

České vysoké učení technické, Fakulta strojní (2023)

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## Ústav konstruování a částí strojů

Návrh otočného rožně  
Design of the rotisserie

Patrik DINSTPÍR

Studijní program: B2341 - Strojírenství  
Studijní obor: 3901R051 - Konstruování podporované počítačem  
Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dinstpír** Jméno: **Patrik** Osobní číslo: **491544**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Strojírenství**  
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh otočného rožně**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of the rotisserie**

Pokyny pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši otočných rožňů
2. Provedte návrhy konstrukčních variant
3. Vyberte nejvýhodnější variantu
4. Vypracujte návrh zvolené varianty formou 3D modelu a vybraných 2D výkresů
5. Konstrukční řešení podpořte návrhovými a kontrolními výpočty vybraných uzlů

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.  
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol.: Technický průvodce, Části strojů, Praha. SNTL, 1989.  
Katalogy výrobců, internetové zdroje.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Eliška Cézová, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS**

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **11.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15.08.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Eliška Cézová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. František Lopot, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh otočného rožně vypracoval samostatně pod vedením Ing. Elišky Cézové, Ph.D., s použitím pouze těch podkladů, které je uvedeny v seznamu literatury na konci mé bakalářské práce.

V Praze dne: .....



## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval Ing. Elišce Cézové, Ph.D., za její vedení a ochotu při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svému otci Milanovi Dinstpírovi za jeho věcné rady. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu, kterou mi dávali, jak během celého studia, tak i při psaní bakalářské práce.



# ABSTRAKT

Jméno autora:	Patrik Dinstpír
Název BP:	Návrh otočného rožně
Anglický název:	Design of the rotisserie
Rok:	2023
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	3901R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran 44 Počet obrázků 50 Počet tabulek 1 Počet příloh 24
Klíčová slova:	Sele, konstrukce, gril, rotační gril, otočný rožeň, ohybové napětí, nepřímé grilování, rožeň
Keywords:	Piglet, design, grill, rotary grill, rotisserie, bending stress, indirect grilling, spit rod

**Anotace:** Tato práce se zabývá návrhem otočného rožně na sele do 40 kg. Součástí práce je statická kontrola rožně na ohyb, návrh základních rozměrů a provedení grilu a finální návrh grilu v podobě výkresů. Dále byly provedeny kontrolní výpočty vybraných uzlů.

**Abstract:** This thesis is concerned with the design of the rotisserie for 40kg piglet. Part of the thesis is static control of spit rod for bending stress, draft of basic dimensions and concept of the design and the final design of the grill in shape of drawings. Control calculations of selected nodes were also performed.





# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>REŠERŠE</b>	<b>5</b>
2.1	Grilování . . . . .	5
2.2	Typy grilů podle paliva . . . . .	5
2.2.1	Elektrický gril . . . . .	5
2.2.2	Plynový gril . . . . .	6
2.2.3	Gril na tuhá paliva . . . . .	7
2.3	Druhy grilování . . . . .	7
2.3.1	Přímé grilování . . . . .	7
2.3.2	Nepřímé grilování . . . . .	7
2.4	Různá konstrukční řešení rotačních grilů . . . . .	8
2.4.1	Umístění topeniště . . . . .	8
2.4.2	Tác na přílohu a odkapávání . . . . .	9
2.4.3	Domek grilu . . . . .	9
2.4.4	Vidlice . . . . .	9
2.4.5	Uložení vidlice . . . . .	10
2.5	Pohon otočného rožně . . . . .	13
2.6	Používané materiály . . . . .	15
2.6.1	Ocel . . . . .	15
2.6.2	Značení ocelí dle ČSN . . . . .	16
2.6.3	Značení ocelí dle DIN . . . . .	17
<b>3</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ A NÁVRHOVÉ VÝPOČTY</b>	<b>18</b>
3.1	Topeniště . . . . .	18
3.2	Návrhový grilovací prostor . . . . .	18
3.3	Vyklápěcí mechanismus . . . . .	19
3.4	Poloha vidlice . . . . .	19
3.4.1	Předběžné výpočty . . . . .	20
3.4.2	Skutečné rozměry . . . . .	20
3.5	Pohon . . . . .	21
3.5.1	Parametry kompletu . . . . .	21
3.5.2	Výpočet potřebného krouticího momentu . . . . .	22
3.6	Vidlice . . . . .	23
3.6.1	Materiál vidlice . . . . .	23
3.6.2	Rozměry vidlice . . . . .	23
3.6.3	Kontrola vidlice na ohyb pomocí výpočtu nosníků . . . . .	24
3.6.4	Kontrola vidlice na ohyb pomocí Creo Simulation Lite . . . . .	30
3.7	Redukce z vidlice na motor . . . . .	34
3.7.1	Návrh pera . . . . .	34
3.8	Návrh roštu . . . . .	36
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>37</b>



## Seznam použitých symbolů a veličin

$a$	[mm]	vzdálenost osy vidlice od osy ložiskové jednotky ( $y$ )
$b$	[mm]	vzdálenost osy vidlice od osy ložiskové jednotky ( $x$ )
$c$	[mm]	vzdálenost osy vidlice od spodku grilu ( $y$ )
$d$	[mm]	vzdálenost osy vyklopené vidlice od osy ložiskové jednotky ( $x$ )
$r$	[mm]	rameno mechanismu
$\alpha$	[°]	úhel naklonění mechanismu do polohy odřezávání
$\beta$	[°]	úhel naklonění mechanismu do polohy grilování
$\beta'$	[°]	návrhový úhel naklonění mechanismu do polohy grilování
$\alpha'$	[°]	návrhový úhel naklonění mechanismu do polohy odřezávání
$b'$	[mm]	návrhová vzdálenost osy vidlice od osy ložiskové jednotky ( $x$ )
$c'$	[mm]	návrhová vzdálenost osy vidlice od spodku grilu ( $y$ )
$r'$	[mm]	návrh ramene mechanismu
$n_M$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	otáčky motoru
$P_M$	[W]	výkon motoru
$U$	[V]	napětí motoru
$i_c$	[1]	celkový převodový poměr převodovek
$\eta_{sp}$	[1]	účinnost převodovky
$n_V$	[ot · min <sup>-1</sup> ]	výstupní otáčky
$\varnothing d$	[mm]	průměr hřídele
$M_{kM}$	[N · m]	kroučící moment motoru
$M_{kV}$	[N · m]	výstupní kroučící moment
$\eta_{spC}$	[1]	celková účinnost převodovek
$F$	[N]	tíhová síla selete

## Seznam použitých symbolů a veličin

$g$	$[m \cdot s^{-1}]$	tíhové zrychlení
$r_e$	$[mm]$	excentricita selete
$M_{kmin}$	$[N \cdot m]$	minimální potřebný krouticí moment
$R_{p0,2}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	mez kluzu
$R_m$	$[N \cdot mm^{-2}]$	mez pevnosti
$\sigma_{Do}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	dovolené napětí v ohybu
$a_1$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku
$b_1$	$[mm]$	poloha působení síly
$c_1$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku
$d_1$	$[mm]$	poloha vetknutí nosníku
$W_{Ojekl}$	$[mm^3]$	modul průřezu v ohybu jeklu
$W_{Očtyřhran}$	$[mm^3]$	modul průřezu v ohybu čtyřhranu
$W_{Okulatina}$	$[mm^3]$	modul průřezu v ohybu kulatiny
$M_{omax1}$	$[N \cdot m]$	maximální ohybový moment nosníku 1
$v_{max1}$	$[mm]$	maximální průhyb nosníku 1
$\sigma_{omax1}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	maximální ohybové napětí nosníku 1
$a_2$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku 2
$b_2$	$[mm]$	poloha působení síly nosníku 2
$c_2$	$[mm]$	poloha působení síly nosníku 2
$d_2$	$[mm]$	poloha působení síly nosníku 2
$e_2$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku 2
$f_2$	$[mm]$	poloha vetknutí nosníku 2
$q_0$	$[N \cdot mm^{-1}]$	velikost spojitého zatížení

## Seznam použitých symbolů a veličin

$M_{omax2}$	$[N \cdot m]$	maximální ohybový moment nosníku 2
$v_{max2}$	$[mm]$	maximální průhyb nosníku 2
$\sigma_{omax2}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	maximální ohybové napětí nosníku 2
$a_3$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku 3
$b_3$	$[mm]$	poloha působení síly nosníku 3
$c_3$	$[mm]$	poloha působení síly nosníku 3
$d_3$	$[mm]$	poloha podpěry nosníku 3
$e_3$	$[mm]$	poloha vetknutí nosníku 3
$M_{omax3}$	$[N \cdot m]$	maximální ohybový moment nosníku 2
$v_{max3}$	$[mm]$	maximální průhyb nosníku 2
$\sigma_{omax3}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	maximální ohybové napětí nosníku 2
$p_D$	$[MPa]$	dovolené napětí v tlaku
$\tau_{kD}$	$[N \cdot mm^{-2}]$	dovolené napětí ve smyku
$l_a'$	$[mm]$	návrhová funkční délka pera
$l_a$	$[mm]$	funkční délka pera
$h$	$[mm]$	výška pera
$l$	$[mm]$	délka pera
$p$	$[MPa]$	tlak
$\tau_s$	$[N \cdot mm^{-2}]$	smykové napětí

# 1 ÚVOD

Grilování je aktivita, která je nedílnou součástí života lidí nejen na venkově. S grilováním se dá setkat jak v prostředí svého domova, například na zahradách, tak i na různých velkých akcích jako jsou třeba poutě či vánoční trhy.

Když se mluví o grilování, tak se tím myslí příprava různorodých pokrmů při vyzařování tepla. Toho se může docílit několika způsoby podle typu grilu. Jsou různé konstrukční provedení, např. plynové grily, grily na dřevo nebo uhlí.

Grily se také rozdělují podle toho, jaký pokrm se v něm bude připravovat. Ve většině zahradních grilů se může připravit až několik jednotek kusů masa či jiné potraviny za relativně krátkou dobu. Tyto grily jsou běžně k dostání za přijatelnou cenu a jejich konstrukční varianty se od sebe zas tak moc neliší.

Problém nastává, když chcete ugrilovat větší porci masa jako například kýta, sele nebo dokonce celé prase. Pro grilování masa takové velikosti je potřeba úplně jiný typ grilu, než je běžně na zahradě.

Bakalářská práce se zabývá návrhem horizontálního rotačního grilu na sele do 40 kg. Na tomto grilu se bude moci grilovat nejen velké kusy masa jako kýta nebo prase, ale i menší porce jako například kuřata. Tyto typy grilů je sice možné koupit nebo zapůjčit, ale jsou z finančního hlediska těžko dostupné a jejich konstrukční provedení není úplně dokonalé. Proto bylo rozhodnuto vytvořit gril podle vlastních představ.

## 2 REŠERŠE

### 2.1 Grilování

Jedná se o způsob přípravy potravin, při kterém potraviny přicházejí do přímého kontaktu s tepelným zářením. Existuje několik druhů grilu, například plynové, elektrické nebo grily na tuhá paliva, jako je dřevěné uhlí. [1]

Čím menší kus masa, tím rychleji se propeče. Proto je dobré při grilování maso nakrájet na tenké kusy. Když bude maso silnější, může se gril přiklopit a nechat v zavřeném grilu akumulovat teplo. [2]

Malé kusy masa se grilují kratší dobu nad přímým ohněm, zatímco větší kusy masa se grilují při použití nepřímého zdroje tepla, kdy se topeniště umístí do okolí připravované potraviny a gril se přiklopí, což způsobí akumulaci tepla. To potravinu připraví sice pomaleji, ale předejde se tím tomu, že maso bude na povrchu spálené a uvnitř syrové. [2]

### 2.2 Typy grilů podle paliva

Grily se můžou rozdělit podle vzniku tepelného záření na grily elektrické, plynové a grily na tuhá paliva. Výběr ideálního grilu závisí na podmínkách, při kterých se bude grilovat. Před výběrem je vhodné položit několik otázek.

Bude se grilovat uvnitř nebo venku? Jak často se bude grilovat? Bude se chtít gril převážet nebo bude stát na jednom místě? Je přístup k plynu nebo elektřině, případně ke dřevu? Jaká má být cena grilu?

Každý má jiné preference, a proto je dobré se podívat na vlastnosti jednotlivých konstrukčních řešení grilu a vybrat si gril na míru. [3]

#### 2.2.1 Elektrický gril

U klasického elektrického grilu viz obrázek 1 dochází k vyzařování tepla přímo z topné spirály, která je v kontaktu s roštem, na maso či potravinu. Nedílnou součástí elektrického grilu je spodní vana na odkapávanou šťávu. Víko, které slouží pro uzavření grilu pro případ nepřímého grilování. Po uzavření grilu dochází k hromadění tepla. Grilovací rošt nejlépe litinový, který dobře přenáší teplo. Regulace výkonu topné spirály a topná spirála. [3]

Ceny běžných elektrických grilů se pohybují od 2 000 Kč až do 30 000 Kč. [4]



Obrázek 1: Elektrický gril Weber Q1400, Dark Grey, cena 9 469 Kč s DPH [4]

K dostání jsou i velké grily například na přípravu desítek kuřat najednou viz obrázek 2. Tyto grily jsou ale mnohem dražší.



