

Bezobslužná ČSPH, Poděbrady – Kluk

Zajištění stavební jámy SO 02 čerpání podzemní vody



Horoušany, duben 2014

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc

Bezobslužná ČSPH, Poděbrady – Kluk Zajištění stavební jámy SO 02 a čerpání podzemní vody

1. Úvod, podklady

Na základě objednávky od projekční firmy Atelier H1 a Atelier Hájek, s.r.o., Jižní 860, Hradec Králové z konce března 2014 předkládám návrh a statické posouzení zajištění stavební jámy pro objekt SO 02 - podzemní část čerpací stanice pohonných hmot a návrh čerpání podzemní vody po dobu výstavby tohoto objektu v Kluku u Poděbrad. Návrh byl vypracován na základě následujících podkladů předaných objednatelem:

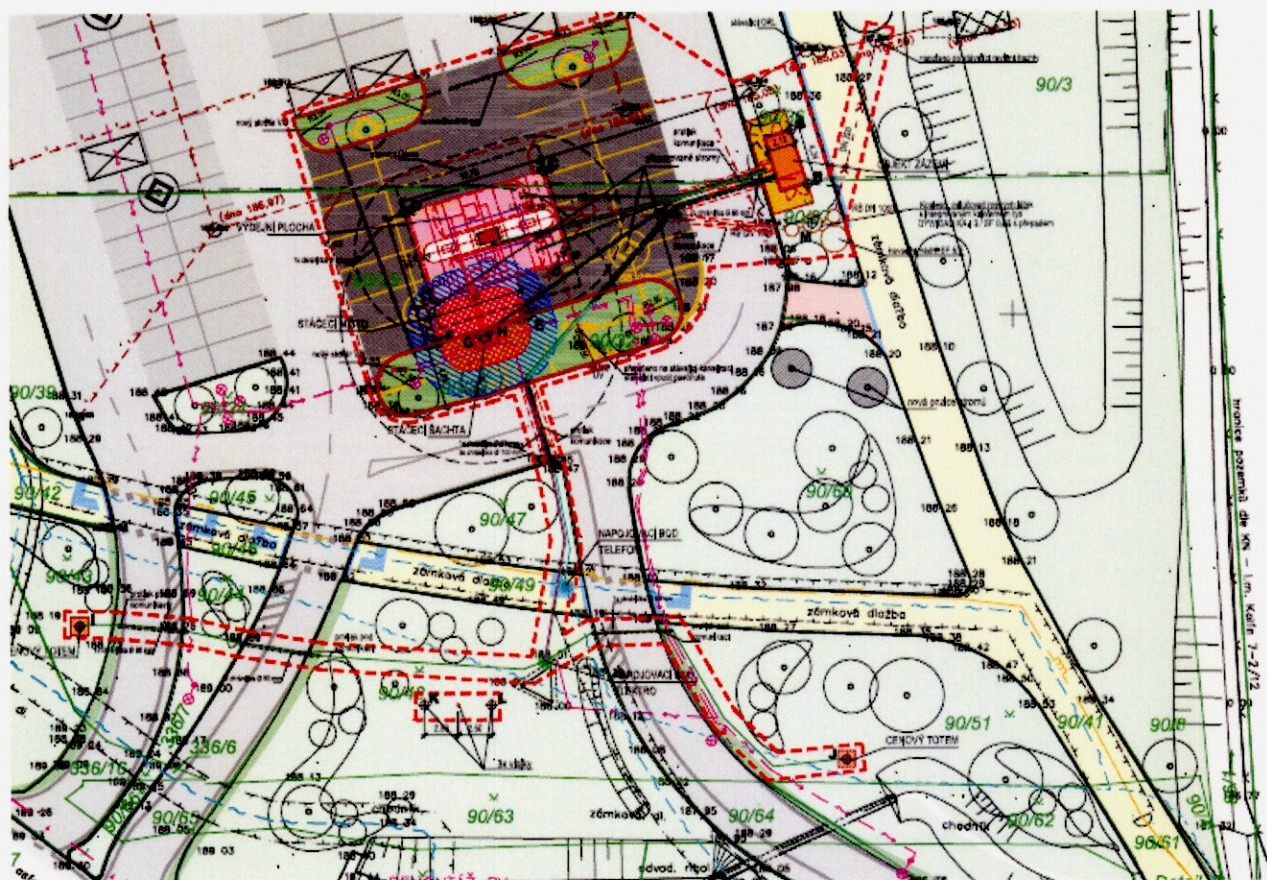
- a) Inženýrskogeologický průzkum pro OC Poděbrady, Sklenář – Geoconsult, Praha, 03/2010,
- b) Posouzení možnosti likvidace srážkových vod vsakem do horninového prostředí, Poděbrady – obchodní centrum, Hydro-Eco, Praha, 02/2010,
- c) Zpráva o radonovém průzkumu pro výstavbu Obchodního centra Poděbrady, RGP servis, Praha, 2010,
- d) Bezobslužná ČSPH expres/Fin, k.ú. Kluk, koordinační situace M 1:250, Atelier H1 + Atelier Hájek, s.r.o., Hradec Králové, 02/2014,
- e) Bezobslužná ČSPH expres/Fin, k.ú. Kluk, Výkresy: SO 02 – Výdejní plocha – Základy, Podélný řez, Příčný řez, Atelier H1 + Atelier Hájek, s.r.o., Hradec Králové, 04/2014.

Úkolem je návrh a posouzení dočasného zajištění stavební jámy potřebných půdorysných rozměrů a hloubky vč. statického posouzení a technické zprávy popisující technologii provádění příslušných prací a dále návrh, výpočet a popis dočasného čerpání podzemní vody ze stavební jámy za účelem umožnění výstavby podzemních skladovacích nádrží PHM. Součástí tohoto návrhu nejsou příslušné výkresy, které vypracuje objednatel, předány však budou veškeré potřebné údaje a podklady pro vypracování těchto výkresů.

