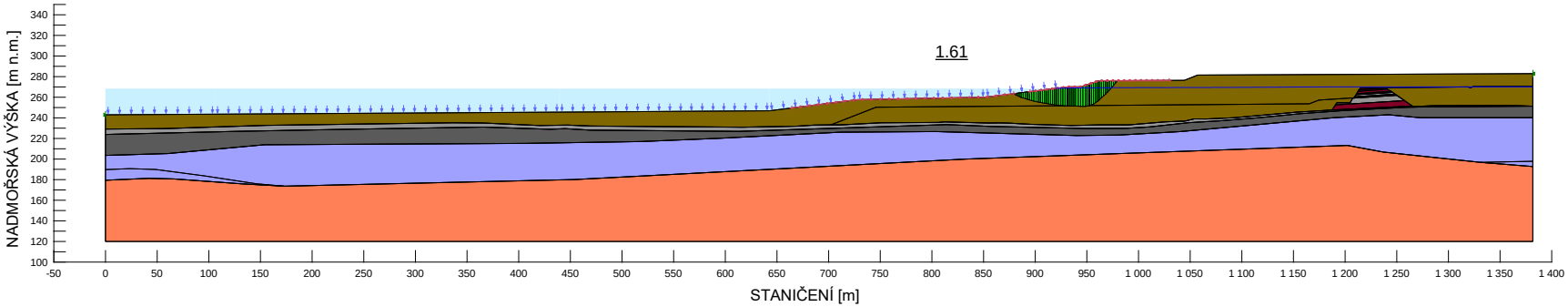
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

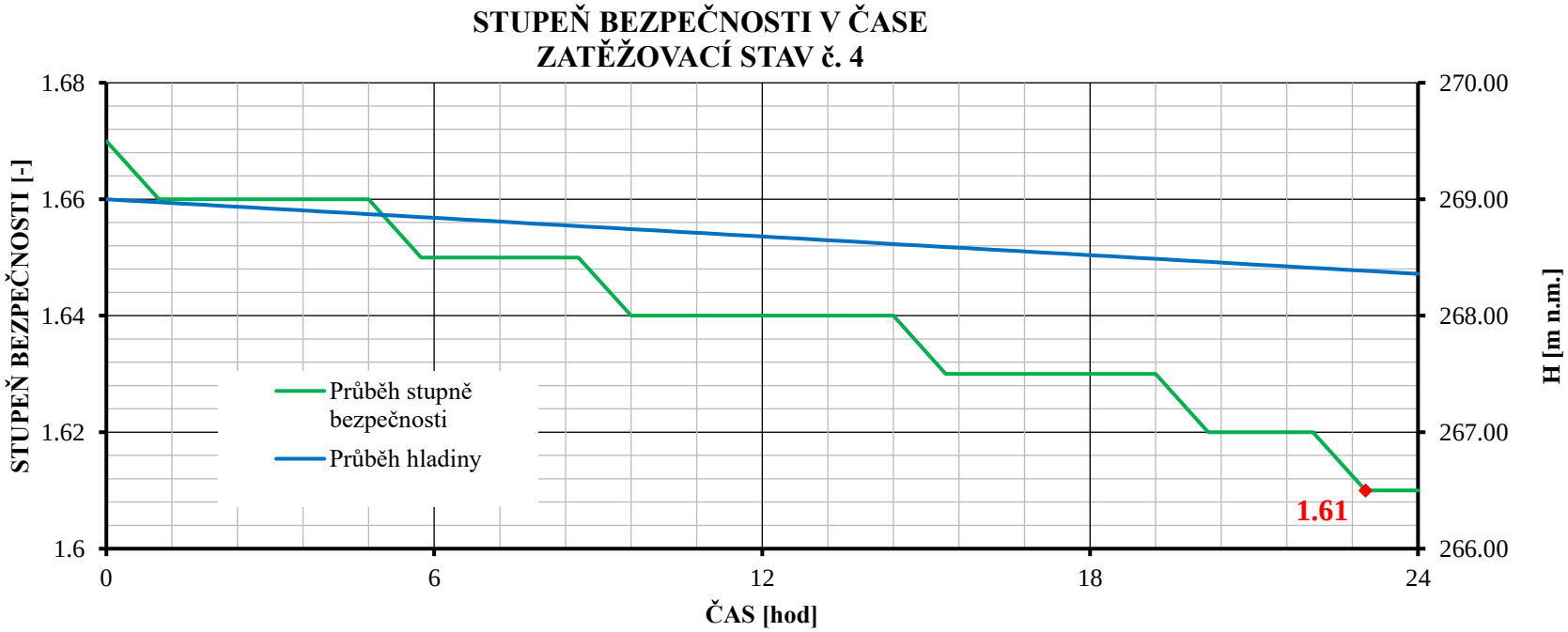


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

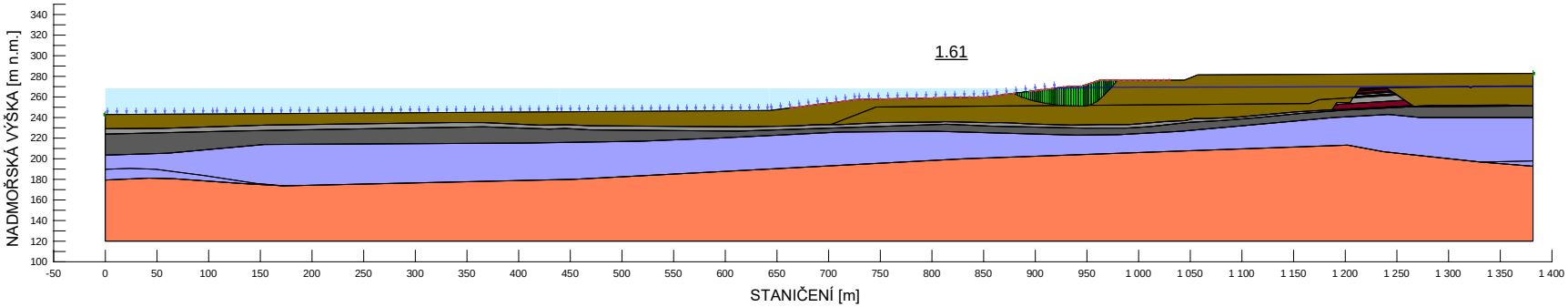


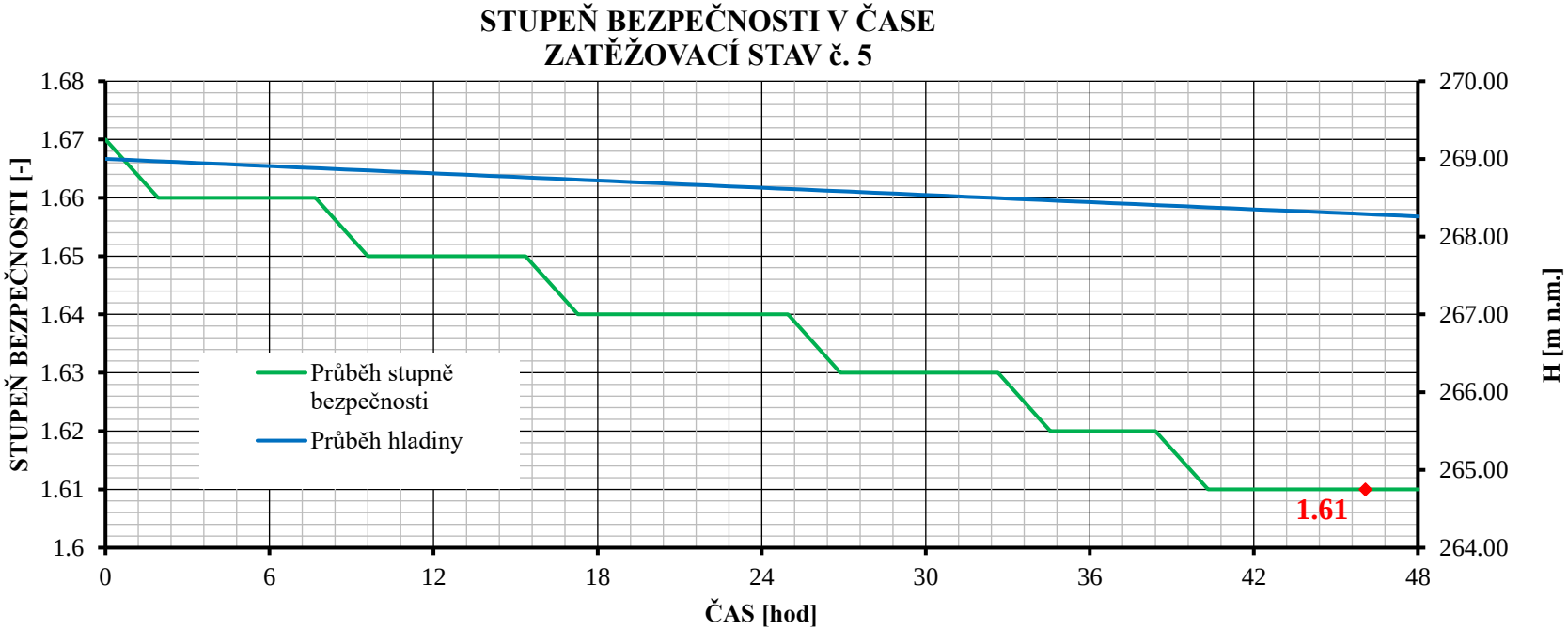
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



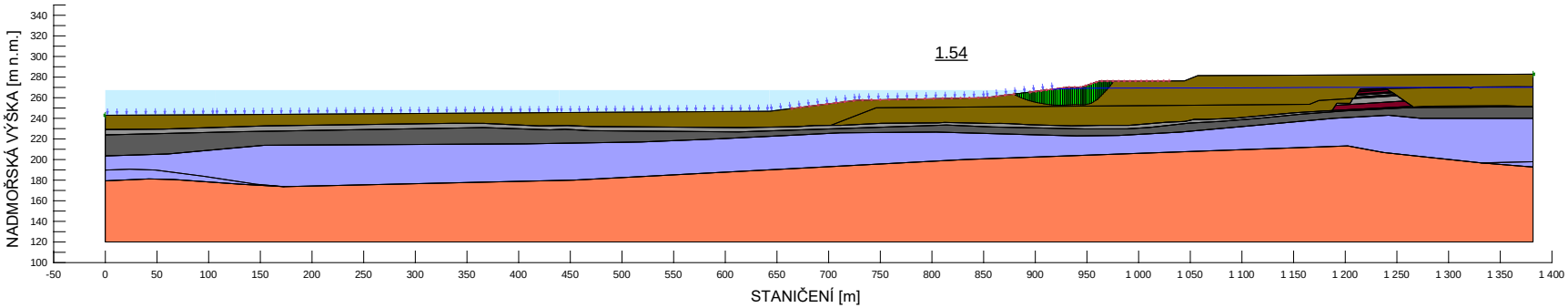


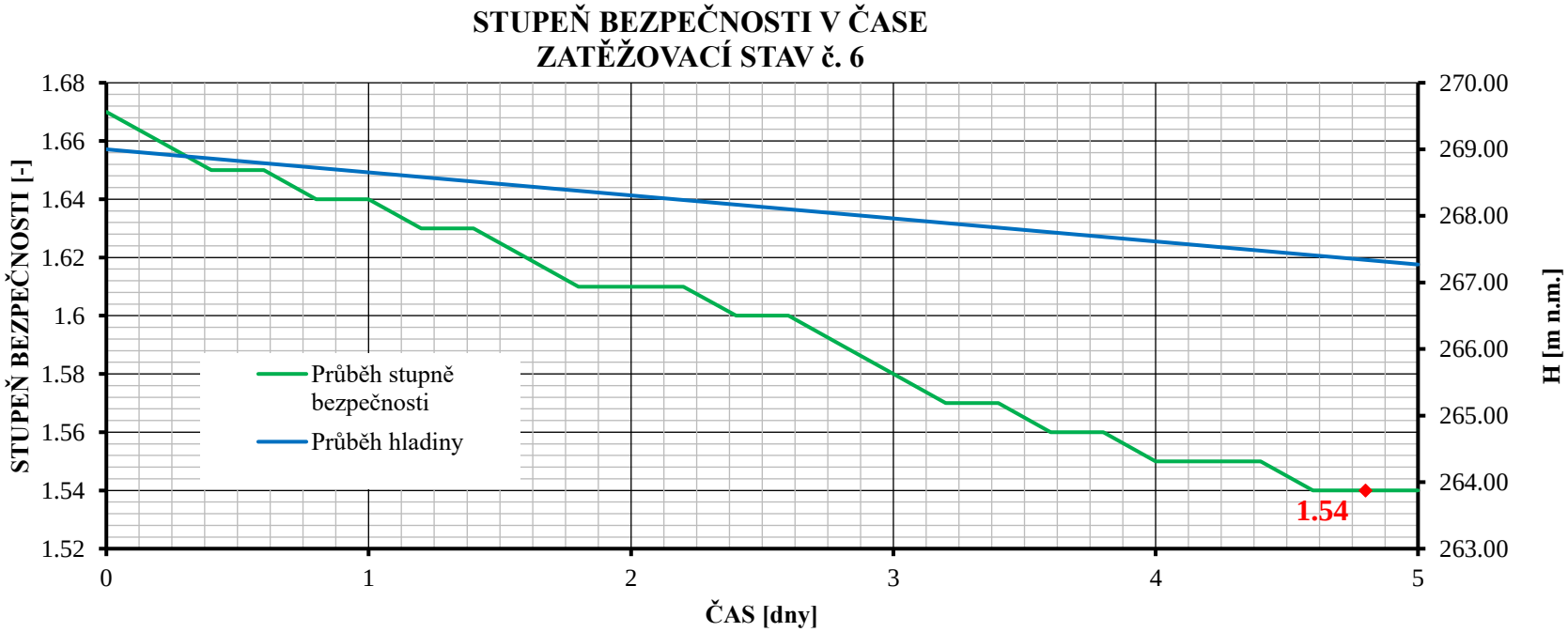
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



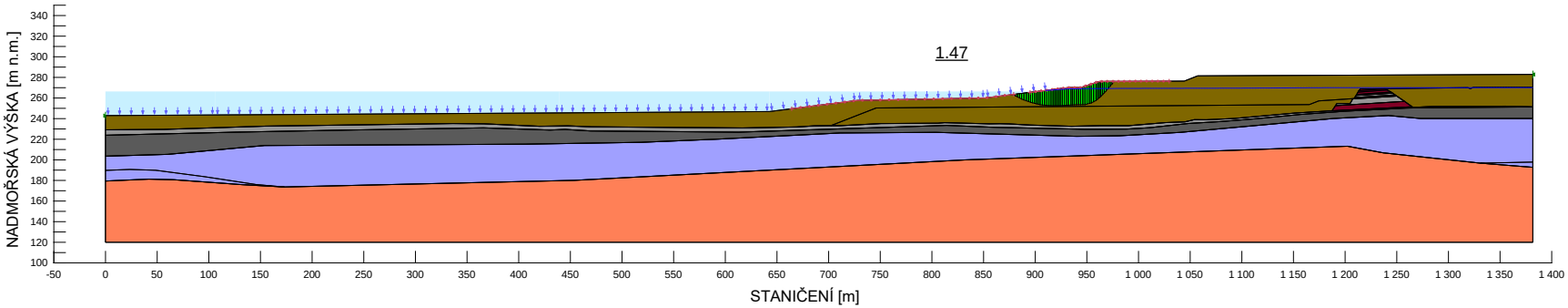


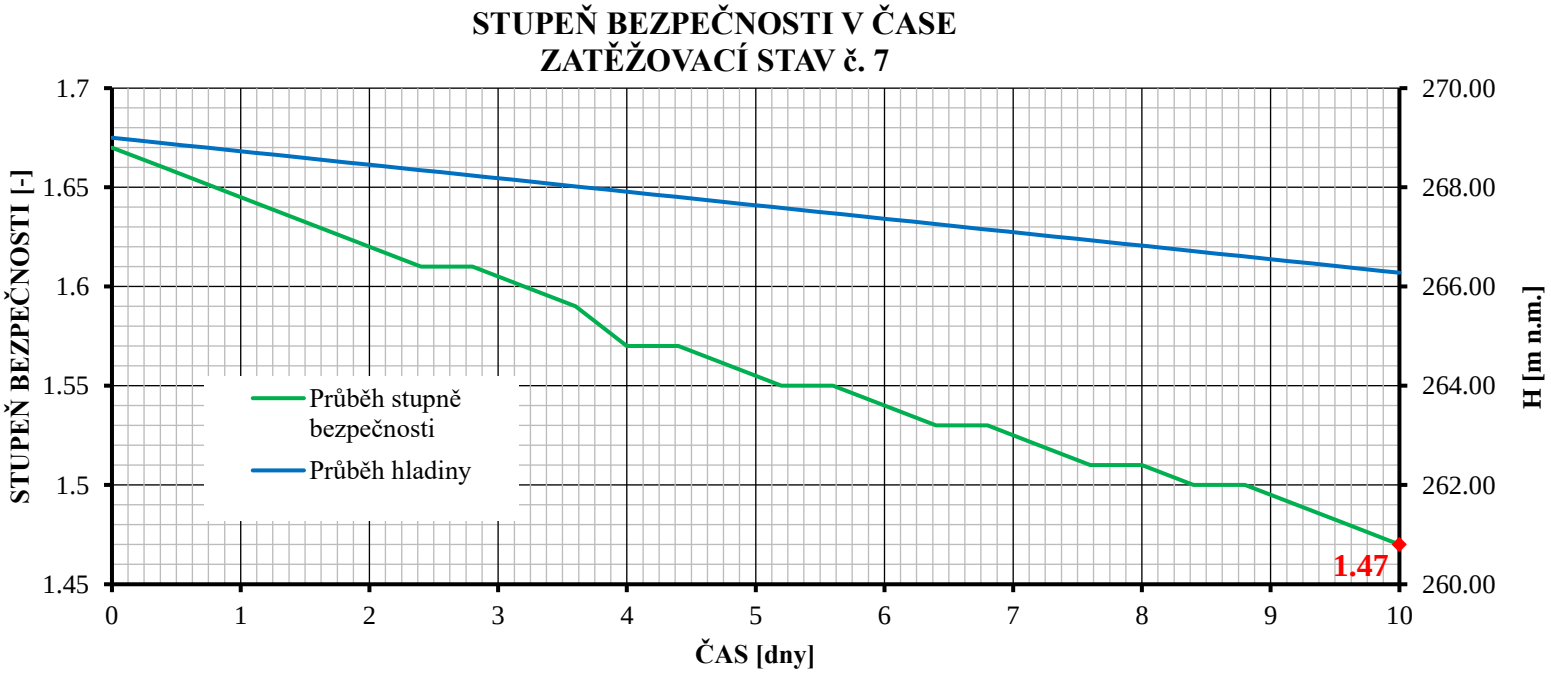
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



