



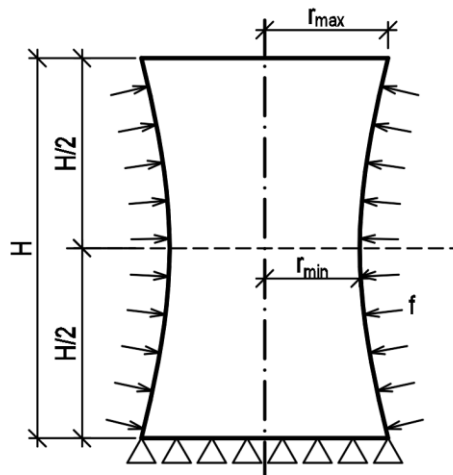
VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL VE SKOŘEPINOVÉ KONSTRUKCI ANALYTICKÝM VÝPOČTEM A ZA POUŽITÍ MKP SOFTWARE

1 ZADÁNÍ

Úkolem je vypočítat vnitřní síly v plášti chladicí věže tvaru rotačního hyperboloidu zatíženého rovnoměrným zatížením, které působí v celé ploše kolmo na střednici plochy. Tloušťka pláště je konstantní v celé výšce věže. Věž není podepřena sloupy, je symetrická dle vodorovné roviny v polovině své výšky a je spojitě podepřena v celé délce spodní hrany. Řídící přímka hyperboly je zároveň osou rotace hyperboloidu.

V zadání jsou dány rozměry $r_{\max}$ (poloměr ve vrcholu a v patě věže), $r_{\min}$ (poloměr uprostřed výšky), H (celková výška věže) a zatížení f , které směřuje dovnitř či vně věže kolmo na střednici plochy věže.

Rozměry konstrukce a zatížení uvažujte podle jmenného zadání.



Obr. 1 – Schéma zadání

2 ANALYTICKÉ ŘEŠENÍ

2.1 Hyperbola a její aplikace

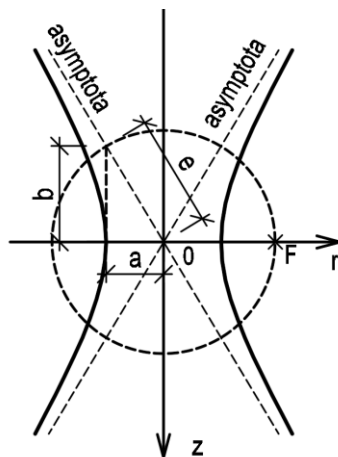
Rotační hyperboloid je běžný tvar chladících věží. Jedná se o plochu, která je v každém bodě dána dvěma na sobě kolmými proměnnými křivostmi (resp. poloměry). Je důležité si uvědomit, že kolmé poloměry uvažované membrány nejsou shodné s poloměry udávanými v zadání, ale jejich směr je ve skutečnosti jiný.

Pro potřeby tohoto příkladu je důležité znát zejména význam těchto rozměrů hyperboly (viz obr. 2):

- a je délka hlavní poloosy hyperboly
- b je délka vedlejší poloosy hyperboly
- e je excentricita a platí $e = (a^2 + b^2)^{1/2}$

Pro další odvozování je uvažována hyperbola dle obr. 3. V obecném bodě o souřadnicích $[R, Z]$, pokud střed hyperboly leží v počátku, platí vztah:

$$\frac{R^2}{a^2} - \frac{Z^2}{b^2} = 1$$



Obr. 2 – Hyperbola

Na obrázku 3 jsou znázorněné důležité parametry použité pro odvození. Souřadnice „R“ je poloměr hyperboly kolmo na její osu a je dán (v tomto případě) volenou souřadnicí „Z“. Tento poloměr se vypočítá (vyjádřením z předpisu hyperboly):

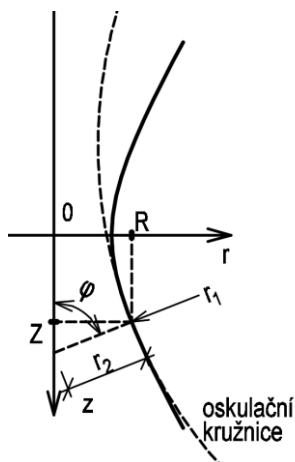
$$R = \frac{a\sqrt{b^2 + Z^2}}{b}$$

Oskulační kružnice hyperboly v bodě [R,Z] je kružnice, jejíž tečna je shodná s tečnou hyperboly v tomto bodě a společný bod oskulační kružnice a hyperboly je právě jeden bod [R,Z]. Poloměr této kružnice (zároveň tedy hyperboly) je označen jako r_1 a velikost se počítá jako:

$$r_1 = -\frac{\sqrt{(e^2 Z^2 + b^4)^3}}{ab^4}$$

Vzdálenost r_2 je délka úsečky mezi osou hyperboly (v tomto případě osa z) a bodem o souřadnicích [R,Z], která leží na stejné přímce jako poloměr oskulační kružnice r_1 v témže bodě. Tato úsečka svírá s osou hyperboly úhel φ a její velikost je:

$$r_2 = \frac{a\sqrt{e^2 Z^2 + b^4}}{b^2}$$



Obr. 3 – Výřez z hyperboly



Úhel φ je úhel, který svírá kolmice na hyperbolu v daném bodě $[R, Z]$ s osou rotace. Pro tento úhel platí následující vztahy:

$$\tan \varphi = \frac{b\sqrt{b^2 + z^2}}{az}$$

$$\sin \varphi = \frac{b\sqrt{b^2 + z^2}}{\sqrt{e^2 z^2 + b^4}}$$

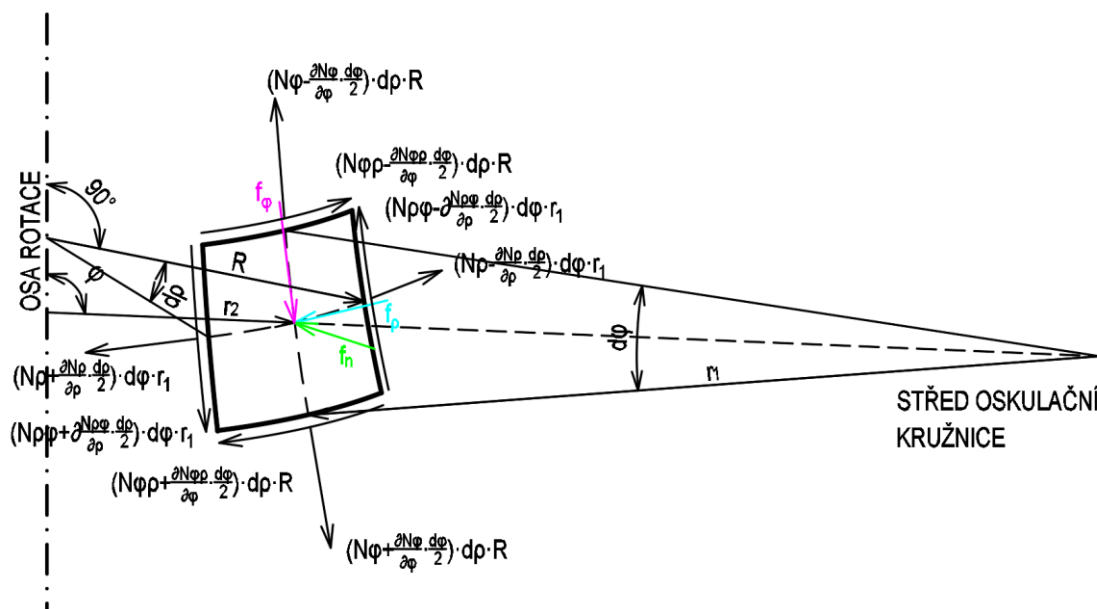
$$\cos \varphi = \frac{az}{\sqrt{e^2 z^2 + b^4}}$$

