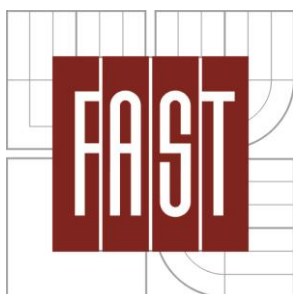


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

OCEĽOVÁ KONŠTRUKCIA LETISKOVÉHO HANGÁRU STEEL STRUCTURE OF AIRPORT HANGAR

TECHNICKÁ SPRÁVA

BAKALÁRSKA PRÁCA
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL KUBA

VEDÚCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK

BRNO 2015

Obsah

1. Základné údaje	2
2. Normatívne podklady	2
3. Dispozičné riešenie	2
4. Popis objektu	3
5. Zaťaženie objektu	4
6. Popis nosnej konštrukcie	5
6.1. Vážníky	6
6.2. Stúžidlá	7
6.3. Stĺpy	7
6.4. Detaily	7
7. Výpočet a statické riešenie	9
8. Materiály	9
9. Ochrana konštrukčných prvkov	9
10. Montáž konštrukcie	9
11. Výkaz materiálu	10
Zoznam použitých zdrojov a literatúry	11

1. Základné údaje

Obsahom práce je návrh nosnej ocelevej konštrukcie jednodňového halového objektu letiskového hangáru, určeného pre parkovanie športových lietadiel v okolí mesta Zlín. Pôdorysné rozmery objektu sú 36 x 78 m. Hlavná nosná konštrukcia je tvorená rovinnou priečnou väzbou. Priečna väzba je tvorená priehradovými väzníkmi, ktoré sú na jednej strane klbovo uložené na votknutých stĺpoch a na opačnej strane klbovo uložené na základovú konštrukciu. Hlavný nosník je tvorený z priehradových väzníkov oblúkového tvaru s konštrukčnou výškou 1,5 m, zloženého z oblúkov o 2 rôznych polomeroch. Vzdialenosť priečných väzieb je 6 m. Priestorová tuhosť je zaistená systémom pozdĺžnych a priečných stužidiel. Konštrukcia je navrhnutá ako bezväznicová. Všetky pruty ocelevej konštrukcie sú z valcovaných profilov, ktorých návrh je prevedený podľa platných noriem ČSN EN. Použitý materiál nosných prvkov je oceľ triedy S 355 prípadne S 460 (bežná oceľ).

2. Normatívne podklady

Konštrukcia je navrhnutá podľa súčasných platných noriem ČSN EN. Konkrétna špecifikácia všetkých použitých noriem je v zozname použitých zdrojov.

- ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

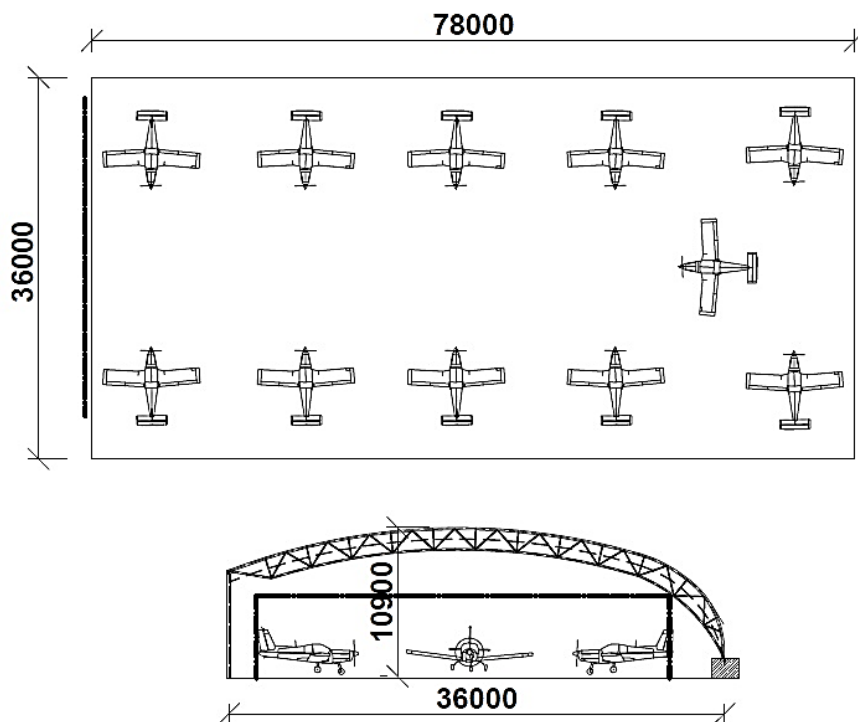
3. Dispozičné riešenie

Pôdorysné rozmery konštrukcie 36 x 78 m sú navrhnuté na základe veľkosti športových lietadiel. Konkrétne sa jedná o športové lietadlá typu Zlín. Objekt slúži prevažne ku garážovaniu a k bežnej údržbe a opravám lietadiel. Rozmery lietadiel sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Technické údaje športových lietadiel				
Druh lietadla	Dĺžka [m]	Rozpätie [m]	Výška [m]	Hmotnosť [kg]
Zlín Z-42	7,33	9,16	2,69	730
Zlín 242	6,94	9,34	2,95	730
Zlín Z-50	6,62	8,58	1,99	570
Cessna 182	8,8	11	2,8	894

Pri návrhu objektu bolo potrebné vychádzať z daných rozmerov. Rovnako bolo treba brať ohľad na požiadavky pre letiskové budovy. Tie by nemali brániť pri vzlete a pristávaní lietadiel, a tiež by mali byť čo najnižšie z dôvodu rizika nárazu lietadla do budovy. Z tohto dôvodu je navrhnutá celková výška budovy 10,9 m, pri svetlej výške 9,4 m. Tvar väzníkov je navrhnutý oblúkový, zložený z 2 polomerov.

Možné umiestnenie lietadiel je zobrazené na obrázku č. 1. Jedná sa konkrétne o typ lietadla Zlín 242, ktorý bol vybratý z dôvodu najväčších rozmerov.



Obr. 1: Schéma umiestnenia lietadiel v hangári

4. Popis objektu

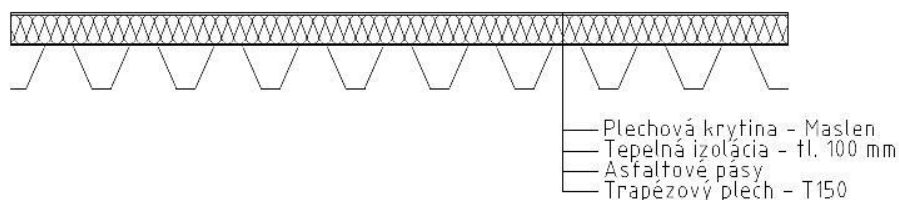
Objekt je riešený ako jednolod'ová hala s rovinnými priečnymi väzbami. Konštrukcia zastrešenia je tvorená väzníkmi s oblúkovým tvarom o 2 polomeroch. Väzníky sú na jednej strane kĺbovo uložené na votknutých stĺpoch a na opačnej strane kĺbovo uložené na základovú konštrukciu. Nosná časť opláštenia je tvorená sústavou stĺpikov, ktoré sa opierajú o horný pás väzníka v mieste styčníkov.

Hangárová brána

Na štítovej stene konštrukcie sa nachádza vratový otvor s veľkosťou 7,8 x 39,0 m. Na obr. 1 vyznačený bodkočiarkovanou čiarou. Vráta hangáru sú uvažované ako posuvné, od firmy Trido, ktoré majú samostatnú nosnú konštrukciu. Vráta sú uložené na konštrukcii v podlahe, po ktorej sa posúvajú, na hornej strane sú len vedené.

Strešný plášť

Nosnú časť strešného plášťa tvorí trapézový plech T 150 kladený kolmo na väzníky a zaoblený do príslušného polomeru. Na trapézový plech sa uložia asfaltové pásy, ktoré slúžia ako parozábrana. Tepelná izolácia je navrhnutá ako ochrana proti kondenzácii vodných pár, o celkovej hrúbke 100 mm. Na tepelnú izoláciu je kladená strešná krytina, ktorá je tvorená systémom falcovaných plechov typu Maslen.