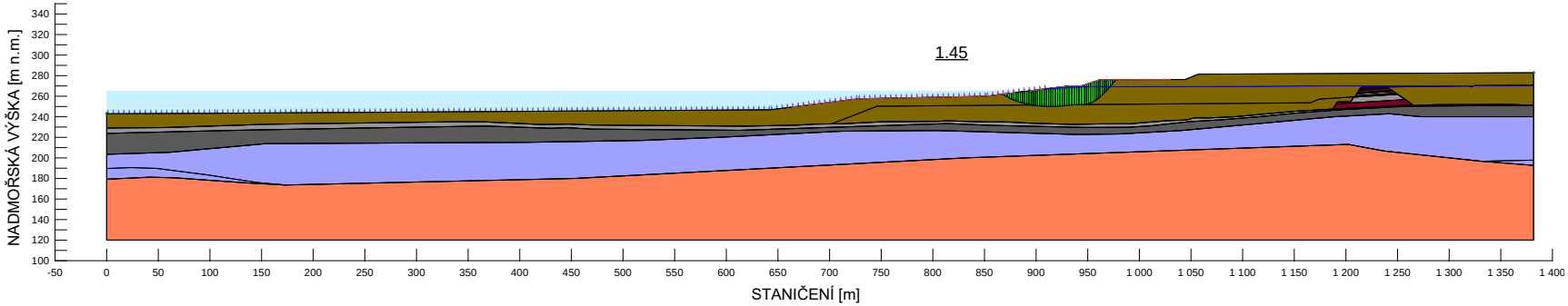


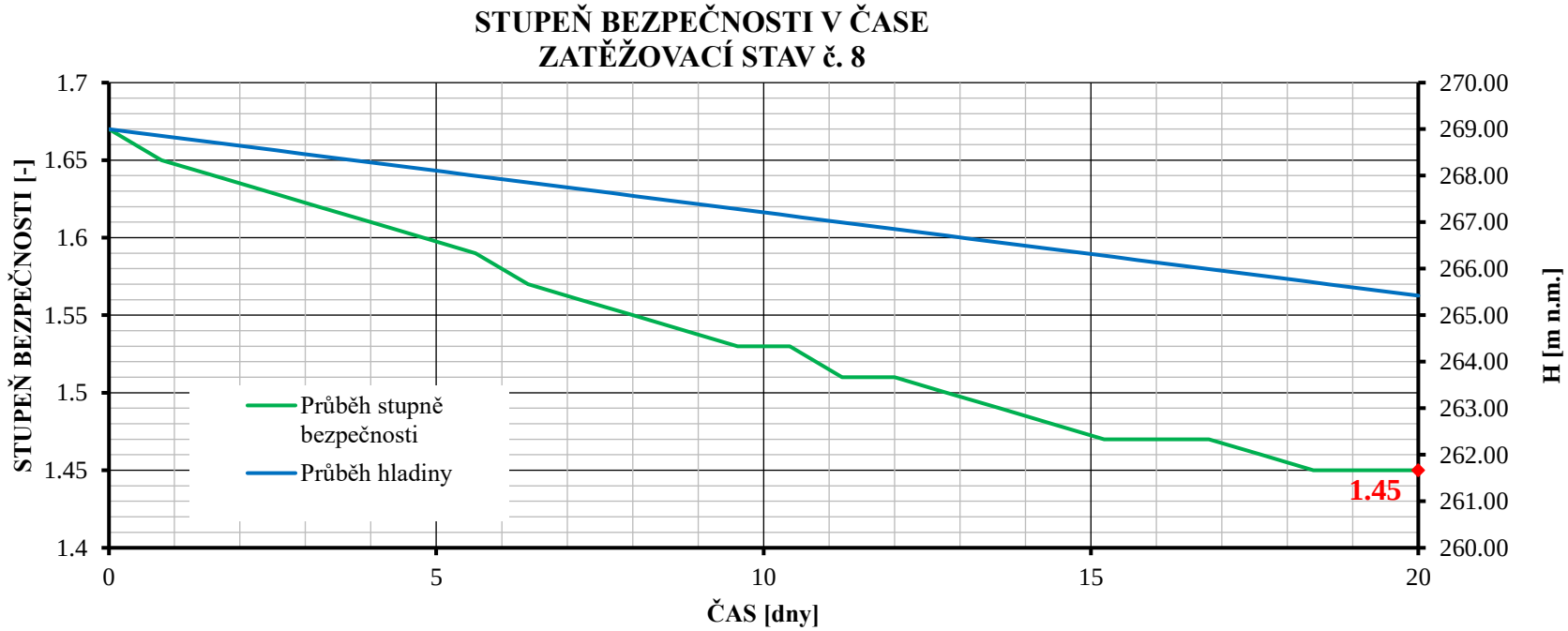
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



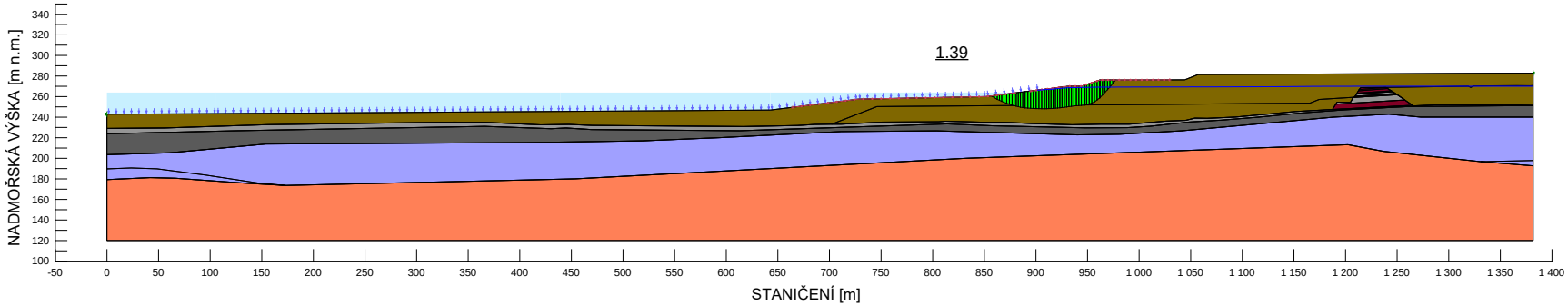


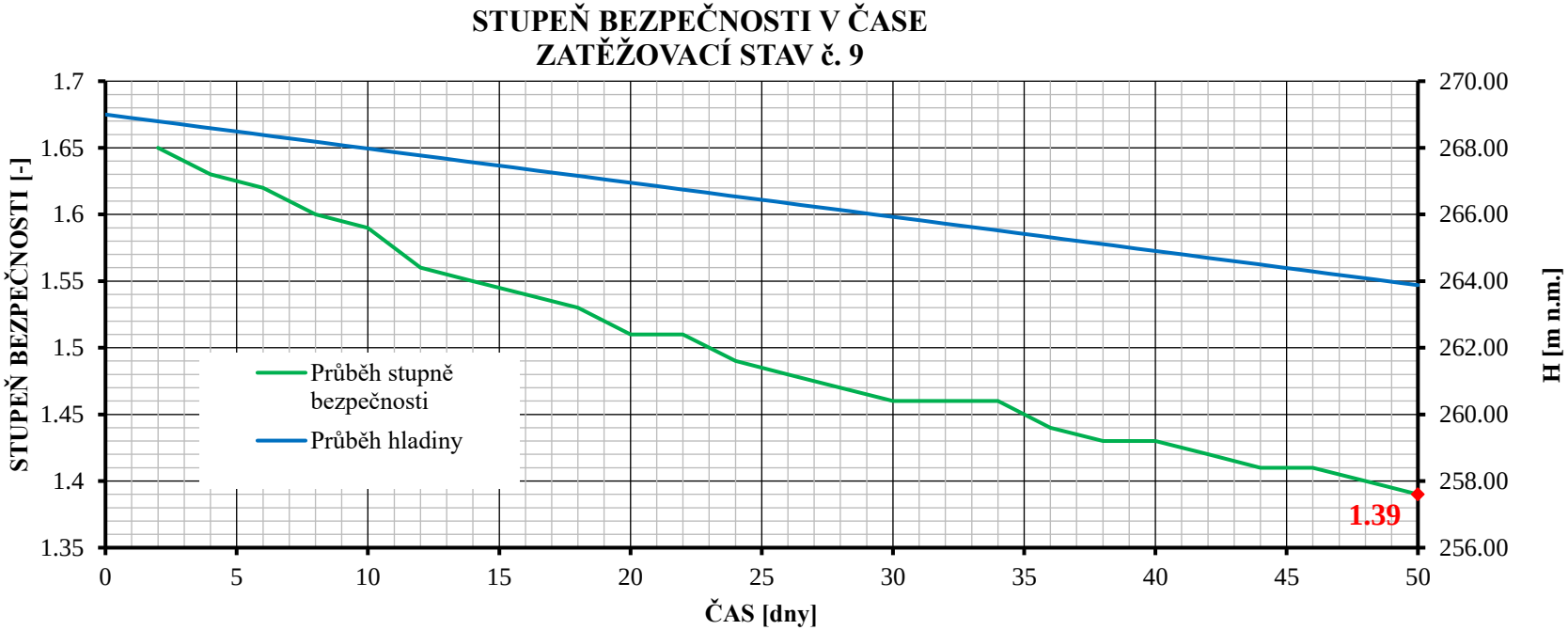
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



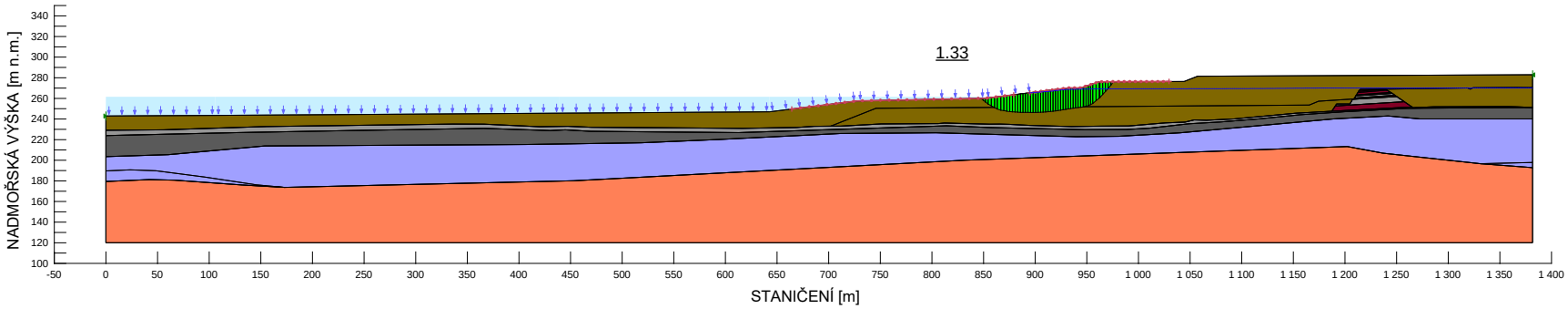


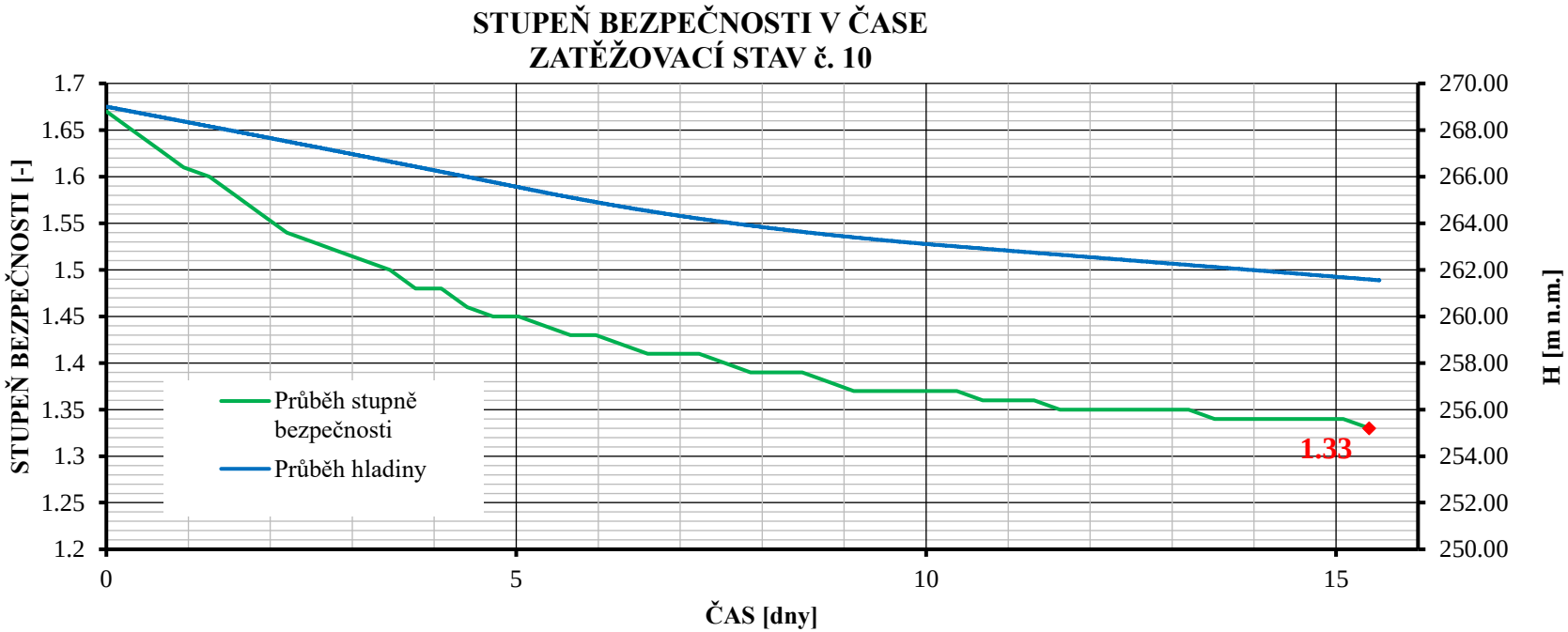
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



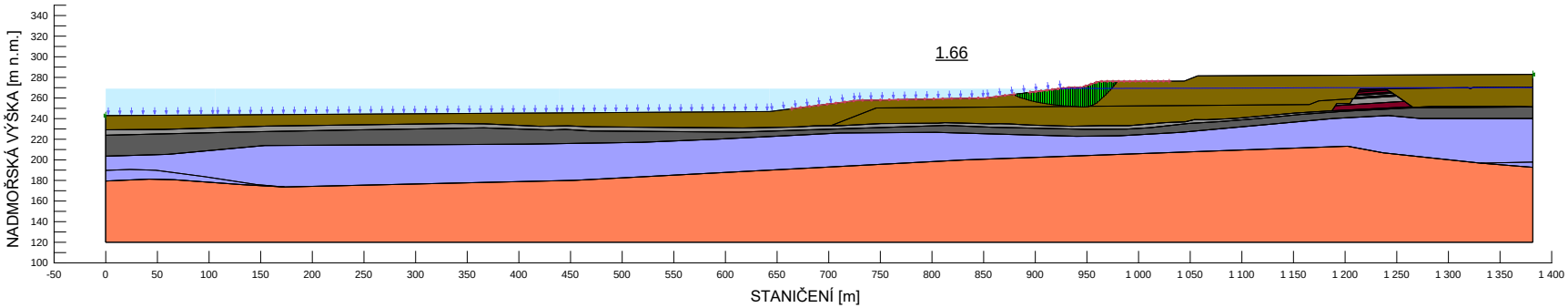


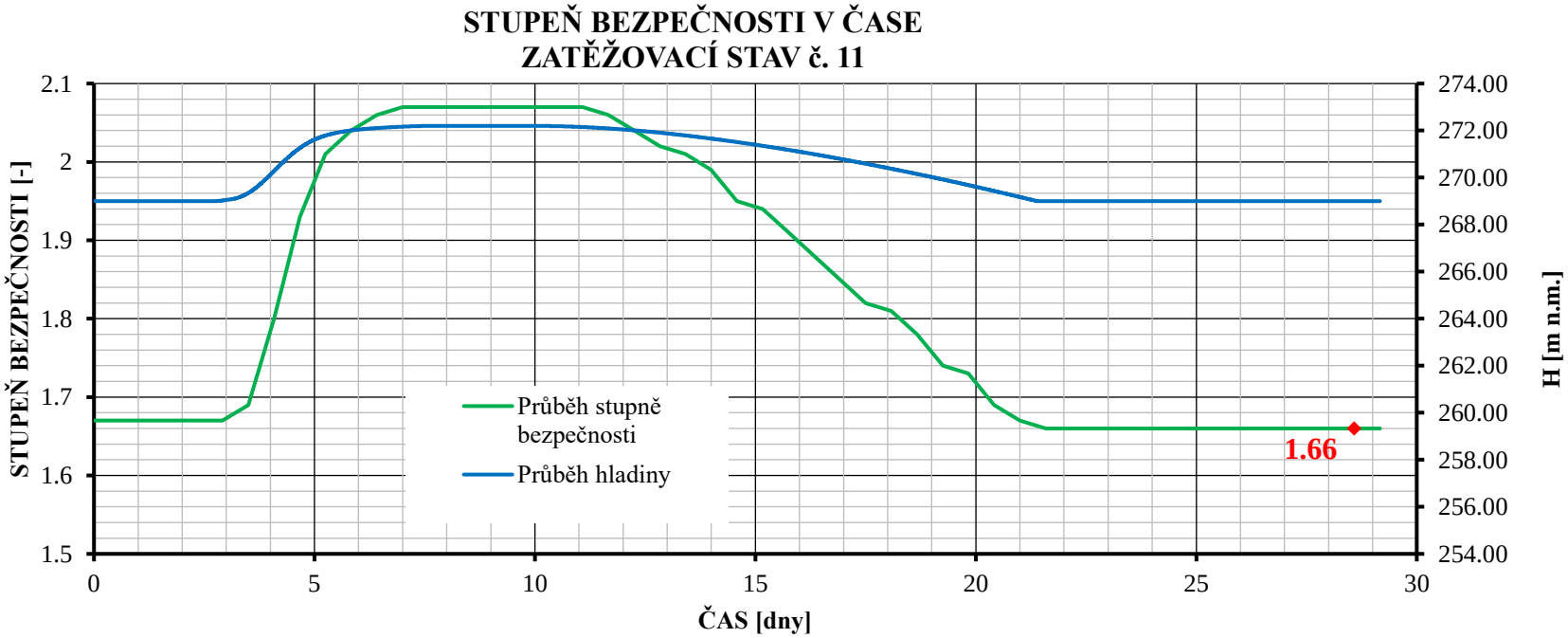
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





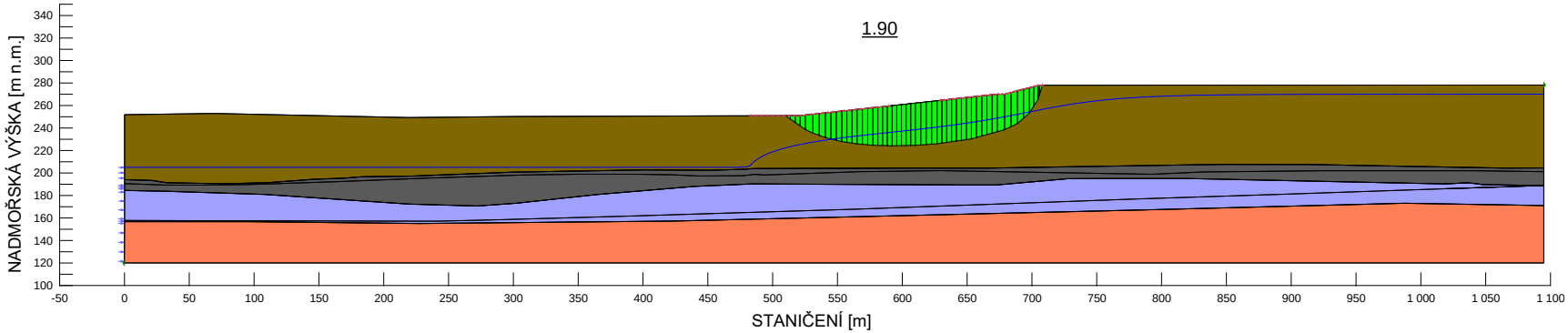
11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})



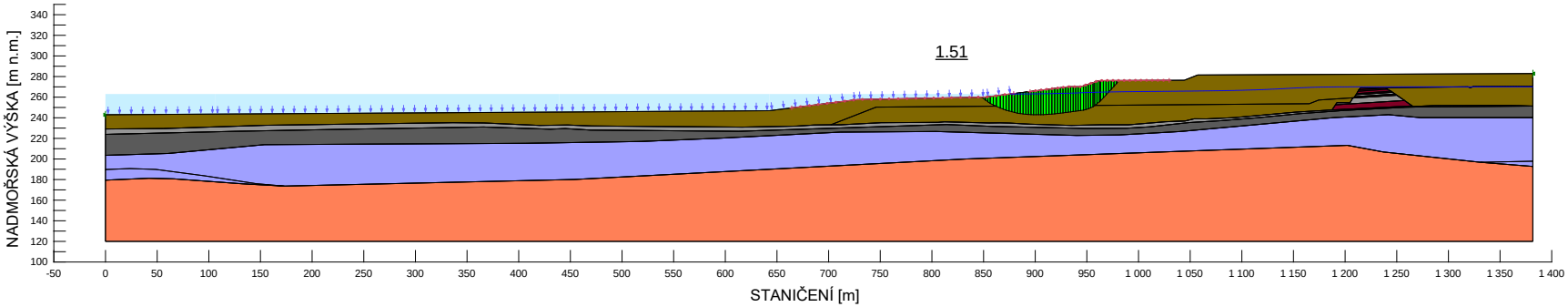


VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF7

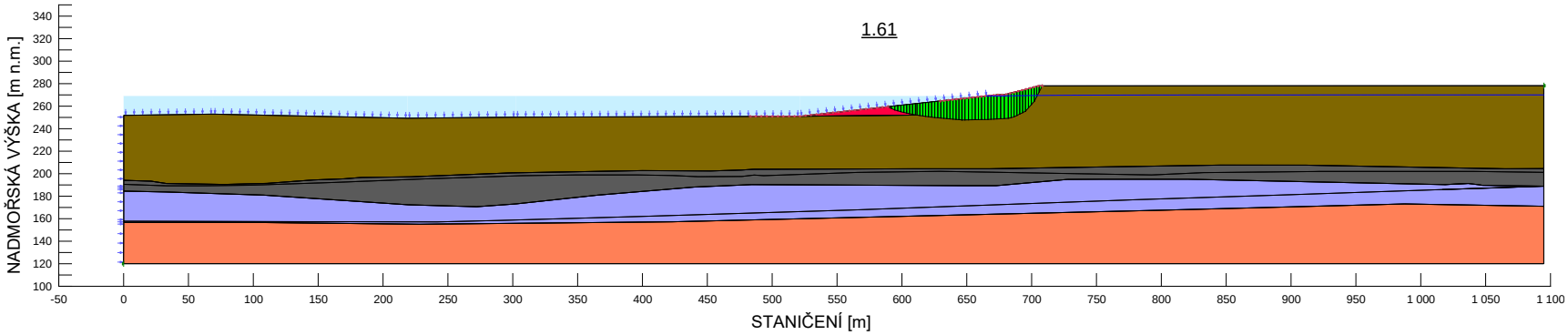
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