Obrázek 2: Elektrický gril na kuřata E-48P, cena 219 957 Kč s DPH [5]

Elektrické grily se dají používat venku, na terase, ale i uvnitř. Pokud se gril bude používat uvnitř, je potřeba odvádět nebo filtrovat kouř z potravin. Nedochází ke vzniku spalin, takže kouř z používání elektrického grilu není škodlivý, jako například kouř ze spalování dřevěného uhlí. Jejich používání je snadné, stačí jen zapojit do zásuvky. Mají snadnou regulaci teploty. Musí být zapojeny do elektřiny. [3]

### 2.2.2 Plynový gril

Na plynovém grilu se maso griluje nad plamenem, který ohřívá jak maso, tak rošt.

Z propanbutanové láhve, která je většinou umístěna pod grilem, vede hadice do hořáků, ze kterých se pouští plyn, který se pomocí piezo zapalování zapálí. Tyto hořáky jsou kryté, aby do nich nekapal tuk z potravin. Gril má možnost jednoduché regulace, kdy se pomocí regulace plynu zmenšuje nebo zvětšuje plamen na jednotlivých hořácích. Gril je vybaven teploměrem. [6]

Ceny grilů se pohybují od 6 000 Kč až po 100 000 Kč.



Obrázek 3: Plynový gril Dakota BBQ, cena 6,830 Kč s DPH [7]





Obrázek 4: Plynový gril Weber summit S-670 GBS – nerez, cena 109 990 Kč s DPH [8]

Výhodou plynových grilů je rychlé zahřátí, jednoduché zapnutí grilu, snadná regulace teploty a robustní konstrukce. Nezbyvá žádný popel po tuhém palivu.

Na druhou stranu pořizovací cena je vyšší, celý gril je těžší. Není vhodné ho použít uvnitř, kvůli možnosti úniku plynu. Musí být připojen na propanbutanovou láhev. [3]

### 2.2.3 Gril na tuhá paliva

U těchto grilů se jako palivo používá dřevěné uhlí nebo dřevo. Na rozdíl od plynových a elektrických grilů, má grilování na dřevěném uhlí nebo dřevu výhodu v tom, že maso bude mít po grilování kouřové aroma.

Grilování na dřevě má nevýhodu oproti uhlí v tom, že se spaluje rychleji, déle trvá, než se gril zahřeje a regulace teploty je obtížnější. Na druhou stranu grilování na dřevě vytváří chuť, která je nenahraditelná. Zároveň je vhodnější pro nepřímé grilování.

Grilování na dřevěném uhlí je lépe regulovatelné, sálá větší teplo, a proto je vhodnější na přímé grilování. [9]

## 2.3 Druhy grilování

### 2.3.1 Přímé grilování

U přímého grilování je zdroj tepla přímo pod potravinou. Tím je působící teplota na potraviny mnohem vyšší a čas grilování je menší. Přímé grilování je vhodné použít pro menší porce masa. U silnějších kusů by mohlo dojít k tomu, že na povrchu by maso bylo spálené, zatímco uvnitř ještě syrové.

U tohoto způsobu grilování je potřeba potraviny hlídat, aby se nespálila, [10], [11], [12].

### 2.3.2 Nepřímé grilování

Nepřímé grilování je metoda grilování, kdy je potravina položena mimo zdroj tepla. Zdroj může být například po stranách nebo na zadní straně grilu tak, aby nebyl v přímém kontaktu s potravinou.

Pro tento způsob přípravy je zapotřebí použití poklopu nebo jinak uzavřít prostor grilu, aby docházelo k akumulaci teplého vzduchu, který potraviny griluje.

Tato metoda se používá pro větší kusy masa, jako je koleno, větší drůbež nebo sele, [10], [11], [12].

## 2.4 Různá konstrukční řešení rotačních grilů

### 2.4.1 Umístění topeniště

Ohniště může být umístěno pod připravovaným pokrmem (obr. 5). Tímto způsobem dochází k přímému grilování. Tento způsob grilování je vhodný pro malé kusy masa, protože ohřev je intenzivnější a v případě silného masa by mohlo dojít ke spálení na povrchu potravin, kdy vnitřek by byl ještě syrový, [10], [11], [12].

Zároveň omastek, který by odkapával od pokrmu na vidlici, by padal přímo do ohně, čímž by se páčil a vytvářel *polycyklické aromatické uhlovodíky* (PAU), které jsou karcinogenní, [14].

Výhodou je, že prostor nemusí být uzavřen, jelikož teplo sálá přímo na maso.



Obrázek 5: Nerezový gril na prasata s krytem 141 x 45 x 98 cm, cena 11 490 Kč [15]

Dále může být ohniště umístěno na zadní stranu grilu (obr. 6). V tomto případě dochází ke grilování nepřímému. Nepřímé grilování je vhodné použít, když maso nesmí přijít do přímého kontaktu s plamenem.

Při přímém kontaktu s plamenem se může stát, že se maso připálí dříve, než dojde k jeho úplnému propečení. Proto je vhodné použít nepřímé grilování, které není tak intenzivní, zato dobře propeče celý kus masa. [10], [11], [12]

Zároveň se odstraní problém s odkapáváním omastku do ohně, což vytváří PAU, které jsou zdraví škodlivé. [14]

Nevýhodou je, že pro dobré a relativně rychlé propečení velkého kusu masa je potřeba mít prostor alespoň částečně uzavřený, aby co nejvíce tepla zůstávalo v grilovacím prostoru.



Obrázek 6: GRIL se zadním topením 125 cm, cena 18 000 Kč [16]

### 2.4.2 Táč na přílohu a odkapávání

Při nepřímém grilování selete se využívá tácu, který zachytává kapající tuk, a zároveň se dá použít pro ohřátí brambor nebo zeleniny, viz obrázek 7.



Obrázek 7: Elektrický otočný špíz na sele XXL, cena 15 990 Kč [18]

### 2.4.3 Domek grilu

Gril může být otevřený (obr. 5), kdy se teplo v grilu neakumuluje, částečně zakrytý (obr. 6), kdy dochází k částečné akumulaci tepla, ale zároveň k odvětrávání kouře nebo plně zakrytý (obr. 8), kdy v grilovacím prostoru zůstává nejvíce tepla.



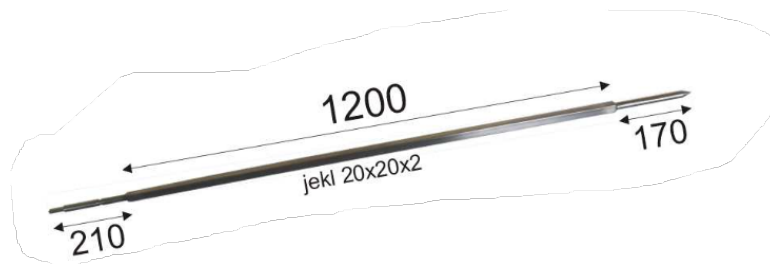
Obrázek 8: GRIL se zadním topením 125 cm [16]

### 2.4.4 Vidlice

Hlavní vidlice neboli ráhno (obr. 9) slouží k napíchnutí selete, kýty nebo jiného kusu masa. Z jedné strany je hrot, který usnadňuje napichování. Na druhém konci je připojena k motoru nebo ke klice.

Aby se zamezilo volnému otáčení selete, používají se zároveň s ráhnem ještě vidlice pomocné. Konstrukční řešení takových vidlic se liší také podle toho, jaký pokrm se připravuje.

V zásadě jde o to, že se na ráhno nasadí unašeč, ve kterém mohou být díry, do kterých se nastrčí menší jehly (obr. 10) nebo jehly mohou být součástí unašeče (obr. 11, 12).



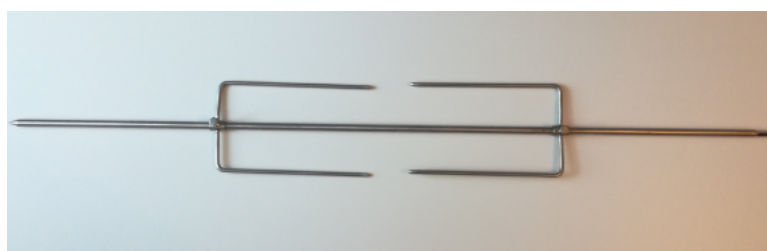
Obrázek 9: Grilovací jehla - ráhno 20 x 20 mm (Karel Janeček) [22]



Obrázek 10: Unašec s dlouhými vidlicemi [23]



Obrázek 11: Sada vidlic pro kuře [24]



Obrázek 12: Pomocné vidlice ve dvojici [25]

#### 2.4.5 Uložení vidlice

Uložení vidlice může být jednoduché, tzn. do bočních plechů se vyřízne díra a vidlice se v nich otáčí. U tohoto způsobu uložení dochází ke dření vidlice a plechu, a tím se vidlice mechanicky opotřebí. Zároveň tření bude vytvářet nepříjemný hluk a také ztráty, které se dají vykompenzovat dostatečně silným motorem.

Další možností je uložení vidlice na dvojici ložisek (obr. 13). U začátku a u konce vidlice

jsou 2 ložiska, která mají mezi sebou vůli menší, než je průměr vidlice. Vnitřní kroužek je zajištěn proti otáčení a vnější kroužek se volně otáčí. Vidlice se položí na ložiska a odvaluje se po nich. Díky odvalování se sníží tření.

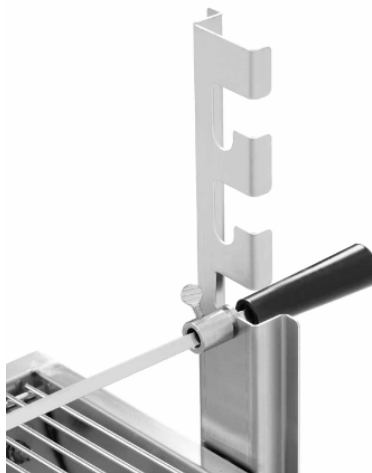


Obrázek 13: Gril na sele Profi [19]

Dále může být vidlice stacionární, vysouvací nebo vyklápěcí.

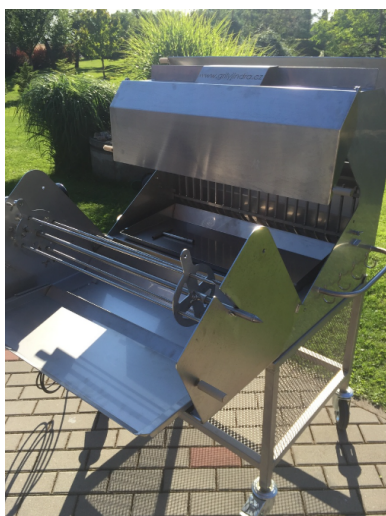
Vidlice je stacionární ve chvíli, kdy nejde změnit její poloha vůči ohništi. To znamená, že je uložena na nepohyblivém rámu, který nejde ani přestavět.

Vidlice může být přestavěná. Tento mechanismus se používá zejména u ohniště, které je pod seletem. Vidlice se může přestavět do různé výšky, aby se regulovala vzdálenost selete od zdroje tepla (obr. 14).



Obrázek 14: Gril na sele - s motorem - 15 kg - délka rožně: 82 cm - ušlechtilá ocel [20]

Vysouvací (obr. 16) a vyklápěcí (obr. 15) vidlice slouží zejména pro pohodlné odřezávání masa mimo zdroj tepla a kouře. Zároveň může sloužit i k regulaci vzdálenosti od zdroje tepla.



Obrázek 15: Profi nerezový gril na sele, kýtou, krůtu, kuřata i gyros, cena 85 000 Kč [21]



Obrázek 16: GRIL se zadním topením 125 cm [16]

## 2.5 Pohon otočného rožně

Základem rotačního grilu je otočná vidlice, která je poháněna motorem. V dnešní době se používají výhradně elektrické motory.

Při volbě motoru je důležité brát ohled na parametry motoru:

- **Otáčky** - vhodné otáčky pro grilování selety jsou v rozmezí 1 až 5 ot/min [13]
- **Výkon** - motor musí mít takový výkon, aby utáhl hmotnost potravin
- **Ovládání** - ovládání by mělo být jednoduché
- **Kompatibilita s grilem** - motor musí být kompatibilní s vidlicí

Na trhu je několik druhů elektromotorů, které jsou přizpůsobeny na grilování při nízkých otáčkách.

**Motor do 40 kg, KOVO-JANEČEK viz obrázek 17**

Otáčky:  $2 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Příkon: 14 W

Napětí: 220/230 V

Zatížení: 40 kg

Cena: 2 964,50 Kč [26]



Obrázek 17: Elektromotor 40 kg, 2 ot/min [26]

**MOTOR - UMR03** viz obrázek 18

Otáčky:  $2 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Příkon:  $24 \text{ W}$

Napětí:  $12 \text{ V}$

Zatížení:  $120 \text{ kg}$

Cena:  $5\,719,67 \text{ Kč}$  [27]



Obrázek 18: Elektromotor UMR03,  $120 \text{ kg}$ ,  $2 \text{ ot/min}$  [27]

**MOTOR - TECO MG90W230T** viz obrázek 19

Motor se šnekovou převodovkou

Otáčky:  $2,3 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Příkon:  $90 \text{ W}$

Napětí:  $230 \text{ V}$

Zatížení:  $60 \text{ kg}$

Cena:  $5\,320 \text{ Kč}$

Moment:  $135 \text{ N} \cdot \text{m}$  [28]



Obrázek 19: Elektromotor TECO MG90W230T se šnekovou převodovkou [28]



## 2.6 Používané materiály

Pro stavbu grilů se používá zejména nerezová ocel, konstrukční ocel a litina.