Stenový plášť

Stenový plášť obvodovej steny a štítových stien je tvorený rovnakým systémom ako strešný plášť. Plášť je pripevnený na stĺpiky a stĺpy pomocou skrutiek.

5. Zaťaženie objektu

Výpočet zaťaženia bol prevedený podľa normy ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí. Stavba sa nachádza v blízkosti mesta Zlín. Klimatické zaťaženia bolo stanovené podľa príslušných máp. Z hľadiska klimatického zaťaženia snehom spadá lokalita Zlín podľa snehovej mapy Českej republiky do oblasti III. Charakteristická hodnota zaťaženia snehom na zemi pre oblasť III je $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$. Z hľadiska klimatického zaťaženia spadá lokalita Zlín podľa mapy veterných oblastí Českej republiky do oblasti I. Východzia základná rýchlosť vetra v oblasti I je $v_{b0} = 22,5 \text{ m/s}$. Kategóriu terénu v okolí uvažujeme č. I (jazero alebo plochá krajina bez prekážok).

Konštrukcia bola zaťažená 15 zaťažovacími stavmi:

Stále zaťaženie:

ZS1 – Vlastná tiaž

ZS2 – Ostatné stále zaťaženie

Premenné zaťaženie:

ZS3 – Sneh plný

ZS4 – Sneh naviaty do stredy - P

ZS5 – Sneh naviaty do stredy – L

ZS6 – Sneh naviaty na pravú stranu

ZS7 – Sneh naviaty na ľavú stranu

ZS8 – Vietor priečny z ľava

ZS9 – Vietor priečny z prava

ZS10 – Vietor priečny z ľava + vnútorný podtlak

ZS11 – Vietor priečny z prava + vnútorný podtlak

ZS12 – Vietor pozdĺžny

ZS13 – Vietor pozdĺžny + podtlak

ZS14 – Vietor pozdĺžny + pretlak

ZS15 – Užité zaťaženie

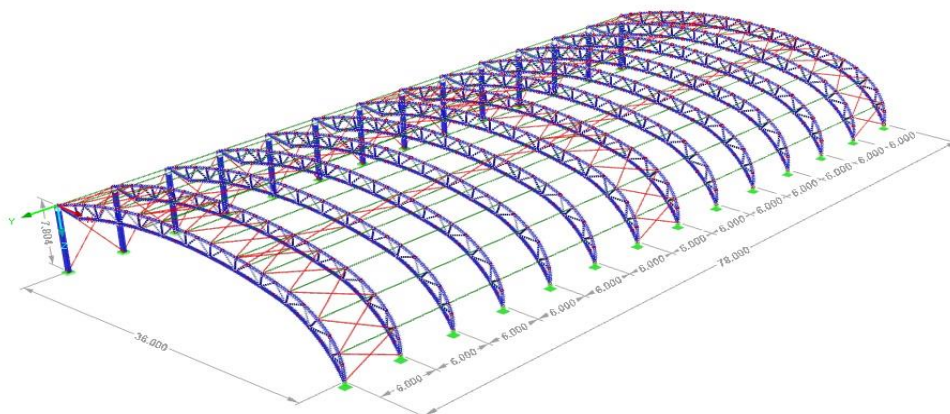
Kombinácie zaťažovacích stavov pre medzný stav únosnosti sú vypočítané podľa kombinačnej rovnice 6.10. uvedenej v ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí.

Kombinácie zaťažovacích stavov pre medzný stav použiteľnosti sú vypočítané podľa kombinačnej rovnice 6.14b (charakteristická kombinácia zaťaženia).

6. Popis nosnej konštrukcie

Hlavná nosná konštrukcia je tvorená 14 priehradovými väzníkmi oblúkového tvaru s konštrukčnou výškou 1,5 m, zloženého z oblúkov o 2 rôznych polomeroch. Vzďialenosť priečných väzieb je 6 m. Podpory väzníka sú uvažované ako kĺbové neposuvné. Na jednej strane je väzník uložený priamo na základovú konštrukciu, na opačnej strane kĺbovo uložený na votknutý stĺp.