2. Stručný popis stavby

V obci Kluk u Poděbrad je plánována výstavba bezobslužné ČSPH expres/Fin, jejíž situování je patrné z výřezu koordinační situace stavby, obr.1. V podzemní části objektu se nacházejí 2 válcové ocelové nádrže pro PHM po 32 m³ Diesel, a Benzin 95 Natural, jež mají průměr 2,50 m, délku asi 7,1 m a jejich osy jsou od sebe vzdáleny 4,90 m. Nádrže jsou uloženy vodorovně na žb. základové desce tl. 0,30 m půdorysu 8,5 x 8,6 m s povrchem na úrovni -4,10 m = 184,45 m n.m., ($\pm 0,0 = 188,55$ m n.m.). Deska se nachází ve stavební jámě světých rozměrů 11,0 x 11,0 m se dnem na úrovni -4,50 m = 184,05 m n.m. na podkladním betonu tl. 0,10 m. Terén na staveništi, z něhož bude realizováno zajištění stavební jámy, se nachází na úrovni cca -0,65 m = 187,90 m n.m.; po výstavbě podzemní části bude úpraven na konečnou výšku -0,12 m = 188,43 m n.m. V ose stavební jámy, mezi oběma nádržemi, bude umístěn střední pylon dosahující do úrovně + 7,60 m, nesoucí zastřešení ve výšce +4,50 m až + 4,95 m nad 4 výdejními stojany PHM. Toto zastřešení má půdorysný tvar obdélníka rozměrů cca 8,5 x 11,0 m.

Pro výstavbu podzemní části této stanice PHM je třeba vytvořit stavební jámu světých půdorysných rozměrů 11,0 x 11,0 m do úrovně -4,55 m = 184,00 m n.m. a to z úrovně pracovní plošiny nacházející se na kótě cca 187,90 m n.m., tudíž s volnou výškou $H = 3,90$ m.



Obr.1 Koordinační situace navrhované stanice PHM, (převzato z podkladu ad d)

3. Geotechnické poměry na staveništi

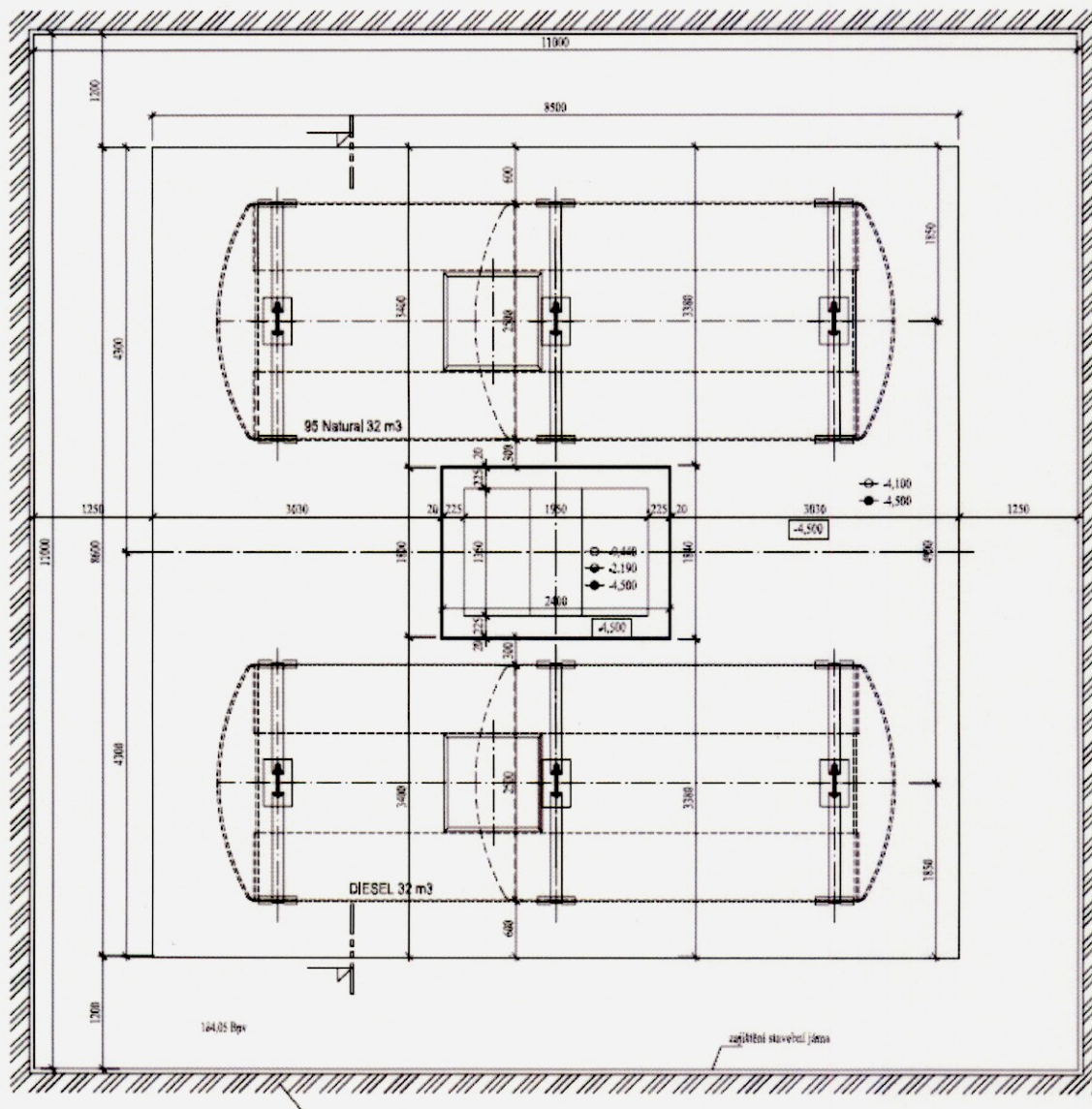
Staveniště se nachází v katastru obce Kluk u Poděbrad, poblíž křižovatky silnice 2. třídy č. 611 (Praha-Poděbrady) a silnice 1. třídy č. 38 (Kolín – Nymburk) – u stávajícího kruhového objezdu. Terén je zde prakticky rovinný, s minimálním úklonem od západu k východu (směrem od silnice Kolín-Nymburk). Průměrná nadmořská výška terénu je kolem 188,20 m n.m. Pozemek byl využíván jako pole – pro zemědělskou činnost.