### 2.6.1 Ocel

Ocel je slitina železa a uhlíku a dalších legujících prvků s obsahem uhlíku do 2,14 %. Železo je samo o sobě dobře tvárné, měkké a má malou pevnost. Přidáním uhlíku získáme ocel, která má mnohem lepší vlastnosti. Je pevnější a houževnatější. Do oceli se mohou přidat doprovodné legující prvky, aby se změnila její vlastnosti. [31]

#### Uhlík

Chemická značka C. Má vliv na mechanické vlastnosti oceli. Zvyšuje pevnost v tahu, materiál je tvrdší, ale křehčí. Je hůře tvářitelný za studena.

#### Chrom

Chemická značka Cr. Zvyšuje pevnost, prokalitelnost a odolnost proti korozi. Pokud je jeho obsah nad 10,5 %, pak se ocel označuje jako nerez. Prakticky je známo, že při obsahu pod 12 % hrozí mezikrystalová koroze.

#### Nikl

Chemická značka Ni. Zvyšuje houževnatost za nízkých teplot a zlepšuje prokalitelnost. Kombinací 9 % niklu a 18 % chromu vzniká austenitická nerez ocel. Příkladem takové oceli je ocel 5XCrNi1810 (ČSN 17240), která se používá v potravinářství.

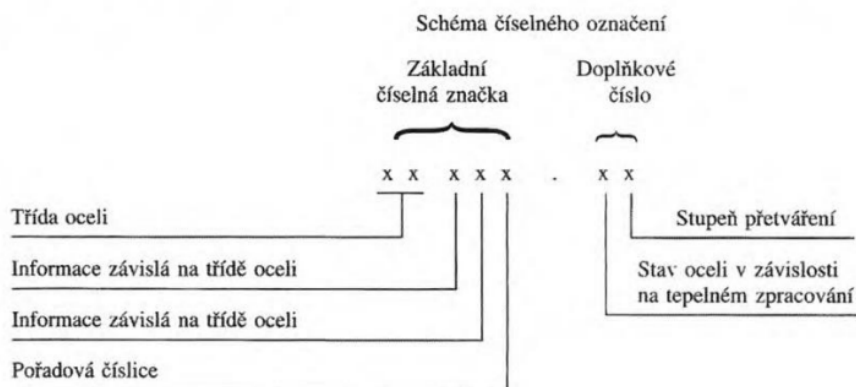
Dalšími legujícími prvky jsou Molybden, Mangan, Titan, Bor. [32]

## 2.6.2 Značení ocelí dle ČSN

Značení oceli dle ČSN se skládá z 5 základních číslic a až dvou doplňkových číslic viz obrázek 20. První a druhá základní číslice označuje třídu oceli. Číslo 1 na prvním místě označuje tvářenou ocel. Druhé místo dále dělí tvářenou ocel podle tříd.

Dvojčíslí 10, 11 a 12 označuje nelegované konstrukční oceli, 13 až 17 označuje oceli legované s tím, že obsah legur se společně s číslem zvětšuje. Číslo 19 označuje oceli nástrojové.

Další dvě číslice označují informace specifické pro různé třídy ocelí. [34]



Obrázek 20: Značení ocelí dle ČSN [34]

### Oceli třídy 10

Dvojčíslí na pozici 3 a 4 udává minimální pevnost v tahu. Když se toto dvojčíslí vynásobí deseti, vyjde minimální pevnost v tahu v  $N \cdot mm^{-2}$ .

### Oceli třídy 11

Dvojčíslí na pozici 3 a 4 udává minimální pevnost v tahu stejně jako u třídy 10 s výjimkou automatových ocelí, kdy je třetí číslo 1. Tyto oceli jsou velmi vhodné k obrábění.

U automatových ocelí čtvrté číslo udává střední obsah uhlíku v desetinách procenta.

### Oceli třídy 12 až 16

Třetí číslice udává střední obsah legujících prvků v procentech. Čtvrtá číslice udává střední obsah uhlíku v desetinách procenta.

## Oceli třídy 17

Třetí číslice udává typ legování danými prvky dle obr. 21. Čtvrtá číslice udává obsah hlavních legujících prvků Cr, Mn, Ni podle typu legování.

Číselná značka	Význam třetí číslice
17 0 xx	Oceli chromové
17 1 xx	Oceli chromové s dalšími přísadovými prvky (Al, Mo, Ni)
17 2 xx	Oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb)
17 3 xx	Oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb) a s dalšími přísadovými prvky (Mo, V, W, aj.)
17 4 xx	Oceli manganochromové, manganochromniklové
17 5 xx	Oceli niklové
17 6 xx	Oceli manganové
17 7 xx	Volné
17 8 xx	
17 9 xx	

Obrázek 21: Značení ocelí třídy 17 dle ČSN [34]

## Oceli třídy 19

Třetí číslice udává typ legování resp. nelegování (obr. 22).

Číselná značka	Význam třetí číslice	
19 0 X X	Nástrojové oceli uhlíkové	
19 1 X X		
19 2 X X		
19 3 X X	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Nástrojové oceli legované
19 4 X X	Oceli chromové	
19 5 X X	Oceli chrommolybdenové	
19 6 X X	Oceli niklové	
19 7 X X	Oceli wolframové	
19 8 X X	Oceli rychlořezné	
19 9 X X	Speciální oceli	

Obrázek 22: Značení ocelí třídy 19 dle ČSN [34]

### 2.6.3 Značení ocelí dle DIN

Jedná se o německou normu značení ocelí. Značení se skládá nejčastěji z chemického složení materiálu, tzn. obsah legujících prvků v oceli.

Dále obsahuje například typ oceli nebo tepelnou úpravu. Například písmeno Q znamená kalenou ocel, St znamená konstrukční ocel, E360 znamená mez kluzu  $360 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  atd.

Značení chemického složení se skládá z chemické značky legujícího prvku a čísel, která označují obsah.

Například ocel X10CrNiS18-9 označuje nerezovou ocel (X) se středním obsahem chromu 18 % a středním obsahem niklu 9 %. [35]

### 3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ A NÁVRHOVÉ VÝPOČTY

#### 3.1 Topeniště

Pro grilování selete se bude používat nepřímé grilování. To znamená, že topeniště bude na zadní straně grilu. Jako palivo bude použito dřevo. Největší rozměr dřeva, které je k dispozici je  $150\text{ mm}$  (obr. 23). Rozměr topeniště musí být dostatečně velký, aby nedocházelo k zaseknutí dřeva. Proto se volí šířka topeniště  $180\text{ mm}$ .

Topeniště bude odděleno od grilovacího prostoru roštem.



Obrázek 23: Palivo do grilu

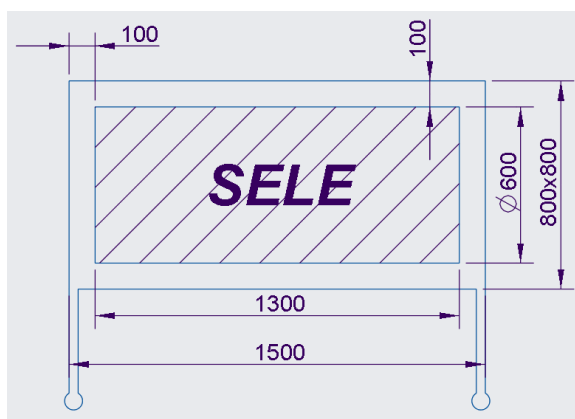
#### 3.2 Návrhový grilovací prostor

Návrhový grilovacím prostorem je myšlen prostor, ve kterém se bude otáčet sele. Je to minimální potřebný prostor s čtvercovým průřezem, od kterého se bude odvíjet finální rozměr domku.

Sele, které váží  $40\text{ kg}$ , může mít délku s hlavou až  $1300\text{ mm}$  a rozpětí  $600\text{ mm}$ . [17]

Pro snadné vsazení vidlice do grilu a snadnou manipulaci s masem bude zvolena minimální vůle mezi stěnou grilu a seletem  $100\text{ mm}$ .

Tím se získá grilovací prostor o rozměrech  $1500 \times 800 \times 800\text{ mm}$ .



Obrázek 24: Návrhový grilovací prostor (rozměry v mm)

### 3.3 Vyklápěcí mechanismus

Pro tento gril bylo zvoleno konstrukční řešení s vyklápěcím mechanismem, který slouží k snadnému odřezávání masa mimo žár a kouř sálající z topeniště.

Mechanismus se skládá ze spojnice, tj. kruhové tyče, která je uložena v ložiskách pod domkem grilu, dvou ramen na každé straně grilu, která jsou propojena spojnicí. Na těchto ramenech jsou dvojice kuličkových ložisek, které slouží k uchycení a zároveň odvalování vidlice. Na grilu jsou nainstalovány zarážky, které slouží k omezení pohybu mechanismu tak, aby vidlice zůstala v jedné ze dvou poloh. Polohy grilovací a odřezávací.

### 3.4 Poloha vidlice

Aby byla zajištěna pohodlná poloha odřezávání masa, vyklápění se navrhne takovým způsobem, aby výška osy vidlice od země při vyklopení byla v rozmezí 1000 až 1200 mm.

Bod A je poloha ložiskové jednotky.

Bod B je poloha osy vidlice při grilování.

Bod C je poloha osy vidlice při odkrajování.

$a$  je vzdálenost osy vidlice při odkrajování od osy ložiskové jednotky ve směru  $y$ .

$b$  je vzdálenost osy vidlice při grilování od osy ložiskové jednotky ve směru  $x$ .

$c$  je vzdálenost osy vidlice při grilování od spodku grilu ve směru  $y$ .

$d$  je vzdálenost osy vidlice při odkrajování od osy ložiskové jednotky ve směru  $x$ .

$r$  je rameno mechanismu.

$\alpha$  je úhel naklonění mechanismu do polohy odřezávání.

$\beta$  je úhel naklonění mechanismu do polohy grilování.

Rozměry a tolerance byly zvoleny tak, aby vidlice při odkrajování byla nad zemí v rozmezí  $1\ 100 \pm 100\text{ mm}$  ( $a$ ), a zároveň se vyklápěla ven z grilu ( $d$ ). Poloha ložiska byla zvolena  $200\text{ mm}$  od přední strany grilu a  $400\text{ mm}$  od země. Výška nohou i s kolečky byla zvolena  $750\text{ mm}$ . Osa grilování leží uprostřed grilovacího prostoru ( $b$ ), ( $c$ ) (obr.25).

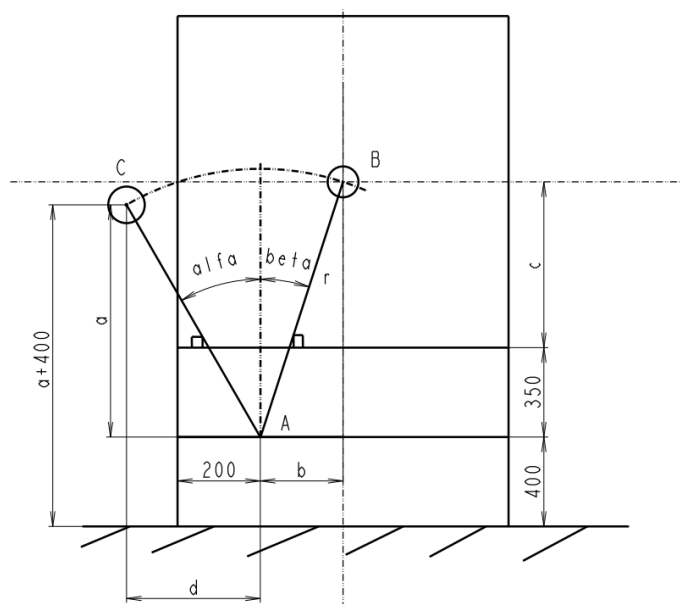
K umístění os byla zvolena tolerance z důvodu konstrukční proveditelnosti mechanismu.

$$a = 700 \pm 100\text{ mm}$$

$$b = 200 \pm 10\text{ mm}$$

$$c = 400 \pm 20\text{ mm}$$

$$d > 200\text{ mm}$$



Obrázek 25: Návrh polohy vidlice, rozměry v mm

### 3.4.1 Předběžné výpočty

Hodnoty  $\beta'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $r'$  a  $\alpha'$  jsou návrhové. Reálné hodnoty se buď zvolí nebo se dopočítají pomocí zvolených rozměrů.

