

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Marko Božanović
12043940

Slavonski Brod, 2011.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Marko Božanović
12043940

Voditelj diplomskog rada:
doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Slavonski Brod, 2011.

I. AUTOR

Ime i prezime: Marko Božanović

Mjesto i datum rođenja: Zagreb, 15. 04. 1985.

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Datum završetka nastave:

Sadašnje zaposlenje:

II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Oblikovanje visokotlačnog separatora naftnog postrojenja

Broj stranica: 58 slika: 49 tablica: 6 priloga: 2 bibliografskih podataka: 9

Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen: **STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

Postignut akademski naslov: **diplomirani inženjer strojarstva**

Voditelj rada: doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Obranjeno na **Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu**

Oznaka i redni broj rada: _____

III. OCJENA I OBRANA

Datum preuzimanja zadatka: 25.10.2010.

Datum predaje rada: _____

Datum obrane rada: _____

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog
rada prema kojim je rad obranjen:

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
STROJARSKI FAKULTET
U SLAVONSKOM BRODU
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2

**Povjerenstvo za diplomске ispite
sveučilišnog dodiplomskog studija**
U Slavonskom Brodu, 25. 10. 2010. god.

DIPLOMSKI ZADATAK

Pristupnik: MARKO BOŽANOVIĆ

Zadatak: Prikazati postupak projektiranja visokotlačnog separatora
naftnog postrojenja

Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:

1. Pojasniti svrhu i rad visokotlačnog separatora
2. Obrazložiti odabir softvera za projektiranje
3. Pojasniti slijed aktivnosti projektiranja separatora
4. Prikazati postupak projektiranja prostornog modela separatora
5. Prikazati postupak pripreme izvedbene tehničke dokumentacije
6. Analizirati i diskutirati posebnosti postupka projektiranja separatora

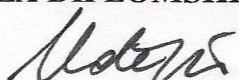
U diplomskom se radu treba obvezno pridržavati **Uputa za izradu diplomskog rada.**

Zadatak uručen pristupniku: 25. 10. 2010.

Rok predaje diplomskog rada: 04. 01. 2011.

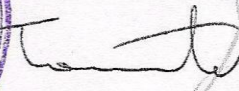
Datum predaje diplomskog rada: _____

**PREDSJEDNIK POVJERENSTVA
ZA DIPLOMSKE ISPITE:**


prof.dr.sc. Franjo Matejiček



ZADATAK ZADAIO:


doc.dr.sc. Tomislav Galeta

Digitally signed by Tomislav Galeta
DN: cn=Tomislav Galeta, o=Mechanical
Engineering Faculty, ou=Department of
Industrial Engineering,
email=tgaleta@sfsb.hr.hr, c=HR
Date: 2010.10.25 10:00:06 +02'00'

IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, koristeći se vlastitim znanjem i navedenom literaturom.

U radu su mi savjetima i uputama pomogli doc. dr. sc. Tomislav Galeta i Bojan Jurakić dipl. ing. stroj. te im iskreno zahvaljujem.

Također zahvaljujem svojoj obitelji na potpori tijekom studiranja.

Zahvaljujem se tvrtci ARTES-INŽENJERING d.o.o. iz Slavonskog Broda što mi je omogućila pristup podacima projekta Jihar Faza 2, potrebnih za izradu diplomskog rada.

SAŽETAK

U diplomskom radu je opisan postupak izrade prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije za proizvodnju visokotlačnog separatora na projektu postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji.

Kao podloga za izradu prostornog modela iz kojeg je kasnije dobivena i izvedbena tehnička dokumentacija za izradu separatora, poslužili su osnovni podatci o separatoru (dimenzije, pozicije i dimenzije priključaka, materijal) dobiveni od izvođača baznog projekta.

Alati koji su korišteni u izradi prostornog modela kao i izvedbene tehničke dokumentacije separatora su osim inženjerske dosjetljivosti i specijalizirani računalni programi: Autodesk Inventor za trodimenzionalno parametarsko oblikovanje posude; Autodesk AutoCAD i programi za dodatnu obradu crteža i podataka: Autodesk Design Review; Microsoft Office Word i Excel; Autodesk Vault. U alate korištene prilikom izrade prostornog modela visokotlačnog separatora i izvedbene tehničke dokumentacije ubrajamo i komunikacijske alate: elektronska pošta, internet telefonija (program Skype) i klasična telefonija.

Izvedbena tehnička dokumentacija se sastoji od detaljno razrađenih crteža svih komponenata od kojih se separator sastoji, kao i detaljno razrađenih sklopnih crteža separatora u cjelini.

Ključne riječi: separator, prostorni model, izvedbena tehnička dokumentacija, Inventor, AutoCAD

SADRŽAJ

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

1	UVOD	1
1.1	PROJEKT JIHAR FAZA 2	1
2	SEPARATORI	4
2.1	PODJELA SEPARATORA.....	4
2.1.1	<i>Vodoravni separator</i>	<i>7</i>
2.2	SEPARACIJA	8
2.2.1	<i>Postupak separacije</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Čimbenici koji utječu na proces separacije</i>	<i>9</i>
3	SLIJED AKTIVNOSTI PROJEKTIRANJA SEPARATORA.....	10
3.1	PRISTUP I SPOSOBNOST PROJEKTANTA	11
3.2	ULAZNA DOKUMENTACIJA	11
3.2.1	<i>Bazni projekt</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Ulazni standardi – interni standardi.....</i>	<i>19</i>
3.2.3	<i>Zahtjevi investitora</i>	<i>20</i>
3.3	TEHNIČKI STANDARDI	20
3.3.1	<i>Primjeri korištenih standarda</i>	<i>21</i>
3.4	ALATI.....	23
3.4.1	<i>Autodesk Inventor.....</i>	<i>23</i>
3.4.2	<i>Autodesk Vault</i>	<i>25</i>
3.4.3	<i>Autodesk AutoCAD</i>	<i>25</i>
3.4.4	<i>Autodesk Design Review</i>	<i>26</i>
3.4.5	<i>Pomoćni alati</i>	<i>27</i>
4	PROSTORNI MODEL VISOKOTLAČNOG SEPARATORA	28
4.1	DEFINIRANJE PROJEKTA UNUTAR AUTODESK INVENTOR-A	28
4.2	IZRADA POJEDINOG DIJELA.....	28
4.2.1	<i>Izrada skice za generiranje prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>Izrada prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora</i>	<i>31</i>
4.2.3	<i>Radna ravnina</i>	<i>33</i>
4.2.4	<i>Stablo ili pregledna traka</i>	<i>33</i>

4.2.5	<i>Parametri</i>	34
4.3	SASTAVLJANJE SKLOPA VISOKOTLAČNOG SEPARATORA	35
4.3.1	<i>Dodavanje pojedinih dijelova ili sklopova</i>	36
4.3.2	<i>Baza standardnih dijelova</i>	36
4.3.3	<i>Povezivanje dijelova i sklopova u jedan sklop</i>	38
4.3.4	<i>Stablo ili pregledna traka sklopa</i>	39
5	IZVEDBENA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA VISOKOTLAČNOG SEPARATORA	40
5.1	IZVEDBENA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA U AUTODESK INVENTOR-U	40
5.1.1	<i>Kreiranje baznog pogleda</i>	41
5.1.2	<i>Generiranje projekcija</i>	42
5.1.3	<i>Generiranje dimenzija visokotlačnog separatora</i>	43
5.1.4	<i>Definiranje specifikacije pojedinih dijelova visokotlačnog separatora</i>	44
5.1.5	<i>Izgled izvedbene tehničke dokumentacije napravljene u Inventor-u</i>	45
5.2	IZVEDBENA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA U AUTODESK AUTOCAD-U	46
5.2.1	<i>Implementiranje zaglavlja u AutoCAD izvedbenu tehničku dokumentaciju</i>	47
5.3	KONTROLA IZVEDBENE TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	48
5.4	REVIZIJE	48
6	ZAKLJUČAK	51
7	LITERATURA	52
PRILOZI		53

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

<i>A</i>	oznaka priključka
<i>L2A</i>	oznaka priključka
<i>N.D.</i>	nazivni promjer (engl. Nominal Diameter), mm
<i>WN</i>	tip prirubnice (engl. Welding Neck)
<i>LWN</i>	tip prirubnice (engl. Long Welding Neck)
<i>RF</i>	uzdignuto lice prirubnice (engl. Raised Face)
<i>THK</i>	debljina stjenke (engl. Thickness), mm
<i>R. PAD</i>	prstenasti lim (engl. Reinforcement Pad)
<i>OR.</i>	pozicija priključka (engl. Orientation)
<i>I.D.</i>	unutarnji promjer (engl. Inside Diameter), mm
<i>B</i>	tip sedla
<i>REF. LINE</i>	referentna crta (engl. Referent Line)
<i>T.L.</i>	tangentna crta (engl. Tangent Line)
<i>W.L.</i>	crta zavarivanja (engl. Welding Line)
<i>O.D.</i>	vanjski promjer (engl. Outside Diameter), mm
<i>SCH</i>	oznaka za debljinu stjenke cijevi/prirubnice (engl. Schedule)
<i>NPS</i>	promjer cijevi (engl. Nominal Pipe Size), in
<i>DN</i>	nazivni promjer (engl. Diameter Nominal), mm
<i>IPT</i>	Inventor-ova datoteka dijela (engl. Inventor Part File)
<i>IAM</i>	Inventor-ova datoteka sklopa (engl. Inventor Assembly File)
<i>IDW</i>	Inventor-ova datoteka crteža (engl. Inventor 2D Detail Drawing File)
<i>DWG</i>	AutoCAD/Inventor datoteka crteža (engl. Drawing)
<i>IPN</i>	Inventor-ova datoteka prezentacije (engl. Inventor Presentation File)

1 UVOD

U diplomskom radu je obrađen dio projekta u kojemu sam osobno bio izravno uključen, a koji se odnosi na izradu izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji, čiji je dio i izrada izvedbenog projekta visokotlačnog separatora naftnog postrojenja.

Visokotlačni separator predstavlja ključni dio postrojenja za preradu nafte i plina, jer se u njemu obavlja separacija odnosno odvajanje poželjnih produkata nafte i plina od neželjenog produkta vode. Rad na izvedbenom projektu visokotlačnog separatora je odgovoran posao, jer u slučaju pogreške može doći do smanjenja kapaciteta proizvodnje cijelog postrojenja.

Projektiranje izvedbenog projekta visokotlačnog separatora tek je jedna aktivnost u procesu projektiranja visokotlačnog separatora koji se sastoji od slijeda aktivnosti. Slijed aktivnost započinje ispitivanjem radnih uvjeta u kojima će visokotlačni separator raditi, a završava puštanjem visokotlačnog separatora u rad.

Radi brze i kvalitetne realizacije izvedbenog projekta visokotlačnog separatora korišten je osnovni alat odnosno program za prostorno modeliranje Inventor, tvrtke Autodesk. U Inventor-u je napravljen prostorni model visokotlačnog separatora kao i izvedbena tehnička dokumentacija koja je dorađivana u programu AutoCAD tvrtke Autodesk.

Tokom izrade prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije visokotlačnog separatora vršene su revizije, primjerice promjene priključaka na visokotlačnom separatoru, što je projektiranje činilo zanimljivim. Revizije su izravno utjecale na upoznavanje s mogućnostima Inventor-a jer je bila potrebna brza i kvalitetna promjena parametara visokotlačnog separatora kako u izradi prostornog modela tako i u izradi izvedbene tehničke dokumentacije. Zbog brojnih revizija potrebno je i kvalitetno praćenje promjena što nam je omogućila primjena novog alata, programa Vault tvrtke Autodesk, kao i korištenje komunikacijskih alata primjerice Skype koji su doprinijeli ubrzanju razmjene informacija odnosno novonastalih stanja tokom projektiranja.

Prilikom rada na projektu timski rad je bio vrlo bitna karika u postupku projektiranja jer se razmjenom znanja i pomaganjem kod upoznavanja s novim alatima za rad znatno ubrzao proces projektiranja. Sudjelovanje u realizaciji projekta izravno je utjecalo na proširivanje vlastitog znanja kako o radu u novim alatima tako i s posebnostima vezanim za visokotlačne separatore kao primjerice standardi koji se primjenjuju i tok postupka projektiranja istih.

1.1 Projekt Jihar Faza 2

U današnje vrijeme je sve veća potreba za energentima pa sukladno s tim potreba je i za novim postrojenjima koja će zadovoljiti potražnju za energentima. Zbog tog razloga danas imamo masovno crpljenje naftne rude i izgradnju postrojenja za preradu nafte i plina (plina budući da nastaje kao produkt prerade sirove nafte) diljem svijeta. Zbog velike potražnje tržišta postrojenja je potrebno izgraditi u što je moguće kraćem roku uz odgovarajuću kvalitetu kako bi se što prije mogao ostvarivati profit. Ovi zahtjevi predstavljaju za projektante veliki zadatak na koji mogu

odgovoriti jedino uz vlastito znanje spojeno s korištenjem raznih odgovarajućih alata koji će im olakšati brzu i kvalitetnu realizaciju projekta na zadovoljstvo investitora.

Jedan od takvih zahtjeva i izazova bio je i izrada postrojenja za preradu nafte i plina Jihar Faza 2 koje je smješteno u Siriji, izgrađeno i pušteno u pogon 2008/2009. godine. Specifičnost rada na ovom projektu su kratki rokovi za izradu postrojenja kako ne bi propala koncesija na eksploatiranje nafte i plina dotične tvrtke, te je cijeli projekt od baznog projekta do funkcioniranja postrojenja trebalo ostvariti u približno 12 mjeseci. Kako bi se sve napravilo u zadanim rokovima bilo je potrebno primijeniti uz iskusne projektante, odličnu timsku suradnju svih subjekata uključenih u projekt i nove tehnologije koje znatno unapređuju, ubrzavaju, podižu kvalitetu rada i olakšavaju proces projektiranja takvog postrojenja.

Budući da je Jihar Faza 2 veliki projekt u njegovoj realizaciji sudjelovalo je niz specijaliziranih subjekata (tvrtki) koji su komunicirajući s drugim odrađivali svaki svoj dio projekta i na taj način doprinijeli kvalitetnoj i brznoj realizaciji projekta. Na taj način projekt je bio podijeljen na aktivnosti kao izrada bazne dokumentacije, izrada izvedbenog projekta, stres analize, tlačne probe posuda, i sl.

Svrha projekta Jihar Faza 2 je projektiranje (Slika 1.1), izgradnja i početak proizvodnje postrojenja za obradu sirove nafte i plina.

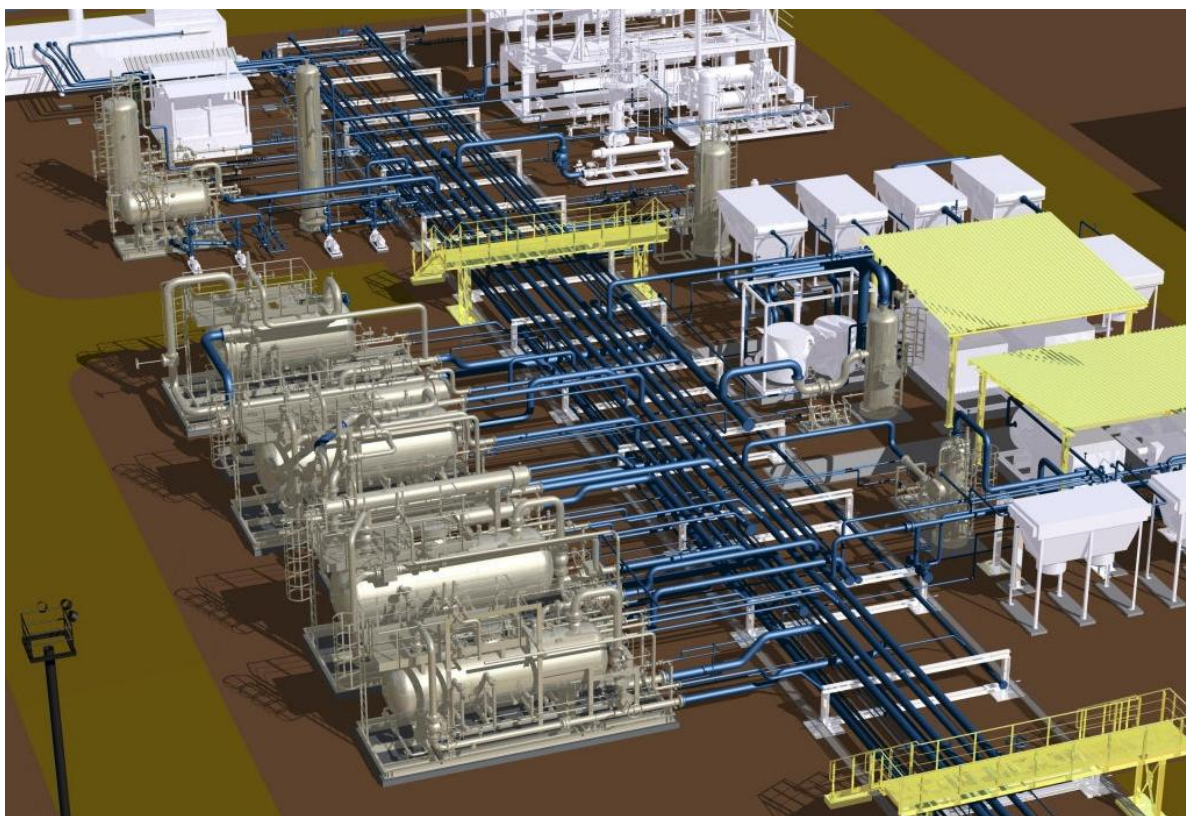
Postrojenje Jihar Faza 2 (Slika 1.2) je projektirano za maksimalni kapacitet tretiranog plina od 689.700 Sm³/dan uz zadovoljavanje tražene kvalitete i za maksimalni kapacitet tretirane nafte od 6.960 barela dnevno. Postrojenje je smješteno gotovo u središtu Sirije, u blizini grada Palmire, na površini od 9.360 m². Sirovina u postrojenje dolazi iz više bušotinskih izvora:

- Jihar 2 (Jih-2),
- Jihar 6 (Jih-6),
- Jihar 8 (Jih-8),
- Jazal 1,2 (Jaz-1,2).

Uz postojeće izvore, na postrojenju je predviđen i dodatni ulaz za buduću uporabu. [1]

Proizvedeni plin, kondenzat i nafta moraju biti tretirani prije slanja na izlazni cjevovod. U postrojenju se odvija separacija mješavine plina, nafte i kondenzata koja dolazi s gore navedenih izvora. Separacija se vrši kroz separatore kojih ima ukupno četiri, za visoki, srednji i niski tlak te jedan za testiranje i zamjenu u radu. Osim separatora postrojenje se sastoji i od kompresora, izmjenjivača, kotlovnice, spremnika za vodu i drenažnog sustava, sušare i mjerne stanice. Postrojenje je također spojeno na baklju. [2]

Visokotlačni separator čini jedan mali, ali bitan segment postrojenja za obradu sirove nafte i plina.



Slika 1.1 Prostorni model postrojenja Jihar Faza 2 u Siriji



Slika 1.2 Postrojenje Jihar Faza 2 u Siriji

2 SEPARATORI

Separatori korišteni u naftnim postrojenjima su čelične posude pod određenim tlakom. Mogu biti smješteni na bušotini, mjernoj ili sabirnoj stanici gdje se vrši prihvat i obrada smjese na plinovitu i kapljevitu fazu. Tip separatora koji će se koristiti ovisi ponajprije o svojstvima i količini smjese, te radnom tlaku. U postupku odabira separatora treba uzeti u obzir i buduće promjene svojstava proizvedenog fluida, da bi se u kasnijoj fazi proizvodnje izbjegli problemi u radu separatora i mogući dodatni troškovi. Zapjenjenost i korozivnost smjese koja ulazi u separator, tip protjecanja i sadržaj pijeska također su parametri koji određuju tip separatora ili elemente koji se u njega ugrađuju. Kako će u konačnosti izgledati separator ovisi i o dostupnim financijskim sredstvima te prostoru za smještaj. Prema tome, idealan separator ne postoji već kroz postupak odabira treba na temelju poznatih parametara pronaći optimalno rješenje. [3]

Bez obzira na izgled, tip ili konstrukciju, svi bi separatori trebali omogućavati sljedeće:

- dostatno zadržavanje kapljevine radi postizanja fazne ravnoteže (od 3 do 30 minuta);
- visoku djelotvornost separacije;
- neprekidnost i pouzdanost procesa;
- dovoljnu propusnu moć, tako da na postrojenju ne dolazi do stvaranja „uskog grla“;
- jednostavnu implementaciju automatske regulacije procesa;
- jednostavno održavanje i mogućnost naknadne ugradnje ili izmjene elemenata unutar separatora. [3]

Separatori nafte i plina predstavljaju ključni dio postrojenja za proizvodnju i pripremu nafte i plina za transport na naftnim poljima.

2.1 Podjela separatora

Da bi se maksimalno prilagodili specifičnim uvjetima na koje se nailazilo u praksi, kroz povijest su se razvili brojni tipovi separatora odnosno njihove modifikacije. Postoji više podjela separatora: prema obliku, radnom tlaku i funkciji.

Prema obliku separatori se dijele na:

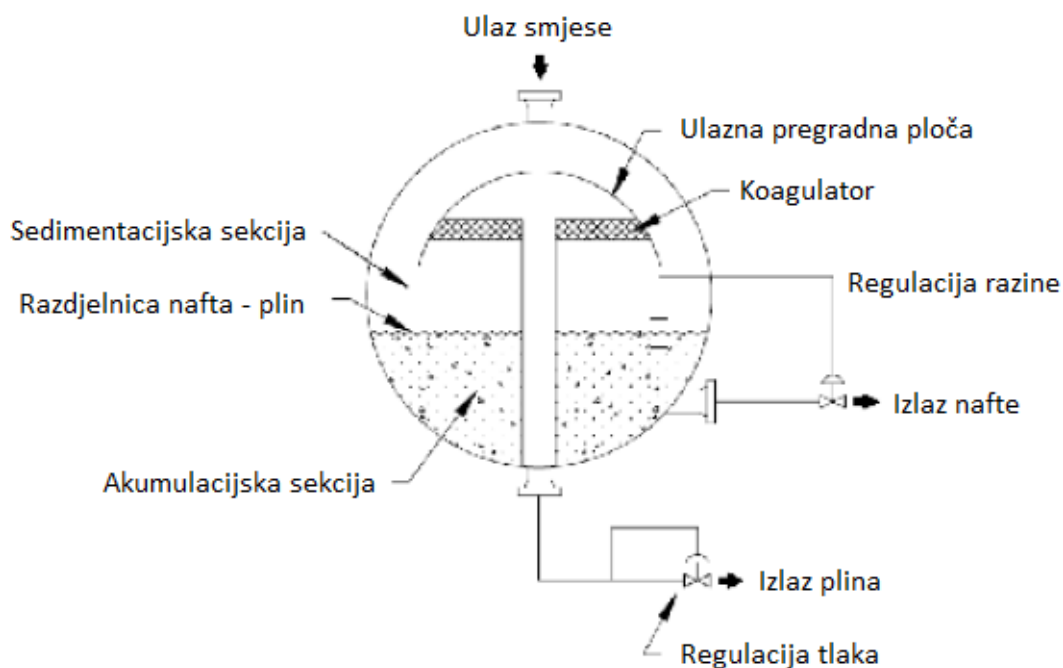
- vodoravne separatore cilindričnog oblika (Slika 2.1),
- uspravne separatore cilindričnog oblika (Slika 2.2),
- kuglaste (Slika 2.3) i
- specijalne – ciklonske i hidrociklonske (Slika 2.4).



