

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Bojan Jurakić
12043550

Slavonski Brod, 2012.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Bojan Jurakić
12043550

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

Slavonski Brod, 2012.

I. AUTOR

Ime i prezime: Bojan Jurakić

Mjesto i datum rođenja: Slavonski Brod, 15.08.1984.

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Datum završetka nastave:

Sadašnje zaposlenje:

II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Oblikovanje cjevovoda naftnog postrojenja

Broj stranica: 76 slika: 67 tablica: 15 priloga: 2 bibliografskih podataka: 13

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: 15.07.2010.

Datum predaje rada: _____

Datum obrane rada: _____

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

IZJAVA

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

SAŽETAK

U diplomskom radu je opisan postupak izrade izvedbene tehničke dokumentacije za izradu cijevnih linija na projektu postrojenja za separaciju sirove nafte i plina Jihar Faza 2 u Siriji. Kao podloga za izradu tehničke dokumentacije korišteni su procesni dijagrami, tlocrtni raspored postrojenja i podatci o posudama i drugim elementima cjevovoda. Kako bi se ubrzalo i olakšalo dobivanje tehničke dokumentacije korišteno je više različitih računalnih programa: Autodesk Inventor za trodimenzionalno parametarsko oblikovanje cjevovoda; Alias I-Sketch za brzu pripremu izometrika cjevovoda; CAESAR II za statičku provjeru cjevovoda i određivanje mjesta i tipa oslonaca, te drugi programi za dodatnu obradu crteža i drugih podataka. Izvedbenu tehničku dokumentaciju čine izometriki cjevovoda, dokumentacija specifičnih dijelova cjevovoda i prikaz cijevnih linija u prostoru.

Ključne riječi: tehnička dokumentacija, cijev, cijevna linija, Inventor, prostorni model, izometriki

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SADRŽAJ	II
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA	VI
PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA	VII
1. UVOD	1
1.1. CIJEVI	1
1.2. OBLIKOVANJE CIJEVNE LINIJE	1
1.3. O PROJEKTU JIHAR FAZA 2	2
1.4. ULAZNI RAZDJELNIK	2
1.5. NADZORNA LOGIKA ULAZNOG RAZDJELNIKA	3
2. PRIPREME ZA IZRADU IZVEDBENOG PROJEKTA	5
2.1. PROUČAVANJE DIJAGRAMA	5
2.1.1 <i>Cijevni i instrumentalni dijagram (P&ID)</i>	5
2.1.2 <i>Označavanje cijevnih linija</i>	6
2.1.3 <i>Simboli na P&I dijagramu</i>	11
2.2. SEGMENTI CIJEVNE LINIJE	12
2.2.1 <i>Opis odabrane cijevne linije</i>	12
2.2.2 <i>Tumačenje simbola na cijevnoj liniji</i>	13
2.3. STANDARDI ZA CIJEVI I CIJEVNE ELEMENTE	16
2.3.1 <i>Standardi za cijevi</i>	16
2.3.2 <i>Standardi za elemente cijevne linije</i>	18
2.4. PRAVILA STRUKE	19
2.4.1 <i>Preporučeni razmaci između oslonaca</i>	19
2.4.2 <i>Preporučeni razmaci između osi cijevi</i>	20
2.4.3 <i>Dogovorena pravila</i>	21
3. OBLIKOVANJE CIJEVNE LINIJE U AUTODESK INVENTOR-U	22
3.1. AUTODESK INVENTOR	22
3.2. AUTODESK VAULT	22
3.3. PREDRADNJE OBLIKOVANJU LINIJE	23
3.3.1 <i>Odabir projekta</i>	23
3.3.2 <i>Provjera baza</i>	24

3.3.3	<i>Otvaranje glavnog sklopa Jihar Stage 2</i>	25
3.3.4	<i>Sučelje za sklopove</i>	27
3.3.5	<i>Modul za cijevne linije</i>	27
3.4.	BAZA DIJELOVA	31
3.4.1	<i>Izmjene baze dijelova</i>	31
3.4.2	<i>Dopuna baze dijelova</i>	34
3.5.	POSTAVLJANJE CIJEVNE LINIJE	39
3.5.1	<i>Priprema stila za cijevnu liniju</i>	39
3.5.2	<i>Povlačenje cijevne linije</i>	43
3.5.3	<i>Postavljanje elemenata na cijevnu liniju</i>	47
3.5.4	<i>Generiranje ISOGEN datoteka</i>	50
4.	OSTALI PROGRAMI	52
4.1.	ANALIZA NAPREZANJA I POMAKA	52
4.1.1	<i>CAESAR II [12]</i>	52
4.1.2	<i>Postupak analize naprezanja i pomaka</i>	52
4.2.	IZRADA IZOMETRIJSKOG PRIKAZA CIJEVNIH LINIJA	56
4.2.1	<i>I-Sketch [13]</i>	56
4.2.2	<i>Generiranje izometrija u I-Sketchu</i>	56
4.3.	PROGRAMI ZA DORADU	59
4.3.1	<i>Autodesk Design Review</i>	59
4.3.2	<i>Pomoćni programi</i>	59
5.	ZAKLJUČAK	60
6.	LITERATURA	62
PRILOZI	63

POPIS SLIKA

<i>Slika 1.1</i> Ulazni razdjelnik (Manifold).....	3
<i>Slika 1.2</i> Ručni ventili za usmjeravanje toka na ulaznom razdjelniku.....	4
<i>Slika 2.1</i> P&ID prikaz ulaznog razdjelnika [5].....	5
<i>Slika 2.2</i> Označavanje cijevne linije [5].....	6
<i>Slika 2.3</i> Izvorni tumač simbola [5].....	11
<i>Slika 2.4</i> P&ID prikaz cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [5].....	12
<i>Slika 2.5</i> Primjer označavanja mjerača za tlak i temperaturu [5].....	14
<i>Slika 2.6</i> Detalj spajanja manometra [8].....	14
<i>Slika 2.7</i> Detalj spajanja termometra [8].....	15
<i>Slika 2.8</i> Ventili: a) kuglasti ventil (ball valve), b) zasun ventil (gate valve),	18
<i>Slika 2.9</i> Dostupnost ventila	21
<i>Slika 3.1</i> Osnovno sučelje Inventor-a	23
<i>Slika 3.2</i> Prozor za odabir projekta	23
<i>Slika 3.3</i> Konfiguriranje baza podataka	24
<i>Slika 3.4</i> Nova baza u popisu	25
<i>Slika 3.5</i> Prozor za otvaranje datoteka	25
<i>Slika 3.6</i> Dodatne opcije otvaranja datoteke	26
<i>Slika 3.7</i> Sučelje u Inventor-u kod otvorenog sklopa.....	27
<i>Slika 3.8</i> Kreiranje novog cijevnog sklopa.....	28
<i>Slika 3.9</i> Alatna traka za cijevne linije	28
<i>Slika 3.10</i> Kreiranje nove cijevne linije	28
<i>Slika 3.11</i> Određivanje smjera gravitacije unutar sklopa.....	29
<i>Slika 3.12</i> Tabela materijala (engl. Bill of Materials).....	30
<i>Slika 3.13</i> Tabela parametara	31
<i>Slika 3.14</i> Grupa alata za upravljanje	31
<i>Slika 3.15</i> Kopiranje dijelova u bazi dijelova	32
<i>Slika 3.16</i> Kopiranje dijelova s dodatnim mogućnostima.....	32
<i>Slika 3.17</i> Kopirani dio u bazi Jihar Library	33
<i>Slika 3.18</i> Dodavanje novih parametara.....	33
<i>Slika 3.19</i> Skica i model Duo-check ventila	34
<i>Slika 3.20</i> Odabir iProperties opcije	35
<i>Slika 3.21</i> Prozor za autorizaciju dijela.....	36

<i>Slika 3.22 Autorizacija dijelova za cijevne linije</i>	37
<i>Slika 3.23 Objava dijela u bazu dijelova</i>	37
<i>Slika 3.24 Dodani dio u bazu dijelova</i>	38
<i>Slika 3.25 Alat za izmjenu stila cijevne linije</i>	39
<i>Slika 3.26 Novi stil za cijevne linije</i>	39
<i>Slika 3.27 Odabir elemenata cijevne linije</i>	40
<i>Slika 3.28 Izbor standarda za cijevi</i>	41
<i>Slika 3.29 Ispunjen opći stil cijevne linije</i>	41
<i>Slika 3.30 Ispunjena pravila za cijevne linije</i>	42
<i>Slika 3.31 Aktivacija stila</i>	42
<i>Slika 3.32 Alat za kreiranje putanje cijevne linije</i>	43
<i>Slika 3.33 Alat za nastavak povlačenja cijevne linije</i>	43
<i>Slika 3.34 Povlačenje linije s upisom dužine</i>	43
<i>Slika 3.35 Nastavak na postojeću cijevnu liniju</i>	44
<i>Slika 3.36 Zakret osi i lom cijevne linije</i>	44
<i>Slika 3.37 Spajanje krajeva cijevne linije Autoroute funkcijom</i>	45
<i>Slika 3.38 Popunjavanje cijevnih linija elementima</i>	46
<i>Slika 3.39 Linija nakon popunjavanja cijevnim elementima</i>	46
<i>Slika 3.40 Odabir karakteristike elementa</i>	47
<i>Slika 3.41 Umetanje ventila na cijevnu liniju</i>	48
<i>Slika 3.42 Postavljanje ventila na cijevnu liniju</i>	48
<i>Slika 3.43 Postavljeni tredoleti na cijevnoj liniji</i>	49
<i>Slika 3.44 Završeno oblikovanje cijevne linije</i>	49
<i>Slika 3.45 Pristup alatu za generiranje ISOGEN koda</i>	50
<i>Slika 3.46 Prozor za spremanje ISOGEN datoteka</i>	50
<i>Slika 3.47 Postavke dokumenta sklopa cijevne linije</i>	51
<i>Slika 3.48 Generirani ISOGEN kod u datoteci</i>	51
<i>Slika 4.1 Izgled modela ulaznog razdjelnika u CAESAR II programu</i>	53
<i>Slika 4.2 Prikaz rezultata analize naprezanja [8]</i>	53
<i>Slika 4.3 Prikaz cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N u I-View programu</i>	57
<i>Slika 4.4 Izgled uvedene cijevne linije</i>	57
<i>Slika 4.5 Generirane izometrije cijevne linije u DWG formatu [7]</i>	58
<i>Slika 4.6 Pregled izometrije u Design Review programu [7]</i>	59
<i>Slika 5.1 Model postrojenja Jihar Faza 2 u Siriji</i>	61
<i>Slika 5.2 Postrojenje Jihar Faza 2 u Siriji</i>	61

POPIS TABLICA

<i>Tabela 2.1 Nazivni promjeri u inčima i milimetrima [7]</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2.2 Nazivna i stvarna vrijednost promjera cijevi [7]</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2.3 Izvorni identifikacijski kodovi za fluide [5].....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 2.4 Izvorno tumačenje simbola za klasu cjevovoda [5].....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 2.5 Debljine stjenki prema klasi cjevovoda [5].....</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 2.6 Izvorne kratice za tumačenje oznake Line Code [5].....</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 2.7 Izvorna specifikacijska lista za elemente XV grupe [5].....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 2.8 Izbor vrste grananja [5].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 2.9 Izvorne Specifikacije cijevi prema ASME A106 [10]</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 2.10 Izvorno zadani standardi za ventile na postrojenju JIHAR FAZA 2 [5].....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 2.11 Razmaci između oslonaca za čelične cijevi [8]</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 2.12 Preporučeni razmaci između osi cijevi [8]</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 3.1 Parametri za model Duo-check ventila</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 4.1 Naprezanje cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [8].....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 4.2 Pomaci cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [8]</i>	<i>55</i>

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

<i>L</i>	duljina cijevi, m
<i>d</i>	promjer cijevi, mm
<i>s</i>	debljina stjenke, mm
<i>f</i>	progib cijevi, mm
NPS	nazivni promjer (Nominal Pipe Size), in
DN	nazivni promjer (Diameter Nominal), mm
PN	nazivni tlak (Pressure rating), #
ul	bez jedinice mjere (unitless)
MWP	Maksimalni Radni Tlak (Maximum Working Pressure), bar
SDV	Ventila za obustavu rada (Shutdown valves)
PI	Oznaka za mjerilo i pokazivač tlaka (engl. ...)
TI i TE	Oznake mjerače temperature

1. UVOD

1.1. Cijevi

Cijevi su šuplji cilindri, obično, ali ne nužno kružnog poprečnog presjeka, uglavnom se koriste za prenošenje tvari koje mogu teći - tekućine i plinovi (fluidi), kaša, prah, tvari male mase. Naziv cijevi podrazumijeva razinu krutost i trajnost, dok crijeva (ili šmrk) obično predstavljaju prenosive i savitljive cijevi.

Cijevni uređaji su gotovo uvijek izgrađeni uz korištenje elemenata kao što su koljena, T-komadi i sl., a cijev može biti formirana ili savijena na prilagođeni oblik. Za materijale koji nisu fleksibilni, ne mogu se formirati ili gdje se izgradnja obavlja prema određenim pravilima i normama, također se koriste cijevne spojnice izrađene za i prema tim normama.

1.2. Oblikovanje cijevne linije

Oblikovanje cjevovoda je osobna vizija projektanta. Prilikom oblikovanja projektant svojim iskustvom i poznavanjem pravila iscertava cijevne linije i time oblikuje izgled postrojenja. Dva različita projektanta za isto postrojenje neće napraviti isti projekat. Izrada projekta cjevovoda može biti za postojeće i novo postrojenje.

Novo postrojenje daje slobodu iskorištenja prostora, dok kod postojećeg projektant se nadovezuje na već postavljene cjevovode. To smanjuje prostor slobodan za postavljanje cijevnih linija tako da one mogu izgledati nezgrapno. Kod cjevovoda izgled nije presudan. Kvaliteta cjevovoda je u kvalitetno iskorištenom prostoru i pristupačnosti pojedinim elementima cijevne linije (ventili, mjerači i sl.).

Tehnologija postrojenja mora biti zadovoljena. Cjevovodi moraju biti pravilno povezani i elementi pravilno postavljeni inače rad postrojenja nije moguć. Poznavanje tehnologije postrojenja u cijelosti nije potrebno. Ona je dana kroz bazni projekt u kojem se nalaze svi podatci potrebni za izradu izvedbenog projekta.

Bazni projekt je osnova za izradu izvedbenih projekata cijevnih linija kao i postrojenja u cijelosti. Sadrži podatke kao što su P&ID, standardi i sl. U osnovi predstavlja tehnologiju rada postrojenja i propisane uvijete. Izmjene baznog projekta može napraviti samo stručna ovlaštena osoba. Kako bi bazni projekt imao vrijednost projektant mora biti upoznat sa simbolima i podacima koji se nalaze u njemu. Tumač za simbole i oznake treba biti dan uz ostale podatke unutar projekta. Ostali podatci su dani kroz standarde koji se koriste i iz iskustva projektanta.

1.3. O projektu Jihar Faza 2

Svrha projekta Jihar Faza 2 je projektiranje, izgradnja i početak proizvodnje postrojenja za obradu sirove nafte i plina iz sljedećih bunara:

- Jihar 2 (jih-2)
- Jihar 6 (jih-6)
- Jihar 8 (jih-8)
- Jazal 1,2 (Jaz-1, 2)

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, kotlovnice, spremnika za vodu i drenažnog sustava, sušare i mjerne stanice. Postrojenje je također spojeno na baklju. [5]

1.4. Ulazni razdjelnik

Na ulazni razdjelnik postrojenja Jihar Faza 2 dovode se plin/kondenzat i nafta iz pet zasebnih cjevovoda sa Jih-2, Jih-6, Jih-8 i Jaz-1,2 bunara. Cjevovodi iz Jihar područja su veličine 6", predviđeni za statičke tlakove do 256 bar MWP (Maximum Working Pressure - Maksimalni Radni Tlak) i nalaze se u klasi 2500#. Cjevovodi su u praksi klasificirani i tabelirani prema mjestu korištenja, vrsti fluida, maksimalnom tlaku, temperaturi (materijal cijevi, rejting prirubnica, debljina cijevi, vrsti spojeva i sl.), a ukupni popis ovih tabela za određenu primjenu se naziva klasa cjevovoda. Cjevovod Jazal je dizajniran za 100 bar MWP i nalazi se u klasi 600#. Kontrola protoka iz bušotine provodi se prigušnim ventilima (engl. *Choke valves*) postavljenim na cijevnu liniju iza ventila za obustavu rada (engl. *Shutdown valves*). Ventili za obustavu rada se kontroliraju pneumatski. [5]

Prigušnim ventilima pneumatski upravlja operator iz kontrolne sobe. Operator prilagođava protok kroz prigušni ventil na temelju čitanja vrijednosti lokalnih mjerača tlaka i protoka (PI^1 i FI^2) koji se nalaze iza prigušnog ventila. Naravno, čitanje protoka je grubi pokazatelj s obzirom da se radi o protoku mješovitog fluida (plin/kondenzat). Rezervni ulazi su predviđeni za spajanje bunara s budućim sadržajima postrojenja (Faza 3 projekta). [5]

Tijekom početnih operacija, kada je u cijevnim linijama tlak iz bunara visok (HP^3 Case - Visokotlačni slučaj), radni tlak iza prigušnih ventila iznosi iznad 78 bar za sve tokove, osim Jazal 1,2 za koji je oko 12 bar. Kad se bunari djelomično isprazne, a tlak u cijevnim linijama smanji, pritisak od 78 bar održava se samo za tok iz bunara Jihar 6, dok svi ostali rade na oko 12 bar. Tim protocima se, pomoću sustava ručno kontroliranih ventila, napajaju sljedeći headeri:

- HP header (visokotlačni)
- MP header (srednjeg tlaka)
- Test header (zamjenski)
- Flare Header (spoj na baklju)

¹ Kratica od engleskog "*Pressure Indicator*"

² Kratica od engleskog "*Fluid Indicator*"

³ Kratica od engleskog "*High Pressure*"

U normalnom radu tokovi s visokim tlakom Jih-6, Jih-2 i Jih-8 su spojeni na HP header, a tok niskog tlaka Jaz-1, 2 bit će spojen na MP header. U slučaju smanjenja tlaka (LP Case - niskotlačni slučaj) na MP header će biti spojeni i Jih-2 i Jih-8 tokovi. Svaki cjevovod može biti spojen na Test header tijekom testiranja i rada. [5]



Slika 1.1 Ulazni razdjelnik (Manifold)

1.5. Nadzorna logika ulaznog razdjelnika

Konfiguracija nadzorne logike ulaznog razdjelnika je predviđena da jamči siguran rad postrojenja. Funkcija nadzorne logike je pratiti otvoreno/zatvoreno stanje konfiguracija ručnih ventila na spojevima različitih tokova na linije (headere) visokog, Test i srednjeg tlaka. Svaka od cijevnih linija može biti spojena na test separator za vrijeme rada i testiranja, a neke linije, u početku spojene na visokotlačni separator mogu biti preusmjerene na separator srednjeg tlaka zbog pada tlaka u bunarima, jer proizvodnja opada s vremenom. [5]

Odabir veze svakog toka cijevnih linija ručno obavlja operator, a nadzornom logikom se koristi za sprečavanje prevelikog pritiska u headeru srednjeg tlaka zbog pogreška u radu. Konfiguracija za postavljanje ručnih ventila je određena sa standardnim unaprijed određenim obrascima za pojedine slučajeve rada. Ako je otkrivena nepravilnost u konfiguraciji, SDV - ventili za obustavu rada (engl. *Shutdown valves*) su zatvoreni ili im nije dozvoljeno da se otvore. Nadzorna logika brine o pravilnom određivanju parametara sigurnosnih ventila visokog tlaka koji pružaju zaštitu od prekomjernog tlaka u tokovima iza prigušnog ventila. [5]