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{b'}{c' + 350} = \frac{200 \text{ mm}}{(400 + 350) \text{ mm}} \implies \beta' = 14,93^\circ \quad (1)$$

Zvoleno  $\beta = 15^\circ$

$$\cos \beta = \frac{c' + 350}{r'} \implies r' = \frac{c' + 350}{\cos \beta} = \frac{(400 + 350) \text{ mm}}{\cos 15^\circ} = 776,5 \text{ mm} \quad (2)$$

Zvoleno  $r = 760 \text{ mm}$

$$\cos \alpha' = \frac{a'}{r} = \frac{700 \text{ mm}}{760 \text{ mm}} \implies \alpha' = 22,91^\circ \quad (3)$$

Zvoleno  $\alpha = 20^\circ$

### 3.4.2 Skutečné rozměry

$$a = r \cdot \cos \alpha = 760 \text{ mm} \cdot \cos 20^\circ = 714,16 \text{ mm} \quad (4)$$

$714,16 \text{ mm} \in 700 \pm 100 \text{ mm} \implies$  Vyhovuje

$$c = r \cdot \cos \beta - 350 = 760 \text{ mm} \cdot \cos 15^\circ - 350 \text{ mm} = 384,1 \text{ mm} \quad (5)$$

$384,1 \text{ mm} \in 400 \pm 20 \text{ mm} \implies$  Vyhovuje

$$b = (c + 350) \cdot \operatorname{tg} \beta = (384,1 + 350) \text{ mm} \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 196,7 \text{ mm} \quad (6)$$

$196,7 \text{ mm} \in 200 \pm 10 \text{ mm} \implies$  Vyhovuje

$$d = a \cdot \operatorname{tg} \alpha = 714,16 \text{ mm} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 259,9 \text{ mm} \quad (7)$$

$259,9 \text{ mm} > 200 \implies$  Vyhovuje

Pomocí těchto rozměrů se navrhnu boční plechy s drážkou. Drážka by měla být dostatečně velká a vhodně umístěná, aby nedocházelo ke styku vidlice s plechem.

### 3.5 Pohon

Jako pohon byl zvolen komplet elektromotor KASTE se dvěma šnekovými převodovkami (obr. 26).

V rámci bezpečnosti je doporučeno zapojit motor do sítě přes proudový chránič. [33]



Obrázek 26: Elektromotor KASTE se šnekovou převodovkou 90W, 2,5 ot., 230V [33]

#### 3.5.1 Parametry kompletu

Otáčky motoru:  $n_M = 1370 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Výkon motoru:  $P_M = 90 \text{ W}$

Napětí:  $U = 230 \text{ V}$

Typ převodovky: FCNDK25 a FCNDK30

Převodový poměr převodovek:  $i_c = 500$

Účinnost převodovky:  $\eta_{sp} = 0,6$

Výstupní otáčky:  $n_V = 2,5 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Cena: 3350 Kč

Otvor pro výstupní hřídel:  $d = \phi 14 \text{ mm}$  s hloubkou 70 mm

Přenos momentu: těsným perem

Šířka pera:  $b = 5 \text{ mm}$

Možnost zapojení na: 12 V baterii

Tento motor byl zvolen, protože má nízké otáčky, které jsou vhodné pro grilování na otočném rožni. Dále má možnost napájení z autobaterie, takže se gril může použít i mimo elektrickou síť. [33]

### 3.5.2 Výpočet potřebného krouticího momentu

#### Krouticí moment motoru

$$M_{kM} = \frac{P_M}{2 \cdot \pi \cdot n_M} = \frac{90 \text{ W} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1350 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}} = 0,637 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (8)$$

#### Celková účinnost převodovek

$$\eta_{spC} = \eta_{sp}^2 = 0,6^2 = 0,36 \quad (9)$$

#### Výstupní krouticí moment

$$M_{kV} = i_c \cdot M_{kM} \cdot \eta_{spC} = 500 \cdot 0,637 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,36 = 114,66 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (10)$$

#### Zatížení od selete

Hmotnost selete: 40 kg

Tíhové zrychlení:  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Sele, které má 40 kg může mít průměr rozpažení až 600 mm [17]. Při perfektní symetrii selete bude mít sele těžiště v ose rotace. Kvůli členovitosti selete budu uvažovat excentricitu těžiště uprostřed průměru rozpažení, tzn.  $r_e = 150 \text{ mm}$ .

Součinitel bezpečnosti bude zvolen z důvodu rázů a nevyvážení selete:  $k = 1,5$ .

Tíhová síla selete

$$F = m \cdot g = 40 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 392,4 \text{ N} \quad (11)$$

Minimální potřebný krouticí moment

$$M_{kmin} = F \cdot r_e \cdot k = 392,4 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 1,5 = 88,29 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (12)$$

#### Kontrola

$$M_{kmin} \leq M_{kV} \implies 88,29 \text{ N} \cdot \text{m} \leq 114,66 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (13)$$

Bylo zjištěno, že krouticí moment motoru s převodovkami je dostačující na otáčení 40kg sele, takže motor se může použít.



## 3.6 Vidlice

Vidlici byla zakoupena od firmy KOVO JANEČEK [29].

### 3.6.1 Materiál vidlice

Vidlice bude vyrobena z materiálu X5CrNi18-10 (ČSN 17 240).

Jedná se o nejpoužívanější nerezovou ocel. Je to ocel austenitická chrom-niklová. Říká se jí potravinářská nerez. Je svařitelná a vysoce odolná proti korozi. [30]

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Mo	Ni	Ti	Další
≤ 0,07	≤ 1	≤ 2	≤ 0,045	≤ 0,03	≤ 0,1	17,5 – 19,5	-	-	8-10,5	-	-

Tabulka 1: Chemické složení oceli X5CrNi18-10 (hmotnostní podíl v % dle DIN EN 10088-3) [30]

### Vlastnosti

Mez kluzu:  $R_{p0,2} = 190 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Mez pevnosti:  $R_m = 500 - 700 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Dovolené napětí v ohybu:  $\sigma_{Do} = 0,66 \cdot R_{p0,2} = 0,66 \cdot 190 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} = 125,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  [30]

### 3.6.2 Rozměry vidlice

Vidlice se skládá z jeklu a na každé straně z kulatiny. Na konci, který bude uložený v motoru, bude čtyřhran pro přenos krouticího motoru  $14 \times 14 \text{ mm}$ .

Jekl:  $20 \times 20 \times 2 \text{ mm}$

Kulatina:  $\varnothing 16 \text{ mm}$

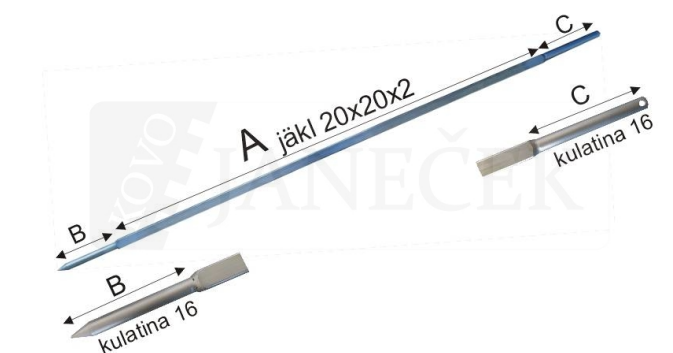
Rozměr A:  $1400 \text{ mm}$

Rozměr B:  $110 \text{ mm}$

Rozměr C:  $130 \text{ mm}$  (obr. 27)

Za rozměrem C bude navařen čtyřhran, který slouží k přenosu krouticího momentu:

$14 \times 14 \times 20 \text{ mm}$



Obrázek 27: Rozměr vidlice

### 3.6.3 Kontrola vidlice na ohyb pomocí výpočtu nosníků

Pro zjištění napětí v ohybu byl použit výpočetní software Optimal Beam. [36]

Pro výpočet byly zvoleny 2 různé modely.

**První model** počítá s nejhorším možným uskupením, kdy síla, která působí od selete na vidlici, působí přímo uprostřed nosníku. Nosník je na 2 podpěrách a vetknutý z jedné strany. Jedna podpěra je posuvná a druhá pevná.

**Druhý model** počítá s tím nejlepším uskupením, kdy je tíha selete rozprostřena lineárně po nosníku. Nosník stojí na 2 posuvných podpěrách a na jedné straně je vetknutý.

Reálný průběh napětí a deformací bude někde mezi těmito dvěma modely.

**Třetí model** počítá s tím, že je síla rozprostřena rovnoměrně po nosníku. Výsledek se bude nacházet mezi prvním a druhým modelem.

Reálný průběh napětí a deformací by se měl pohybovat mezi druhým a třetím modelem.

#### Výpočet nosníku podle prvního modelu (nosník 1)

$$a_1 = 40 \text{ mm}$$

$$b_1 = 810 \text{ mm}$$

$$c_1 = 1\,580 \text{ mm}$$

$$d_1 = 1\,660 \text{ mm}$$

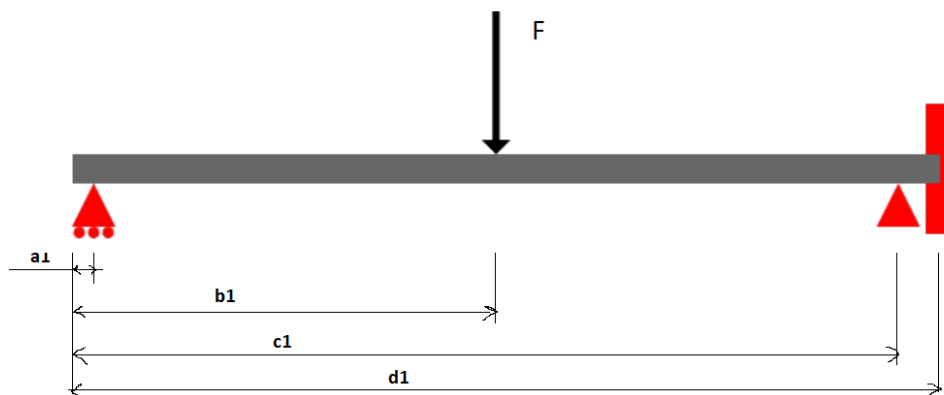
$$F = 392,4 \text{ N}$$

Průřez nosníku se skládá z průřezů  $h \times h \times t = 20 \times 20 \times 2 \text{ mm}$ ,  $d = 16 \text{ mm}$  a  $h \times h = 14 \times 14 \text{ mm}$ . Modul průřezu v ohybu pro jekl, čtyřhran a kulatinu je vypočítán následovně:

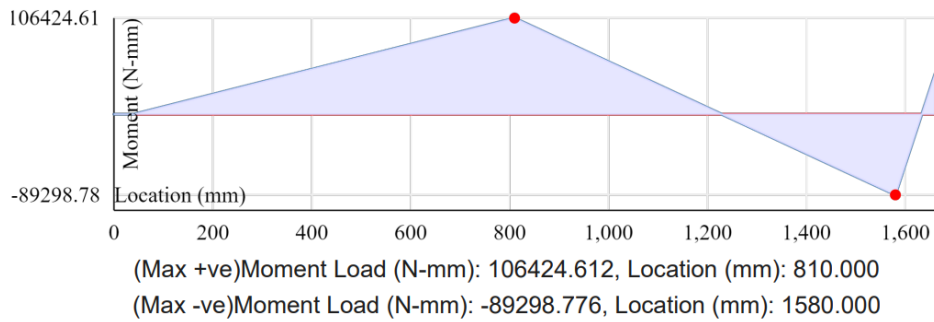
$$W_{\text{Ojekl}} = \frac{h^4 - (h - 2 \cdot t)^4}{6 \cdot h} = \frac{20^4 - (20 - 2 \cdot 2)^4}{6 \cdot 20} = 787,2 \text{ mm}^3 \quad (14)$$

$$W_{\text{Očtyřhran}} = \frac{h^3}{6} = \frac{20^3}{6} = 1333,3 \text{ mm}^3 \quad (15)$$

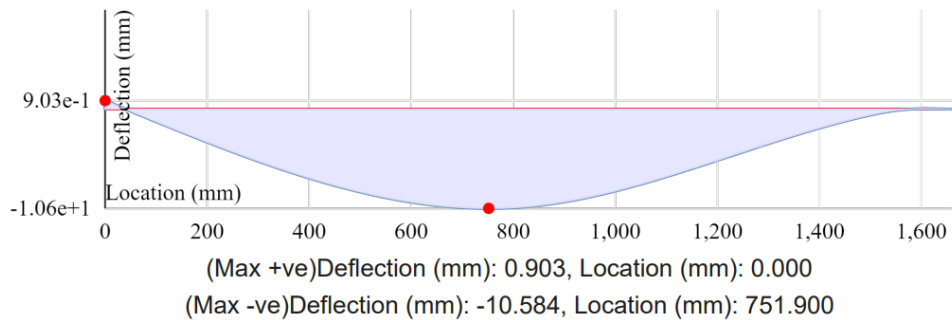
$$W_{\text{Okulatina}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 16^3}{32} = 402,12 \text{ mm}^3 \quad (16)$$



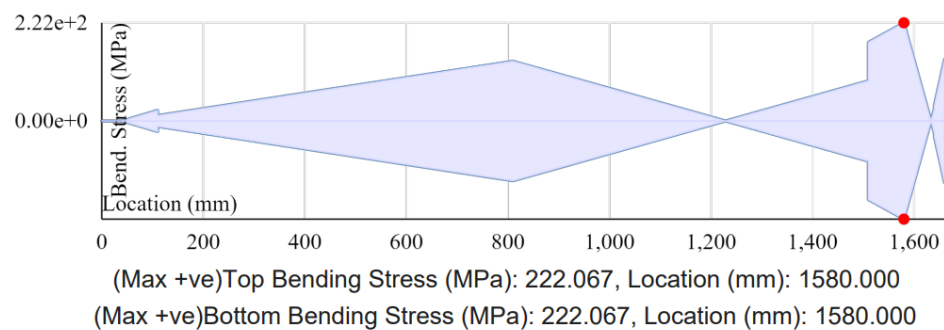
Obrázek 28: Nosník 1 [36]



Obrázek 29: Průběh ohybového momentu u nosníku 1 [36]



Obrázek 30: Průběh posunutí u nosníku 1 [36]



Obrázek 31: Průběh ohybového napětí u nosníku 1 [36]

### Vypočítané hodnoty

Maximální ohybový moment (obr. 29) je v místě působení síly F ( $b_1$ ):

$$M_{omax1} = 106\,424,612 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Největší průhyb (obr. 30) je ve vzdálenosti 751,9 mm od levého okraje nosníku:

$$v_{max1} = 10,584 \text{ mm}.$$

Maximální ohybové napětí (obr. 31) je v místě podpěry ( $c_1$ ):

$$\sigma_{omax1} = 222,067 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

### Kontrola na ohyb

$$\sigma_{omax1} \leq \sigma_{Do} \implies 222,067 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \geq 125,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (17)$$

$\implies$  **Nosník 1** nevyhovuje dovolenému napětí materiálu.