Při přechodu z hyperboly na rotační hyperboloid je zřejmé, že r_1 a r_2 jsou poloměry, které popisují plochu vzniklou rotací ve dvou na sebe kolmých směrech. Dále je zřejmé, že pro body se shodnou souřadnicí „Z“ jsou tyto poloměry shodné. Při přechodu do trojrozměrného prostoru by formálně neměla být používána souřadnice „R“, ale měla by být dána dvěma souřadnicemi popisující jeho polohu v rovině kolmé na osu z. Jelikož se jedná o rotační plochu, tak na těchto souřadnicích přímo nezáleží, tak bude i nadále používána souřadnice „R“, která popisuje nejkratší vzdálenost bodu od osy rotace.

2.2 Rovnováha na prvku

Na obrázku 4 jsou vyobrazené síly, které působí na nekonečně malý prvek vyjmutý z konstrukce. Síly f_φ , f_p a f_n jsou zatížení působící na prvek a zbylé jsou vnitřní síly v prvku.

Pro tvoření podmínek rovnováhy jsou uvažovány dva směry – první je ve směru tečném k ploše rotačního hyperboloidu ve svislém řezu a druhý je ve směru tečném k ploše rotačního hyperboloidu ve vodorovné rovině. První směr se tedy vztahuje ke kružnici o poloměru r_1 . Druhý směr se vztahuje ke kružnici o poloměru R , u kterého je důležité dodat, že tento poloměr rotačního hyperboloidu není kolmý na poloměr r_1 . Rovina ve které leží tento poloměr je kolmá na osu z. Tyto směry výpočtu vnitřních sil, které nejsou ortogonální, jsou uvažovány z důvodu ukládání výztuže (betonářské či předpínací) v reálné konstrukci.

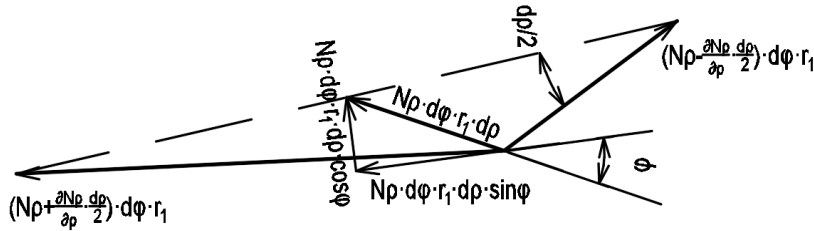


Obr. 4 – Rovnováha na prvku

Použití neortogonálních směrů pro výpočet rovnováhy bude mít důsledek do sestavení rovnic rovnováhy. Jelikož rovina kolmo k ose rotace není kolmá s hyperboloidem v požadovaném bodě (s výjimkou středu rotačního hyperboloidu), je nutné do podmínky rovnováhy připočítat i složky sil vzniklé tímto předpokladem. Na obrázku 5 je znázorněný význam normálových sil ve vodorovné rovině do

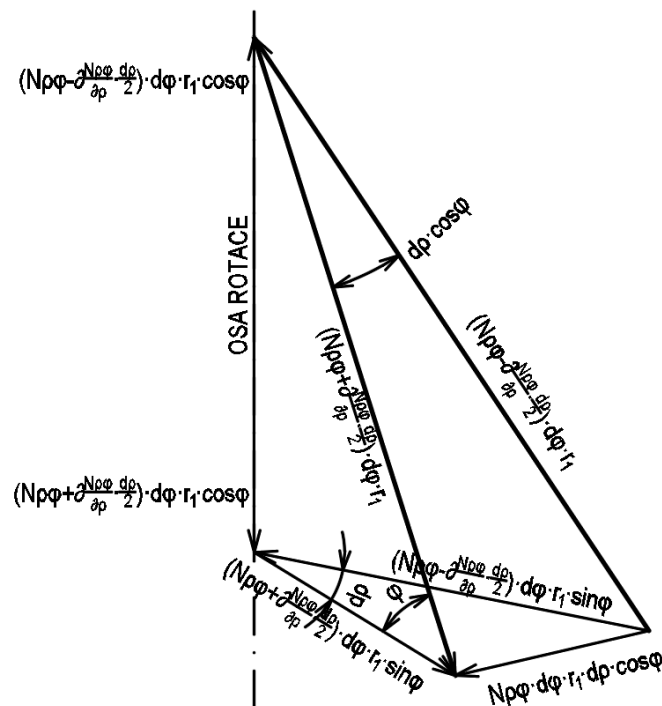


podmínky ve svislé rovině. Normálové síly ve vodorovném směru jsou umístěny do jednoho působíště a je zde zakreslená jejich výslednice. Tato výslednice má složku ve směru poloměru oskulační kružnice dané poloměrem r_2 (nezakreslená síla v tomto bodě) a složku kolmo na tento poloměr, která se projeví do podmínky rovnováhy ve svislém směru.



Obr. 5 – Příspěvek vodorovných sil do svislé podmínky rovnováhy

Do vodorovné podmínky rovnováhy se promítnou vodorovné složky smykových sil. Vzhledem k tomu, že rovina, ve které je tvořena podmínka rovnováhy, není kolmá na plochu rotačního hyperboloidu, tak smykové síly nejsou rovnoběžné, ale svírají mezi sebou úhel $d\varphi \cdot \cos\varphi$ (viz obr. 6). Díky této nerovnoběžnosti vzniká těmito silami vodorovná síla, kterou je nutné uvažovat do vodorovné podmínky rovnováhy. Na obrázku 6 jsou nakreslené smykové síly, které jsou umístěny do jednoho působíště a je zde geometricky znázorněna velikost přídavné vodorovné síly.



Obr. 6 – Příspěvek svislých sil do vodorovné podmínky rovnováhy

Je dobré si všimnout, že oba výsledné vlivy jsou závislé na funkci $\cos\varphi$ a φ je úhel, který svírají uvažované směry poloměrů r_1 a r_2 s osou rotace. Ve chvíli, kdy by tyto dva uvažované směry byl k sobě kolmé, byla by funkce $\cos\varphi$ rovna nulové hodnotě a tyto přidané složky by z podmínek rovnováhy zmizely. Tento případ nastane, pokud $Z = 0$.

