

# **Ochrana potrubí plynovodu**

*polní cesta*  
***HPCS 2 Dobročovice***

## **STATICKÝ VÝPOČET**

Evidenční číslo:  
**16408**

Vypracoval:  
**Ing. Robert Nový**  
**v říjnu 2016 ve Velké Dobré**

## Obsah:

<b>1</b>	<b>Úvod a identifikační údaje .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Použité podklady, normy a pomůcky .....</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Použité podklady.....</i>	4
2.2	<i>Použité předpisy navrhování.....</i>	4
2.3	<i>Použité programy.....</i>	4
<b>3</b>	<b>Popis a schéma .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Ověření účinku zemních tlaků zásypu na potrubí .....</b>	<b>5</b>
4.1	<i>Zatížení .....</i>	6
4.2	<i>analýza metodou konečných prvků .....</i>	7
<b>5</b>	<b>Návrh a zdůvodnění technického řešení ochrany pro potrubí DN500.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Návrh a posouzení ochranné konstrukce.....</b>	<b>12</b>
6.1	<i>Návrh a posouzení desky.....</i>	12
6.2	<i>Návrh a posouzení základových pasů pro podepření desky .....</i>	16
<b>7</b>	<b>Provedení stavby.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>18</b>

### Příloha P1 ... Výpočetní příloha

*Na vyžádání v elektronické podobě. Obsahuje soubory programu Fine EC s veškerými daty.*

# 1 Úvod a identifikační údaje

Předmětem toho statické výpočtu je statické posouzení vlivu zatížení vnášených zásypem na plynovod VTL v místě křížení s komunikací a návrh opatření pro jeho ochranu.

Místo stavby: polní cesta HPCS 2, Dobročovice

Investor: ČR – Státní pozemkový úřad,  
Krajský pozemkový úřad pro Středočeský kraj,  
Pobočka Nymburk  
Soudní 17/3  
288 02 Nymburk 2  
IČO: 01312774, DIČ: CZ01312774

Objednatel st. výpočtu: NDCon s.r.o.  
Zlatnická 10/1582  
110 00 Praha 1  
Czech Republic  
IČO: 64939511, DIČ: CZ64939511

Vypracoval: Ing. Robert Nový  
Berounská 121, 273 61 Velká Dobrá  
IČO: 74662872, DIČ: CZ7407290704  
telefon: 777 87 29 07; e-mail: robert.novy@statika.info

**Pro přehlednost je použita následující konvence...**

**Tučně jsou zvýrazněny informace podstatné v rámci statického posudku.**

*Kurzívou jsou poznámky autora posudku.*

Podtržené jsou výstupy a závěry. Podstatné pro dodavatele stavby.

**Tučně a podtržené jsou hlavní výstupy a závěry. Podstatné pro dodavatele stavby.**

Dále může být navíc důležitost údajů rozlišena velikostí fontu.

*S ohledem na rozsah a přehlednost dále uvádím hlavní údaje a závěry provedených výpočtů. Dílčí a podrobné výstupy z provedených výpočtů z programu FineEC jsou k dispozici v elektronické příloze nebo jsou k po dohodě k nahlédnutí.*

---

## **2 Použité podklady, normy a pomůcky**

Tento dokument byl sestaven v programu OpenOffice.org Writer.

### **2.1 Použité podklady**

- Projekt NDCon s. r.o., Ing. Pavel Ibl
- Fotodokumentace
- Katalogy použitých výrobků

### **2.2 Použité předpisy navrhování**

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí

### **2.3 Použité programy**

Programy jejichž výstupy jsou použity v tomto dokumentu:

⇒ Fin EC – výpočet podle teorie I. a II. řádu, stabilita, dynamika, posudky zdiva

### 3 Popis a schéma

#### Dotčené sítě:

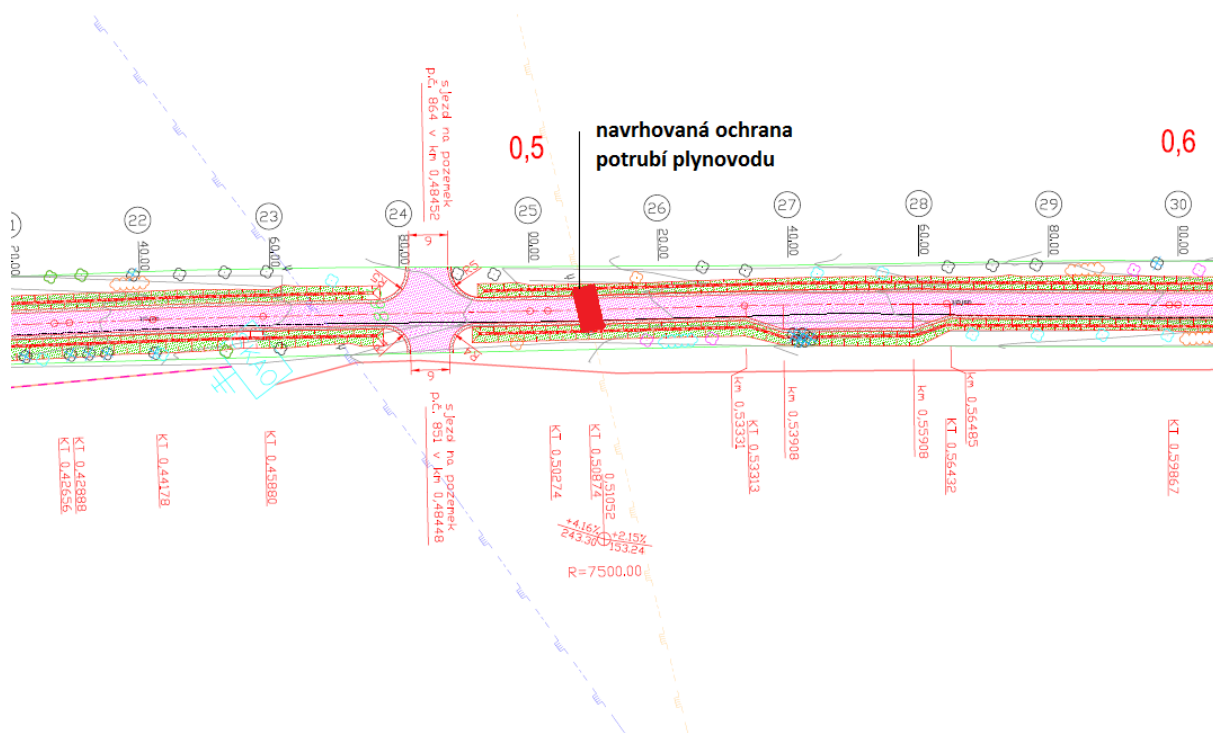
Plynárenská zařízení:

VTL plynovod nad 40 barů DN 500, provoz  
DN 500 - trubka 530x8  
Materiál: 11 523.1 - mez kluzu: 259 MPa

VTL plynovod nad 40 barů DN 80, provoz  
DN 80 - trubka 89x3,6  
Materiál: 11 523.1 - mez kluzu: 259 MPa

Hloubka uložení dle místa pro výpočet uvažováno 1,2 až 3m.

schéma - situace - HPCS 2 Dobročovice



### 4 Ověření účinku zemních tlaků zásypu na potrubí

Potrubí VTL plynovodu je navrženo tak, aby bez speciálních opatření přenášelo tlaky zeminy od zásypu tam, kde jsou proměnná (nahodilá) zatížení na povrchu běžná. V místě křížení z

komunikací bude docházet k cyklické změně napětí v důsledku přejezdu automobilů s uvažovanou hodnotou zatížení až 18 tun (návrhová hodnota, char. 12 tun).

uvažovaná potrubí

VTL plynovod nad 40 barů DN 500, provoz  
DN 500 - trubka 530x8  
Materiál: 11 523.1 - mez kluzu: 259 MPa

VTL plynovod nad 40 barů DN 80, provoz  
DN 80 - trubka 89x3,6  
Materiál: 11 523.1 - mez kluzu: 259 MPa

## 4.1 Zatížení

stálá - vrstvy zásypu a komunikace

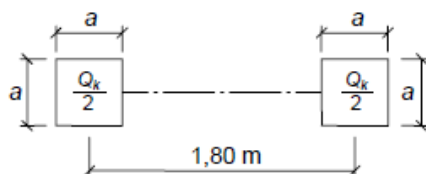
vrstvy komunikace a zásypu průměr do 2000kg/m<sup>3</sup>  
pískový zásyp 450mm, 1800kg/m<sup>3</sup>  
průměrná hodnota 2000kg/m<sup>3</sup>

nahodilá - tlak plynu

rovnoměrné zatížení na vnitřní obvod 4000kN/m<sup>2</sup> (40 bar)

nahodilá - užitná zatížení od vozidel

kategorie G (30kN < celková tíha vozidla < 160kN)  
q<sub>k</sub>=5kN/m<sup>2</sup>, Q<sub>k</sub>=120kN (na nápravu)



**Zatížení celkem pro uvažovanou hloubku uložení hl. h.h. -1,2m:**

stálé zatížení

od zásypu

20kN/m<sup>3</sup>\*1,2m=**24kN/m<sup>2</sup>**

nahodilé zatížení

pro roznášecí úhel cca 60°

roznášecí plocha pro zatížení od nápravy 1,2m \* 2,8m = 2,8m<sup>2</sup>

potom je zatížení na střední část desky 120/2,8=**43kN/m<sup>2</sup>**

**celkem char. 24+43=67kN/m<sup>2</sup>**

**Zatížení celkem pro uvažovanou hloubku uložení hl. h.h. -3,0m:**

stálé zatížení

od zásypu

$20\text{kN/m}^3 \cdot 3,0\text{m} = \mathbf{60\text{kN/m}^2}$   
 nahodilé zatížení  
 pro roznášecí úhel cca  $60^\circ$   
 roznášecí plocha pro zatížení od nápravy  $3,0\text{m} \cdot 4,3\text{m} = 12,9\text{m}^2$   
 potom je zatížení na střední část desky  $120/12,9 = \mathbf{9,3\text{kN/m}^2}$