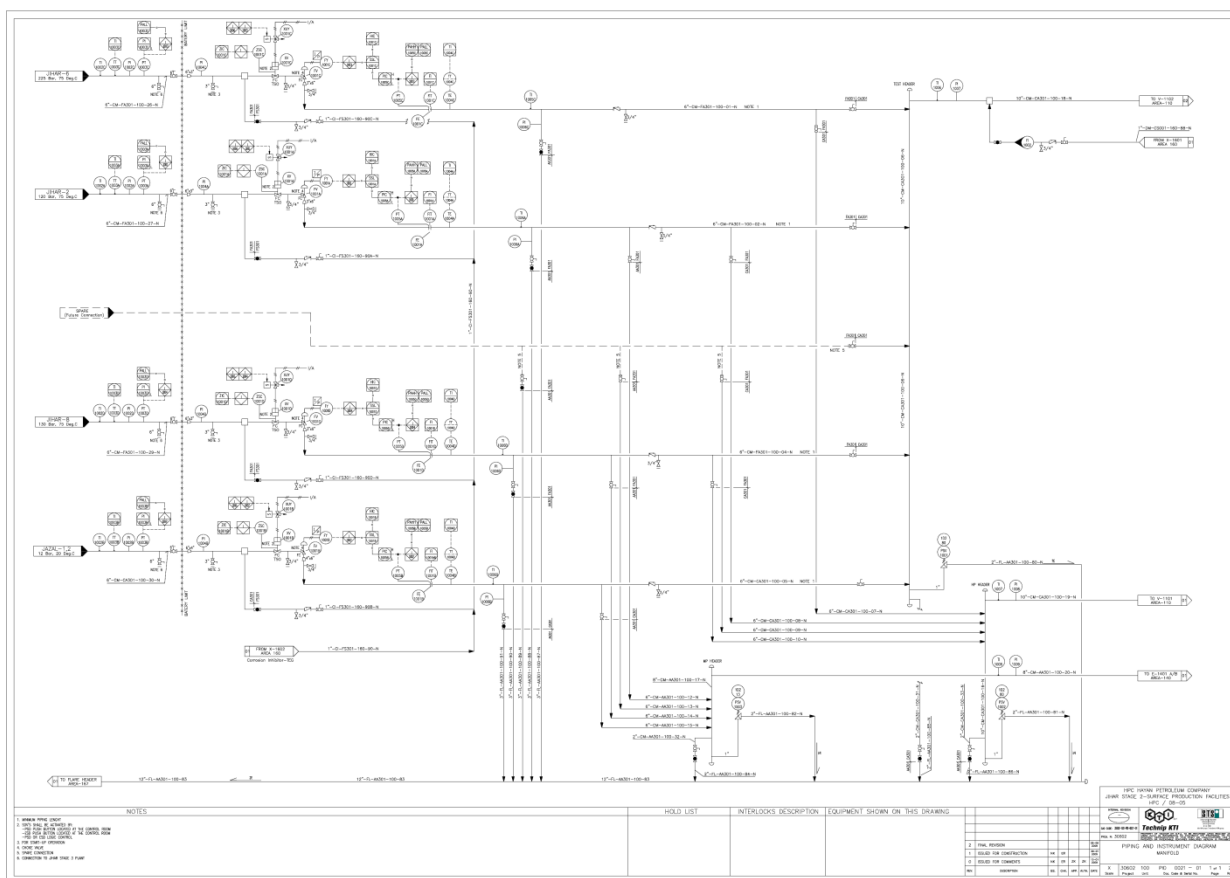


Slika 1.2 Ručni ventili za usmjeravanje toka na ulaznom razdjelniku

2. PRIPREME ZA IZRADU IZVEDBENOG PROJEKTA

Pripreme za izradu izvedbenog projekta predstavljaju upoznavanje s podlogama baznog projekta. Bazni projekt opisuje tehnologiju proizvodnje i glavne elemente proizvodnog procesa (npr. posude, međusobne cijevne veze i sl.). Osim upoznavanja s baznim projektom potrebno je poznavati i druge aspekte potrebne za projektiranje izvedbenog projekta kao što su pravila struke, želje investitora i sl. Dobrom pripremom se osigurava dobar projekt.

2.1. Proučavanje dijagrama



Slika 2.1 P&ID prikaz ulaznog razdjelnika [5]

2.1.1 Cijevni i instrumentalni dijagram (P&ID)

P&ID – Od engleskog izraza „*Piping and Instrumentation Diagram*“ je shematski prikaz funkcionalne relacije cjevovoda, instrumentacije i opreme. Pokazuje sve cjevovode uključujući i fizički slijed grana, redukcije, ventile, opremu, instrumente i kontrolne ventile. [6]
Trebaju sadržavati:

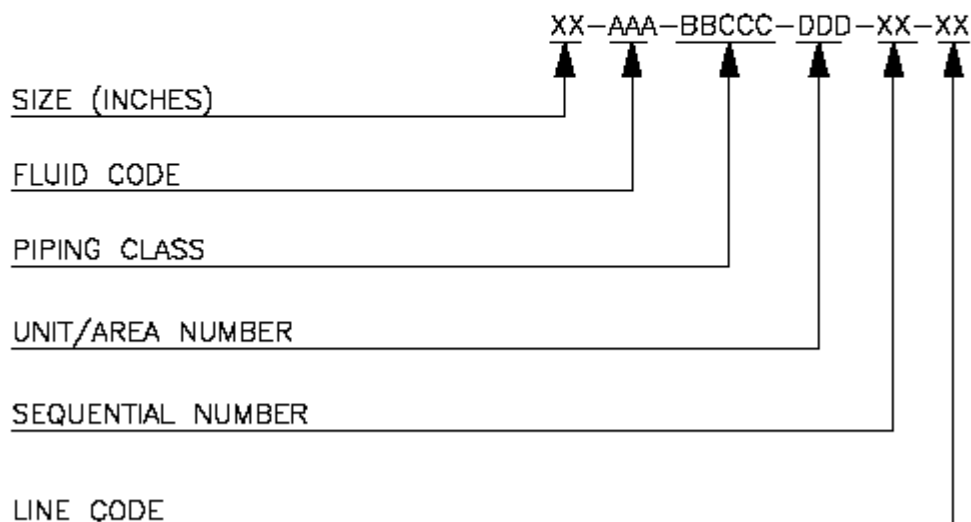
- instrumente s oznakom,
- mehaničku opremu sa imenima i brojevima,
- sve ventile i njihove identifikacije,
- veličine i imena cijevnih linija,

- razne otvore, slivnike, posebnu opremu, linije za prikupljanje uzorka, redukcije i nepovratne klapne,
- stalne startne i drenažne linije,
- smjerove protoka,
- reference za međuspojeve,
- kontrolne ulazne i izlazne podatke i među veze,
- oznake promjena klasa,
- seizmičku kategoriju,
- nivo kvalitete,
- predviđene ulaze,
- računalni sustav kontrole ulaza,
- podatke o prodavatelju i izvođaču radova, identifikacija komponenti i podsustava dostavljenih od strane drugih proizvođača
- predviđeni fizički slijed opreme.

2.1.2 Označavanje cijevnih linija

Oznaka cijevne linije ili njeno ime sadrži podatke o nazivnom promjeru i klasi cijevi, vrsti fluida, području u kojem se linija nalazi, rednom broju linije i kodu linije. Ovi podatci su dani kodnim oznakama tako da se za njihovo tumačenje koriste tablice s objašnjenjem pojedine kodne oznake.

LINES NUMBERING SYSTEM



Slika 2.2 Označavanje cijevne linije [5]

Prva oznaka (SIZE) je nazivni promjer (NPS ili DN) koja predstavlja promjer većinskog dijela dužine cijevi unutar granica linije. Osim nazivnog promjera unutar cijevne linije mogu se

nalaziti i druge veličine promjera cijevi. One nastaju zbog redukcija za razne instrumente ili su djelom odzraka i drenaža na cijevnoj liniji.

U ovom slučaju nazivni promjer cijevi je označen u palcima odnosno inčima. 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 (Nominal Pipe Size) koristi se za engleske jedinice i predstavlja promjer cijevi u inčima, a oznaka DN (Diameter Nominal) se koristi za europske jedinice i bazira se na milimetrima.

Tabela 2.1 Nazivni promjeri u inčima i milimetrima [7]

NPS	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
DN	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100

Niti jedna niti druga oznaka ne predstavljaju stvarni promjer cijevi. 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 stjenke, a ovisi o dozvoljenom tlaku unutar cijevne linije.

Tabela 2.2 Nazivna i stvarna vrijednost promjera cijevi [7]

NPS	DN	Vanjski promjer
1/2	15	0.840 in (21.34 mm)
3/4	20	1.050 in (26.67 mm)
1	25	1.315 in (33.40 mm)
1 1/4	32	1.660 in (42.16 mm)
1 1/2	40	1.900 in (48.26 mm)
2	50	2.375 in (60.33 mm)
2 1/2	65	2.875 in (73.02 mm)
3	80	3.500 in (88.90 mm)
3 1/2	90	4.000 in (101.60 mm)
4	100	4.500 in (114.30 mm)
4 1/2	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)

Druga oznaka (FLUID CODE) predstavlja vrstu fluida koji se nalazi u cijevima. Fluidi mogu biti više ili manje agresivni i imaju utjecaj na debljinu stjenke cijevi, odnosno korozivni dodatak. Isto tako pri rukovanju s dijelovima cjevovoda s agresivnim fluidima ili fluidima pod visokim tlakom treba voditi računa o zaštiti kao ne bi došlo do ozljeda.

Različiti fluidi imaju različite funkcije unutar postrojenja. Postoje fluidi koji ulaze u proces, fluidi koji su produkt prerade i fluidi koji se dodaju unutar postrojenja kako bi se pospješio rad i trajnost postrojenja.

Tabela 2.3 Izvorni identifikacijski kodovi za fluide [5]

FLUID IDENTIFICATION CODES	
CW	CRUDE OIL FROM WELLS
CM	CRUDE OIL FROM MANIFOLD
HP	GAS FROM HP SEPARATOR
MP	GAS FROM MP SEPARATOR
LP	GAS FROM LP SEPARATOR
TP	GAS FROM TEST SEPARATOR
SW	SALTY WATER
SO	STABILIZED OIL
HG	HIGH PRESSURE GAS
MG	MEDIUM PRESSURE GAS
LG	LOW PRESSURE GAS
SG	SALES GAS
HC	HIGH PRESSURE CONDENSATE
MC	MEDIUM PRESSURE CONDENSATE
LC	LOW PRESSURE CONDENSATE
TC	CONDENSATE FROM TEST SEPARATOR
DG	ETHYLENE GLYCOL LEAN
WG	ETHYLENE GLYCOL RICH
SL	SLOP OIL
ME	METHANOL
DM	DEMULSIFIER
FG	FUEL GAS
CD	CLOSED DRAIN
OD	OPEN DRAIN
FL	FLARE
HW	HEATING WATER
NG	N ₂ OR INERT GAS
IA	INSTRUMENT AIR
PR	PROPANE REFRIGERANT
PG	PROPANE GAS
DW	DEHUMIDIFIER WATER
BP	BURNING PIT
CI	CORROSION INHIBITOR
CF	FLUE GAS
VE	VENT
CA	COMPRESSED AIR

Treća oznaka (PIPING CLASS) predstavlja klasu cijevovoda. Prema njoj se određuje maksimalni tlak unutar cijevi, debljina stijenke, korozivni dodatak, materijal, ventili dozvoljeni za korištenje na cijevnoj liniji i radni parametri pojedinih cijevnih linija. Simboli predstavljaju fluide za koje se koristi određena klasa.

Tabela 2.4 Izvorno tumačenje simbola za klasu cjevovoda [5]

Piping Class	ASME Rating	Material	Corrosion Allowance mm	Service		Valves	Design Conditions	
				Symbol	Designation		Pressure Bar g	Temperature °C
AA101	150 RF	CS, A106 Gr. B SMLS	1,5	DG, ME, DM, FG, NG, CI	Ethylene Glycol (Regenerated, Methanol, Demulsifier, Fuel Gas, N2, Corrosion Inhibitor.	Gate, Globe, Ball, Angle	17,68	100
AA301	150 RF	CS, A106 Gr. B SMLS	3	MP, SW, SO, MG, LG, MC, LC, WG, SL, CD, OD, LF, HW, DW, BF, CF	Gas & cond from MP separator, Salty water, Stabilized oil, Med pressure wet gas, Low pressure wet gas, Med pressure condensate, Low pressure condensate, Ethylene Glycol (wet), slop oil, Closed drain, low pressure flare, Heating water, Dehumidifier water, Burning pit, Flue gas.	Gate, Globe, Ball, Angle	17,68	100
AC001	150 RF	Galvanized CS	0	IA	Instrument Air	Gate, Globe	18,66	70
BB101	300 RF	Low temperature CS	1,5	PR	Propane Refrigerant	Gate, Globe, Ball, Angle	51,03 46,4	-45 100
CA101	600 RF	CS, A106 Gr. B SMLS	1,5	SG	Sales Gas	Gate, Globe, Ball, Angle	92,8	100
CA301	600 RF	CS, A106 Gr. B SMLS	3	CM, HP, TP, HG, HC	Crude oil from Manifold, Gas from HP separator, Gas from Test Separator, high pressure wet gas, high pressure condensate	Gate, Globe, Ball, Angle	92,8	100
EA301	1500	CS	3	CW	Crude oil from wells	Ball, Angle	236	85
FA301	2500	CS	3	CW	Crude oil from wells	Ball, Angle	393,6	80
CS001	600	SS	0	ME, DM, CI	Corrosion Inhibitor, Methanol	Ball, Globe	92,8	100
AS001	150	SS	0	ME, DM, CI	Corrosion Inhibitor, Methanol	Ball, Globe, Gate	17,68	100

Za određivanje debljine stjenke, odnosno unutarnji promjer cijevi, preko oznake klase propisana je od projektanta sljedeća tabela:

Tabela 2.5 Debljine stjenki prema klasi cjevovoda [5]

JIHAR FAZA 2 - KLASA CJEVOVODA											
In	AA101	AA301	AC001	BB101	BB301	CA101	CA301	EA301	FA301	CS001	AS001
1/2	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 40S
3/4	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 40S
1	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 40S
1 1/2	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 40S
2	SCH 40	SCH 80	SCH 40	SCH 40	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 10S
3	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 80	SCH 80	SCH 160	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 10S
4	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 40	SCH 80	SCH 80	SCH 120	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 10S
6	SCH 40	SCH 40		SCH 40	SCH 40	SCH 80	SCH 80	SCH 120	SCH-XXS	SCH 40S	SCH 10S
8	SCH 30	SCH 30		SCH 30	SCH 30	SCH 80	SCH 80	SCH 120		SCH 80S	SCH 10S
10	SCH 30	SCH 30		SCH 30	SCH 30		SCH 80			SCH 80S	SCH 10S
12	SCH 30	SCH 30		SCH-STD	SCH 30		SCH 80			SCH 80	SCH 10S
14	SCH 30	SCH-STD		SCH 30	SCH-STD		SCH 80			SCH 80	SCH 10S
16	SCH 30	SCH-STD		SCH 40	SCH-STD		SCH 80			SCH 80	SCH 10S

SCH – Od engleskog *Schedule*, nije oznaka za direktno mjerenje debljine, nego je to mjera pritiska koju cijevi mogu izdržati bez progiba ili puknuća. Kada se radi o cijevima izrađenim od istog materijala, deblje cijevi mogu izdržati veće pritiske. Kao rezultat toga, mnogi smatraju da je "schedule" sinonim za debljinu cijevi. Kako bi se standardizirale dimenzije i ograničio raspon debljina cijevi, uvedene su ANSI B36.10 norme. Za čelične cijevi oznake se kreću od SCH 10 do SCH 160, pri čemu vrijednosti predstavljaju omjer tlaka i naprezanja uvećan 1000 puta.

Četvrta oznaka (UNIT/AREA NUMBER) predstavlja područje u kojem se unutar postrojenja nalazi linija. Svako područje je jedna cjelina i ima svoje zasebne stranice u P&I dijagramu. Ova oznaka pomaže pri snalaženju na dijagramu.

Peta oznaka (SEQUENTIAL NUMBER) je redni broj linije unutar pojedinog područja. Za svako odvojeno područje kreće od 01.

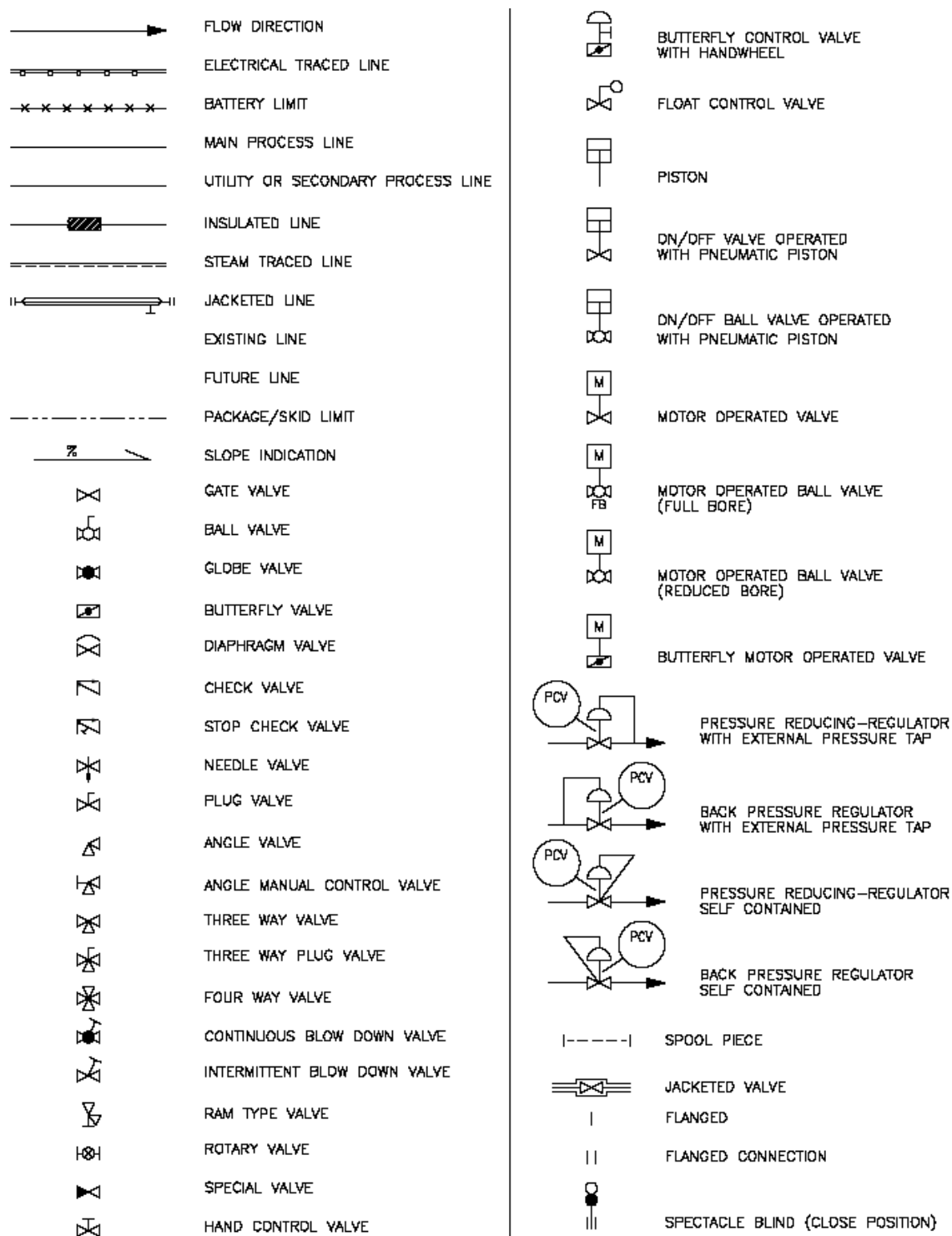
Šesta oznaka (LINE CODE) predstavlja vrstu zaštite i izolacije cijevi, a dana je tabelom:

Tabela 2.6 Izvorne kratice za tumačenje oznake Line Code [5]

INSULATION/PAINTING/TRACING SUFFIX	
N	NOT INSULATION – NOT PAINTING
P	PAINTING
PP	INSULATION FOR PERSONNEL PROTECTION
H	INSULATION FOR HOT CONSERVATION
C	INSULATION FOR COLD CONSERVATION
ET	ELECTRICAL TRACING WITH INSULATION
LT	LOW PRESSURE STEAM TRACING WITH INSULATION
MT	MEDIUM PRESSURE STEAM TRACING WITH INSULATION
LJ	LOW PRESSURE STEAM JACKETING WITH INSULATION
MJ	MEDIUM PRESSURE STEAM JACKETING WITH INSULATION
RL	INTERNAL REFRACTORY LINING

2.1.3 Simboli na P&I dijagramu

Kako bi dijagram u potpunosti bio razumljiv uz njega mora biti priložen tumač simbola. Iako je većina simbola standardna, može doći do različitosti u tumačenju pojedinih simbola, ovisno o tvrtki koja je izradila bazni projekt (P&ID). Na slici 2.3 prikazan je djelomični izvorni tumač simbola za dijagram korišten u ovom radu kao primjer. Kompletan dijagram s tumačem simbola se nalazi u prilogu.