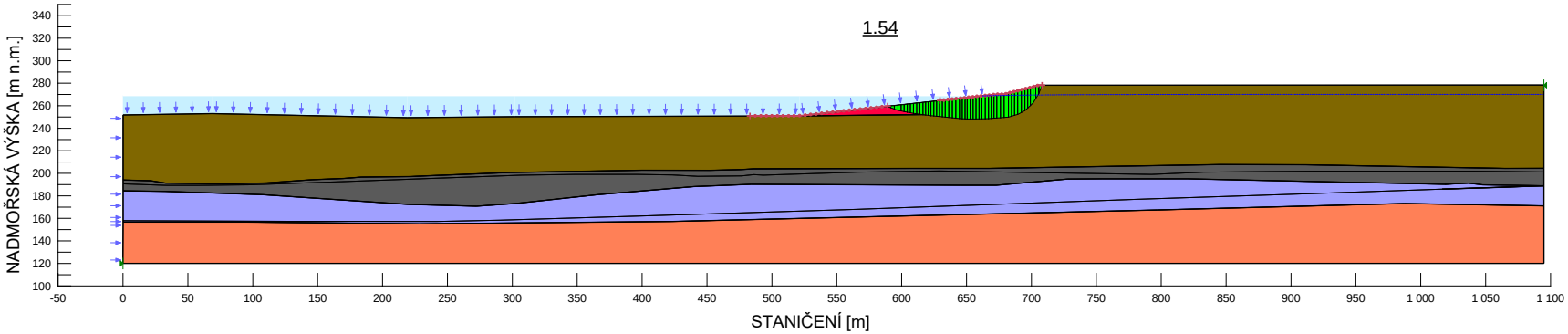
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

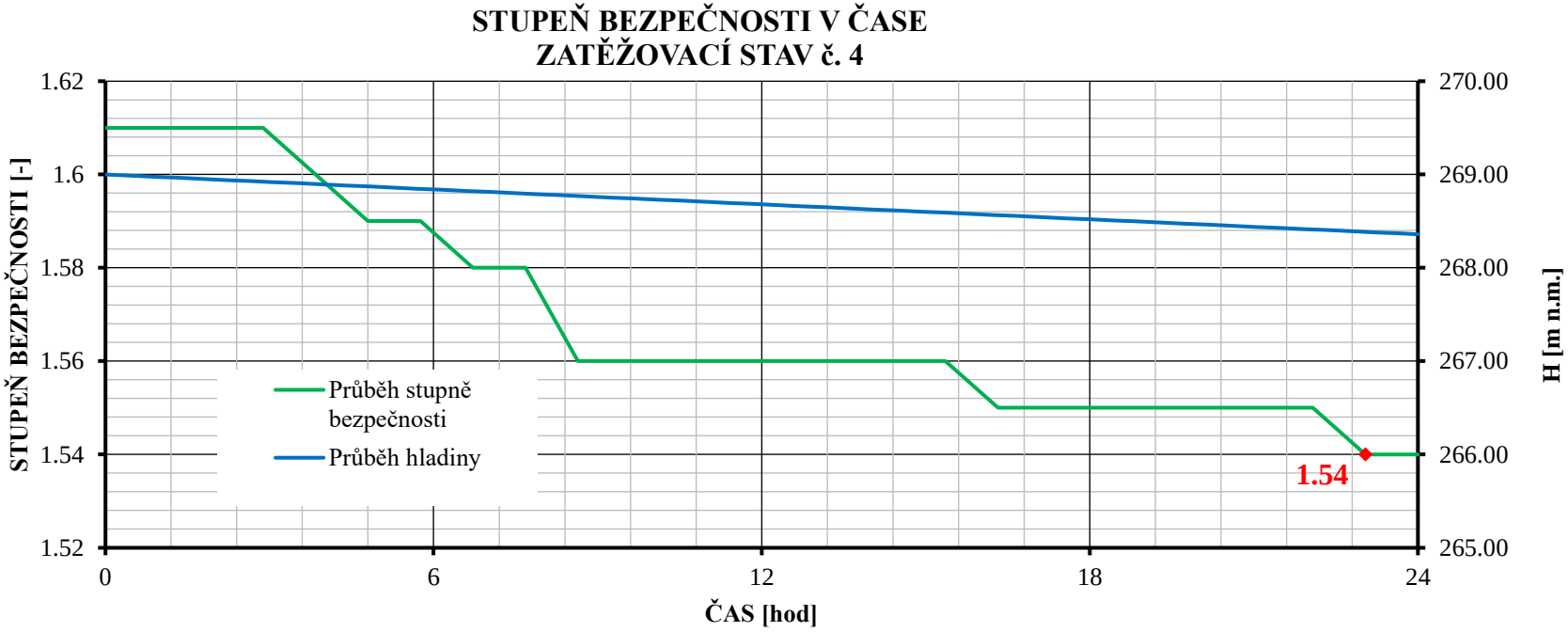


3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

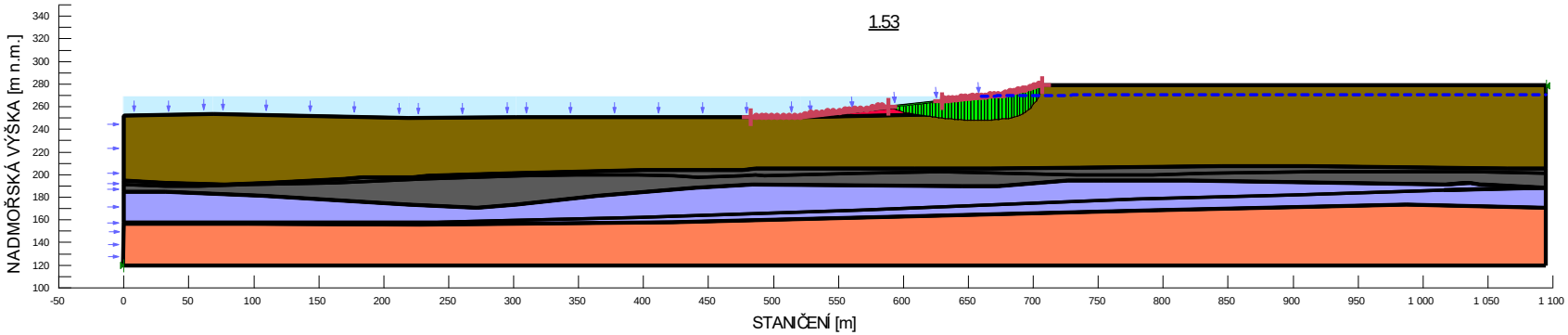


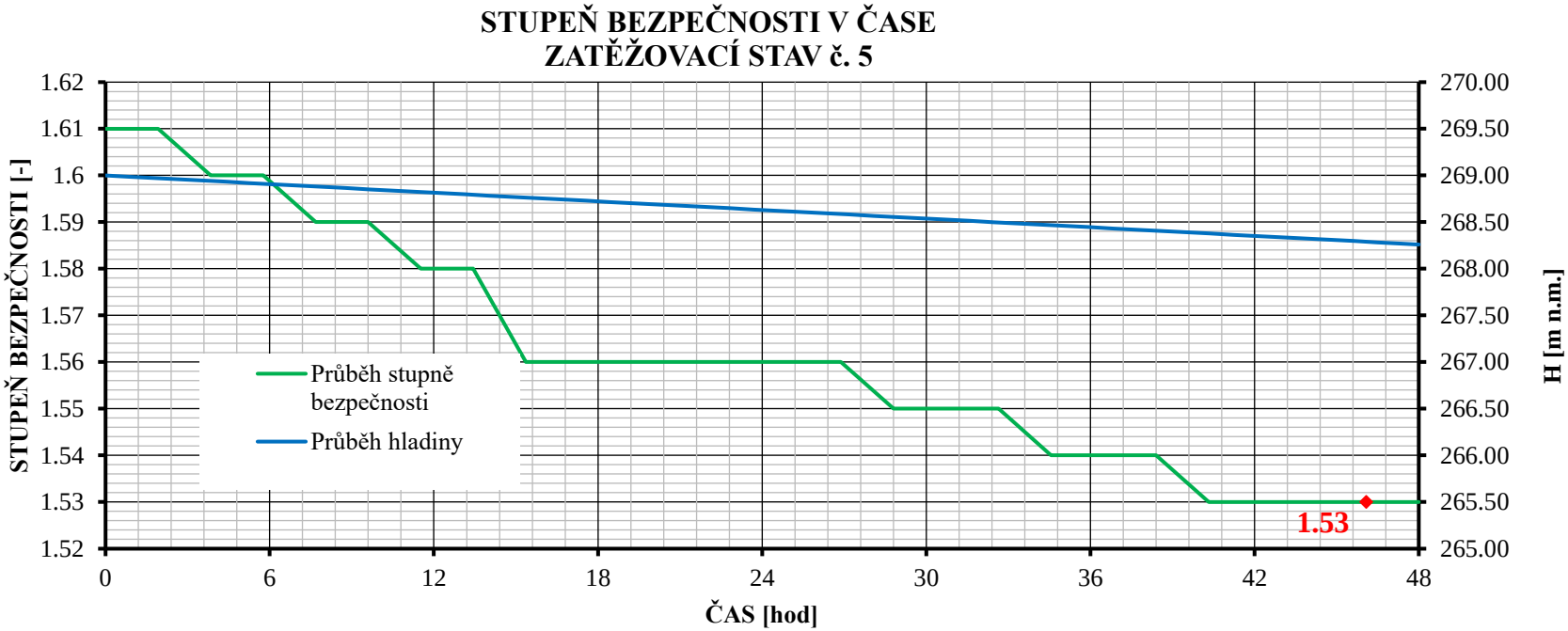
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN



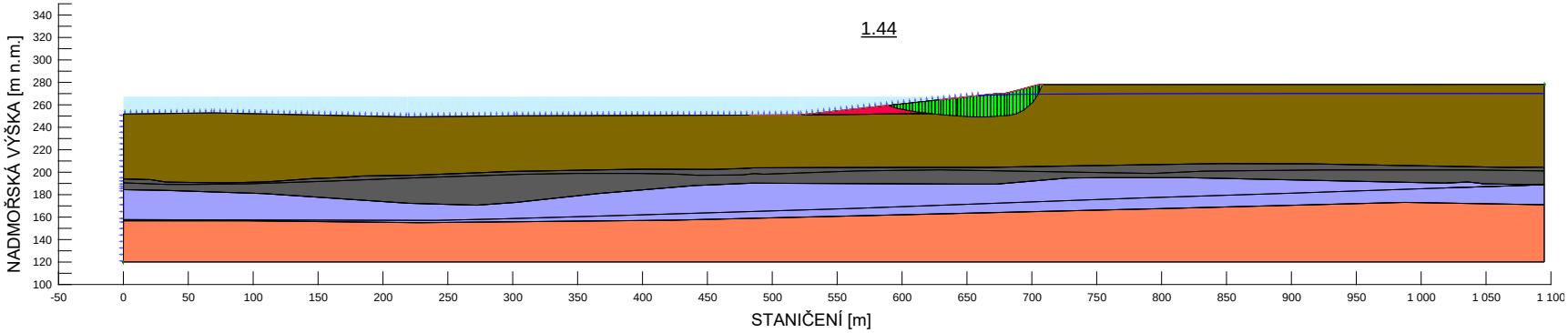


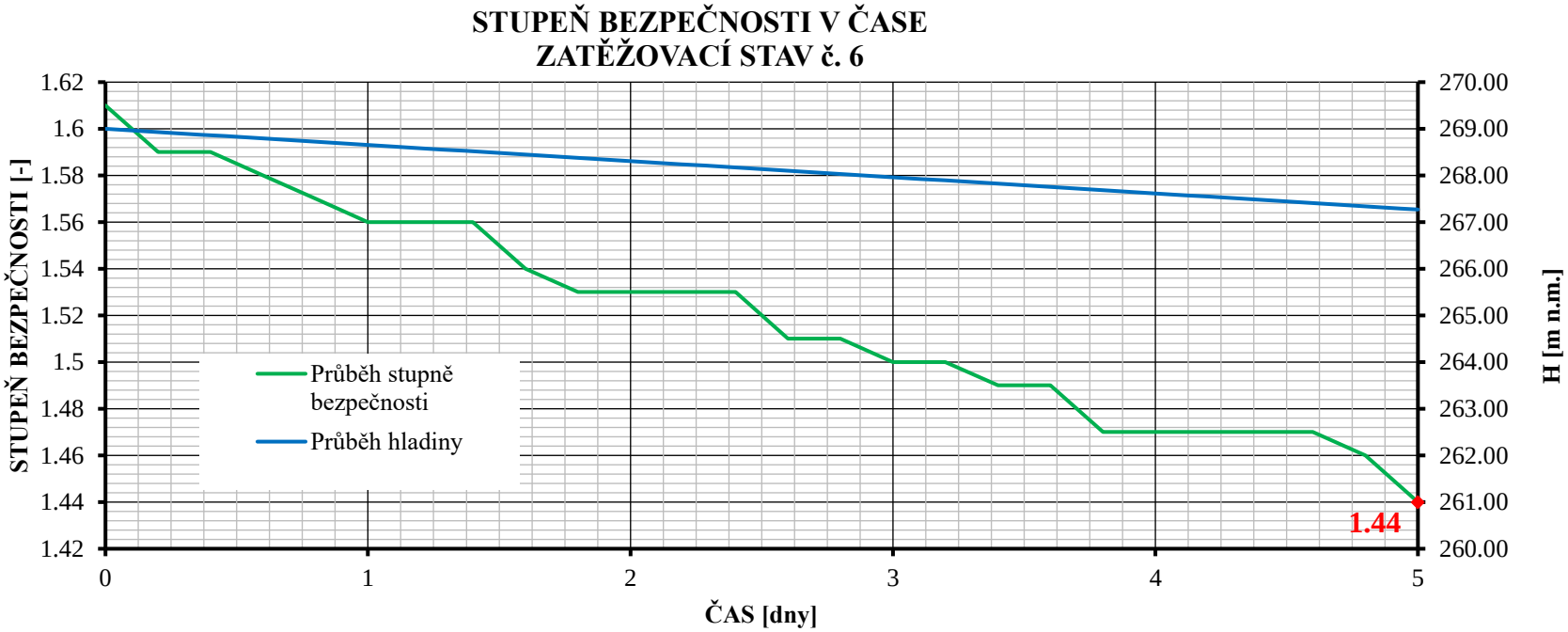
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY



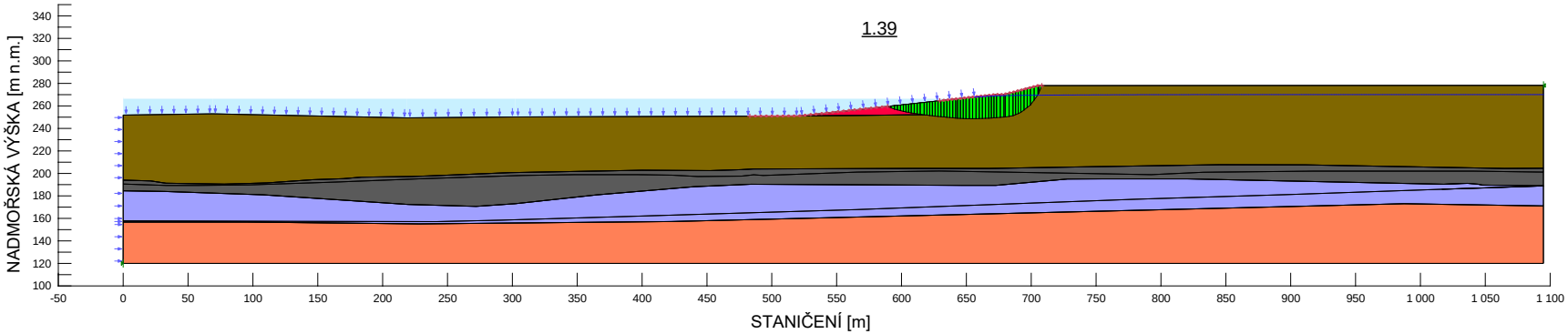


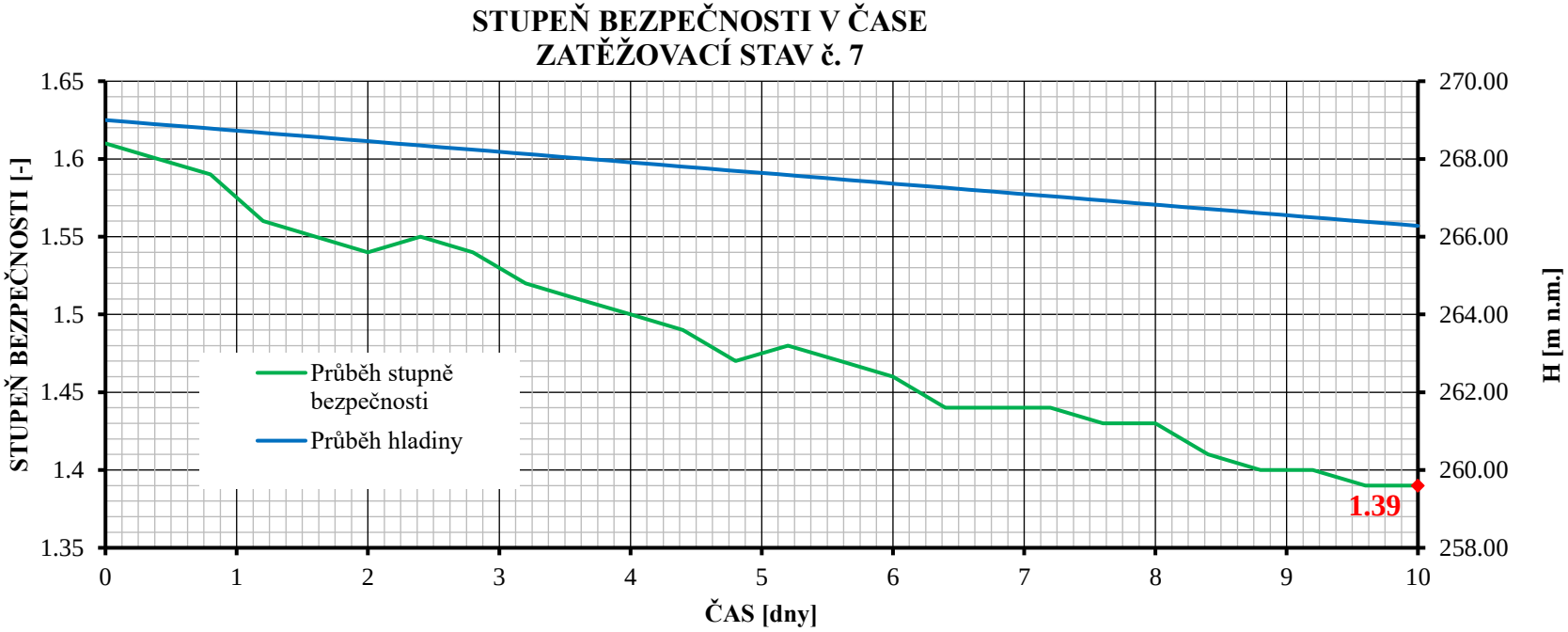
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ



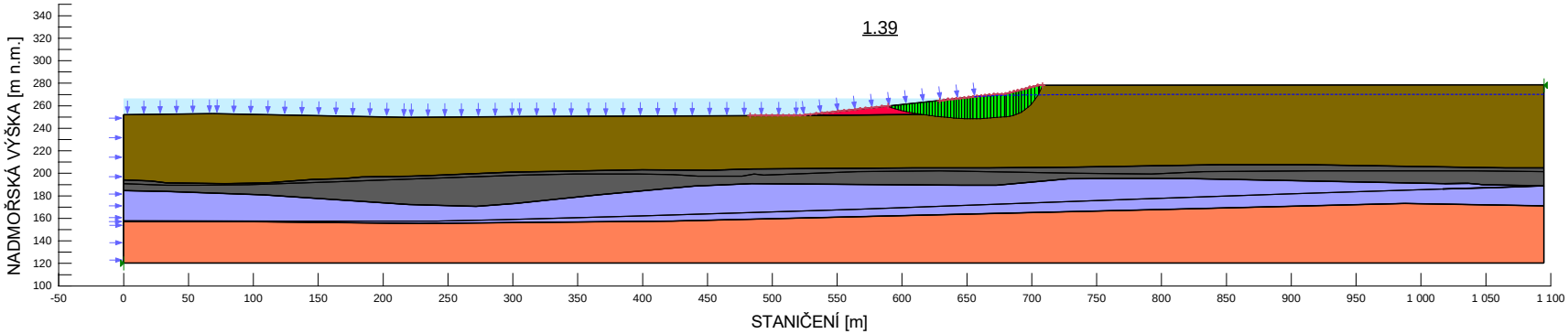


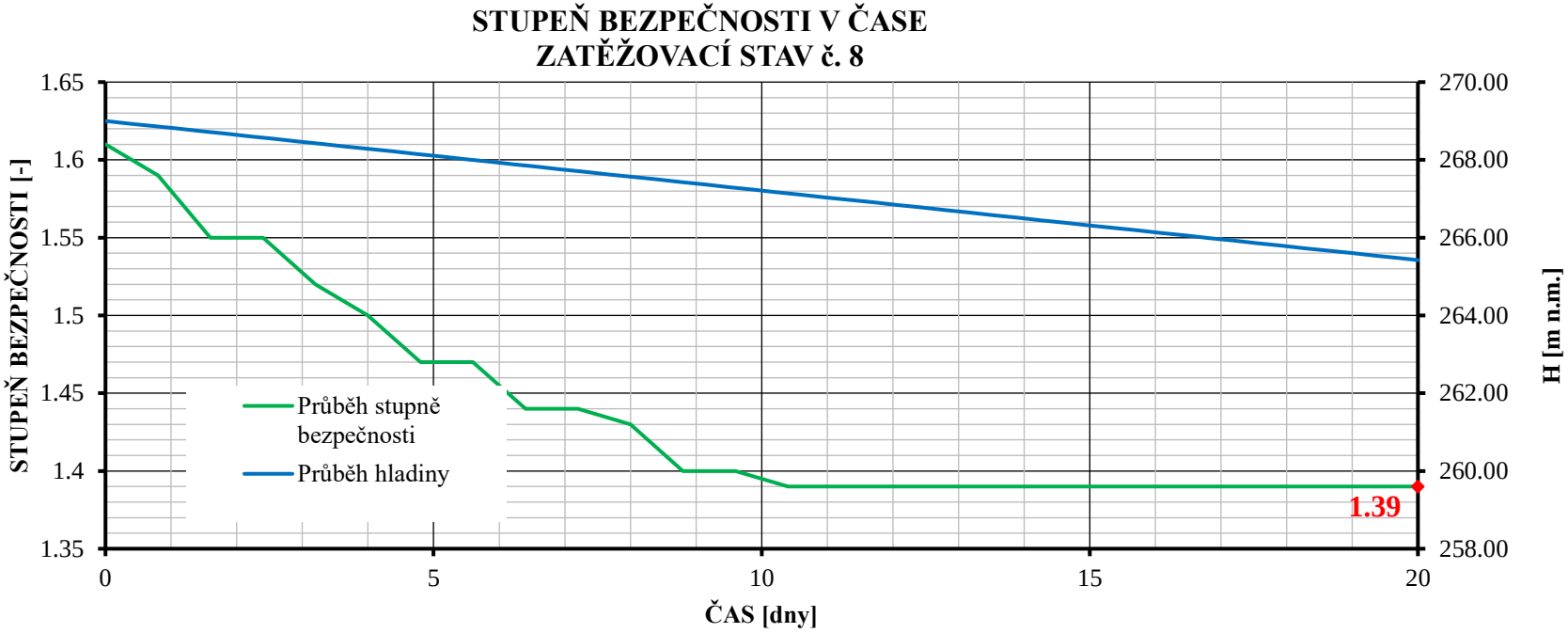
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ



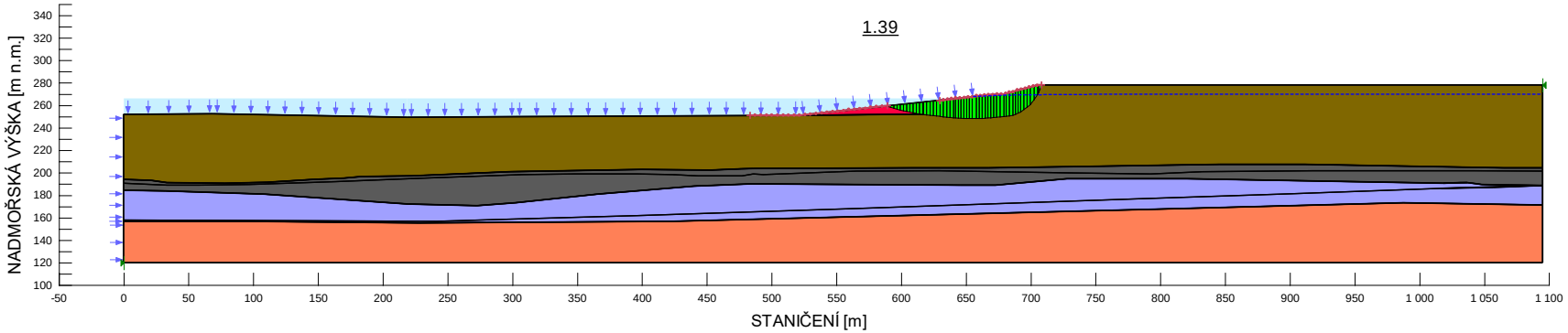


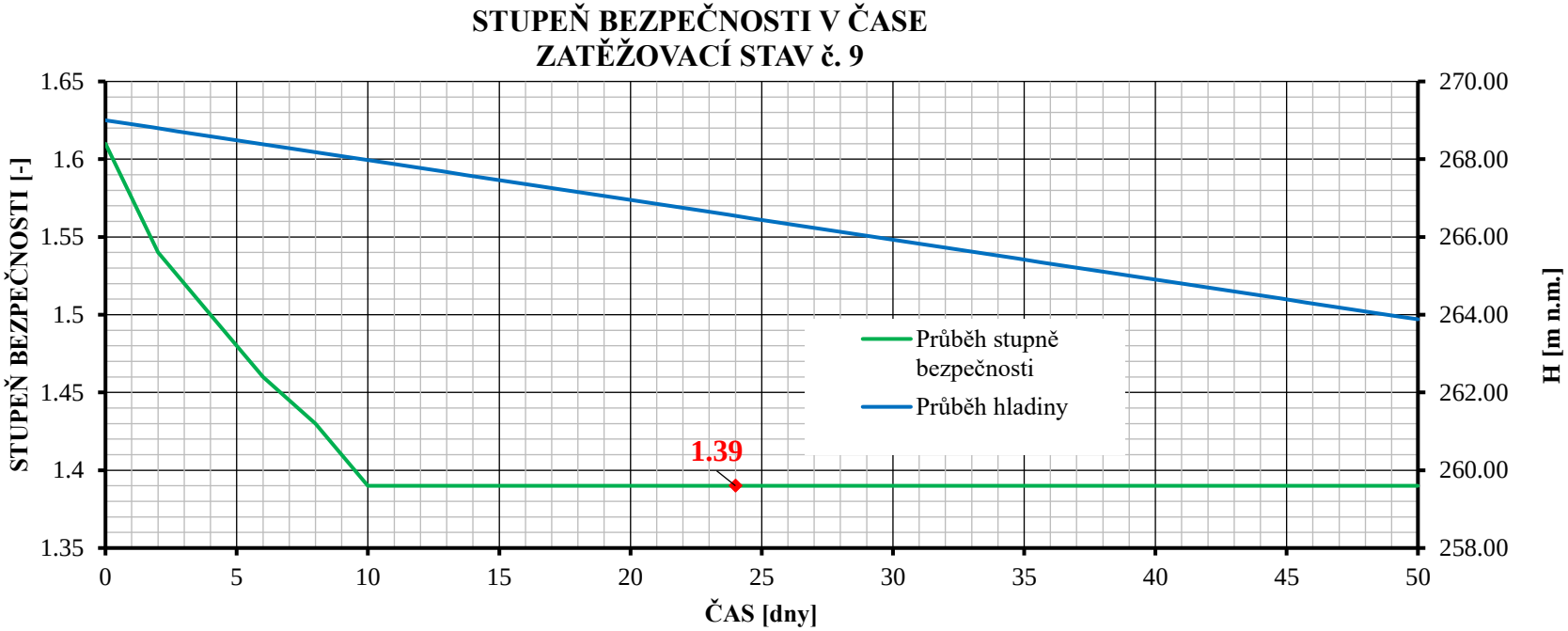
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ



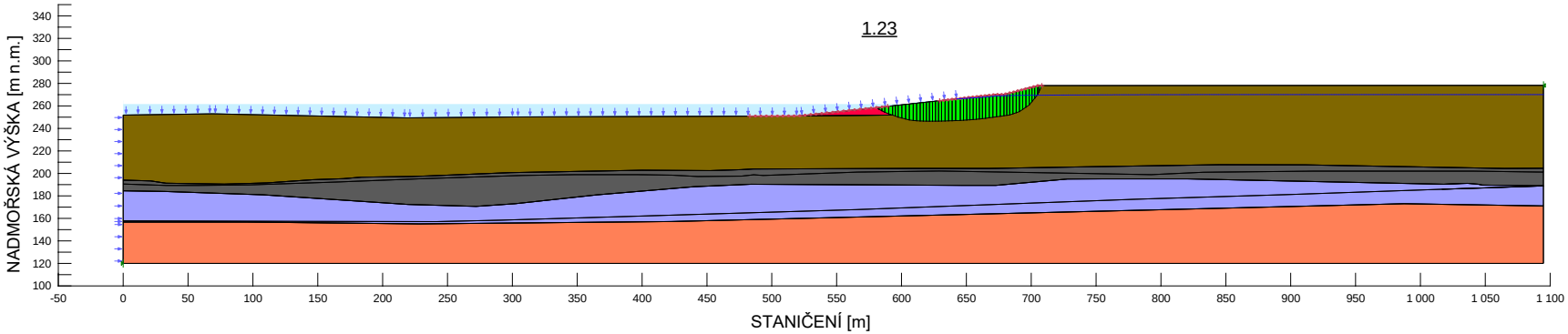


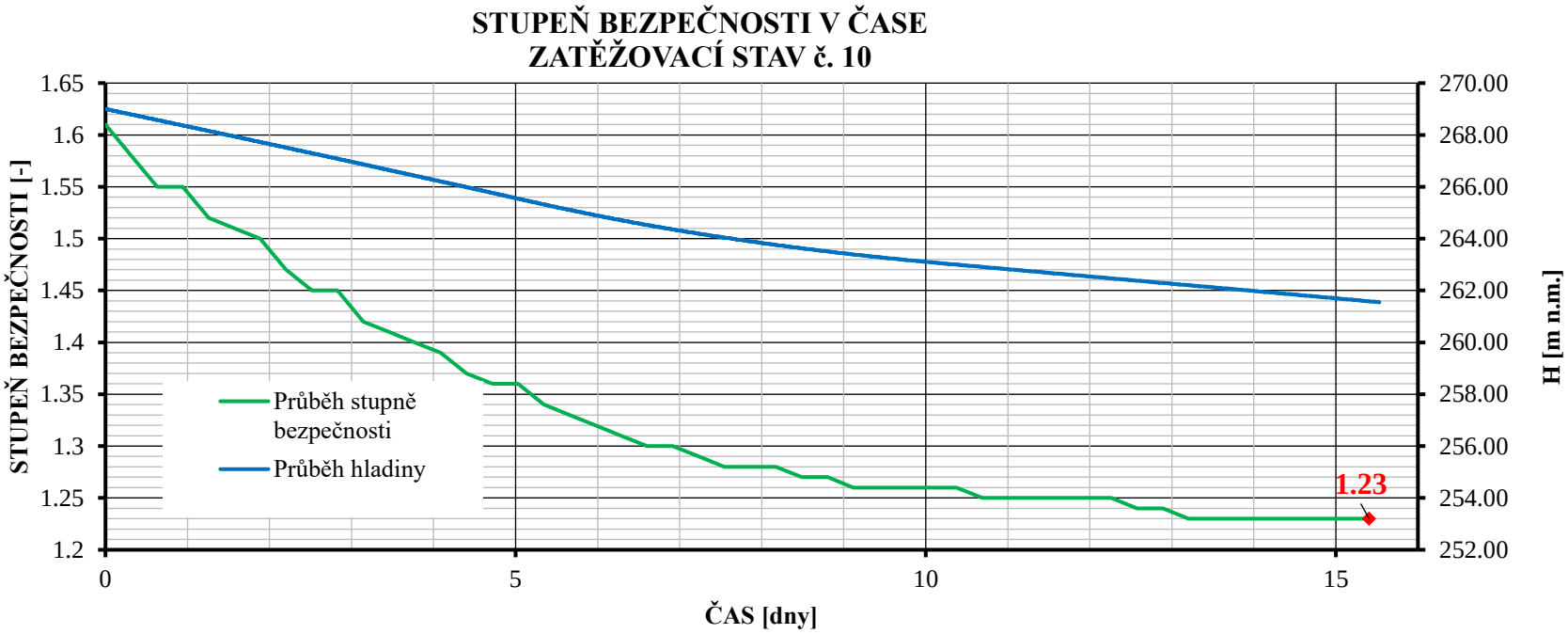
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ



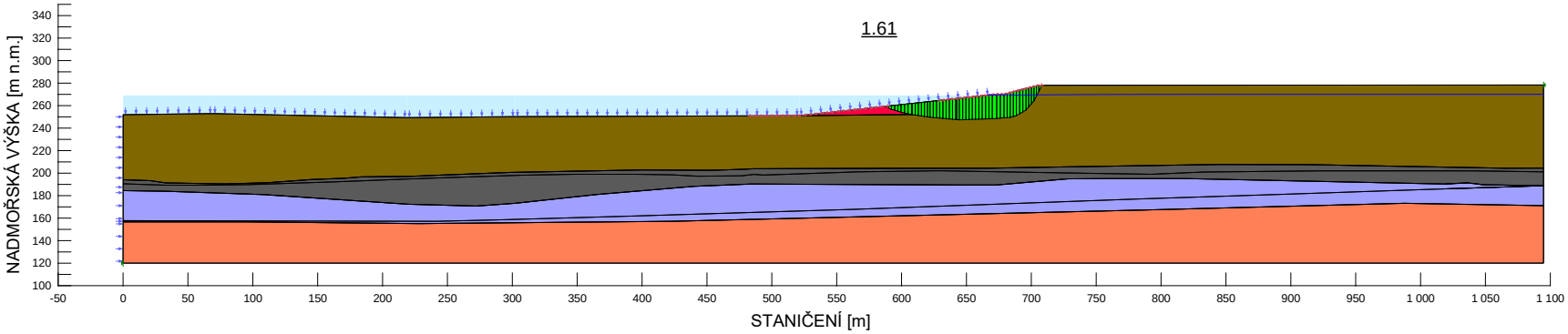


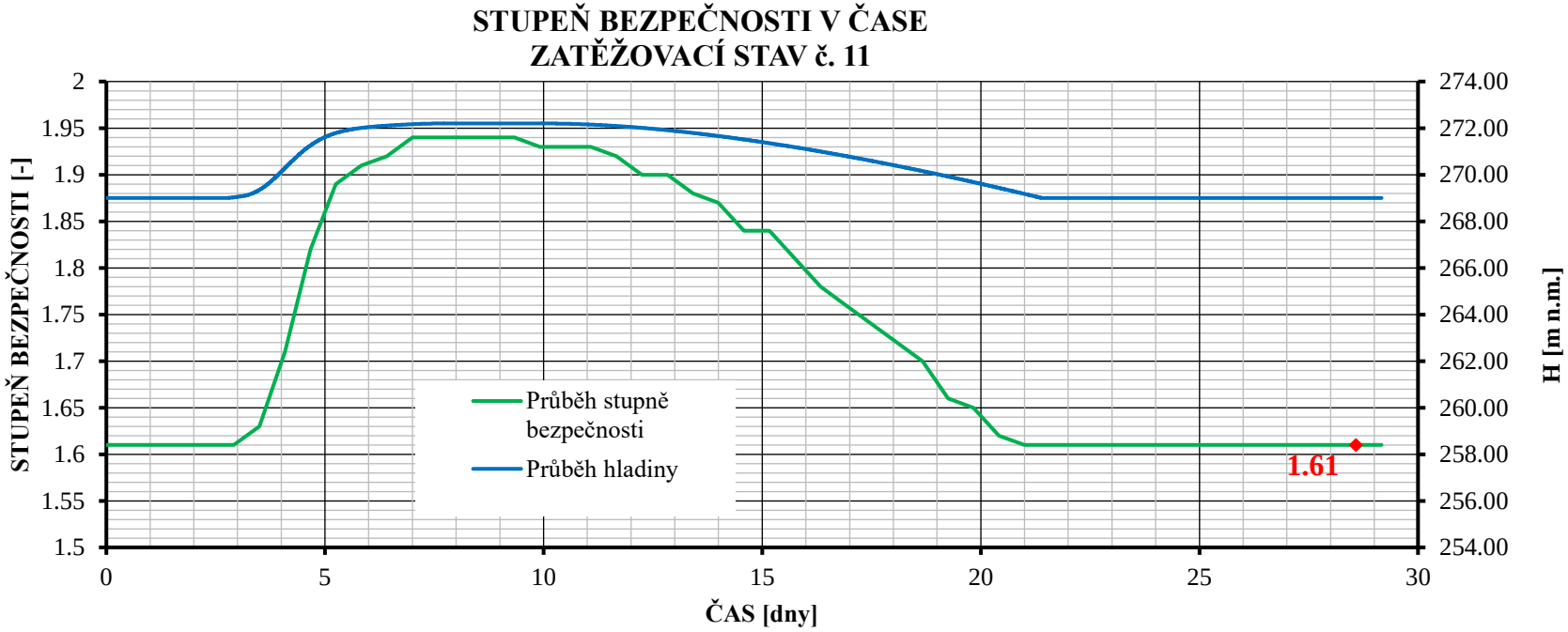
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)





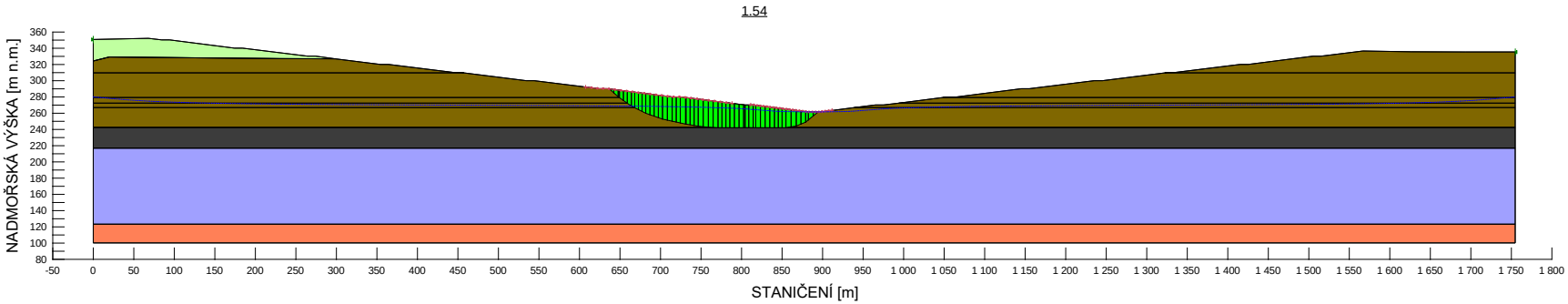
11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})

