

Č. zak.: 068/14

Název akce: **Děčín – protipovodňová opatření LB Labe, zvýšení ochrany na Q50 na Labi**

Stupeň: Studie

Příloha 8.9.

## **ANALÝZA PRŮSAKOVÝCH POMĚRŮ PODZEMNÍ ČÁSTI PPO**

**AZ CONSULT, spol. s r.o.**Číslo zakázky.....**068/14**Výrobek uvolněn k použití  
**X.2014**

Datum.....

## O B S A H

1	ÚVOD .....	3
2	VSTUPNÍ ÚDAJE .....	3
3	ŘEŠENÍ .....	3
3.1	Koncepční model v úseku u sportoviště .....	3
3.2	Koncepční model v úseku podjezdu u mototechny.....	4
3.3	Koncepční model pro výpočet v obou úsecích se zhoršenými parametry - pesimistická varianta .....	5
4	VÝSLEDKY HYDROGEOLOGICKÝCH MODELŮ.....	6
4.1	Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, současný stav .....	6
4.2	Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, prognóza při průtoku Q50 .....	6
4.3	Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, prognóza při průtoku Q50, pesimistická varianta .....	7
4.4	Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, současný stav.....	8
4.5	Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, prognóza při průtoku Q508	
4.6	Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, prognóza při průtoku Q50, pesimistická varianta .....	9
5	ZÁVĚR.....	9
6	POUŽITÁ LITERATURA .....	10

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 8.9.1** Situace archivních sond a linie modelových řezů  
**Příloha 8.9.2** Podrobná dokumentace hydrogeologických výpočtů

# 1 ÚVOD

Na základě smlouvy mezi Statutárním městem Děčín a společností AZ Consult, spol. s r.o. byla zpracována analýza průsakových poměrů podzemní části PPO a posouzení ovlivnění podzemních vod výstavbou PPO v rámci studie proveditelnosti stavby "Děčín - protipovodňová opatření LB Labe". Analýza vychází z údajů zjištěných a shrnutých v rešerši geologických podkladů a je zaměřena na výpočty průsaků po zvýšení protipovodňové ochrany na kótu Q50. Posouzeny byly dva profily kolmé na linii PPO v místě u sportoviště a u podjezdu u mototechny, ve kterých jsou předpokládány nejnepříznivější výsledky.

## 2 VSTUPNÍ ÚDAJE

V obou profilech byl nejprve proveden výpočet při uvažování stávající protipovodňové ochrany na Q20 (u sportoviště), resp. Q15 (u mototechny). Pro oba případy byla použita simulace povodňové vlny, která svým průběhem odpovídá povodni v červnu 2013, avšak maximální výška hladiny vody v řece byla ponížena na odpovídající kótu Q20, resp. Q15. Byly sledovány průsaky na terén těsně za linií PPO, tedy v místech s nejvyšším hydraulickým gradientem.

Následně byly provedeny výpočty pro stav po navýšení PPO na kótu Q50. Povodňová vlna i v tomto případě vychází z průběhu povodně v roce 2013.

Výška hladiny při Q15 je na kótě 130,0 m n. m., při Q20 na kótě 130,8 m n. m., při Q50 na kótě 131,8 m n. m. V úseku u sportoviště dosahuje stávající podzemní část PPO minimální kóty 123,0 m n. m., v úseku podjezdu u mototechny 123,5 m n. m.

Linie PPO je patrná ze situace v Příloze 8.9.1. Geologická dokumentace archivních vrtů byla převzata ze zprávy o geologickém průzkumu (Aquatest 2009). Byly využity hydraulické parametry doporučené v rešerši geologických podkladů, která je součástí této studie proveditelnosti.

## 3 ŘEŠENÍ

Úloha je řešena ve 2D vertikálním řezu s volnou hladinou podzemní vody, v podmínkách neustáleného proudění a v nasyceném prostředí. Úlohy jsou řešeny v programu PlaxFlow 2D, který využívá diskretizace modelové oblasti na trojúhelníkové prvky. Výpočet je prováděn numericky metodou konečných prvků.