Z hlediska regionálně geologického náleží zájmové území do centrální části České křídové tabule, kde horniny skalního podloží jsou budovány středně turonskými slínovci a slinitými pískovci, jejichž zvětralý povrch se nachází na úrovni cca 173,00 m n.m., tj. v hloubce dosahující až 15,0 m pod terén. Horniny předkvartérního podloží jsou na svém povrchu zvětralé a mají charakter pevných slínů, přičemž vytvářejí prakticky nepropustné podloží pro hlavní zvodeň, jež se nachází v nadložních fluvialních sedimentech. Ty jsou odspodu tvořeny písčítými štěrky, výše pak písky ulehými, jež na svém povrchu přecházejí do písků jílovitých a hlinitých. V nadloží se nachází cca 1 m mocná vrstva jílovitých hlín písčitých, konzistence tuhé. Povrch terénu je pak vyrovnán humózní hlínou.

Podzemní voda se nachází ve fluvialních sedimentech a vytváří v nich rozsáhlou zvodeň s průlinovou propustností, jež byla vsakovací zkouškou analyzována, přičemž stanovena byla velikost koeficientu filtrace $k = 1,16 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$. Hladina podzemní vody se nachází na průměrné úrovni 186,00 m n.m., tj. v hloubce kolem 1,90 m pod terénem. Může však nicméně kolísat.

4. Návrh zajištění stavební jámy, návrh čerpání podzemní vody

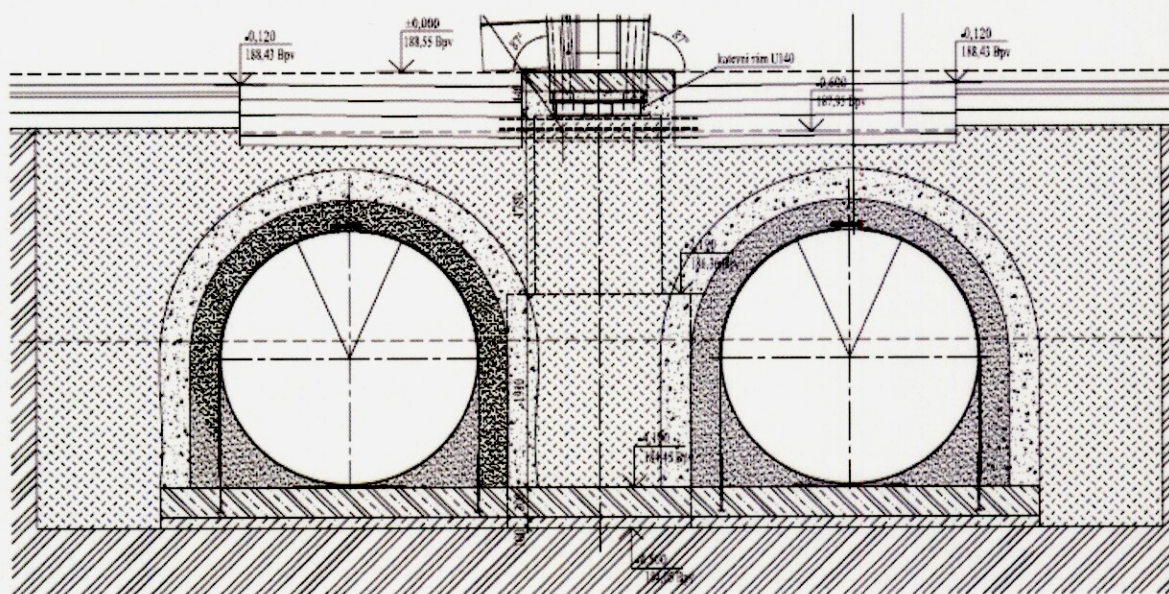
Pro dočasné zajištění stavební jámy navrhují štětové stěny, jež vytvoří zároveň těsnící stěny z hlediska bočního přítoku podzemní vody do takto vytvořené jámky. S ohledem na úroveň nepropustného podloží tvořeného zvětralým slínovcem na kótě cca 173,00 m n.m., nepřichází prakticky v úvahu vetknutí štětovnic do takovéto hloubky, bude tedy nutné počítat s přítokem podzemní vody dnem této jámky. Tento přítok bude nutné zvládnout dočasným čerpáním z čerpacích studní umístěných uvnitř této jámky při jejím obvodu. Půdorysný tvar jámky je na obr.2, řez jámkou je pak na obr.3.



Obr.2 Půdorysný tvar jámky, (převzato z podkladu e)

S ohledem na volnou výšku stěn jámky $H = 3,90$ m, tedy na úroveň okolního terénu 187,90 m n.m., na úroveň dna jámky na 184,00 m n.m. a na úroveň hladiny podzemní vody, jež se nachází na kótě 186,00 m n.m., nelze počítat s volně stojícími štětovými stěnami (nekotvenými, nerozepřenými), neboť potřebná délka štětovnic by přesahovala cca 9,0 m a deformace stěny v hlavě by dosahovala kolem 130 mm, což by vyvolalo nepřípustné deformace terénu kolem jámky. Navrhují tedy jámku rozepřenou v úrovni cca 0,50 m pod

okolním terénem, tj. na kótě cca 187,40 m n.m. Rozepření bude sestávat z průběžných obvodových vnitřních převázek a z šikmých (45^0) rohových trubních rozpěr. Tím zůstane rozhodující vnitřní část jámy volná pro snadnou montáž ocelových nádrží PHM i pro ostatní práce. Zároveň bude umožněno zřízení čerpacích studní v rozích jámek a jejich následné čerpání. Po výstavbě podzemní části objektu a zasypání nádrží vč. zhutnění do úrovně cca 187,00 m n.m. bude možné demontovat rohové rozpěry a obvodové převázky a po event. dalším zasypání vnitřního prostoru jámy bude možné štětovnice vytáhnout a dočasné zajištění stavební jámy zrušit. Čerpací studny zůstanou zřejmě zachovány pro event. následnou kontrolu, zdali nedochází ke kontaminaci podzemních vod. Štětové stěny lze samozřejmě v zemi i ponechat, pokud toto řešení bude shledáno výhodným.