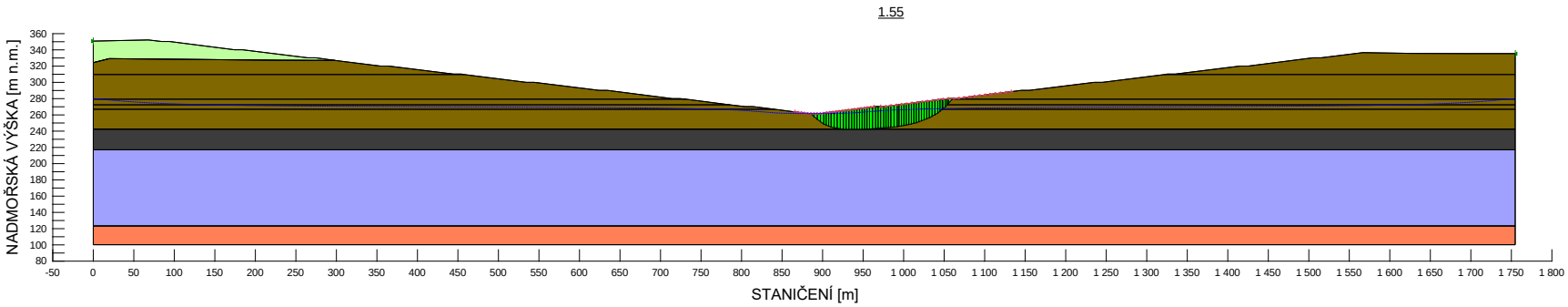




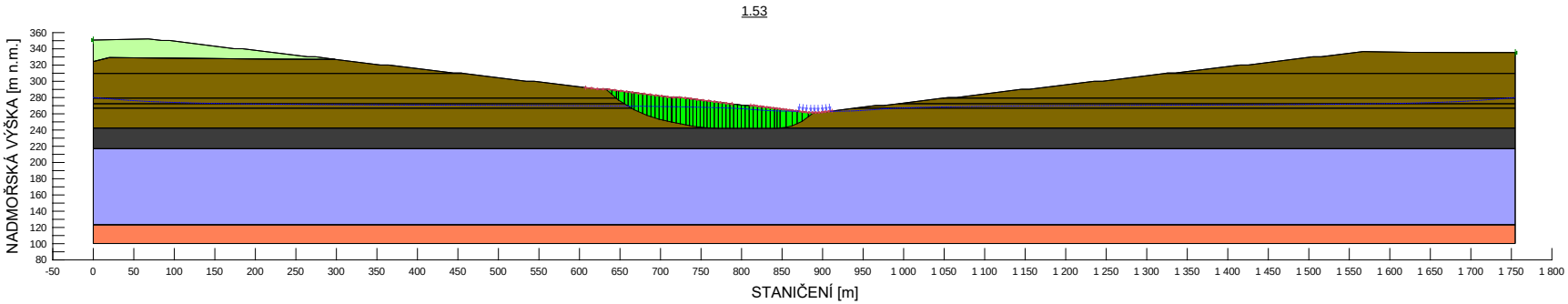
VÝSLEDKY POSOUZENÍ STABILTY – PF8

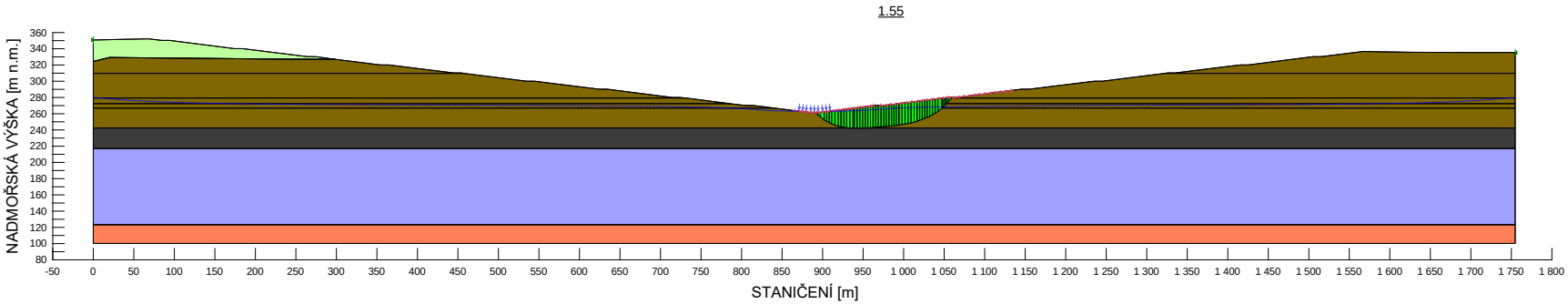
1) NÁDRŽ PRÁZDNÁ



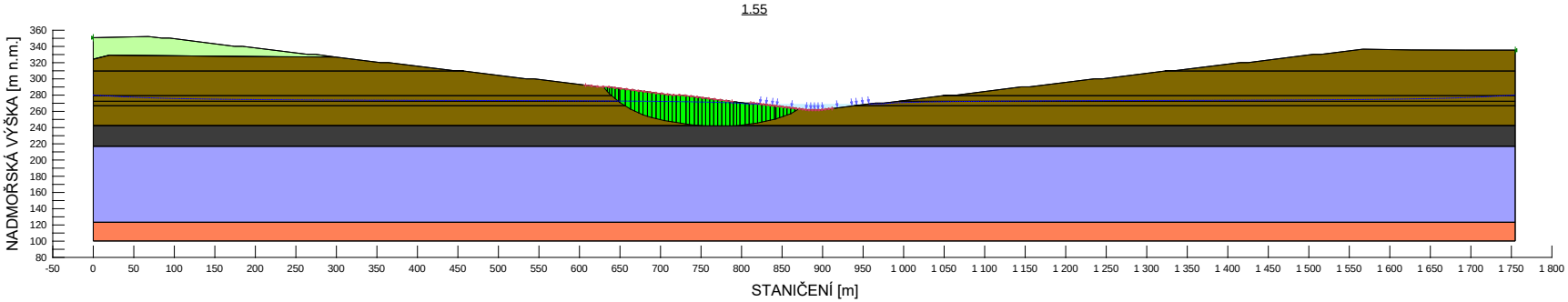


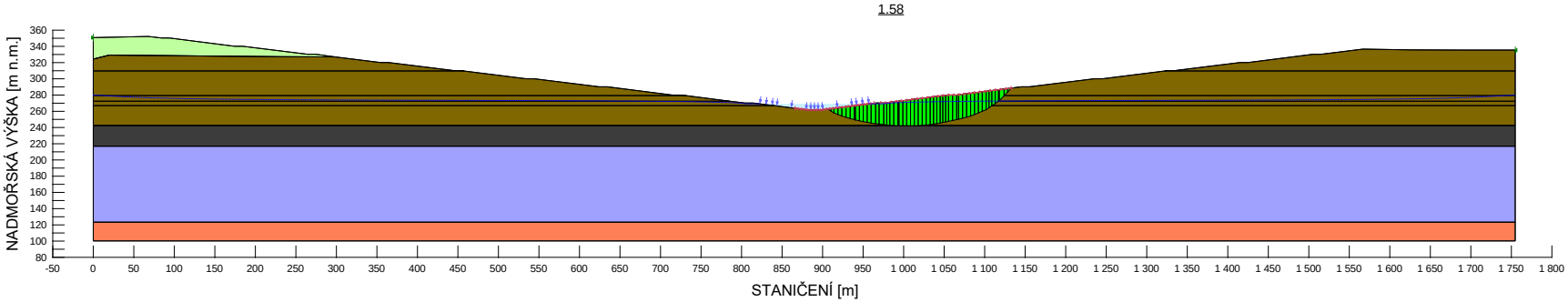
2) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 263,00 M N.M. (DOLNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)



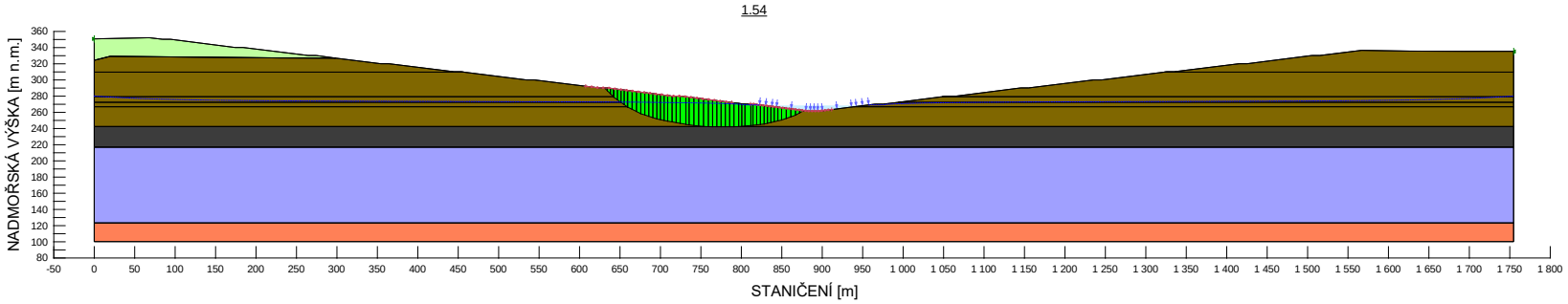


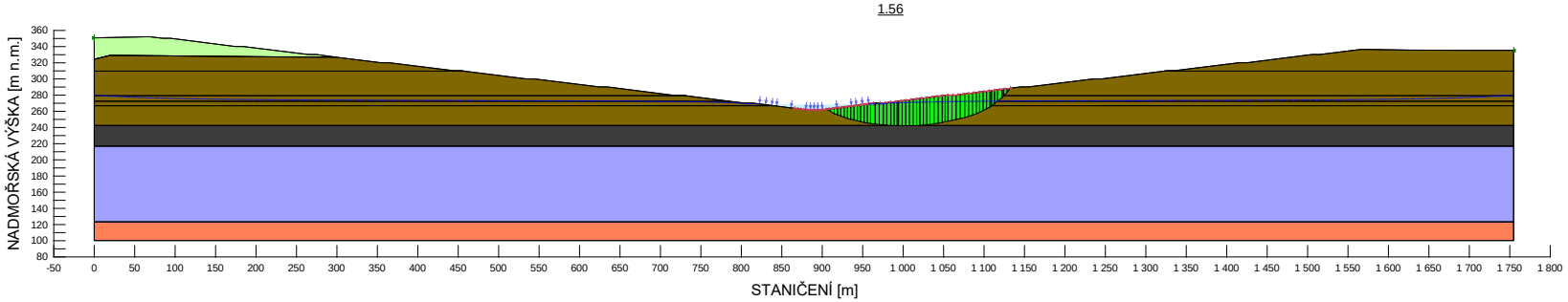
3) NÁDRŽ NAPLNĚNÁ NA ÚROVEŇ 269,00 M N.M. (HORNÍ HRANICE ZÁSOBNÍHO PROSTORU)

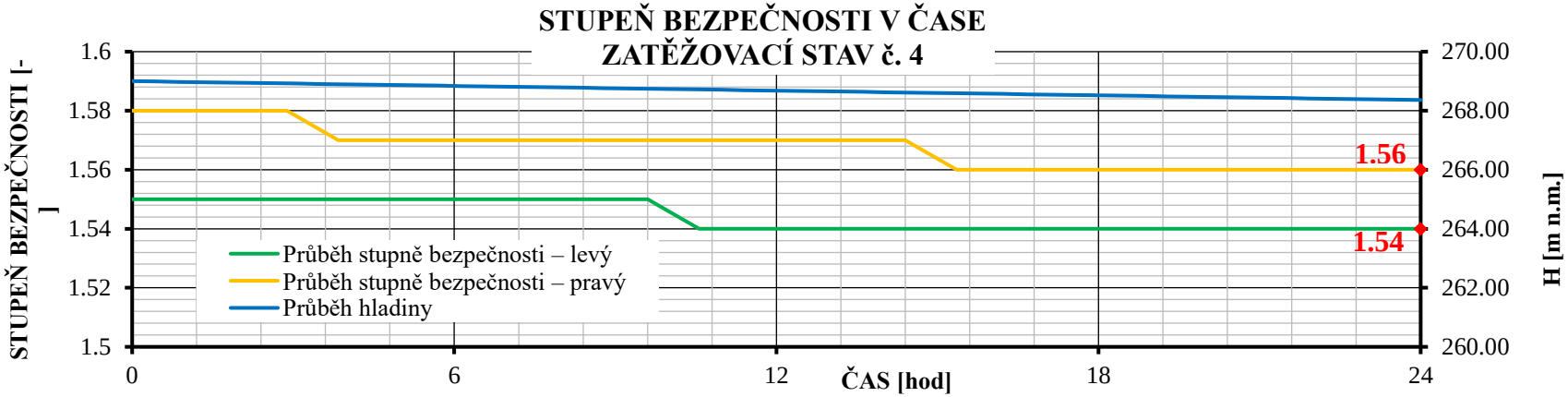




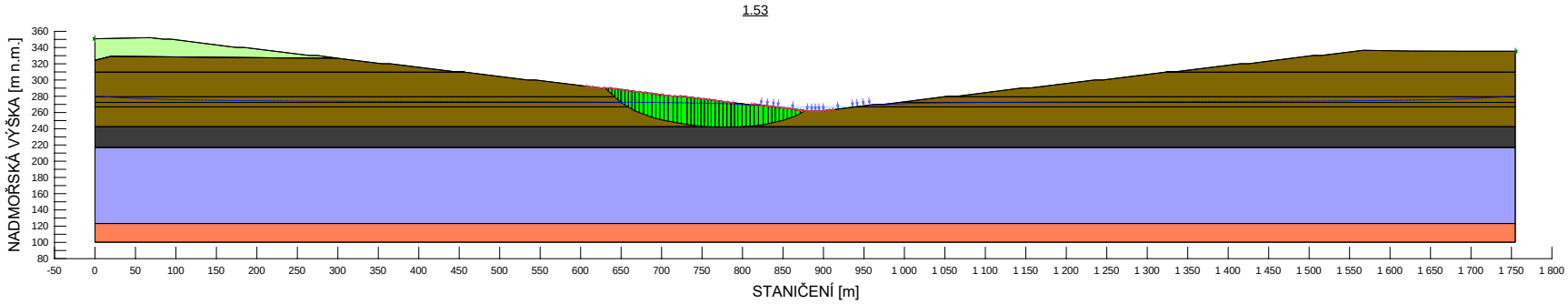
4) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 1 DEN

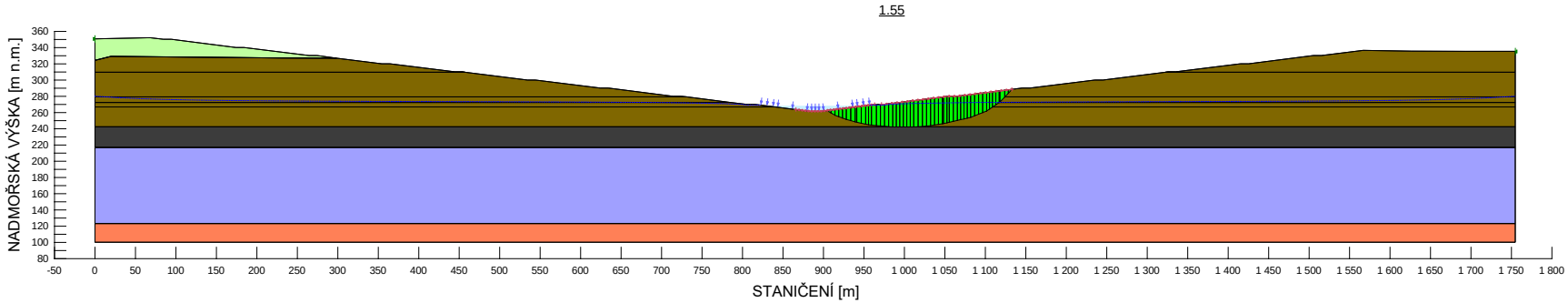


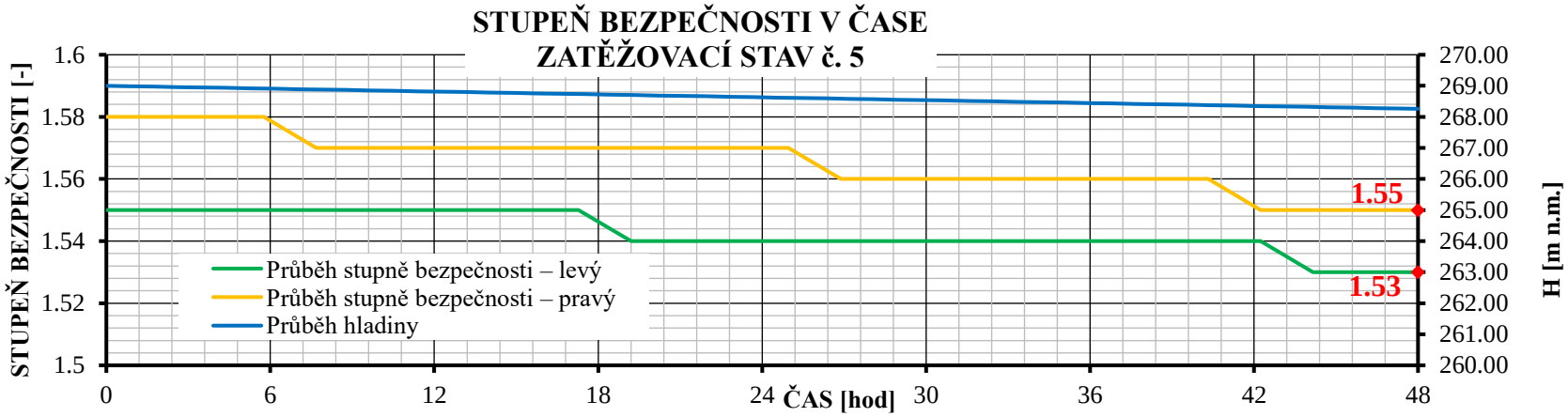




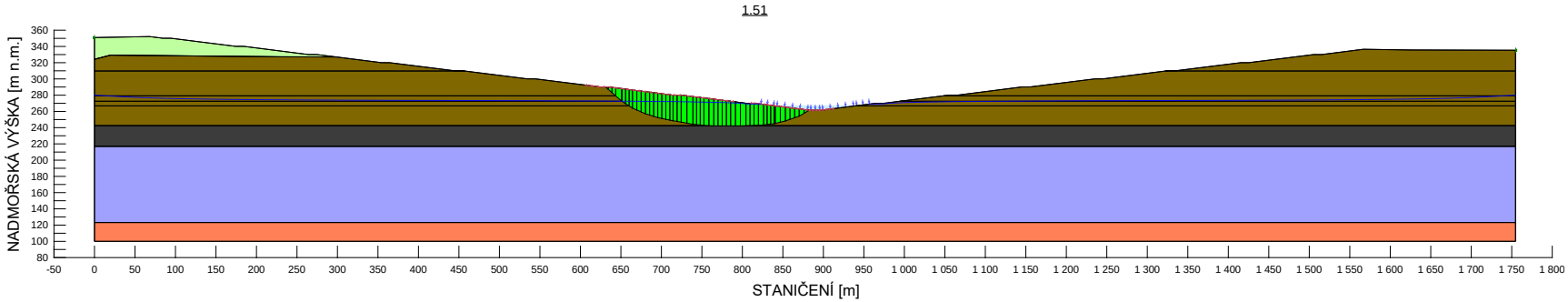
5) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 2 DNY