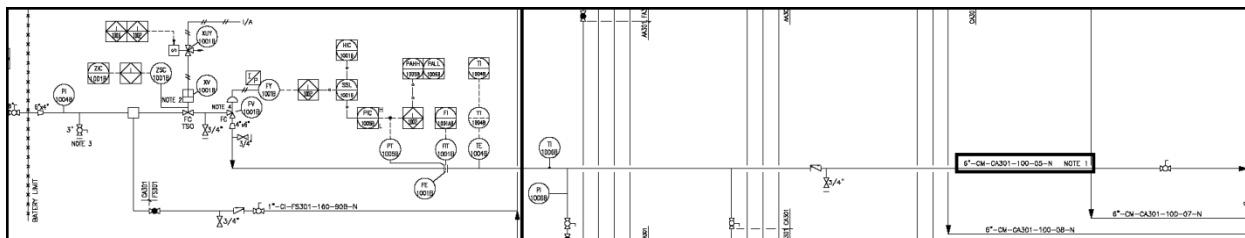


Slika 2.3 Izvorni tumač simbola [5]

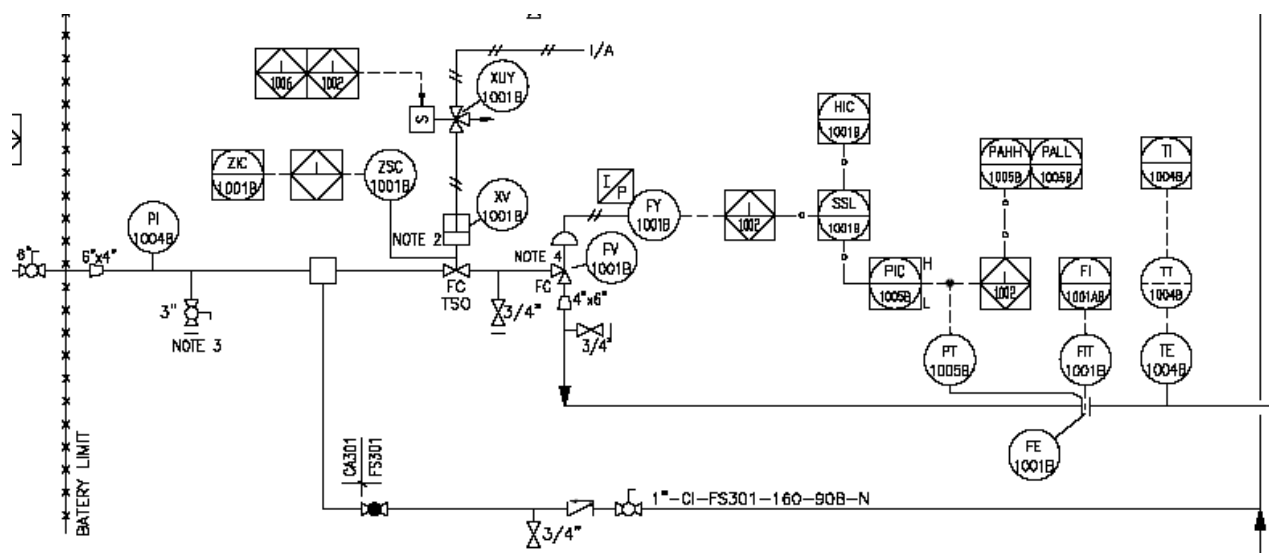
2.2. Segmenti cijevne linije

2.2.1 Opis odabrane cijevne linije

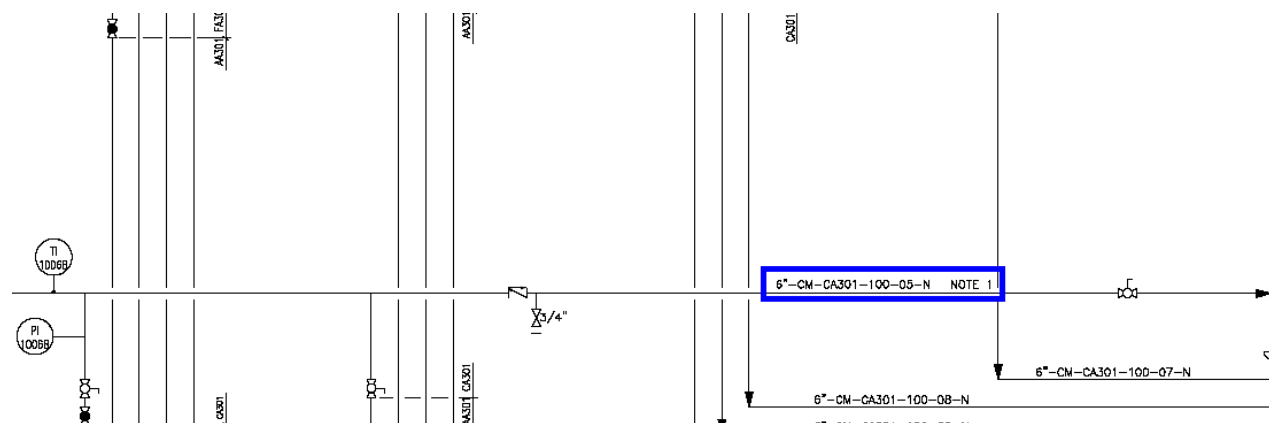
Kao primjer odabrana je cijevna linija 6"-CM-CA301-100-05-N. Nalazi se u području 100, ulazni razdjelnik (engl. *Manifold*). Na slici 2.4 oznaka linije je istaknuta crnim okvirom, a proteže se od granice projekta do headera na cijevnom mostu. Na nju dolazi cijevni produktovod od bušotine JAZAL 1,2. Izrađena je od ugljičnog čelika u tlačnoj klasi 600 prema ASTM A106 Gr. B normi.



a) Prikaz linije u cijelosti



b) Lijevi dio linije



c) Desni dio linije

Slika 2.4 P&ID prikaz cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [5]



2.2.2 Tumačenje simbola na cijevnoj liniji

Za izradu cijevne linije prema procesnom dijagramu mora se u potpunosti razumjeti sve naznačene simbole na cijevnoj liniji. Simboli predstavljaju određene elemente cijevne linije kao što su ventili, redukcije, mjerne instrumente, ali i stanja pojedinih elemenata (zatvoreno, otvoreno i sl.). Dio simbola se isto tako odnosi i na elektronički dio sustava. Ovaj dio se bavi međusobnom povezanošću pojedinih elemenata (instrumenta) i odnosi se na međudjelovanje istih kao što je vidljivo na slici 2.4.

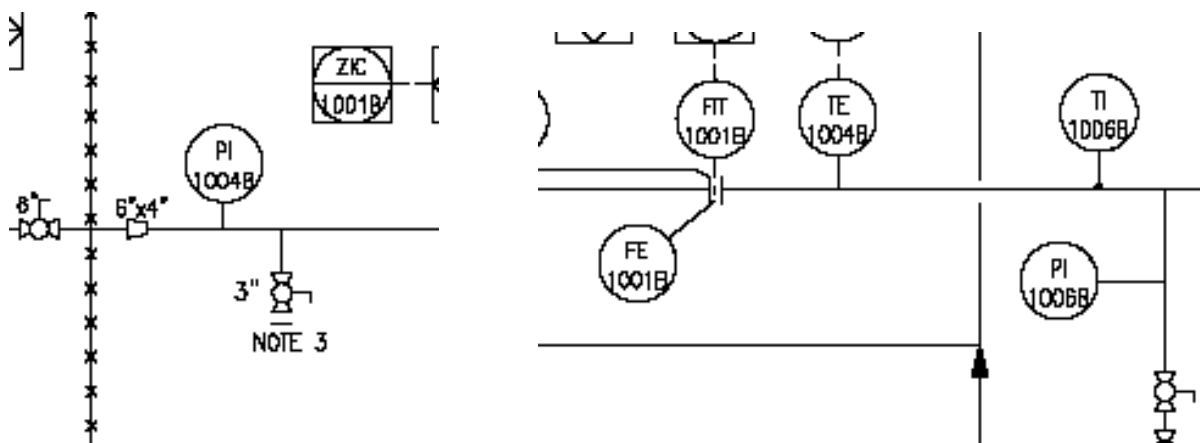
Standardni ventili se označavaju samo simbolom, a njihova specifikacija je dana u podlogama za određenu grupu, odnosno klasu, cjevovoda. Podloga određuje standard po kojem se izrađuje, materijal za izradu, način korištenja u procesu i sl. Vrijednosti dane u podlogama vrijede za sve ventile iste vrste (simbola) u istoj klasi cjevovoda.

Osim standardnih elemenata tu se nalaze i nestandardni elementi koji osim simbola imaju i oznaku (npr. XV-1001B) kao što je vidljivo na prikazu cijevne linije slika 2.4. Specifikacija za ovu vrstu elemenata je dana posebno pripremljenim tabelama samo za taj element. Slični elementi mogu biti grupirani u istim tabelama, tabela 2.7. Svaki element ove vrste ima jedinstvenu oznaku i pripada točno određenoj cijevnoj liniji. To su često specifični elementi s posebno važnom funkcijom unutar cijevnog sustava.

Tabela 2.7 Izvorna specifikacijska lista za elemente XV grupe [5]

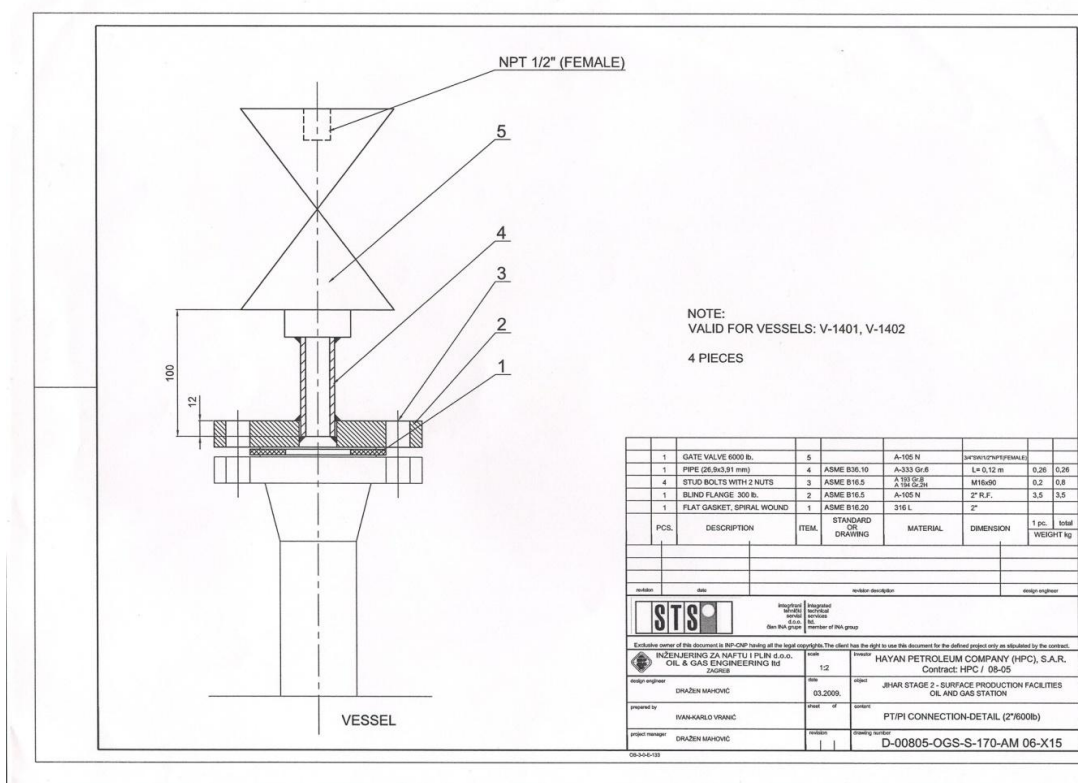
 				PROCESS DATA FOR						
				REMOTE SHUT DOWN VALVES						
				XV-1001			XV-1002			
				Shut Down						
				6"-CM-FA301-100-26-N			6"-CM-FA301-100-27-N			
GENERAL	Tag no.									
	Service									
	Line no.									
	Line size		inches	3"			3"			
	P&ID no.			30602-100-PID-0021-01-A			30602-100-PID-0021-01-A			
	Design pressure		bar g	256			257			
	Design temperature		°C	105			105			
QUALITY OF FLUID	Fluid name			CRUDE OIL FROM WELLS			CRUDE OIL FROM WELLS			
	Fluid phase			MIXED			MIXED			
	Fluid state			LIQ./VAP.			LIQ./VAP.			
	Corrosive	Erosive	Toxic	YES	NO	NO	YES	NO	NO	
OPERATING DATA				Minimum	Normal	Maximum	Minimum	Normal	Maximum	
	Upstream pressure @ flow			bar g	225	256	120,000	257,000		
	Temperature @ flow			°C	75	75	75	75		
	Flow			kg/h	26498		14616			
PROPERTIES @ FLOW	Density / Specific gravity			kg/m ³	392,10		732,57			
	Viscosity			mPa s						
	Molecular mass				23,94		32,30			
	Compressibility factor									
INSTRUMENT DATA	Cp / Cv (gas only)									
	Vapour Pressure			kg/cm ² a						
	Critical Pressure			kg/cm ² a						
					Minimum	Normal	Maximum	Minimum	Normal	Maximum
	Pressure drop @ flow			kg/cm ²						
	Calculated CV									
	Valve type		size (in)		Quick acting(*)	3"	Quick acting(*)	3"		
	Max. shut-off press. Diff.			bar g	256,0		257,0			
	Failure action				Failure close			Failure close		
	Seat leakage									
REMARKS	Handwheel				NO			NO		
					(*)Air operated, spring balanced			(*)Air operated, spring balanced		

Osim ventila i drugih standardnih elemenata na liniji se nalaze i simboli za mjerne tlaka i temperature. Specifičnost ovih simbola je u tome što nisu direktno prikazani na samoj cijevnoj liniji, njihov položaj predstavlja samo oznaka imena na određenom dijelu linije. Prepoznaju se prema početku oznake PI i PT za mjerne tlaka, te TI⁴ i TE⁵ za mjerne temperature.



Slika 2.5 Primjer označavanja mjerača za tlak i temperaturu [5]

Mjerenje tlaka i temperature zahtjeva posebnu pripremu na cijevnoj liniji. Za tlak se pravi odvojak s ventilom na koji se postavlja manometar kako prikazuje slika 2.6. Primjer na slici je dan za spajanje na posudu, ali je metoda ista i za cjevovod samo što se pri spajanju na cijevi koristi spoj s kutno zavarenom spojnicom- sokoletom. Ventil služi za potrebe održavanja.

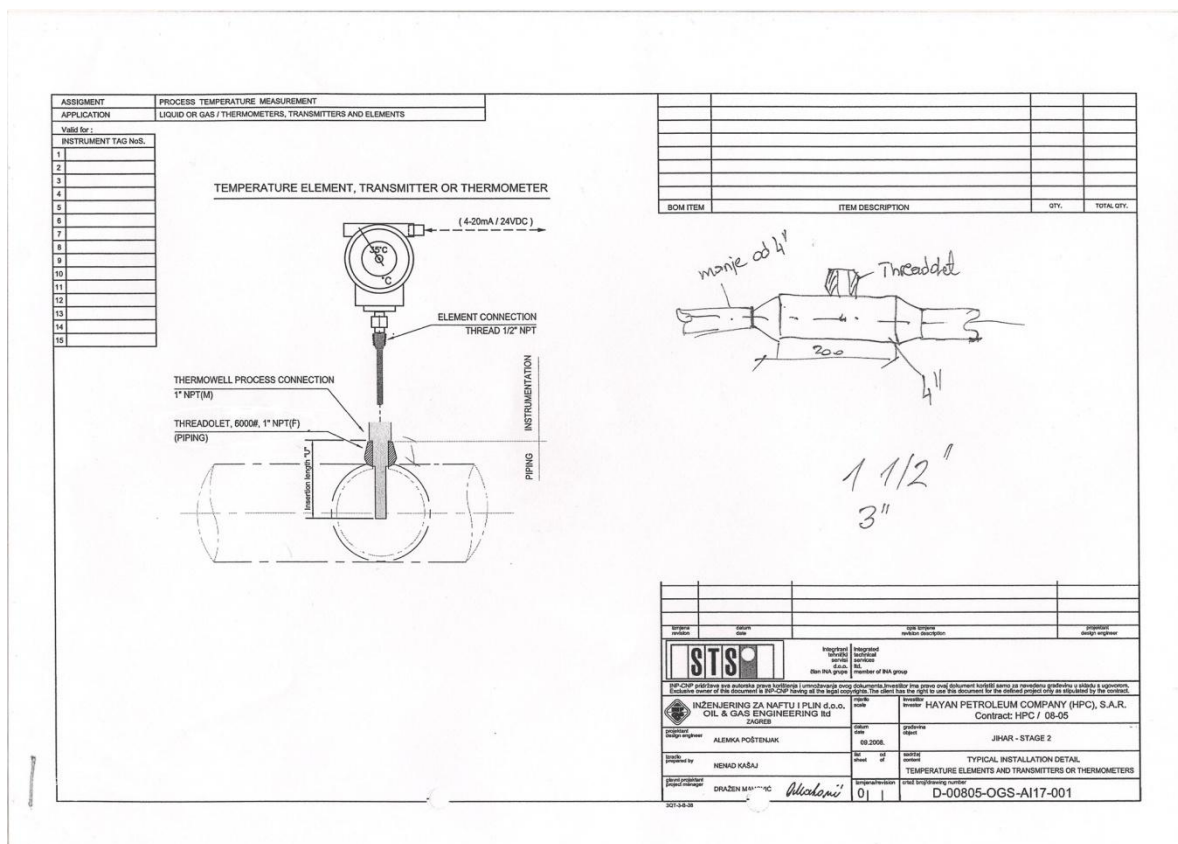


Slika 2.6 Detalj spajanja manometra [8]

⁴ Kratica od engleskog "Temperature Indicator"

⁵ Kratica od engleskog "Temperature Element"

Termometar ima dio koji ulazi u centar cijevi, te kod manjih promjera cijevi (manje od 4") zahtjeva povećanje promjera cijevi. Na slici 2.7 se vidi skica ovog pravila nastala pri dogovorima. Za spajanje termometra na cijevi koristi se navojna spojnica - tredolet, koji se s jedne strane zavari na cijev, a s druge ima navoj na koji se spaja termometar.



Slika 2.7 Detalj spajanja termometra [8]

Veldoleti, sokoleti i tredoleti pripadaju grupi cijevnih spojnica. Koriste se na ubodnim mjestima cijevi manjih promjera s cijevima većih promjera. Karakteristika im je da se zavaruju na cijev većeg promjera, cijev manjeg se može čeonno zavariti (veldolet), kutno zavariti (sokoleti) ili navojno spojiti (tredoleti). Koriste se pri spajanju znatno većih promjera cijevi sa znatno manjim promjerima (npr. 1" na 10").

Tabela 2.8 Izbor vrste grananja [5]

KTI-TECHNIP		PIPING CLASS BRANCH		PROJ:	30602	REV:	0	19/06/2008
PUMAS	19/06/2008 10.57.47			DOC:	602_0000_JSD_1300_01			
HPC - HAYAN PETROLEUM COMPANY		JIHAR Stage 2 - SFF		Size: Inc	Thk: Sch. mm	Temp: °C	Pres: Bar	Corr: mm

Piping Class	CA301	Branch Table	Tab II	Clgd
--------------	-------	--------------	--------	------

Branch Size	24	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1H	1	3Q	H	Branch
24	BE																BE
20	BR	BE															BE
18	BR	BR	BE														BR
16	BR	BR	BR	BE													FE
14	BR	BR	BR	BR	BE												FR
12	BR	BR	BR	BR	BR	BE											S
10	W	BR	BR	BR	BR	BR	BE										W
8	W	W	W	W	BR	BR	BE										
6	W	W	W	W	W	BR	BR	BE									
4	W	W	W	W	W	W	BR	BR	BE								
3	W	W	W	W	W	W	BR	BR	BE								
2	W	W	W	W	W	W	W	BR	BR	BE							
1H	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FE						
1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	PR	FE					
3Q	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FR	FR	FE				
H	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FR	FR	FR	FE			

Run Size

Size translation H=1/2, 3Q=3/4, 1=1, 1H=1+1/2, 2=2, 3=3, 4=4, 6=6, 8=8, 10=10, 12=12, 14=14, 16=16, 18=18, 20=20, 24=24

Reducirani su elementi cjevovoda koji omogućuju smanjenja ili povećanje promjera cjevovoda u neprekinutom nizu. Označavaju se nepravilnim četverokutom (⊞) na način da je uža strana usmjerena prema manjem promjeru cijevi. Oznaka promjer redukcije može biti iznad, ispod ili s obje strane simbola (npr. iznad 6"x4" kao u ovom slučaju).

Svi ostali simboli su objašnjeni u tumaču i predstavljeni određenim standardom ili dokumentacijom. Uz naziv se može pojaviti i obavijest o natuknici (NOTE 1), to je poruka da se negdje na crtežu nalazi opaska namijenjena boljem razumijevanju linije ili određenog elementa na liniji.