Obr.3 Řez jámkou, (převzato z podkladu e)

4.1 Statické posouzení jámy ze štětových stěn

Navrhujeme stěny ze štětovnic Larssen IIIIn, délky $L = 7,0$ m, s hlavami cca 0,20 m nad úrovní okolního terénu (pracovní plošiny), tedy na kótě cca 188,10 m n.m. Délka vetknutí stěn pod dno jámy je tedy $t = 2,90$ m, což je vyhovující z hlediska zabránění vzniku hydraulického prolomení dna stavební jámy, kdy vychází $t_{\min} > h/2$, kde h = výška hladiny podzemní vody nad dnem jámy. V našem případě $h = 2,0$ m, tedy $t = 2,90 > 2,0/2 = 1,0$ m – vyhovuje z hlediska hydrodynamického tlaku.

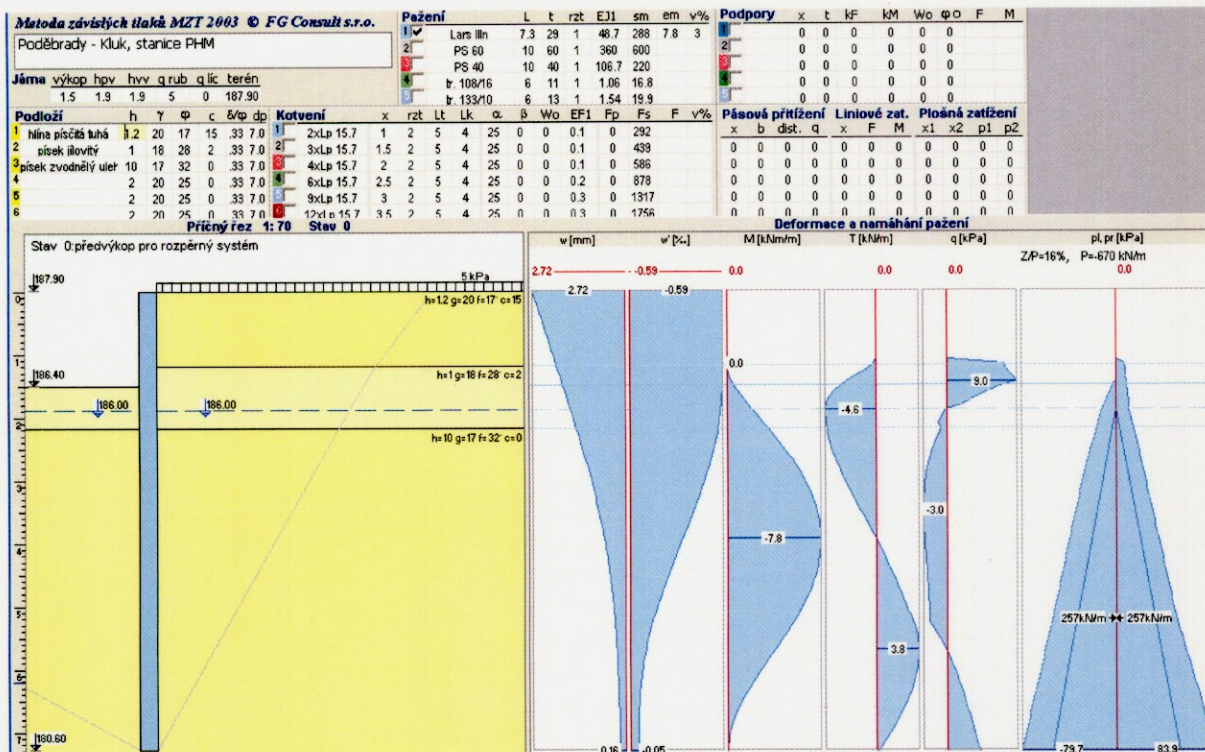
Štětovnice budou zabírány (zavibrovány) do vrstvy ulehlých, zvodněných písků a to přes vrstvu hlín a hlinitých písků, tedy v násl. geotechnické profilu, (0,0 = 187,90 m n.m.):

0,0 – 1,2: písčitá hlína tuhá	$\gamma = 20 \text{ kN.m}^{-3}$, $\phi = 17^0$, $c = 15 \text{ kPa}$
1,2 – 2,2: písek jílovitý	$\gamma = 18 \text{ kN.m}^{-3}$, $\phi = 28^0$, $c = 2 \text{ kPa}$
2,2 – 8,0: písek, středně uhlý	$\gamma = 17 \text{ kN.m}^{-3}$, $\phi = 32^0$, $c = 0 \text{ kPa}$