Výpočet nosníku podle druhého modelu (nosník 2)

$$a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$b_2 = 160 \text{ mm}$$

$$c_2 = 810 \text{ mm}$$

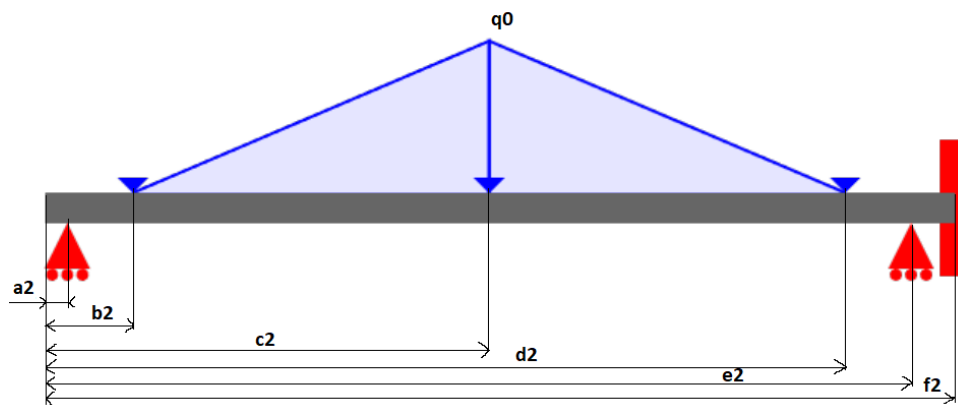
$$d_2 = 1460 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1580 \text{ mm}$$

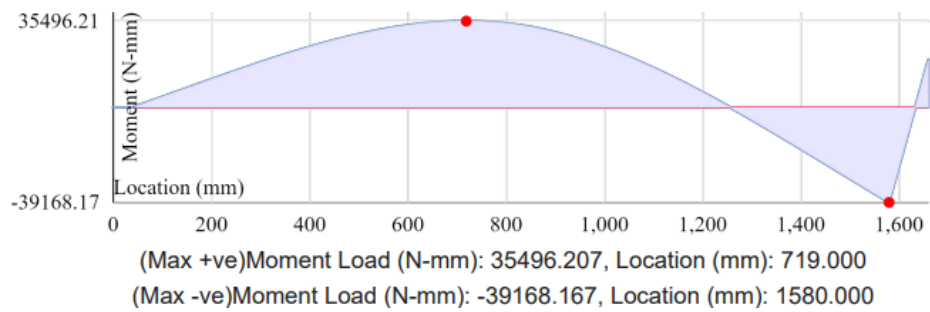
$$f_2 = 1660 \text{ mm}$$

$$q_0 = 0,3 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

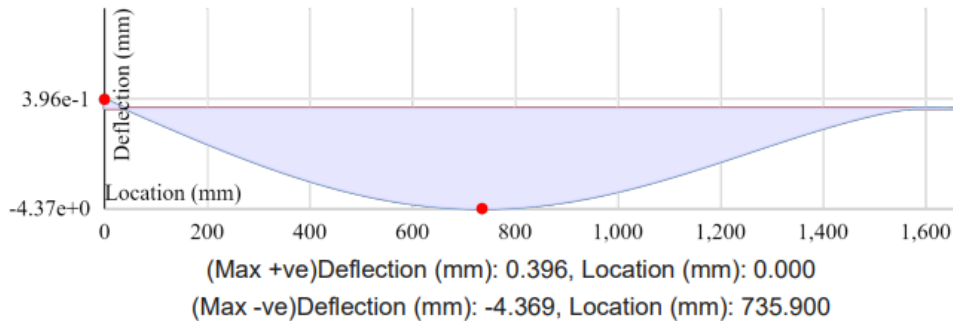
Průřez nosníku a modul průřezu v ohybu viz. Výpočet nosníku 1.



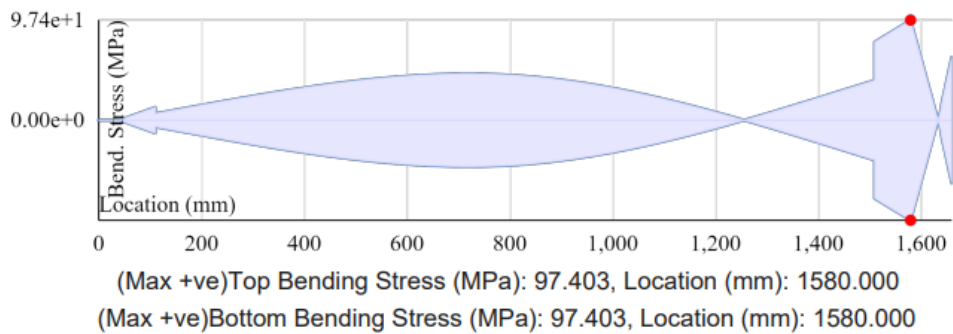
Obrázek 32: Nosník 2 [36]



Obrázek 33: Průběh ohybového momentu u nosníku 2 [36]



Obrázek 34: Průběh posunutí u nosníku 2 [36]



Obrázek 35: Průběh ohybového napětí u nosníku 2 [36]

### Vypočítané hodnoty

Maximální ohybový moment (obr. 33) je v místě podpěry u vetknutí ( $e_2$ ):

$$M_{omax2} = 39\,168,17 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Největší průhyb (obr. 34) je ve vzdálenosti 735,9 mm od levého kraje nosníku:

$$v_{max2} = 4,369 \text{ mm}.$$

Maximální ohybové napětí (obr. 35) je v místě přechodu průřezů mezi jeklem a kulatinou ( $e_2$ ):  $\sigma_{omax2} = 97,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

### Kontrola na ohyb

$$\sigma_{omax2} \leq \sigma_{Do} \implies 97,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 125,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (18)$$

$\implies$  **Nosník 2** vyhovuje dovolenému napětí materiálu.

Výpočet nosníku podle třetího modelu (nosník 3)

$$a_3 = 40 \text{ mm}$$

$$b_3 = 160 \text{ mm}$$

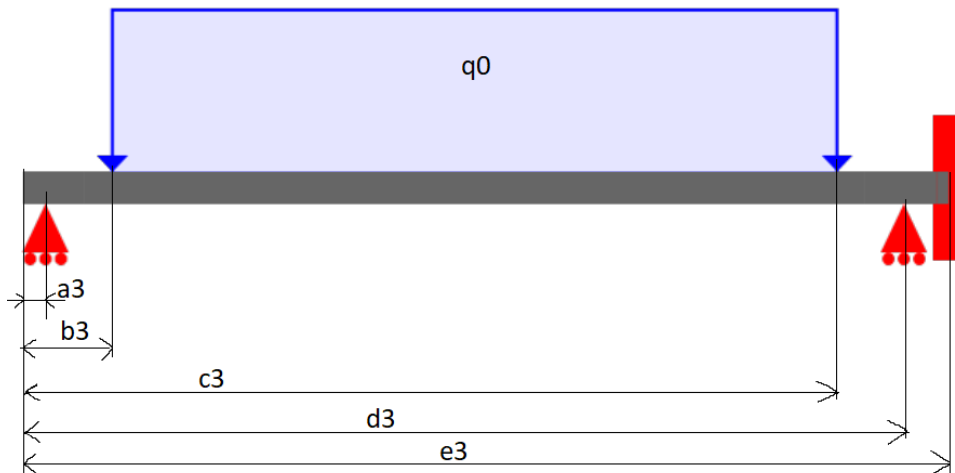
$$c_3 = 1460 \text{ mm}$$

$$d_3 = 1580 \text{ mm}$$

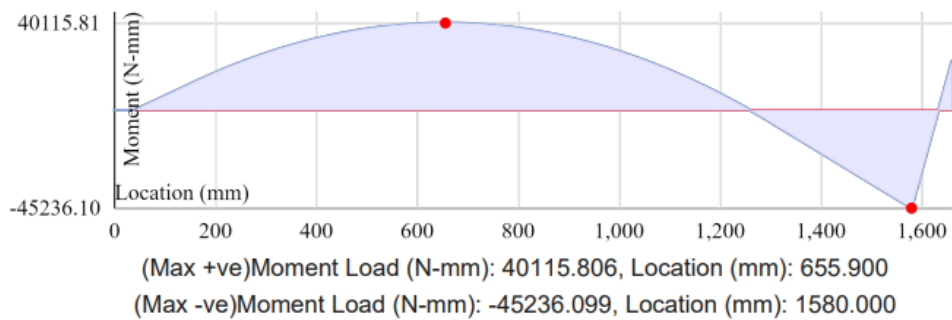
$$e_3 = 1660 \text{ mm}$$

$$q_0 = 0,3 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

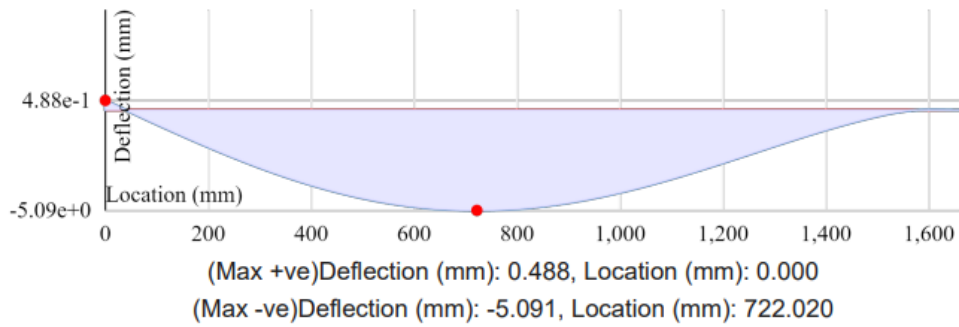
Průřez nosníku a modul průřezu v ohybu viz. *Výpočet nosníku 1.*



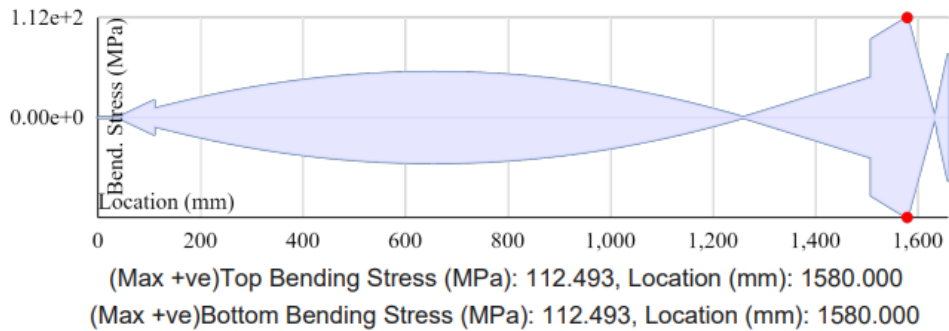
Obrázek 36: Nosník 3 [36]



Obrázek 37: Průběh ohybového momentu u nosníku 3 [36]



Obrázek 38: Průběh posunutí u nosníku 3 [36]



Obrázek 39: Průběh ohybového napětí u nosníku 3 [36]

### Vypočítané hodnoty

Maximální ohybový moment (obr. 37) je v místě podpěry u vetknutí ( $d_3$ ):

$$M_{omax3} = 45\,236,1 \text{ N} \cdot \text{mm}.$$

Největší průhyb (obr. 38) je ve vzdálenosti 722,02 mm od levého kraje nosníku:

$$v_{max3} = 5,091 \text{ mm}.$$

Maximální ohybové napětí (obr. 39) je v místě přechodu průřezů mezi jeklem a kulatinou

$$(d_3): \sigma_{omax2} = 112,493 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

### Kontrola na ohyb

$$\sigma_{omax3} \leq \sigma_{Do} \implies 112,493 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq 125,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (19)$$

$\implies$  **Nosník 3** vyhovuje dovolenému napětí materiálu.

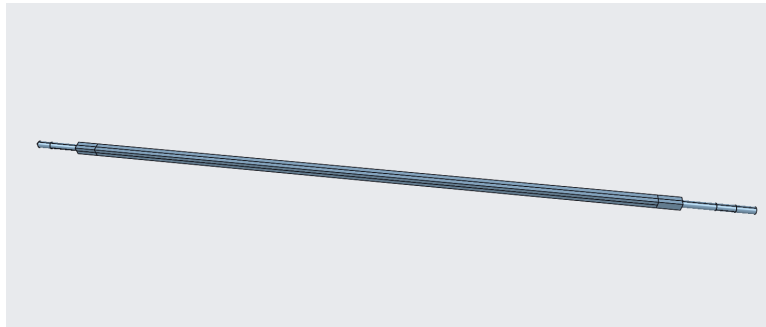
### 3.6.4 Kontrola vidlice na ohyb pomocí Creo Simulation Lite

Za pomoci softwaru Creo Simulation Lite byla udělána analýza ohybového napětí celé vidlice. Tato analýza se bude blížit reálnému průběhu ohybového napětí.