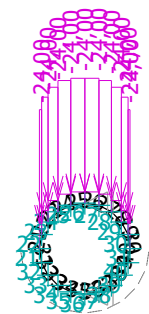
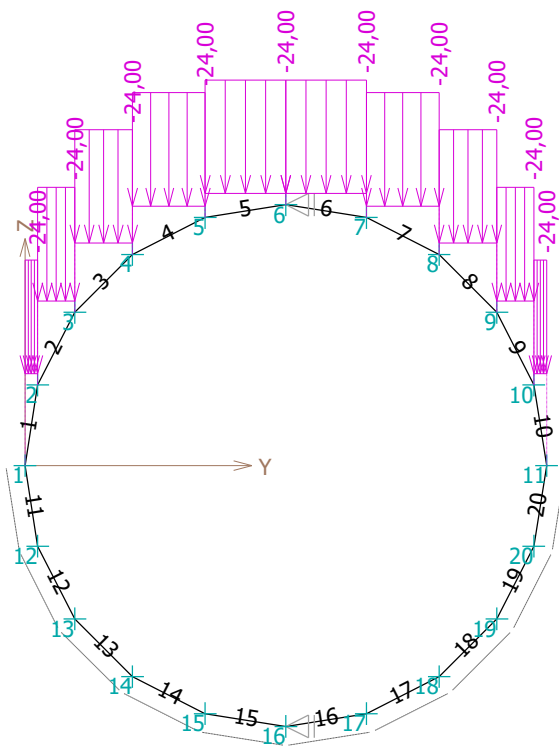
**celkem char.  $60 + 9,3 = \mathbf{69,3\text{kN/m}^2}$**

**Vliv nahodilého zatížení je přitom podstatný s ohledem na jeho cykličnost a vliv na únavu materiálu VTL potrubí především ve spojích potrubí! Proto je dále ověřen model s nejmenší předpokládanou hloubkou h.h potrubí -1,2m.**

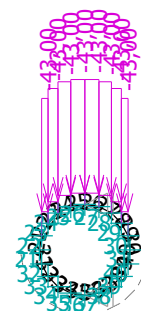
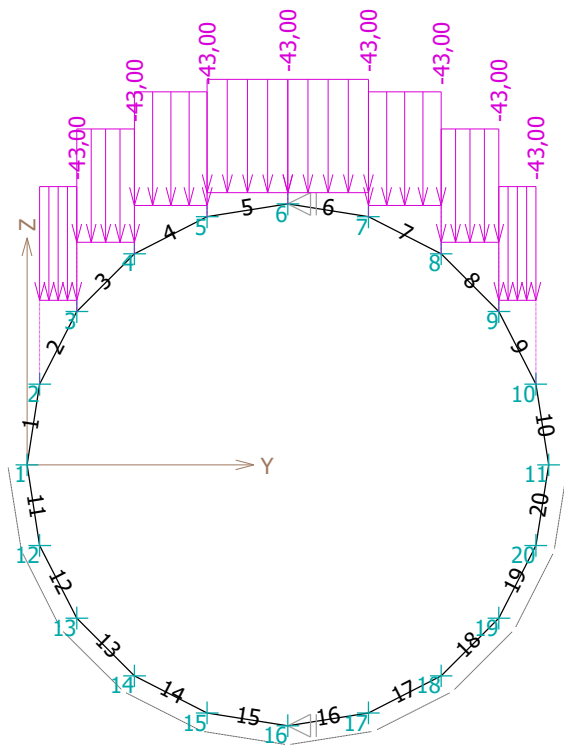
statické veličiny od uvedených statických veličin  
 uložení v zásypu modelováno jako pružné prostředí (parametry  $C1=10$ ,  $C2=1$ )

## 4.2 analýza metodou konečných prvků

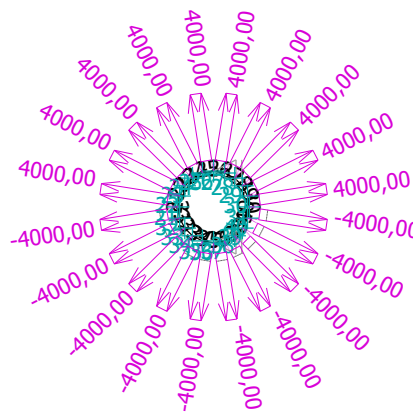
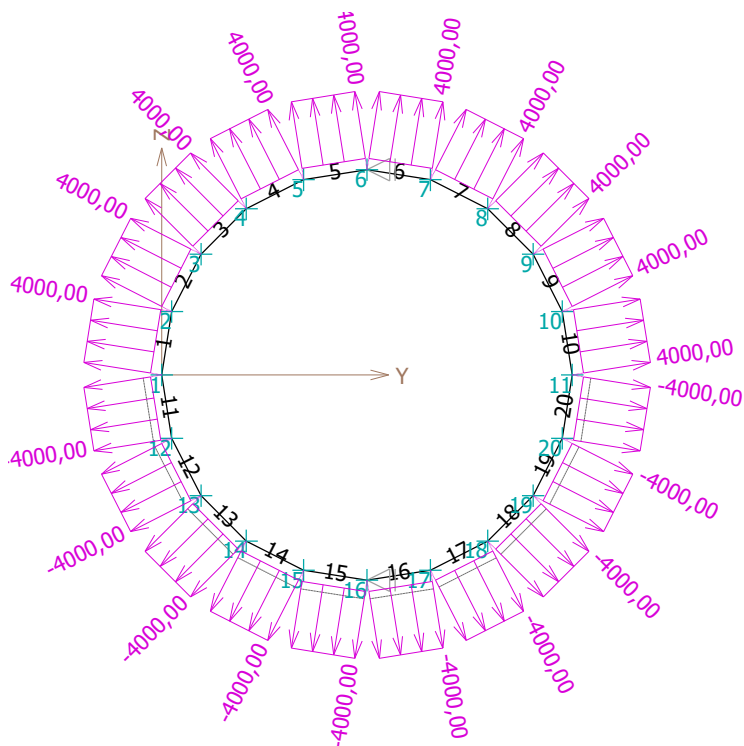
zatěžovací stavy