2.3. Standardi za cijevi i cijevne elemente

2.3.1 Standardi za cijevi

Proizvodnja i ugradnja tlačnih cjevovoda čvrsto je reguliran ASME "B31" brojem serije normi kao što su B31.1 ili B31.3 koje vuku svoje temelje iz ASME Boiler and Pressure Vessel Code (ASME Norme za kotlove i tlačne posude). Ova norma ima snagu zakona u Kanadi i SAD-u. Europa ima ekvivalentan sustav kodova, no kako se u naftnoj industriji radi uglavnom prema ASME normama tako su iste i ovdje opisane. [9]

Tlačni cjevovod je onaj cjevovod koji mora podnijeti tlakove veće od 10 - 25 atmosfere, premda definicije variraju. Da bi se osigurao siguran rad sustava, proizvodnje, skladištenja, zavarivanja, ispitivanja i sl. tlačni cjevovodi moraju zadovoljiti stroge standarde kvalitete. Proizvodni standardi za cijevi obično zahtijevaju ispitivanja kemijskog sastava i niz ispitivanja na mehaničku čvrstoću za svaku od cijevi. Cijev je izrađena iz istog kovanog ingota i stoga ima isti kemijski sastav. [9]

Mehanička ispitivanja mogu biti povezana s istom serijom cijevi, koje su sve izrađene iz istog izvora i tretirane su istim toplinskim obradama. Proizvođač obavlja ova testiranja i izdaje izvješća o sastavu i mehaničkim svojstvima materijala. Cijevi izlaze iz proizvodnje s točno određenim svojstvima prikazanim u specifikaciji proizvoda. Za cijevi koje se primjenjuju u visoko rizičnim postrojenjima, poželjno je potvrditi tvorničke rezultate testiranja. Testiranja obavljaju visoko specijalizirani laboratoriji koji zatim izdaju certifikat o kvaliteti. [9]

Za odabranu cijevnu liniju 6"-CM-CA301-100-05-N, cijev se izrađuje prema specifikaciji materijala ASME A106 Grade B standarda i dizajnu danim standardom ANSI B36.10. Tabela 2.9 prikazuje načine izrade i sastav materijala za cijevi izrađene prema ASME A106 standardu.

Neki od često korištenih standarda za materijal cijevi su:

- API raspon. Na primjer: API 5L Grade B
- ASME SA106 Grade B (Bešavne cijevi od ugljičnog čelika za visoke temperature)
- ASTM A312 (Bešavne i zavarene cijevi iz austenitnog nehrđajućeg čelika)
- ASTM C76 (Betonske cijevi)
- ASTM D3033/3034 (PVC cijevi)
- ASTM D2239 (PE cijevi)

Tabela 2.9 Izvorne Specifikacije cijevi prema ASME A106 [10]

Specification	A106 NPS 1/8 -- 48 ANSI Schedules to 160			
Scope	Covers SEAMLESS carbon steel nominal wall pipe for high-temperature service, suitable for bending, flanging and similar forming operations. NPS 1 1/2 and under may be either hot finished or cold drawn. NPS 2 and larger shall be hot finished unless otherwise specified.			
Kinds of Steel Permitted For Pipe Material	Killed Steel Open-hearth Electric-furnace Basic-oxygen			
Hot-Dipped Galvanizing	Not covered in specification.			
Permissible Variations in Wall Thickness	The minimum wall thickness at any point shall not be more than 12.5% under the nominal wall thickness specified.			
Chemical Requirements		<u>Grade A</u>	<u>Grade B</u>	<u>Grade C</u>
	Carbon max. %.....	0.25	0.30	0.35
	Manganese %.....	0.27 to 0.93	0.29 to 1.06	0.29 to 1.06
	Phosphorous, max. %.....	0.025	0.025	0.025
	Sulfur, max. %.....	0.025	0.025	0.025
	Silicon, min. %.....	0.10	0.10	0.10
Tensile Requirements	Seamless			
		<u>Grade A</u>	<u>Grade B</u>	<u>Grade C</u>
	Tensile Strength, min., psi.....	48,000	60,000	70,000
	Yield Strength, min., psi.....	30,000	35,000	40,000
Hydrostatic Testing	Inspection test pressures produce a stress in the pipe wall equal to 60% or specified minimum yield strength (SMYS) at room temperature. Maximum Pressures are not to exceed 2500 psi for NPS 3 and under and 2800 psi for the larger sizes. Pressure is maintained for not less than 5 seconds.			
Permissible Variations in Weights per Foot	Weight of any length shall not vary more than 10% over and 3.5% under that specified. NOTE -- NPS 4 and smaller -- weighed in lots. Larger sizes -- by length			
Permissible Variations in Outside Diameter	Outside Diameter at any point shall not vary from standard specified more than--			
	<u>NPS</u>	<u>Over</u>	<u>Under</u>	
	1 1/2 and smaller	1/64"	1/32"	
	2 -- 4	1/32"	1/32"	
	5 -- 8	1/16"	1/32"	
	10 -- 18	3/32"	1/32"	
	20 -- 26	1/8"	1/32"	
Mechanical Tests Specified	Tensile Test -- NPS 8 and larger -- either transverse or longitudinal acceptable Smaller than NPS 8 -- weighed in lots. Larger sizes -- by length. Flattening Test -- NPS 2 and larger. Bending Test(Cold) -- NPS 2 and under.			
		<u>Degree of Bend</u>	<u>Diameter of Mandrel</u>	
		For Normal A106 uses	90	12 x nom. dia. of pipe
		For Close Coiling	180	8 x nom. dia. of pipe
Number of Tests Required		<u>NPS</u>	<u>On One Length From Each Lot of</u>	
	Tensile	5 and smaller	400 or less	
		6 and larger	200 or less	
	Bonding	2 and smaller	400 or less	
	Flattening	2 through 5	400 or less	
		6 and over	200 or less	
Lengths	Lengths required shall be specified on order. No "jointers" permitted unless otherwise specified. If no definite lengths required, following practice applies: Single Random -- 16' - 22'. 5% may be 12' - 16' Double Random -- Minimum length 22', Minimum average 35'. 5% may be 16' - 22'.			
Required Markings on Each Length (On Tags attached to each Bundie in case of Bundled Pipe)	Rolled Stamped or Stenciled (Mfgs. option) Manufacturer's name or brand. Length of pipe. A106 A, A106 B, A106 C. ANSI schedule number. Hydrostatic test pressure and/or NDE. Weight per foot (NPS 4 and larger) or NH if neither is specified. Additional "S" if tested supplementary requirements.			
General Information	* Unless otherwise specified, pipe furnished with plain ends. * Purchaser may specify NDE * Surface finish standards are outlined in specification. in lieu of hydrostatic test or neither			

2.3.2 Standardi za elemente cijevne linije

Standardi svih elemenata cijevne linije dani su baznim projektom. Njime je određeno od kojeg materijala, odnosno po kojem standardu za materijal, se pojedini element izrađuje i koji je standard za dizajn, odnosno dimenzije elementa. Sveukupni popis standarda za sve elemente cijevne linije se nalazi u prilogu.

Prirubnica je dio cjevovoda, a 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 prirubnica bila nepropusna u spoj se umeće brtva. Prirubnice su obrađene ASME B16.5 normom za cijevi promjera do 24" i klase od 150, 300, 400, 600, 900, 1500 i 2500, a ASME B16.47 je norma za promjere cijevi od 26" do 60" i klase 75, 150, 300, 400, 600 i 900.

Važni elementi svake cijevne linije su svakako i ventili. Ventil je uređaj koji regulira protok fluida (plinova, tekućina, prahastog materijala ili kaša) otvara, zatvara ili djelomično blokira razinu protoka. Ventili su tehnički cijevni elementi, ali se obično opisuju kao posebna kategorija. Kod otvorenog ventila tok fluida je u smjeru od visokog tlaka prema nižem tlaku. [11]

Tabela 2.10 Izvorno zadani standardi za ventile na postrojenju JIHAR FAZA 2 [5]

KTI-TECHNIP		PIPING CLASS VALVE DESCRIPTIONS			PROJ:	30602	REV:	0	19/06/2008
PUMAS	19/06/2008 10.57.51				DOC:	602_0000_JSD_1300_01			
HPC - HAYAN PETROLEUM COMPANY		JIHAR Stage 2 - SPF			Size: In:	Thk: Sch. mm	Temp: °C	Pres: Bar	Corr: mm
Piping Class CA301									
Component description	From Size	To Size	Equipment collection						
GATE VALVE API 600 FLANGED ENDS 600 RF (125 AARH - 250 AARH) CAST ASTM A216 WCB	2	10	A11	BONNET: BOLTED B7/2H, GASKET: SPIRAL W.316/GRAPHITE, DISC: FLEXIBLE, SEATS: RENEWABLE TYPE, STEM: OUTSIDE SCREW/RISING STEM, PACKING: FLEXIBLE GRAPHITE, TRIM: F6/ALL STELLITED					
GATE VALVE BS 5352/ANSI B16.11 SOCKET WELDING ENDS 800 FORGED ASTM A105N	1/2	1+1/2	A1	BONNET: BOLTED B8/8A, GASKET: SPIRAL W.304/GRAPHITE, DISC: SOLID TYPE, SEATS: RENEWABLE TYPE, STEM: OUTSIDE SCREW/RISING STEM, PACKING: FLEXIBLE GRAPHITE, TRIM: F6/ALL STELLITED					
GATE VALVE BS 5352/ANSI B16.11 ENDS S.W. X FEMALE THD. 800 FORGED ASTM A105N	1/2	1+1/2	A1	BONNET: BOLTED B8/8A, GASKET: SPIRAL W.304/GRAPHITE, DISC: SOLID TYPE, SEATS: RENEWABLE TYPE, STEM: OUTSIDE SCREW/RISING STEM, PACKING: FLEXIBLE GRAPHITE, TRIM: F6/ALL STELLITED					
GLOBE VALVE BS 5352/ANSI B16.11 SOCKET WELDING ENDS 800 FORGED ASTM A105N ANGLE PATTERN	1/2	1+1/2	B1	BONNET: BOLTED B7/2H, GASKET: SPIRAL W.316/GRAPHITE, DISC: SWIVEL PLUG, SEATS: RENEWABLE TYPE, STEM: OUTSIDE SCREW/RISING STEM, PACKING: FLEXIBLE GRAPHITE, TRIM: F6/ALL STELLITED					
GLOBE VALVE BS 1873/ANSI B16.5 FLANGED ENDS 600 RF (125 AARH - 250 AARH) CAST ASTM A216 WCB ANGLE PATTERN	2	6	B1	BONNET: BOLTED B7/2H, GASKET: SPIRAL W.316/GRAPHITE, DISC: SWIVEL PLUG, SEATS: RENEWABLE TYPE, STEM: OUTSIDE SCREW/RISING STEM, PACKING: FLEXIBLE GRAPHITE, TRIM: F6/ALL STELLITED					
CHECK VALVE BS 5352/ANSI B16.11 SOCKET WELDING ENDS 800 FORGED ASTM A105N HORIZONTAL INSTALLATION	1/2	1+1/2	C1	CAP: BOLTED B7/2H, GASKET: SPIRAL W.316/GRAPHITE, DISC: LIFT/PISTON, SEATS: RENEWABLE TYPE, TRIM: F6/FULLY STELLITED					
CHECK VALVE BS 1868/ANSI B16.5 FLANGED ENDS 600 RF (125 AARH - 250 AARH) CAST ASTM A216 WCB HORIZONTAL INSTALLATION	2	10	C13	CAP: BOLTED B7/2H, GASKET: SPIRAL W.316/GRAPHITE, DISC: TILTING TYPE, SEATS: RENEWABLE TYPE, TRIM: F6/STELLITED SEAT					



a)



b)



c)

Slika 2.8 Ventili: a) kuglasti ventil (ball valve), b) zasun ventil (gate valve), c) nepovratni ventil (check valve)

2.4. Pravila struke

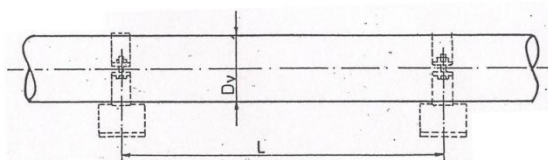
Pravila struke služe kao smjernice za kvalitetnu izradu projekta. Zasnivaju se na iskustvima i opažanjima iz prakse. Primjena nekih od pravila je neophodna iz sigurnosnih razloga, dok su druga uvedena iz praktičnih razloga. Ova pravila su često interna pravila firmi koje posluju u nekom području i nisu nužno standardizirana.

2.4.1 Preporučeni razmaci između oslonaca

Određivanje maksimalnog razmaka između oslonaca je nužno kako ne bi došlo do prevelikog progiba i mogućeg pucanja cijevi pod vlastitom težinom i težinom fluida u cijevi. Ovi razmaci su određeni na temelju fluida u cijevi, materijalu od kojeg je izrađena cijev i maksimalnoj radnoj temperaturi.

U tabeli 2.11 dani su maksimalni razmaci za ugljične čelične cijevi različitih promjera. Promjeri su izraženi u milimetrima i nisu nazivne vrijednosti. Maksimalni razmak je preporučen radi sigurnosti no ovisno o cijevi i fluidu može se i malo promijeniti.

Tabela 2.11 Razmaci između oslonaca za čelične cijevi [8]



Dv	NEIZOLIRANI CJEVOVOD		IZOLIRANI CJEVOVOD														
	Plin-zrak para L	Voda L	323° K		373° K		423° K		473° K		523° K	573° K	623° K	673° K	723° K	773° K	
			L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
25	2,6	2,4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4
30	2,8	2,6	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6
38	3,2	2,9	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8
44,5	3,4	3,1	2,7	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
57	3,9	3,5	3,1	3,0	3,0	2,9	3,0	2,8	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3
76,1	5,2	4,5	4,2	3,9	4,1	3,9	4,1	3,8	4,0	3,8	4,0	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2	3,1
88,9	5,6	4,8	4,5	4,2	4,4	4,1	4,4	4,1	4,3	4,1	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
108	6,1	5,3	5,1	4,7	5,0	4,7	5,0	4,6	4,9	4,6	4,8	4,6	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0
133	6,8	5,8	5,8	5,3	5,6	5,2	5,6	5,1	5,5	5,1	5,4	5,2	5,0	4,9	4,8	4,6	4,5
159	7,5	6,3	6,4	5,7	6,3	5,7	6,2	5,6	6,1	5,5	6,0	5,7	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1
193,7	8,2	6,8	7,2	6,4	7,1	6,3	7,0	6,2	6,8	6,2	6,8	6,4	6,3	6,1	6,0	5,9	5,8
219,1	8,7	7,3	7,8	6,8	7,6	6,7	7,5	6,7	7,3	6,6	7,3	6,9	6,8	6,6	6,5	6,4	6,3
273	9,7	7,8	8,7	7,5	8,5	7,4	8,5	7,4	8,4	7,4	8,3	7,8	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2
323,9	10,6	8,7	9,6	8,3	9,5	8,2	9,4	8,1	9,3	8,1	9,2	8,8	8,6	8,5	8,3	8,2	8,1
355,6	11,4	9,2	10,3	8,7	10,2	8,7	10,0	8,6	10,0	8,6	9,9	9,4	9,2	9,1	8,9	8,8	8,7
419	12,1	9,5	11,1	9,4	11,0	9,4	10,9	9,4	10,8	9,3	10,8	10,2	10,1	9,9	9,7	9,6	9,5
457,2	12,4	9,8	11,3	9,6	11,2	9,6	11,3	9,7	11,2	9,6	11	10,5	10,3	10,1	9,9	9,8	9,7
508	12,8	10,3	11,8	10	11,5	9,8	11,5	9,9	11,3	9,8	11,2	10,7	10,5	10,3	10,1	10	9,9

Max. progib

za cijevi do $\varnothing 57$; $f = 3 \text{ mm}$

za cijevj veće od $\varnothing 57$; $f = 5 \text{ mm}$

Pri svakom projektiranju cjevovoda nužno je voditi računa o mogućnosti oslanjanja. Odnosno potrebno je predvidjeti mjesto i način oslanjanja. Različiti materijali cijevi dozvoljavaju određene načine oslanjanja. Oslonci mogu biti pomični i čvrsti, a određuju se pomoću analize naprezanja.

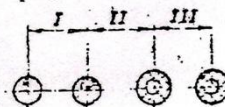
2.4.2 Preporučeni razmaci između osi cijevi

Minimalni preporučeni razmak između cijevi je nužno odrediti kako ne bi došlo do međusobnog kontakta cijevi zbog vibracija i toplinskog izvijanja. Osim toga olakšava postavljanje cijevnih linija na cijevni most.

Tabela 2.12 Preporučeni razmaci između osi cijevi [8]

	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
24"	500	500	500	550	550	600	620	650	650	700	700	750	750	800
20"	450	450	450	500	500	520	550	550	600	620	650	700	700	
18"	400	400	400	450	450	500	500	550	550	600	600	630		
16"	350	350	400	400	430	450	500	500	550	550	580			
14"	350	350	350	400	400	430	450	480	500	500				
12"	300	300	350	350	400	400	430	450	480					
10"	300	300	300	330	330	350	380	400						
8"	250	250	280	300	300	330	350							
6"	230	230	250	250	280	300								
4"	200	200	230	230	250									
3"	180	180	200	200										
2"	150	150	180											
1 1/2"	150	150												
1"	150													

TABELA I

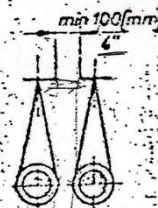


	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
24"	550	550	550	600	600	650	700	700	750	750	750	800	800	850
20"	480	500	500	530	550	580	600	650	650	700	700	750	750	
18"	450	450	450	500	500	550	550	600	650	650	650	700		
16"	450	450	450	450	450	500	500	550	600	600	600			
14"	400	400	400	450	450	450	500	500	550	550				
12"	350	350	400	400	400	450	450	500	500					
10"	350	350	350	350	400	400	450	450						
8"	300	300	300	350	350	350	400							
6"	250	250	250	300	300	300								
4"	250	250	250	280	280									
3"	200	200	230	230										
2"	200	200	280											
1 1/2"	200	200												
1"	150													

TABELA II

	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
24"	600	600	600	650	650	700	750	750	800	800	800	850	850	900
20"	500	550	550	550	600	600	650	700	700	750	750	800	800	
18"	500	500	500	550	550	600	600	650	700	700	700	750		
16"	450	450	450	500	500	550	550	600	650	650	650			
14"	400	400	450	450	500	500	550	550	600	600				
12"	400	400	400	450	450	500	500	550	550					
10"	350	350	350	400	400	450	500	500						
8"	350	350	350	350	400	400	450							
6"	300	300	300	300	350	350								
4"	250	250	250	300	300									
3"	250	250	250	250										
2"	200	200	200											
1 1/2"	200	200												
1"	180													

TABELA III



U tabeli 2.12 su dane preporučene vrijednosti minimalnog razmaka između osi u slučaju da se radi o dvije ne izolirane cijevi (tabela I), o izoliranoj i ne izoliranoj cijevi (tabela II) i dvije izolirane cijevi (tabela III). Vrijednosti su dobivene na temelju stvarnog radijusa dviju susjednih cijevi i pretpostavljenog minimalnog željenog razmaka između cijevi od 100 mm. Za izolirane cijevi se pretpostavlja da je debljina izolacije 10 mm. Tako dobivene vrijednosti se zaokružuje pri čemu stvarni razmak između cijevi može malo varirati. Nazivni promjer cijevi je u inčima, a razmak između osi u milimetrima.

2.4.3 Dogovorena pravila

Unatoč cjelovitosti baznog projekta uvijek ostaju pojedinosti oko oblikovanja cijevnih linija koje nisu ograničene baznim projektom. Kako bi projekt bio potpun, sve nejasnoće se određuju pomoću dogovorenih pravila. Pravila može odrediti investitor ili mogu biti dogovorena unutra projektne grupe. Naravno, pravila moraju biti usuglašena sa svima uključenima u projekt.

Primjerice, pravilo može biti da svi ventili moraju biti jednostavno dostupni sa zemlje ili se za pristup njima pravi poseban podest (slika 2.9). Naravno zbog složenosti pojedinih dijelova postrojenja i ograničenosti prostora to nije uvijek jednostavno ili nije moguće izvesti. Ovakve slučajeve treba izbjegavati izvođenjem alternativna rute, a da pravilo bude ispoštivano.



Slika 2.9 Dostupnost ventila

3. Oblikovanje cijevne linije u Autodesk Inventor-u

3.1. Autodesk Inventor

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

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)
- Tube & Pipe Design (Dizajn cijevnih linija)
- Cable & Harness Design (Dizajn kablova)
- Dynamic Simulation (Dinamička simulacija)
- Finite Element Analysis (Analiza napreznja)

Za 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 (Projects). Ova datoteka s ekstenzijom .ipj određuje glavnu datoteku projekta na disku i Vault-u, kao i ostale podatke potrebne za nesmetani rad na modelima.