Program Creo Simulation Lite neumožňuje rozsáhlé nastavení. Analýza probíhá na předem nastavené síti, která nejde změnit.

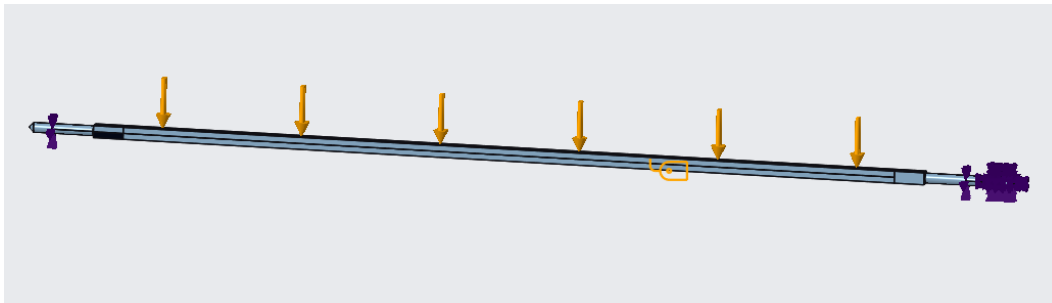
#### Analýza

Nejdříve byl připraven model vidlice, aby odpovídal realitě.



Obrázek 40: Model vidlice

Potom bylo přidáno uložení podle obr. 32 a zatížení jako síla od selete 392,4 N rozprostřená po 1300 mm, kde bude sele uložené (obr. 41).



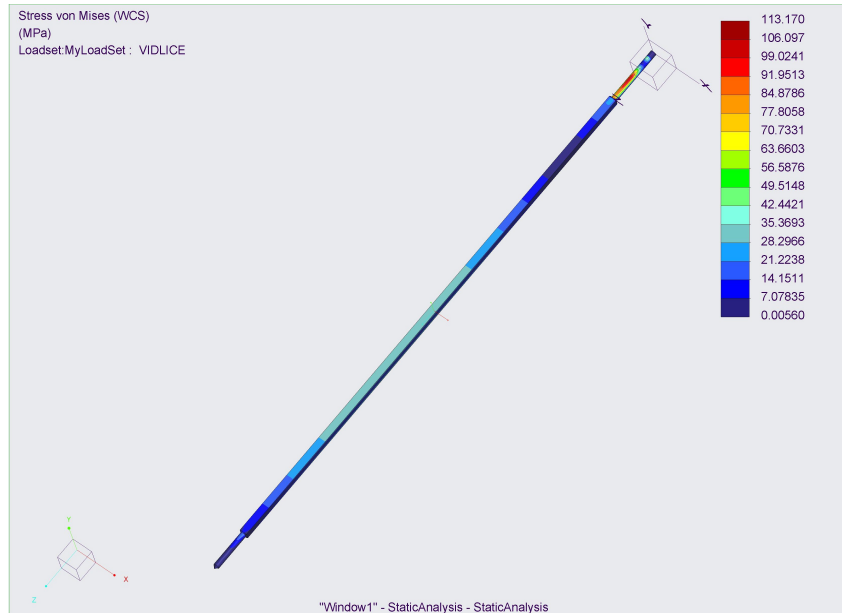
Obrázek 41: Uložení a zatížení vidlice



## Ohybové napětí

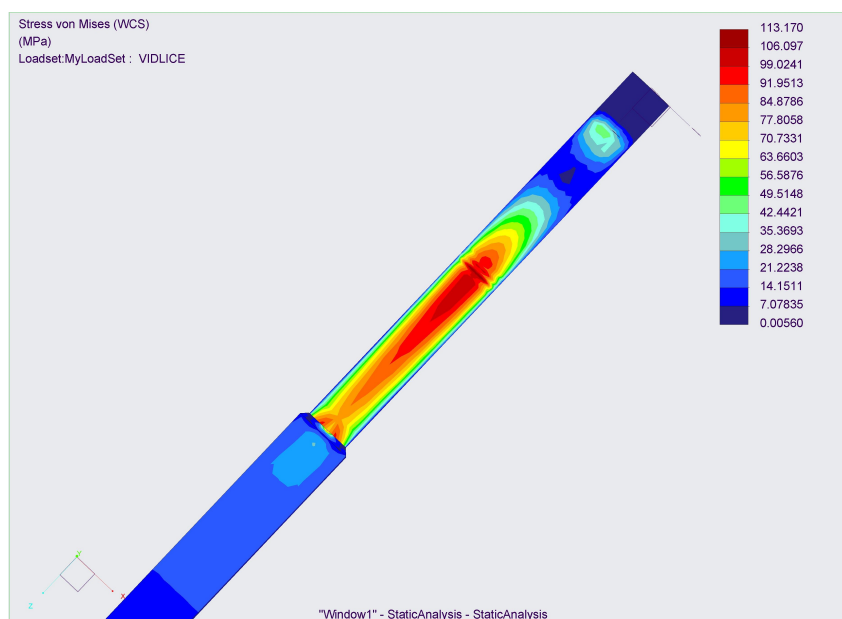
Po spuštění analýzy byl získán průběh ohybového napětí hypotézou HMH (obr. 42).

Podle této hypotézy se pevnost součásti odvíjí od velikosti deformační energie na změnu tvaru.



Obrázek 42: Průběh ohybového napětí (hypotéza HMH)

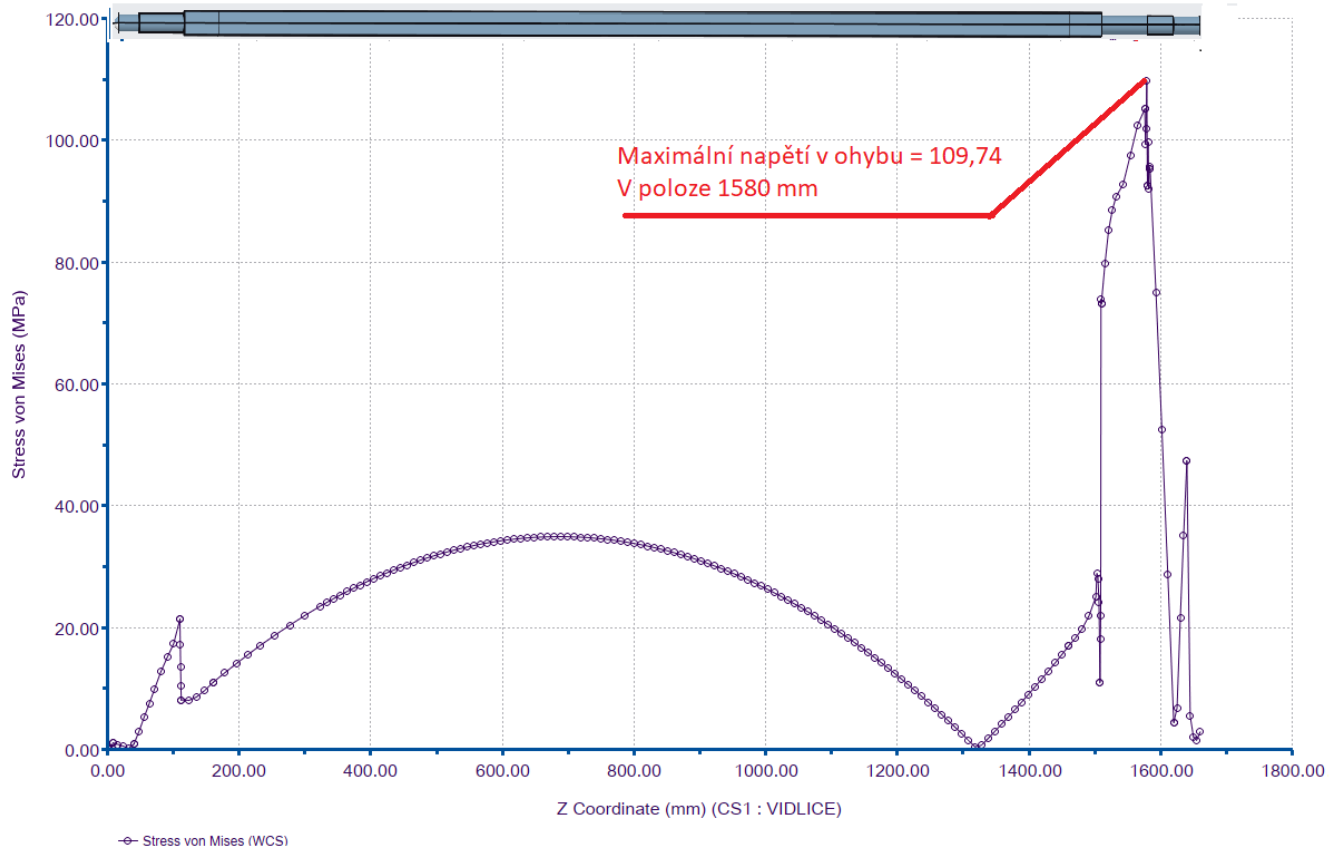
Na obr. 43 jde vidět, že největší napětí je pod uložením na straně motoru a u přechodu mezi kulatinou  $\varnothing 16 \text{ mm}$  a jeklem s průřezem  $20 \times 20 \times 2 \text{ mm}$ .



Obrázek 43: Kritické místo napětí vidlice ( $N \cdot \text{mm}^{-2}$ )

Na obr. 44 jde vidět průběh ohybového napětí. Z grafu se dá vyčíst, že největší ohybové napětí  $\sigma_{omax} = 109,74 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  je v místě uložení.

$$\sigma_{omax} = 109,74 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq \sigma_{Do} = 125,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \implies \text{vidlice vyhovuje zatížení.}$$



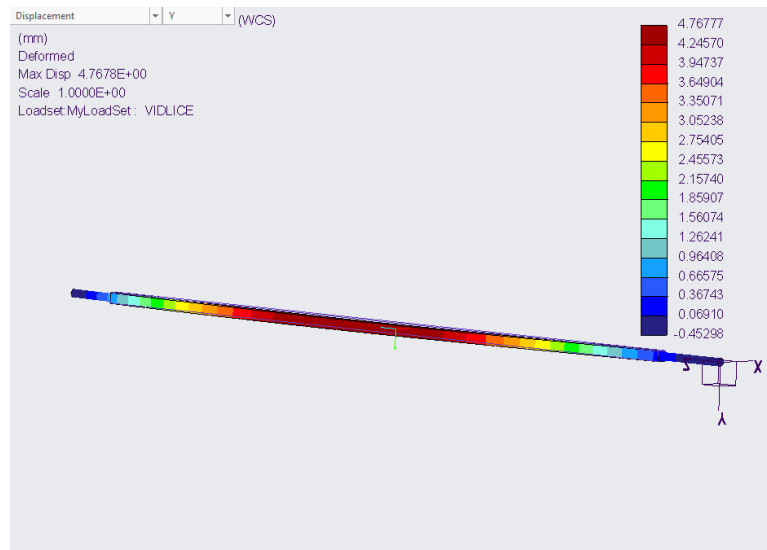
Obrázek 44: Graf ohybového napětí vidlice

Na obr. 44 jde vidět výrazný extrém napětí. Takovýto extrém může být čistě numerický. Dá se to ověřit zjemněním sítě, ale tuto funkci studentská verze programu Creo neumožňuje.

Pokud se ale srovnají obrázky 44 a 35, jde vidět, že na obr. 35 žádný extrém v místě podpěry není. Tudiž jde usoudit, že extrém je pouze numerický a reálné maximum bude menší a bude se nacházet v místě přechodu průřezů.

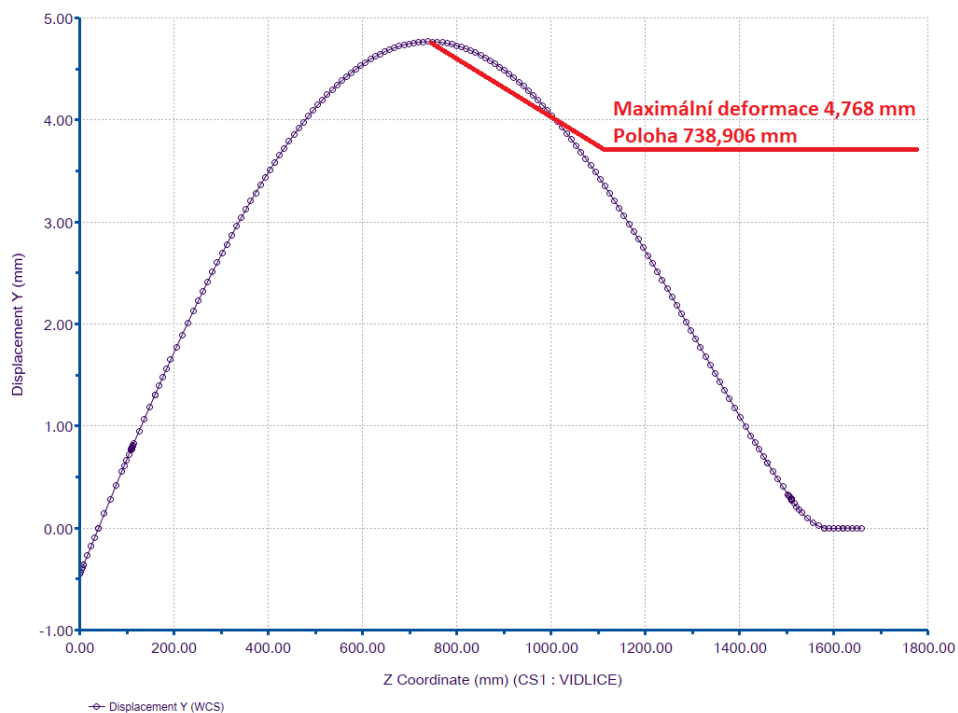
## Deformace vidlice

Dále byla analyzována deformace vidlice ve směru zatížení (obr. 45).