Výsledné podmínky rovnováhy vzniklé na základě obrázků 4 – 6 jsou následující:

$$\frac{\partial N_{\varphi} R}{\partial \varphi} + \frac{\partial N_{\rho \varphi}}{\partial \rho} r_1 - N_{\rho} r_1 \cos\varphi + f_{\varphi} R r_1 = 0 \quad (1)$$



$$\frac{\partial N_{\varphi} R}{\partial \varphi} + \frac{\partial N_{\rho}}{\partial \rho} r_1 - N_{\rho} r_1 \cos \varphi + f_{\rho} R r_1 = 0 \quad (2)$$

$$\frac{N_{\varphi}}{r_1} + \frac{N_{\rho}}{r_2} + f_n = 0 \quad (3)$$

Rovnice jsou již upraveny a vyděleny členy $d\varphi$ a $d\rho$. Je důležité si všimnout, že v podmínce rovnováhy kolmo na prvek (3) se nenachází poloměr R , ale přímo poloměr r_2 , tudíž poloměr skutečně kolmý na plochu hyperboloidu. Z tohoto důvodu se ve třetí podmínce neprojeví vliv jiných sil.

V zadaném příkladě, kdy je symetrická konstrukce, symetrické a konstantní zatížení po celé ploše a spojitě podepření se v konstrukci neobjeví žádné smykové síly. Tímto se rovnice (1) a (2) zjednoduší na:

$$\frac{\partial N_{\varphi} R}{\partial \varphi} - N_{\rho} r_1 \cos \varphi + f_{\varphi} R r_1 = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial N_{\rho}}{\partial \rho} r_1 + f_{\rho} R r_1 = 0 \quad (5)$$

V tomto příkladu je použito pouze zatížení působící kolmo na střednicovou rovinu objektu. Z tohoto vyplývá, že změna síly N_{ρ} je se změnou úhlu ρ nulová, tedy že síla pro body se shodnou souřadnicí Z je konstantní.

Vyjádřením N_{ρ} z rovnice (3), dosazením do rovnice (4) a následnými úpravami lze dospět k rovnici:

$$N_{\varphi} R \sin \varphi = -f_n \int_{\varphi_0}^{\varphi} r_1 R \cos \varphi d\varphi \quad (6)$$

Poté se úpravou rovnice (3) dá získat rovnice

$$N_{\rho} = \left(-f_n - \frac{N_{\varphi}}{r_1}\right) r_2 \quad (7)$$

2.3 Výpočet vnitřních sil

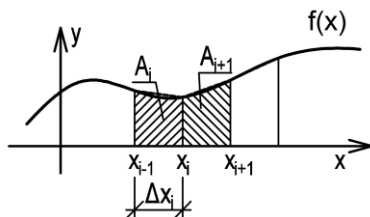
Při úpravě vztahu (6), pro tento příklad platí rovnice

$$N_{\varphi} = \frac{-f}{R \sin \varphi} \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} r_1 R \cos \varphi d\varphi \quad (8)$$

Veličina f je zatížení ze zadání, které je vztaženo kolmo na střednici plochy. Meze integrálu jsou dané úhlem φ_0 , což je úhel φ odpovídající souřadnici $Z = -H/2$ a úhel φ_1 odpovídající souřadnici Z , pro kterou hledáme výsledek. Dále se zjištěnou hodnotu N_{φ} dosadí do rovnice (7), čímž získáme vnitřní síly v požadovaném bodě.

2.4 Numerické řešení

Jelikož je tvar pro výpočet integrálu v uzavřené podobě poměrně náročný, byla v tomto případě volena numerické integrace v tabulkovém editoru. Princip numerické integrace spočívá ve sčítání ploch obrazců vymezených osou a danou funkcí.



Obr. 7 – Použitá numerická integrace

Dle obrázku 7 platí, že přibližná velikost plochy obrazce mezi x_{i-1} a x_i je:

$$A_i = \frac{f(x_{i-1}) + f(x_i)}{2} \Delta x_i$$

Pro integrál od „m“ do „n“ funkce $f(x)$ tedy platí:

$$\int_m^n f(x) dx \approx \sum_{i=m+1}^n A_i$$

Tento postup byl použitý pro účely tohoto příkladu a je znázorněn v příloze.

Pro numerickou integraci je nutno použít okrajové podmínky. V tomto případě je podmínka jednoduchá, jelikož nemáme svislé zatížení na horní hraně konstrukce. Konstrukce je symetrická, tudíž i reakce budou nulové a okrajovou podmínkou bude $N_\phi (-H/2) = 0$ N.

3 ŘEŠENÍ POMOCÍ PROGRAMU CTM 1.0

3.1 O programu

Program CTM 1.0 – Cooling tower modeller (autorem je Ing. Vladimír Příbramský) slouží ke zjednodušení modelování konstrukce ve tvaru rotačního hyperboloidu v programu SCIA a jejího zatížení větrem dle EC. Program na základě jednoduchého nastavení vytvoří tabulkové vstup, které je snadné vložit do programu SCIA. Upozorňuji, že program je dělaný pro SCIA v českém jazyce a pro jiné jazykové mutace je nutné udělat mezikrok s úpravou v tabulkovém editoru.

3.2 Nastavení pro předmět B04K

Běžné chladicí tvaru rotačního hyperboloidu mají tvar odlišný od zadání – obvykle mají věže nejmenší poloměr zhruba v 75% své výšky – poloměr nahoře je tudíž menší než poloměr v patě věže. Dále mají věže ztužující prstenec a proměnné tloušťky pláště. Pro toto cvičení byla věž zjednodušena a byly přijaty následující předpoklady:

- Výška věže 100 m
- Tvar věže je symetrický podle vodorovné roviny v polovině své výšky -
- Věž není podepřena sloupy ale přímo posuvnými klouby
- Zatížení je kolmé na střednici plochy věže a je konstantní v celé ploše
- Jsou dány poloměry $r_{\max}$ (ve vrcholu a v patě věže) a $r_{\min}$ (ve středu výšky)
- Tloušťka je konstantní a to 350

Obrázek 8 zobrazuje úvodní okno programu. V tomto okně je nutné vyplnit hodnoty dle následujících pokynů.

3.2.1 Dimenze pláště

U skutečných konstrukcí je tloušťka pláště proměnná a největší tloušťka je u paty věže a směrem nahoru se snižuje. V tomto případě je „tloušťka pláště dole“ a „tloušťka pláště min“ shodná, a to 350 mm. Jelikož je konstantní tloušťka, tak výšku náběhu nastavte na 2 m (výška jedné řady plošných prvků) a na tvaru náběhu nezáleží. Na vrcholu věže bývá ztužující prstenec, který v tomto případě vynecháme. Jeho tloušťka je tedy opět 350 mm a výška je 2 m (výška jedné řady plošných prvků).



3.2.2 Nastavení tvaru věže

Obvyklý tvar věže je takový, že místo s nejmenším poloměrem bývá v cca třech čtvrtinách celkové výšky věže. To znamená, že poloměr v patě je větší, než poloměr ve vrcholu věže. V našem případě je věž symetrická. Celkovou výšku věže nastavte na 102 m (2 m uvažovány pro sloupy), výška nejužší části je v polovině výšky věže, tedy 52 m (včetně 2 m sloupů). Výšku sloupů nastavte 2 m (ve výsledku je nebudete uvažovat). Průměr ve vrcholu sloupů je daný poloměrem $r_{\max}$ (pozor poloměr x průměr) a průměr v nejužší části je dán poloměrem $r_{\min}$.