(SZ DZ/ZS Q2 zásyp)



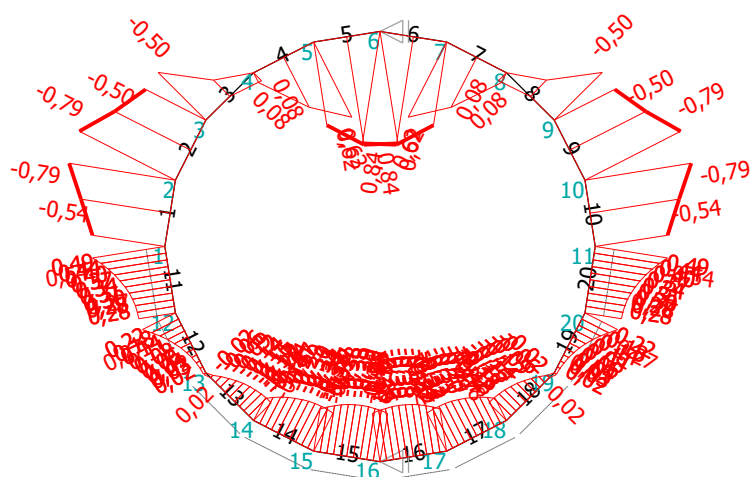
(SZ DZ/ZS Q3 vliv dopravy)



(SZ DZ/ZS Q4 tlak plynu)

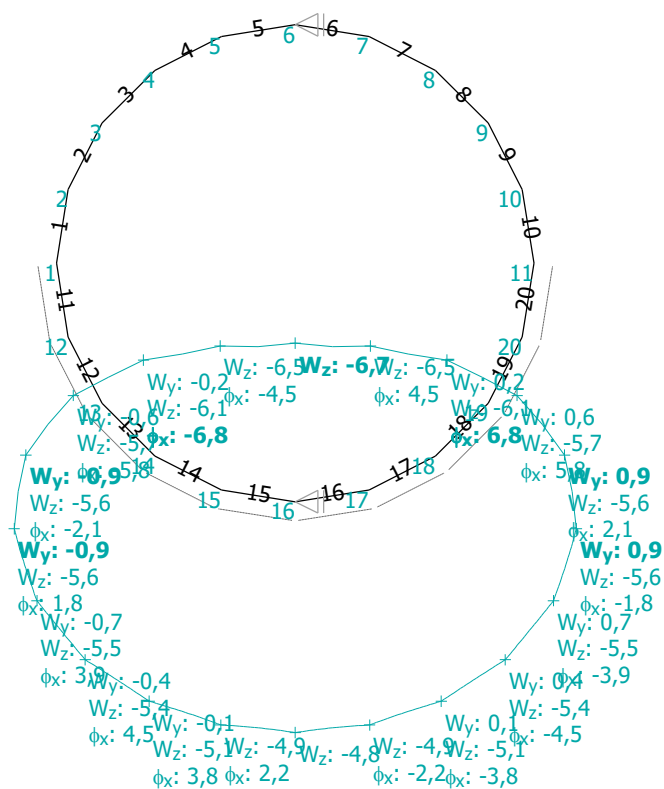
ohybové momenty - celkem  
stav pro nenatlačené potrubí





( $V_y$   $M_y$   $M_z$ /OK I 1 2 MSÚ)

ověření celkových deformací (pro uvažovaný model, měřítko deformací 50)  
stav pro nenatlačené potrubí



(Def/K I 2 Q2+Q3:G1 MSP)

**momenty maximum na trubce DN500**  
**celkem 0,84kNm/m:**  
**0,31kNm/m od zásypu**  
**0,53kNm/m od dopravy**

normálová síla ve stěně kolem 5kN/m max. ... nemá velký význam... (odpovídá napětí cca 0,625MPa)

předpokládaná pružná ohybová únosnost stěny pro materiál s mezí kluzu 259MPa  
 $m_{Rd} = W \cdot f_d = 1/6 \cdot 1000 \cdot 8^2 \cdot 259 / 1,1 = 2511515 \text{ Nmm/m}$   
 $m_{Rd} = 2,51 \text{ kNm/m}$

#### momenty maximum na trubce DN80

celkem 0,03kNm/m:

0,03kNm/m od zásypu

0,02kNm/m od dopravy

předpokládaná pružná ohybová únosnost stěny pro materiál s mezí kluzu 259MPa  
 $m_{Rd} = W \cdot f_d = 1/6 \cdot 1000 \cdot 3,6^2 \cdot 259 / 1,1 = 508581 \text{ Nmm/m}$   
 $m_{Rd} = 0,51 \text{ kNm/m}$

#### od tlaku plynu je ve stěně síla

1481kN/m pro DN 500 (185,1MPa)

257kN/m pro DN 500 ( 71,4MPa)

(návrhové hodnoty)

#### posudek pro DN 500

**Výsledky pro zatěžovací případ:** Kombinace č.4 - Q2+Q3+Q4:G1

**Třída průřezu:** 3

**Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :**

233,539 kN < 542,709 kN **Vyhovuje**

Vnitřní síly:  $N = 1474,505 \text{ kN}$ ;  $M_y = 3,896 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Únosnosti:  $N_R = 1880,000 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 2,507 \text{ kNm}$

$| 0,784 + 1,554 + 0,000 | = | 2,338 | > 1$  **Nevyhovuje**

Štíhlost dílce: 677,4

**Průřez nevyhovuje**

**Využití průřezu:** 233,8 %

Posudek je ovlivněn statickým modelem segmentového kruhu. Ve skutečnosti jsou momenty příznivější. avšak i přes to (s přesnějším výpočtním modelem) potrubí nevyhoví.