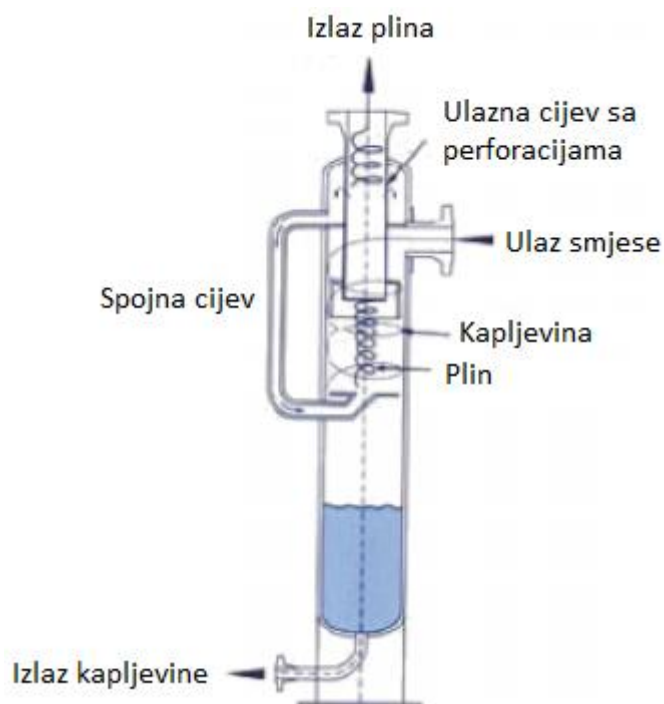
Slika 2.1 Vodoravni separator cilindričnog oblika



Slika 2.2 Uspravni separator cilindričnog oblika



Slika 2.3 Kuglasti separator [3]



Slika 2.4 Ciklonski separator [3]

Prema radnom tlaku, separatori se dijele u tri grupe:

- niskotlačni separatori (0,6-12,4 bara),
- srednjetačni separatori (15,8-48,26 bara) i
- visokotlačni separatori (67,2-103,4 bara).

S obzirom na funkciju koju obavljaju moguće ih je podijeliti na:

- dvofazne – razdvajaju smjesu na kapljevinu i plin i
- trofazne – razdvajaju smjesu na plin, naftu i vodu. [3],

Separatori mogu biti opremljeni i uređajima kojima se mjere količine izdvojenih faza, tako da dobivaju i mjernu ulogu i nazivaju se mjerni separatori. U praksi svaki separator može biti mjerni bez obzira na svoju funkciju. Za potrebe mjerenja i testiranja bušotina koriste se testni separatori (Slika 2.5). [3]



Slika 2.5 Testni separator

Pravilan odabir separatora od iznimne je važnosti jer je separator inicijalni uređaj svakog postrojenja, pa pogreška pri njegovom projektiranju i odabiru može utjecati na kapacitet čitavog postrojenja. [3]

2.1.1 Vodoravni separator

Vodoravni separatori (Slika 2.1) su vrlo čest odabir u praksi gdje se koriste kao trofazni separatori. Njihova konstrukcija rezultira sljedećim prednostima pred ostalim tipovima separatora:

- mogućnost obrade velike količine smjese,
- mogućnost obrade smjese podložne pulsirajućem dotoku i pjenjenju,
- mogućnost obrade smjese sa srednjim i visokim udjelom plinovite faze – zbog velike kontaktne površine između kapljevine i plinovite faze, te velike duljine pogodni su za kvalitetno izdvajanje plina,
- za iste dobave, jeftiniji su od uspravnih separatora (jednostavnija izrada).

Nedostatci vodoravnih separatora su:

- nisu pogodni za obradu smjese s velikim udjelom čvrstih čestica. Nakon nekog vremena, istaložene čvrste čestice prekriju dno separatora u cijeloj njegovoj dužini, čime je otežano njihovo uklanjanje,
- mogućnost ponovnog ulaska plina u kapljevinu,
- zahtijevaju više prostora za smještaj pa nisu pogodni za instalaciju na mjestima poput platformi,
- neravnomjerno pritjecanje smjese u separator može uzrokovati nehotični prekid procesa, što predstavlja problem pri automatizaciji separatora. [3]

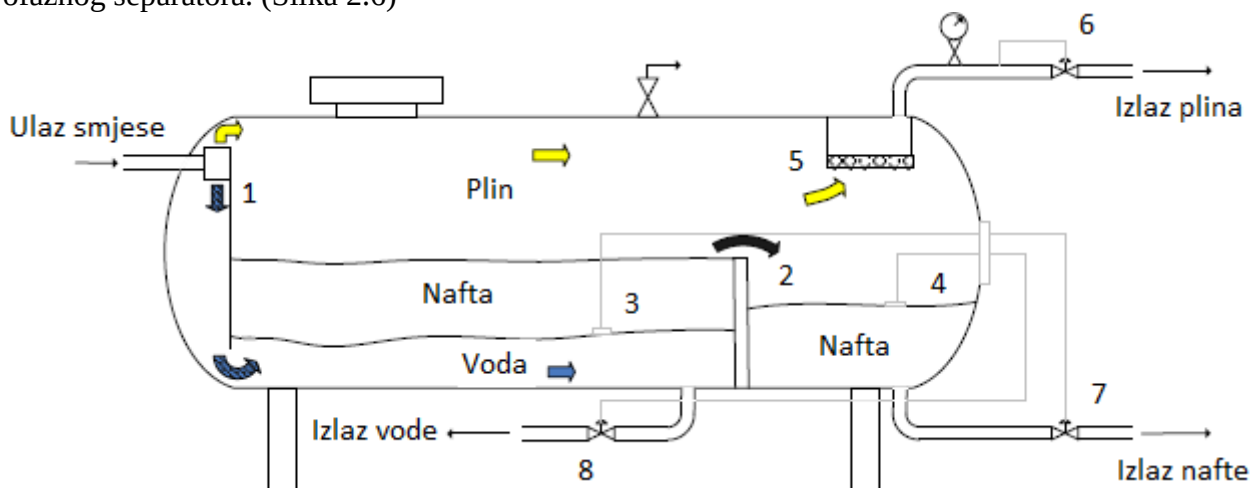
2.2 Separacija

Iz smjese kapljevine sastavljene od vode, nafte, plina i krutih čestica potrebno je izdvojiti naftu i plin, kako bi se nad njima mogla obavljati danja obrada te skladištenje ili transport. Ovaj proces naziva se procesom separacije, a uređaji u kojima se proces obavlja nazivaju se separatorima. [4]

Separacija je proces koji se odvija određeno vrijeme pri specifičnom tlaku i temperaturi. Smjesa koja ulazi u proces reagira na novonastale uvjete tako da se ponovno uspostavlja ravnoteža između plinske i kapljevite faze. Na ovaj način, uz odgovarajuće uvjete pri kojima dolazi do uspostavljanje fazne ravnoteže, pridobivaju se nafta i plin čije će komponente biti stabilne s obzirom na prelazak između faza, a time će i separacija između njih biti konačna. [3]

2.2.1 Postupak separacije

Tijek separacije i osnovni dijelovi separatora prikazani su na primjeru sheme vodoravnog trofaznog separatora. (Slika 2.6)



Slika 2.6 Shema vodoravnog trofaznog separator – 1.ulazna pregrada, 2. pregrada, 3.regulator razine razdjelnice, 4. regulator razine nafte, 5. hvatač kapljica, 6. regulator tlaka i ispusni ventil plina, 7. ispusni ventil nafte 8. ispusni ventil vode

Smjesa pri ulasku u separator udara u pregradu (1), smještenu odmah do dovodne cijevi. Zbog promjene smjera i brzine smjese prilikom udara dolazi do najvećeg odvajanja plinovite faze od kapljevite pri čemu plin struji prema gore, a kapljevina se uslijed djelovanja gravitacije slijeva u akumulacijsku sekciju separatora. Pregrada (1) je konstruirana tako da se njezin završetak nalazi ispod razdjelnice nafta – voda, zbog čega kapljevina ulazi u akumulacijsku sekciju ispod nje. Ovim se postiže miješanje smjese sa slojem već formirane vode, nakon čega se nafta uzdiže prema razdjelnici nafta-voda. Pritjecanjem smjese, nafta koja se izdvaja, prelijeva se preko pregrade (2) u prostor za prihvata nafte na kraju separatora i konačno odvaja od vode. Nakon što se nakupi dovoljno nafte, aktiviranjem regulatora razine nafte (4) i otvaranjem ispusnog ventila nafte (7), nafta izlazi iz separatora. Ispuštanje odvojene vode, odnosno održavanje konstantne razine razdjelnice osigurava regulator razine razdjelnice (3) koji svojom aktivacijom aktivira i otvaranje ispusnog ventila vode (8) što omogućava istjecanje vode. Plin struji vodoravno iznad nafte kroz sedimentacijsku sekciju, prolazi kroz hvatač kapljica (5) i dolazi do regulatora tlaka (6) koji ispuštanjem plina regulira tlak u separatoru. Smjesa u separator ulazi u određenom vremenskom intervalu (3 – 30 min) kako bi se osigurala fazna ravnoteža unutar separatora.

2.2.2 Čimbenici koji utječu na proces separacije

Najvažniji utjecaj na proces separacije imaju:

- tlak separacije (najvažniji čimbenik u procesu separacije),
- temperatura separacije,
- broj stupnjeva separacije i
- sastav smjese. [3]

3 SLIJED AKTIVNOSTI PROJEKTIRANJA SEPARATORA

Prije puštanja visokotlačnog separatora u pogon potrebno je provesti niz prethodnih aktivnosti koje su to omogućile.

Već na samom početku kod izrade osnovnog ili baznog projekta nužno je provesti ispitivanje radnih uvjeta u kojima će visokotlačni separator raditi. Pod uvjetima se razmatraju snaga vjetra, salinitet vode, temperatura okoliša, padaline, radni tlak, radna temperatura fluida i drugi. Salinitet vode koja ulazi u separator tokom separacije je uvjet koji je nužno odrediti, jer visoke vrijednosti dovode do nagrizanja stjenke te je potrebna dodatna zaštita. Radne uvjete je ispitala tvrtka Technip – KTI S.p.A. iz Rima, koja je pripremila bazni projekt.

Poslije ispitivanja radnih uvjeta u kojima će visokotlačni separator raditi slijedi izrada dokumentacije baznog projekta koji se sastoji od proračuna visokotlačnog separatora, osnovnih parametara geometrije visokotlačnog separatora i priključaka te materijala za izradu. U prvom koraku geometrija visokotlačnog separatora i priključaka je rađen preliminarно, a tokom izrade prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije te stres analize geometrija se korigira.

Slijedi izrada izvedbenog projekta odnosno prostornog modela visokotlačnog separatora i izvedbene tehničke dokumentacije u programima Autodesk Inventor i Autodesk AutoCAD. Izvedbeni projekt je izrađen u tvrtci ARTES-INŽENJERING d.o.o. iz Slavonskog Broda.

Tokom izrade izvedbenog projekta vrši se ispitivanje prostornog modela visokotlačnog separatora, analizom naprezanja pomoću izvornog programa MT Vess (engl. *Pressure Vessel Design Software*). Prostorni model poslan je na ispitivanje u SAT (engl. *Standard ACIS Text*) datoteci. Postupak se ponavljao nekoliko puta zbog promjene priključaka na separatoru. Ispitivanje je rađeno u tvrtci INP-INŽENJERING ZA NAFTU I PLIN iz Zagreba.

Nakon stres analize, vrši se korekcija prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije.

Tehnička dokumentacija konstruirana je prema direktivi PED-a (engl. *Pressure Equipment Directive*) 93/23/EC, dok je ASME Section VIII bila primijenjena tehnička specifikacija. Ovlašteno tijelo (engl. *Notified Body*), tvrtka TUV NORD iz Slavonskog Broda, je provjerilo da li tehnička dokumentacija udovoljava zahtjevima PED-a, te na osnovu pozitivnog mišljenja izdalo „odobrenje konstrukcije“.

Na osnovu odobrenja konstrukcije, proizvodnja visokotlačnog separatora i tlačna proba izvedena je u tvrtci Đuro Đaković Proizvodnja opreme iz Slavonskog Broda.

Nakon izvedene tlačne probe na visokotlačnom separatoru, TUV NORD je izdao certifikat, odnosno na natpisnoj pločici utisnuta je europska oznaka sukladnosti CE¹ s brojem 0045.

Prije puštanja visokotlačnog separatora u rad potrebne su i sljedeće aktivnosti: transport, pozicioniranje separatora unutar postrojenja, njegovo spajanje sa postrojenjem i puštanje postrojenja u probni rad.

¹ Kratica od fr. *Conformité Européenne*, pokazuje da proizvod zadovoljava bitnim zahtjevima sigurnosti, zaštite zdravlja

U narednim poglavljima detaljnije su opisane radnje potrebne za izradu prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije visokotlačnog separatora, u kojima je autor ovog rada bio izravno uključen.

3.1 Pristup i sposobnost projektanta

Pravilan pristup projektu odnosno njegovoj realizaciji zahtijeva od projektanta razumijevanje projekta, postavljanje plana aktivnosti, kvalitetan rad, odgovornost te možda i najvažnije, dovitljivost brzom rješavanju problema koji se pojavljuju tokom procesa rada.

Za projektanta prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije, početak projekta je upoznavanje s ulaznom dokumentacijom koja se sastoji od:

- baznog projekta,
- raznih standarda tvrtke koja je izradila bazni projekt, a koristit će se prilikom projektiranja. Nazivamo ih još i internim standardima.
- zahtjeva investitora.

Osim upoznavanja s ulaznom dokumentacijom potrebno je upoznati i druge aspekte potrebne za projektiranje separatora kao što su:

- tehnički standardi i propisi na nacionalnoj, regionalnoj, i međunarodnoj razini,
- poznavanje alata za rad.

Pravilnim pristupom i dobrom pripremom osigurava se kvalitetna i brza realizacija projekta.

3.2 Ulazna dokumentacija

Proučavanje ulazne dokumentacije je prva faza prema realiziranju izrade prostornog modela i izvedbene tehničke dokumentacije za izradu visokotlačnog separatora.

3.2.1 Bazni projekt

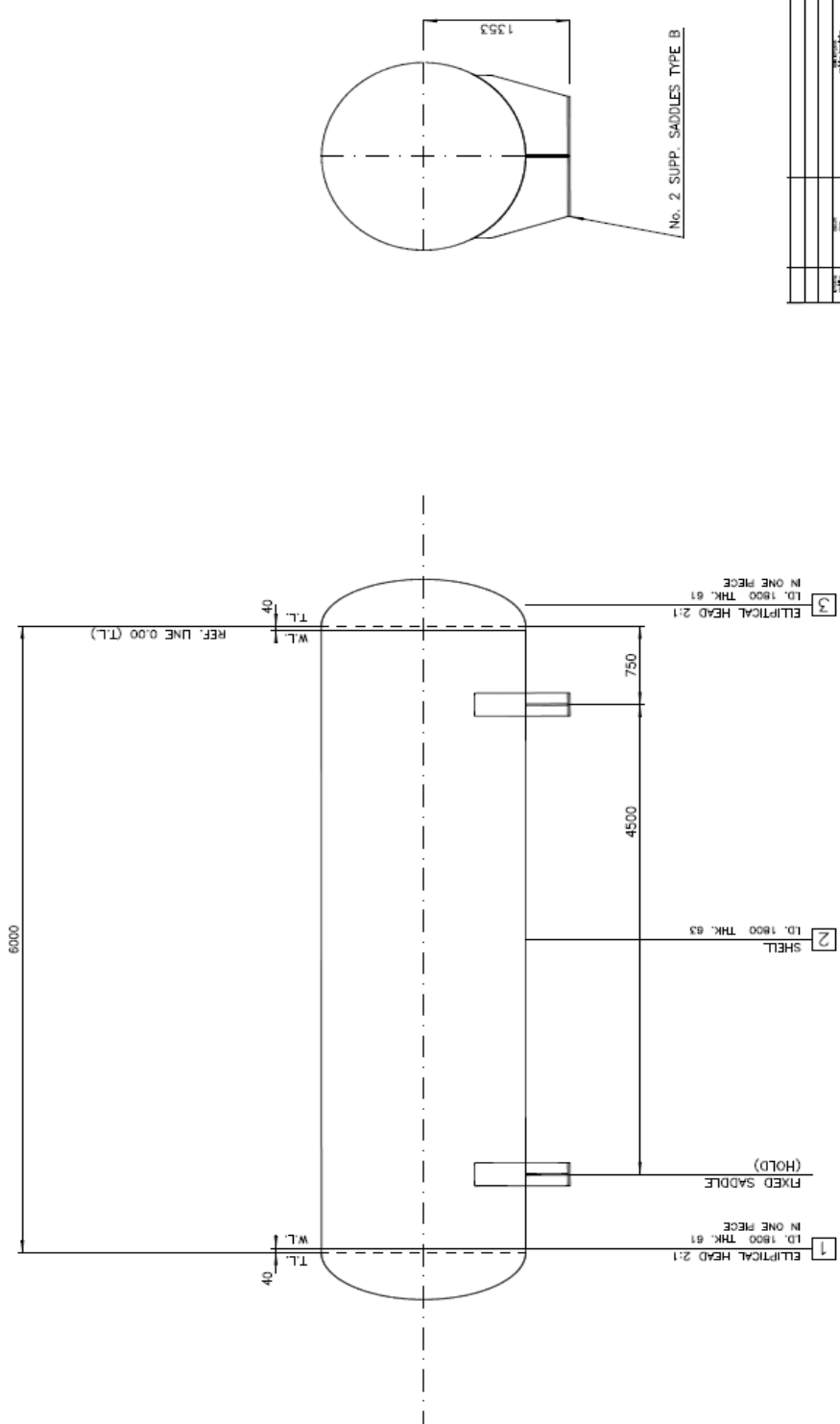
Bazni projekt predstavlja dokumentaciju koja opisuje tehnologiju proizvodnje i glavne komponente proizvodnog procesa, materijale za izradu pojedinih komponenata, sigurnosne proračune, osnovne dimenzije i slično. Među glavnim komponentama proizvodnog procesa projekta Jihar Faza 2 ubrajaju se primjerice posude, izmjenjivači, kompresorske jedinice, kotlovnica, jedinica dehidracije, međusobne cijevne veze kao i komponente iz elektrotehničkog područja.

Dio dokumentacije baznog projekta koja se odnosi na visokotlačni separator i koja je u narednom tekstu detaljnije objašnjena nazivaju se „tablice podataka“ (engl. *Data sheets*) (Slika 3.1, Slika 3.2, Slika 3.3 i Slika 3.4).

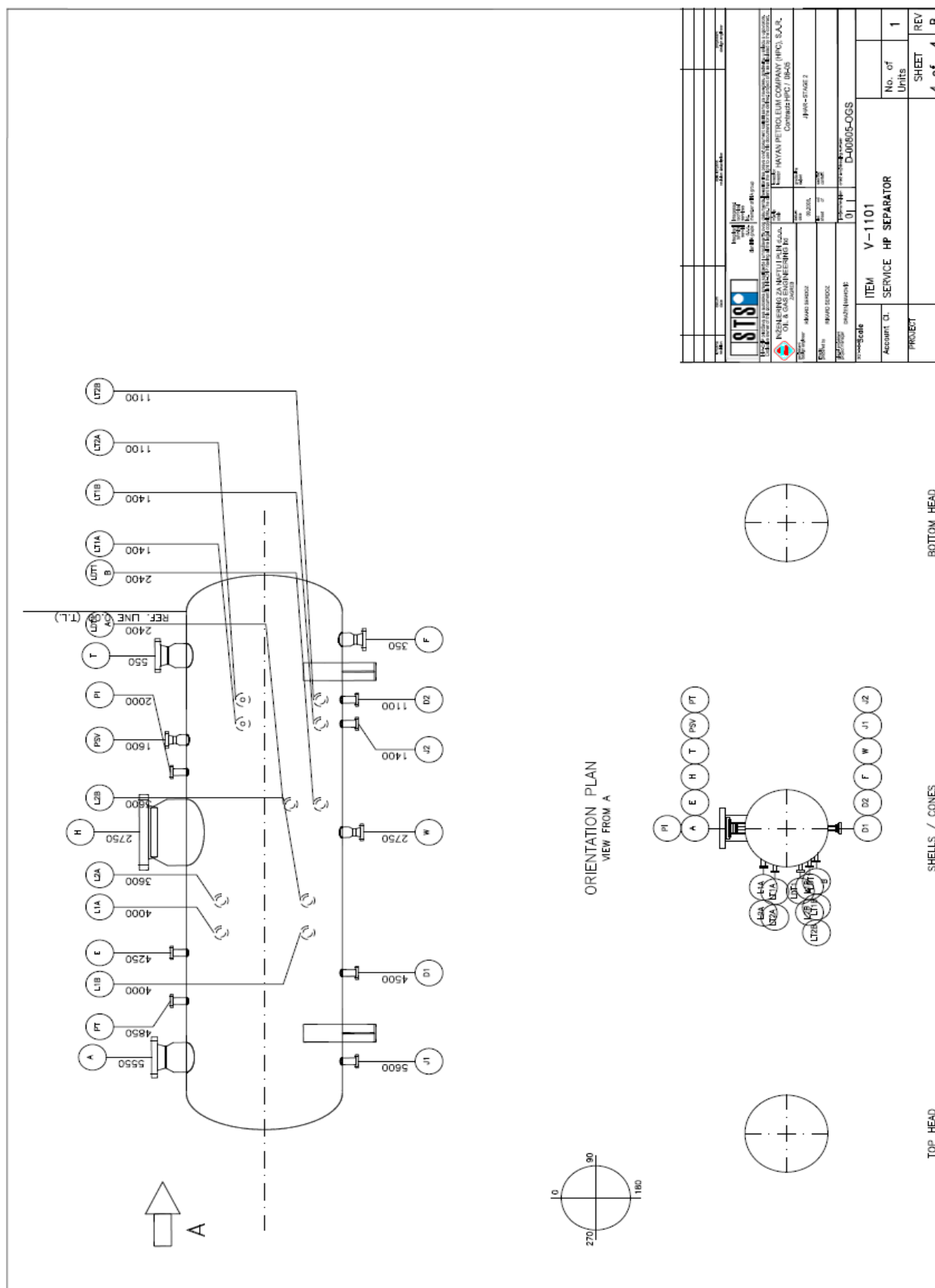
Tablice podataka se sastoje od:

- tablice definiranja priključaka, podataka o glavnim napomenama i sl. (Slika 3.1),
- podataka o osnovnim dimenzijama separatora (Slika 3.2),
- podataka o poziciji priključaka na separatoru (Slika 3.3) i
- specifikacija materijala (Slika 3.4).