V krajných poliach medzi väzníkmi a v strede konštrukcie je prevedené priečne stuženie pomocou ťahadlového systému Macallay. Priečne stuženie zaisťuje priestorovú tuhosť konštrukcie a preberá pozdĺžne účinky zaťaženia. Priestorová tuhosť a geometria konštrukcie je tiež zaisťovaná systémom pozdĺžnych stužidiel (vrcholových a stenových).



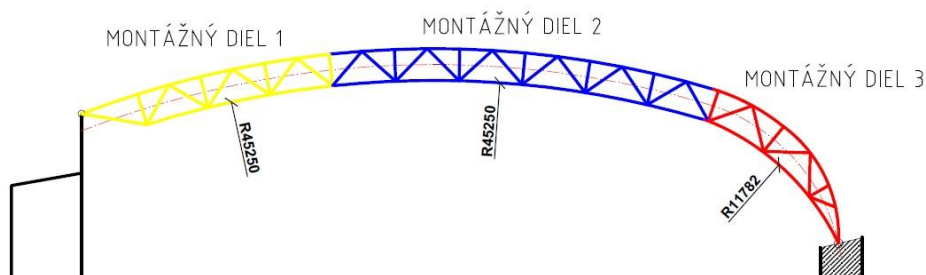
Obr. 2: Schéma nosného systému konštrukcie

6.1. Vážníky

Priehradový vážník je zložený z horného pásu, dolného pásu a výplňovými prútmi (diagonály a zvislice). Z dôvodu prepravy na stavenisko, je vážník rozdelený na 3 montážne diely o približnej dĺžke 12 m. Medzi dielmi vážníka je navrhnuté zvarové spojenie. Z ekonomických dôvodov sú prúty v jednotlivých montážnych dieloch odlišných dimenzií.

Profily:

HP montážneho dielu 1:	TR 219,1 x 6,3
HP montážneho dielu 2:	TR 219,1 x 6,3
HP montážneho dielu 3:	TR 219,1 x 5,0
SP montážneho dielu 1:	TR 193,7 x 8,0
SP montážneho dielu 2:	TR 219,1 x 8,0
SP montážneho dielu 3:	TR 244,5 x 10,0
Diagonály montážneho dielu 1:	TR 76,1 x 5,0
Diagonály montážneho dielu 2:	TR 76,1 x 5,0
Diagonály montážneho dielu 3:	TR 76,1 x 4,0
Zvislice montážneho dielu 1:	TR 33,7 x 4,0
Zvislice montážneho dielu 2:	TR 33,7 x 4,0
Zvislice montážneho dielu 3:	TR 33,7 x 4,0



Obr. 3: Rozdelenia vážníka na montážne celky

Diagonály a zvislice smerujú do teoretických styčníc a k pásom sú privarené kútovým zvarom po celom obvode profilu. Medzi montážnym spojom dolného pásu je z dôvodu zmeny profilu vložený prechodový dielec ktorý je pripevnený k prútom tupým V zvarom. Koniec dolného pásu montážneho dielu 3 je uzavretý privareným plechom o hrúbke 16 mm. Na tento plech sú tupým zvarom privarené 2 plechy o hrúbke 20 mm, ktorú sú súčasťou čapového spoja uloženia väzníka k základovej konštrukcii. V mieste styku horného a dolného pásu v montážnom diele 3 je HP privarený k DP tupým $\frac{1}{2}$ V zvarom. Koniec horného pásu montážneho dielu 1 je uzavretý privareným plechom o hrúbke 8 mm. Na spodný okraj profilu horného pásu, sú pripevnené 2 plechy, ktoré sú súčasťou čapového spoja uloženia väzníka na stĺp. DP je k HP privarený tupým $\frac{1}{2}$ V zvarom.

6.2. Stúžidlá

Priečne stužidlo bolo navrhnuté ako ťahadlový systém od firmy Macalloy. Jedná sa o systém konštrukčných ťahadiel z ocelí triedy S460. Konkrétne bol zvolený profil M30. Prúty stužidiel sú pomocou čapového spoja a styčnícových plechov pripevnené k prútom horného pásu väzníka pomocou kútových zvarov.

Vrcholové pozdĺžne stužidlá boli navrhnuté z profilov TR 60,3 x 4,0 z ocele S 355. Stúžidlá sú pomocou styčnícových plechov pripevnené k pásom väzníka.