### 3.1 Konceptní model v úseku u sportoviště

Modelová oblast má ve vertikálním řezu tvar mnohoúhelníka, jehož spodní hranici tvoří nepropustné podloží. Horní hranici tvoří hladina podzemní vody, jejíž poloha není v podmínkách neustáleného proudění přesně známa, protože je součástí řešení. Pravá vertikální část hranice je tvořena břehem řeky Labe, levá vertikální hranice je nepropustná a je umístěna do takové vzdálenosti od zkoumaného území v blízkosti PPO, aby co nejméně ovlivňovala výsledky. Linie

vertikálních řezů je vyznačena v Příloze 8.9.1. Souřadnice bodů, které tvoří modelovou oblast, jsou patrné z Přílohy 8.9.2.

Na spodní horizontální části hranice je předepsána Neumannova okrajová podmínka s hodnotou průtoku  $q = 0 \text{ m}^2/\text{s}$ . Na horní horizontální části hranice je předepsána tatáž okrajová podmínka, a zároveň je zde známo, že hydraulická výška na hranici odpovídá hladině podzemní vody. Tuto skutečnost nepředepisujeme jako okrajovou podmínku, ale je využita jako kritérium shody v iteračním procesu. Na pravé vertikální hranici oblasti je předepsána Dirichletova okrajová podmínka, jejíž hodnota není v simulovaném intervalu konstantní, ale mění se podle předepsaného průběhu povodňové vlny (tabulka 1), Na levé vertikální hranici je předepsána Neumannova okrajová podmínka s hodnotou průtoku  $Q = 0 \text{ m}^2/\text{s}$ .

**Tabulka 1:** Průběh simulované povodňové vlny při Q20 a Q50

Průběh povodně Q20		Průběh povodně Q50	
čas (dny)	výška hladiny (m)	čas (dny)	výška hladiny (m)
0	122.61	0	122.61
1	124.00	1	124.00
2	126.00	2	127.00
3	128.00	3	129.00
4	130.00	4	131.00
5	130.80	5	131.80
6	130.80	6	131.80
7	130.00	7	131.00
8	129.00	8	130.00
9	128.00	9	129.00
10	127.00	10	128.00
11	126.00	11	126.00
12	124.00	12	124.00

Hydraulická vodivost vrstev byla předepsána podle tabulky 2. Hranice vrstev jsou patrné z Přílohy 8.9.2.

**Tabulka 2:** Hydraulická vodivost vrstev

vrstva	K (m/den)	K (m/s)
navážky	6.50E+00	7.52E-05
kvar. hlíny	1.00E-02	1.16E-07
písek, štěrk	6.00E+01	6.94E-04
zahliněné písky	1.00E+00	1.16E-05
slínovec	1.00E-03	1.16E-08
pískovec	1.00E+00	1.16E-05

### 3.2 Konceptní model v úseku podjezdu u mototechny

Modelová oblast má ve vertikálním řezu tvar mnohoúhelníka, jehož spodní hranici tvoří nepropustné podloží. Horní hranici tvoří hladina podzemní vody, jejíž poloha není v podmínkách neustáleného proudění přesně známa, protože je součástí řešení. Pravá vertikální část hranice je

tvořena břehem řeky Labe, levá vertikální hranice je nepropustná a je umístěna do takové vzdálenosti od zkoumaného území v blízkosti PPO, aby co nejméně ovlivňovala výsledky. Linie vertikálních řezů je vyznačena v Příloze 8.9.1. Souřadnice bodů, které tvoří modelovou oblast, jsou patrné z Přílohy 8.9.2.

Na spodní horizontální části hranice je předepsána Neumannova okrajová podmínka s hodnotou průtoku  $q = 0 \text{ m}^2/\text{s}$ . Na horní horizontální části hranice je předepsána tatáž okrajová podmínka, a zároveň je zde známo, že hydraulická výška na hranici odpovídá hladině podzemní vody. Tuto skutečnost nepředepisujeme jako okrajovou podmínku, ale je využita jako kritérium shody v iteračním procesu. Na pravé vertikální hranici oblasti je předepsána Dirichletova okrajová podmínka, jejíž hodnota není v simulovaném intervalu konstantní, ale mění se podle předepsaného průběhu povodňové vlny (tabulka 2). Na levé vertikální hranici je předepsána Neumannova okrajová podmínka s hodnotou průtoku  $Q = 0 \text{ m}^2/\text{s}$ .