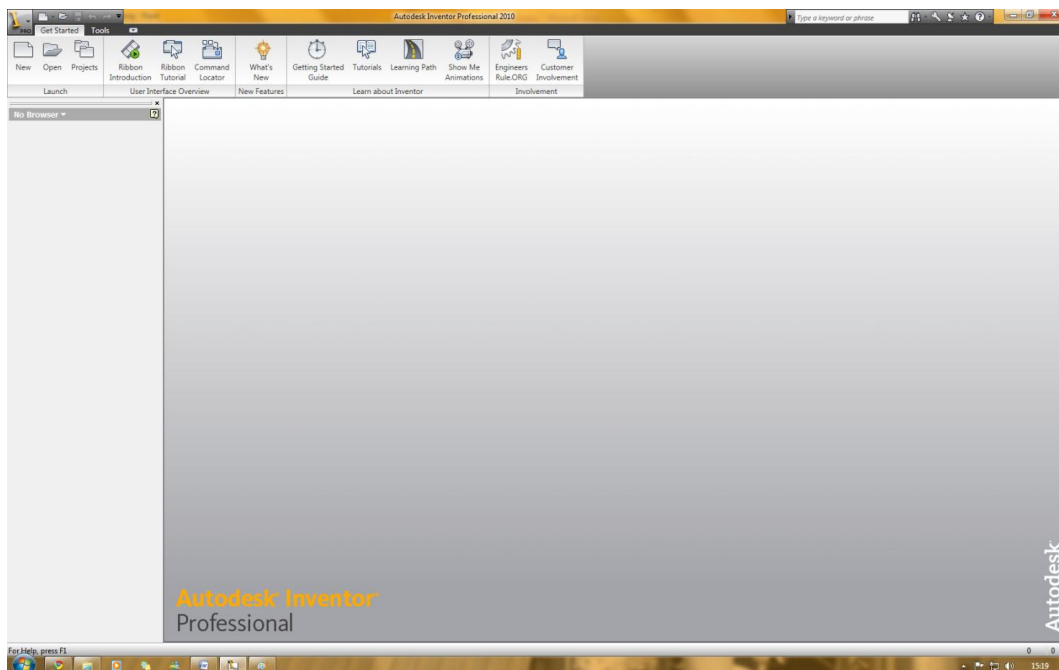
3.2. Autodesk Vault

Autodesk Vault 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. Izmijenjena datoteka se na server vraća pomoću naredbe *Check In* pri čemu Vault pamti vrijeme vraćanja i verziju izmjene.

3.3. Predradnje oblikovanju linije

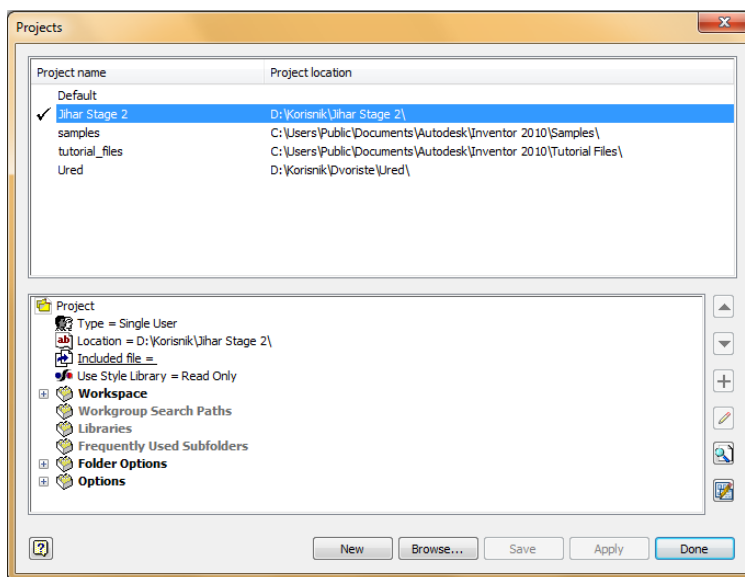
Pod predradnjama se podrazumijevaju nužni koraci koji nisu uvijek usko povezani s projektiranjem cijevne linije u Inventoru, ali se bez njih ne može. Uz poznavanje rada u modulu za cijevne linije potrebo je poznavati i rad u osnovnom dijelu programa Inventor, odnosno poznavati njegovo sučelje i sl., slika 3.1. Dijelove i cijevne sklopove treba znati pravilno otvoriti i urediti. Treba poznavati rad s bazom dijelova i drugim korisnim karakteristikama programa.



Slika 3.1 Osnovno sučelje Inventor-a

3.3.1 Odabir projekta

Pravilno definiranje i odabir projekta su važni 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.



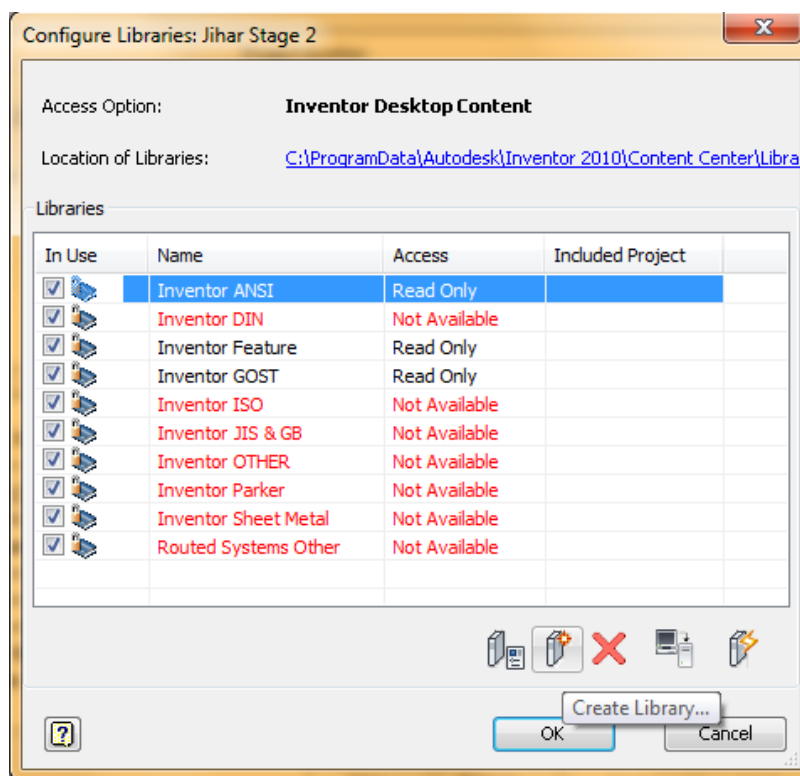
Slika 3.2 Prozor za odabir projekta

Dobro je prije početka rada svaki puta osvježiti datoteke kako bi bili sigurni da su sve datoteke u posljednjoj verziji (engl. *Up to date*). Ovo postizemo tako da na Vault-u za direktorij projekta odaberemo mogućnost preuzimanja cijelog direktorija (engl. *Get entire folder*) i zatim rezerviramo (Check Out) datoteke na kojima će se vršiti izmjene.

3.3.2 Provjera baza

Baze dostupnih standardnih dijelova u Inventoru izvorno nazvane Content Centar nisu potpune i ne mogu se dopunjavati. Ovaj problem se rješava tako da se kreira nova osobna baza dijelova. Pristup bazama je moguć preko zadnje ikonice s desne strane prozora za izbor projekta, slika 3.2, i odnosi se samo na odabrani projekt. Za Jihar Faza 2 projekt uz ANSI bazu koja je određena kao baza samo za čitanje (engl. *Read Only*), slika 3.3, dakle ne može se mijenjati, mora se kreirati i osobna baza.

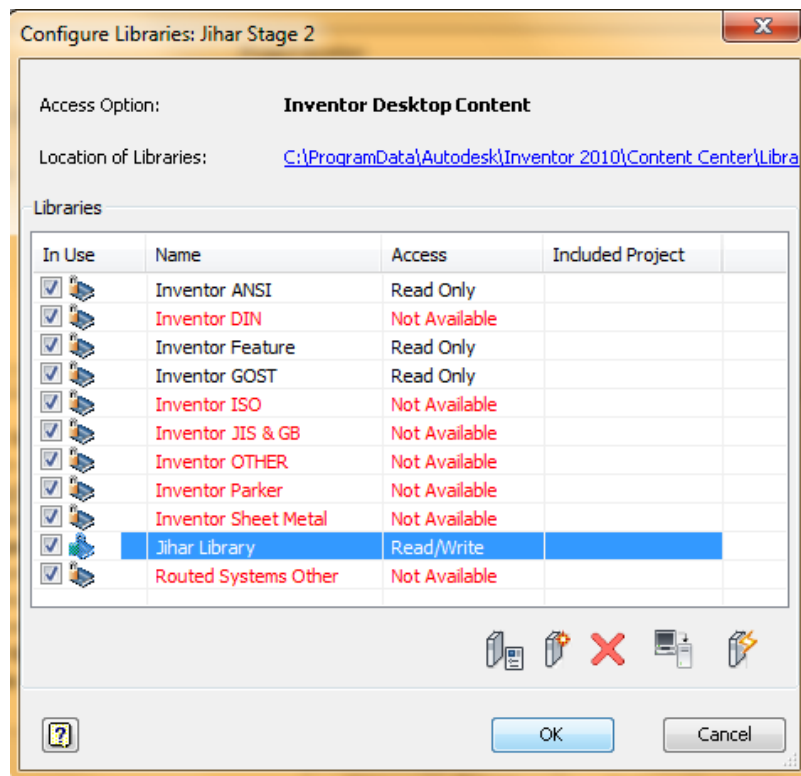
Za mogućnost dodavanja osobnih dijelova u bazu kreira se nova baza tako da se klikne na drugu ikonicu u donjem desnom kutu (Create Library), slika 3.3.



Slika 3.3 Konfiguriranje baza podataka

Otvora se prozor koji nudi upis naziva nove baze (upisano "Jihar Library") i naziva datoteke nove baze. Ova dva naziva mogu biti ista što je i ponuđeno. Nakon unosa podataka u listi dostupnih i ne dostupnih baza nalazi se i nova baza s dopuštenim čitanjem i pisanjem (Read/Write), slika 3.4. To znači da se u ovu bazu mogu unositi i korisnički dijelovi.

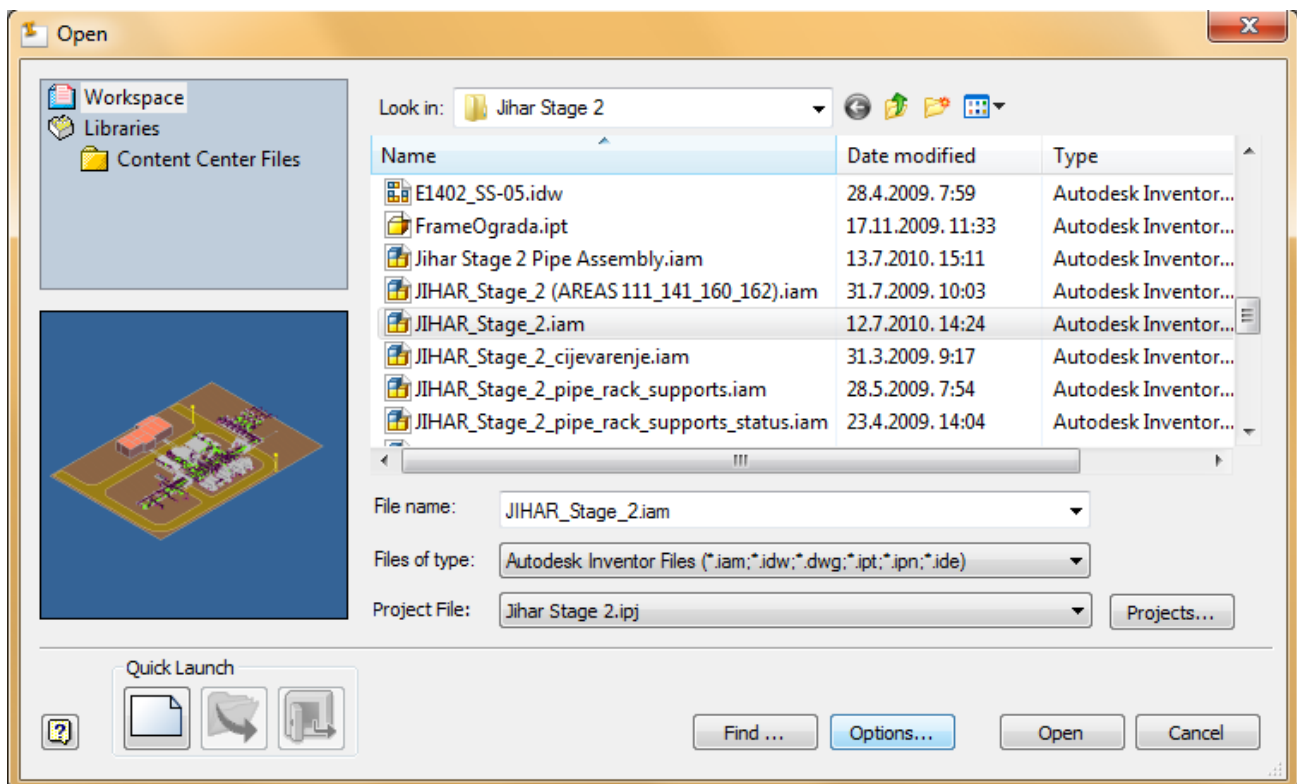
Prilikom odabira projekta treba provjeriti da li je osobna baza dijelova učitana, odnosno da li se nalazi u listi baza dijelova. Zna se dogoditi da unatoč tome što je baza dijelova kvalitetno definirana, osobna baza dijelova ne bude učitana i tada nastaju problemi pri otvaranju sklopova u kojima se nalaze dijelovi iz osobne baze dijelova.



Slika 3.4 Nova baza u popisu

3.3.3 Otvaranje glavnog sklopa Jihar Stage 2

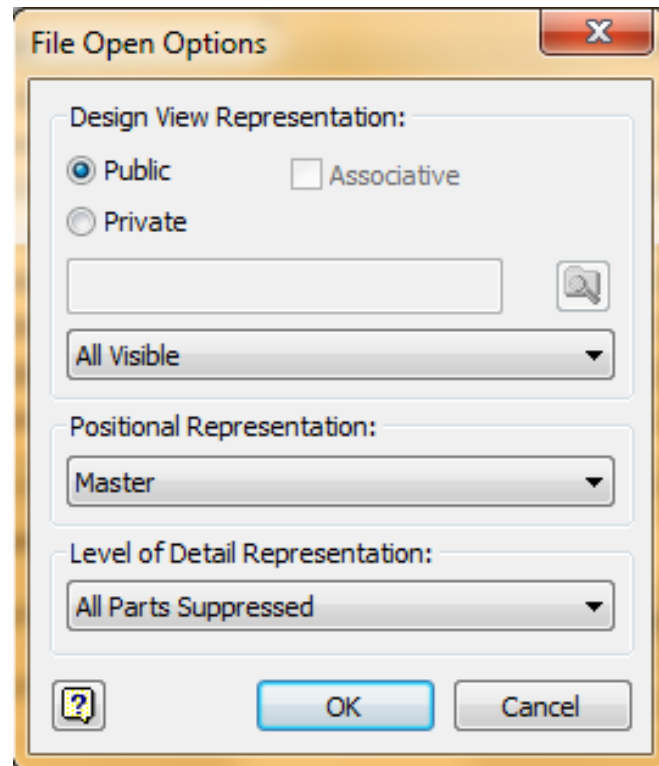
Klikom na ikonicu za otvaranje datoteka (Open), slika 3.1, otvara se prozor koji uz odabir željene datoteke nudi i dodatne opcije.



Slika 3.5 Prozor za otvaranje datoteka

Ovdje se osim odabira željene datoteke može, u slučaju da to nije dobro prethodno određeno, odabrati željeni projekt (engl. *Project File*), slika 3.5. Pri otvaranju većih sklopova može doći do nestabilnosti u radu i rušenja programa. Ovo se događa zbog prevelikog broja dijelova u sklopu za koje treba odraditi složene matematičke operacije.

Jedno od rješenja je korištenje jačeg računala s više radne memorije, ali ako je to skupo potrebno je pokušati olakšati sklop. Isto tako velike sklopove je dobro otvarati postepeno. U dodatnim opcijama (Options...), slika 3.5, se nalaze mogućnosti odabira željenog načina otvaranja.



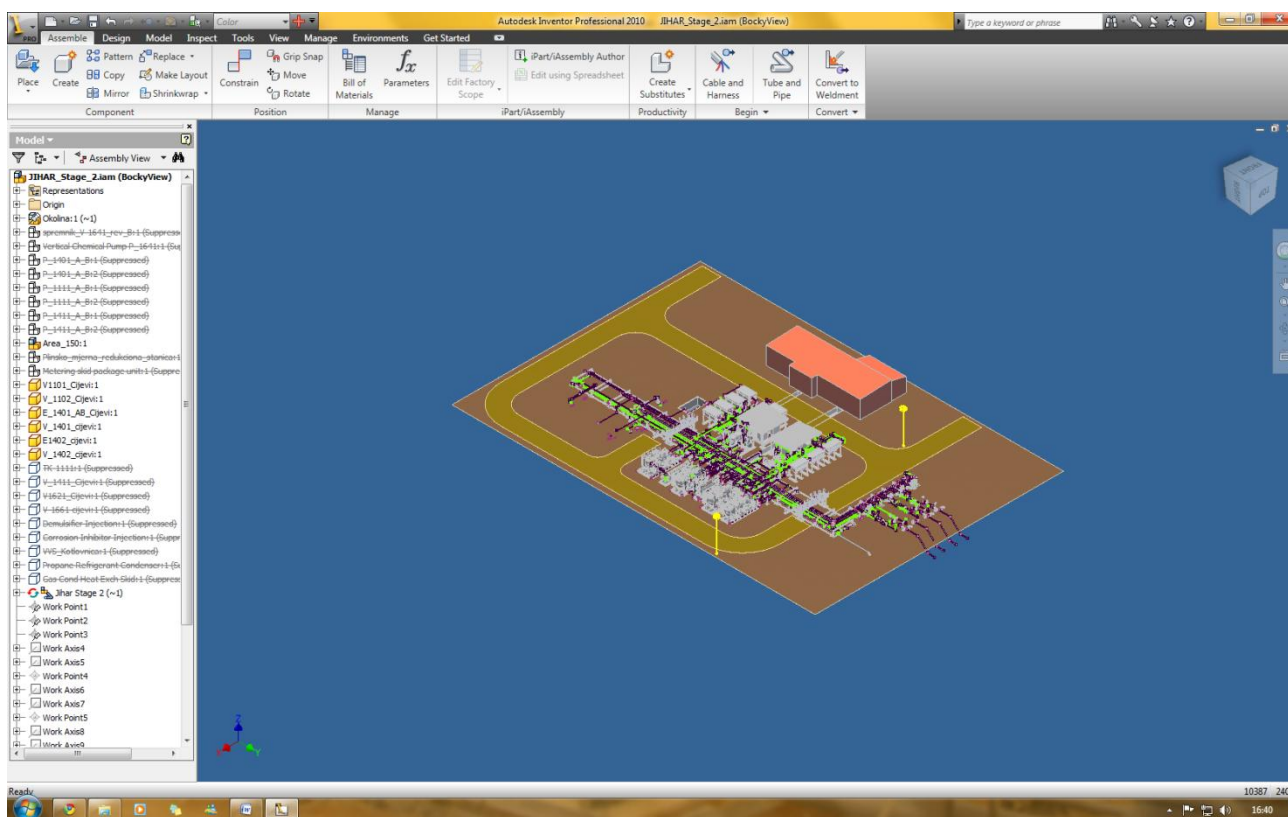
Slika 3.6 Dodatne opcije otvaranja datoteke

Prva opcija u padajućem izborniku određuje vidljivost dijelova, može biti sve vidljivo (*All Visible*), sve skriveno (*Nothing Visible*), prema zadnjem aktivnom stanju (*Last Active*) i prema spremljenim korisničkim predlošcima. Sljedeća opcija je opcija koja određuje početni položaj modela i ukoliko nije korisnički definirana postoji samo glavni položaj (*Master*). Ove dvije opcije imaju više estetsku i reprezentativnu ulogu, dok treća opcija ima ključnu ulogu kod otvaranja velikih sklopova.