#### posudek pro DN 80

**Výsledky pro zatěžovací případ:** Kombinace č.4 - Q2+Q3+Q4:G1

**Třída průřezu:** 3

**Posudek smyku od posouvající síly  $V_z$ :**

40,720 kN < 244,219 kN **Vyhovuje**

Vnitřní síly:  $N = 257,094 \text{ kN}$ ;  $M_y = 0,127 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

**Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**

Únosnosti:  $N_R = 846,000 \text{ kN}$ ;  $M_{y,R} = 0,508 \text{ kNm}$

$| 0,304 + 0,250 + 0,000 | = | 0,554 | < 1$  **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 261,9

Průřez vyhovuje

Využití průřezu: 55,4 %

## **Shrnutí**

Pro potrubí plynovodu DN 80 je zatížení pod komunikací včetně zatížení nahodilých s ohledem na únosnost stěny potrubí zanedbatelné, protože v extrému využívá cca jen 5,9% ohybové pevnosti stěny potrubí.

Pro potrubí plynovodu DN 500 je zatížení pod komunikací nezanedbatelné a to především s ohledem na cykličnost zatížení nahodilých, která může mít vliv na únavu materiálu potrubí především ve spoji. Pro DN proto navrhuji dále uvažované opatření.

## **5 Návrh a zdůvodnění technického řešení ochrany pro potrubí DN500**

Je požadováno technické řešení pro přenesení zatížení z komunikace vně půdorysu plynovodu! Částečně nerovnoměrné rozdělení napětí od zásypu potrubí, které vede k ohybovému využití materiálu roury, je sice možné, avšak pouze pro stálá zatížení a nikoli pro nahodilá zatížení, kdy by docházelo k únavě materiálu.

Možná řešení:

- 1) Deska pod komunikací, která by roznesla bodová zatížení od kol do větší plochy.
- 2) Deska nad potrubím, pro přímé přenesení zatížení přenášeným násypem mimo půdorys potrubí.

ad 1) Řešení vede k návrhu desky na pružném podloží. S ohledem na tuhé podloží komunikace však návrh vede k tuhé a tedy zbytečně vysoké desce. Navíc tato varianta nesplňuje požadavek, že bude zatížení z komunikace přeneseno vně půdorys potrubí.

ad2) Vhodné řešení, které splňuje uvedené požadavky.

**Navrhuji potrubí zasypat pískovým zásypem a nad zásypem zhotovit roznášecí železobetonovou desku založenou vně potrubí na základových pasech, viz návrh dále.**

**Železobetonová deska bude rozdělena na části 1,5m široké a v rozích opatřena otvory pro umístění závěsných klíčů pro možnost zvednutí v případě opravy potrubí.**

*Poznámka autora tohoto statického výpočtu, proč není možné použít silniční panely: Silniční panely se vyrábějí v délce 3m a šířce 1 až 2m. Jsou určeny pro provedení většinou provizorních komunikací, zpevnění různých ploch atp. Jejich účelem je roznést poměrně vysoké kolové tlaky do plochy pod panelem. Nejsou určeny pro nosníkové působení s uložením na koncích panelu, ačkoli pro malá zatížení takto fungovat mohou. Jejich životnost je s*

ohledem na primární určení koncipována na 5 let. Tomu odpovídá krytí výztuže. Při použití nad plynovodem při předpokladu slehnutí zásypu nad plynovodem považují jejich použití za nevhodné.

## 6 Návrh a posouzení ochranné konstrukce

### Zatížení

stálá - vrstvy zásypu a komunikace

vrstvy komunikace a zásypu průměr do 2000kg/m<sup>3</sup>

pískový zásyp 450mm, 1800kg/m<sup>3</sup>

průměrná hodnota 2000kg/m<sup>3</sup>

předpokládané uložení h.h. potrubí v hloubce -1,2m

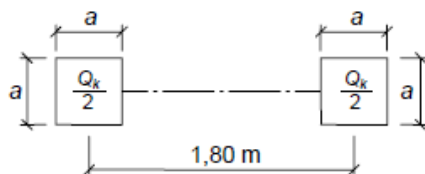
stálá zatížení celkem  $20\text{kN/m}^3 \cdot 0,4\text{m} + 18\text{kN/m}^3 \cdot 0,45\text{m} = 16,1\text{kN/m}^2$

nahodilá - užitná zatížení od vozidel

kategorie G

pro středně těžká vozidla ( $30\text{kN} < \text{celková tíha vozidla} < 160\text{kN}$ )

$q_k = 5\text{kN/m}^2$ ,  $Q_k = 120\text{kN}$  (na nápravu)