GENERAL NOTES										NOZZLES										DESIGN DATA																																																																																																			
1 All dimensions are in mm (unless otherwise specified) 2 Indicated values are referred to one apparatus only. 3 The indicated thicknesses are the minimum acceptable after construction. 4 All flange contact faces shall be 125-200 ASME. 5 All flange contact faces shall be 125-200 ASME. 6 Inside coating shall be corrosion resistance. 7 Weights and loading data to be verified and confirmed by vendor. 8 Carbon steel shall be fully killed. The carbon content of ALL materials to be welded shall not exceed 0.23% unless otherwise specified. Hardness of carbon steel, welds and flux shall be 225 HB max. 9 All materials shall be the maximum value indicated between FDS, applicable code and ASME requirements. 10 DEMISTER: TYPE WIRE MESH. 11 FINE VOLUME: 97%. 12 INSTRUMENT NOZZLES: 150 mm. 13 MATERIAL: AISI 316 SS. 14 WIRE THICKNESS: 0.23 mm AND 0.28 mm. 15 Nozzles location and orientation as shown by this mechanical data sheet is preliminary and have to be finalized during detailed engineering. 16 Instrument nozzle size, rating and location to be finalized during detailed engineering step.																																																																																																																							
MARK										N.D.										mm										FLANGES										R.PAD										D.T.H.K.										FW CL OR										ECC.										SERVICE										NOTES																													
A										250										600										WN										RF										12.7										150x60S										1370										180										FEED																													
D1										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										DRAIN																													
D2										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										DRAIN																													
E										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										VENT																													
F										100										600										WN										RF										11.1										92x37S										1240										180										Cond. outlet																													
H										600										600										WN										RF										22.0										223x129S										1510										180										Manhole																													
W										80										600										WN										RF										11.1										80x32S										1210										180										Water outlet																													
T										200										600										WN										RF										12.7										132x53S										1330										180										Gas outlet																													
PSV										80										600										WN										RF										11.1										80x32S										1210										180										PSV																													
L1A										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										500										Level ind.																			
L1B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										500										Level ind.																			
L2A										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										500										Level ind.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										500										Level ind.																			
P1										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Press. trans.																													
J1										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Inlet ut.																													
J2										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Inlet ut.																													
L0T1A										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										300										Diff.pr.trans																			
L0T1B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										300										Diff.pr.trans																			
L1A										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Level trans.																													
L1B										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Level trans.																													
L2A										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2A										50										600										LWN										RF										16.6										— S										1150										180										Level trans.																													
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN										RF										16.6										70x28S										—										270										250										Level trans.																			
L2B										50										600										LWN																																																																																									



Slika 3.2 Izvorni crtež s osnovnim dimenzijama visokotlačnog separatora [2]



Slika 3.3 Izvorni položaji priključaka visokotlačnog separatora [2]

MATERIALS				
COMPONENTS		MATERIALS SPECIFICATIONS		
		CLASS 1	CLASS 2	CLASS 3
		PLATES		
		CLASS 4		
1	SHELLS	SA 516 GR 70-K02700		
2	HEADS	SA 516 GR 70-K02700		
3				
4	NOZZLE FROM PLATE	SA 516 GR 70-K02700		
5				
6	SUPPORT SADDLES	SA 285 GR C-K02801		
7				
8	INTERNAL	SA 316		
9	INTERNAL SUPPORTS	SA 316 L		
10	PLATE/CLADDER SUPP.			
11				
12				
13				
14				
T				
PIPES				
1	NOZZLES FROM PIPE	SA 106 GR B-K03006		
2	INTERNAL PIPES	SA 106 GR B-K03006		
3				
4				
5				
6				
FORGINGS				
1	FL. & BLIND	SA 286 GR 2-K03506		
2				
3				
4				
5	ELBOWS & REDUCERS			
6				
BOLTING				
1	INT. STUD B. & NUTS	SA 193 B7-A194 2H-S41400		
2	EXT. STUD B. & NUTS			
3				
4				
SHAPES				
1				
2				
3				
4	INTERNAL SHAPES			
5				
6				
GASKETS				
1	EXT. GASKETS	S. wound free dabs SS		
2	INT. GASKETS			
3				
NOTES				
TREATMENTS				
DIMENSIONS				
PIPES				
FLANGES				
FITTINGS				
THREADS				
GASKETS				

Slika 3.4 Izvorna specifikacija materijala visokotlačnog separatora [2]

Iz slike 3.1 najvažniji za dizajniranje prostornog modela visokotlačnog separatora su podatci o ispustima (Tablica 3.1) koji su sastavni dio separatora. Tablica se sastoji od niza podataka koji nam predložavaju dimenzije, poziciju i karakteristike ispusta i prirubnice (engl. *Flange*).

Tablica 3.1 Izvorni podatci za ispuste i prirubnice

NOZZLES											
MARK	N.D. mm	FLANGES			THK. mm	R.PAD D.xTHK. mm	PROJ. FM CL mm	OR. °	ECC. mm	SERVICE	NOTES
		RATING	TYPE	FAC.							
A	250	600	WN	RF	12.7	150x60S	1370		—	Feed	
D1	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150	180	—	Drain	
D2	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150	180	—	Drain	
E	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150		—	Vent	
F	100	600	WN	RF	11.1	92x37S	1240	180	—	Cond. outlet	
H	600	600	WN	RF	22.0	223x129S	1510		—	Manhole	
W	80	600	WN	RF	11.1	80x32S	1210	180	—	Water outlet	
T	200	600	WN	RF	12.7	132x53S	1330		—	Gas outlet	
PSV	80	600	WN	RF	11.1	80x32S	1210		—	PSV	
L2A	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	450	Level ind.	
L2B	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	—650	Level ind.	
PT	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150		—	Pres. trans.	
PI	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150		—	Press. ind.	
J1	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150	180	—	Inlet ut.	
J2	50	600	LWN	RF	16.6	—	1150	180	—	Inlet ut.	
LDT1A	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	—425	Dif.l.switch	
LDT1B	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	—775	Dif.l.switch	
LT1A	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	450	L. trans—ind	
LT1B	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	—650	L. trans—ind	
L2C	50	600	LWN	RF	16.6	—	—	270	—100	L.trans.—ind	
TI	50	600	LWN	RF	16.6	70x28S	—	270	—600	Temp.	

Tumačenje oznaka, stupaca u tablici:

- A, L2A i dr. predstavljaju oznake (engl. *Mark*) priključaka (prirubnica),
- N.D. (engl. *Nominal Diameter*) nazivni promjer prirubnice u milimetrima,
- klasa prirubnice (engl. *Rating*),
- tip prirubnice (engl. *Type*), mogu biti: WN (engl. *Welding Neck*) - grlo za zavarivanje, LWN (engl. *Long Welding Neck*) - dugačko grlo za zavarivanje,
- RF (engl. *Raise Face*) uzdignuto lice prirubnice,
- THK (engl. *Thickness*) debljina stjenke grla prirubnice,
- R.PAD (engl. *Reinforcement Pad*) ojačavajući prstenasti lim koji se zavaruje oko otvora radi ojačanja zbog velikih tlakova. U daljnjoj fazi izrade umjesto ojačavajućeg prstena korišteni su otkivci (engl. *Forge*) jer su oni pouzdaniji (imaju debelu stjenku) (Slika 3.5)
- PROJ. FM. CL. (engl. *Projection From Centre Line*) označava udaljenost lica prirubnice od središta separatora,
- OR. (engl. *Orientation*) usmjerenje odnosno pozicija priključka na separatoru, vezano uz sliku 3.3,

- ECC. (engl. *Elevation From Centre To Centre*) pozicija bočnih priključaka (iznad ili ispod središta separatora), s obzirom na sliku 3.3 i
- SERVICE predstavlja namjenu priključka kao što je npr. otvor za održavanje, čišćenje separatora (engl. *Manhole*).

Ostali podatci iz slike 3.1 odnose se na:

- glavne napomene, kao što je npr. „1. Sve dimenzije su u milimetrima (ukoliko nije drugačije naznačeno).“ (Engl. „*All dimensions are in mm (unless otherwise specified).*“),
- konstrukcijske podatke (engl. *Design Data*) separatora, npr. radni tlak (78 bara), radna temperatura (68 °C) i sl.,
- podatke o zaštitnim prevlakama i bojama (engl. *Lining & Painting Data*) i
- težinu i zapreminu separatora (engl. *Weights & Loading Data*).



Slika 3.5 Otkivak zavaren za prirubnicu

Slika 3.2 sadrži podatke o osnovnim dimenzijama separatora:

- duljini separatora (6000 mm, bez podnice),
- unutarnjem promjeru separatora i podnice (I.D. 1800 mm engl. *Inside Diameter*),
- debljini stijenke separatora / podnice (THK. 63 / 61 mm),
- dimenzijama podnice (omjer središnjica elipse 2:1) (engl. *Elliptical Head*),
- tipu sedla (B) (Tablica 3.2) i razmaku između sedla,
- dužini grla podnice (90 mm),
- sve udaljenosti su mjerene od referentne crte ili tangentne crte (REF. LINE.², T.L.³),
- crta zavarivanja (W.L.⁴) predstavlja mjesto spajanja cilindra separatora i podnice separatora.

Slika 3.3 definira pozicije priključaka na separatoru. Svaki priključak ima svoju oznaku prema kojoj je definirana njegova pozicija na separatoru i podatci u tablici 3.1. i točno definiranu udaljenost od referentne crte. Primjerice za priključke A i L2A, prema slici 3.3 definirana je njihova udaljenost od referentne crte (5550 mm i 3600 mm), a iz odgovarajuće tablice 3.1 očitaju se podatci

² Kratica na engleskom *Referent Line*

³ Kratica na engleskom *Tangent Line*

⁴ Kratica na engleskom *Welding Line*

za usmjerenje (0° i 270° , pogled presjek A) i poziciju (450 mm) te se usporede s planom pozicija (engl. *Orientation Plan*). Time je određena točna pozicija navedenih priključaka te se vrši izrada otvora na cilindru visokotlačnog separatora.

Specifikacija materijala (engl. *Materials*) iz kojih će se raditi separator i pojedini dijelovi, dana je na pripadnoj slici 3.4. Kako se iz slike može očitati korišteni su materijali prema ASME standardu za tlačnu opremu.

Na slici 3.6 prikazana je izvorna specifikacija materijala SA-516 Gr.70 K02700 od kojeg su izrađeni cilindri i kupole visokotlačnog separatora.

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3; * SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/Grade	Alloy Designation/ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
20	Carbon steel	Plate	SA-516	70	K02700	...	...	1	2

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3; * SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
20	70	38	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3; * SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	-20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
20	20.0	20.0	20.0	...	20.0	20.0	20.0	19.4	18.8	18.1	14.8	12.0	9.3	6.7

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3; * SECTION VIII, DIVISION 1; AND SECTION XII
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES *S* FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding														
	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
20	4.0	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Slika 3.6 Izvorna specifikacija materijala SA-516 Gr.70 K02700 [2]

3.2.2 Ulazni standardi – interni standardi

Ulazni standardi su interni standardi odnosno pravila po kojima druga firma radi. Nastali unutar te firme dugogodišnjom primjenom u praksi i kao takvi su prošli određena tehnička ispitivanja te su primjenjivi i drugima, ukoliko su im dostupni. Standardi takvog oblika se uglavnom odnose na postupak izrade, pojedinih dijelova ili sklopova, koji kao takvi mogu imati više primjena i zbog toga da se izbjegne ponovno proračunavanje istih prilikom ponovne primjene.

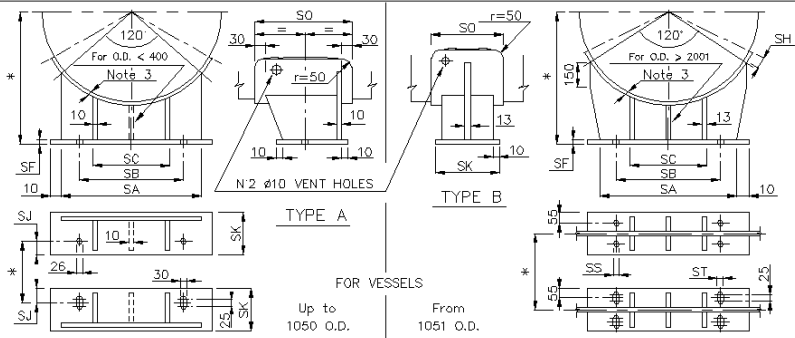
Ove standarde često nazivamo još i pravila prakse odnosno dokument koji preporučuje tehnička pravila ili postupke pri projektiranju, proizvodnji, montaži, održavanju ili uporabi opreme, konstrukcije ili proizvoda. [5]

Takvi standardi su primijenjeni i kod oblikovanja visokotlačnog separatora, točnije to su:

- standardi sedlastih oslonaca (engl. *Support Saddles*) za separatore / posude (postolja u koje se separator polaže) (Tablica 3.2),
- standardi uški (služe za transport, dizanje dijela ili sklopa za koji su zavarene),
- standardi tehničkog crteža: simetrale, crte, dimenzija, oznake presjeka, mjerne jedinice i sl.

Kod izrade sedlastih oslonaca, najvažniji je vanjski promjer separatora (O.D. engl. *Outside Diameter*) preko kojeg se pomoću standarda za sedlo određuje konstrukcija sedla. (Tablica 3.2)

Tablica 3.2 Izvorni standard za sedla [6]



O.D. SHELL	SA	SB	SC	SF	SJ	SK	SO
≤ 250	180	120	—	10	50	120	180
251 + 300	200	140	—	10	50	120	180
301 + 350	250	190	—	10	50	120	180
351 + 400	270	210	—	10	50	120	180
401 + 450	310	230	130	13	55	140	210
451 + 500	350	270	170	13	55	170	250
501 + 550	370	290	190	13	55	170	250
551 + 600	400	320	220	13	55	170	250
601 + 650	470	390	290	13	55	170	250
651 + 700	510	430	330	13	55	170	250
701 + 750	550	470	370	13	55	170	250
751 + 800	570	490	370	13	55	170	250
801 + 850	600	520	420	16	80	200	280
851 + 900	640	560	460	16	80	200	280
901 + 950	680	600	500	16	80	200	280
951 + 1000	710	630	530	16	80	200	280
1001 + 1050	750	670	570	16	80	200	280

O.D. SHELL	SA	SB	SC	SF	SH	SK	SO	SS	ST
1051 + 1100	590	510	430	16	50	220	320	26	30
1101 + 1150	620	540	460	16	50	220	320	26	30
1151 + 1200	650	570	490	16	50	220	320	26	30
1201 + 1300	680	600	520	16	50	220	320	26	30
1301 + 1400	740	660	580	16	50	220	320	26	30
1401 + 1500	800	720	640	16	50	220	320	26	30
1501 + 1600	860	780	700	16	50	220	320	26	30
1601 + 1700	930	850	740	16	50	220	320	26	30
1701 + 1800	1000	920	810	16	50	220	320	26	30
1801 + 1900	1060	980	870	16	50	220	320	26	30
1901 + 2000	1130	1050	940	16	50	220	320	26	30
2001 + 2100	1200	1120	1010	16	50	220	320	26	30
2101 + 2200	1260	1180	1070	16	50	220	320	26	30
2201 + 2300	1330	1250	1140	16	50	220	320	26	30
2301 + 2400	1400	1320	1210	16	50	220	320	26	30
2401 + 2500	1460	1380	1270	16	50	220	320	26	30
2501 + 2600	1530	1450	1340	16	50	220	320	26	30
2601 + 2700	1600	1520	1410	16	50	220	320	26	30
2701 + 2800	1670	1590	1480	16	50	220	320	26	30
2801 + 2900	1740	1660	1550	16	50	220	320	26	30
2901 + 3000	1810	1730	1620	16	50	220	320	26	30
3001 + 3100	1880	1800	1690	16	50	220	320	26	30
3101 + 3200	1950	1870	1760	16	50	220	320	26	30
3201 + 3300	2010	1930	1820	16	50	220	320	26	30
3301 + 3400	2080	2000	1890	16	50	220	320	26	30
3401 + 3500	2150	2070	1960	16	50	220	320	26	30
3501 + 3600	2220	2140	2030	16	50	220	320	26	30
3601 + 3700	2280	2200	2090	16	50	220	320	26	30

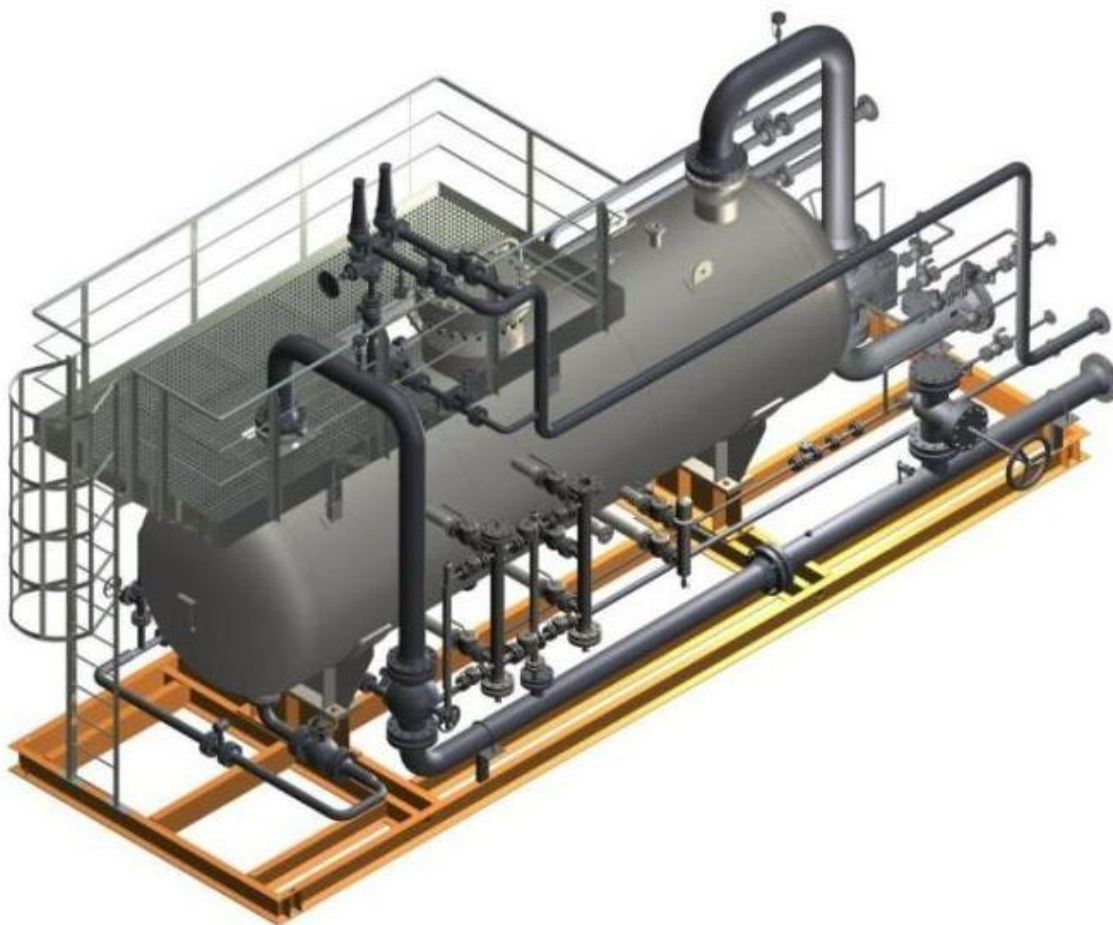
NOTES:

- For dimensions as per * and materials, see vessel drawing.
- All weldings shall be of continuous fillet type with dimensions at least 0.7 times the thinner of the welded parts.
- Transition plates shall be of the same material and thickness as vessel.
- Central rib (only) is required for vessel up to 400 O.D.
Central rib (in addition to the others) is required for vessels 2001 O.D. and over.
- Sliding saddle (with slotted holes) is specified in vessel drawing.
- All weldings shall be made before vessel heat treatment (if any).
- In the event of conflict between this ST and the vessel drawing, the latter shall prevail.

3.2.3 Zahtjevi investitora

Uslijed rada na projektu, projektant se često susreće s raznim izazovima koje investitor postavlja svojim zahtjevima u projektu, zbog toga projektant mora biti veoma dosjetljiv i sposoban prilagoditi se novim zadacima kako bi bio u stanju iznaći kvalitetno rješenje na zadovoljstvo investitora.

Jedan od takvih zahtjeva je primjerice u projektu Jihar, da se svi separatori mogu odvojiti od postrojenja s popratnom opremom (dijelom cjevovoda, ventilima, mjernim instrumentima i sl.) kako bi mogli biti lako transportabilni u slučaju da je potreban na drugom mjestu ili u slučaju većeg oštećenja. Projektantsko rješenje tog zahtjeva je da se separator postavi na skid (čelična konstrukcija) na koji se može postaviti i popratna oprema separatora kao što je i prikazano na slici 3.7, gdje se također vidi i da su sve cijevi završene sa priрубnicama i učvršćene pomoću oslonaca na skid.



Slika 3.7 Visokotlačni separator sa popratnom opremom postavljen na skid

3.3 Tehnički standardi

Standard (engl. *Standard*) ili norma je dokument sastavljen konsenzusom, koji je odobrio ovlašten organ, namijenjen općoj i višekratnoj uporabi, a određuje pravila djelovanja ili njihove rezultate radi postizanja određene razine uređenosti u području na koje se norma odnosi. [5]

Jednostavnije: „Standard je jednako rješenje nekog zadatka koji se ponavlja“.

Tehnička standardizacija ima za cilj:

- ograničenje broja tipova i dimenzija poluproizvoda, alata, gotovih proizvoda, rezervnih dijelova;
- smanjenje zalihe materijala na skladištu, zaliha gotovih proizvoda, rezervnih dijelova i alata;
- omogućavanje velikoserijske proizvodnje smanjenjem broja različitih proizvoda, a time i smanjenja broja tehnoloških procesa;
- povećanje kvalitete proizvodnje, općenito;
- olakšanje i ubrzanje toka konstrukcijskog procesa;
- brža i točnija isporuka bez zabuna;
- olakšanje radnih uvjeta;
- omogućavanje smanjenja potroška energije;
- snižavanja troškova kontrole;
- zaštitu ljudskog okoliša. [5]

Tehnička se standardizacija provodi:

- na razini nacionalne standardizacije (hrvatski standardi HRN, njemački standardi DIN⁵, američki standardi ANSI⁶),
- na razini regionalne standardizacije (europski standardi EN⁷) i
- na razini međunarodne standardizacije (ISO⁸).

Postoji i standardizacija koja se odnosi na industrijske grane kao što se u SAD⁹-a koriste ASME¹⁰ standardi za tlačnu opremu: cijevi, priрубnice, brtve, tlačne posude i sl.

Standardi korišteni u oblikovanju visokotlačnog separatora su ASME i DIN standardi. ASME standardi su korišteni npr. kod priрубnica (Tablica 3.3), a DIN standardi su korišteni npr. kod vijaka i matica.