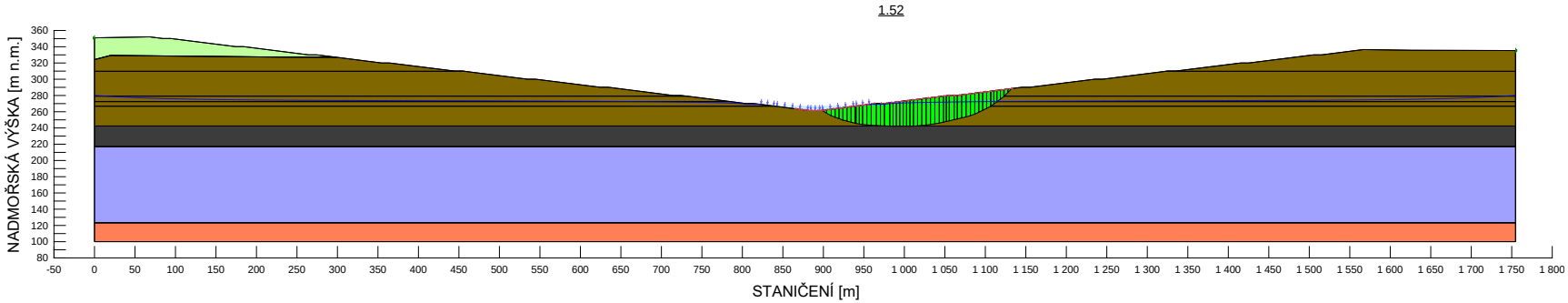


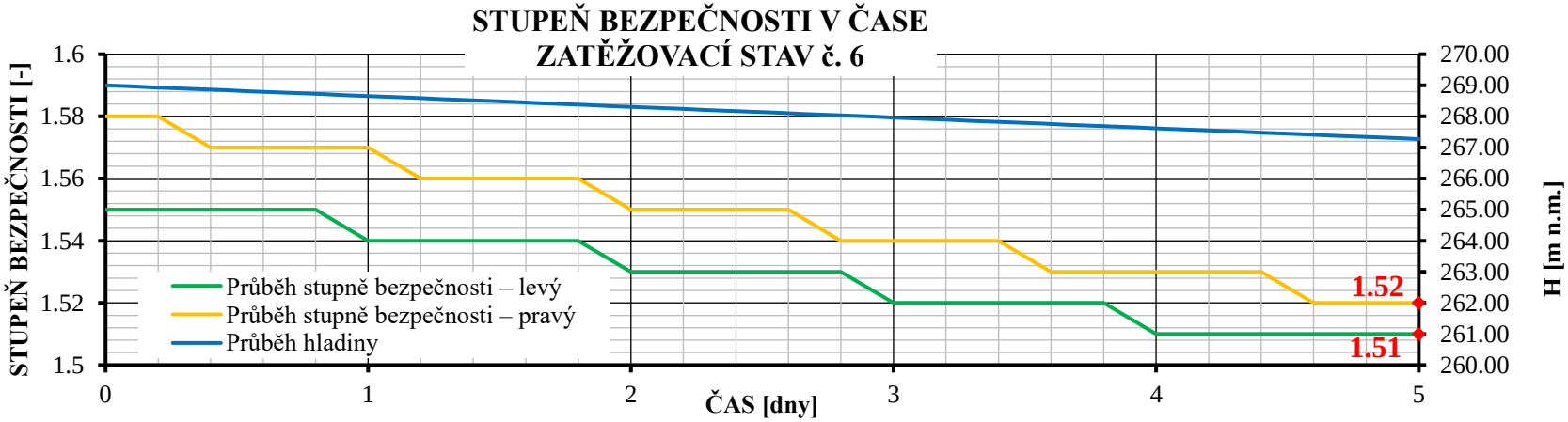




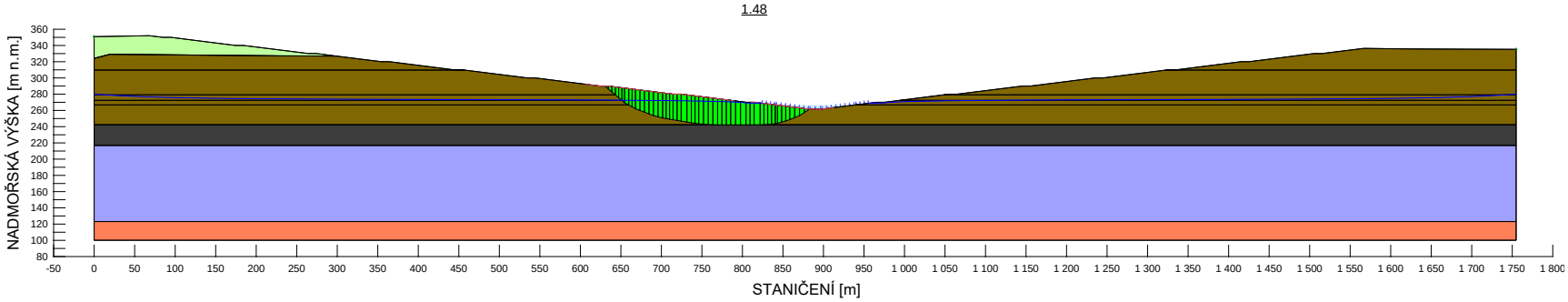
6) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 5 DNÍ

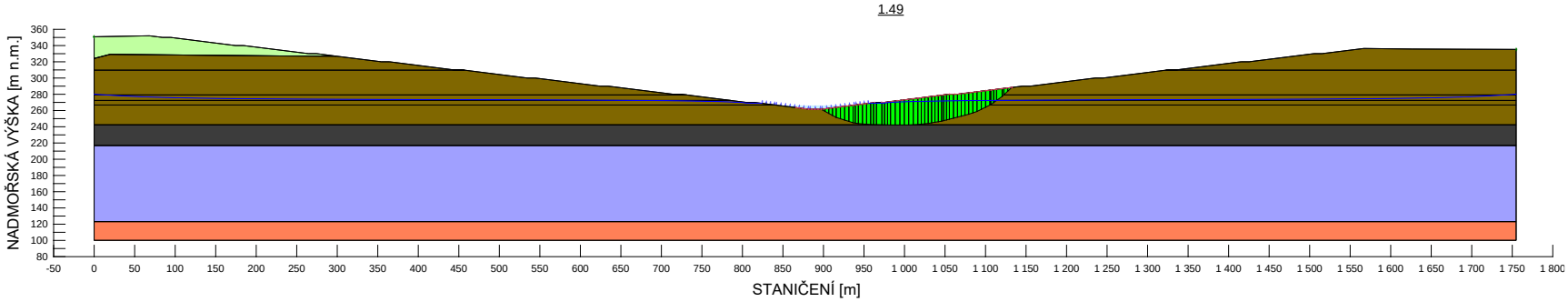


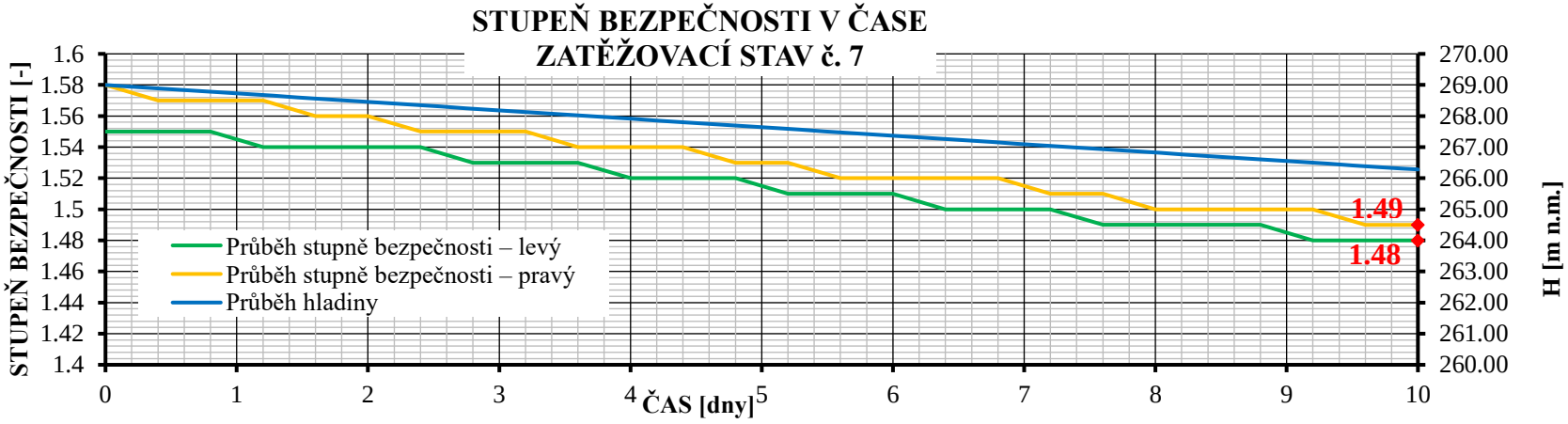




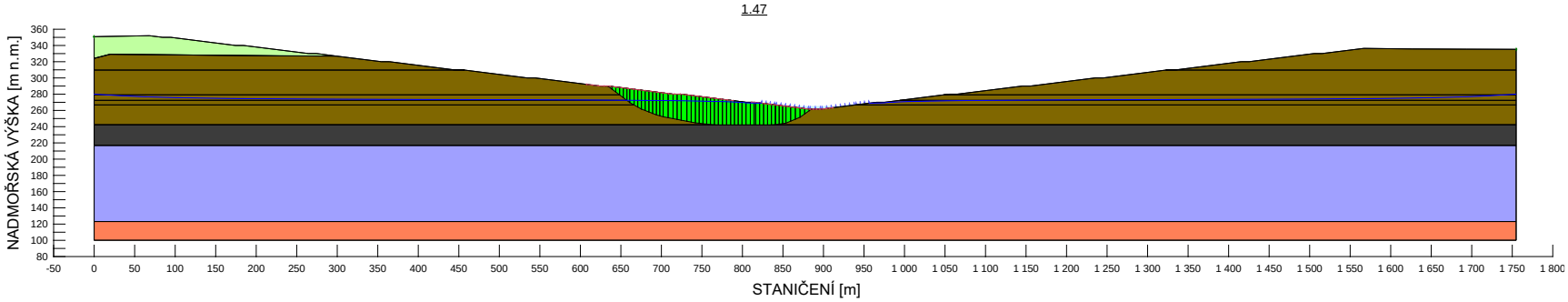
7) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 10 DNÍ

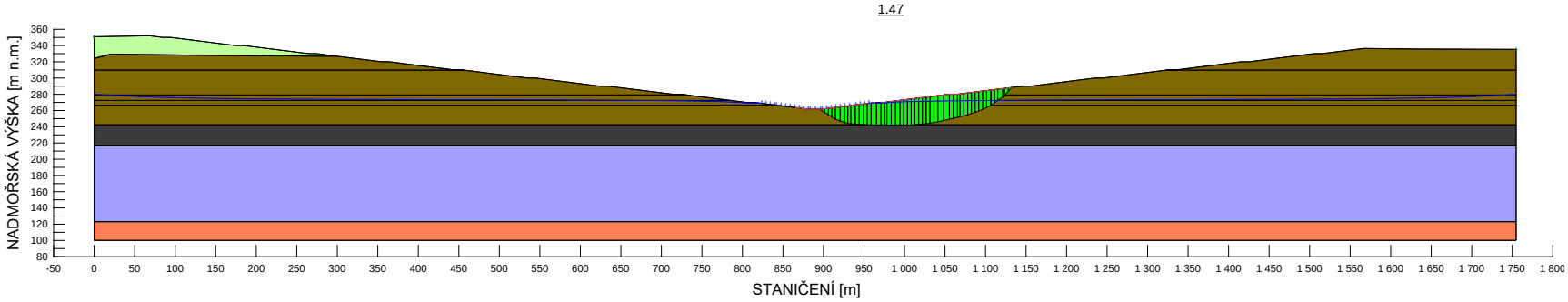


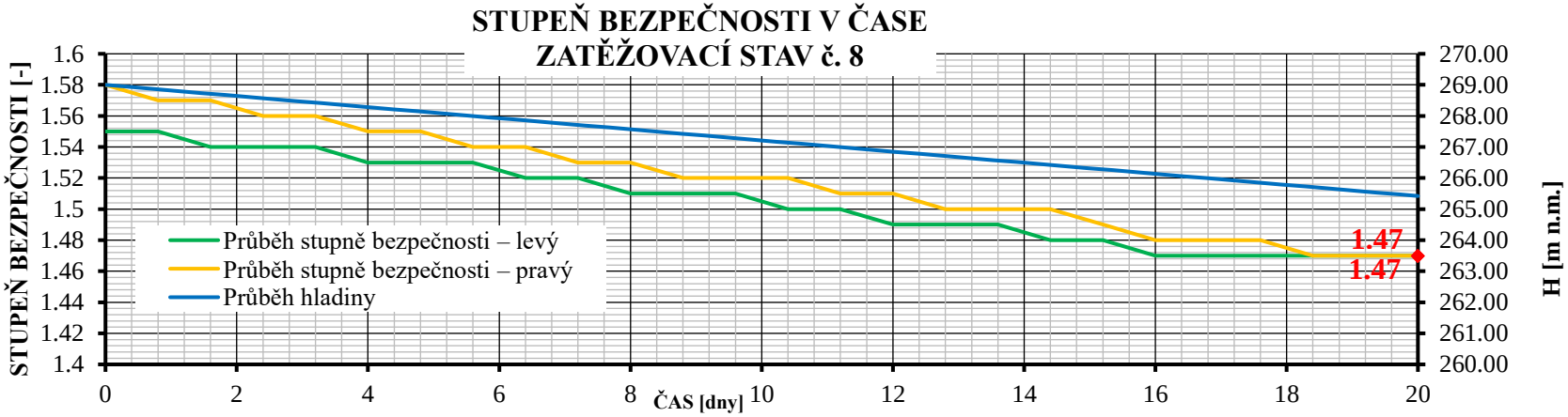




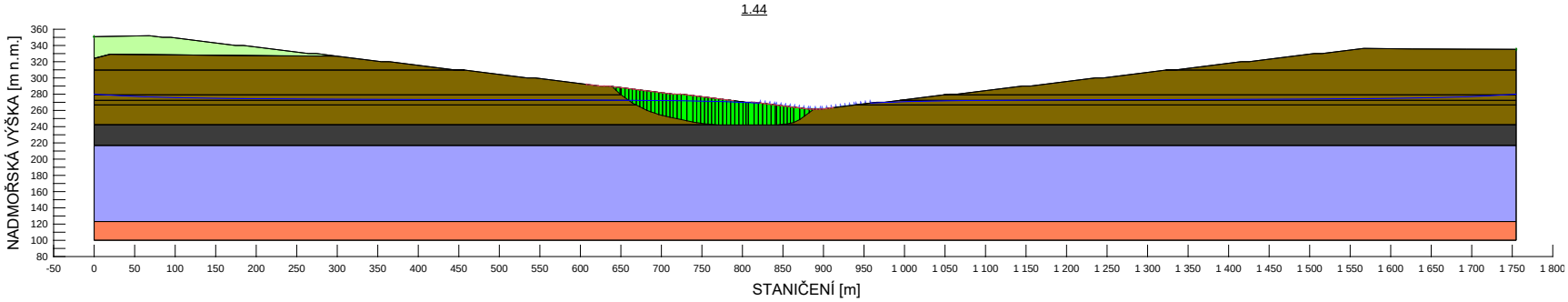
8) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 20 DNÍ