**Tabulka 3:** Průběh simulované povodňové vlny při Q15 a Q50

Průběh povodně Q15		Průběh povodně Q50	
čas (dny)	výška hladiny (m)	čas (dny)	výška hladiny (m)
0	122.61	0	122.61
1	124.00	1	124.00
2	126.00	2	127.00
3	128.00	3	129.00
4	130.00	4	131.00
5	130.00	5	131.80
6	130.00	6	131.80
7	130.00	7	131.00
8	129.00	8	130.00
9	128.00	9	129.00
10	127.00	10	128.00
11	126.00	11	126.00
12	124.00	12	124.00

Hydraulická vodivost vrstev byla předepsána podle tabulky 2 (shodně jako v úseku u sportoviště. Hranice vrstev jsou patrné z Přílohy 8.9.2.

### 3.3 Koncepční model pro výpočet v obou úsecích se zhoršenými parametry - pesimistická varianta

Tzv. pesimistická varianta počítá se zvýšenou hydraulickou vodivostí o jeden řád u povrchových vrstev a kolektoru (tedy u vrstev, které mají na výsledné posouzení zásadní vliv). V případě podložního izolátoru (slínovec) a pískovcového masivu je hydraulická vodivost zachována v původních hodnotách. Dále je zvýšena doba trvání povodňové vlny na 20 dnů.

**Tabulka 4:** Hydraulická vodivost zemin pro tzv. pesimistickou variantu

vrstva	K (m/den)	K (m/s)
navážky	6.50E+01	7.52E-04
kvarť. hlíny	1.00E-01	1.16E-06
písek, štěrky	6.00E+02	6.94E-03
zahliněné písky	1.00E+01	1.16E-04
slínovec	1.00E-03	1.16E-08
pískovec	1.00E+00	1.16E-05

## 4 VÝSLEDKY HYDROGEOLOGICKÝCH MODELŮ

Pro posouzení průsakových poměrů jsou rozhodující výsledky výpočtu hydraulické výšky v prostoru těsně za protipovodňovou stěnou, na její vzdušné straně, na povrchu terénu a těsně pod ním. Hydraulická výška je vypočtena v celé oblasti, zvláště jsou v grafu vyneseny její hodnoty v bodech umístěných ve zmíněném prostoru. Poloha těchto bodů je schematicky znázorněna v Příloze 8.9.2. Uvedené výsledky platí výhradně při uvažování uvedených parametrů, geometrie a okrajových podmínek.

### 4.1 Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, současný stav

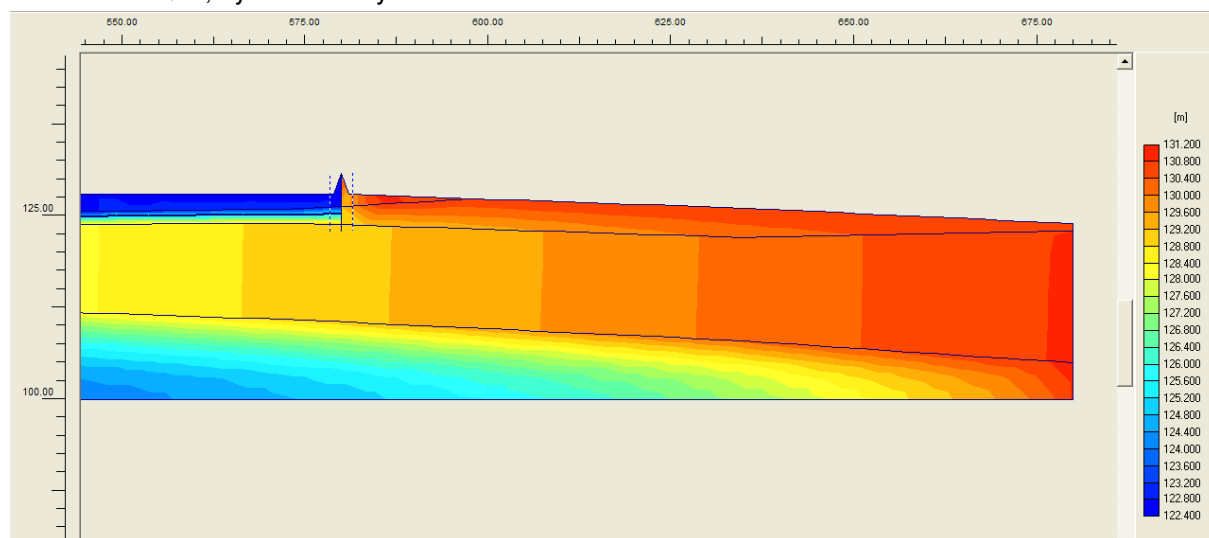
kóta podzemního těsnění 123,00, kóta koruny stěny 130,80

kóta terénu cca 128,00

povodeň – délka simulace: 12 dnů, stav na maximální kótě 130,8 trvá 2 dny (5.-6. den)