3.3.1 Primjeri korištenih standarda

Priрубnica (Slika 3.8) služi za povezivanje dijelova cijevne linije vijčanim spojem. Na taj način su pojedini dijelovi odvojivi i olakšana je izmjena u slučaju potrebe. Kako bi međusobna veza dviju priрубnica bila nepropusna u spoj se umeće brtva. Priрубnice su obrađene ASME B16.5 normom za cijevi promjera do 24" i klase od 150, 300, 400, 600, 900, 1500 i 2500. (Tablica 3.3)

Primjer označavanja priрубnice: *Flange 2", 600#, SCH80, WN, RF*



Slika 3.8 Priрубnica

⁵ Kratica na njemačkom *Deutsches Institut für Normung*

⁶ Kratica na engleskom *American National Standard Institute*

⁷ Kratica na njemačkom *Europäische Norm*

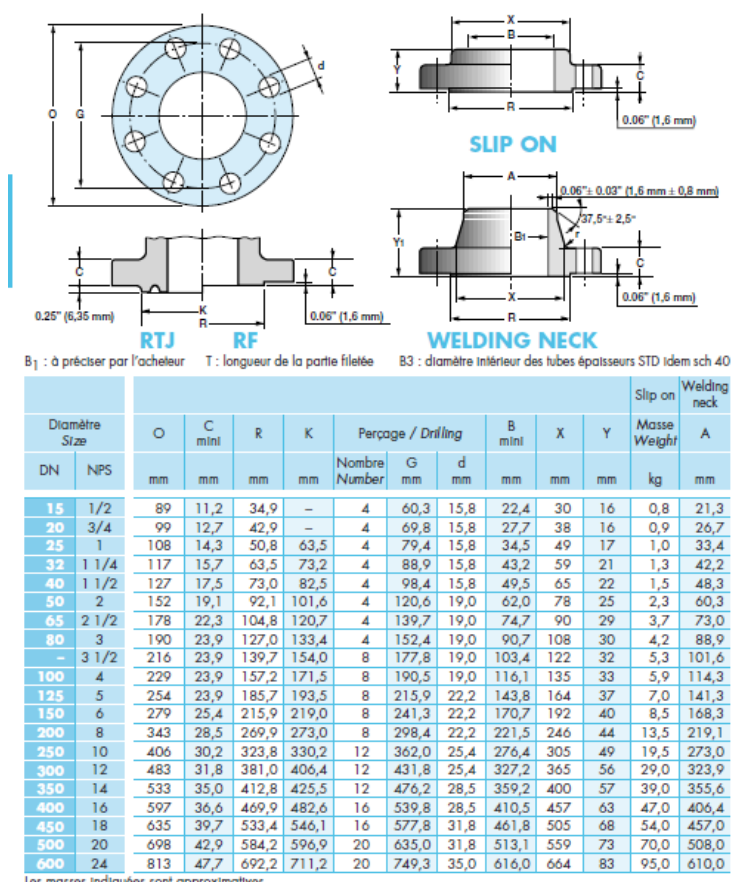
⁸ Kratica na engleskom *International Organization for Standardization*

⁹ Kratica na hrvatskom *Sjedinjene Američke Države*

¹⁰ Kratica na engleskom *American Society of Mechanical Engineers*

Tablica 3.3 Izvorni standard za prirubnice [7]

ASME B 16.5 – 1996



Debljina stjenke prirubnice određena je s oznakom SCH¹¹ koja se podudara s oznakama debljine stjenke cijevi zbog toga što se na nju spaja. Pravilo struke je da se spajaju prirubnice i cijevi iste debljine stjenke kako fluid koji protječe cjevovodom ne bi zapinjao ili od unutrašnju stjenku prirubnice ili cijevi, ovisno o smjeru gibanja.

Za vrijeme korištenja IPS¹² sustava označavanja veličina cijevi, koristile su se samo tri veličine debljine stjenke. U ožujku 1927. američka udruga za standarde (engl. *American Standards Association*), nadgleda industriju i uvodi sustav kojim je odredila debljinu stjenka cijevi s manjim koracima između veličina. Oznaka poznata kao nominalna debljina cijevi (NPS), zamjenjuje oznaku željezna cijevna veličina (IPS). Pojam *Schedule* (SCH) je nastao kako bi odredio nominalne debljine stjenke cijevi. Dodavanjem *Schedule* brojeva na IPS standarde, danas postoji niz od 16 oznaka, i to: SCH 5, 5S, 10, 10S, 20, 30, 40, 40S, 60, 80, 80S, 100, 120, 140, 160, i STD, XS, XXS. [8]

Nazivni promjer prirubnice je poput nazivnog promjera cijevi označen u palcima odnosno inčima. Budući da se prirubnice spajaju s cijevima, nazivni promjer prirubnice se radi prema nazivnom promjeru cijevi kao te ista pravila za cijevi vrijede i za prirubnice. Kod naftnih postrojenja ovo je uglavnom pravilo s obzirom da se radi prema američkim ASME i ANSI normama. Ipak treba naglasiti jedinicu mjere kako ne bi došlo do zabune: Kratica NPS (engl. *Nominal Pipe Size*) koristi se za engleske jedinice i predstavlja promjer cijevi u inčima, a oznaka DN (engl. *Diameter Nominal*) se koristi za europske jedinice i bazira se na milimetrima. Niti jedna niti druga oznaka ne

¹¹ Skraćeno od engleskog *Schedule*

¹² Kratica od engleskog "*Iron Pipe Size*"

predstavljaju stvarni promjer cijevi što se može dobro vidjeti u priloženoj tablici 3.4. Kako bi se olakšalo označavanje, stvarni promjeri su zaokruženi i kao takvi predstavljaju oznaku ili nazivni promjer. Vanjski promjer cijevi je konstantne vrijednosti dok se unutarnji mijenja ovisno o debljini stijenke, a ovisi o dozvoljenom tlaku unutar cijevne linije.

Tablica 3.4 Nazivna i stvarna vrijednost promjera cijevi [2]

NPS	DN	Vanjski promjer
½	15	0.840 in (21.34 mm)
¾	20	1.050 in (26.67 mm)
1	25	1.315 in (33.40 mm)
1¼	32	1.660 in (42.16 mm)
1½	40	1.900 in (48.26 mm)
2	50	2.375 in (60.33 mm)
2½	65	2.875 in (73.02 mm)
3	80	3.500 in (88.90 mm)
3½	90	4.000 in (101.60 mm)
4	100	4.500 in (114.30 mm)
4½	115	5.000 in (127.00 mm)
5	125	5.563 in (141.30 mm)
6	150	6.625 in (168.27 mm)
8	200	8.625 in (219.08 mm)
10	250	10.75 in (273.05 mm)
12	300	12.75 in (323.85 mm)
14	350	14.00 in (355.60 mm)
16	400	16.00 in (406.40 mm)
18	450	18.00 in (457.20 mm)
20	500	20.00 in (508.00 mm)
24	600	24.00 in (609.60 mm)

3.4 Alati

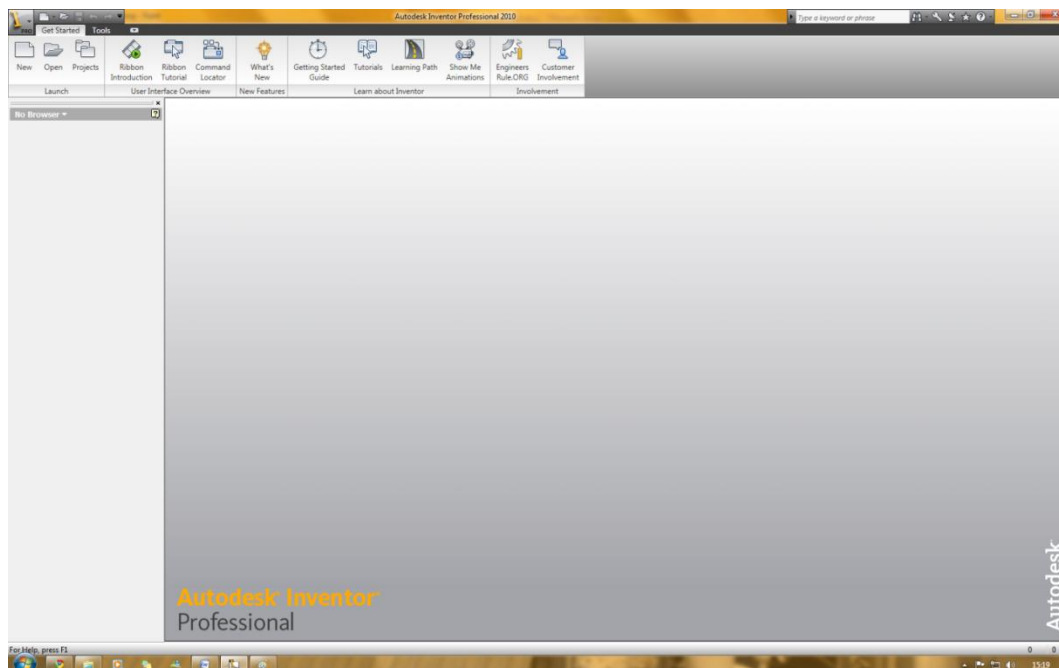
Za kvalitetnu i brzu realizaciju projekta projektant mora koristiti više različitih alata kao i brzo usvajanje novih ukoliko je to potrebno. Prilikom oblikovanja visokotlačnog separatora korišteno je više različitih programa, kao što su :

- Autodesk Inventor,
- Autodesk Vault,
- Autodesk AutoCAD,
- Autodesk Design Review i
- razni „pomoćni“ alati, npr. Microsoft Word i Excel, Calculator i sl.

3.4.1 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor (Slika 3.9) je programsko rješenje za detaljno parametarsko 3D modeliranje objekata. Model se zasniva na nizu parametarskih 2D skica iz kojih se raznim dostupnim alatima dobiva 3D model nekog objekta. Parametri omogućuju da se promjenom nekoliko parametara (varijabli) promjeni potpuni oblik nekog 3D objekta. Tako dobiveni dijelovi

(engl. *Parts*), ubacuju se u sklopove (engl. *Assembly*), gdje povezani čine ukupni sklop ili pod-sklop nekog složenog proizvoda.



Slika 3.9 Osnovno sučelje Inventor-a

Sklopne datoteke se sastoje od nekoliko dijelova, pa do nekoliko stotina ili tisuća dijelova ovisno o složenosti proizvoda. Osim pojedinačnih dijelova u njih se mogu učitati i drugi sklopovi koji time postaju pod-sklopovi. Dijelovi i pod-sklopovi se u sklopnoj datoteci povezuju pomoću alata za povezivanje kojim se određuje međusobni odnos dvaju dijelova ili dijelova i sklopova ili dvaju sklopova. Povezivanje dijelova je isto parametarsko tako da se i ovi odnosi mogu jednostavno izmjenjivati.

Osim osnovnog 3D modeliranja objekata i sklapanja dijelova Inventor nudi i specijalizirane alate za složenije modeliranje objekata i postrojenja, kao i za provjeru napreznja i dinamičkih karakteristika. Za tu namjenu uz Inventor dolaze i posebni moduli kao što su:

- Sheet Metal Design (dizajn tankih limova odnosno njihovo razvijanje),
- Tube & Pipe Design (dizajn cijevnih linija),
- Cable & Harness Design (dizajn kablova),
- Dynamic Simulation (dinamička simulacija),
- Finite Element Analysis (analiza napreznja). [9]

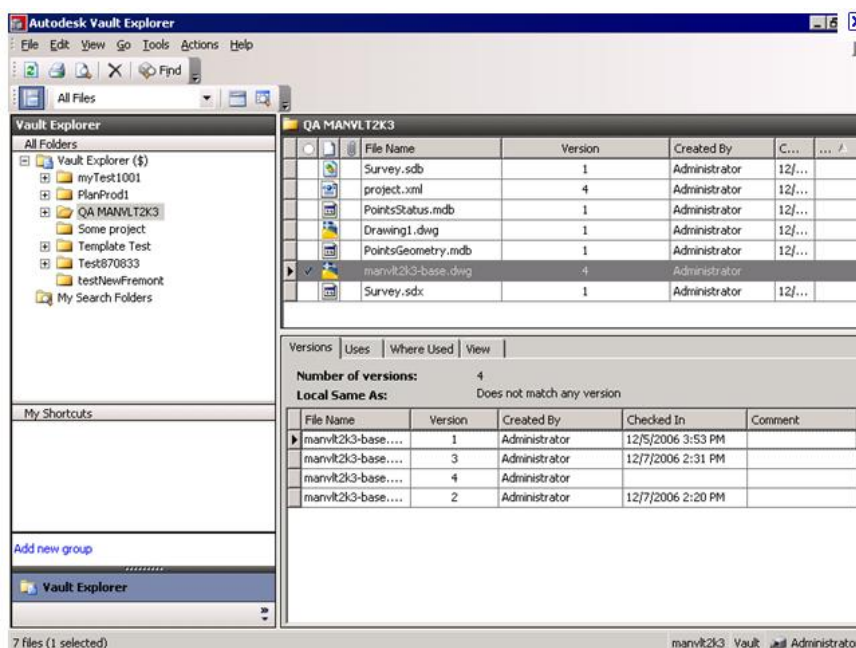
Za pojedine dijelove, datoteke dobivaju ekstenziju IPT, sklopne datoteke ekstenziju IAM, a crteži mogu imati ekstenziju IDW za Inventor crteže i DWG za AutoCAD crteže. Crteži se generiraju na temelju modela i prenose karakteristike modela u 2D prikaz. 2D prikaz se može dobiti iz bilo kojeg položaja modela (nacrt, tlocrt, bokocrt, izometrijski pogledi i bilo koji drugi pogled).

Složeni projekti imaju više tisuća različitih datoteka. Kako ne bi došlo do gubljenja datoteka u Inventoru se za svaki novi posao otvara novi projekt (engl. *Project*). Ova datoteka s ekstenzijom .ipj određuje glavnu datoteku projekta na disku i Vault-u, kao i ostale podatke potrebne za nesmetani rad na modelima.

3.4.2 Autodesk Vault

Autodesk Vault (Slika 3.10) je Autodesk-ovo rješenje za kontrolu i upravljanje datotekama na serveru. Složeni projekti se odrađuju timski, pa postoji mogućnost istovremenog rada dvaju ili više osoba na jednoj datoteci što pridonosi pogreškama i poteškoćama u radu. Vault sprječava da više korisnika istovremeno radi na istoj datoteci.

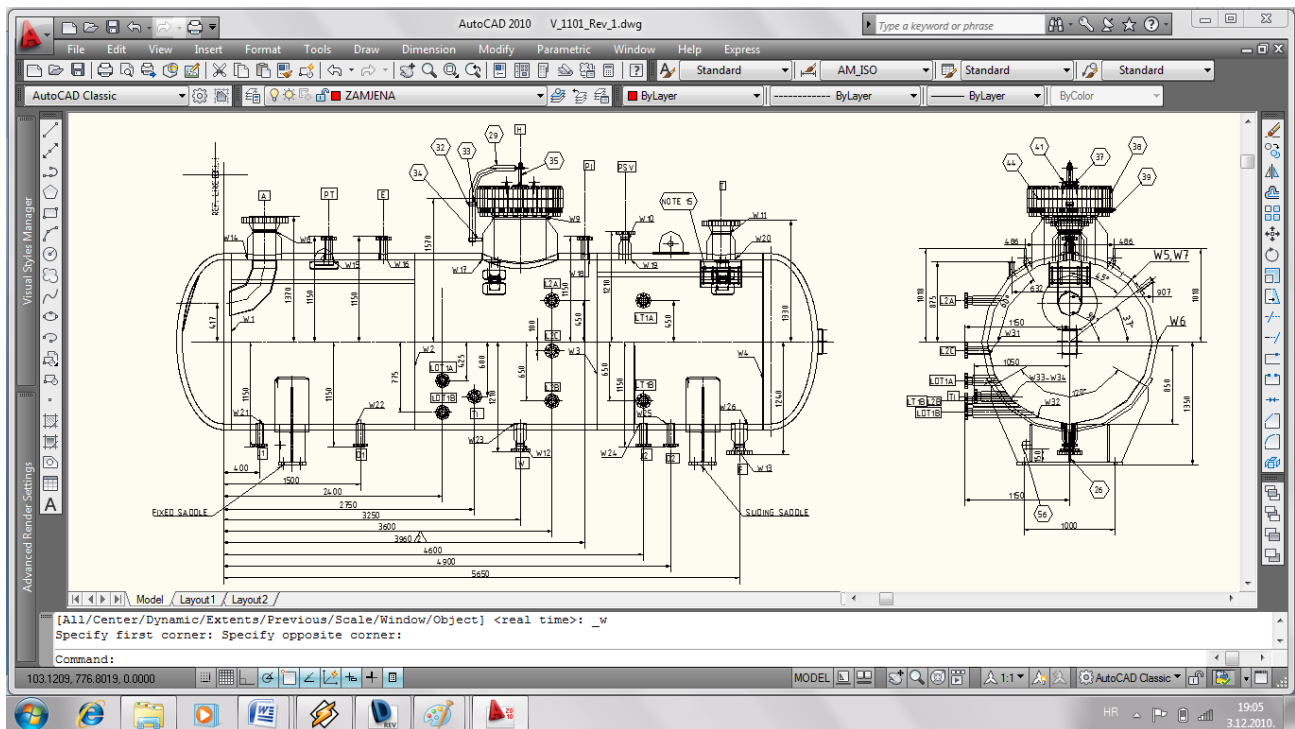
Svojom naredbom *Check Out*, dozvoljava promjenu datoteke samo jednoj osobi u danom trenutku, dok druge osobe mogu koristiti datoteku samo za pregledavanje. Promjene na datoteci se vrše radi nastavljajanja prethodnog rada ili radi unošenja izmjena, kao primjerice promjena pozicije priključka na separatoru. Izmijenjena datoteka se na server vraća pomoću naredbe *Check In* pri čemu Vault pamti vrijeme vraćanja i verziju izmjene.



Slika 3.10 Sučelje Vault-a

3.4.3 Autodesk AutoCAD

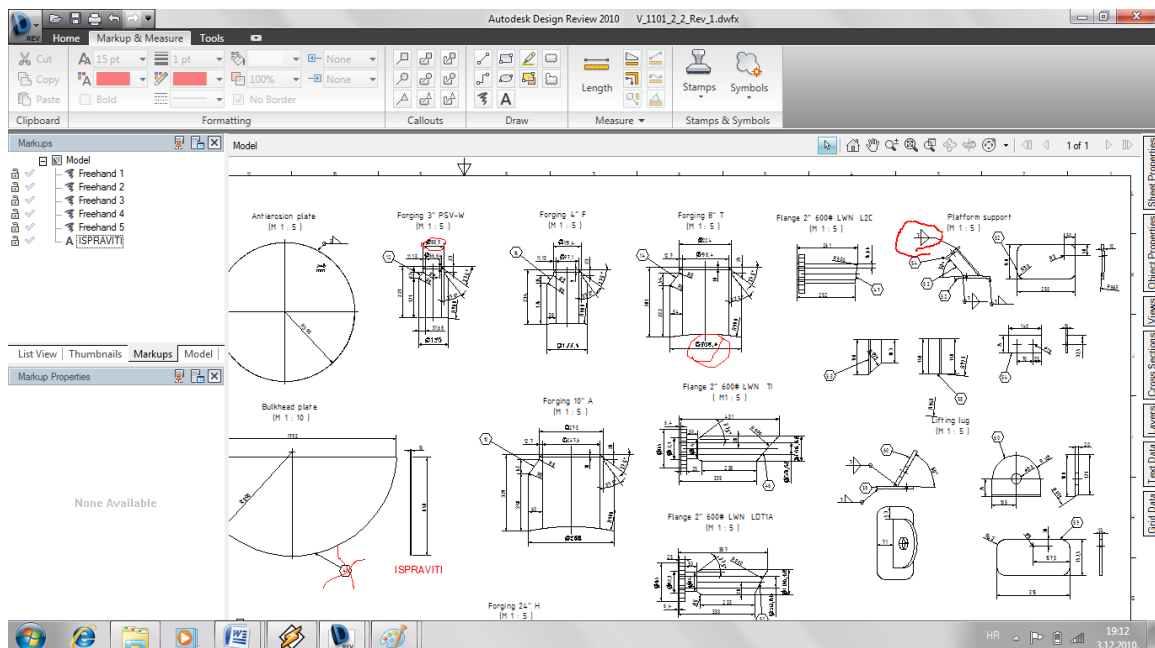
Autodesk AutoCAD (Slika 3.11), programski je paket za kreiranje i uređivanje crteža. Smatra se jednim od najpopularnijih i najraširenijih CAD (engl. *Computer Aided Design* – hrv. *računalom podržano konstruiranje*) programa. Zbog razrađenosti 2D crtanja ovaj program je idealan za dotjerivanje tehničke dokumentacije. Isto tako dosta podloga iz baznog projekta dolazi upravo u DWG (engl. *Drawing*), formatu datoteke.



Slika 3.11 Sučelje AutoCAD-a

3.4.4 Autodesk Design Review

Design Review (Slika 3.12) je program koji omogućuje kompletan digitalni način pregleda, mjerenja, označavanja te praćenja konstrukcijskih izmjena tehničke dokumentacije. U njemu je moguće označiti uočene pogreške, ali ne i napraviti izmjene. Ovaj program služi isključivo za pregledavanje i naznačavanje uočenih grešaka. Pregledani crteži se spremaju u DWF (engl. *Design Web Format*) ili DWfx (engl. *Design Web Format XPS File*) datoteke i služe kao reference za izmjenu.



Slika 3.12 Sučelje Design Review-a

3.4.5 Pomoćni alati

Pomoćni alati služe kako bi olakšali praćenje projekta kao i može bitno nadoknađivanje nedostataka već navedenih alata. Takvi alati su:

- Calculator (služi za osnovno računanje, sastavni dio svakog operativnog sustava),
- Microsoft Office Word i Excel (služe za pregledavanje podloga, sortiranje i izradu tablica i sl.),
- PDF XChange Viewer služi za čitanje dokumentacije u PDF (engl. *Portable Document Format*) formatu (primjerice razni katalozi dijelova koje izdaju proizvođači, a mogu pomoći projektantu dajući mu predodžbu o sličnim dijelovima),
- alati za komunikaciju,
- olovka, papir.

Zbog udaljenosti timova, komunikacija sa suradnicima između različitih firmi se odvijala svim dostupnim kanalima: elektronskom poštom, internet telefonijom (program *Skype*) i klasičnom telefonijom. Manje datoteke su se razmjenjivale elektronskom poštom dok je za veće i brojnije datoteke korišten datotečni server preko FTP protokola (engl. *File Transfer Protocol*), čime je omogućeno brzo kolanje dokumenata između svih suradnika na projektu.

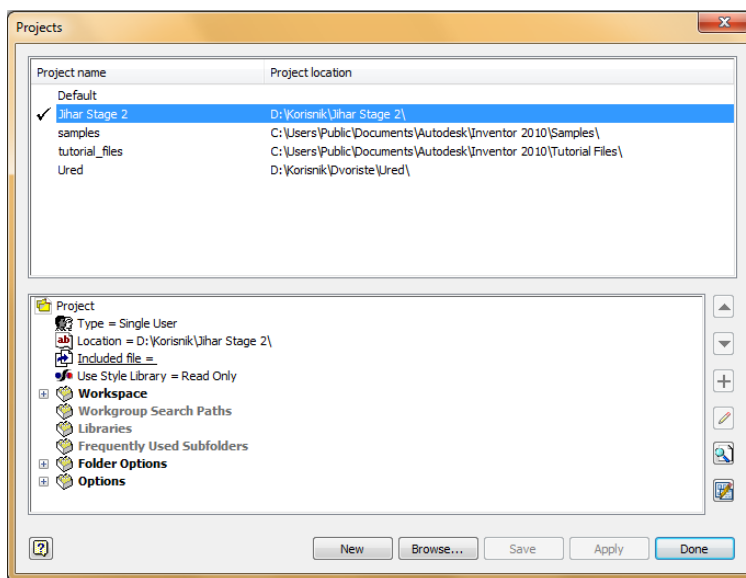
4 PROSTORNI MODEL VISOKOTLAČNOG SEPARATORA

Prostorni model visokotlačnog separatora ili prostorni model općenito, dizajnira se radi lakše prostorne predodžbe istog zato što nam pokazuje zapravo gotovo realan izgled krajnjeg proizvoda. Prednost izrade prostornog modela je u tome što na taj način imamo potpuni uvid u izgled modela te lako možemo uočiti pojavu kolizija među mnogobrojnim dijelovima visokotlačnog separatora ili kolizije sa susjednom okolinom, a što je puno teže uočiti na izvedbenom tehničkom crtežu.