Obrázek 45: Deformace vidlice (mm)

Z obr. 46 jde vyčíst, že největší průhyb je 4,768 mm v poloze 738,906 mm od hrotu vidlice.



Obrázek 46: Graf deformace vidlice

### 3.7 Redukce z vidlice na motor

Vidlice je zakončena čtyřhranem  $14 \times 14 \text{ mm}$  s dírou pro závlačku.

Na výstupu ze šnekové převodovky je díra pro hřídel  $\varnothing 14 \text{ mm}$ . Přenesení krouticího momentu je zařízeno perem o šířce  $5 \text{ mm}$ .

Proto byla navržena redukce, která umožní přenesení krouticího momentu z motoru na vidlici. Redukce bude pojištěna proti axiálnímu posunutí z jedné strany osazením a z druhé strany korunovou maticí se závlačkou.

Na straně vidlice bude přenos momentu zajištěn tvarovým stykem, čtyřhranem s uložením s vůlí  $H14/h14$ . Proti axiálnímu posunutí bude vidlice zajištěna závlačkou.

#### 3.7.1 Návrh pera

Na výstupu převodovky je drážka pro pero s šířkou  $5 \text{ mm}$ . Podle ČSN 02 2562 se volí PERO  $5e7 \times 5 \times l$  ( $be7 \times h \times l$ ).

Pera se vyrábějí z materiálu 11 600. Pero je namáháno střídavým zatížením.

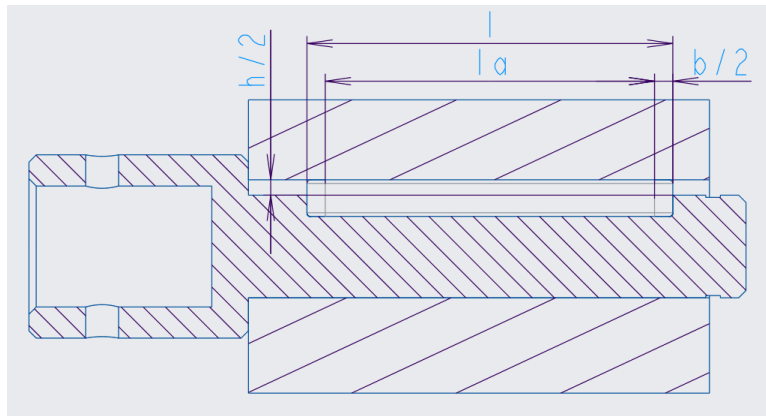
Dovolené napětí v tlaku:  $p_D = 130 \text{ MPa}$  [37].

Dovolené napětí ve smyku:  $\tau_{kD} = 70 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  [34].

Pero se kontroluje na otláčení (obr. 47) a na stříh (obr. 48).

Návrh délky pera se počítá z kontroly pera na otláčení.

Vypočítá se návrhová funkční délka pera  $l'_a$ .



Obrázek 47: Kontrola pera na otláčení

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot M_{kV}}{d \cdot h \cdot l'_a} \leq p_D \implies l'_a = \frac{4 \cdot M_{kV}}{d \cdot h \cdot p_D} = \frac{4 \cdot 114,66 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1000}{(14 \cdot 5 \cdot 130) \text{ mm}} = 50,4 \text{ mm} \quad (20)$$

**Celková délka pera  $l$**

$$l' = l'_a + b = 50,4 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 55,4 \text{ mm} \implies l = 60 \text{ mm} \quad (21)$$

**Skutečná funkční délka pera  $l_a$**

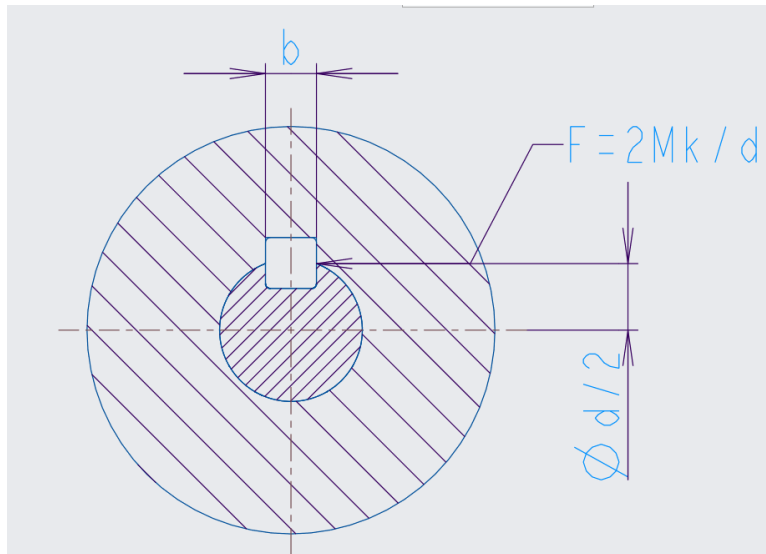
$$l_a = l - b = 60 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 55 \text{ mm} \quad (22)$$

### Kontrola pera na otláčení

$$p = \frac{4 \cdot M_{kV}}{d \cdot h \cdot l_a} = \frac{4 \cdot 114,66 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1000}{(14 \cdot 5 \cdot 55) \text{ mm}} = 119,13 \text{ MPa} \leq p_D = 130 \text{ MPa} \quad (23)$$

PERO 5e7 × 5 × 60 vyhovuje kontrole na otláčení.

### Kontrola pera na stříh



Obrázek 48: Kontrola pera na stříh

Pero je namáhané na stříh. Střížná plocha je šířka pera  $b$  vynásobena vynásobená funkční délkou pera  $l_a$ .

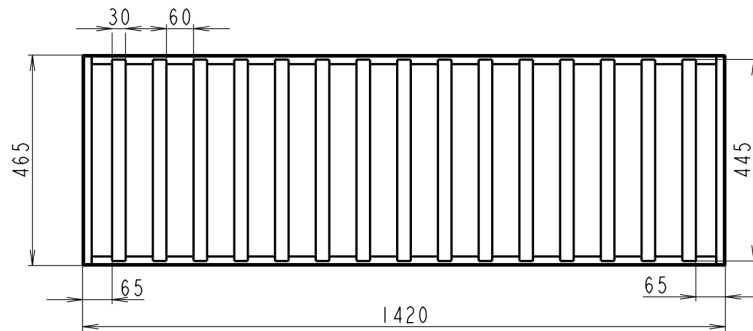
$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot M_{kV}}{d \cdot b \cdot l_a} = \frac{2 \cdot 114,66 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1000}{(14 \cdot 5 \cdot 55) \text{ mm}} = 59,56 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \leq \tau_{kD} = 70 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (24)$$

Pero vyhovuje kontrole na stříh.

### 3.8 Návrh roštu

Rošt se vyrobí z L profilů  $L20 \times 3$  ČSN 42 5541, které budou tvořit konstrukci a z plechů  $30 \times 445 \times 3$  mm, které budou tvořit mříž. Ta bude bránit dřevu, aby se dostalo do prostoru grilu. Celý rošt se pak přivaří do konstrukce grilu.

Rozměry byly zvoleny s ohledem na skutečnost, že při grilování bude docházet k prodloužení materiálu způsobenému teplotní roztažností. Vnější rozměr konstrukce bude  $1420 \times 465$  mm. Na konstrukci bude přivařeno 15 plechů s mezerou 60 mm.



Obrázek 49: Rošt na gril

## 4 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout rotační gril na sele do 40 kg. Na začátku byl proveden průzkum různých druhů grilu a způsobu grilování. Dále se bakalářská práce zaměřila na konstrukční řešení rotačních grilů, které jsou na trhu.

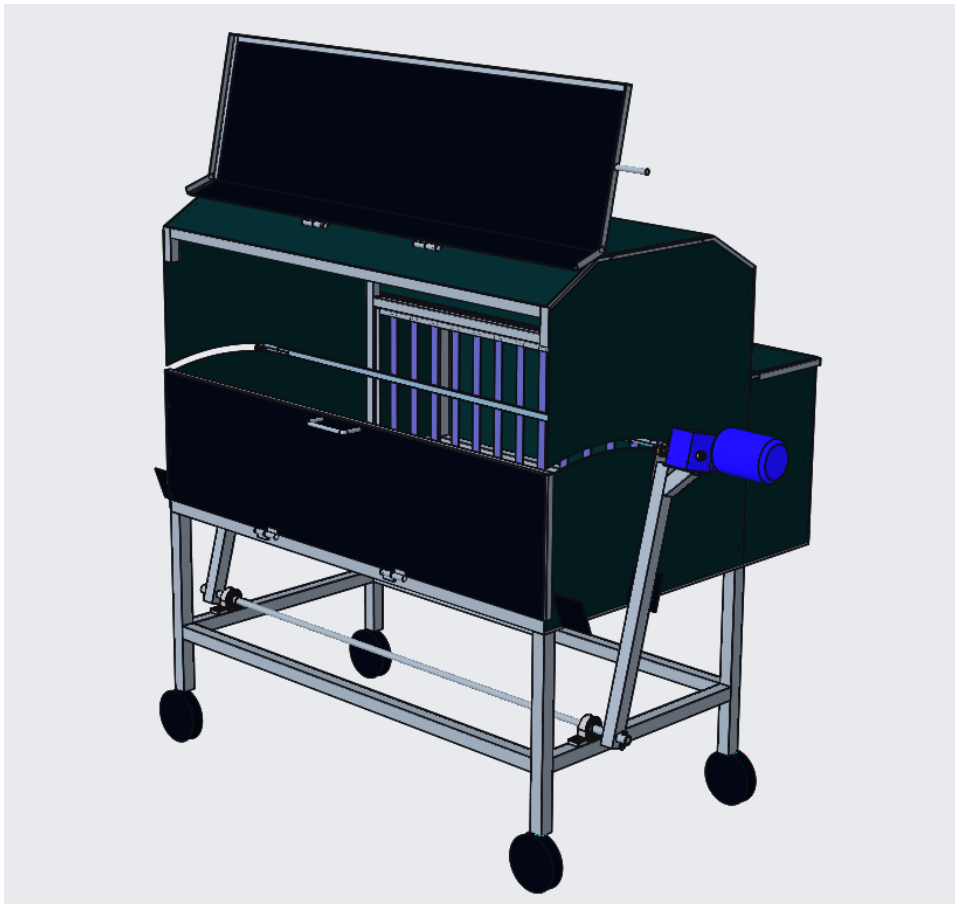
Na základě rozměrů selete byly nejprve navrženy základní rozměry grilu, pomocí kterých byl navržen finální design grilu.

Gril se skládá z kostry konstrukce, která je tvořená jekly. Na kostru se přivaří plechy tloušťky 3 mm. Dále je součástí grilu víko na topeniště, spodní víko a horní víko. Pro snadné odřezávání masa jsem navrhl vyklápěcí mechanismus. Pálené dřevo je od grilovacího prostoru odděleno roštem. Sele se otáčí na grilovací jehle, na které jsou nasazeny pomocné vidlice.

Vybrané uzly byly podrobeny kontrole. Kontrolované součásti vyhovují požadavkům provozu.

Celý gril se po svaření natře černou kovářskou barvou, aby se zabránilo korozi.

Celý gril byl vymodelován v programu Creo Parametric.



Obrázek 50: Model grilu

V příloze je výkresová dokumentace potřebná pro výrobu grilu.