*Rozhodující je v tomto případě maximální tlak na 1 nápravu!*

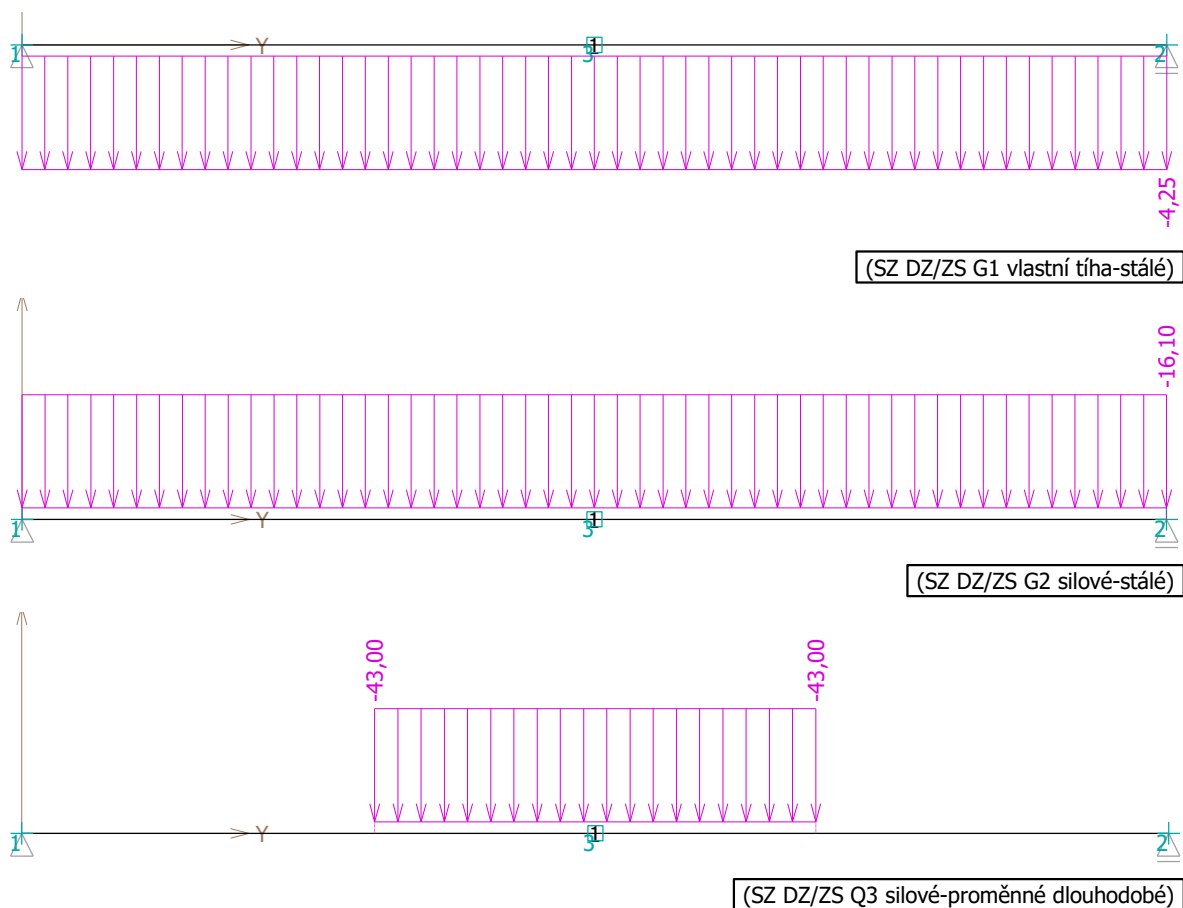
Pro uvažovanou minimální hloubku h.h. desky pod h.h. komunikace 850mm uvažují, že zatížení nápravou je roznášeno cca na délku 1m desky (uvažován roznášecí úhel 60°)...

roznášecí plocha na desce  $1\text{m} \cdot 2,8\text{m} = 2,8\text{m}^2$

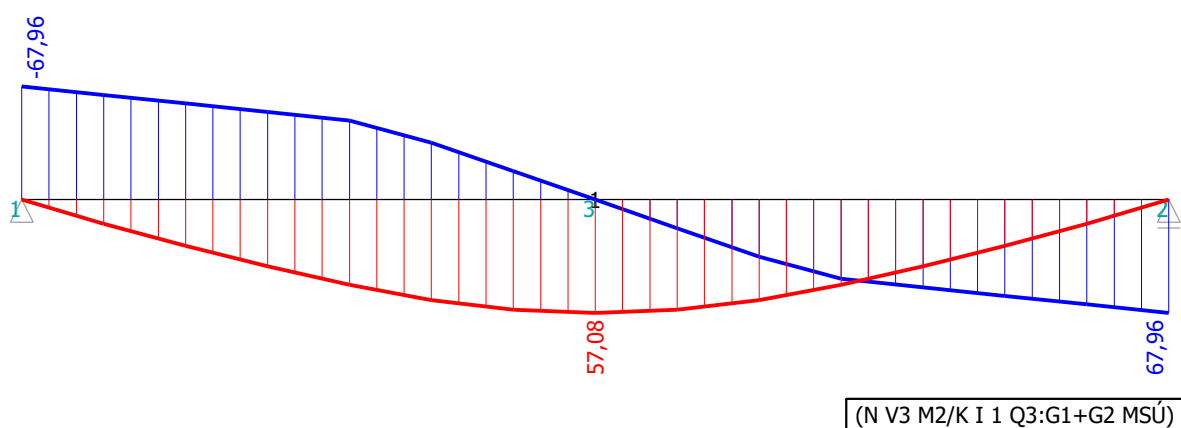
potom je zatížení na střední část desky  $120/2,8 = 43\text{kN/m}^2$

### 6.1 Návrh a posouzení desky

zatěžovací stavy...



výsledné statické veličiny pro rozhodující kombinaci zatížení...