U narednim poglavljima opisan je postupak izrade prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora kao i njegovo spajanje s podnicom u nekoliko osnovnih koraka. Postupak izrade cilindra visokotlačnog separatora isto tako se može primijeniti i za izradu ostalih dijelova visokotlačnog separatora pa je radi brojnosti dijelova prikazana djelomična izrada samo prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora. Isto vrijedi i za međusobno spajanje dijelova i sklopova kako bi dobili prostorni model visokotlačnog separatora.

4.1 Definiranje projekta unutar Autodesk Inventor-a

Preduvjet početku dizajniranja visokotlačnog separatora je pravilno definiranje i odabir projekta kako ne bi došlo do problema kod otvaranja pojedinih modela i sklopova. Inventor preko projekta prepoznaje položaj datoteka na Vault-u, kao i baze podataka koje trebaju za rad na projektu.



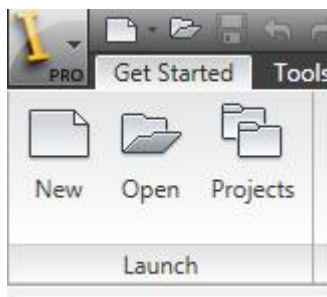
Slika 4.1 Prozor za odabir projekta

Prije svakog početka rada treba osvježiti datoteke kako bi bili sigurni da su sve datoteke u posljednjoj verziji (engl. *Up to date*). Ovo postizemo tako da odaberemo na Vault-u mogućnost preuzimanja cijelog direktorija (engl. *Get entire folder*) za direktorij projekta i zatim rezerviramo (Check Out) datoteke, na kojima će se vršiti izmjene. Navedeni korak je bitno obaviti kako ne bi došlo do rada na starijoj verziji odnosno trošenja vremena na ponavljanje istog rada.

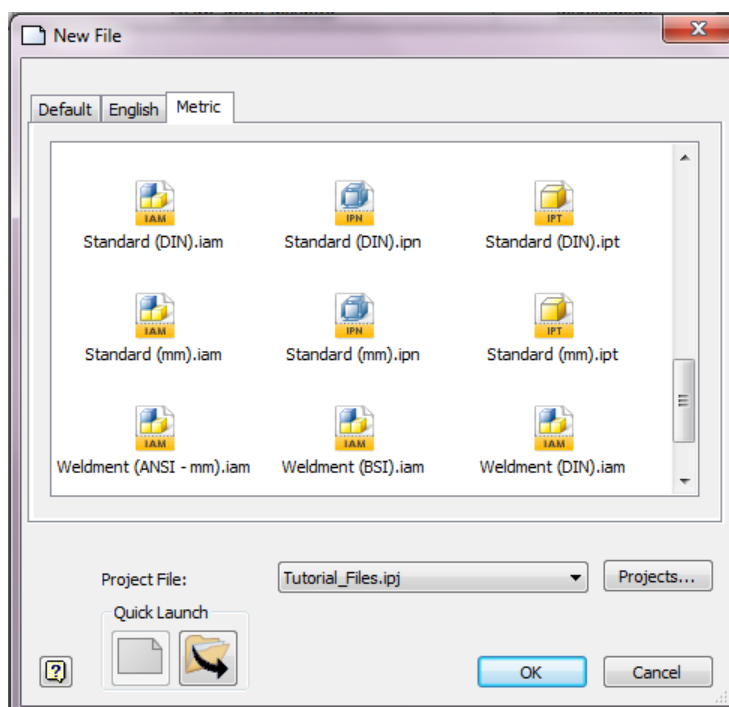
4.2 Izrada pojedinog dijela

Pokretanjem programa Inventor, otvara se Inventor-ovo sučelje u kojem se klikom u alatnoj traci (Slika 4.2) na ikonu "New" otvara prozor "New File" (nova datoteka) (Slika 4.3). Ovo nam daje mogućnost odabira rada u nekoliko specijaliziranih sučelja za izradu:

- pojedinog dijela (ikonica sa IPT¹³ nastavkom),
- sklopa (IAM¹⁴),
- tehničke dokumentacije (IDW¹⁵, DWG¹⁶) i
- prezentacije (IPN¹⁷). [9]



Slika 4.2 Dio osnovnog sučelja Inventor-a



Slika 4.3 Prozor za odabir nove datoteke

Odabiremo metrički sustav mjerenja (engl. *Metric*) i značajku *Standard (mm).ipt* te otvaramo sučelje za izradu skice (engl. *Sketch*). (Slika 4.3)

4.2.1 Izrada skice za generiranje prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora

Na slici 4.4 prikazano je kreiranje dvodimenzionalnih osnovnih parametara za oblikovanje cilindra visokotlačnog separatora (engl. *Shell*). Prvi korak je definiranje kružnice odnosno osnovne skice iz koje se u nastavku izvodi cilindar separatora. Klikom na ikonicu za skiciranje kružnice

¹³ Kratica na engleskom *Inventor single part file*

¹⁴ Kratica na engleskom *Inventor assembly file*

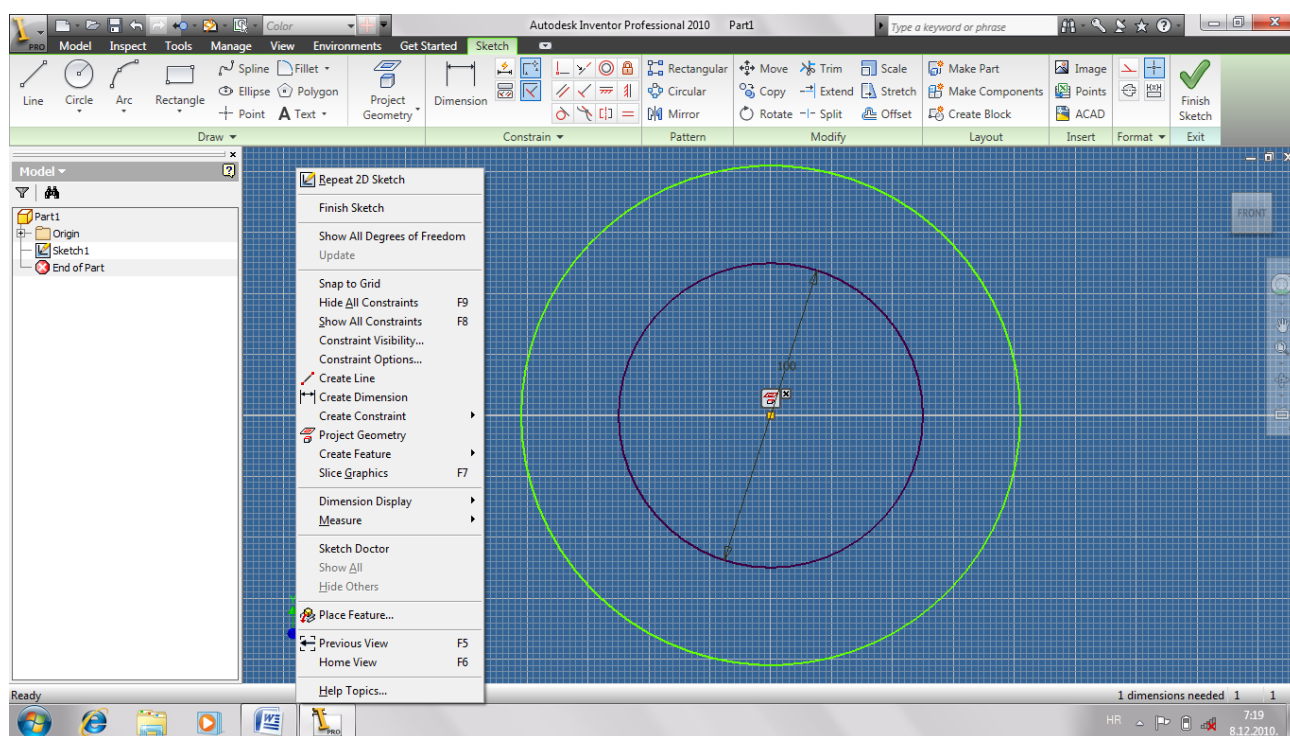
¹⁵ Kratica na engleskom *Inventor 2D detail drawing file*

¹⁶ Kratica na engleskom *Inventor 2D detail drawing file*

¹⁷ Kratica na engleskom *Inventor presentation file*

(engl. *Circle*) u osnovnom alatnom izborniku, odabrali smo alat za skiciranje kružnice koju i konstruiramo u prostoru za skiciranje. Nakon što smo konstruirali kružnicu, njezin luk će biti zelene boje što znači da skica nije potpuno određena, odnosno da joj nedostaje dimenzija (moguće povećanje i smanjenje kružnice klikom na njezin luk i pomicanjem miša u bilo kojem smjeru) i položaj u ravni s obzirom na ishodište koordinatnog sustava x, y, z (klikom na središte kružnice i pomicanjem miša, kružnica prati pomake miša). Dimenzija se određuje klikom na ikonicu dimenzija (engl. *Dimension*) i na luk kružnice te se potom upiše željena dimenzija čime smo odredili promjer kružnice. Položaj u ravni određujemo na taj način da kružnicu konstruiramo u središtu koordinatnog sustava odnosno u središtu ravni (vidljiva ljubičasta točka) te pomoću fiksne točke (engl. *Fix point*), alatni izbornik *Constrain*, *Fix*, koju postavljamo u središte kružnice što sprječava njezino pomicanje u ravni. Na taj način dobili smo potpuno određenu (engl. *Fully Constrain*) kružnicu koja je crne boje. Potpuno određivanje skice je potrebno kako bi se u kasnijem postupku sastavljanja separatora i radu s radnim ravninama izbjeglo nenamjerno pomicanje dijela s obzirom na vlastiti koordinatni sustav te došlo do kolizije sa separatorom i problema prilikom izrade izvedbene tehničke dokumentacije.

Dvije kružnice su skicirane zbog toga što unutarnja predstavlja unutarnji promjer separatora I.D., a vanjska, vanjski promjer separatora O.D.



Slika 4.4 Osnovno sučelje za skiciranje

Osim navedenih alata za skiciranje u alatnom izborniku dostupni su i sljedeći alati kao što su npr.:

- alat za konstruiranje linije (engl. *Line*),
- alat za konstruiranje pravokutnika (engl. *Rectangle*),
- alat za ograničavanje skica (engl. *Constrain*) i sl.

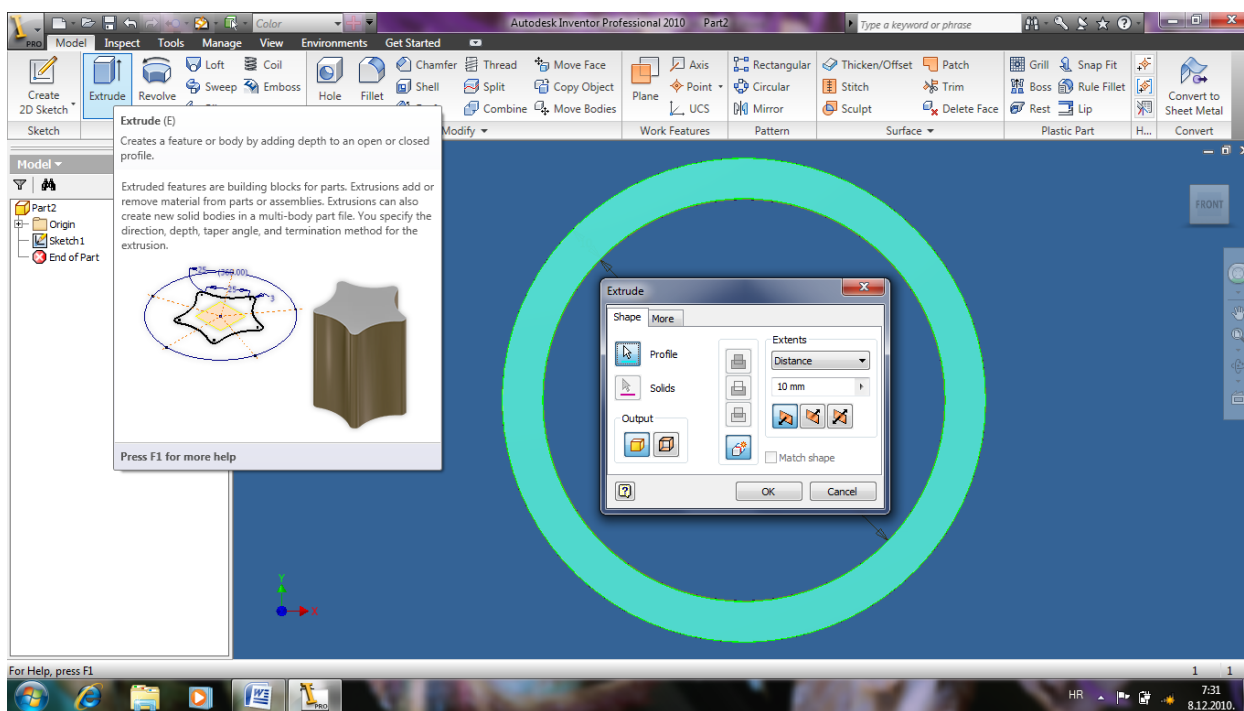
4.2.2 Izrada prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora

Sljedeći korak je zatvaranje sučelja za skiciranje i pokretanje sučelja za prostorno oblikovanje. Klikom na ikonicu za završavanje skice (engl. *Finish Sketch*), automatski se pokreće sučelje za prostorno oblikovanje dijela/modela (engl. *Model*). U izborniku za odabir alata za modeliranje dostupni su sljedeći alati:

- alat za ekstrudiranje (engl. *Extrude*),
- alat za kružno ekstrudiranje (engl. *Revolve*),
- alat za provrte (engl. *Hole*) i sl.

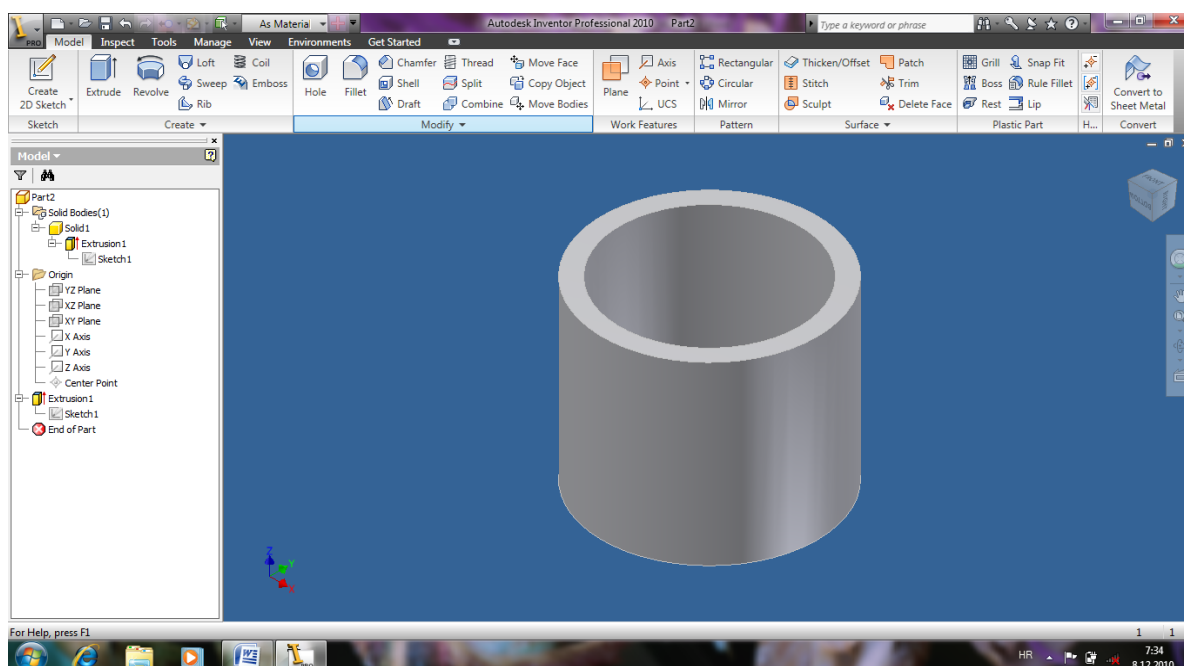
Postupak ekstrudiranja prikazan je na slici 4.5. Klikom na ikonicu *Extrude* otvaramo prozor koji sadrži osnovne parametre za definiranje:

- profila za ekstrudiranje (engl. *Profil*), određujemo ga klikom na površinu koju želimo ekstrudirati (mora biti omeđena linijama), svijetla površina između dvije kružnice (debljina stijenke cilindra/separatora),
- mjera (engl. *Extents*) za definiranje duljine ekstrudiranja,
- smjera ekstrudiranja pomoću prikazanih ravnina sa strelicom i sl.



Slika 4.5 Ekstrudiranje

Definiranjem željenih parametara i klikom na ikonu *OK*, Inventor generira prikaz prostornog modela cilindra visokotlačnog separatora, kao što je prikazano na slici 4.6. Na slici 4.6 možemo uočiti kako na cilindru visokotlačnog separatora nisu vidljivi otvori za priključke koje oblikujemo kombinacijom skica, radnih ravnina i alatom za provrte.



Slika 4.6 Cilindar visokotlačnog separatora

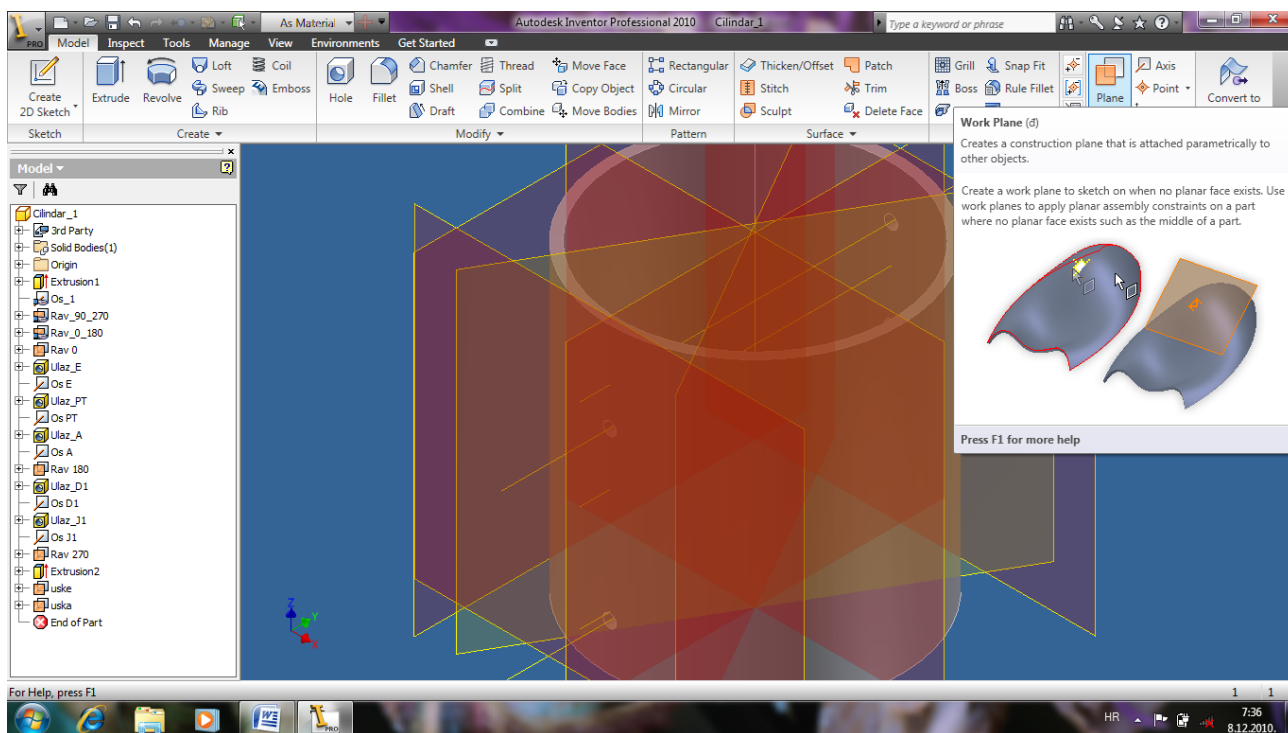
Na slici 4.7 možemo vidjeti unutrašnjost cilindra visokotlačnog separatora u postupku izrade otvora za odgovarajuće priključke. Otvori su se radili nakon zavarivanja podnice i cilindra kako bi se još jednom točno utvrdili položaji otvora, jer se trebalo paziti na udaljenost otvora od zavareske budući da se s otvorima spajaju priključci. Propisana je udaljenost od zavareske do zavareske minimalno 50 milimetara za visokotlačne posude kako ne bi došlo do neželjenih posljedica kao npr. pucanje prilikom rada zbog velikog radnog tlaka.



Slika 4.7 Izrada otvora na cilindru visokotlačnog separatora

4.2.3 Radna ravnina

Radna ravnina (engl. *Work Plane*) je najvažniji alat za obradu prostornog modela zbog toga što na nju crtamo skicu čiji se profil potom ekstrudira, vrši bušenje rupa i sl. Samo pravilnim postavljanjem ravnine moguće je na cilindru odrediti točan položaj provrta odnosno mjesta gdje dolaze željeni priključci kao što je i prikazano na slici 4.8.



Slika 4.8 Radne ravnine

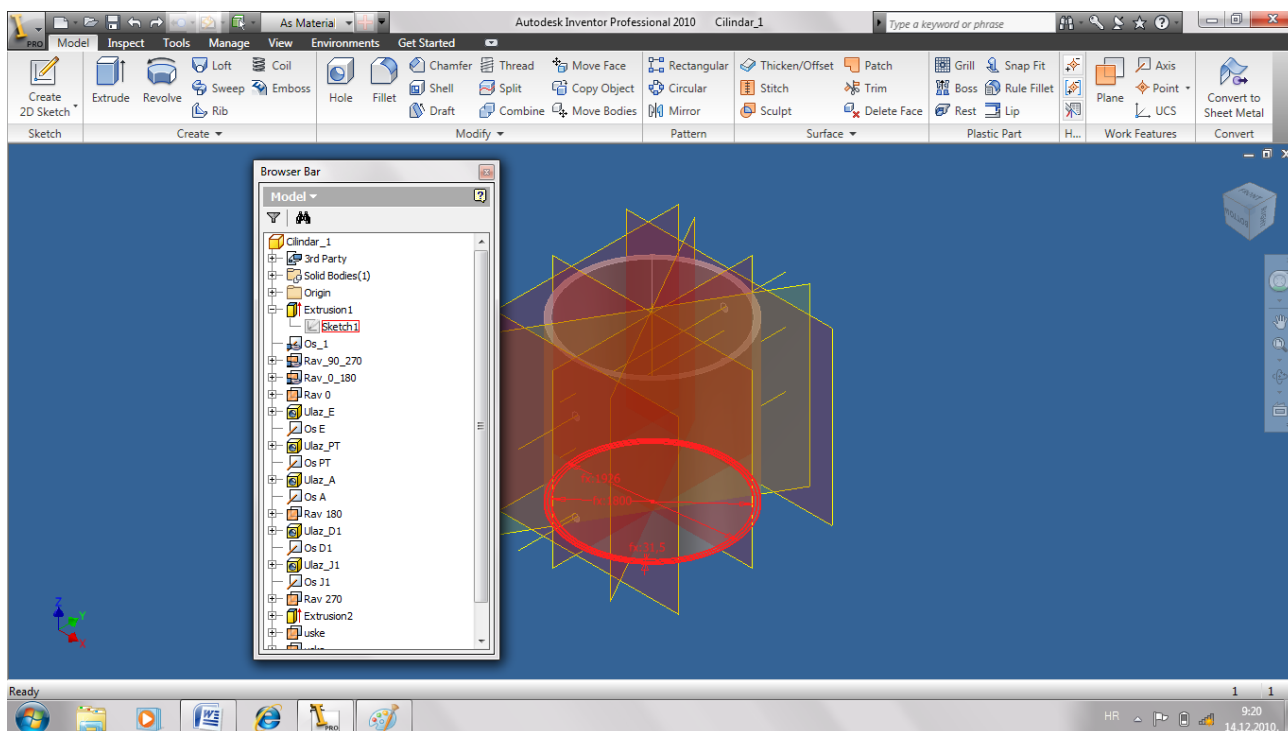
Radna ravnina dio je izbornika radnih značajki (engl. *Work Features*) koje čine i:

- radna os (engl. *Work Axis*),
- radna točka (engl. *Work Point*) i
- korisnički koordinatni sustav (engl. *User Coordinate System*).