Zadnja opcija je razina detaljnosti prikaza (*Level of Detail Representation*), ona određuje kompleksnost sklopa prilikom otvaranja. Ako je opcija postavljena kao na slici 3.6 "*All Parts Suppressed*" tada se sklop pri otvaranju doima prazan. Prednost ovog načina otvaranja složenih sklopova je u tome što program ne mora pri otvaranju računati sve međudnose za pojedine dijelove i pod-sklopove, nego ih u startu ignorira. To omogućava pojedinačno učitavanje komponenti sklopa, pa se računalo manje opterećuje i manja je vjerojatnost da dođe do greške u radu i rušenja programa.

Promjene se prihvate pritiskom na tipku "OK" i dalje se sklop normalno otvori preko tipke "Open" u glavnom prozoru, slika 3.5.

3.3.4 Sučelje za sklopove



Slika 3.7 Sučelje u Inventor-u kod otvorenog sklopa

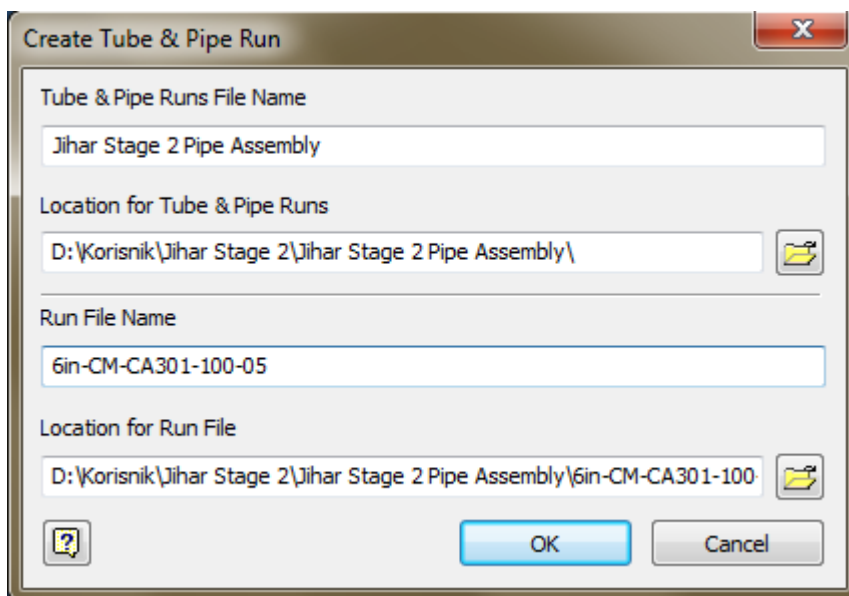
Usporedbom slike 3.1 i slike 3.7 vidljivo je da se alatna traka promijenila i da se sa strane nalazi popis svih elemenata sklopa s mogućnošću proširenja do najnižih značajki. U gornjem desnom kutu se nalazi kocka koja omogućava pozicioniranje pogleda na sklop, a malo ispod alatna traka za dodatno namještanje položaja sklopa.

Alatna traka sada nudi opcije kao što su postavljanje dijelova, kreiranje novih dijelova, određivanje međudnosa kod dijelova, parametre i sl. Na desnoj strani alatne trake nalazi se pristup modulima za kablove, cijevi i zavare. Dostupni moduli ovise o verziji programa.

3.3.5 Modul za cijevne linije

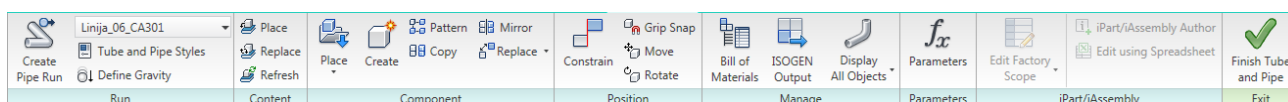
Modul za cijevne linije (*Routed Systems*) omogućuje pojednostavljeno kreiranje cijevnih linija u prostoru. Aktivira se klikom na ikonu Tube and Pipe u alatnoj traci sklopa. Ukoliko se radi o prvoj cijevnoj liniji Inventor će tražiti unos imena za grupu cjevovoda, krovni direktorij za sve cijevne linije, naziv prve cijevne linije i naziv datoteke za istu liniju, slika 3.8.

Svaka cijevna linija se sastoji od niza dijelova koji se automatski spremaju u poddirektorij za svaku cijevnu liniju kao i sklopa te linije koji se sprema u isti direktorij. U direktoriju se ne nalaze standardni elementi iz baze podataka, nego samo cijevi za pojedine segmente cijevne linije. Potrebno je naglasiti da se na cijevnu liniju u Inventoru trebaju postavljati samo elementi iz baze dijelova kako se ne bi narušila adaptivnost i stabilnost cijevnih linija.



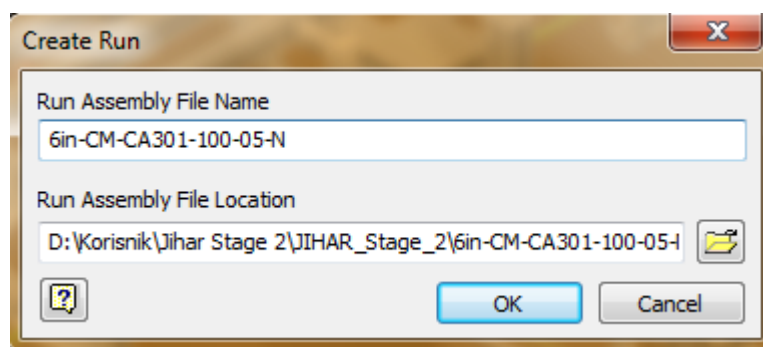
Slika 3.8 Kreiranje novog cijevnog sklopa

U slučaju da je glavni cijevni sklop već kreiran prije kreiranja nove cijevne linije treba dvostrukim klikom ući u pod-sklop za cijevne linije. U jednoj sklopnoj datoteci je moguće imati samo jedan cijevni sklop. Otvara se nova alatna traka s alatima izmjene cijevnih linija, slika 3.9.



Slika 3.9 Alatna traka za cijevne linije

"*Create Pipe Run*", ili kreiraj cijevnu liniju, je alat za kreiranje novih cijevnih linija unutar glavnog cijevnog sklopa. Otvara prozor u koji se unosi ime nove linije i lokacija foldera i sklopne datoteke. Dobra je praksa da se ime sklopne datoteke podudara s imenom direktorija s dijelovima za sklop linije.

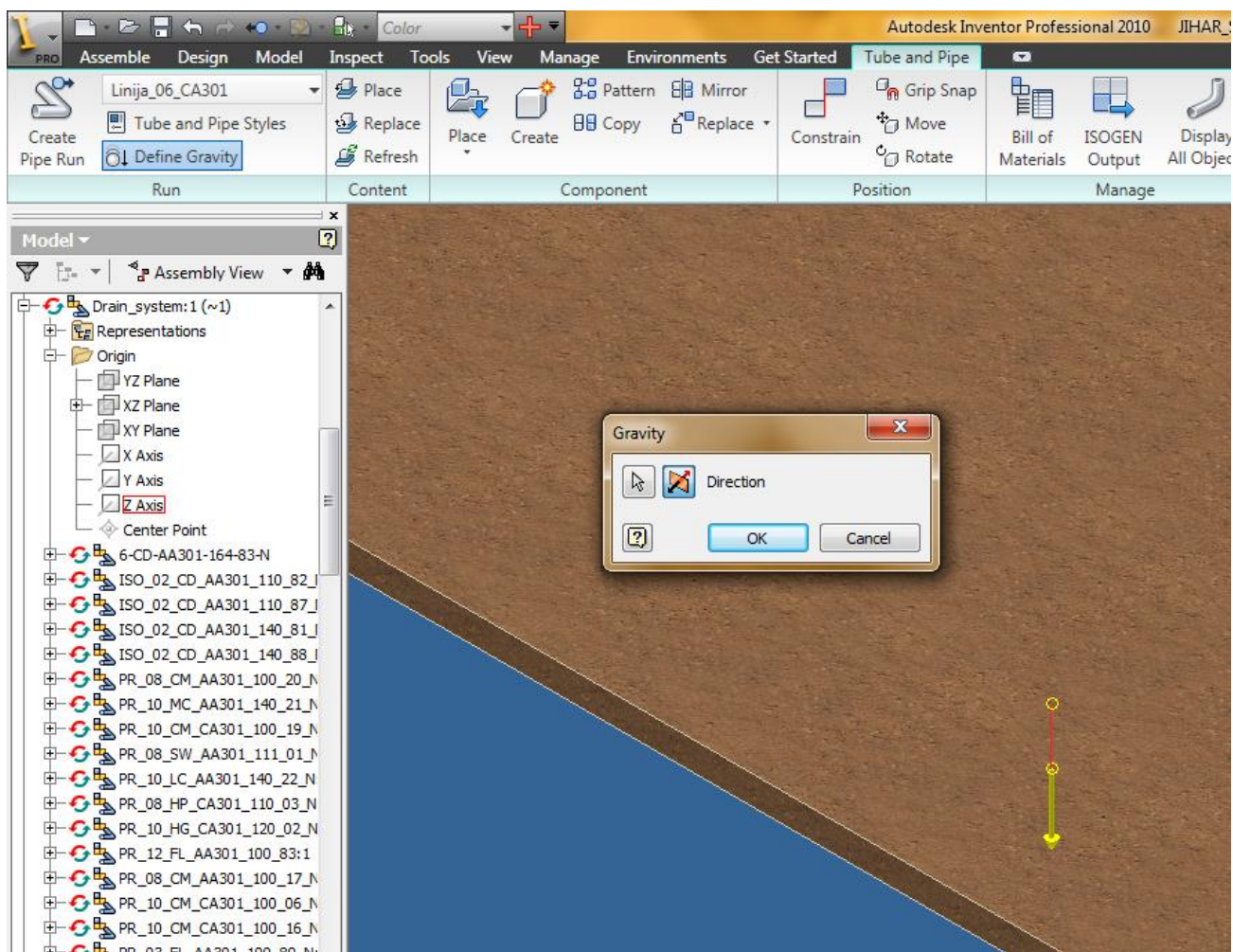


Slika 3.10 Kreiranje nove cijevne linije

Padajući izbornik, na slici 3.9 "Linija_06_CA301", određuje stil koji se koristi prilikom rada na trenutno odabranoj liniji. "*Tube and Pipe Styles*" je alat za editiranje stilova za cijevne linije. Stilovi se unutar jedne linije mogu miješati, a rad s ovom opcijom će poblje biti opisan u daljnjem tekstu.

"*Define Gravity*", ili odredi gravitaciju, je alat kojim se određuje smjer djelovanja gravitacije unutar cijevnog sklopa. Smjer gravitacije je potrebno odrediti ukoliko se u sklopu pojavljuju cijevne

linije koje imaju gravitacijsku pad, odnosno cijevne linije koje su pod nagibom i protok u njima je moguć zbog gravitacije ili potpomognut gravitacijom.



Slika 3.11 Određivanje smjera gravitacije unutar sklopa

Odabirom ove opcije se otvara prozor sa dodatnim opcijama za odabir smjera gravitacije, slika 3.11. Najkvalitetnije je smjer gravitacije odrediti pomoću glavnih osi sklopa cijevnih linija koje se nalaze u direktoriju "Origin" kako je prikazano na slici 3.11. Pravac se bira pomoću klika na strelicu u prozoru i može biti bilo koji pravac ili brid unutar sklopa. U koliko je smjer strelice djelovanja gravitacije (žuta strelica na slici 3.11) krivo određen može se okrenuti pomoću opcije "Direction" u prozoru za određivanje gravitacije.

"Content" grupa alata ("Place", "Replace" i "Refresh") se odnose na postavljanje, zamjenu i obnavljanje dijelova iz baze podataka.

"Component" grupa alata omogućava postavljanje ostalih dijelova, ne samo iz baze podataka, na cijevnu liniju, te manipulaciju istim. Premda kako je već navedeno nije preporučeno postavljanje istih.

"Position" grupa alata služi za pozicioniranje i manipuliranje dijelovima i sklopovima unutar glavnog sklopa ili podsklopova cijevnih linija.

"Bill of Materials" daje kompletan popis svih elemenata sklopa sa podacima o njihovom standardu, mjerama, masi, količini, te drugim definiranim elementima, slika 3.12.

Part Number	BOM Structure	Unit QTY	QTY	Stock Number
PR_06_CM_CA301_100_05_N:1	Normal	Each	1	
PR_06_CM_EA301_100_05_N_CA301	Phantom	Each	1	
ASME B16.9 Long Radius 45 Deg Elbow 6 x 0.432	Purchased	Each	1	
PRL_06_CM_EA301_100_05_N	Phantom	Each	1	
	Normal	39,37007874 in	39,370 in	ASME B36.10M Pipe 6 - Sche
	Normal	72.217 in	72,000 in	ASME B36.10M Pipe 6 - Sche
ASME B16.9 Straight Tee 6 x 0.432	Purchased	Each	1	
ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 600 6	Purchased	Each	6	
ASME B16.20 Spiral Wound Gasket For ASME B16.5 - Class 600-6	Purchased	Each	5	
	Normal	7,874 in	7,874 in	ASME B36.10M Pipe 6 - Sche
ASME B16.9 Long Radius 90 Deg Elbow 6 x 0.432	Purchased	Each	1	
ASME B16.9 Reducer 6 - Schedule 80	Purchased	Each	2	
PRL_06_CM_EA301_100_05_N_4in	Phantom	Each	1	
ASME B16.5 Flange Welding Neck - Class 600 4	Purchased	Each	4	
ASME B16.20 Spiral Wound Gasket For ASME B16.5 - Class 600-4	Purchased	Each	4	
ASME B16.9 Reducing Outlet Tee 4 - Schedule 80	Purchased	Each	1	
	Normal	7,874 in	7,000 in	ASME B36.10M Pipe 6 - Sche
	Normal	19,685 in	19,685 in	ASME B36.10M Pipe 6 - Sche

Slika 3.12 Tabela materijala (engl. Bill of Materials)

"ISOGEN Output" generira isogen datoteke (.pcf) za pojedine cijevne linije unutar glavnog cijevnog sklopa. Isogen datoteke, tj. isogen standard služi za prijenos informacija o cijevnim linijama između različitih računalnih programa.

"Display All Objects" ili "Display Routes Only" su dvije suprotne opcije za vizualni prikaz cijevnih linija. Prva opcija prikazuje cijevne linije sa svim elementima od kojih se ona sastoji, a druga prikazuje samo linije ruta, odnosno sakriva sve ostale elemente na linijama. Različite vizualizacije pomažu pri konstruiranju cijevnih linija olakšavajući preglednost.

"Parameters", ili parametri, omogućuje unošenje različitih parametara, ali sadrži i automatski generirane parametre koji nastaju ubacivanjem različitih elemenata, slika 3.13. Parametri mogu biti dužine cijevnih isječaka, razmaci između cijevnih elemenata, kutevi zakreta i sl.

"iPart/iAssembly" grupa alata služi za detaljniju popunu podataka o pojedinim dijelovima i sklopovima. Ovdje se unose podatci o autoru modela, nazivu i broju dijela ili sklopa, datumu izrade. Osim ovih podataka unose se i podatci o materijalu za dijelove, te o ostalim potrebnim tvorničkim podacima.

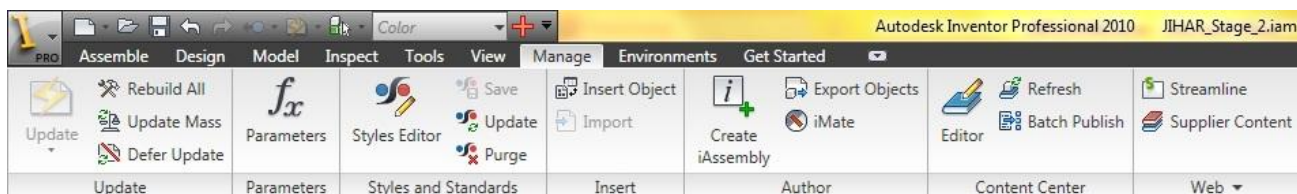
"Finish Tube and Pipe" naredbom završava se rad u nekom podsklopu i prelazi se u viši, odnosno nadređeni sklop.

Parameter Name	Unit	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Comment
- Model Parameters						
d3	in	0,000 mm	0,000000	●	0,000000	
d4	in	0,000 mm	0,000000	●	0,000000	
d9	in	0,000 mm	0,000000	●	0,000000	
d10	in	0,000 mm	0,000000	●	0,000000	
d16	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d17	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d18	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d19	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d20	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d21	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d22	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d23	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	
d24	in	0,000 in	0,000000	●	0,000000	

Slika 3.13 Tabela parametara

3.4. Baza dijelova

Pod izbornikom *Manage* (Upravljač) nalazi se Content Center grupa alata za manipuliranje bazom dijelova, slika 3.14. U ovoj grupi najvažniji je Editor (Izmjene) koji omogućava izmjene unutar baze dijelova. Izmjene nisu moguće na postojećim dijelovima u bazi, ali je moguće njihovo kopiranje.

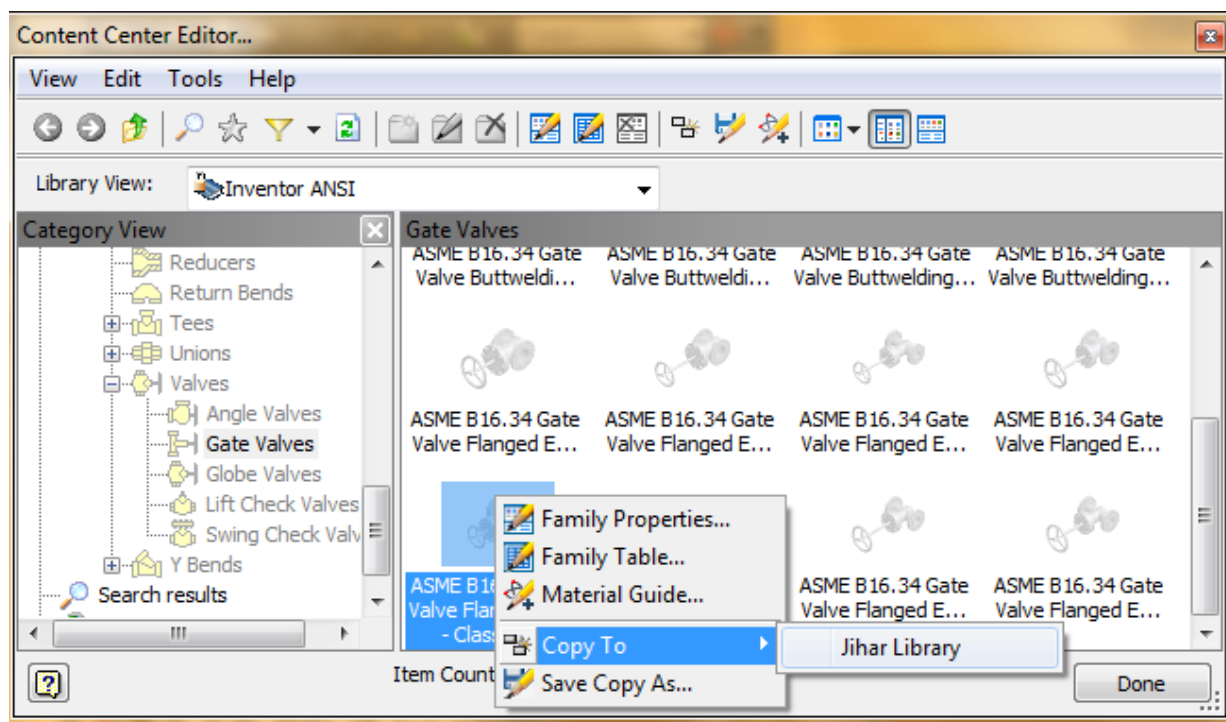


Slika 3.14 Grupa alata za upravljanje

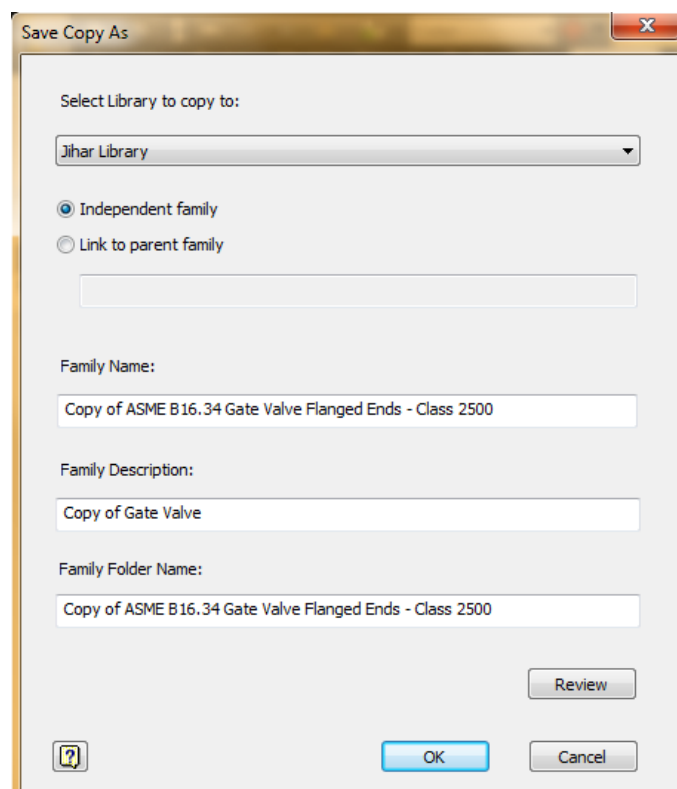
3.4.1 Izmjene baze dijelova

Standardni dijelovi u bazi dijelova se ne mogu mijenjati. Kako bi se izvršile izmjene potrebno je dio kopirati u novi dio. Da bi kopiranje bilo moguće mora postojati baza dijelova s dopuštanjem za čitanje i pisanje, u ovom slučaju je kreirana baza Jihar Library. Ukoliko postoji više baza s mogućnošću pisanja i čitanja treba voditi računa koja je svrha koje baze. Svi dijelovi u standardnim bazama se mogu kopirati.