3.2.3 Dělení pláště věže

Jelikož je konstrukce uvažována bez sloupů, tak nezáleží, zda zvolíte skloněné nebo přímé sloupy. Počet podpor sloupů nastavte na hodnotu 36. Počet vrstev 2D znamená, na kolik „pruhů“ bude konstrukce výškově dělena – při výšce 100 m zvolte 50. Toto nastavení znamená, že výška každého pruhu bude 2 m. Počet elementů mezi sloupky ponechte 2. S 36 podporami sloupů to znamená, že každá kružnice bude mít 72 bodů (tzn. uzel po každých 5°).

3.2.4 Nastavení zatížení větrem

Tato položka nebude použita.

Obr. 8 – Úvodní okno programu CTM

3.2.5 Export uzlů

Dále se přepněte do programu SCIA a nastavte si okno s tabulkovými vstupy.

Za podmínky, že v Tabulkových vstupech máte položky pro uzly v pořadí (viz obr. 9); Jméno, Souřadnice X [m], Souřadnice Y [m], Souřadnice Z [m], takže můžete po vybrání tlačítka (v CTM) Export prvků: Uzly vložit data přímo do Tabulkového vstupu kombinací tlačítek „Ctrl“ + „v“. Pokud



ne, tak doporučuji si změnit pořadí sloupců v Tabulkovém vstupu, případně si přeházet pořadí vstupu z programu mezikrokem v tabulkovém editoru.

Po vytvoření uzlů v modelu rovnou smažte spodní řadu uzlů, které jsou pro sloupce.

3.2.6 Export prutů a podpor.

Konstrukci uvažujeme bez sloupů, tlačítko pro pruty a podpory nepoužívejte. Podpory přidejte manuálně jako podpory uzlů na všechny spodní uzly (tedy uzly se souřadnicí $Z = 2$ m). Nezapomeňte, že jedna podpora bude bránit posunům ve směrech X, Y a Z a pootočení okolo osy Z. Všechny zbylé podpory budou bránit pouze posunu ve směru Z.

Table input

Obr. 9 – Tabulkový vstup uzlů v programu SCIA

3.2.7 Export desek

Table input

Obr. 10 – Tabulkový vstup desek v programu SCIA



Při exportu desek je nutné si nastavit ve SCIA pořadí sloupců dle obrázku a přidat sloupec s volbou „Prohodit orientaci os“. Při použití jiné jazykové verze programu je nutné udělat mezikrok v tabulkovém editoru, kde změníte typ „deska (90)“ na příslušný jazykový ekvivalent – například v angličtině „plate (90)“.

3.2.8 Zatížení

Zatížení je jednoduše zadat přímo ve SCIA do samostatného zatěžovacího stavu. Všem prvkům přiřadíte „Zatížení na ploše“ ve směru „Z“. Toto zatížení bude mít typ „síla“ a hodnotu dle vašeho zadání. Souřadnicový systém bude LSS. Před zadáním zatížení doporučuji v „Nastavení zobrazení pro všechny entity“ zrušit záložku „popis zatížení“. Zatížení a popisů je hodně, vykreslení je následně náročné na grafický výkon a obtížně se s modelem pracuje.

3.3 Výpočet a výsledky

Následně nastavte velikost plošného prvku v nastavení sítě na cca 0.3 m a je možné spustit výpočet.

Pro získání výsledků si do modelu vložíte svislý řez pro vykreslování výsledků. Jako výsledek pro cvičení poslouží screenshot modelu, vykreslení výsledků normálových sil N_x a N_y jak přímo z programu SCIA, tak výsledky jako graf vykreslených tabulkových výsledku. Příklady výsledků jsou na následujících obrázcích.

2D vnitřní síly

Hodnoty: n_x

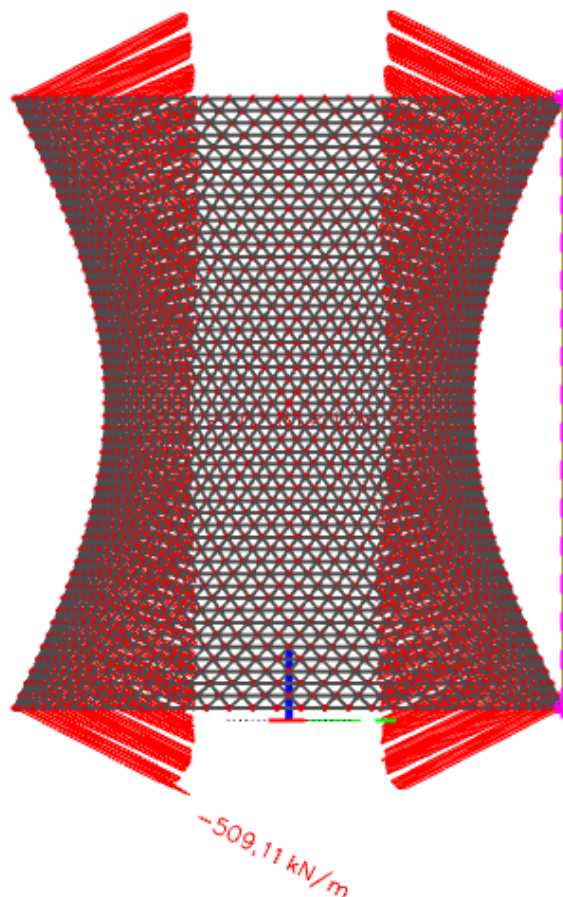
Lineární výpočet

Zatěžovací stav: ZS2

Extrém: Globální

Výběr: SE1

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 11 – Vykreslení sil n_x (ekvivalent N_ϕ) po výšce konstrukce