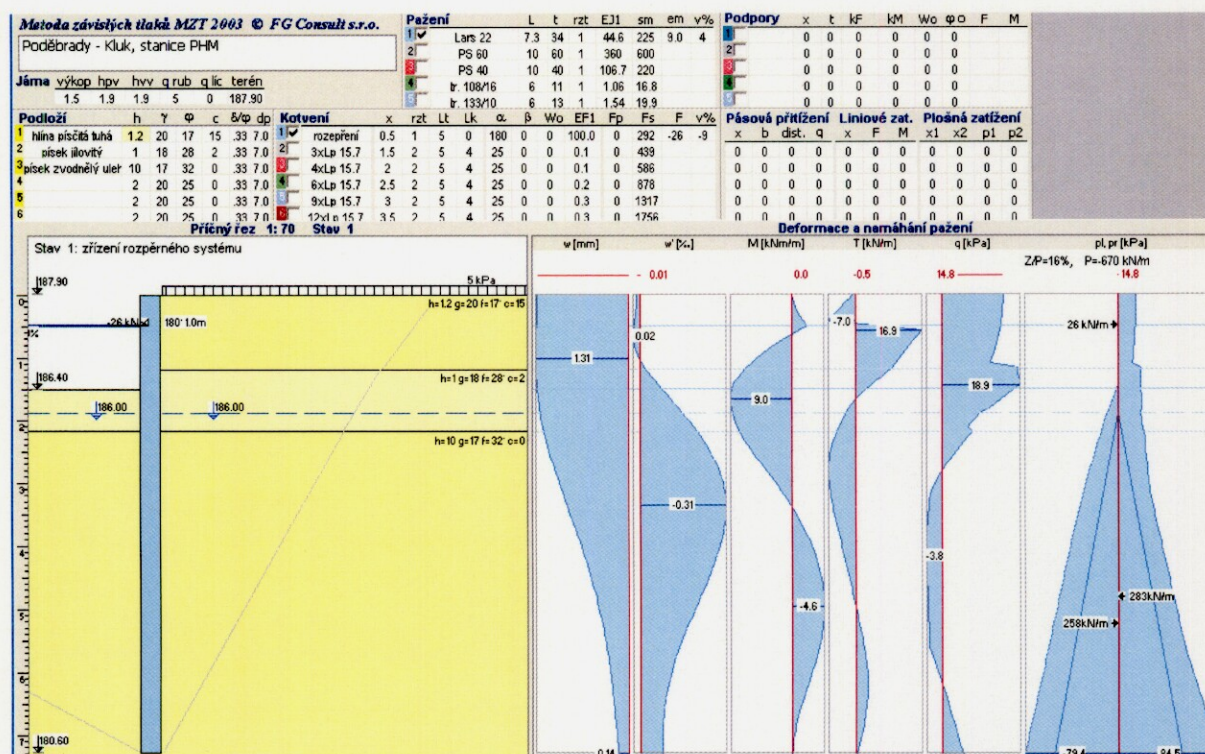
návrhová hladina podzemní vody v hl. 1,90 m pod terénem, tj. na kótě 186,00 m n.m.

Výpočet bude proveden „metodou závislých tlaků“ (mzt.2006) pro příslušné zatěžovací stavy a to pro posouzení mezního stavu použitelnosti (2.ms.), bude tedy využito charakteristických hodnot zatížení i vlastností základové půdy.

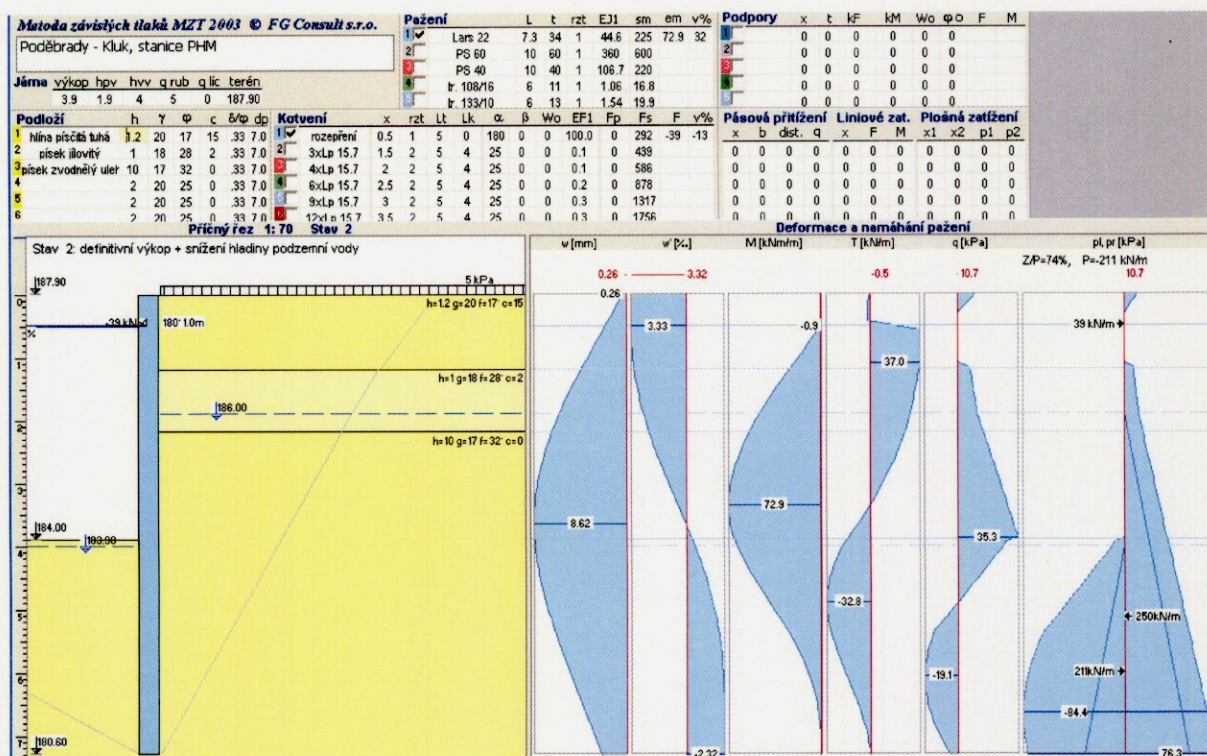
a) Předvýkop na kótu cca 186,40 m n.m. (H = 1,50)