*Poznámka k určení výšky desky... S ohledem na velké zatížení (viz výše) vede návrh pro desku tl. 150mm (empiricky stanovený rozměr pro daný rozpon) k vyztužení, které je blízko horní hranice maximálního vyztužení... Proto navrhuji tl. desky 170mm!*

**Návrh vyztuže desky tl. 170mm:**

beton C25/30

krytí 35mm

Dolní povrch:

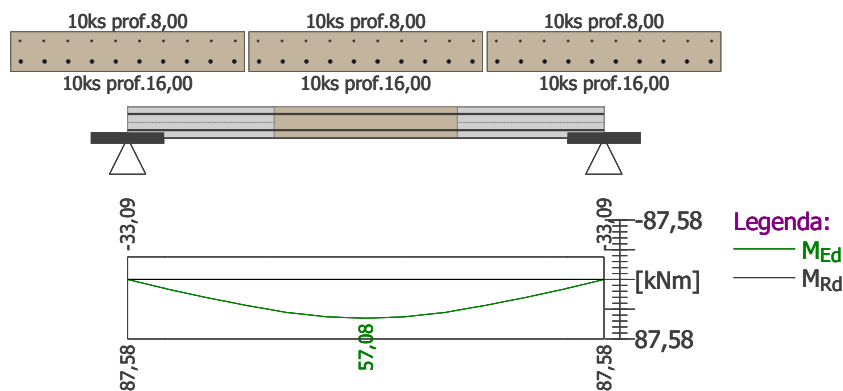
dolní výztuž ØR16 po 100mm, u spodního okraje, krytí 35mm.

příčná spodní výztuž ØR8 po 200mm

Horní povrch:

sítě KARI Ø8/ 150x150

**posudek podélné výztuže...**



Mezní stav únosnosti je posuzován pro obálku extrémních zatěžovacích případů  
Tlačená výztuž neuvažována; redukce momentu - ne

**Posouzení min. a max. stupně vyztužení**

Deska (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,0158 \geq \rho_{s,min} = 0,00135 \Rightarrow$  VYHOVUJE

$\rho_s = 0,0148 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$  VYHOVUJE

Kritický řez v bodě  $x = 1,300\text{m}$

$M_{Ed} = 57,08\text{kNm} \leq M_{Rd} = 87,58\text{kNm} \Rightarrow$  Vyhovuje

Ohyb dílce VYHOVUJE

Kritický řez v bodě  $x = 1,300\text{m}$

**Deformace v krajních vláknech průřezu**

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 5,65 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -1,40 ‰

Největší deformace ve výztuži: 3,34 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

Výška tlačené části průřezu:  $x = 0,06\text{ m}$

Efektivní výška průřezu:  $d = 0,13\text{ m}$

$\xi = 0,51 \leq \xi_{max} = 0,58 \Rightarrow$  VYHOVUJE

Ponechaná momentová rezerva je žádoucí.

**smyková výztuž není nutná...**

Mezní stav únosnosti je posuzován pro obálku extrémních zatěžovacích případů

Typ prvku: deska

Kritický řez v bodě  $x = 0,200\text{m}$

$V_{Ed} = 62,47\text{kN} \leq V_{Rd} = 106,04\text{kN} \Rightarrow$  Vyhovuje

**Smyk dílce VYHOVUJE**

Největší namáhání smykem v místě:

Kritický řez v bodě  $x = 0,200\text{m}$

Použit model náhradní příhradoviny

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$

$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 131)}; 2) = 2$

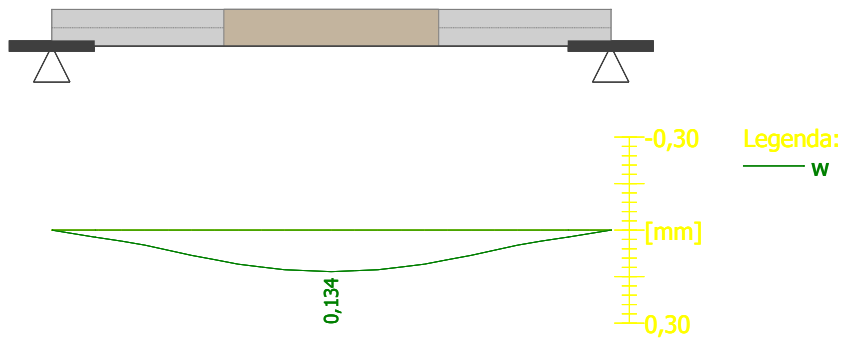
$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(2\,011 / (1\,000 \times 131); 0,02) = 0,0153$

$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 2^{1,5} \times \sqrt{25} = 0,495\text{ MPa}$

$V_{Rdc} = \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) \times b_w \times d = \max(0,12 \times 2 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0153 \times 25)}; 0,495) \times 1\,000 \times 131 = 106\text{ kN}$

$V_{Ed} \leq V_{Rdc} \Rightarrow$  Pouze konstrukční smyková výztuž.