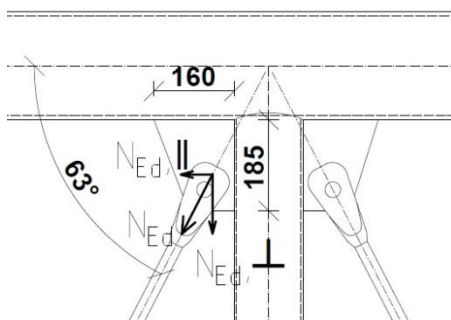
Stenové stužidlo je navrhnuté TR 88,9 x 4,0 z ocele S 355.

6.3. Stĺpy

Stĺpy nosnej konštrukcie sú z válcovaných profilov HEM 600 a navrhnuté ako votknuté. Výška stĺpov je 7,8m. Na stĺpy je pomocou čapového spoja priamo uložený priehradový väzník. Stĺp je kotvený pomocou votknutej pätky, ktorá je tvorená pätkovým plechom hrúbky 60 mm. V pätky boli navrhnuté pozdĺžne výstuhy z profilu UPE 400. Ku kotveniu boli použité kotviace skrutky M 64 x 4. Kotviaci priečník pozostáva z 2 profilov UPE 220.

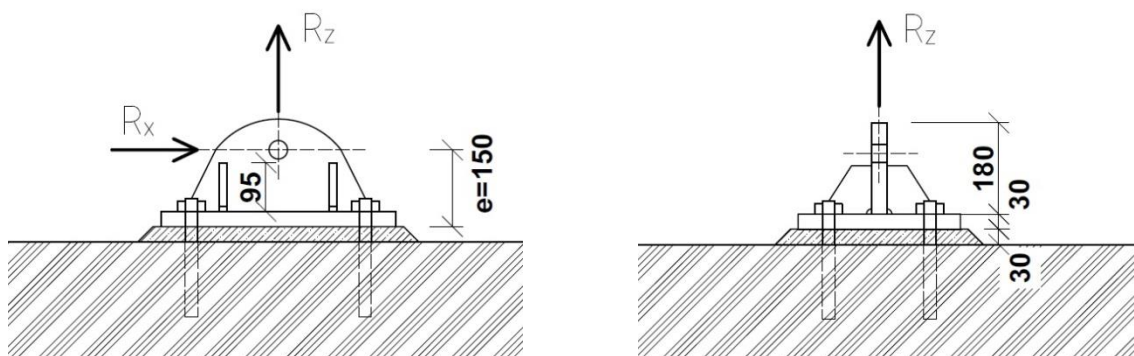
6.4. Detaily

Pripojenie styčnícových plechov je prevedené kútovými zvarmi.

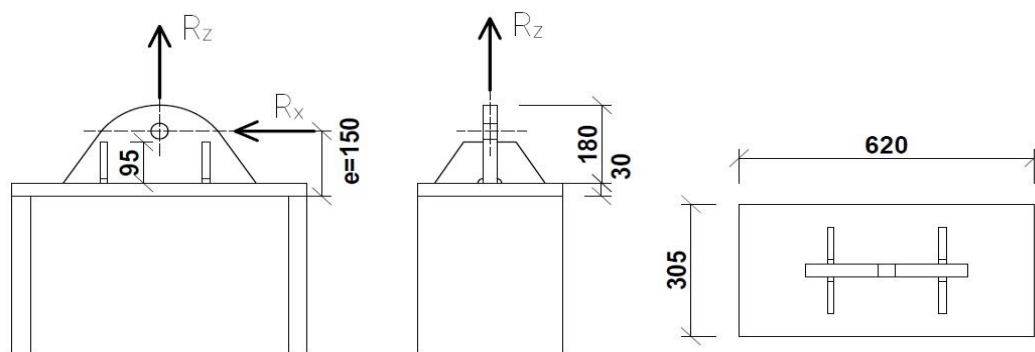


Obr. 4: Pripoj priečného stužidla

Kotvenie väzníka je tvorené pätkovou doskou hrúbky 30 mm, ktorá je priamo uložená na cementovom podliatí. Kolmo na dosku je kútoým zvarom privarený plech hrúbky 30 mm, ktorý slúži ako hlavný prvok čapového spojenia. Plech je vystužený kolmými výstuhami o hrúbke 15 mm. Všetky prvky čapového spoja sú z ocele S355. Kotviace skrutky boli navrhnuté FISCHER RG M 24 x 300. Samotný čap je z profilu Ø 34 mm z ocele S 890.