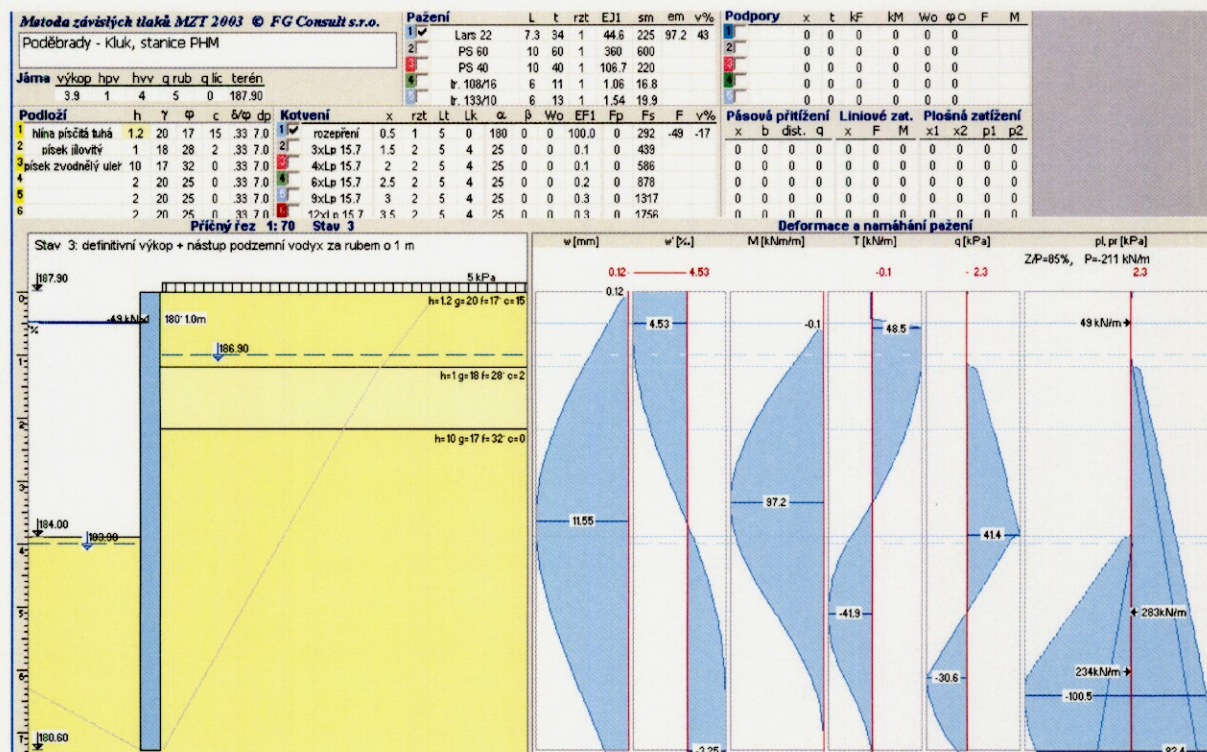
b) Předvýkop na kótu cca 186,40 m n.m. (H = 1,50) ; zřízení rozpěrného systému na úrovni cca 187,40 m n.m.



c) Definitivní výkop na kótu 184,00 m n.m. (H = 3,90)



d) Definitivní výkop na kótu 184,00 m n.m. (H = 3,90) ; event. vystoupení okolní hladiny podzemní vody max. o 1,0 m na úroveň 187,00 m n.m.



1. Posouzení štětovnic – Larssen IIIIn, $W = 0,0016 \text{ m}^3$
 $\max M = 97,2 \text{ kNm/m}$
 $\sigma = 0,0972/0,0016 = \underline{60,75 \text{ MPa} < 180 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}}$
2. Rozpěrný systém – navrhujeme průběžné obvodové vnitřní převázky z dvojic U č.300 s vodorovnou osou na úrovni 187,40 m n.m.
 - pro zatěžovací stav 2 – max. výkop + normální hladina podzemní vody vychází vodorovná síla po obvodě $q = 39 \text{ kN/m}$,
 - navrhujeme šikmé rohové rozpěry (45°) vždy ve vzdálenosti 3,0 m od příslušného rohu, tedy spojitý nosník o 3 polích bude mít rozpětí: 3,0 m + 5,0 m + 3,0 m a zatížen bude rovnoměrným zatížením $q = 39,0 \text{ kN/m}$

$$2.M_b.(3 + 5) + M_c.5 = - 0,25.39.(3^2 + 5^2)$$

$$M_b.5 + 2.M_c.(5 + 3) = - 0,25.39.(3^2 + 5^2)$$

$$M_b = M_c = -15,79 \text{ kNm}; \quad (M_a = M_d = 0)$$

$$\text{v hlavním poli } M_{\max} = 1/8.39.5^2 + 1/5.(-15,79.2,5 - 15,79.2,5) = \underline{179,21 \text{ kNm}}$$

posouvající síly:

$$Q_{ab} = -Q_{dc} = 39.1,5 - 1/3.15,79 = 53,24 \text{ kN}$$

$$Q_{ba} = -Q_{cd} = 53,24 \text{ kN}$$

$$Q_{bc} = -Q_{cb} = 39.2,5 = 97,50 \text{ kN}$$

$$\text{kolmá reakce v podpěře } Q = 53,24 + 97,50 = 150,74 \text{ kN}$$

$$\text{šikmá } (45^\circ) \text{ reakce v podpěře } R = 150,74/\sin 45 = \underline{213,19 \text{ kN}}$$

3. Posouzení průběžných převázek: $2 \times U \text{ č.300} \dots W = 2,0,000535 = 0,00107 \text{ m}^3$
 $\sigma = 0,18/0,00107 = \underline{168,22 \text{ MPa} < 180 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}}$
4. Posouzení trubních rohových rozpěr: volíme tr. 159/4,5 mm, $L = 4,20 \text{ m}$: $A = 0,00218 \text{ m}^2$, $i = 54,6 \text{ mm}$, $W = 0,000082 \text{ m}^3$, $g = 17,15 \text{ kg/m}$
 $\lambda = 420/5,46 = 77 \dots c = 1,40$
 $M = 1/8.0,0172.4,2^2 = 0,038 \text{ kNm}$
 $\sigma = 1,4.0,213/0,00218 + 0,00038/0,000082 = \underline{141,42 \text{ MPa} < 180 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}}$
5. Posouzení pro případ zatěžovacího stavu 3 – stoupnutí hladiny podzemní vody max. o 1,0 m:
 - dochází k navýšení rozpěrné síly na $q = 49 \text{ kN/m}$, tedy o cca 25 %,
 - zvýšení namáhání převázek na $\sigma = 1,25.168,22 = 210 \text{ MPa}$ – lze krátkodobě připustit
 - zvýšení namáhání trubních rozpěr na $\sigma = 1,25.141,42 = \underline{177 < 180 \text{ MPa} - \text{vyhovuje.}}$