**Výsledek:** hydraulická výška v úrovni terénu i cca 1,5 m p. t. dosahuje maximálně 122,5 m. Voda za zdí neprosakuje, což je ve shodě s pozorovaným stavem v 6/2013, před tím, než došlo k nastoupání hladiny v řece nad stávající korunu PPO.

**Obrázek 1:** Q20, hydraulická výška v čase  $t = 6$  dnů



### 4.2 Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, prognóza při průtoku Q50

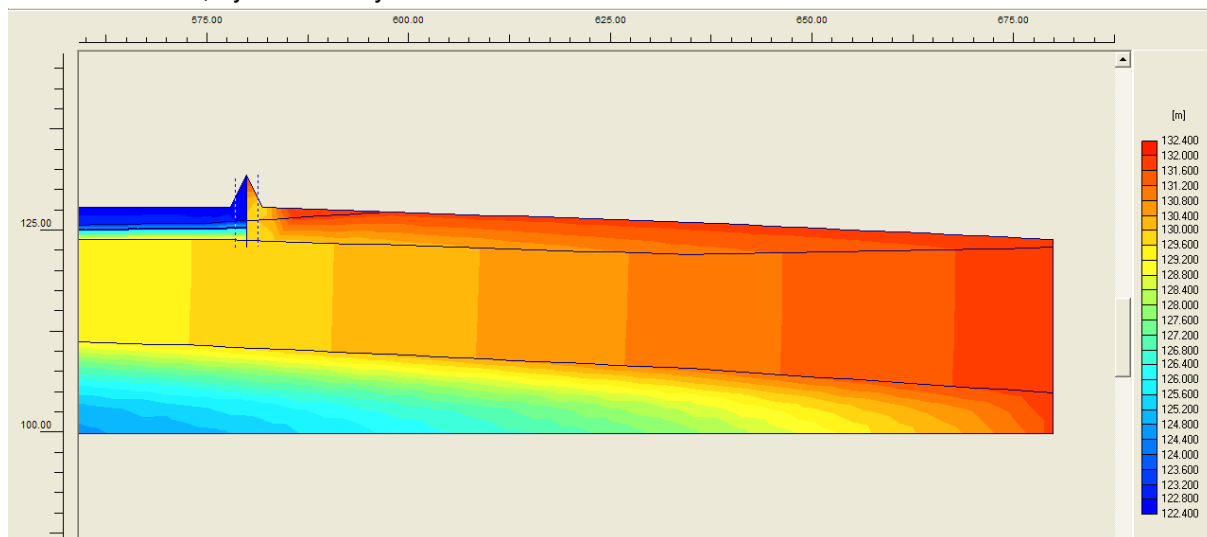
kóta podzemního těsnění 123,00, kóta koruny stěny 131,80

kóta terénu cca 128,00

povodeň – délka simulace: 12 dnů, stav na maximální kótě 131,8 trvá 2 dny (5.-6. den)