## Reference

- [1] NOVÁKOVÁ, Andrea. Co to je grilování?. Ogrilovani.cz [online]. 2023 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.ogrilovani.cz/co-to-je-grilovani>
- [2] Příspěvatelé Wikipedie: Otevřená encyklopedie. Grilování [online]. ©2021 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Grilov%C3%A1n%C3%AD>
- [3] Jak si co nejlépe vybrat kvalitní zahradní gril?. Grilovani.cz [online]. Vilémov: Grilování CZ, 2023, 19.2.2021 [cit. 2023-02-10]. Dostupné z: <https://www.grilovani.cz/zakladni-rady-a-tipy/jak-si-co-nejlepe-vybrat-kvalitni-gril>
- [4] Venkovní elektrické grily – uspořádejte barbecue party třeba i v centru města. Grilovani.cz [online]. Vilémov: Grilování CZ, 2023 [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.grilovani.cz/elektricke-grily/?order=bestseller>
- [5] Elektrický gril na kuřata E-48P | GASTRO-TIP, 7100371. Gastromania.cz [online]. Český Těšín: Gastromania CZ, 2019 [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.gastromania.cz/grily-na-kurata/elektricky-gril-na-kurata-e-48p-gastro-tip-7100371.html>
- [6] SÁDECKÝ, Tomáš. Jak vybrat zahradní gril?. Give.cz [online]. Praha: GIVE Group, 2023, 8.10.2017 [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.give.cz/a/jak-vybrat-zahradni-gril>
- [7] Plynový gril Dakota BBQ. Internetovazahrada.cz [online]. Praha: Luzakaza, 2023 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://internetovazahrada.cz/produkt/plynovy-gril-dakota-bbq/>
- [8] PLYNOVÝ GRIL WEBER SUMMIT S-670 GBS - NEREZ. Topgrily.cz [online]. Troubsko: TopGrily, 2023 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.topgrily.cz/plynovy-gril-weber-summit-s-670-gbs-nerez.html>
- [9] Woodfire Grill vs. Charcoal Grilling: Knowing When to Burn Which. Gathergrills.com [online]. Ellaville: Gather Grills, 2023, 16.11.2021 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://gathergrills.com/woodfire-grill-vs-charcoal-grilling-knowing-when-to-burn/>
- [10] Přímá nebo nepřímá metoda grilování. Topgrily.cz [online]. Troubsko: TopGrily, 2023 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.topgrily.cz/prima-nebo-neprema-metoda-grilovani/>
- [11] Přímé versus nepřímé grilování. Bauhaus.cz [online]. Brno: BAUHAUS, 2023 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.bauhaus.cz/blog/prime-versus-nepreme-grilovani>
- [12] Indirect vs Direct Grilling. Masterbuilt.com [online]. Columbus: Masterbuilt, 2023 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.masterbuilt.com/blogs/master-it-blog/indirect-vs-direct-grilling>



- [13] SIMONIDES, Jan; Regina, ALEXIEVOVÁ; Ferdinand, LUCEK. Stavba grilu a jeho použití. Praha: SNTL, 1977, 142 s. Polytechnická knižnice (SNTL).
- [14] Polycyklické aromatické uhlovodíky. Bezpečnost potravin [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2014 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky/>
- [15] Nerezový gril na prasata s krytem 141 x 45 x 98 cm. Obi.cz [online]. Praha: OBI Česká republika, 2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.obi.cz/grily-na-drevene-uhli/nerezovy-gril-na-prasata-s-krytem-141-x-45-x-98-cm/p/6117527>
- [16] GRIL se zadním topením. Grily-hk.cz [online]. Hradec Králové: Pavel Konvalinka, 2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.grily-hk.cz/gril-se-zadnim-topenim>
- [17] Délka selat, prasat a vepřových kýt. Gurmanservis.cz [online]. Pardubice: Gurmánský servis, 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.gurmanservis.cz/delka-selat-prasat-a-veprovych-kyt-o.html>
- [18] Elektrický otočný špíz na sele XXL. Dum-zahrada24.cz [online]. Praha: VaVeDa, 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.dum-zahrada24.cz/dum-zahrada24/eshop/2-1-ZAHRADA-a-CHATA/9-2-Grily/5/5924-Elektricky-otocny-spiz-na-sele-XXL>
- [19] Gril na sele Profi. Zamecnictvi-bartl.cz [online]. Brno: Zámečnictví Martin Bartl - grily na selata, 2019 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <http://www.zamecnictvi-bartl.cz/gril-na-sele-profi>
- [20] Gril na sele - s motorem - 15 kg - délka rozně: 82 cm - ušlechtilá ocel. Expondo.cz [online]. Praha: Expondo, 2023 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.expondo.cz/royal-catering-gril-na-sele-s-motorem-15-kg-delka-rozne-82-cm-uslechtila-ocel-10012928>
- [21] Profi nerezový gril na sele, kýtu, krůtu, kuřata i gyros. Grilmen.cz [online]. Hradec Králové: Grilmen, 2023 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.grilmen.cz/grilovaci-kamen/eshop/13-1-Grily-pro-NAROCNE/0/5/51-Profi-nerez-gril-Jindra-na-sele-kytu-krutu-kurata-gyros>
- [22] Grilovací jehla - ráhno 20 x 20 mm se čtyřhranem 8 x 8 mm/ 1200 mm (Karel Janeček). Kyperskegrilovacisystemy.cz [online]. Praha: Mgr. Jiannis Georgiou, DiS., 2023 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.kyperskegrilovacisystemy.cz/grilovaci-jehla-rahno-20-x-20-mm-se-ctyrhranem-8-x-8-mm-1200-mm-kyperske-grilovaci-systemy-karel-janecek>

- [23] Grilovací jehla nerezová ocel 1000mm/14mm/ 2x 8mm/6x6mm - drůbež, kýta (Marcel Teplý). Kyperskegrilovacisystemy.cz [online]. Praha: Mgr. Jiannis Georgiou, DiS., 2023 [cit. 2023-04-17].  
Dostupné z: <https://www.kyperskegrilovacisystemy.cz/Grilovaci-jehla-nerezova-ocel-1000mm-14mm-2x-8mm-6x6mm-drubez-kyta-Kyperske-grilovaci-systemy-d113.htm>
- [24] Broil King sada vidlic k rožni. Zahradni-grily.com [online]. Hradec Králové: KB sport HK, spol. s r.o., 2023 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.zahradni-grily.com/zbozi-broil-king-sada-vidlic-k-rozni-detail-126243>
- [25] Grilovací jehla nerezová ocel 1000mm/10mm/6x6mm - drůbež, kýta (Marcel Teplý). Kyperskegrilovacisystemy.cz [online]. Praha: Mgr. Jiannis Georgiou, DiS., 2023 [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: <https://www.kyperskegrilovacisystemy.cz/Grilovaci-jehla-nerezova-ocel-1000mm-10mm-6x6mm-drubez-kyta-Kyperske-grilovaci-systemy-d109.htm>
- [26] MOTOR - MG - 40 KG - 2OT/MIN - 220 V - KULATINA 16. Eshop-janecek.cz [online]. Krumstín: KOVO - JANEČEK, 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <http://www.eshop-janecek.cz/motor---mg---40-kg---2ot/min---220-v>
- [27] MOTOR - UMR03 - 120 KG - 12 V. Eshop-janecek.cz [online]. Krumstín: KOVO - JANEČEK, 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <http://www.eshop-janecek.cz/motor---umr03---12v-/1621343690-133>
- [28] Grilovací motor 90W, 2,3 ot, 230V s převodovkami, na sele, prase do 60 Kg EPM. Super-naradi.cz [online]. Bílovec: SUPER-NÁŘADÍ.CZ, 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.super-naradi.cz/Grilovaci-motor-90W-2-3-ot-230V-s-prevodovkami-na-sele-prase-do-60-Kg-EPM-d1143.htm>
- [29] RÁHNO NA ROŽEŇ - 20X20 - NA MÍRU. Eshop-janecek.cz [online]. Krumstín: KOVO - JANEČEK, 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [Online]. Available: <http://www.eshop-janecek.cz/rahno-na-rozen---20x20---na-miru>
- [30] DIN EN 10088-3. Nerezové oceli - Část 3: Podmínky technického doručení pro počáteční produkty, tyče, pruty, dráty, sekce a jasné produkty odolných ocelí odolajících korozi pro obecné účely. Německo:2022, 179 s.
- [31] Ocel. Top-armyshop.cz [online]. Semily: Safety Agency, 2023 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.top-armyshop.cz/slovník-pojmu/ocel>
- [32] Vliv legujících prvků. Fabory.com [online]. Šlapanice: FABORY Czech, 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.fabory.com/cs/knowledge\\_center/technical/steel/influence\\_of\\_alloying\\_elements](https://www.fabory.com/cs/knowledge_center/technical/steel/influence_of_alloying_elements)

- [33] Elektromotor KASTE se šnekovou převodovkou 90W, 2,5 ot., 230V. Levne-elektromotory.cz [online]. Chrudim: VERAN, 2023 [cit. 2023-05-12]. <https://www.levne-elektromotory.cz/komplety-230v-jednofazove/2130-elektromotor-kaste-se-snekovou-prevodovkou-90w-25-ot-230v.html>
- [34] LEINVEBER, Jan; Pavel, VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Úvaly: Albra, 2008, XIV, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [35] Different Steel Grades and Their Designation. Vanillasteel.com [online]. Berlin: Vanilla Steel, 2022 [cit. 2023-07-03]. Dostupné z: <https://www.vanillasteel.com/content/steel-grades>
- [36] Optimal Beam Inc.. Optimal Beam [software]. 22. prosince 2017 [cit. 2023-25-07]. Dostupné z: <https://optimalbeam.com/beam-calculator.php>
- [37] ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04138-3.

## Seznam obrázků

1	Elektrický gril Weber Q1400, Dark Grey, cena 9 469 Kč s DPH [4]	5
2	Elektrický gril na kuřata E-48P, cena 219 957 Kč s DPH [5]	6
3	Plynový gril Dakota BBQ, cena 6,830 Kč s DPH [7]	6
4	Plynový gril Weber summit S-670 GBS – nerez, cena 109 990 Kč s DPH [8]	7
5	Nerezový gril na prasata s krytem 141 x 45 x 98 cm, cena 11 490 Kč [15]	8
6	GRIL se zadním topením 125 cm, cena 18 000 Kč [16]	8
7	Elektrický otočný špíz na sele XXL, cena 15 990 Kč [18]	9
8	GRIL se zadním topením 125 cm [16]	9
9	Grilovací jehla - ráhno 20 x 20 mm (Karel Janeček) [22]	10
10	Unašeč s dlouhými vidlicemi [23]	10
11	Sada vidlic pro kuře [24]	10
12	Pomocné vidlice ve dvojici [25]	10
13	Gril na sele Profi [19]	11
14	Gril na sele - s motorem - 15 kg - délka rozně: 82 cm - ušlechtilá ocel [20]	11
15	Profi nerezový gril na sele, kýtu, krůtu, kuřata i gyros, cena 85 000 Kč [21]	12
16	GRIL se zadním topením 125 cm [16]	12
17	Elektromotor 40 kg, 2 ot/min [26]	13
18	Elektromotor UMR03, 120 kg, 2 ot/min [27]	14
19	Elektromotor TECO MG90W23OT se šnekovou převodovkou [28]	14
20	Značení ocelí dle ČSN [34]	16
21	Značení ocelí třídy 17 dle ČSN [34]	17
22	Značení ocelí třídy 19 dle ČSN [34]	17
23	Palivo do grilu	18
24	Návrhový grilovací prostor ( <i>rozměry v mm</i> )	18
25	Návrh polohy vidlice, rozměry v mm	19
26	Elektromotor KASTE se šnekovou převodovkou 90W, 2,5 ot., 230V [33]	21
27	Rozměr vidlice	23
28	Nosník 1 [36]	24
29	Průběh ohybového momentu u nosníku 1 [36]	25
30	Průběh posunutí u nosníku 1 [36]	25
31	Průběh ohybového napětí u nosníku 1 [36]	25
32	Nosník 2 [36]	26
33	Průběh ohybového momentu u nosníku 2 [36]	26
34	Průběh posunutí u nosníku 2 [36]	27
35	Průběh ohybového napětí u nosníku 2 [36]	27
36	Nosník 3 [36]	28
37	Průběh ohybového momentu u nosníku 3 [36]	28
38	Průběh posunutí u nosníku 3 [36]	29
39	Průběh ohybového napětí u nosníku 3 [36]	29
40	Model vidlice	30
41	Uložení a zatížení vidlice	30
42	Průběh ohybového napětí (hypotéza HMH)	31
43	Kritické místo napětí vidlice ( $N \cdot mm^{-2}$ )	31
44	Graf ohybového napětí vidlice	32

45	Deformace vidlice (mm) . . . . .	33
46	Graf deformace vidlice . . . . .	33
47	Kontrola pera na otláčení . . . . .	34
48	Kontrola pera na stříh . . . . .	35
49	Rošt na gril . . . . .	36
50	Model grilu . . . . .	37

## Seznam tabulek

1	Chemické složení oceli X5CrNi18-10 (hmotnostní podíl v % dle DIN EN 10088-3) [30] . . . . .	23
---	---	----

## Přílohy

- Příloha 1: Rameno levé
- Příloha 2: Rameno pravé
- Příloha 3: Tyč mechanismu
- Příloha 4: Vyklápěcí mechanismus
- Příloha 5: Rameno pravé-BOM
- Příloha 6: Rameno levé-BOM
- Příloha 7: Vyklápěcí mechanismus-BOM
- Příloha 8: Konstukce
- Příloha 9: Plechová konstrukce
- Příloha 10: Bočnice
- Příloha 11: Konstrukce-BOM
- Příloha 12: Plechová konstrukce-BOM
- Příloha 13: Víko topeniště
- Příloha 14: Horní víko
- Příloha 15: Spodní víko
- Příloha 16: Vidlice
- Příloha 17: Rošt
- Příloha 18: Redukce
- Příloha 19: Víko topeniště-BOM
- Příloha 20: Horní víko-BOM
- Příloha 21: Spodní víko-BOM
- Příloha 22: Vidlice-BOM
- Příloha 23: Celková sestava grilu
- Příloha 24: Celková sestava grilu-BOM