4.2.4 Stablo ili pregledna traka

Stablo ili pregledna traka (engl. *Browser Bar*) služi za praćenje slijeda izrade prostornog modela. Stablo se proširuje svakom novom izmjenom (ekstrudiranjem, definiranjem nove radne ravnine i sl.), koju vršimo na prostornom modelu. Isto tako stablo nam omogućuje povratak na prethodni korak koji onda možemo izmijeniti ukoliko je to potrebno. Vraćanje na prethodni korak prostornog modeliranja bilo je vrlo važno kod definiranja provrta za priključke visokotlačnog separatora zato što je dolazilo do promjena pozicije i dimenzija istih.

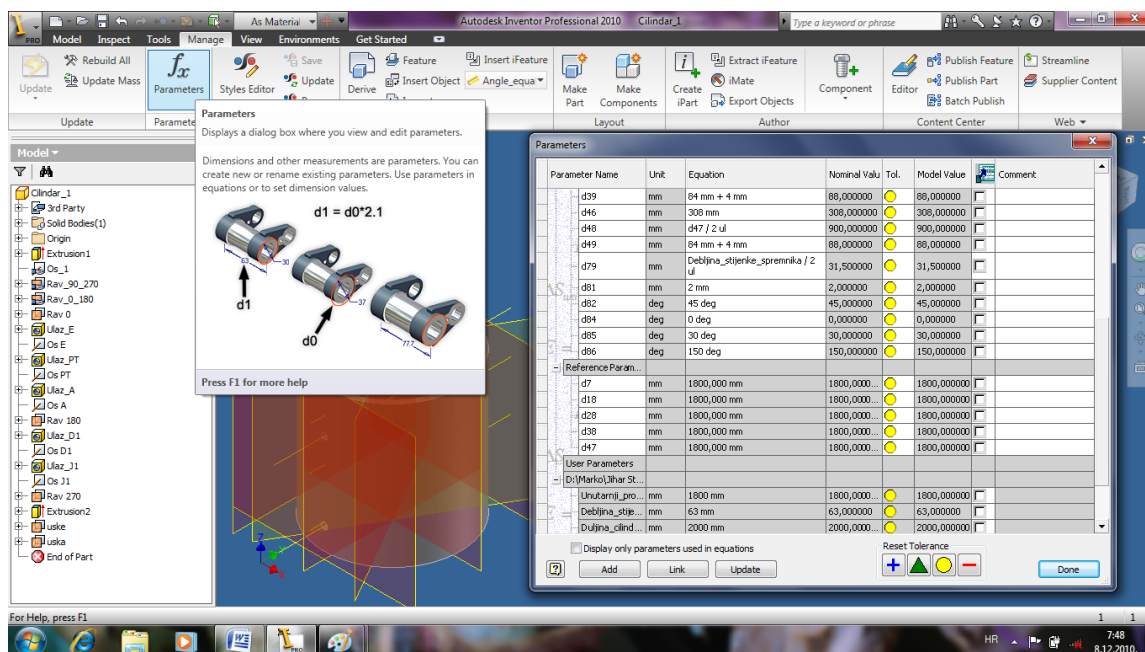
Na slici 4.9 prikazana je pregledna traka u kojoj npr. klikom na skicu ekstrudiranja omogućavamo promjenu promjera cilindra visokotlačnog separatora, ukoliko je to potrebno.



Slika 4.9 Stablo ili tok izrade prostornog modela

4.2.5 Parametri

Radi učestalih promjena pozicija i dimenzija priključaka visokotlačnog separatora za unošenje njihovih promjena u prostorni model korištena je opcija parametriziranja (Slika 4.10). Parametri (engl. *Parameters*) omogućuju unošenje različitih parametara pomoću programa Microsoft Office Excel, ali sadrži i automatski generirane parametre koji nastaju definiranjem skice. Parametri mogu biti promjer cilindra visokotlačnog separatora, debljina stjenke cilindra visokotlačnog separatora, duljina cilindra visokotlačnog separatora i sl.



Slika 4.10 Primjena parametara

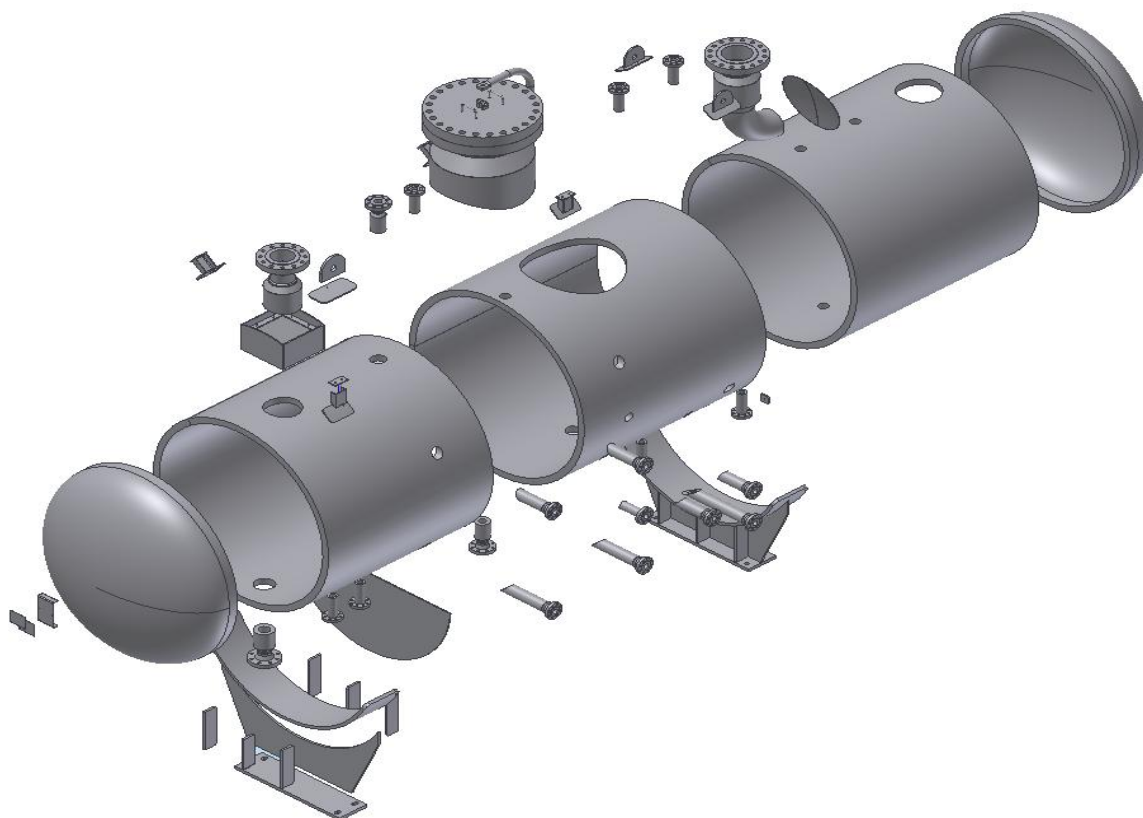
Prilikom izrade visokotlačnog separatora, parametrima se koristilo kako bi se izbjeglo izmjenjivanje dimenzija cilindra preko stabla. U Excel-ovoj tablici 4.1 prikazani su parametri korišteni u prostornom modeliranju visokotlačnog separatora. Nakon što se podaci unesu u Excel-u otvaramo prozor za parametre u Inventor-u te pomoću ikone dodaj (engl. *Add*), dodajemo korisničke parametre (engl. *User Parameters*), ispod automatski generiranih parametara. Prilikom izmjene parametara potrebno je parametre izmijeniti samo u Excel datoteci, dok se kod prostornog modela na ikonicu za ažuriranje (engl. *Update*) generira prikaz cilindra s novim dimenzijama.

Tablica 4.1 Parametri cilindra

Unutarnji promjer spremnika	1800mm
Debljina stijenke spremnika	63mm
Duljina cilindra 1	2000mm
Duljina cilindra 2	2000mm
Duljina cilindra 3	1812mm
Duljina dodatka elipsi	90mm

4.3 Sastavljanje sklopa visokotlačnog separatora

Sklop (engl. *Assembly*) predstavlja prostorni model sastavljen iz više pojedinih dijelova ili više pojedinih sklopova. Takav sklop je i visokotlačni separator koji se sastoji iz niza dijelova i sklopova kao što su: cilindar, kupola, priključci, cijevi, sedla i sl. (Slika 4.11)

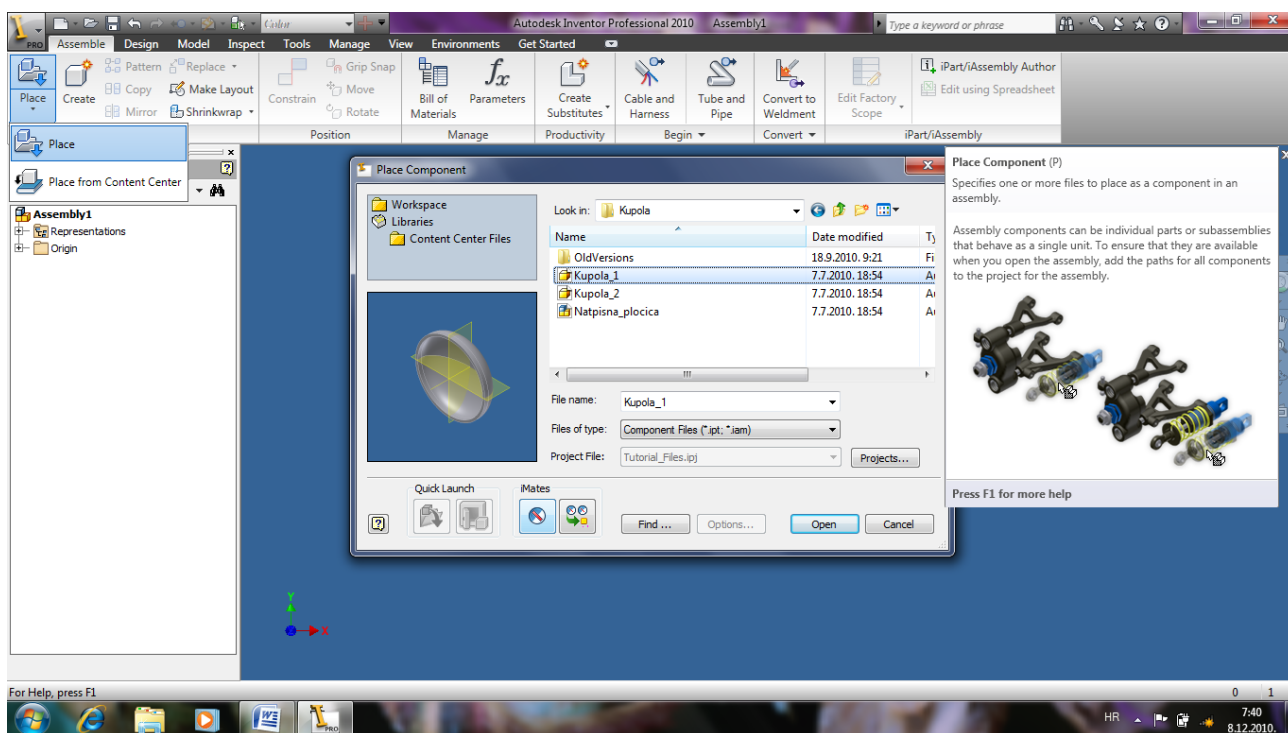


Slika 4.11 Visokotlačni separator rastavljen na dijelove

Sučelje za izradu sklopa u Inventor-u pokrećemo istim principom kao i sučelje za izradu skice, jedina razlika je u odabiru ikonice s nastavkom IAM, *Standard (mm).iam*. (Slika 4.3)

4.3.1 Dodavanje pojedinih dijelova ili sklopova

Slika 4.12 prikazuje osnovno sučelje za izradu sklopa kao i postupak dodavanja pojedinog dijela ili sklopa u ovom slučaju podnice visokotlačnog separatora. U alatnom izborniku klikom na ikonu postavi (engl. *Place*), otvara se prozor za odabir dijela ili sklopa koji želimo dodati u sklopno sučelje. Izborom željenog dijela ili sklopa i njegovim dodavanjem već dodanim dijelovima ili sklopovima unutar sučelja za izradu sklopa postavili smo osnovni uvjet za izradu sklopa visokotlačnog separatora koji se realizira povezivanjem istih, a što je detaljnije objašnjeno u narednom tekstu.



Slika 4.12 Umetanje dijelova u sklopno sučelje

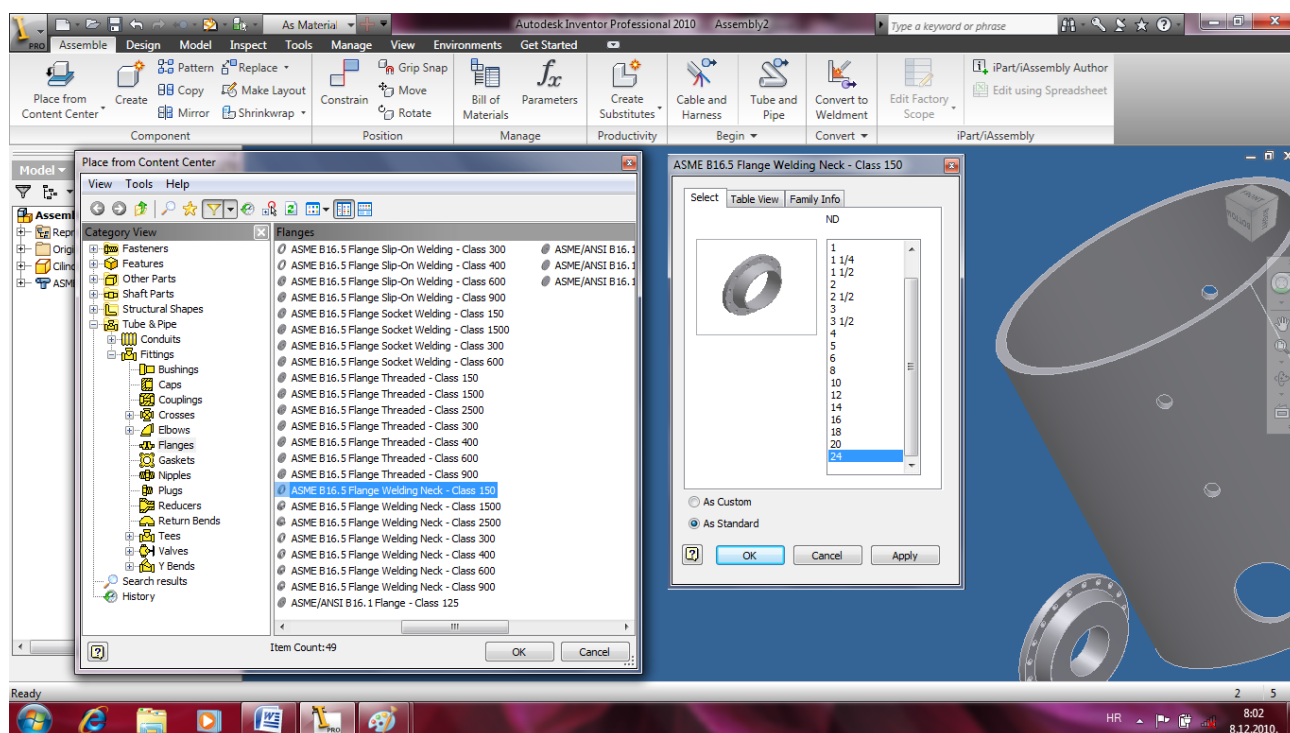
Dijelovi koji se dodaju mogu biti:

- osobni, (cilindar, sedlo i sl.) i
- standardni, dijelovi iz Inventor-ove baze izvorno nazvane Content Center.

4.3.2 Baza standardnih dijelova

Inventor sadrži vlastitu bazu dijelova izvorno nazvane *Content Centre*, a ona se sastoji od standardnih dijelova kao npr. priрубnice, vijci, matice, ventili, cijevi i sl. koji su definirani po ASME, DIN, ISO i dr. standardima. Baza je napravljena iz tog razloga što su to standardni dijelovi koji se primjenjuju u cijelom svijetu, odnosno kako bi se izbjegla osobna izrada istih zbog mogućih pogrešaka, nestandardnosti.

Standardni dijelovi se postavljaju klikom na izvorne ikonice *Place*, *Place from Content Centre* pomoću kojih otvaramo prozor za odabir standardnih dijelova kao što je prikazano na slici 4.13. Odabirom željenog standardnog dijela npr. priрубnice i klikom na njezinu ikonu otvara se prozor za odabir dimenzija priрубnice. Pritiskom na *OK* priрубnica se generira u sučelju sklopa te je možemo povezati u sklop na isti način kao i osobni dio.



Slika 4.13 Baza standardnih dijelova

Bitno je napomenuti da se dodavanjem standardnih dijelova na ovaj način u sklop, njihov oblik ne može mijenjati, a pod tim podrazumijevamo npr. dodatno ekstrudiranje i sl. U koliko je potrebno doraditi standardni dio to možemo postići snimanjem standardnog dijela u osobnu datoteku, na taj način presijecamo vezu standardnog dijela sa bazom, postaje osobni dio. Navedeni postupak je korišten prilikom spajanja LWN prirubnice sa cilindrom visokotlačnog separatora jer je za povezivanje visokotlačnog separatora i LWN prirubnice, grlo LWN prirubnice moralo biti obrađeno na taj način da se idealno poklapa sa unutarnjim promjerom cilindra visokotlačnog separatora (glatki spoj).

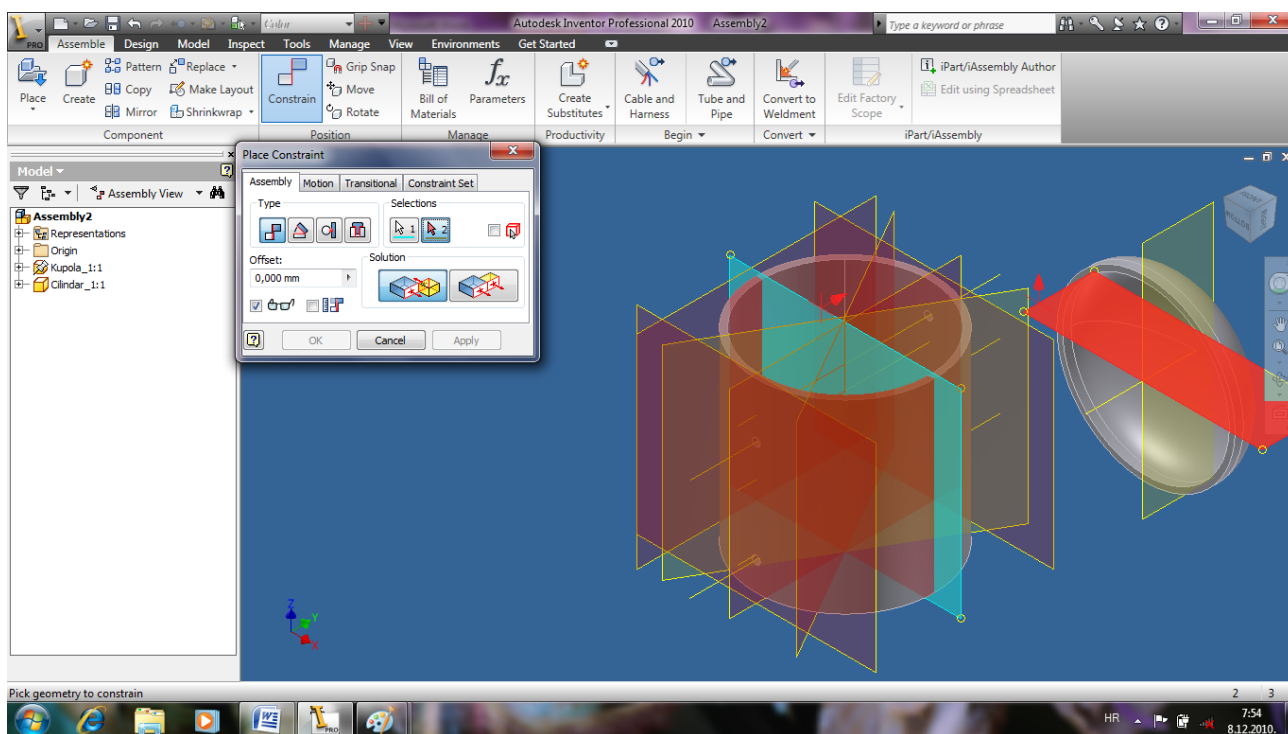


Slika 4.14 LWN prirubnica

4.3.3 Povezivanje dijelova i sklopova u jedan sklop

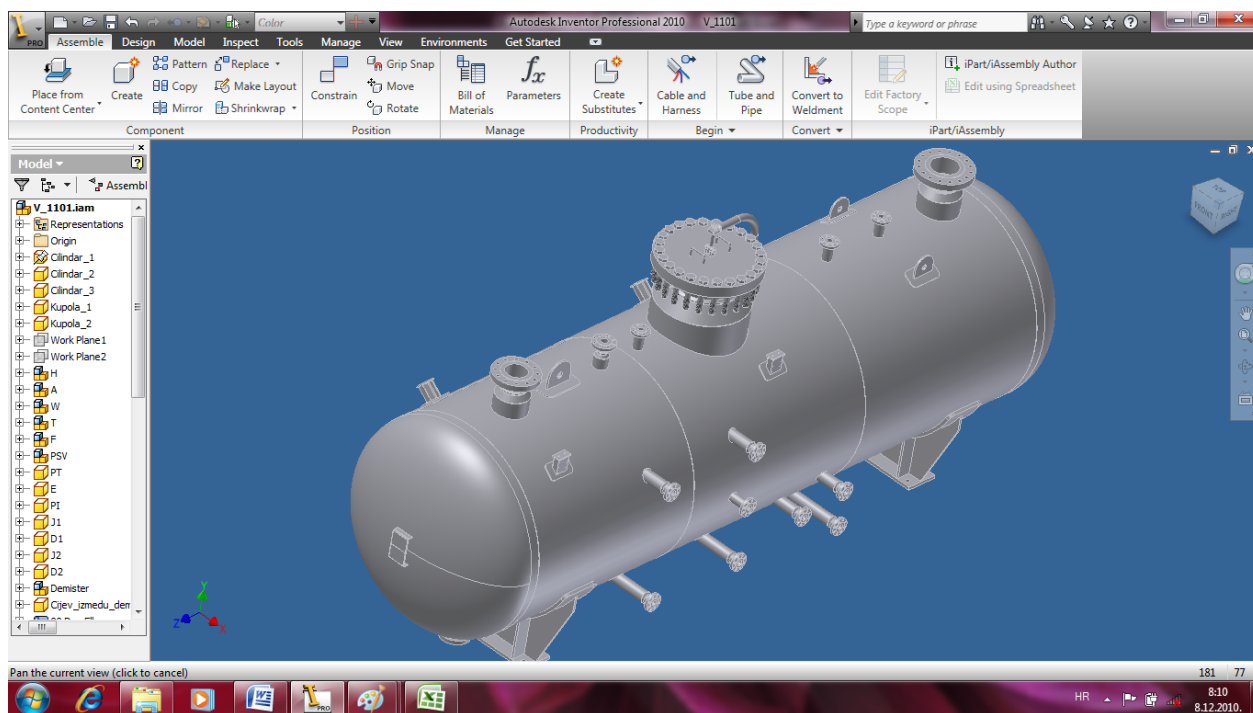
Nakon dodavanja željenih dijelova visokotlačnog separatora unutar sklopnog sučelja vrši se njihovo međusobno povezivanje, kao što je prikazano na slici 4.15. Povezivanje npr. cilindra visokotlačnog separatora i podnice visokotlačnog separatora, omogućava ikonica za ograničavanje (engl. *Constrain*). Klikom na navedenu ikonicu otvara se prozor za postavljanje ograničenja (engl. *Place Constraint*) unutar kojega zadajemo željena ograničenja klikom na željene opcije. Odabirom željenih opcija i radnih ravnina (svijetlo plave i crvene boje), profila dijelova ili sklopova, definirani su parametri ograničenja te će se na taj način međusobno povezati. Prilikom povezivanja dijelova ili sklopova potrebno je izvesti čvrsti spoj kako bi dio ili sklop bio onemogućen pomicati se po bilo kojoj ravni ili oko osi. Pomicanje dijelova ili sklopa koji su povezani je nepoželjno iz toga razloga što može doći do pomaka istih i uzrokovati međusobnu koliziju, a što prouzrokuje i određene poteškoće u izradi izvedbene tehničke dokumentacije (nemogućnost kotiranja).