**Výsledek:** hydraulická výška v úrovni terénu i cca 1,5 m p. t. dosahuje maximálně 123,5 m. Voda za zdí neprosakuje.

**Obrázek 2:** Q50, hydraulická výška v čase  $t = 6$  dnů



#### 4.3 Výsledky výpočtů - úsek u sportoviště, prognóza při průtoku Q50, pesimistická varianta

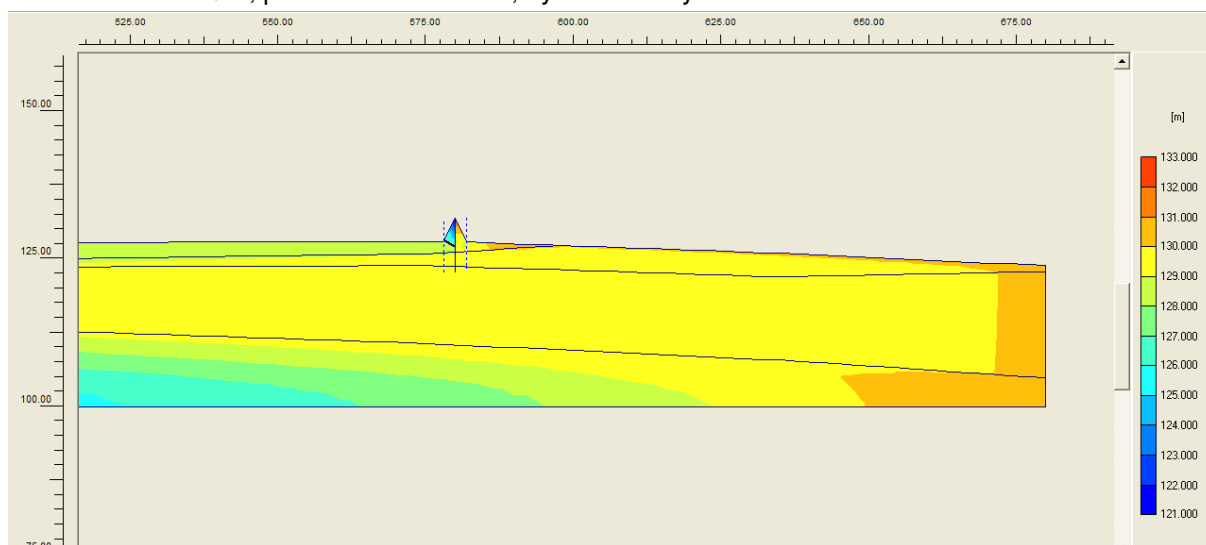
kóta podzemního těsnění 123,00, kóta koruny stěny 131,80

kóta terénu cca 128,00

povodeň – délka simulace: 20 dnů, stav na maximální kótě 131,8 trvá 2 dny (7.-8. den)

**výsledek:** hydraulická výška do vzdálenosti jednotek metrů za zdí (na vzdušné straně) je cca 20 cm nad terénem. Dochází k průsakům, u nichž předpokládáme, že je možné je řešit čerpáním.

**Obrázek 3:** Q50, pesimistická varianta, hydraulická výška v čase  $t = 8$  dnů



#### 4.4 Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, současný stav

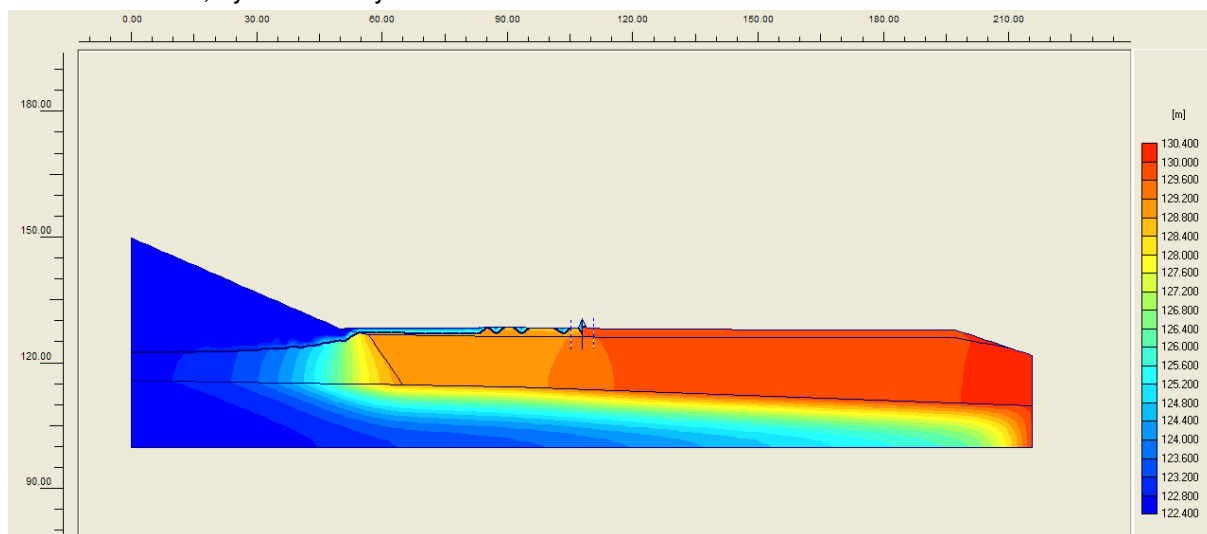
kóta podzemního těsnění 123,50, kóta koruny stěny 130,00

kóta terénu cca 128,50

povodeň – délka simulace: 12 dnů, stav na maximální kótě 130,0 trvá 2 dny (5.-6. den)