Uloženia väzníka na stĺp je riešené pomocou čapového spoja. Na stĺp profilu HEM 600 je kútoými zvarmi privarený plech o hrúbke 30 mm. Na dosku je privarený pomocou kútoých zvarov plech hrúbky 30 mm. Plech je vystužený kolmými výstuhami o hrúbke 15 mm. Všetky prvky čapového spoja sú z ocele S355. Samotný čap je z profilu Ø 28 mm z ocele S 890.



7. Výpočet a statické riešenie

Samotný výpočet vnútorných síl v jednotlivých častiach konštrukcie bol prevedený v programe RFEM 5. Zaťaženie vychádzalo zo všetkých zaťažovacích stavov a pravidiel pre tvorbu kombinácií. V programe bol prevedený lineárny výpočet metódou konečných prvkov. Jednotlivé prvky boli posudzované ručným výpočtom pomocou programu MS EXCEL.

8. Materiály

Všetky prvky konštrukcie boli navrhnuté z ocele S 355, s výnimkou ťahadlového systému (priečne stužidlá) z ocele S 460. Materiál zvarových spojov sa riadi podľa najvyššej pevnostnej triedy spojovaných prvkov. Kotviace skrutky FISCHER RG M 24 sú akostnej triedy 8.8. Čapy pre kotvenie väzníka na stĺp a základovú konštrukciu sú navrhnuté z vysokopevnostnej ocele triedy S 890.

9. Ochrana konštrukčných prvkov

Ochrana konštrukcie bude prevedená ošetrením pomocou antikorózných náterov. Na základnú vrstvu bude použitý živичný náter s antikoróznym pigmentom. Na medzivrstvu bude použitý živичný náter. V ďalšej vrstve bude nanesený dvojvrstvový lak na bázy epoxidovej živice s antikoróznym pigmentom.

10. Montáž konštrukcie

- Osadenie svorníkov do základovej konštrukcie.
- Podliatie oceľových pätiiek cementovou maltou.
- Upevnenie oceľových pätiiek.
- Vztýčenie stĺpov a ukotvenie stĺpov do pätiiek
- Zmontovanie väzníkov do konštrukčného celku
- Vztýčenie krajných väzníkov a pripojenie k stĺpu a následne ku kotveniu do základovej konštrukcie.
- Pripojenie medziväzníkových prútov a montáž ostatných nasledujúcich väzníkov.
- Osadenie stužidiel a nosného systému opláštenia a strešného plášťa.
- Ostatné stavebné práce – izolácie, podlahy, strešný plášť.

11. Výkaz materiálu

Výkaz materiálu je získaný pomocou programu RFEM 5. Týka sa nosných častí konštrukcie a slúži k orientačnej predstave o hmotnosti a ploche konštrukcie.