U gornjem desnom kutu nalazi se kocka koja omogućava pozicioniranje pogleda na sklop, a malo ispod alatna traka za dodatno namještanje položaja sklopa. Ove opcije omogućuju lakši odabir ravnina i profila.



Slika 4.15 Povezivanje dijelova u jedinstveni sklop

Izgled gotovog sklopa prostornog modela visokotlačnog separatora prikazan je na slici 4.16, dok na slici 4.17 možemo vidjeti stvarni model i završnu fazu spajanja sedla visokotlačnog separatora.



Slika 4.16 Sklop visokotlačnog separatora



Slika 4.17 Visokotlačni separator, spajanje sedla

4.3.4 Stablo ili pregledna traka sklopa

Stablo ili pregledna traka sklopa pruža nam mogućnost otvaranja pojedinog dijela u sklopu i njegovu izmjenu kao što je objašnjeno u poglavlju 4.2.4. Vraćanjem u glavni sklop promjene napravite na pojedinom dijelu automatski se snimaju te ostaju otvaranjem istog.

Sklop visokotlačnog separatora sastoji se od ukupno 170 komponenti, od kojih je 80 komponenti projektiranih, a 90 komponenti je uzeto iz baze standardnih dijelova.

5 IZVEDBENA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA VISOKOTLAČNOG SEPARATORA

Prilikom izrade visokotlačnog separatora nije nam dovoljan samo prostoran model visokotlačnog separatora jer nam ne prikazuje potpune podatke potrebne za izradu visokotlačnog separatora, kao primjerice: materijal, broj jednakih komponenti, dimenzije razvijenih komponenti, tip zavora i sl. Zbog navedenih razloga radimo izvedbenu tehničku dokumentaciju visokotlačnog separatora koja sadrži sve potrebne podatke za izradu visokotlačnog separatora.

U narednim pod poglavljima biti će opisan postupak izrade izvedbene tehničke dokumentacije visokotlačnog separatora koja je rađena u dvije faze:

1. Izrada u Inventor-u i
2. Dorada u AutoCAD-u.

Postupak izrade izvedbene tehničke dokumentacije u Inventor-u je jednostavan zbog povezanosti prostornog modela s dokumentacijom. Promjenom modela automatski se generiraju i promjene u dokumentaciji.

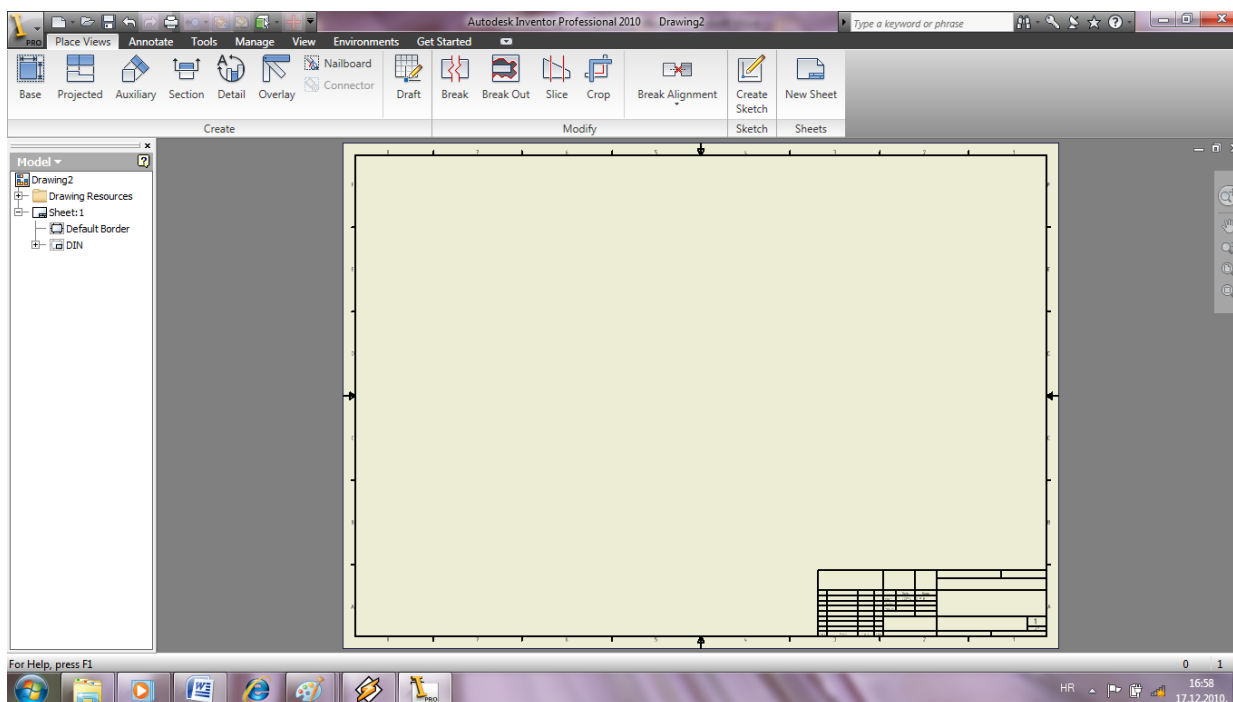
Izvedbeni crtež prikazuje strojni dio (nerastavljiv) sa svim potrebnim podacima za njegovu izradu. [5]

Tehnički crtež jednoznačan je i potpuna informacija o nekom proizvodu. Na tehničkim crtežima proizvodi su prikazani sukladno određenim pravilima, odnosno normama važećim za tehničko crtanje. [5]

Zadatak je tehničkog crtanja u strojarstvu da se pomoću crteža ili skupa crteža u potpunosti jednoznačno definirani oblik, funkcija, izmjere (veličine), vrsta obrade, materijal, kvaliteta, tolerancije duljinskih izmjera i tolerancije položaja i oblika te ostale bitne karakteristike dijelova, strojeva, uređaja i postrojenja, jasno i jednoznačno za sve strojarske inženjere i tehničare svijeta, bez obzira na njihovo pismo ili jezik kojim govore. [5]

5.1 Izvedbena tehnička dokumentacija u Autodesk Inventor-u

Izvedbena tehnička dokumentacija rađena je u specijaliziranom Inventor-ovom sučelju za izradu tehničke dokumentacije (Slika 5.1). Pokretanje sučelja vršimo istim principom kao i pokretanje sučelje za izradu skice, jedina razlika je u odabiru značajke s nastavkom IDW, *DIN (mm) .idw*. (Slika 4.3) Ovaj korak se koristi u koliko se želi raditi s originalnom Inventor datotekom, ali budući da se u izradi izvedbene tehničke dokumentacije koristio interni predložak (korigirane debljine linija, kote, format lista i sl.), pokrećemo ga na taj način da kliknemo na ikonu *Open*, pronađemo u direktoriju željenu datoteku, potom kliknemo ikonu *OK*, te se generira sučelje za izradu tehničke dokumentacije prilagođeno korisničkim zahtjevima.



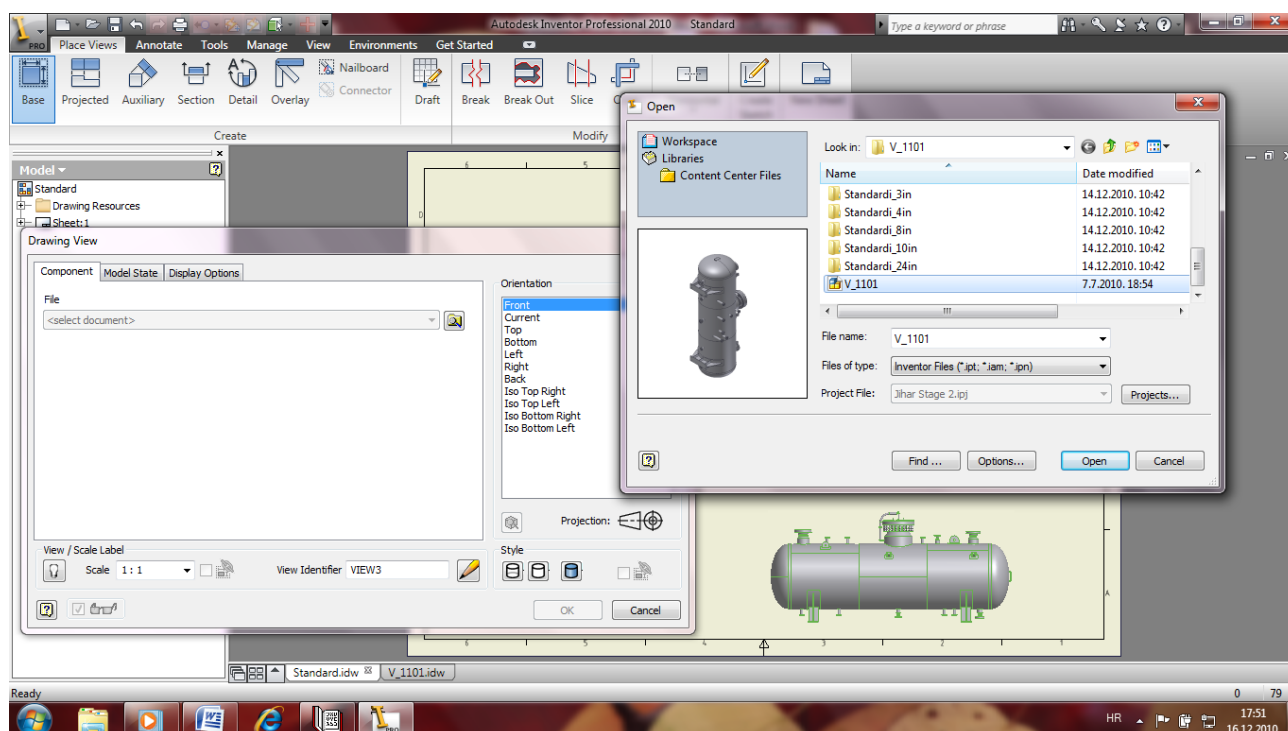
Slika 5.1 Sučelje za izradu tehničke dokumentacije

Iz alatne trake sučelja za izradu tehničke dokumentacije sljedeći alati su jedni od važnijih alata koji se koriste prilikom izrade izvedbene tehničke dokumentacije:

- *Base View* – alat za kreiranje baznog pogleda iz kojeg se projiciraju svi ostali pogledi (nacrt, bokocrt, tlocrt, izometrijski prikaz),
- *Projected View* – alat za generiranje/projiciranje ortogonalnog ili izometrijskog prikaza iz baznog pogleda ili bilo kojeg drugog postojećeg pogleda,
- *Section View* – alat za generiranje presjeka i prikaz unutrašnjosti željenog dijela modela,
- *Parts List* – alat za generiranje liste pojedinih dijelova modela,
- *General Dimension* – alat za generiranje dimenzija modela,
- *Centerline* – alat za izvlačenje simetrala i sl.

5.1.1 Kreiranje baznog pogleda

Nakon što smo otvorili sučelje za izradu izvedbene tehničke dokumentacije, prvi korak je postavljanje baznog pogleda na list (engl. *Sheet*) unutar sučelja. Klikom na ikonu *Base View* otvara se prozor za odabir pogleda crteža (engl. *Drawing View*) unutar kojeg odabiremo željeni sklop (File) koji želimo prikazati, bazni pogled (npr. tlocrt (engl. *Top*)), mjerilo (engl. *Scale*) i sl. Potom postavimo odabrani pogled visokotlačnog separatora klikom na željeno mjesto na listu nakon čega možemo generirati potrebne projekcije. (Slika 5.2)

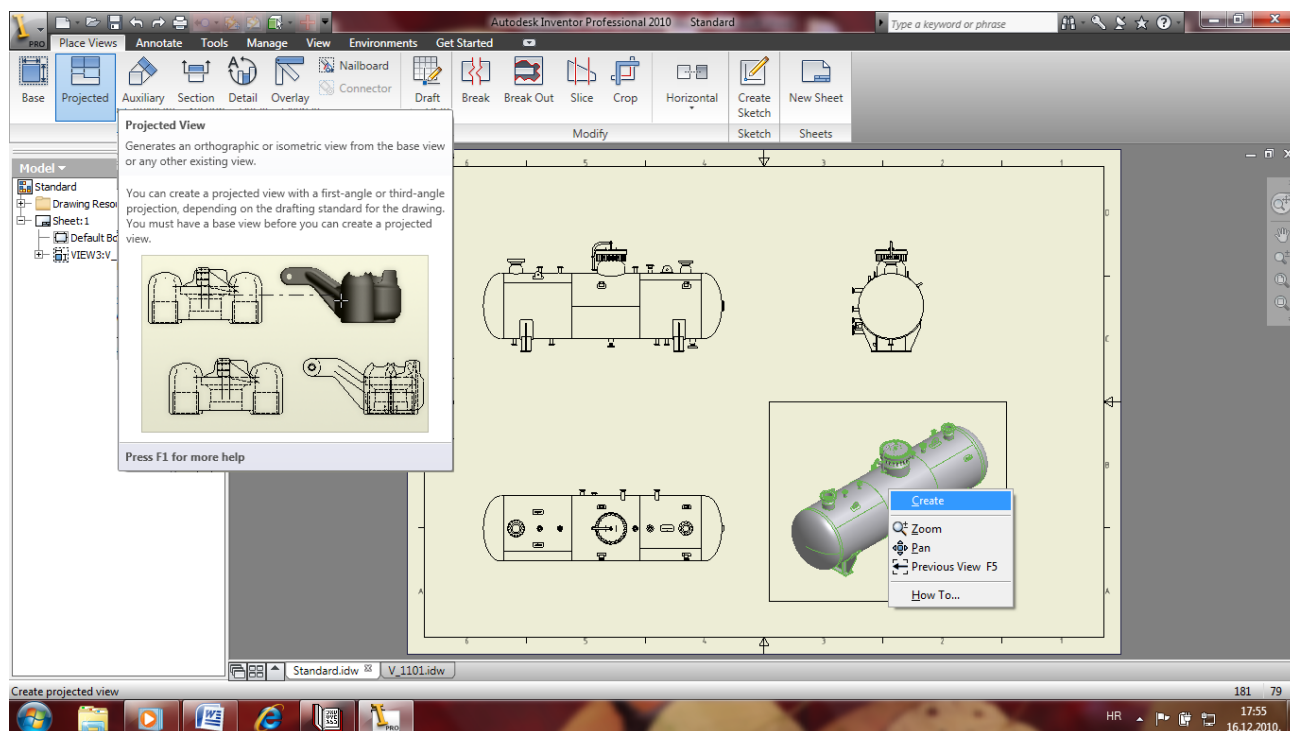


Slika 5.2 Definiranje glavnog pogleda

5.1.2 Generiranje projekcija

Sljedeći korak u izradi izvedbene tehničke dokumentacije visokotlačnog separatora je generiranje projekcija baznog pogleda visokotlačnog separatora koje će nam olakšati prikaz svih potrebnih dimenzija za izradu visokotlačnog separatora kao i izgled visokotlačnog separatora.

Generiranje projekcija vrši se pomoću alata *Projected View* čijim odabirom se aktivira alat za generiranje projekcija. Nakon aktivacije potrebno je odabrati bazni pogled te pomicanjem miša u bilo koju stranu moguće je generiranje nove projekcije koju generiramo desnim klikom i odabirom opcije *kreiraj* (engl. *Create*) nakon željenog pozicioniranja. Postupak generiranja i pozicioniranja projekcije prikazan je na slici 5.3.



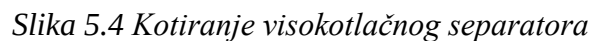
Slika 5.3 Generiranje i pozicioniranje projekcija

5.1.3 Generiranje dimenzija visokotlačnog separatora

Generiranje dimenzija se vrši aktiviranjem alata *Dimension* te klikom na željenu liniju visokotlačnog separatora kojoj želimo dati pripadajuću dimenziju i povlačenjem miša u smjeru u kojem želimo dimenziju pozicionirati. (Slika 5.4) Na sličan način kao i dimenzije unosimo i npr. oznake zavora, simetrala, brojeve pozicija i sl.

Sve aktivnosti vezane uz postavljanje bilo kakvih numeričkih vrijednosti, simbola, znakovlja, simetrala i sl. na tehničkom crtežu, nazivamo kotiranje.

Kotiranje je vrlo važno te projektant mora posvetiti iznimnu pozornost ovoj aktivnosti jer upravo pogrešno kotiranje izaziva najviše materijalne štete koja se nažalost otkrije tek u postupku izrade, kada je gotovo nemoguće ispraviti nastalu štetu. Kotiranje je vrlo dobro riješeno u Inventor-u zbog toga što je tehnički crtež automatski povezan s prostornim modelom pa se kod bilo kakve izmjene parametara prostornog modela automatski generira novo stanje u tehničkom crtežu, primjerice dimenzija. To nam daje dodatnu sigurnost i smanjuje mogućnost pogreške.



Specifikacija pojedinih dijelova visokotlačnog separatora definira se pomoću alata *Parts List*, unutar kojeg odabirom bilo koje projekcije visokotlačnog separatora i prihvaćanjem odabrane projekcije generiramo listu dijelova/sastavnicu (tablica crvene boje) unutar koje su definirani svi dijelovi (pozicije) nacrtanog sklopa te svi karakteristični podaci o dijelu. (Slika 5.5)



Budući da osnovna Inventor-ova lista dijelova nije u potpunosti odgovarala zahtjevima projekta bilo je potrebno napraviti određene izmjene te kreirati zadovoljavajuću listu dijelova. Uređivanje liste dijelova je moguće dvostrukim klikom na istu.