4.2 Čerpání podzemní vody

Za účelem provedení základové desky v „suché“ stavební jámě (jímce) je třeba snížit hladinu podzemní vody v jímce čerpáním a to na předpokládanou úroveň nejméně 183,50 m n.m. ve středu jímky, tj. nejméně 0,5 m pod úroveň výkopu. Půjde tedy o snížení hladiny podzemní vody o $\Delta h = 2,50 \text{ m}$. S ohledem na úroveň nepropustného podloží na kótě cca 173,0 m n.m., tj. v hloubce kolem 15,0 m pod terénem, nelze počítat s realizací tzv. „dokonalých“

čerpacích studní, jež by musely být zataženy právě až do úrovně nepropustného podloží a jejich délka by byla kolem 15,0 m. Navrhujeme tedy studny „dokonalé“, jež budou svým dnem končit v úrovni zvodněných štěrků.

a) Přibližný výpočet přítoku dnem do stavební jámy (jímky)

- půdorys: 11x11 m, $A = 121,0 \text{ m}^2$,
- poloměr náhradní studny: $r = (121/3,14)^{1/2} = 6,21 \text{ m}$,
- koeficient filtrace $k = 1,16 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$
- výška hladiny podzemní vody od nepropustného podloží: $H = 13,0 \text{ m}$,
- výška snížené hladiny podzemní vody od nepropustného podloží: $h_0 = 10,5 \text{ m}$,
- dosah deprese dle Kusakina: $R = 575 \cdot (H - h_0) \cdot (k \cdot H)^{1/2} = 52,0 \text{ m}$,
- přítok vody dnem snížený o účinky zabíraných štětovic:

$$Q = \pi \cdot k \cdot 2 \cdot (H - h_0) \cdot r / (\pi/2 + 2 \cdot \arcsin(r/(h_0 + (h_0^2 + r^2)^{1/2})) + 0,515 \cdot r / (h_0 \cdot \ln(r + R)/4 \cdot h_0))) = 0,0084 / (1,57 + 0,135 + 0,933) = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s} = \underline{3,2 \text{ l/s}}$$

b) Návrh čerpacích studní

- výpočtem stanovený celkový přítok $Q = 3,2 \text{ l/s}$ doporučuji zvládnout pomocí 4 čerpacích studní, tj. na 1 studnu připadne přítok $q = 0,8 \text{ l/s}$
- maximální vtoková rychlost do čerpací studny dle Sichardta: $v_{\max} = (k)^{1/2}/15 = 0,0108 \text{ m/s}$; min. deprese $h = 1,0 \text{ m}$
- nutný poloměr zárubnice: $r_0 = q/(2,3,14 \cdot 1,0 \cdot 0,0108) = 0,0118 \text{ m}$
- volíme zárubnici o vnitřním průměru $d_0 = 250 \text{ mm}$ z PVC, SN 8 s perforací 10 %,
- celková hloubka studny bude $L = 9,0 \text{ m}$, s hlavou na úrovni pracovní plošiny, tj. na kótě 187,90 m n.m.; zárubnice z PVC Dn = 250 mm bude na horních 3,5 m plná, dále bude úsek délky 4,0 m s perforací 10 % a poslední úsek (kalník) délky 1,5 m bude rovněž plný (bez perforace),
- vrt pro čerpací studnu bude mít průměr 630 mm, bude prováděn z pracovní plošiny na úrovni 187,90 m n.m. (v souvislosti s ražením štětovic) a bude v celé své délce min. 9,0 m dočasně zapažen ocelovými nastavitelnými pažnicemi,
- po osazení příslušné zárubnice bude mezikruží mezi pažnicí a zárubnicí opatřeno zasypaním z kačírku 2 - 4 mm a to v úseku -9,0 m až -3,5 m (měřeno od pracovní plošiny); zbylá část bude zasypana vyvrtanou zeminou; následně budou ocelové pažnice odpaženy,
- čerpací studny je třeba „nastartovat“ pokusným čerpáním.

5. Poznámky k provádění

5.1 Jímka ze štětových stěn

Na rovinném povrchu staveniště na úrovni 187,90 m n.m. bude vytyčen osový půdorys jímky, jež má tvar čtverce 11,29 x 11,29 m. Štětovnice typu Larssen IIIIn budou vibroraženy ve dvojicích, přičemž je třeba bezpodmínečně dodržet navrženou hloubku zaražení jejich pat na úroveň 181,10 m n.m. S ohledem na popisované geotechnické poměry na staveništi se nepředpokládá nutnost doberanění štětovic (nárazovým beranem). Navržené štětovnice mají tedy délku 7,0 m a vyčnívají 0,20 m nad okolní terén. (Lze použít i jiných typů štětovic např. VL 602, z hlediska statického nevzniká problém). V případě, že se výjimečně nepodaří zarazit

štětovnice do předepsané hloubky, je třeba o tom neprodleně informovat projektanta, který navrhne odpovídající opatření. Doporučuje se rohové štětovnice před ražením svařit.

Po zaražení všech štětovnic po obvodu čtvercové jámy vnitřního světlého rozměru 11,0 x 11,0 m lze realizovat předvýkop na hloubku cca 1,50 – 1,90 m, tj. na úroveň 186,40 až 186,00 m n.m., tedy nad hladinu podzemní vody a z této úrovně bude provedeno vnitřní rozepření jámy. Na příslušné štětovnice půdorysně zhruba po 2,0 – 2,5 m budou navaženy kozlíky trojúhelníkového tvaru z pl. 10 mm s horní plochou délky 350 mm na úrovni 187,30 m n.m. a na tyto kozlíky bude položena předem připravená vodorovná průběžná převázka z dvojic U č.300 (stojinami k sobě), přičemž oba profily U č.300 budou spojeny přepáskováním plochou ocelí. Převázky je třeba uspořádat tak, aby v rozích na sebe navzájem navazovaly a spoj je vhodně svrhu přeplátovat pl. tl. 10 mm.

Průběžné převázky budou v rozích rozepřeny trubními rozpěrami z tr. prof. 159/4,5 mm, (popř. příslušně většího průřezu), přičemž místo styku bude vždy ve vzdálenosti 3 000 mm od světlého rohu jámy. Délky trubních rozpěr jsou cca 3800 mm. V příslušném styčnicku budou převázky z dvojic U č.300 opatřeny výztuhami z pl. 10 mm a konce trub, seříznuté v úhlu 45° budou opatřeny styčnickovým plechem tl. 10 mm – 200/180 mm, jež bude přivařen k přírubám průběžné převázky. Rohové rozpěry nebudou nijak aktivovány.