Kopiranje se vrši tako da se klikne desnom tipkom miša na dio koji želimo kopirati. U alatnoj traci koja se otvori postoje dvije opcije za kopiranje. "Copy To" kopira istovjetnu presliku u odabranu bazu dijelova, slika 3.15. "Save Copy As" otvara prozor s dodatnim mogućnostima za promjenu imena, povezivanje s roditeljskom obitelji dijelova, novim imenom obitelji dijelova i direktorijem, slika 3.16.

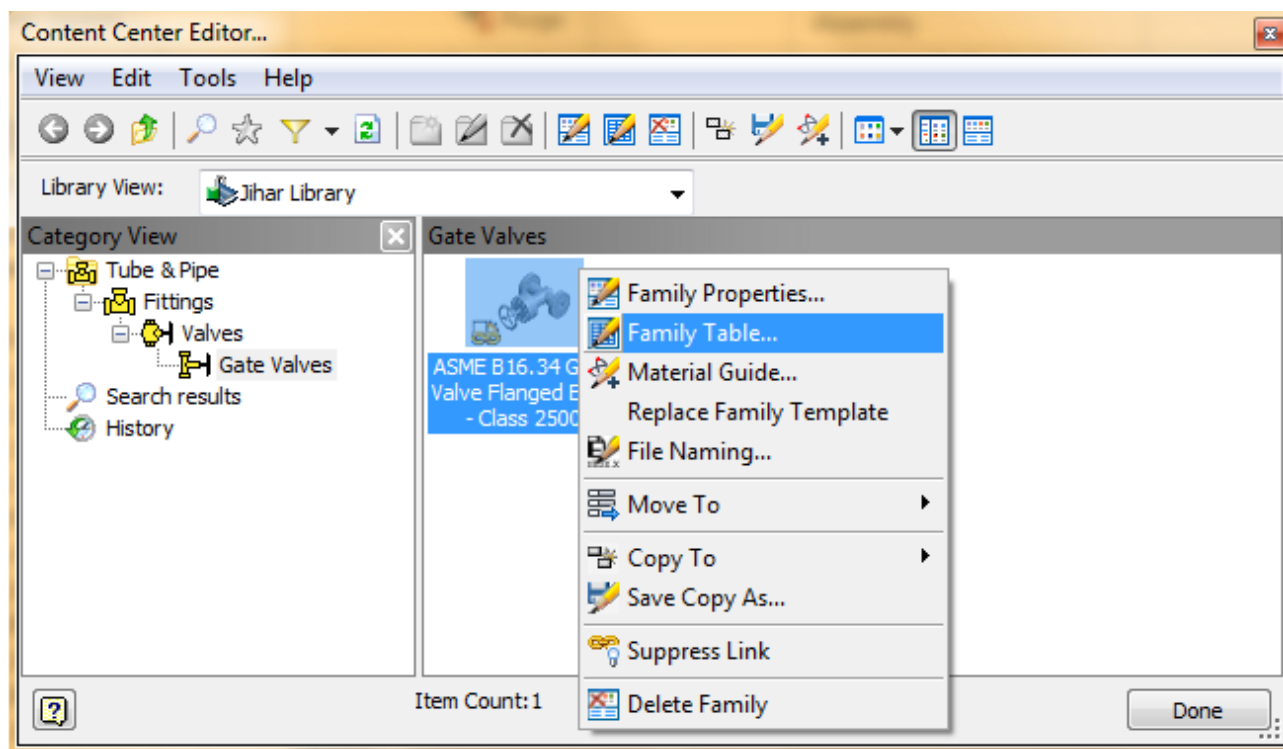


Slika 3.15 Kopiranje dijelova u bazi dijelova



Slika 3.16 Kopiranje dijelova s dodatnim mogućnostima

Nakon kopiranja novi dio se nalazi u bazi Jihar Library. Na slici 3.15 je vidljivo da su dijelovi prikazani blijedo, dok je na slici 3.17 kopirani dio prikazan sa punim bojama. Ovom razlikom je naglašeno na kojim se dijelovima mogu vršiti izmjene, a na kojima ne. Isto tako je vidljivo da desni klik otvara proširenu alatnu traku.



Slika 3.17 Kopirani dio u bazi Jihar Library

Odabirom opcije *Family Table* (Obiteljska Tabela) otvara se novi prozor s popisom parametara na temelju kojih se parametarski model dijela oblikuje. U gornjem lijevom kutu nalaze se alati za izmjenu tabele, slika 3.18. Novi red u tabeli za parametre se dodaje klikom na ikonu *Add row* (Dodaj red) koja je treća s lijeve strane. Novi red je naglašen žutom bojom i sastoji se od praznih polja. Kako bi model bio funkcionalan svi stupci moraju biti pravilno ispunjeni, a popunjavaju se prema standardnim vrijednostima za pojedine parametre. Standardne vrijednosti se iščitavaju iz standarda ili prema specifikaciji proizvođača. Nakon unosa svih vrijednosti sve izmjene se prihvaćaju pritiskom na tipku OK u donjem desnom kutu. Nakon pravilnog unosa nova veličina ventila je dostupna za primjenu u sklopu.

Osim naredbe za dodavanje reda tu se nalaze i naredbe za brisanje reda, dodavanje i brisanje stupca, sortiranje, editiranje preko Excel-a i vizualno uređivanje tabele, te određivanje ključnih stupaca.

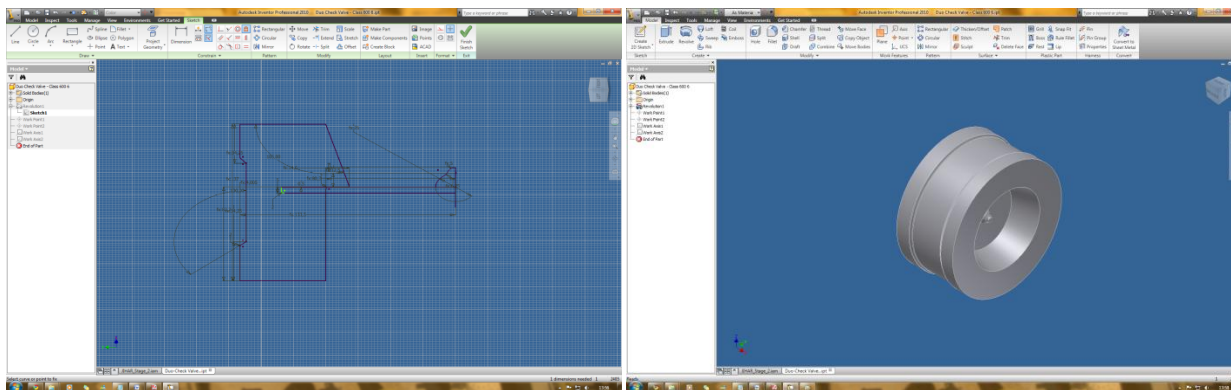
Row/Status	A [in]	H [in]	d [in]	d [in]	t [in]	O [in]	C1 [in]	BC [in]	DH [in]	Nu [in]	R [in]	ND
2	13,75	15,75	1	1	0,44	7,25	1,5	5,12	1,12	4	2,5	1 1/4
3	15,12	17,12	1,12	1,12	0,5	8	1,75	5,75	1,25	4	2,88	1 1/2
4	17,75	19,75	1,5	1,5	0,62	9,25	2	6,75	1,12	8	3,62	2
5	20	22	1,88	1,88	0,75	10,5	2,25	7,75	1,25	8	4,12	2 1/2
6	22,75	24,75	2,25	2,25	0,88	12	2,62	9	1,38	8	5	3
7	26,5	28,5	2,88	2,88	1,09	14	3	10,75	1,62	8	6,19	4
8	31,25	33,25	3,62	3,62	1,34	16,5	3,62	12,75	1,88	8	7,31	5
9	36	38	4,38	4,38	1,59	19	4,25	14,5	2,12	8	8,5	6
10	40,25	42,36	5,75	5,75	2,06	21,75	5	17,25	2,12	12	10,62	8
11	50	52,63	7,25	7,25	2,59	26,5	6,5	21,25	2,62	12	12,75	10
12	56	58,94	8,62	8,62	3,03	30	7,25	24,38	2,88	12	15	12
13	62	65,25	10	10	3,47	35	8,62					14

Slika 3.18 Dodavanje novih parametara

3.4.2 Dopuna baze dijelova

U koliko neki dio nedostaje u bazi a potreban nam je za izradu linije moguće ga je unijeti u bazu. Dio koji se unosi može biti unaprijed u potpunosti definiran za postavljanje u bazu, u slučaju da proizvođač ima svoju bazu proizvoda za Inventor, ili se mora modelirati u potpunosti što znači da mu treba odrediti i sve parametre. Modeliranje objekta mora biti u potpunosti parametarsko osim ako se radi o pojedinačnom elementu za samo jednu nazivnu vrijednost cijevne linije.

Na slici 2.4 vidi se simbol za nepovratni ventil. U bazi postoje nepovratni ventili, ali su svi prirubnički. Nepovratni ventil na ulaznom razdjelniku se steže između dvije prirubnice i ima specifičan oblik te ga se stoga mora izmodelirati i postaviti u bazu. Ima cilindričan oblik, pa se model najlakše dobiva rotacijom iz parametarske skice, slika 3.19.



Slika 3.19 Skica i model Duo-check ventila

Preporučeno je da se parametri zadaju od strane korisnika, a da svi ostali parametri u listi parametara budu u ovisnosti o korisničkim parametrima. Vrijednosti za parametre modela se dobivaju izravnim unosom broja, jednakošću s korisnički unesenim parametrima, međusobnom ovisnošću dvaju parametara modela ili preko jednadžbe u ovisnosti o korisničkim parametrima, tabela 3.1.

U tabeli 3.1 parametar d_{12} je parametar radijusa cilindričnog oblika Duo-check ventila, kako je korisnički zadan promjer kao parametar A_1 u milimetrima radijus je dobiven dijeljenjem vrijednosti parametra A_1 s dva. Jednadžba izgleda ovako:

$$d_{12} = \frac{A_1}{2}. \quad (3.1)$$

Parametar d_6 u modelu se odnosi na visinu utora na površini plašta cilindra. Potrebna visina utora iznosi 1,5% ukupnog promjera cilindra tako da jednadžba izgleda:

$$d_6 = A_1 * 0,015, \quad (3.2)$$

u jednadžbi se isto tako može vidjeti i oznaka ul na kraju jednadžbe. Ova oznaka u Inventoru stoji pokraj brojeva bez jedinice mjere (engl. *unitless*), a kratica je upravo ul.

Za parametre koji samo preslikavaju vrijednost korisničkog parametra, kao što je parametar d_2 visina cilindra, a korisnička varijabla za visinu je B_1 , jednadžba izgleda ovako:

$$d_2 = B_1. \quad (3.3)$$

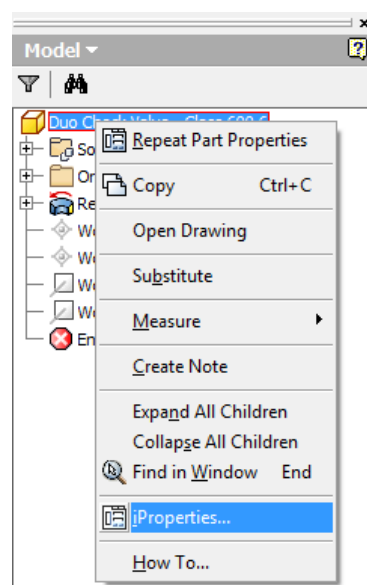
Tabela 3.1 Parametri za model Duo-check ventila

Parameter Name	Unit	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Exp	Comment
Model Parameters							
d2	mm	B1	137,000000	●	137,000000	<input type="checkbox"/>	
d3	mm	$B1 * 0,25 \text{ ul}$	34,250000	●	34,250000	<input type="checkbox"/>	
d4	mm	d3	34,250000	●	34,250000	<input type="checkbox"/>	
d5	deg	130 deg	130,000000	●	130,000000	<input type="checkbox"/>	
d6	mm	$A1 * 0,015 \text{ ul}$	4,005000	●	4,005000	<input type="checkbox"/>	
d7	mm	$B1 * 0,6 \text{ ul}$	82,200000	●	82,200000	<input type="checkbox"/>	
d8	deg	105 deg	105,000000	●	105,000000	<input type="checkbox"/>	
d9	mm	$C1 * 0,1 \text{ ul}$	14,600000	●	14,600000	<input type="checkbox"/>	
d11	mm	$C1 * 0,55 \text{ ul}$	80,300000	●	80,300000	<input type="checkbox"/>	
d12	mm	$A1 / 2 \text{ ul}$	133,500000	●	133,500000	<input type="checkbox"/>	
d13	mm	2,000 mm	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d14	mm	2 mm	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d16	mm	5 mm	5,000000	●	5,000000	<input type="checkbox"/>	
d17	mm	0,5 mm	0,500000	●	0,500000	<input type="checkbox"/>	
d18	mm	R1	25,000000	●	25,000000	<input type="checkbox"/>	
d19	mm	$d18 / 4 \text{ ul}$	6,250000	●	6,250000	<input type="checkbox"/>	
d20	mm	$d18 * 0,2 \text{ ul}$	5,000000	●	5,000000	<input type="checkbox"/>	
d21	mm	2 mm	2,000000	●	2,000000	<input type="checkbox"/>	
d23	mm	$d18 / 2 \text{ ul}$	12,500000	●	12,500000	<input type="checkbox"/>	
d24	mm	0 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	
User Parameters							
N1	in	6 in	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	
A1	mm	267 mm	267,000000	●	267,000000	<input type="checkbox"/>	
B1	mm	137 mm	137,000000	●	137,000000	<input type="checkbox"/>	
C1	mm	146 mm	146,000000	●	146,000000	<input type="checkbox"/>	
R1	mm	25 mm	25,000000	●	25,000000	<input type="checkbox"/>	

Display only parameters used in equations

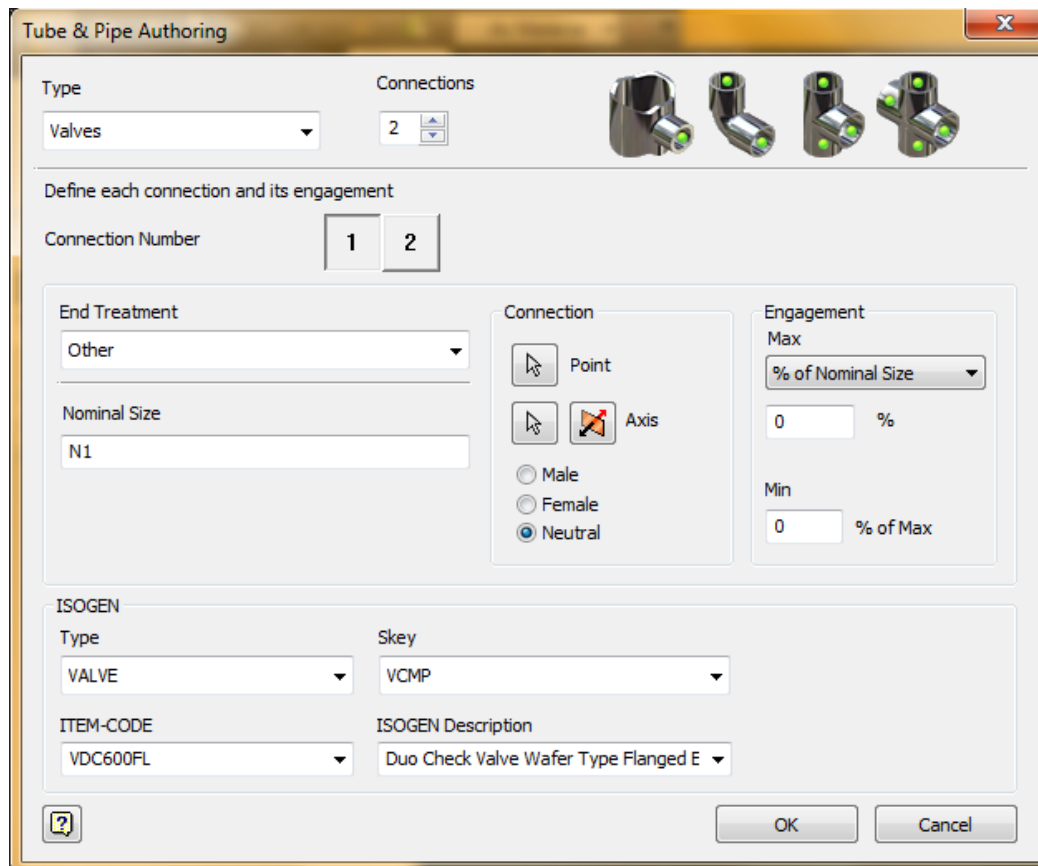
 Reset Tolerance

U alatnoj traci dobivenoj desnim klikom na ime dijela odabere se opcija iProperties (iOpcije), slika 3.20, koja otvara prozor s opcijama za dio. Ovo su općenite opcije za predmet kao što su autor, standard, ime, status i sl. Najvažnije je ovdje odrediti materijal za objekt kako bi izračun mase bio što točniji. Kao materijal se odabere "Steel, Mild" ponuđenom u padajućem izborniku pod grupom Physical.



Slika 3.20 Odabir iProperties opcije

Na alatnoj traci se odabere grupa *Manage* i u podgrupi *Author* opcija *Tube and Pipe Authoring*, nakon čega se otvori prozor za autorizaciju dijela kako bi bio prepoznat na cijevnoj liniji, slika 3.21.



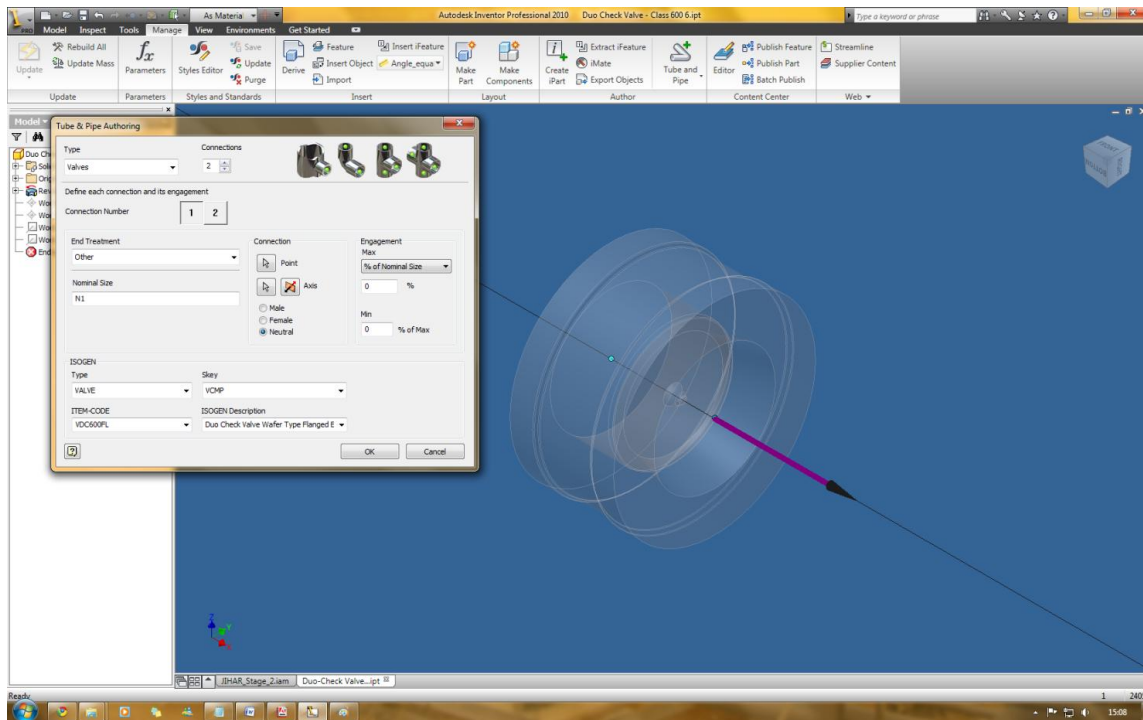
Slika 3.21 Prozor za autorizaciju dijela

Type (tip) je opcija pod kojom se određuje skupina i karakteristike modela. U ovom slučaju je odabrana skupina *Valves* (ventili) s obzirom da se radi o nepovratnom ventilu. *Connections* (spojna mjesta) određuje broj spojnih mjesta na ventilu. Spojno mjesto je mjesto na kojem se ventil spaja s drugim elementima cijevne linije. Kako ovaj ventil ima dva spojna mjesta odabrana je vrijednost dva.