**Výsledek:** hydraulická výška je 20 – 50 cm pod terénem. Voda za zdí neprosakuje, což je ve shodě s pozorovaným stavem v 6/2013, před tím, než došlo k nastoupání hladiny v řece nad stávající korunu PPO. Poznámka: na obrázku 4 jsou těsně za linií PPO patrné zóny s kolísající hodnotou hydraulické výšky, které vznikly v důsledky metody výpočtu jako přirozená numerická chyba. Uvedený výsledek tuto chybu zohledňuje a pohybuje se na straně bezpečnosti.

**Obrázek 4:** Q15, hydraulická výška v čase  $t = 6$  dnů



#### 4.5 Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, prognóza při průtoku Q50

kóta podzemního těsnění 123,50, kóta koruny stěny 131,80

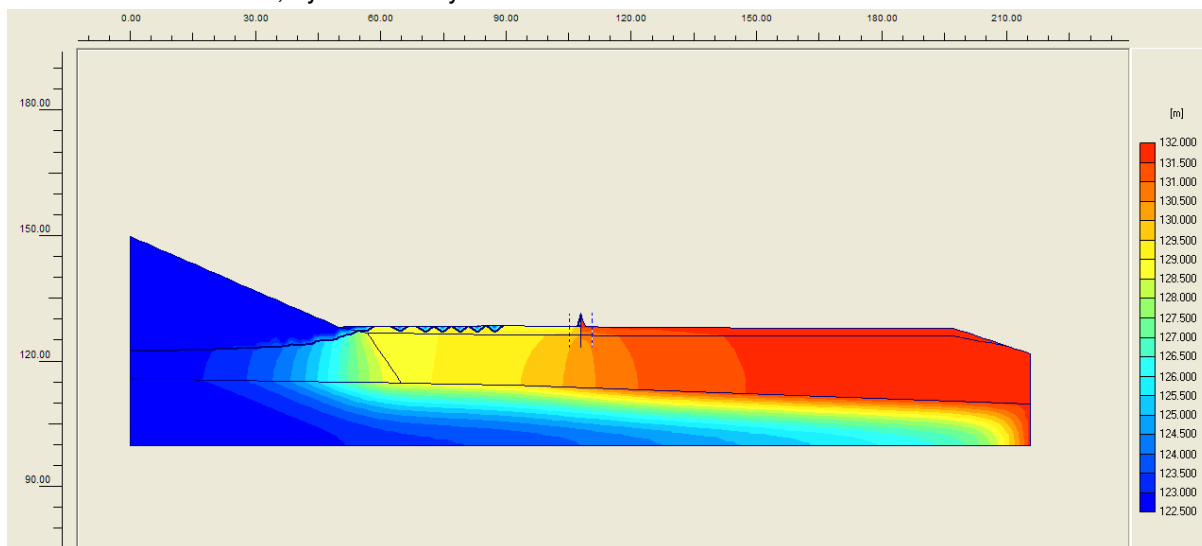
kóta terénu cca 128,50

povodeň – délka simulace: 12 dnů, stav na maximální kótě 131,8 trvá 2 dny (5.-6. den)

**výsledek:** hydraulická výška do vzdálenosti cca 20 – 30 m od PPO je 0,5 – 1 m nad terénem. Dochází k průsakům na vzdušné straně PPO. Kolísající hodnota hydraulické výšky za linií PPO je rovněž dána numerickou chybou, stejně jako v předchozím případě.