Pro provedení rozpěrného systému (a zřízení 4 čerpacích studní v rozích jámy) bude postupně vyhloubena jáma na požadovanou úroveň 184,00 m n.m. a to od kóty cca 186,00 m n.m. za současného čerpání podzemní vody.

5.2 Čerpací studny

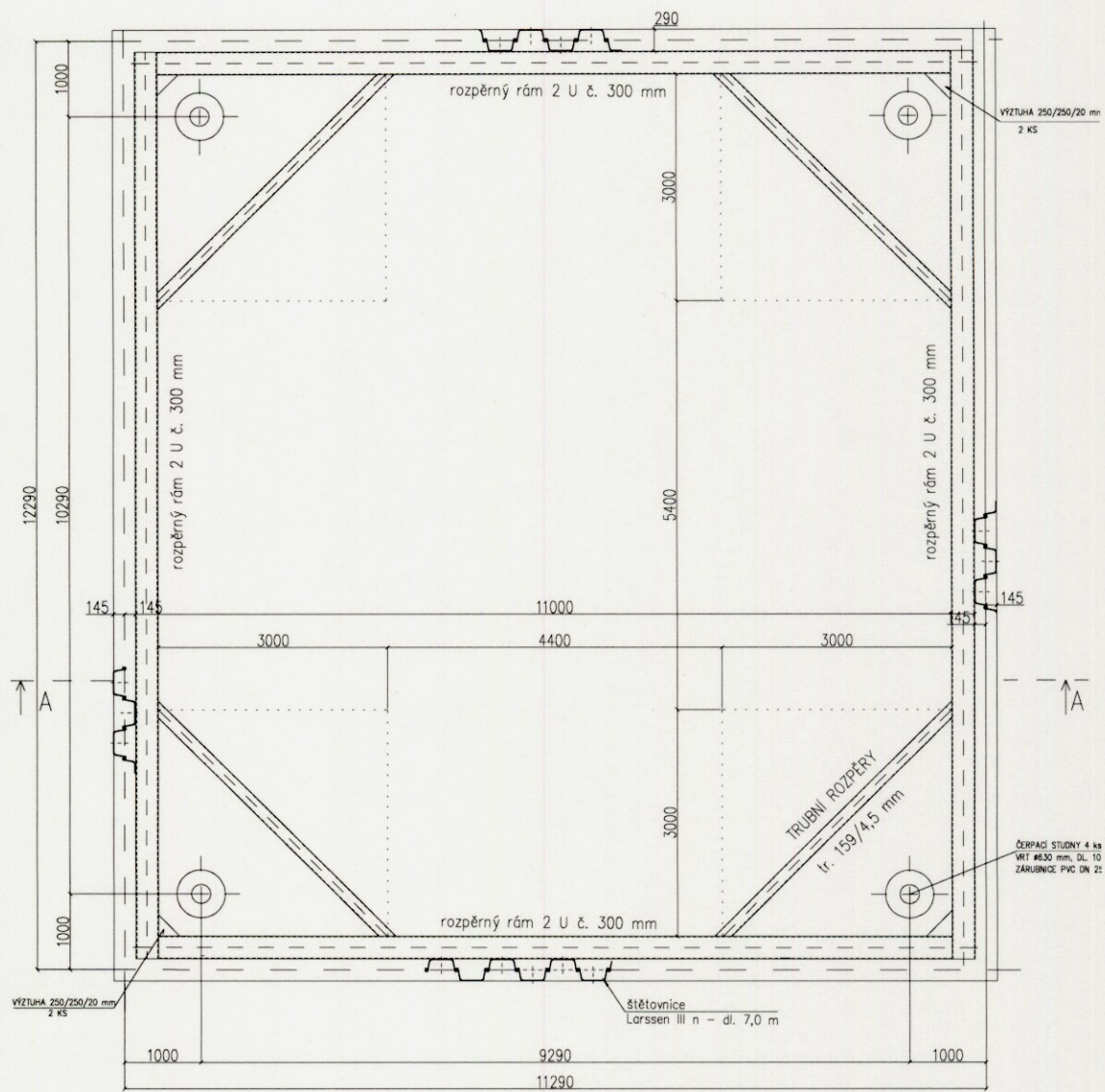
Navržené 4 čerpací studny budou vytyčeny s ohledem na tvar jámy tak, že jejich osa je ve vzdálenosti vždy 1,0 a 1,0 m od rohu jámy (1,41 m od rohu jámy ve směru úhlopříčky). Vrtáno bude z pracovní plošiny na kótě 187,90 m n.m. rotačně náběrovým systémem pod ochranou průběžného pažení prof. 630 mm na celkovou délku 9,0 m, přičemž bude pravděpodobně nutné zarotovat pažnice až o 0,5 m hlouběji tak, aby byl vrt dokonale průchozí do hloubky 9,0 m. Do takto připraveného vrtu (zvodněného) bude zapuštěna připravená zárubnice z PVC Dn 250 mm, jež bude mít horní úsek délky 3,5 m plný, další úsek dl. 4,0 m bude perforovaný s perforací 10 % a dolní úsek délky 1,5 m (kalník) bude rovněž plný. Zárubnici je třeba vložit do vrtu pokud možno centricky tak, aby obsyp mezikruží měl stejnou tloušťku. Obsyp bude od úrovně -9,0 m až po úroveň -3,5 m, tj. v délce 5,5 m tvořen kačírkem frakce 2 - 4 mm, popř. 4 – 8 mm, horní část bude zasypána vyvrtanou zeminou, (později bude stejně odstraněna v rámci těžby v jámce). Následně bude ocelová pažnice odpažena, přičemž je třeba dbát na to, aby nedošlo k povytažení zárubnice.

V Houroušanech, 10.4.2014

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc.



PŮDORYSNÉ SCHÉMA JÍMKY



ŘEZ A - Á