2D vnitřní síly

Hodnoty: n_y

Lineární výpočet

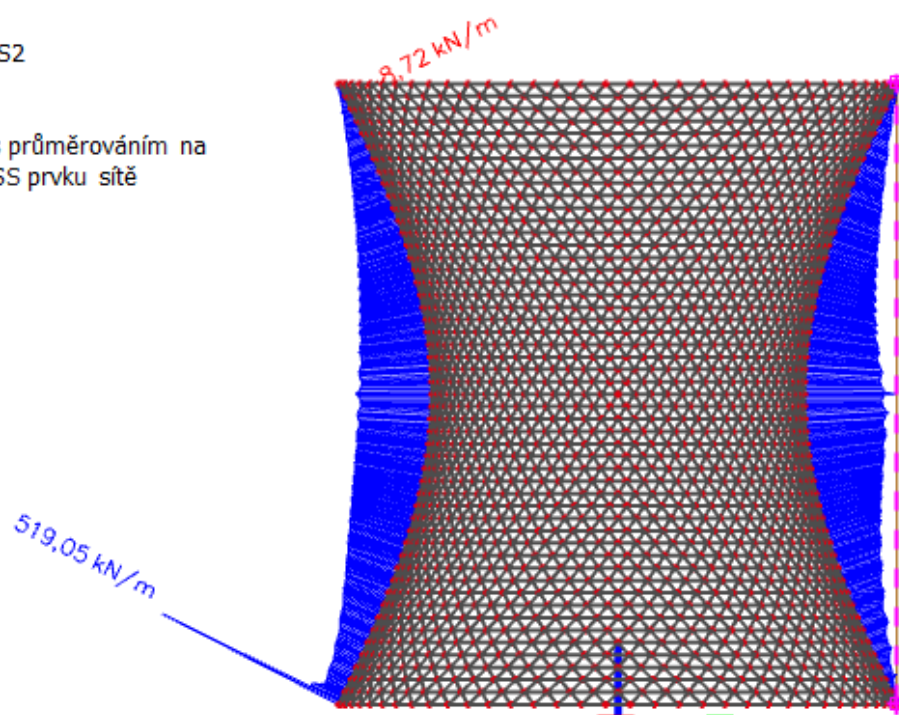
Zatěžovací stav: ZS2

Extrém: Globální

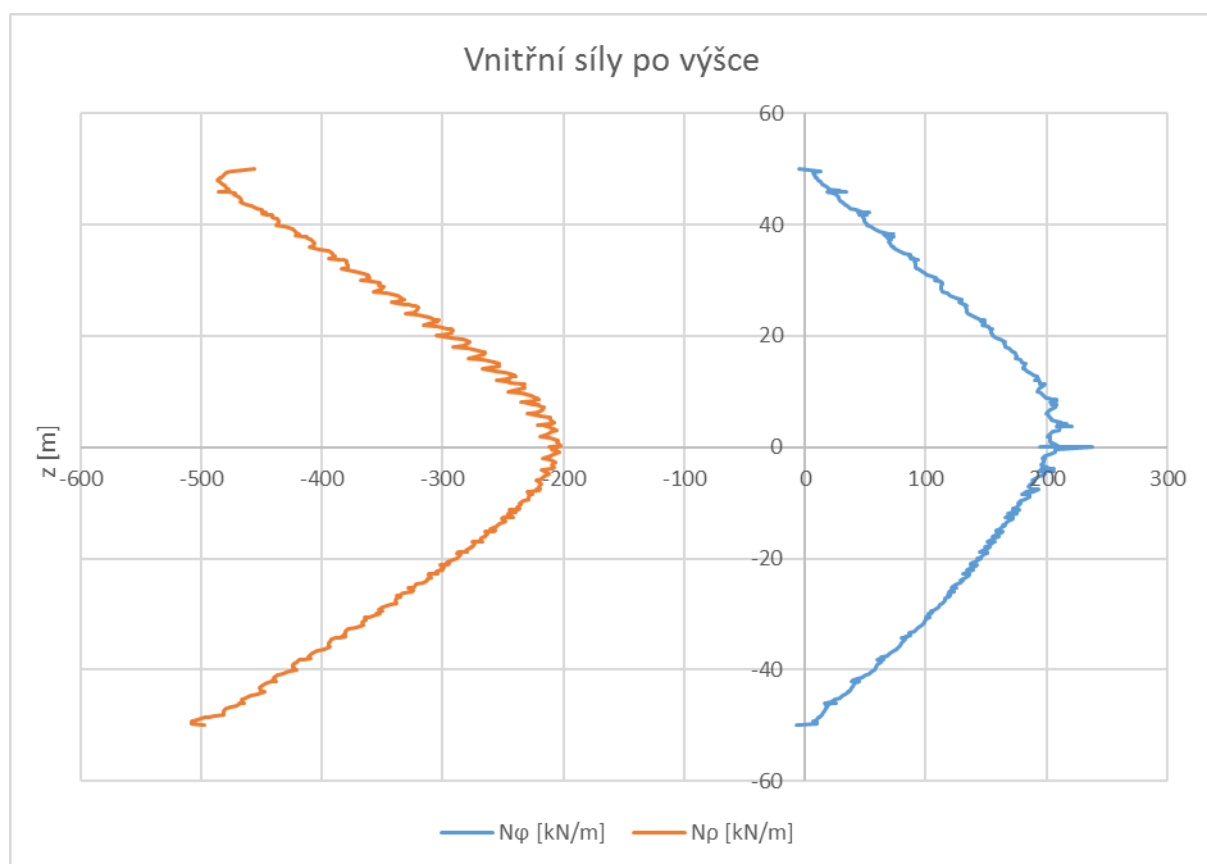
Výběr: SE1

Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 12 – Vykreslení sil n_y (ekvivalent N_p) po výšce konstrukce



Obr. 13 – Vykreslení tabulkových výsledků n_x (ekvivalent N_ϕ) a n_y (ekvivalent N_p) po výšce konstrukce

Rmin	30.0	m
Rmax	45.0	m
H	100.0	m
Pn	10.0	kN/m2
a	30.00	m
b	44.72	m
e	53.85	m
H/2	50.00	m