## posudek trhlin...



Mezní stav použitelnosti je posuzován pro obálku provozních zatěžovacích případů

Mezní stav použitelnosti (šířka trhlin) je posuzován pro všechny kvazistálé zatěžovací případy

Maximální velikost trhlin:  $w_k = 0,134\text{mm}$

Maximální povolená šířka trhliny:  $w_{max} = 0,300\text{mm}$  (Prostředí - XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XS1, XS2 nebo XS3)

**Šířka trhlin VYHOVUJE**

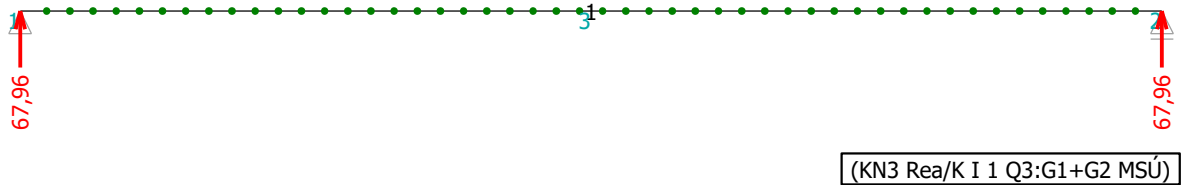
## 6.2 Návrh a posouzení základových pasů pro podepření desky

Předpokládaná únosnost zeminy 150kPa. Bude ověřeno při převzetí základové spáry statikem nebo geologem.

Navrhuji základový pas š. nejméně 600mm a výšky nejméně 400mm, viz schéma.

**posouzení napětí v základové spáře...**

reakce do pasů...



vlastní tíha pasů...

cca  $1,35 \cdot 24 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} = 3,84 \text{ kN/m}$

napětí v základové spáře celkem (na metr délky)

$(67,96 + 3,84) \text{ kN} / 0,6 \text{ m} = 120 \text{ kPa}$

$< R_{dt} = 150 \text{ kPa}$

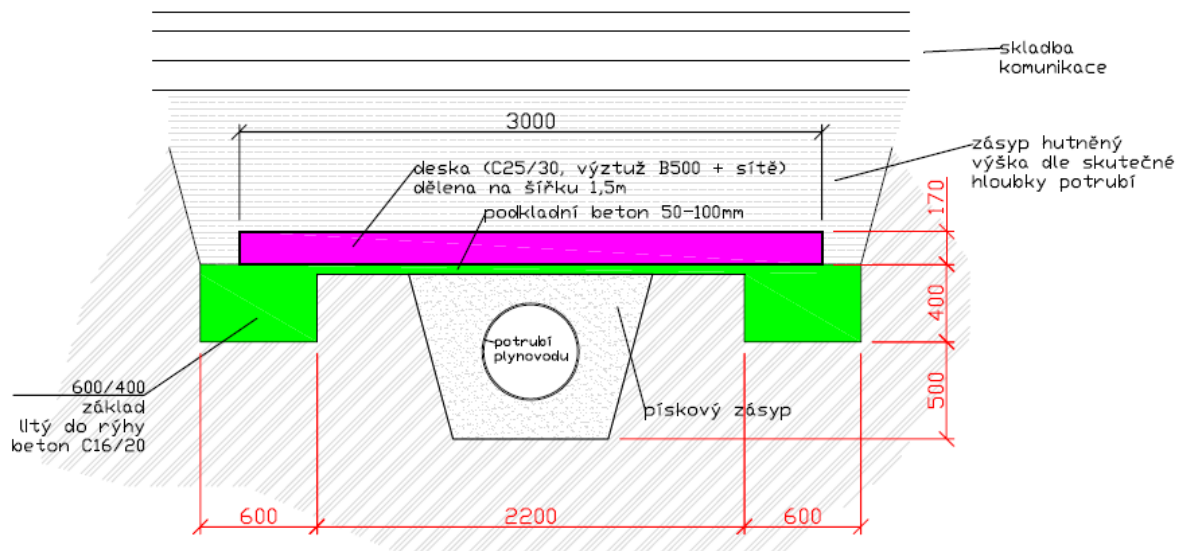
**vyhoví**



## 7 Provedení stavby

### provedení ochrany - roznášecí desky - nad plynovodem DN500:

schematický řez:



Deska tl. 170mm.

Nosný směr desky vždy kolmo na potrubí plynovodu s přesahem 1m za okraj komunikace.

beton C25/30, XC2

krytí 35mm

výztuž - dolní povrch:

dolní výztuž  $\varnothing R16$  po 100mm, u spodního okraje, krytí 35mm.

příčná spodní výztuž  $\varnothing R8$  po 200mm

výztuž - horní povrch:

síť KARI  $\varnothing 8/100 \times 100$

Železobetonová deska bude rozdělena na části 1,5m široké a v rozích opatřena otvory pro umístění závěsných klíčů pro možnost zvednutí v případě opravy potrubí.

Dělení provést vložením plechu P 1 / 170 - 3000mm. Jednotlivé části vyztužit samostatně. Okraje desek opatřit výztuží  $\varnothing 8/200$  tvaru U s geometrií 350mm - 90mm - 350mm.

### **obecně k provedení:**

Stavbu je nutno provést náležitě odborně. Především je nutno dbát požadavků i doporučení dodavatelů jednotlivých stavebních materiálů a obecně platná pravidla pro provádění staveb.

Při zjištění jakýchkoliv skutečností, které by měnily předpoklady, z nichž toto vyjádření vychází, bude tyto skutečnosti stavební firma konzultovat se statikem (se mnou).

Stavba musí být prováděna pod dohledem odborně způsobilé osoby ve smyslu §160 stavebního zákona č.183/2006 Sb.

Stavba musí být prováděna v souladu s příslušnými předpisy a zákony týkajícími se výstavby, požární ochrany a bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Veškeré konstrukce budou prováděny v souladu s platnými normami ČSN EN.

---

## **8 Závěr**

**Navržené konstrukce a řešení staticky vyhoví.**

vypracoval  
Ing. Robert Nový  
ve Velké Dobré  
vydáno 2.11.2016