**Obrázek 5:** Q50, hydraulická výška v čase t = 6 dnů



#### 4.6 Výsledky výpočtů - úsek u podjezdu u mototechny, prognóza při průtoku Q50, pesimistická varianta

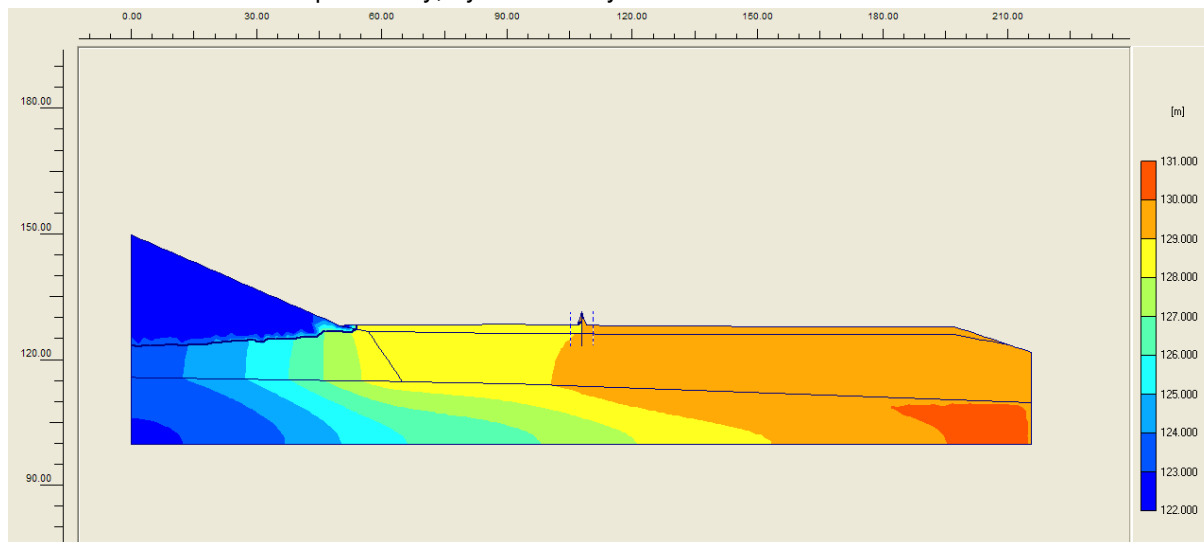
kóta podzemního těsnění 123,50, kóta koruny stěny 131,80

kóta terénu cca 128,50

povodeň – délka simulace: 20 dnů, stav na maximální kótě 131,8 trvá 2 dny (7.-8. den)

**Výsledek:** hydraulická výška do vzdálenosti až 50 m od PPO je 0,5 – 1 m nad terénem. Dochází k průsakům.

**Obrázek 6:** zhoršené parametry, hydraulická výška v čase t = 12 dnů



## 5 ZÁVĚR

Hydrogeologické výpočty pro prognózu průsakových poměrů byly v linii PPO Děčín, levý břeh, provedeny pro úsek u sportoviště a pro úsek u podjezdu u mototechny. Linie modelových řezů jsou zobrazeny v Příloze 8.9.1. Výsledky provedených výpočtů lze shrnout následovně:

### **Úsek u sportoviště**

- výpočtem, který simuloval současný stav PPO bylo ověřeno, že k průsakům v tomto místě nedochází. Tím byl potvrzen pozorovaný stav v červnu 2013.

- při navýšení PPO na úroveň Q50 dochází ke zvýšení hydraulické výšky v bodech v úrovni terénu, hydraulická výška však zůstává menší než geodetická výška terénu. K průsakům tedy ani po navýšení PPO pravděpodobně nedojde.

### **Úsek u podjezdu u mototechny**

- výpočtem, který simuloval současný stav PPO bylo ověřeno, že k průsakům v tomto místě nedochází. Tím byl potvrzen pozorovaný stav v červnu 2013.

- při navýšení PPO na úroveň Q50 dochází ke zvýšení hydraulické výšky nad úroveň geodetické výšky terénu. Lze očekávat, že v případě navýšení PPO by docházelo k průsakům za linií PPO, a to až do vzdálenosti 20-50 m za linií.

Výsledky platí při uvažování uvedených parametrů, geometrie a okrajových podmínek. Při změně vstupních parametrů je nutné provést nové hydrogeologické výpočty.

## **6 POUŽITÁ LITERATURA**

Aquatest (2009): Labe, Děčín, zvýšení ochrany městské zástavby hrázemi, hydrogeologický a inženýrsko-geologický průzkum. Aquatest a.s.

V Ústí nad Labem, říjen 2014

Vypracoval:                      Mgr. Jakub Šindelář

Hlavní projektant:              Ing. Martin David, ČKAIT-0401558, autorizovaný inženýr pro stavby  
vodního hospodářství a krajinného inženýrství