z [m]	r [m]	r1 [m]	r2 [m]	tanφ	sinsφ	cosφ	φ [rad]	dφ [rad]	r*r ₁ *cosφ	A	ΣA	N _φ [kN/m]	N _p [kN/m]
-50.0	45.00	-314.45	50.31	-2.000	0.894	-0.447	2.034		6328.1	0.00	0.00	0.00	-503.12
-49.3	44.67	-306.43	49.88	-2.012	0.895	-0.445	2.032	-0.00240	6091.8	-14.90	-14.90	3.73	-498.20
-48.7	44.34	-298.59	49.45	-2.025	0.897	-0.443	2.030	-0.00246	5862.9	-14.70	-29.61	7.45	-493.28
-48.0	44.01	-290.92	49.02	-2.037	0.898	-0.441	2.027	-0.00252	5641.0	-14.50	-44.11	11.16	-488.36
-47.3	43.68	-283.42	48.60	-2.051	0.899	-0.438	2.024	-0.00258	5426.2	-14.30	-58.41	14.88	-483.44
-46.7	43.36	-276.09	48.18	-2.065	0.900	-0.436	2.022	-0.00265	5218.2	-14.10	-72.51	18.58	-478.53
-46.0	43.04	-268.93	47.76	-2.079	0.901	-0.433	2.019	-0.00272	5016.8	-13.90	-86.42	22.28	-473.61
-45.3	42.72	-261.94	47.34	-2.094	0.902	-0.431	2.016	-0.00279	4821.9	-13.70	-100.12	25.97	-468.69
-44.7	42.40	-255.10	46.92	-2.109	0.904	-0.428	2.013	-0.00286	4633.3	-13.50	-113.62	29.66	-463.78
-44.0	42.09	-248.43	46.51	-2.126	0.905	-0.426	2.011	-0.00293	4450.9	-13.30	-126.92	33.33	-458.87
-43.3	41.77	-241.91	46.10	-2.142	0.906	-0.423	2.008	-0.00300	4274.5	-13.10	-140.03	36.99	-453.95
-42.7	41.46	-235.55	45.69	-2.160	0.907	-0.420	2.004	-0.00308	4104.0	-12.90	-152.93	40.65	-449.04
-42.0	41.16	-229.35	45.29	-2.178	0.909	-0.417	2.001	-0.00316	3939.2	-12.70	-165.63	44.29	-444.14
-41.3	40.85	-223.30	44.89	-2.196	0.910	-0.414	1.998	-0.00324	3779.9	-12.50	-178.13	47.91	-439.23
-40.7	40.55	-217.39	44.49	-2.216	0.911	-0.411	1.995	-0.00332	3626.1	-12.30	-190.44	51.53	-434.33
-40.0	40.25	-211.64	44.09	-2.236	0.913	-0.408	1.991	-0.00341	3477.5	-12.10	-202.54	55.12	-429.42
-39.3	39.95	-206.03	43.70	-2.257	0.914	-0.405	1.988	-0.00349	3334.1	-11.90	-214.44	58.71	-424.53
-38.7	39.66	-200.56	43.31	-2.279	0.916	-0.402	1.984	-0.00358	3195.7	-11.70	-226.14	62.27	-419.63
-38.0	39.37	-195.23	42.92	-2.302	0.917	-0.398	1.981	-0.00368	3062.1	-11.50	-237.65	65.82	-414.74
-37.3	39.08	-190.05	42.54	-2.326	0.919	-0.395	1.977	-0.00377	2933.2	-11.30	-248.95	69.34	-409.85
-36.7	38.79	-185.00	42.16	-2.351	0.920	-0.391	1.973	-0.00387	2809.0	-11.10	-260.05	72.84	-404.97
-36.0	38.51	-180.08	41.78	-2.377	0.922	-0.388	1.969	-0.00397	2689.1	-10.90	-270.95	76.33	-400.10
-35.3	38.23	-175.30	41.41	-2.405	0.923	-0.384	1.965	-0.00407	2573.7	-10.70	-281.66	79.78	-395.23
-34.7	37.96	-170.66	41.04	-2.433	0.925	-0.380	1.961	-0.00417	2462.4	-10.50	-292.16	83.22	-390.37
-34.0	37.69	-166.14	40.67	-2.463	0.927	-0.376	1.956	-0.00428	2355.2	-10.30	-302.46	86.62	-385.52
-33.3	37.42	-161.74	40.31	-2.494	0.928	-0.372	1.952	-0.00439	2251.9	-10.10	-312.56	90.00	-380.68
-32.7	37.15	-157.48	39.95	-2.527	0.930	-0.368	1.948	-0.00450	2152.5	-9.90	-322.47	93.35	-375.85
-32.0	36.89	-153.33	39.60	-2.562	0.932	-0.364	1.943	-0.00461	2056.8	-9.70	-332.17	96.66	-371.04
-31.3	36.63	-149.31	39.25	-2.598	0.933	-0.359	1.938	-0.00473	1964.7	-9.50	-341.67	99.95	-366.23
-30.7	36.38	-145.40	38.91	-2.636	0.935	-0.355	1.933	-0.00484	1876.1	-9.30	-350.97	103.20	-361.44
-30.0	36.12	-141.62	38.56	-2.676	0.937	-0.350	1.928	-0.00496	1790.9	-9.10	-360.08	106.41	-356.67
-29.3	35.88	-137.95	38.23	-2.718	0.938	-0.345	1.923	-0.00509	1708.9	-8.90	-368.98	109.58	-351.92
-28.7	35.63	-134.39	37.90	-2.762	0.940	-0.340	1.918	-0.00521	1630.1	-8.70	-377.68	112.72	-347.19
-28.0	35.39	-130.95	37.57	-2.809	0.942	-0.335	1.913	-0.00534	1554.4	-8.50	-386.18	115.81	-342.48
-27.3	35.16	-127.61	37.25	-2.859	0.944	-0.330	1.907	-0.00547	1481.6	-8.30	-394.48	118.87	-337.79
-26.7	34.93	-124.38	36.93	-2.911	0.946	-0.325	1.902	-0.00560	1411.6	-8.10	-402.59	121.87	-333.14
-26.0	34.70	-121.26	36.62	-2.966	0.948	-0.319	1.896	-0.00573	1344.4	-7.90	-410.49	124.83	-328.51
-25.3	34.48	-118.25	36.31	-3.024	0.949	-0.314	1.890	-0.00587	1279.9	-7.70	-418.19	127.75	-323.92
-24.7	34.26	-115.33	36.01	-3.087	0.951	-0.308	1.884	-0.00601	1217.9	-7.50	-425.69	130.61	-319.36