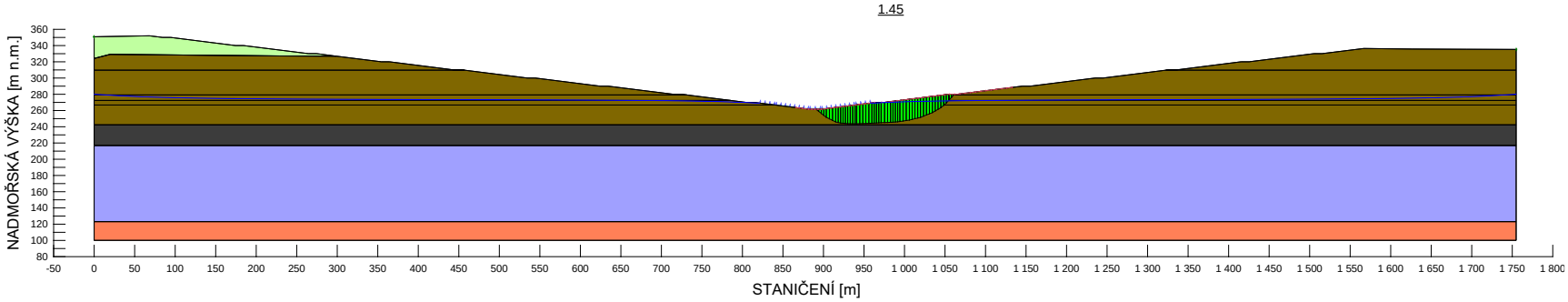


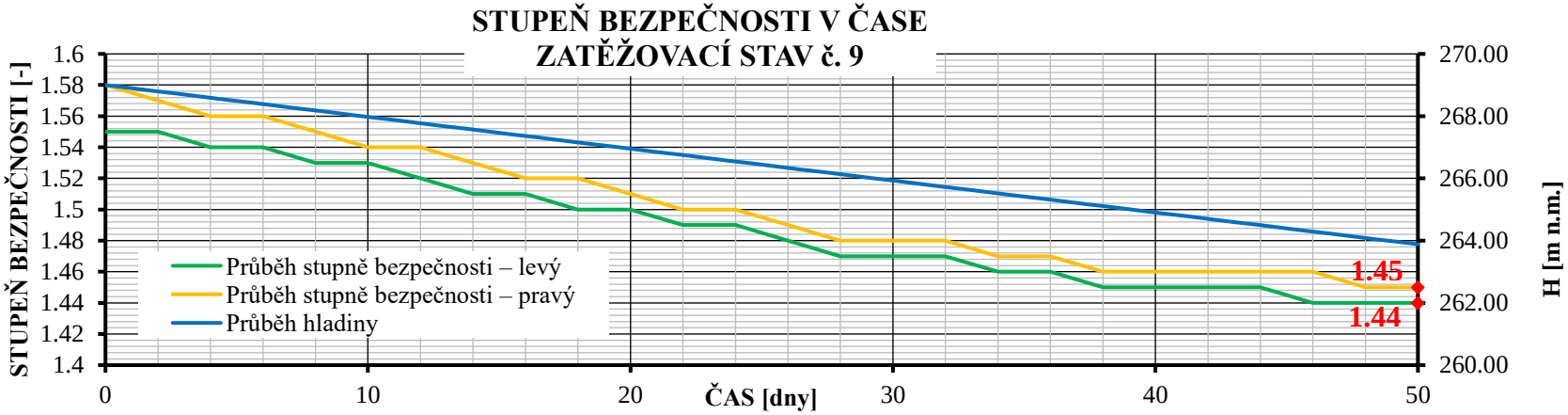




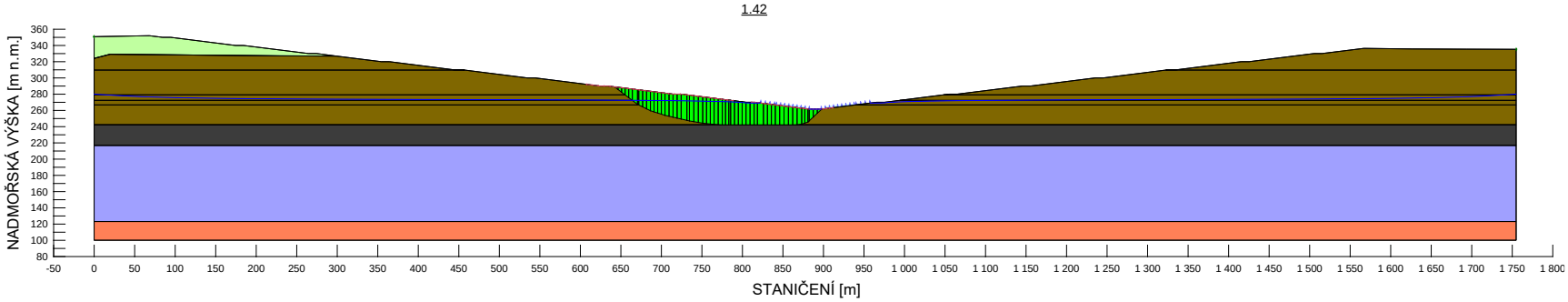
9) MAXIMÁLNÍ POKLES VODY VE VD NECHRANICE ZA 50 DNÍ

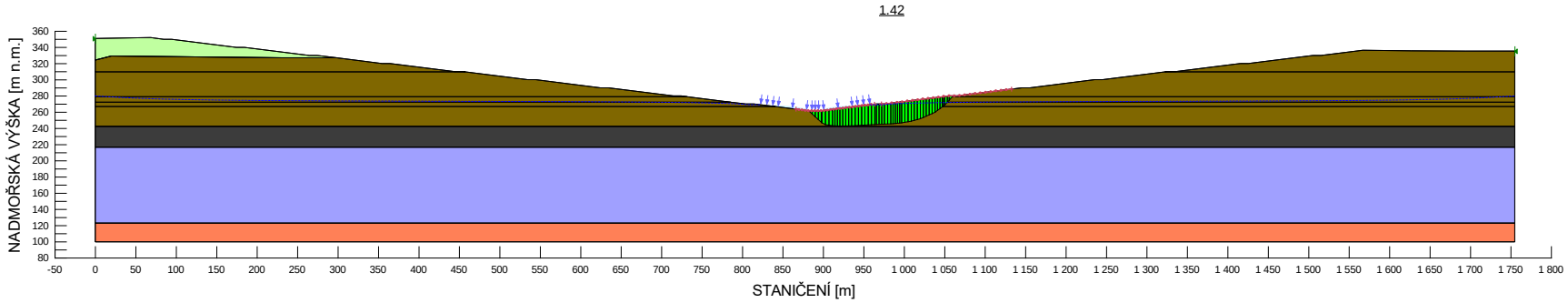


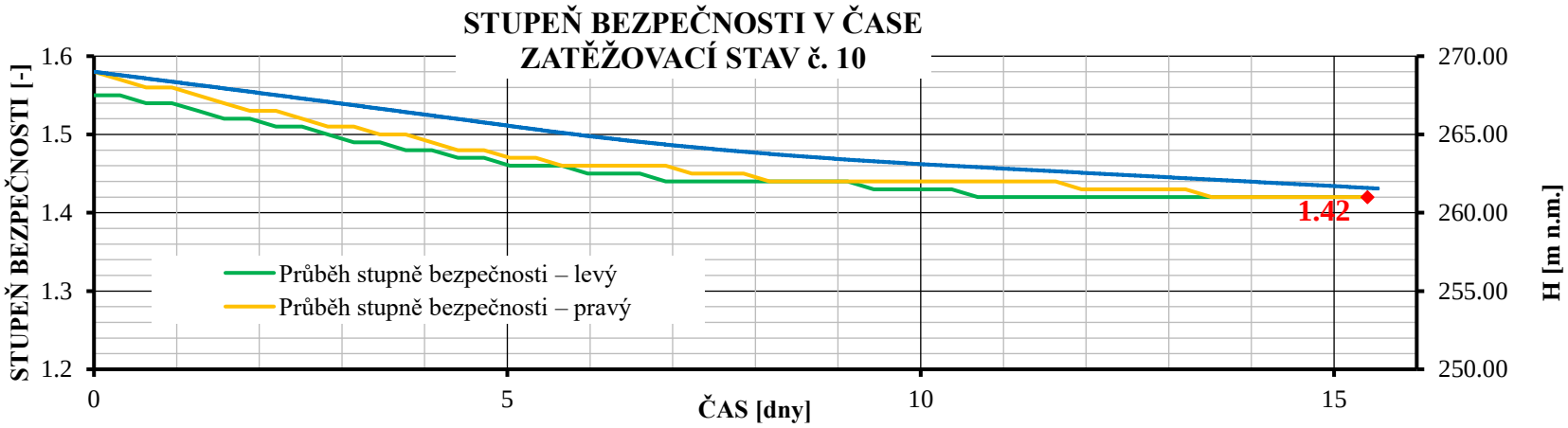




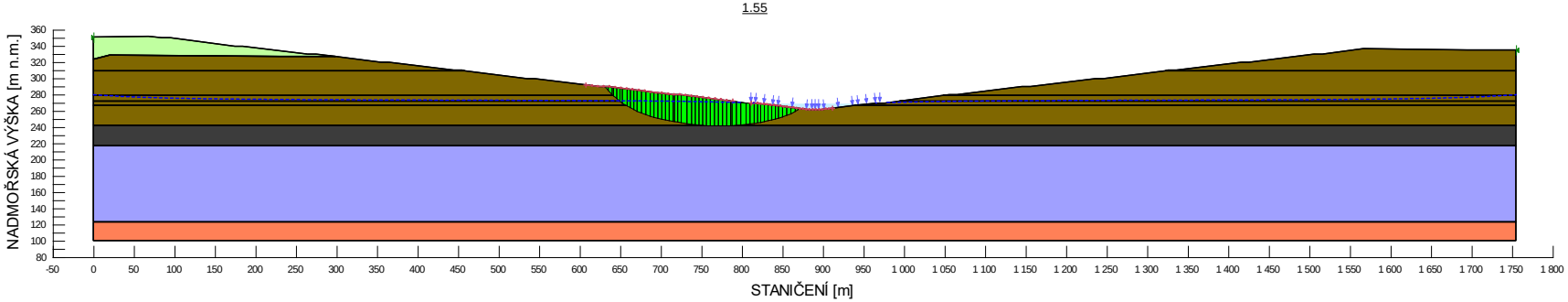
10) VYPOUŠTĚNÍ VD NECHRANICE PŘI ZACHOVÁNÍ $Q_{NEŠ}$ (PŘÍTOK Qa)

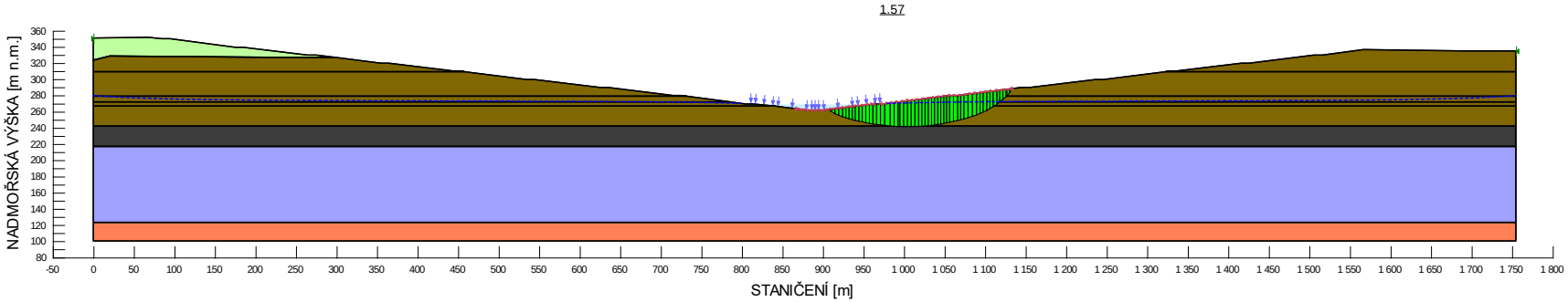


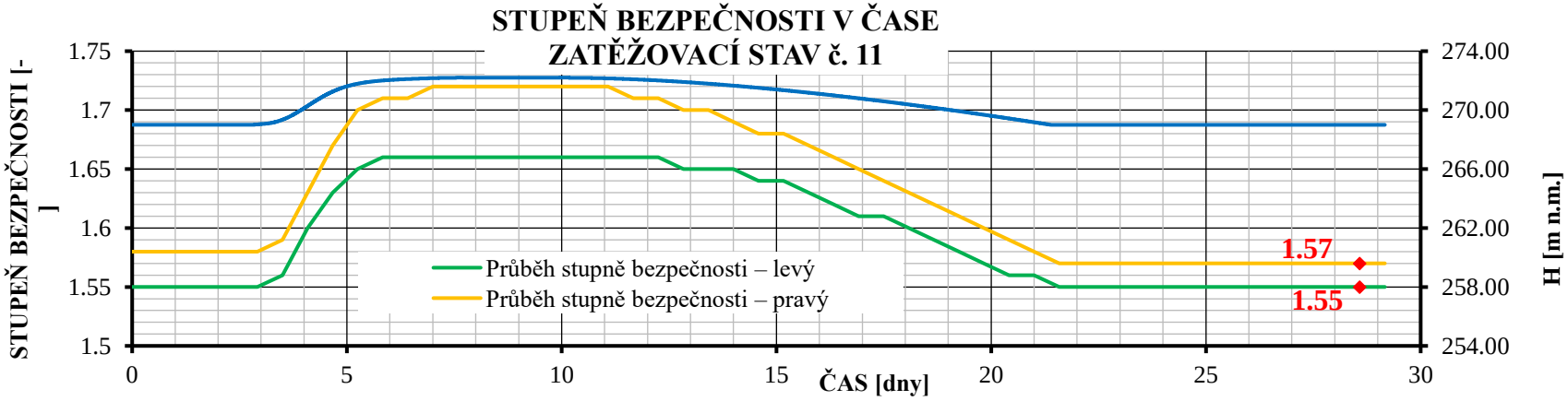




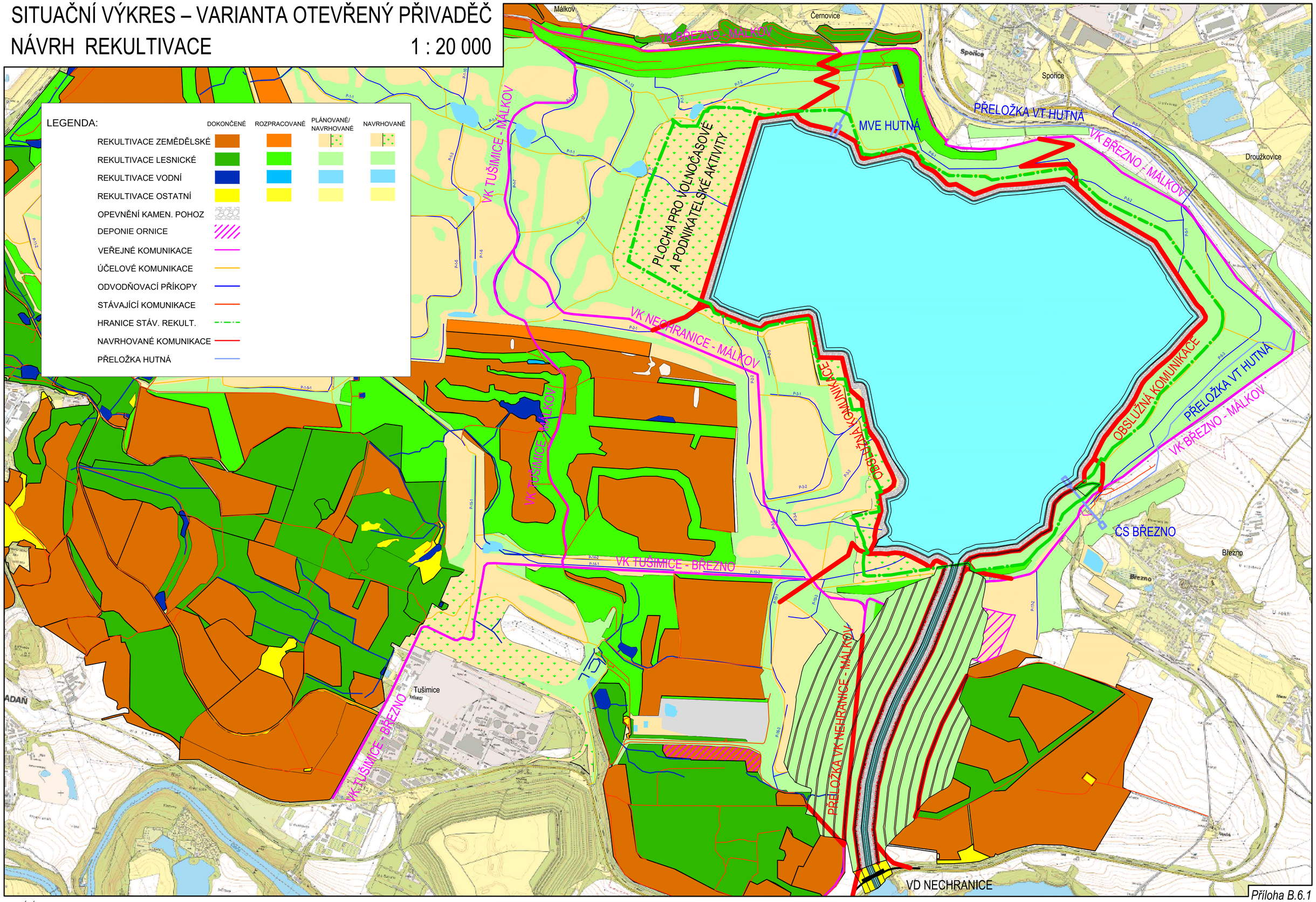
11) PRŮCHOD TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY S DOBOU OPAKOVÁNÍ N = 100 LET (PV_{100})