Celková hmotnosť konštrukcie: 101 134,6 kg

Povrch konštrukcie: 4570,64 m²

Povrch konštrukčných prvkov: 1914,55 m²

Prvok	Prierez	Dĺžka	Hmotnosť		Povrch	Materiál
		[m]	[kg/m]	[kg]	[m ²]	Oceľ
HP - Diel 1	TR 219,1 x 6,3	169,50	33,10	5610,45	116,62	S355
HP - Diel 2	TR 219,1 x 6,3	261,00	33,10	8639,10	179,57	S355
HP - Diel 3	TR 219,1 x 5,0	138,56	26,40	3658,98	84,32	S355
SP - Diel 1	TR 193,7 x 8,0	191,00	36,60	6990,60	116,32	S355
SP - Diel 2	TR 219,1 x 8,0	231,00	41,70	9632,70	158,93	S355
SP - Diel 3	TR 244,5 x 10,0	121,10	57,80	6999,58	93,02	S355
D - Diel 1	TR 76,1 x 5,0	209,62	8,77	1838,37	50,11	S355
D - Diel 2	TR 76,1 x 5,0	329,41	8,77	2888,93	78,73	S355
D - Diel 3	TR 76,1 x 4,0	141,27	7,11	1004,43	55,10	S355
Z - Diel 1	TR 33,7 x 4,0	84,00	2,93	246,12	8,89	S355
Z - Diel2	TR 33,7 x 4,0	105,00	2,93	307,65	11,13	S355
Z - Diel 3	TR 33,7 x 4,0	57,48	2,93	168,42	6,09	S355
Medziväzníkové prúty	TR 139,7 x 4,0	1170,00	13,40	15678,00	513,49	S355
Sužidlo priečne	M30: d=28	527,65	4,83	2548,55	46,41	S460
Stužidlo pozdĺžne	TR 60,3 x 4,0	346,36	5,55	1922,30	110,55	S355
Stužidlo stenové	TR 88,9 x 4,0	59,06	8,38	494,92	28,28	S355
Stĺpy	HEM 600	109,26	285,00	31139,10	256,98	S355

Zoznam použitých zdrojov a literatúry

Literatúra

FERJENČÍK, P. a kol. *Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť*. 1. vyd., Bratislava: ALFA, 1986. 616s.

BUJŇÁK, J., VIČAN, J. *Navrhovanie ocelových konštrukcií*. 1. vyd., Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2012. 191s. ISBN 978-80-554-0529-2

STUDNIČKA, J. *Ocelové konstrukce 1*. 1. vyd., Praha: Vydavatelství ČVUT, 2013. 154s. ISBN 978-80-01-04800-9

VRANÝ, T., ELIÁŠOVÁ, M., JANDERA, M., *Ocelové konstrukce 2 - Cvičení*. 2. vyd., Praha: Vydavatelství ČVUT, 2013. 149s. ISBN 978-80-01-04368-4

STUDNIČKA, J., HOLICKÝ, M., MARKOVÁ, J., *Ocelové konstrukce 2 - Zatížení*. 1. vyd., Praha: Vydavatelství ČVUT, 2007. 138s. ISBN 978-80-01-03768-3

STUDNIČKA, J. *Ocelové konstrukce - Normy*. 1. vyd., Praha: Vydavatelství ČVUT, 2011. 55s. ISBN 978-80-01-03930-4

MIKULÁŠ, M., OLÁH, J., MIKULÁŠOVÁ, D. *Kreslenie stavebných konštrukcií*. 4. vyd., Bratislava: JAGA, 2011. 214s. ISBN 978-80-8076-088-5

Normy

ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004, 76.s

ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44s.

ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 52s.

ČSN EN 1993-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 124s.

ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96s.

ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování stýčníků*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 128s.

ČSN 01 3483. *Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, červen 1986. 44s.

ČSN EN ISO 2561. *Technické výkresy – Zjednodušené označování tyčí a profilů*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2000. 12s.

Internetové zdroje

FERONA, a.s. *Ferona, a.s. – Velkoobchod s hutním materiálem* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.ferona.cz/>

FISCHER. *Fischer – upevňovací systémy* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.fischer-cz.cz/>

TENSION SYSTEMS. *Systém konstrukčních táhel Macalloy* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.tension.cz/>

TRIDO. *Automatické dveře a brány - Hangárové brány* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.trido.sk/>

CIVIL ENGINEERING. *Long-span framing* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.civilengineeringx.com/>

MASLEN. *Plechové strechy – Falcovaná krytina* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.maslen.sk/>

SATJAM. *Plechové střechy – Trapézové plechy* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.maslen.sk/>

MACHÁČEK, J. *Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc.* [online]. ©2012 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://people.fsv.cvut.cz/www/machacek/>

RÖDER, V. *Spoje ocelových konstrukcí* [online]. ©2010 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.ocel.wz.cz/>

KAISER,P. – VOKATÝ, T. *Čítanka výkresů ocelových konstrukcí* [online]. ©2006 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.citankaok.wz.cz/>

HRŮZA, J. *OCELÁŘ.cz - ocelářské tabulky* [online]. ©2010 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z : <http://www.steelcalc.com/cs/>