-24.0	34.05	-112.52	35.72	-3.153	0.953	-0.302	1.878	-0.00615	1158.4	-7.30	-432.99	133.42	-314.84
-23.3	33.84	-109.81	35.43	-3.223	0.955	-0.296	1.872	-0.00629	1101.2	-7.10	-440.10	136.18	-310.36
-22.7	33.63	-107.19	35.15	-3.297	0.957	-0.290	1.865	-0.00643	1046.3	-6.90	-447.00	138.88	-305.92
-22.0	33.43	-104.68	34.87	-3.377	0.959	-0.284	1.859	-0.00657	993.6	-6.70	-453.70	141.53	-301.54
-21.3	33.24	-102.25	34.60	-3.462	0.961	-0.277	1.852	-0.00671	943.1	-6.50	-460.20	144.11	-297.21
-20.7	33.05	-99.92	34.33	-3.554	0.963	-0.271	1.845	-0.00686	894.5	-6.30	-466.50	146.64	-292.93
-20.0	32.86	-97.68	34.07	-3.651	0.964	-0.264	1.838	-0.00700	847.9	-6.10	-472.60	149.10	-288.72
-19.3	32.68	-95.53	33.82	-3.757	0.966	-0.257	1.831	-0.00715	803.1	-5.90	-478.51	151.51	-284.57
-18.7	32.51	-93.46	33.58	-3.870	0.968	-0.250	1.824	-0.00729	760.1	-5.70	-484.21	153.84	-280.50
-18.0	32.34	-91.49	33.34	-3.992	0.970	-0.243	1.816	-0.00744	718.8	-5.50	-489.71	156.11	-276.49
-17.3	32.17	-89.60	33.11	-4.125	0.972	-0.236	1.809	-0.00758	679.2	-5.30	-495.01	158.31	-272.57
-16.7	32.02	-87.79	32.88	-4.269	0.974	-0.228	1.801	-0.00773	641.1	-5.10	-500.11	160.44	-268.73
-16.0	31.86	-86.06	32.67	-4.425	0.975	-0.220	1.793	-0.00787	604.4	-4.90	-505.01	162.50	-264.98
-15.3	31.71	-84.42	32.46	-4.596	0.977	-0.213	1.785	-0.00801	569.2	-4.70	-509.71	164.48	-261.33
-14.7	31.57	-82.86	32.25	-4.784	0.979	-0.205	1.777	-0.00815	535.3	-4.50	-514.22	166.39	-257.77
-14.0	31.44	-81.37	32.06	-4.990	0.981	-0.197	1.769	-0.00829	502.6	-4.30	-518.52	168.23	-254.32
-13.3	31.30	-79.96	31.87	-5.217	0.982	-0.188	1.760	-0.00842	471.2	-4.10	-522.62	169.98	-250.99
-12.7	31.18	-78.63	31.70	-5.470	0.984	-0.180	1.752	-0.00855	440.9	-3.90	-526.52	171.66	-247.77
-12.0	31.06	-77.37	31.53	-5.752	0.985	-0.171	1.743	-0.00868	411.6	-3.70	-530.22	173.26	-244.67
-11.3	30.95	-76.19	31.37	-6.068	0.987	-0.163	1.734	-0.00881	383.4	-3.50	-533.72	174.78	-241.71
-10.7	30.84	-75.08	31.21	-6.425	0.988	-0.154	1.725	-0.00893	356.1	-3.30	-537.02	176.22	-238.87
-10.0	30.74	-74.05	31.07	-6.831	0.989	-0.145	1.716	-0.00904	329.7	-3.10	-540.12	177.57	-236.18
-9.3	30.65	-73.08	30.93	-7.297	0.991	-0.136	1.707	-0.00915	304.1	-2.90	-543.02	178.85	-233.63
-8.7	30.56	-72.19	30.81	-7.835	0.992	-0.127	1.698	-0.00926	279.3	-2.70	-545.73	180.03	-231.23
-8.0	30.48	-71.36	30.69	-8.466	0.993	-0.117	1.688	-0.00936	255.1	-2.50	-548.23	181.14	-228.98
-7.3	30.40	-70.60	30.58	-9.212	0.994	-0.108	1.679	-0.00945	231.6	-2.30	-550.53	182.15	-226.90
-6.7	30.33	-69.91	30.48	-10.111	0.995	-0.098	1.669	-0.00954	208.7	-2.10	-552.63	183.08	-224.98
-6.0	30.27	-69.29	30.39	-11.211	0.996	-0.089	1.660	-0.00962	186.4	-1.90	-554.53	183.93	-223.23
-5.3	30.21	-68.74	30.31	-12.589	0.997	-0.079	1.650	-0.00969	164.5	-1.70	-556.23	184.68	-221.65
-4.7	30.16	-68.25	30.24	-14.363	0.998	-0.069	1.640	-0.00976	143.0	-1.50	-557.73	185.35	-220.25
-4.0	30.12	-67.83	30.17	-16.733	0.998	-0.060	1.630	-0.00982	121.9	-1.30	-559.03	185.93	-219.02
-3.3	30.08	-67.47	30.12	-20.055	0.999	-0.050	1.621	-0.00987	101.1	-1.10	-560.13	186.42	-217.99
-2.7	30.05	-67.18	30.08	-25.044	0.999	-0.040	1.611	-0.00991	80.6	-0.90	-561.03	186.83	-217.13
-2.0	30.03	-66.96	30.04	-33.367	1.000	-0.030	1.601	-0.00995	60.2	-0.70	-561.73	187.14	-216.47
-1.3	30.01	-66.80	30.02	-50.022	1.000	-0.020	1.591	-0.00997	40.1	-0.50	-562.23	187.36	-215.99
-0.7	30.00	-66.70	30.00	-100.011	1.000	-0.010	1.581	-0.00999	20.0	-0.30	-562.53	187.50	-215.70
0.0	30.00	-66.67	30.00		1.00	0.00	1.571	-0.01000	0.0	-0.10	-562.63	187.54	-215.61
0.7	30.00	-66.70	30.00	100.01	1.00	0.01	1.561	-0.01000	-20.0	0.10	-562.53	187.50	-215.70
1.3	30.01	-66.80	30.02	50.02	1.00	0.02	1.551	-0.00999	-40.1	0.30	-562.23	187.36	-215.99
2.0	30.03	-66.96	30.04	33.37	1.00	0.03	1.541	-0.00997	-60.2	0.50	-561.73	187.14	-216.47
2.7	30.05	-67.18	30.08	25.04	1.00	0.04	1.531	-0.00995	-80.6	0.70	-561.03	186.83	-217.13
3.3	30.08	-67.47	30.12	20.06	1.00	0.05	1.521	-0.00991	-101.1	0.90	-560.13	186.42	-217.99
4.0	30.12	-67.83	30.17	16.73	1.00	0.06	1.511	-0.00987	-121.9	1.10	-559.03	185.93	-219.02
4.7	30.16	-68.25	30.24	14.36	1.00	0.07	1.501	-0.00982	-143.0	1.30	-557.73	185.35	-220.25
5.3	30.21	-68.74	30.31	12.59	1.00	0.08	1.492	-0.00976	-164.5	1.50	-556.23	184.68	-221.65
6.0	30.27	-69.29	30.39	11.21	1.00	0.09	1.482	-0.00969	-186.4	1.70	-554.53	183.93	-223.23
6.7	30.33	-69.91	30.48	10.11	1.00	0.10	1.472	-0.00962	-208.7	1.90	-552.63	183.08	-224.98
7.3	30.40	-70.60	30.58	9.21	0.99	0.11	1.463	-0.00954	-231.6	2.10	-550.53	182.15	-226.90
8.0	30.48	-71.36	30.69	8.47	0.99	0.12	1.453	-0.00945	-255.1	2.30	-548.23	181.14	-228.98
8.7	30.56	-72.19	30.81	7.84	0.99	0.13	1.444	-0.00936	-279.3	2.50	-545.73	180.03	-231.23