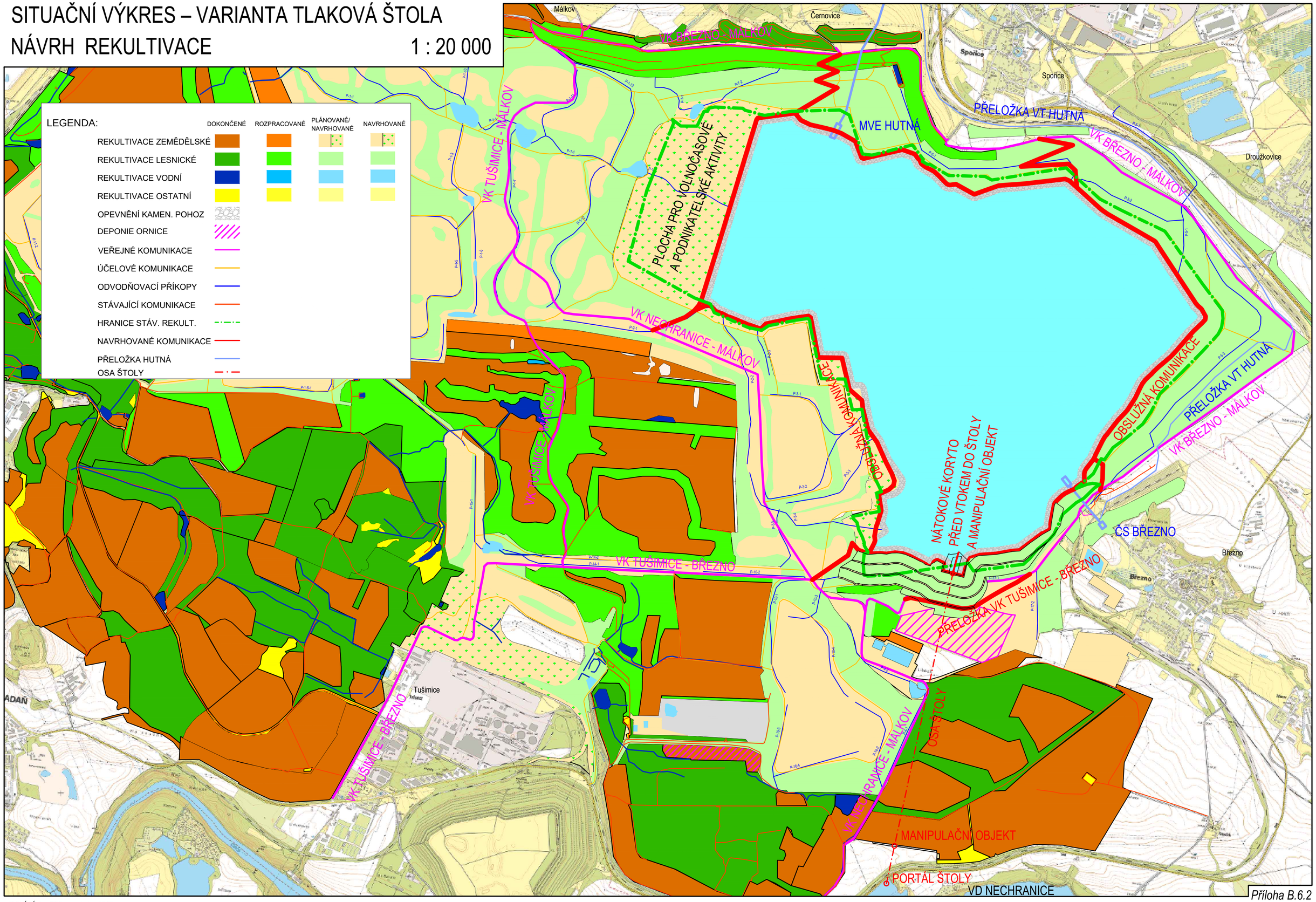




SITUAČNÍ VÝKRES – VARIANTA OTEVŘENÝ PŘIVADĚČ
NÁVRH REKULTIVACE 1 : 20 000

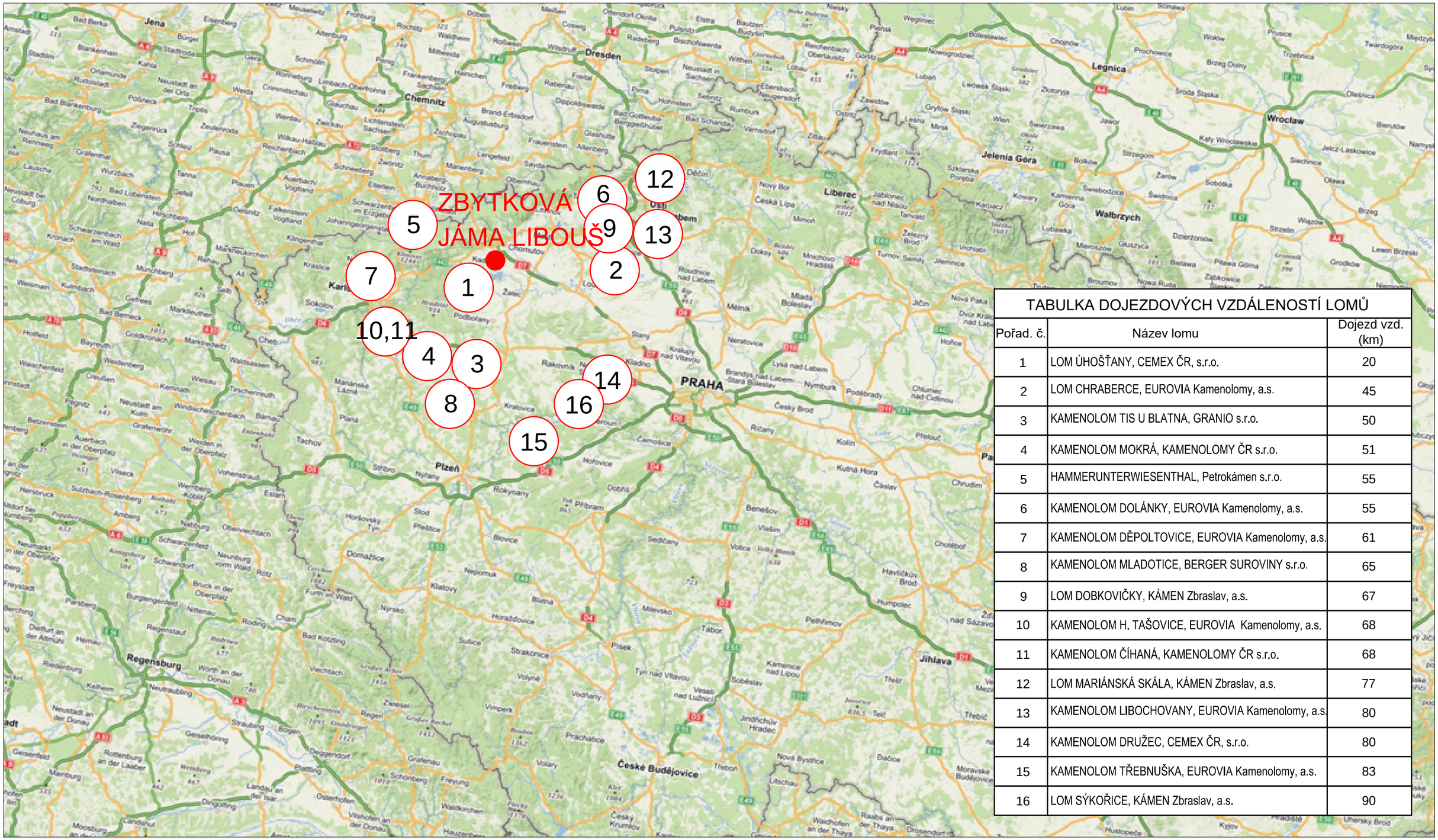


SITUAČNÍ VÝKRES – VARIANTA TLAKOVÁ ŠTOLA
NÁVRH REKULTIVACE 1 : 20 000



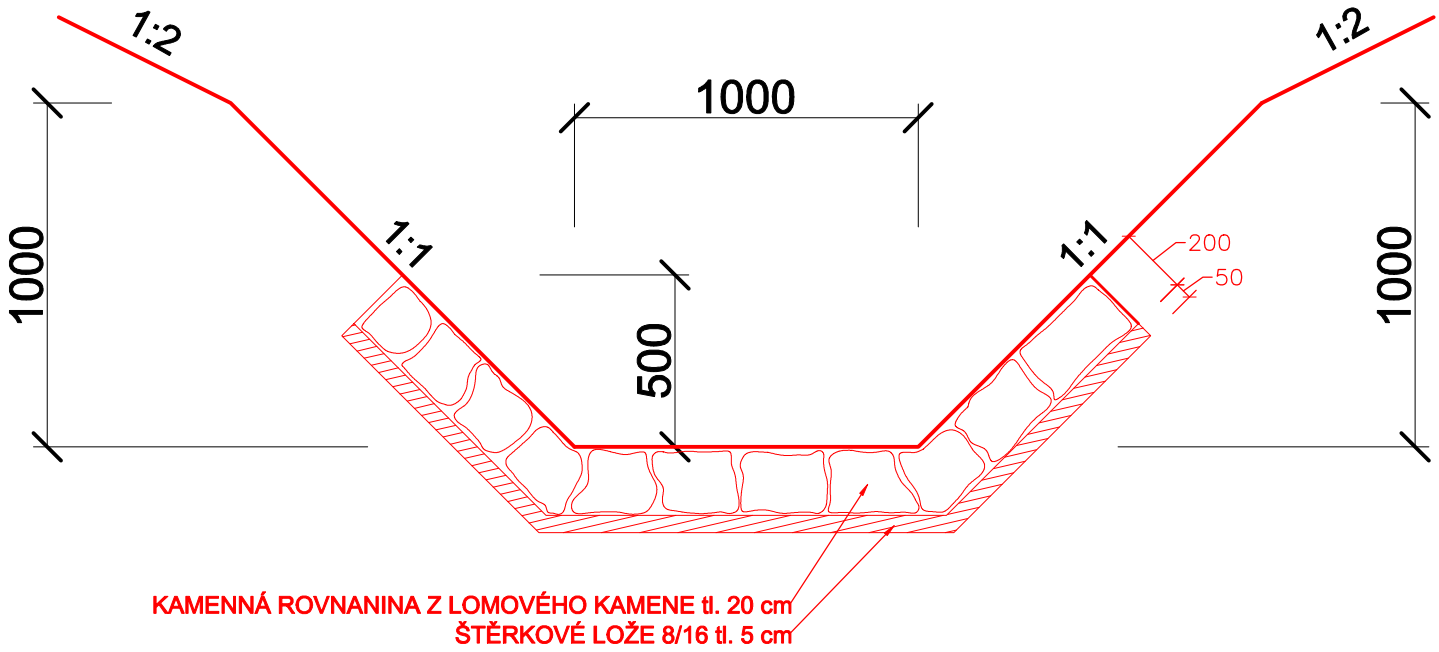
SITUAČNÍ VÝKRES

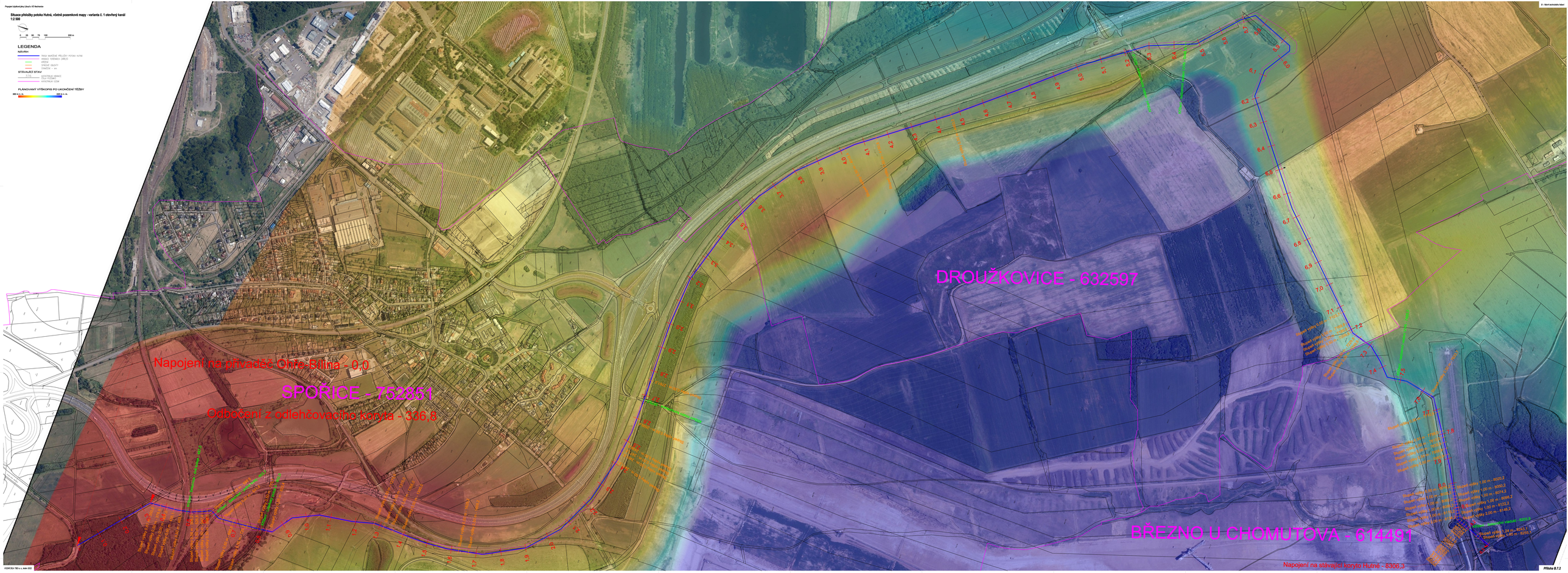
PŘEHLED LOMŮ 1 : 1 000 000



TABULKA DOJEZDOVÝCH VZDÁLENOSTÍ LOMŮ		
Pořad. č.	Název lomu	Dojezd vzd. (km)
1	LOM ÚHOŠŤANY, CEMEX ČR, s.r.o.	20
2	LOM CHRABERCE, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	45
3	KAMENOLOM TIS U BLATNA, GRANIO s.r.o.	50
4	KAMENOLOM MOKRÁ, KAMENOLOMY ČR s.r.o.	51
5	HAMMERUNTERWIESENTHAL, Petrokámen s.r.o.	55
6	KAMENOLOM DOLÁNKY, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	55
7	KAMENOLOM DĚPOLTOVICE, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	61
8	KAMENOLOM MLADOTICE, BERGER SUROVINY s.r.o.	65
9	LOM DOBKOVIČKY, KÁMEN Zbraslav, a.s.	67
10	KAMENOLOM H. TAŠOVICE, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	68
11	KAMENOLOM ČÍHANÁ, KAMENOLOMY ČR s.r.o.	68
12	LOM MARIÁNSKÁ SKÁLA, KÁMEN Zbraslav, a.s.	77
13	KAMENOLOM LIBOCHOVANY, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	80
14	KAMENOLOM DRUŽEC, CEMEX ČR, s.r.o.	80
15	KAMENOLOM TŘEBNUŠKA, EUROVIA Kamenolomy, a.s.	83
16	LOM SÝKOŘICE, KÁMEN Zbraslav, a.s.	90

Příčný řez korytem - přeložka potoka Hutná - varianta č. 1



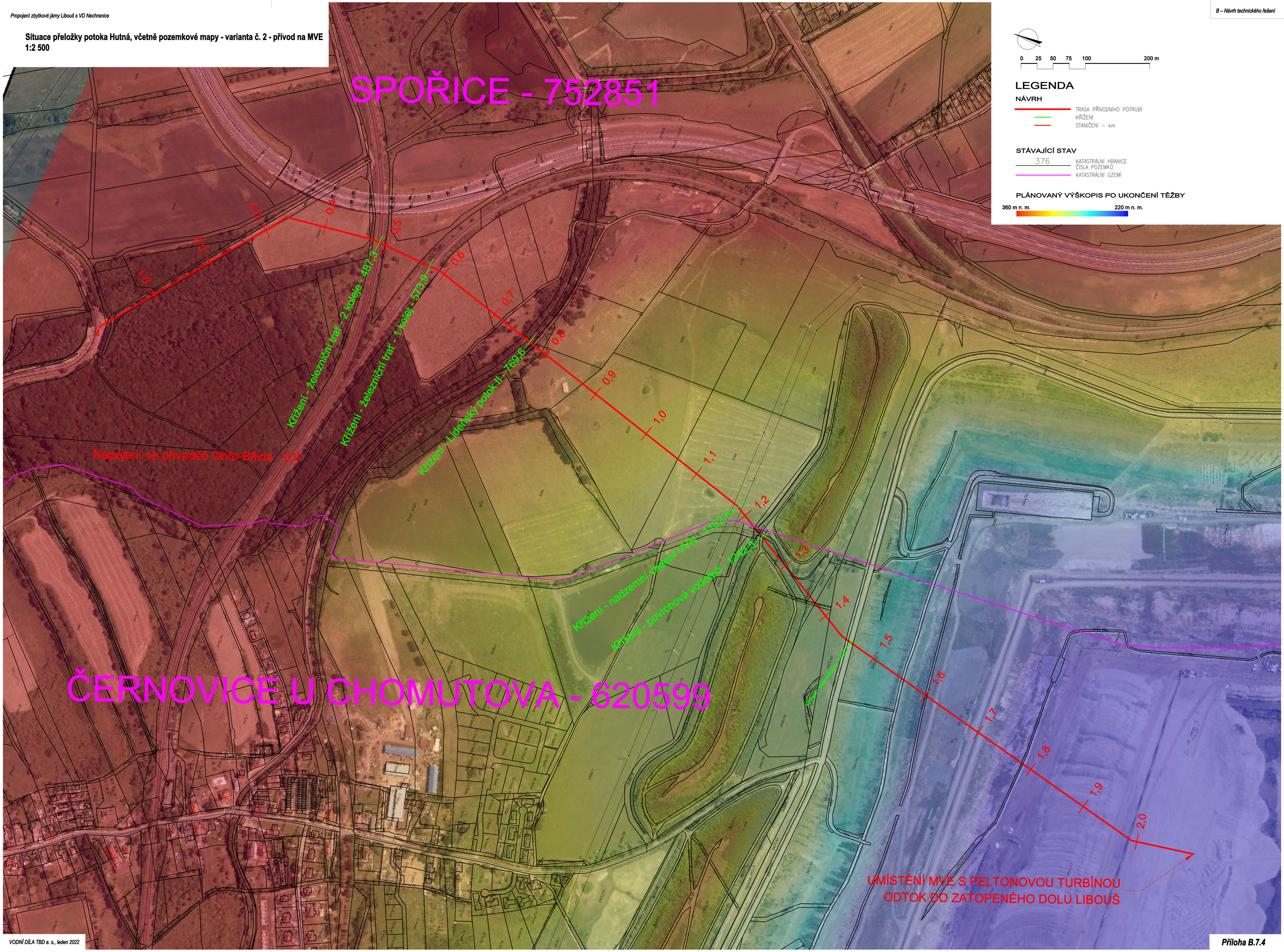

Popojení zlyšení jiný Úhrad v IÚ Nechanice
Situace přeložky potoka Hutná, včetně pozemkové mapy - varianta č. 1 otevřený kanál
1:2 500
0 25 50 75 100 200 m
LEGENDA
NÁVRH
TRASA NAVRŽENÉ PŘELOŽKY POTOKA HUTNÁ
VRANCE TEMENICH ZÁREZŮ
VŘEZNÍ
SPADNÉ OBJEKTY
PŘEVÝŠÍ - km
STÁVAJÍCÍ STAV
STÁVAJÍCÍ VRANCE
ČÍSLA POZEMKŮ
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ
PLÁNOVANÝ VÝŠKOPIS PO UKONČENÍ TĚŽBY
300 m n. m.
250 m n. m.
DROUŽKOVICE - 632597
Napojení na přívaděč Olmo-Bílina - 0,0
SPORICE - 752851
Odbočení z odlehčovacího kanálu - 336,8
BŘEZNO U CHOMUTOVA - 614491
Napojení na stávající koryto Hutné - 8306,3
Stupeň výšky 1,00 m - 8020,2
Stupeň výšky 1,00 m - 8050,2
Stupeň výšky 1,00 m - 8074,2
Stupeň výšky 1,00 m - 8098,2
Stupeň výšky 1,00 m - 8122,2
Stupeň výšky 2,00 m - 8146,2
Stupeň výšky 1,24 m - 8243,1
Stupeň výšky 1,00 m - 8255,1
PŘÍLOHA B.7.2

Propojení zbytkové jámy Libouš s VD Nechranice

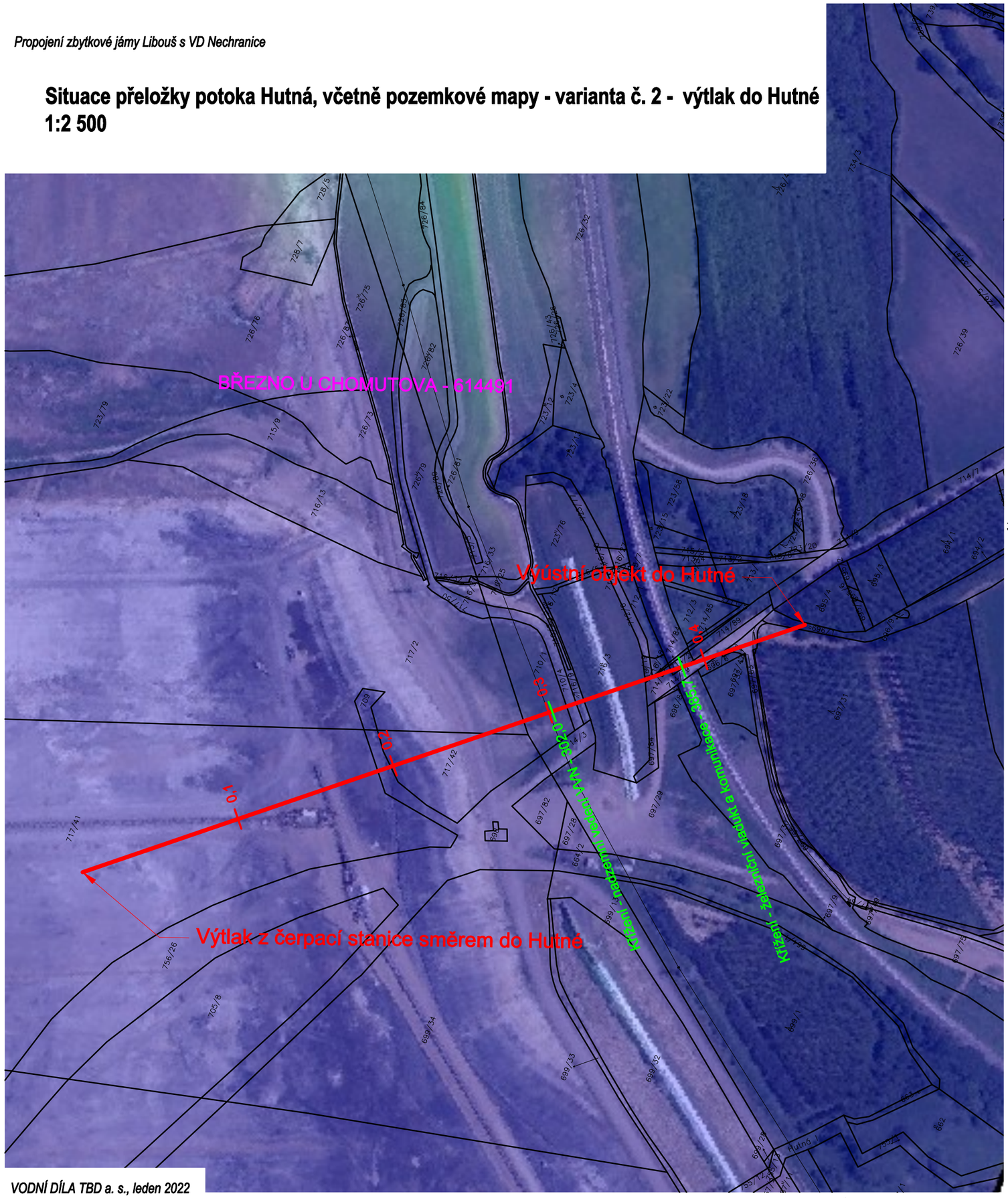
Podélný řez přeložky potoka Hutná, varianta č. 1 otevřený kanál
1:1 000/100

Příloha B.7.3

Situace přeložky potoka Hutná, včetně pozemkové mapy - varianta č. 2 - přívod na MVE
1:2 500



Situace přeložky potoka Hutná, včetně pozemkové mapy - varianta č. 2 - výtlak do Hutné
1:2 500



0 25 50 75 100 200 m

LEGENDA

NÁVRH

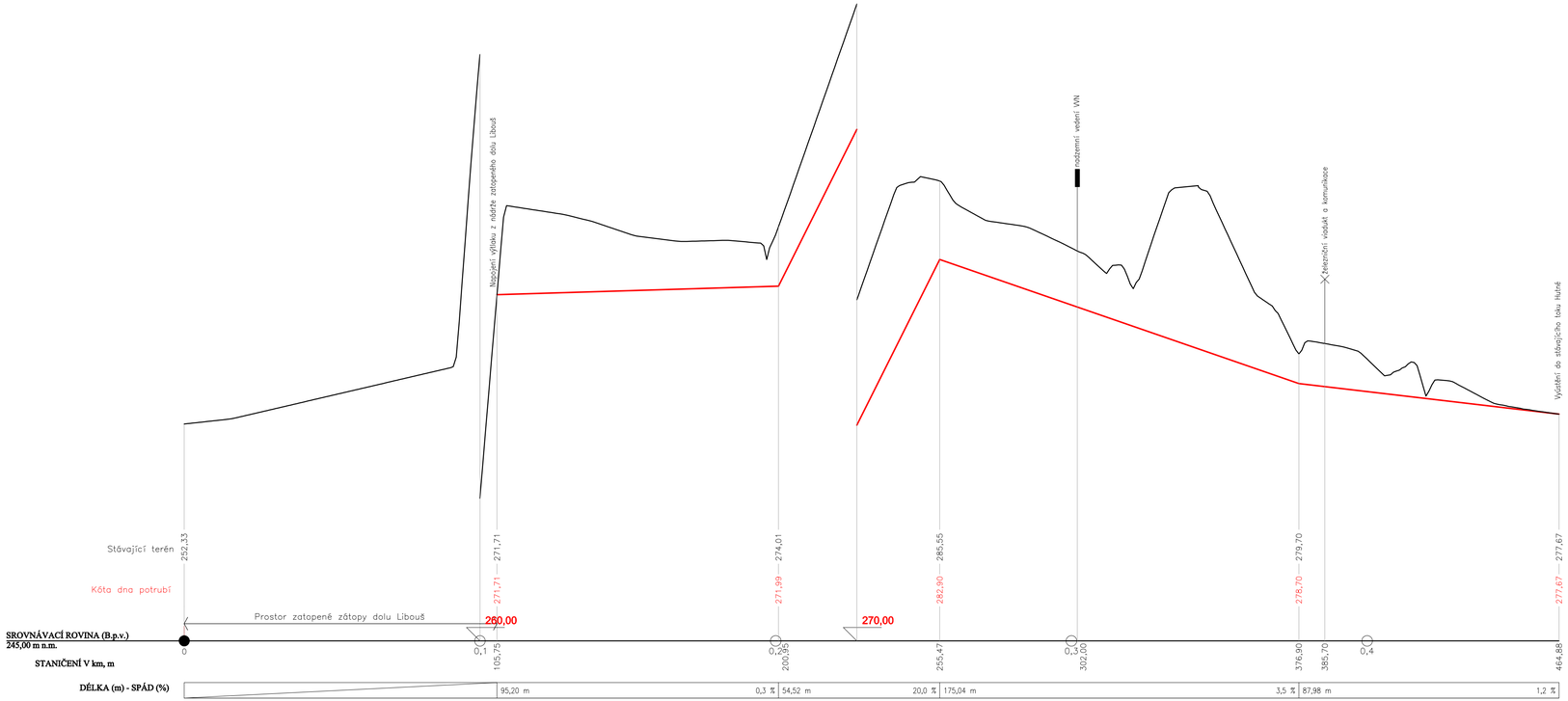
- VÝTLAK DO HUTNÉ Z LIBOUŠE
- KŘÍŽENÍ
- STANIČENÍ – km

STÁVAJÍCÍ STAV

- 376 — KATASTRÁLNÍ HRANICE ČÍSLA POZEMKŮ
- KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ

PLÁNOVANÝ VÝŠKOPIS PO UKONČENÍ TĚŽBY

360 m n. m. — 220 m n. m.

Podélný řez přeložky potoka Hutná - varianta č. 2 - přívod na MVE
1:1 000/100

Podélný řez přeložky potoka Hutná - varianta č. 2 - výtlak do Hutné
1:1 000/100