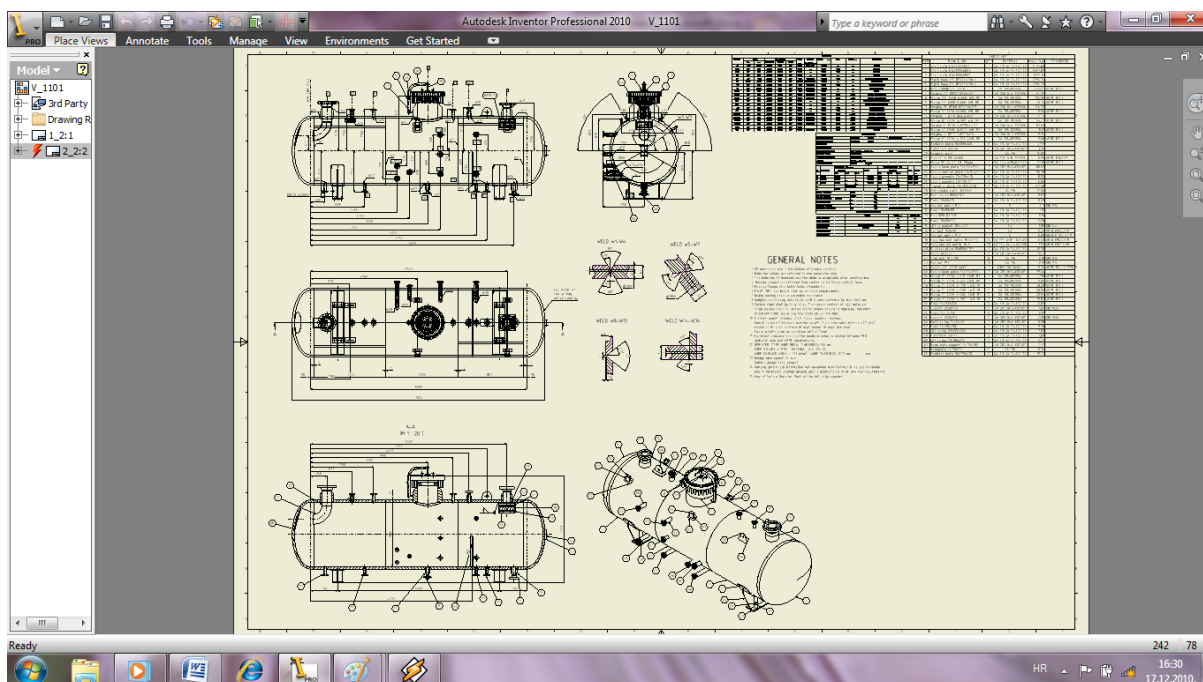
Tablica 5.1 Izvorna lista dijelova visokotlačnog separatora

PARTS LIST					
ITEM	Name & dim.	QTY	MATERIAL	MASS (kg)	STANDARD
1	Shell plate 63x1812x5853	1	SA 516 Gr.70-K02700	5735,68	
2	Shell plate 63x2000x5853	1	SA 516 Gr.70-K02700	5497,89	
3	Shell plate 63x2000x5853	1	SA 516 Gr.70-K02700	5181,34	
4	Elliptic head 2:1, ID1800x61(min)	1	SA 516 Gr.70-K02700	2094,74	
5	Elliptic head 2:1, ID1800x61(min)	1	SA 516 Gr.70-K02700	2094,74	
6	Blind flange 24" 600#	1	SA 105-K03504	534,57	ASME B16.5
7	Forging 24" Ø825/Ø566x557	1	SA 266 Gr.2-K03506	891,01	
8	Flange 24" 600# Sch 60 W.N. DE	1	SA 105-K03504	402,06	ASME B16.5

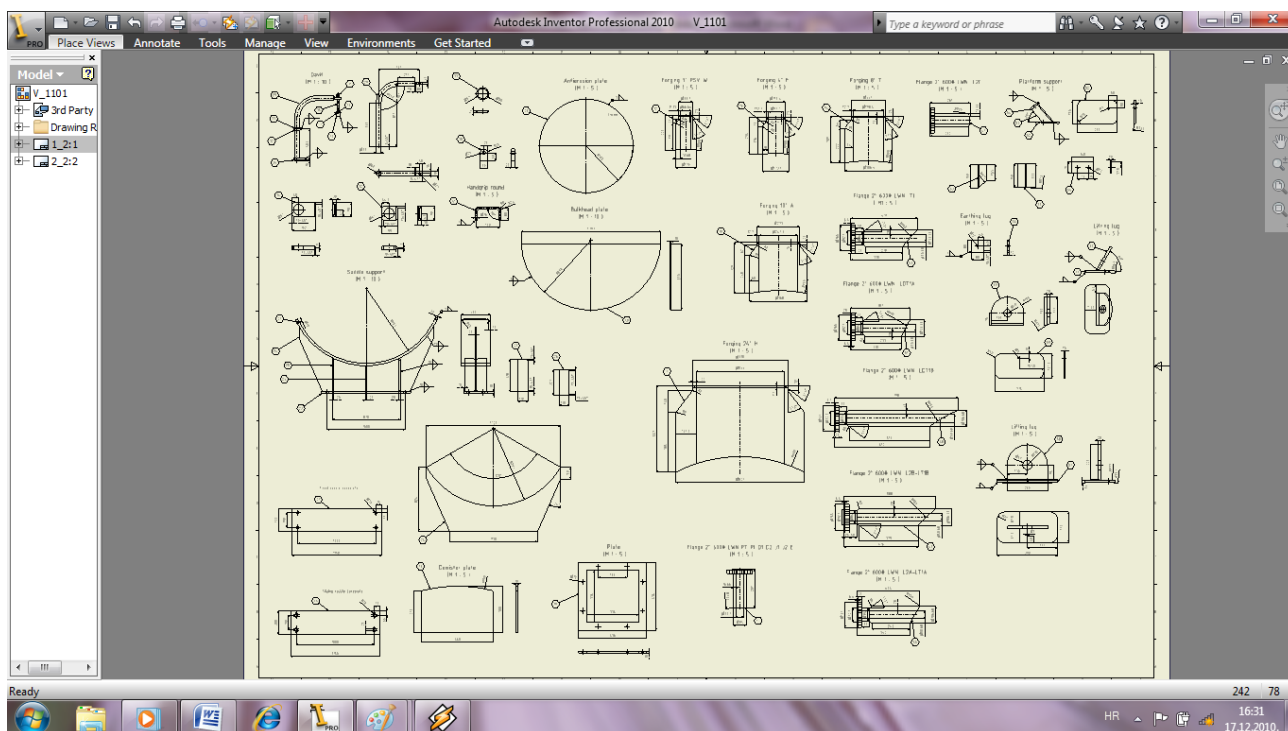
5.1.5 Izgled izvedbene tehničke dokumentacije napravljene u Inventor-u

Kombinacijom prije navedenih alata i standarda za izradu tehničke dokumentacije napravljena je izvedbena tehnička dokumentacija visokotlačnog separatora. Izvedbena tehnička dokumentacija visokotlačnog separatora sastoji se iz dva lista:

- list 1 – sadrži sklopni prikaz visokotlačnog separatora sa pripadajućim kotama, listu dijelova, glavne napomene, podatke za ispuste/prirubnice, podatke za otkivke, tipovi zavora koji se koriste i sl. (Slika 5.6),
- list 2 – sadrži prikaz pojedinih dijelova i sklopova (sedlo, otkivak, uške, LWN prirubnice i sl.) visokotlačnog separatora sa pripadajućim kotama. (Slika 5.7)



Slika 5.6 Izvedbena tehnička dokumentacija visokotlačnog separatora - list 1



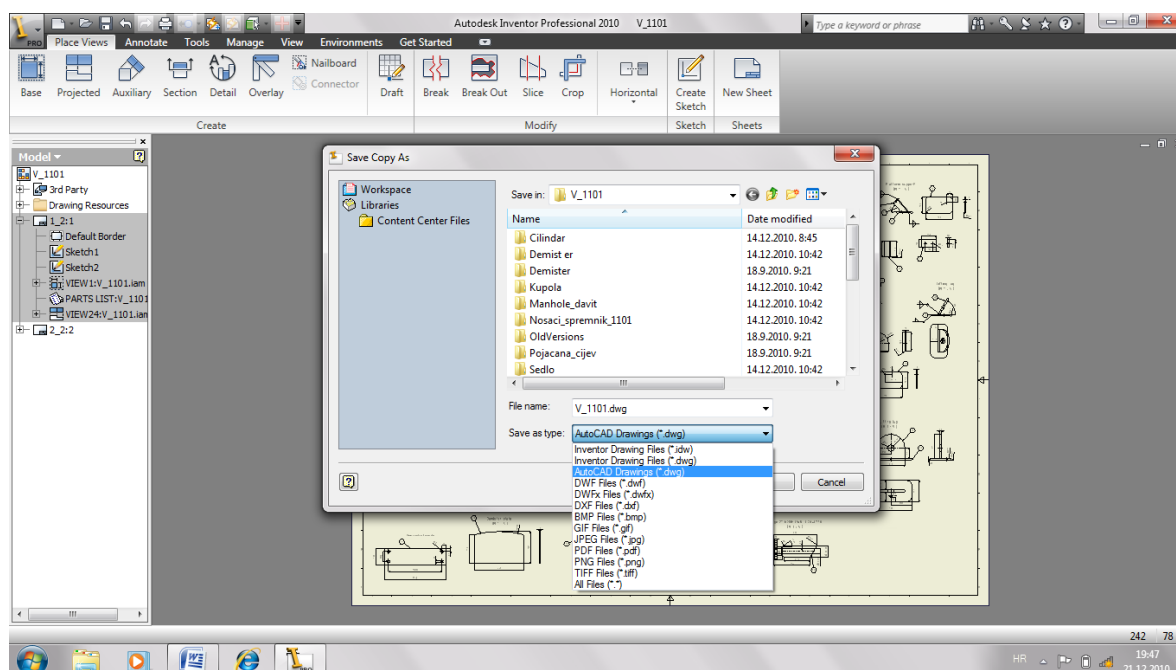
Slika 5.7 Izvedbena tehnička dokumentacija visokotlačnog separatora – list 2

5.2 Izvedbena tehnička dokumentacija u Autodesk AutoCAD-u

Na prethodnim slikama može se uočiti da nije definirano zaglavlje izvedbene tehničke dokumentacije. Zaglavlje nije definirano zato što je izvedbena tehnička dokumentacija isporučivana suradnicima u Autodesk AutoCAD DWG formatu te je na njihov zahtjev zaglavlje trebalo implementirati u CAD crtež i funkcionirati kao eksterna referenca, koju su oni naknadno automatski nadopunjavali.

Zahtjev je ispunjen u dva koraka:

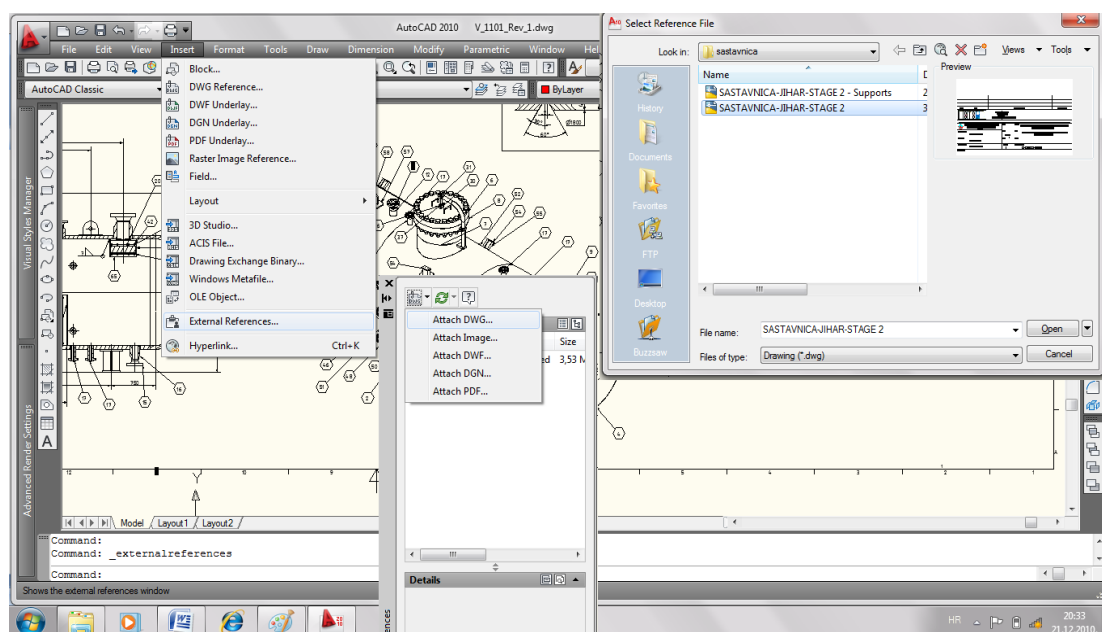
1. Izvedbena tehnička dokumentacija iz Inventor-a se izvozi odnosno sprema kao odgovarajuća AutoCAD datoteka s nastavkom .dwg pomoću alata za snimanje *Save Copy As* koji otvara istoimeni prozor (Slika 5.8).
2. Otvaranje izvedbene tehničke dokumentacije u Autodesk AutoCAD programu, implementiranje i definiranje zaglavlja kao vanjske reference. Ovaj korak je detaljnije opisan u sljedećem poglavlju.



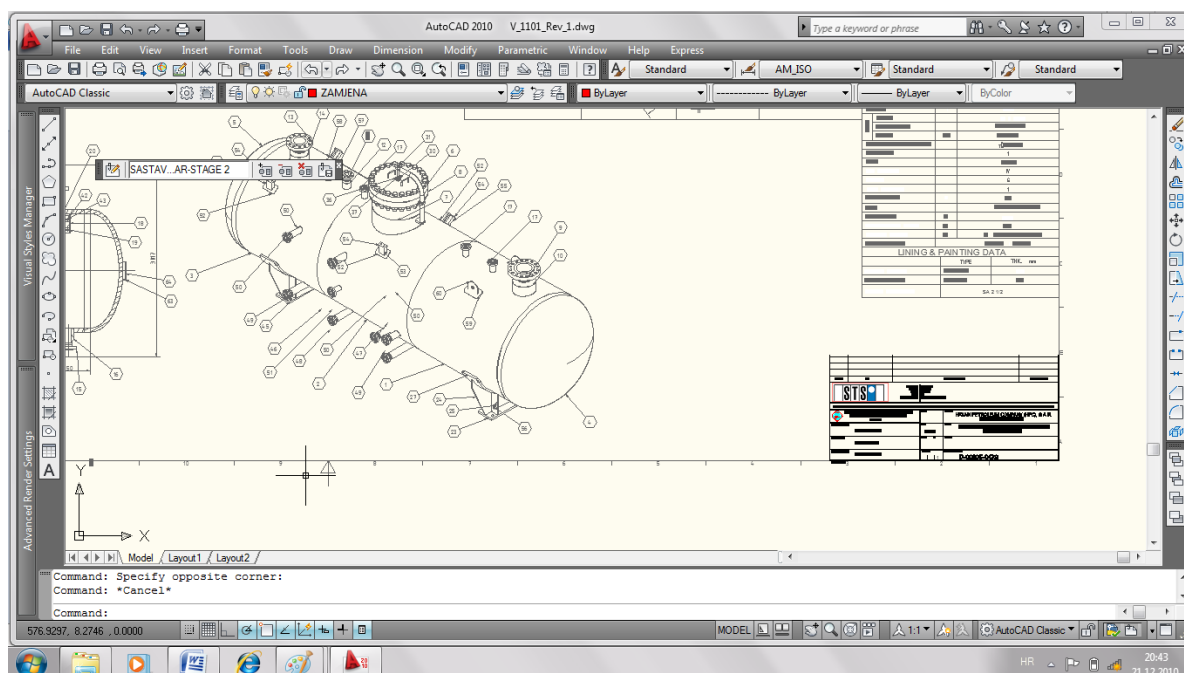
Slika 5.8 Spremanje izvedbene tehničke dokumentacije u .dwg formatu

5.2.1 Implementiranje zaglavlja u AutoCAD izvedbenu tehničku dokumentaciju

Izvedbenu tehničku dokumentaciju visokotlačnog separatora prethodno spremljenu kao datoteku s nastavkom .dwg otvaramo u programu Autodesk AutoCAD. Unutar AutoCAD sučelja iz alatne trake odabiremo alat za implementiranje/umetanje (engl. *Insert*) vanjskih referenci (engl. *External Reference*) s nastavkom DWG, koji otvara prozor za odabir referentne datoteke (engl. *Select Reference File*). (Slika 5.9) Odabiremo željenu referentnu datoteku koja sadrži zaglavlje i klikom na OK generira se zaglavlje unutar AutoCAD sučelja koje pozicioniramo na željeno mjesto unutar izvedbene tehničke dokumentacije. (Slika 5.10)



Slika 5.9 Postupak umetanja zaglavlja u izvedbenu tehničku dokumentaciju



Slika 5.10 Izvedbena tehnička dokumentacija s odgovarajućim zaglavljem

5.3 Kontrola izvedbene tehničke dokumentacije

Prije isporuke izvedbene tehničke dokumentacije potrebno je izvršiti kontrolu kako bi se ispravile možebitne pogreške koje mogu kasnije utjecati na izradu i funkcioniranje visokotlačnog separatora. Kontrola se provodi interno ili od strane vanjskih suradnika. Poželjno je i potrebno da kontrolu izvedbene tehničke dokumentacije provjeri najmanje dvije osobe, izuzev projektanta koji je istu napravio. Ova provjera obavljena je uz pomoć programa Autodesk Design Review. (Slika 3.12) Nakon provjere, uočene greške se isprave te je izvedbena tehnička dokumentacija spremna za isporuku koja je obavljana FTP protokolom ili elektronskom poštom. Kontrola se vrši i nakon svake revizije.

5.4 Revizije

U toku izrade prostornog modela visokotlačnog separatora i njegove izvedbene tehničke dokumentacije nerijetko je dolazilo do revizija/izmjena stanja u odnosu na bazni projekt. Uzrok revizija bili su:

- međusobne kolizije dijelova otkrivene tokom prostornog modeliranja,
- nedostaci otkriveni analizom naprezanja,
- nedostaci uočeni od strane iskusnog inženjera i sl.

Revizije su se uglavnom odnosile na promjenu:

- pozicije otvora/priključaka što je direktno utjecalo i na duljinu pojedinog cilindra,
- dimenzije sedla i poziciju sedla,
- dimenzije stjenke uški za dizanje,
- duljinu LWN pribubnica,
- dimenzije otkivka i sl.

Svaka revizija iziskuje od projektanta ponovno prolaženje kroz cijeli postupak izrade prostornog modela dijela visokotlačnog separatora kojega je potrebno izmijeniti kao i dijela izvedbene tehničke dokumentacije visokotlačnog separatora koji se odnosi na izmijenjeni dio u prostornom modelu. Ovim postupkom je također obuhvaćena i ponovna kontrola izvedbene tehničke dokumentacije i isporuka iste.

Broj revizija utječe direktno na vrijeme potrebno za realiziranje projekta, a time i na ukupan trošak. Poželjno je što je moguće manji broj revizija, a to je moguće postići visokoškolovanim timom koji sudjeluje na projektu i izvrsnom komunikacijom između svih subjekata uključenih u projekt. Tokom izrade izvedbenog projekta visokotlačnog separatora bilo je približno 30 revizija što na prostornom modelu, što na izvedbenoj tehničkoj dokumentaciji. Budući da svaka revizija u pravilu potražuje dodatnu naplatu, a zbog loše sklopljenog ugovora između subjekata, svega su 3 revizije bile unijete u izvedbenu tehničku dokumentaciju.

Finalni izgled visokotlačnog separatora napravljen prema izvedbenoj tehničkoj dokumentaciji visokotlačnog separatora prikazan je na slici 5.11, a prikaz visokotlačnog separatora s dodatnom opremom (cjevovodima, ventilima, platformom, i sl.) spojenog na postrojenje Jihar Faza 2 prikazan je na slici 5.12.



Slika 5.11 Visokotlačni separator



Slika 5.12 Visokotlačni separator spojen na postrojenje Jihar Faza 2

6 ZAKLJUČAK

Kvalitetna i brza realizacija projekta moguća je samo ako je projektant upoznat sa svim aspektima važnim za izradu projekta, pravilima struke, posjeduje kvalitetno znanje o programu ili programima u kojima se obavlja projektiranje i ima izražene komunikacijske sposobnosti na svim razinama. Na kvalitetu i brzinu realizacije projekta veliki utjecaj ima i današnja tehnologija, koja omogućuje da se projekti izrađuju znatno brže i uz minimalne pogreške pomoću specijalno namijenjenih programa za prostorno modeliranje.

Autodesk Inventor je specijalizirani proizvod za inženjere strojarstva koji omogućuje iznimno detaljno prostorno modeliranje dijelova i sklopova i izradu tehničke dokumentacije istih. To doprinosi vizualnom dojmu i ima direktan učinak na zadovoljstvo kako projektanta jer mu je olakšan rad tako i na zadovoljstvo investitora jer mu je omogućen uvid u izgled prostornog modela i prije same izrade istog. Inventor je zbog navedenog odlično programsko rješenje, za projektiranje visokotlačnog separatora. Izvrstan je i zbog svoje kompatibilnosti s AutoCAD programom, koji je neizostavan program svakog inženjerskog poduzeća jer je najzastupljeniji u inženjerskom poslu, te je moguće tehničke crteže iz Inventor-a generirati u AutoCAD tehničke crteže kako bi bili dostupni i suradnicima koji rade u AutoCAD programu.

Osobno sam bio vrlo zadovoljan Inventor-om jer nije usporavao rad računala prilikom izrade prostornog modela što je bio slučaj kod izrade sklopa cjelokupnog postrojenja prikazanog na slici 1.1. Vrijedi istaknuti napomenu o manjku pune dvosmjerne povezanosti Inventor-a i AutoCAD-a. Naime, automatski se ne generira dokumentacija sačuvana u AutoCAD DWG formatu prilikom promjene parametara prostornog modela u Inventoru, kao što je primjerice slučaj s Inventor dokumentacijom u IDW formatu. Ova manjkavost je utjecala na brzinu izrade izvedbene dokumentacije visokotlačnog separatora, jer je bilo potrebno ubaciti zaglavlja u AutoCAD dokumentaciju, a pri tome se gubila veza AutoCAD dokumentacije s Inventor dokumentacijom.

Inventor preporučujem malim poduzećima koja odrađuju puno manjih poslova različitog profila, od manjih cjevovoda do čeličnih konstrukcija, posuda i sl. zato što je prilikom rada na postrojenju Jihar Faza 2 bilo određenih problema u izradi velikih sklopova dok je kod izrade malih sklopova poput visokotlačnog separatora funkcionirao besprijekorno. Cijena Inventor-a u odnosu na dobit koja se ostvaruje prilikom izrade malih ili velikih projekata je zanemariva, a također je osigurana i podrška dobavljača što je značajno zbog same ispravnosti korištenja Inventor-a. Primjerice, cijena izvedbenog projekta visokotlačnog separatora je približno 8000 € dok je cijena Autodesk Inventor-a približno 10 000 €.

Za izradu izvedbenog projekta visokotlačnog separatora uloženo je približno 200 radnih sati koji su potrošeni na izradu sklopa visokotlačnog separatora koji se sastoji od 170 komponenti i izvedbene tehničke dokumentacije koja se sastoji od 2 lista.

U radu na projektu oblikovanja visokotlačnog separatora koji je bio dio velikog projekta Jihar Faza 2 bilo je uključeno više osoba, tako da je u ovom poslu timski rad izrazito naglašen. Poslovi se često dijele u timove koji su odgovorni za pojedine dijelove projekta. Svi u timu moraju biti sposobni nastaviti rad iza bilo kojeg člana tima kako ne bi došlo do zastoja u projektu. To je omogućeno kvalitetnim obrazovanjem svih i postavljanjem čvrstih radnih standarda unutar poduzeća kojih se treba pridržavati. Timski rad odnosno timski duh je najvažniji faktor tokom rada na projektu, zato što: „Tim projektanata posjeduje više znanja od jednog projektanta, te se zbog svoje različitosti nadopunjavaju i pridonose kvaliteti i bržoj realizaciji projekta.“

7 LITERATURA

- [1] B. Jurakić; T. Galeta; Ž. Užarević; M. Rondić: *Izazovi izvedbenog projekta postrojenja za separaciju sirove nafte i plina*, Zbornik radova, Osijek: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2010, br. str. 6.
- [2] ARTES-INŽENJERING d.o.o. Slavonski Brod: *Podloge za rad Jihar Faza 2*, 2008 (Interni dokument)
- [3] Katarina, Simon: *Sabiranje i transport nafte i plina I*, Zagreb, Rudarsko–geološko-naftni fakultet, 2010, br. str. 107.
- [4] Bastalić, Miroslav: *SEPARATORI I ODREĐIVANJE NJIHOVE PROPUSNE MOĆI*, Disertacija, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2009, br. str. 82.
- [5] Milan, Opalić; Milan, Kljajin; Slavko, Sebastijanović: *Tehničko crtanje*, Čakovec/Slavonski Brod, Zrinski d.d. 2007, br. str. 425.
- [6] TECHNIP KTI S.p.A.: *JIHAR Stage 2 - Surface Production Facilities (Bazni projekt)*, 2008 (Interni dokument)
- [7] *Piping Equipment-Matériel Pétrole*, Trouvay & Cauvin Ltd, 1998,
- [8] Werner Sölken, Wermac: *Definition and details of pipes*, 2010
Internet adresa: http://www.wermac.org/pipes/pipe_part2.html, datum pristupa: 25.11.2010.
- [9] Curtis, Waguespack; Loren Jahraus, P.E.; Sean Dotson, P.E.; Dennis, Jeffrey; Bill, Bogan; Shekar, Subrahmanyam; Andrew, Faix; Bob, Van der Donck; Seth, Hindman: *Mastering Autodesk Inventor 2009 and Autodesk Inventor LT 2009*, Indianapolis, Indiana, Wiley Publishing, Inc., 2008, br. str. 574.

PRILOZI

PRILOG I: Sklopni crtež visokotlačnog separatora A1 formata:

PRILOG II: Kompaktni disk s PDF datotekom i s radnim datotekama diplomskog rada

PRILOG I: Sklopni crtež visokotlačnog separatora A1 formata

- List 1/2,
- List 2/2.

Broj stranica: 2

PRILOG II: Kompaktni disk s PDF datotekom i s radnim datotekama diplomskog rada

Broj stranica: 1