9.3	30.65	-73.08	30.93	7.30	0.99	0.14	1.435	-0.00926	-304.1	2.70	-543.02	178.85	-233.63
10.0	30.74	-74.05	31.07	6.83	0.99	0.14	1.425	-0.00915	-329.7	2.90	-540.12	177.57	-236.18
10.7	30.84	-75.08	31.21	6.43	0.99	0.15	1.416	-0.00904	-356.1	3.10	-537.02	176.22	-238.87
11.3	30.95	-76.19	31.37	6.07	0.99	0.16	1.407	-0.00893	-383.4	3.30	-533.72	174.78	-241.71
12.0	31.06	-77.37	31.53	5.75	0.99	0.17	1.399	-0.00881	-411.6	3.50	-530.22	173.26	-244.67
12.7	31.18	-78.63	31.70	5.47	0.98	0.18	1.390	-0.00868	-440.9	3.70	-526.52	171.66	-247.77
13.3	31.30	-79.96	31.87	5.22	0.98	0.19	1.381	-0.00855	-471.2	3.90	-522.62	169.98	-250.99
14.0	31.44	-81.37	32.06	4.99	0.98	0.20	1.373	-0.00842	-502.6	4.10	-518.52	168.23	-254.32
14.7	31.57	-82.86	32.25	4.78	0.98	0.20	1.365	-0.00829	-535.3	4.30	-514.22	166.39	-257.77
15.3	31.71	-84.42	32.46	4.60	0.98	0.21	1.357	-0.00815	-569.2	4.50	-509.71	164.48	-261.33
16.0	31.86	-86.06	32.67	4.43	0.98	0.22	1.349	-0.00801	-604.4	4.70	-505.01	162.50	-264.98
16.7	32.02	-87.79	32.88	4.27	0.97	0.23	1.341	-0.00787	-641.1	4.90	-500.11	160.44	-268.73
17.3	32.17	-89.60	33.11	4.12	0.97	0.24	1.333	-0.00773	-679.2	5.10	-495.01	158.31	-272.57
18.0	32.34	-91.49	33.34	3.99	0.97	0.24	1.325	-0.00758	-718.8	5.30	-489.71	156.11	-276.49
18.7	32.51	-93.46	33.58	3.87	0.97	0.25	1.318	-0.00744	-760.1	5.50	-484.21	153.84	-280.50
19.3	32.68	-95.53	33.82	3.76	0.97	0.26	1.311	-0.00729	-803.1	5.70	-478.51	151.51	-284.57
20.0	32.86	-97.68	34.07	3.65	0.96	0.26	1.303	-0.00715	-847.9	5.90	-472.60	149.10	-288.72
20.7	33.05	-99.92	34.33	3.55	0.96	0.27	1.296	-0.00700	-894.5	6.10	-466.50	146.64	-292.93
21.3	33.24	-102.25	34.60	3.46	0.96	0.28	1.290	-0.00686	-943.1	6.30	-460.20	144.11	-297.21
22.0	33.43	-104.68	34.87	3.38	0.96	0.28	1.283	-0.00671	-993.6	6.50	-453.70	141.53	-301.54
22.7	33.63	-107.19	35.15	3.30	0.96	0.29	1.276	-0.00657	-1046.3	6.70	-447.00	138.88	-305.92
23.3	33.84	-109.81	35.43	3.22	0.96	0.30	1.270	-0.00643	-1101.2	6.90	-440.10	136.18	-310.36
24.0	34.05	-112.52	35.72	3.15	0.95	0.30	1.264	-0.00629	-1158.4	7.10	-432.99	133.42	-314.84
24.7	34.26	-115.33	36.01	3.09	0.95	0.31	1.257	-0.00615	-1217.9	7.30	-425.69	130.61	-319.36
25.3	34.48	-118.25	36.31	3.02	0.95	0.31	1.251	-0.00601	-1279.9	7.50	-418.19	127.75	-323.92
26.0	34.70	-121.26	36.62	2.97	0.95	0.32	1.246	-0.00587	-1344.4	7.70	-410.49	124.83	-328.51
26.7	34.93	-124.38	36.93	2.91	0.95	0.32	1.240	-0.00573	-1411.6	7.90	-402.59	121.87	-333.14
27.3	35.16	-127.61	37.25	2.86	0.94	0.33	1.234	-0.00560	-1481.6	8.10	-394.48	118.87	-337.79
28.0	35.39	-130.95	37.57	2.81	0.94	0.34	1.229	-0.00547	-1554.4	8.30	-386.18	115.81	-342.48
28.7	35.63	-134.39	37.90	2.76	0.94	0.34	1.223	-0.00534	-1630.1	8.50	-377.68	112.72	-347.19
29.3	35.88	-137.95	38.23	2.72	0.94	0.35	1.218	-0.00521	-1708.9	8.70	-368.98	109.58	-351.92
30.0	36.12	-141.62	38.56	2.68	0.94	0.35	1.213	-0.00509	-1790.9	8.90	-360.08	106.41	-356.67
30.7	36.38	-145.40	38.91	2.64	0.93	0.35	1.208	-0.00496	-1876.1	9.10	-350.97	103.20	-361.44
31.3	36.63	-149.31	39.25	2.60	0.93	0.36	1.203	-0.00484	-1964.7	9.30	-341.67	99.95	-366.23
32.0	36.89	-153.33	39.60	2.56	0.93	0.36	1.199	-0.00473	-2056.8	9.50	-332.17	96.66	-371.04
32.7	37.15	-157.48	39.95	2.53	0.93	0.37	1.194	-0.00461	-2152.5	9.70	-322.47	93.35	-375.85
33.3	37.42	-161.74	40.31	2.49	0.93	0.37	1.190	-0.00450	-2251.9	9.90	-312.56	90.00	-380.68
34.0	37.69	-166.14	40.67	2.46	0.93	0.38	1.185	-0.00439	-2355.2	10.10	-302.46	86.62	-385.52
34.7	37.96	-170.66	41.04	2.43	0.92	0.38	1.181	-0.00428	-2462.4	10.30	-292.16	83.22	-390.37
35.3	38.23	-175.30	41.41	2.40	0.92	0.38	1.177	-0.00417	-2573.7	10.50	-281.66	79.78	-395.23
36.0	38.51	-180.08	41.78	2.38	0.92	0.39	1.173	-0.00407	-2689.1	10.70	-270.95	76.33	-400.10
36.7	38.79	-185.00	42.16	2.35	0.92	0.39	1.169	-0.00397	-2809.0	10.90	-260.05	72.84	-404.97
37.3	39.08	-190.05	42.54	2.33	0.92	0.39	1.165	-0.00387	-2933.2	11.10	-248.95	69.34	-409.85
38.0	39.37	-195.23	42.92	2.30	0.92	0.40	1.161	-0.00377	-3062.1	11.30	-237.65	65.82	-414.74
38.7	39.66	-200.56	43.31	2.28	0.92	0.40	1.157	-0.00368	-3195.7	11.50	-226.14	62.27	-419.63
39.3	39.95	-206.03	43.70	2.26	0.91	0.41	1.154	-0.00358	-3334.1	11.70	-214.44	58.71	-424.53
40.0	40.25	-211.64	44.09	2.24	0.91	0.41	1.150	-0.00349	-3477.5	11.90	-202.54	55.12	-429.42
40.7	40.55	-217.39	44.49	2.22	0.91	0.41	1.147	-0.00341	-3626.1	12.10	-190.44	51.53	-434.33
41.3	40.85	-223.30	44.89	2.20	0.91	0.41	1.144	-0.00332	-3779.9	12.30	-178.13	47.91	-439.23
42.0	41.16	-229.35	45.29	2.18	0.91	0.42	1.140	-0.00324	-3939.2	12.50	-165.63	44.29	-444.14

42.7	41.46	-235.55	45.69	2.16	0.91	0.42	1.137	-0.00316	-4104.0	12.70	-152.93	40.65	-449.04
43.3	41.77	-241.91	46.10	2.14	0.91	0.42	1.134	-0.00308	-4274.5	12.90	-140.03	36.99	-453.95
44.0	42.09	-248.43	46.51	2.13	0.90	0.43	1.131	-0.00300	-4450.9	13.10	-126.92	33.33	-458.87
44.7	42.40	-255.10	46.92	2.11	0.90	0.43	1.128	-0.00293	-4633.3	13.30	-113.62	29.66	-463.78
45.3	42.72	-261.94	47.34	2.09	0.90	0.43	1.125	-0.00286	-4821.9	13.50	-100.12	25.97	-468.69
46.0	43.04	-268.93	47.76	2.08	0.90	0.43	1.122	-0.00279	-5016.8	13.70	-86.42	22.28	-473.61
46.7	43.36	-276.09	48.18	2.06	0.90	0.44	1.120	-0.00272	-5218.2	13.90	-72.51	18.58	-478.53
47.3	43.68	-283.42	48.60	2.05	0.90	0.44	1.117	-0.00265	-5426.2	14.10	-58.41	14.88	-483.44
48.0	44.01	-290.92	49.02	2.04	0.90	0.44	1.115	-0.00258	-5641.0	14.30	-44.11	11.16	-488.36
48.7	44.34	-298.59	49.45	2.02	0.90	0.44	1.112	-0.00252	-5862.9	14.50	-29.61	7.45	-493.28
49.3	44.67	-306.43	49.88	2.01	0.90	0.45	1.110	-0.00246	-6091.8	14.70	-14.90	3.73	-498.20
50.0	45.00	-314.45	50.31	2.00	0.89	0.45	1.107	-0.00240	-6328.1	14.90	0.00	0.00	-503.12