Zatim je potrebno odrediti svako spojno mjesto zasebno. Da bi to bilo moguće potrebno je postaviti pravac (*Axis*) i točku (*Point*), nalaze se pod grupom *Model*, u centar svakog spojnog mjesta. Potrebni su nam kako bi postavljanje spojnih točaka bilo što točnije.

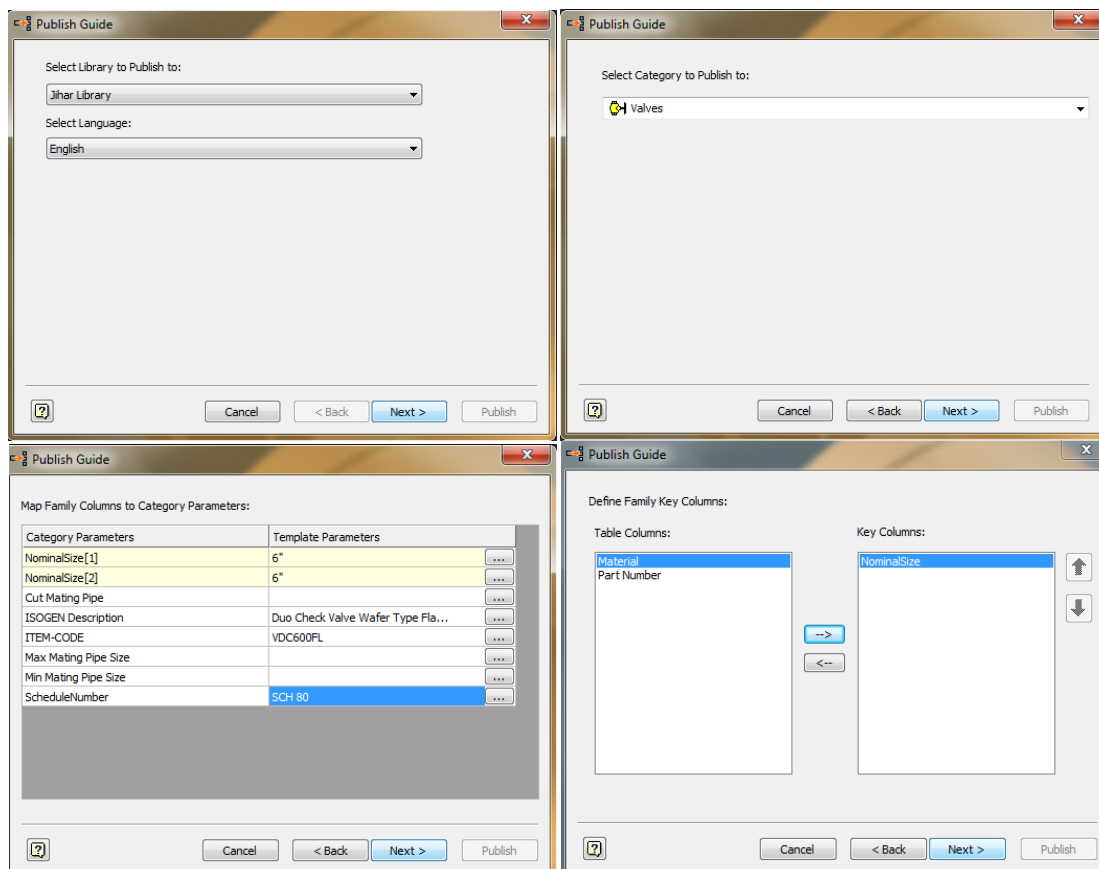
Odabere se *Connection Number* (Broj spojnog mjesta) i za to spojno mjesto odrede pravac i točka spajanja te smjer, slika 3.22, pomoću opcija *Connection* (Spoj). Kod različitih zavarenih spojeva konekcije mogu biti muške ili ženske, no u ovom slučaju se radi o neutralnoj konekciji. Isto je tako potrebno odrediti i izgled kraja spojnog mjesta. Neki primjeri su prirubnice, navoji i sl. Ukoliko niti jedan opis ne odgovara odabere se mogućnost *Other* (Drugo).

ISOGEN područje služi za definiranje podataka za generiranje isogen datoteke kako bi se izometrija mogla prenijeti u neki drugi program. Posebnu pažnju treba pridodati pri izboru *Skey* i *ITEM-CODE* opcija s obzirom da one povezuju objekte u različitim programima.

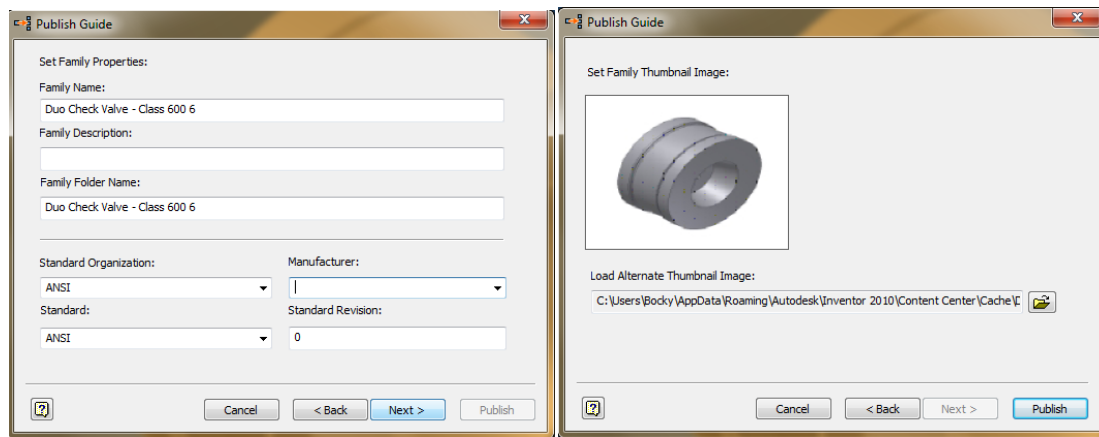


Slika 3.22 Autorizacija dijelova za cijevne linije

Ovako određen dio se može postaviti u bazu dijelova. Postavljanje se obavlja pomoću podgrupe Content Center i naredbu *Publish Part* (Objavi dio). Poslije je potrebno pratiti upute i na kraju se pritisne tipka *Publish*, slika 3.23.



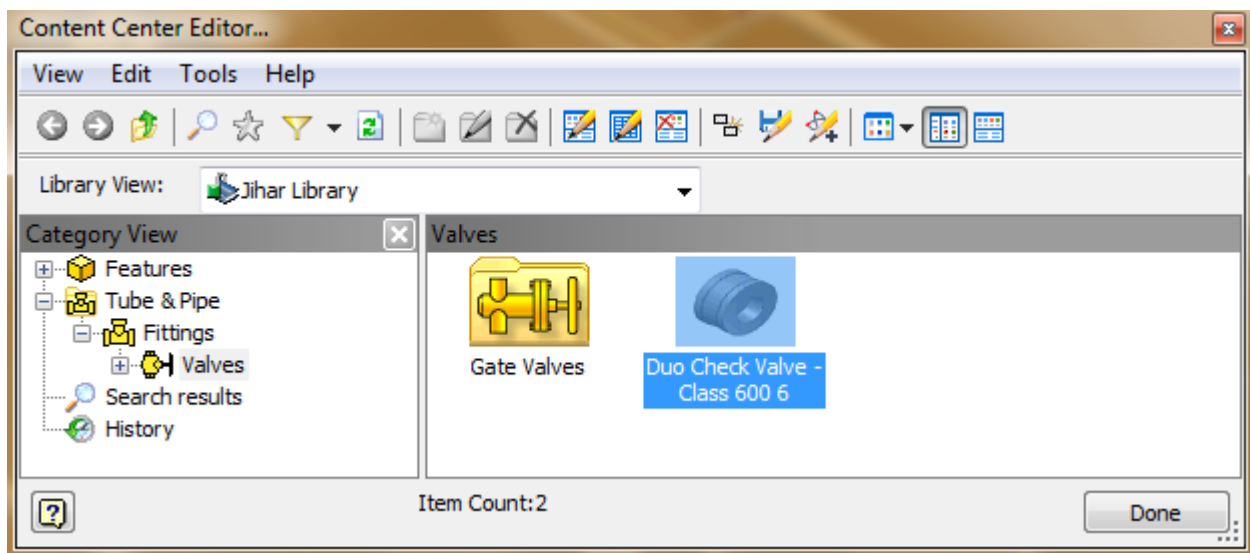
Slika 3.23 Objava dijela u bazu dijelova



Slika 3.23 - nastavak - Objava dijela u bazu dijelova

Nakon što se dio objavi u bazi dalje se koristi kao standardni dio iz baze. Nalazi se u zadanoj grupi dijelova, u ovom slučaju u grupi ventila, slika 3.24. Za ovaj dio obiteljska tabela sadrži samo jedan red, to je zato što je predviđen samo za jednu klasu cjevovoda i jedan promjer cijevi.

U slučaju da se radi o djelu za više različitih promjera, obiteljska tabela bi se popunila u editoru baze dijelova. Parametri koje bi se unosilo u tabelu bi bili korisnički parametri iz tabele 3.1. Na temelju odabira vrijednost iz ključnog stupca model bi poprimio dimenzije zadanih vrijednosti za parametre u redu u kojem se nalazi odabrana vrijednost. Model Duo-check ventila je predviđen samo za klasu cjevovoda 600, zato je ključni stupac u ovom slučaju veličina, odnosno nazivni promjer, ventila. Ova vrijednost ovisi o nazivnom promjeru cijevne linije na koju se ventil postavlja.

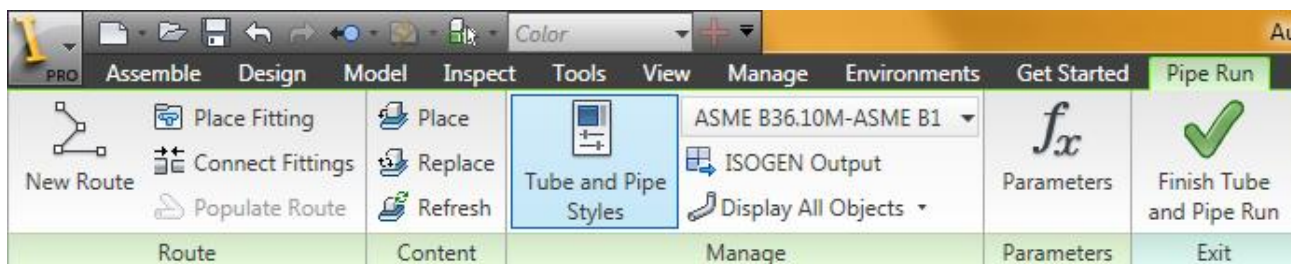


Slika 3.24 Dodani dio u bazu dijelova

3.5. Postavljanje cijevne linije

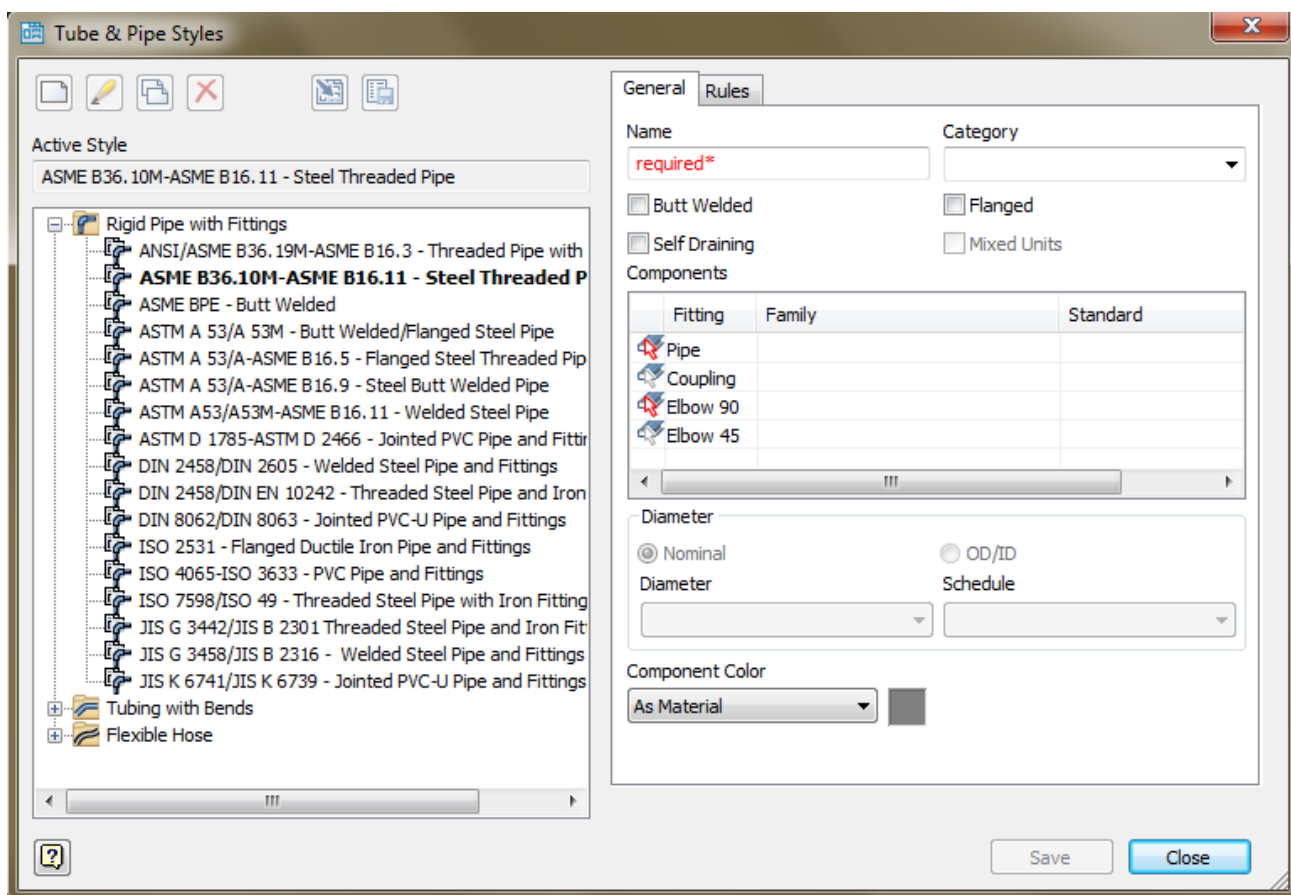
3.5.1 Priprema stila za cijevnu liniju

Stilom se određuje standard i standardni promjer cijevi, standard za prirubnice, standard za brtve, standard za koljena, minimalna dužina cijevi, vrsta cijevne linije i sl. Dobro određeni parametri stila omogućuju kvalitetnu automatsku izradu cijevnih linija. Prilikom ulaska u podsklop željene cijevne linije gornja alatna traka se postavlja na grupu alata za rad sa cijevnom linijom. U podgrupi *Manage* se nalazi *Tube and Pipe Styles* naredba preko koje se ulazi u prozor za podešavanje stila cijevne linije, slika 3.25.



Slika 3.25 Alat za izmjenu stila cijevne linije

Klikom na ikonicu *New* (Novi) u gornjem lijevom kutu s desne strane se dobiju prazna polja za unos novog stila cijevne linije, slika 3.26. Osim ovog načina moguće je kopirati neki od postojećih stilova i na njemu izvršiti potrebne izmjene.



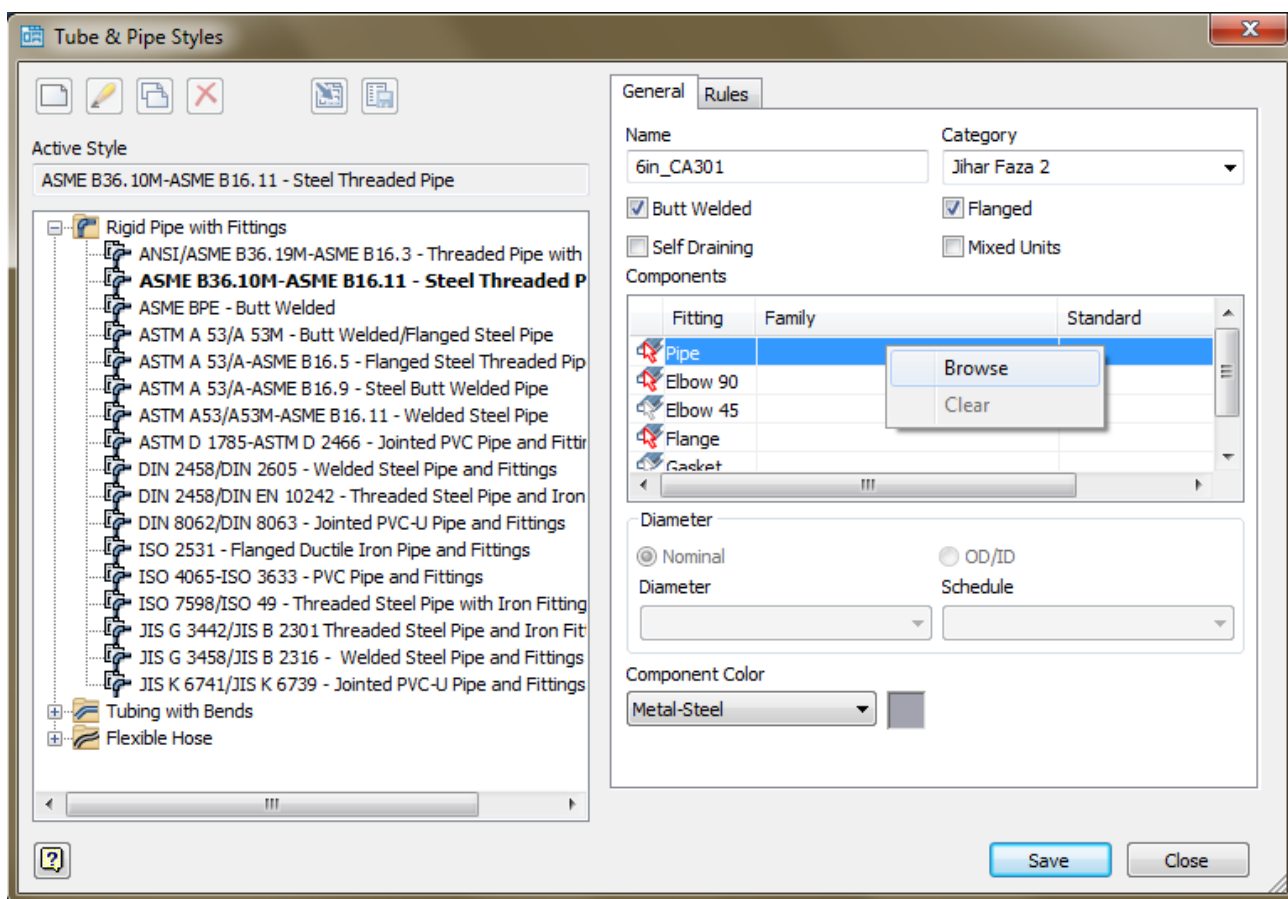
Slika 3.26 Novi stil za cijevne linije

Naziv (engl. *Name*) predstavlja novi stil i u ovom slučaju naziv tvore nazivna veličina cijevne linije i oznaka klase prema specifikaciji iz baznog projekta pa se dobije 6in_CA301. Ovako podešen stil ne služi samo za jednu liniju nego se može koristiti za sve linije od 6 in u klasi 600 odnosno CA301.

Rubrika kategorije (engl. *Category*) određuje kojoj vrsti cijevnih linija pripada novi stil, npr. metalne cijevi, fleksibilne cijevi, plastične cijevi i sl. ili korisnički zadana kategorija. U ovu rubriku se upiše Jihar Faza 2.

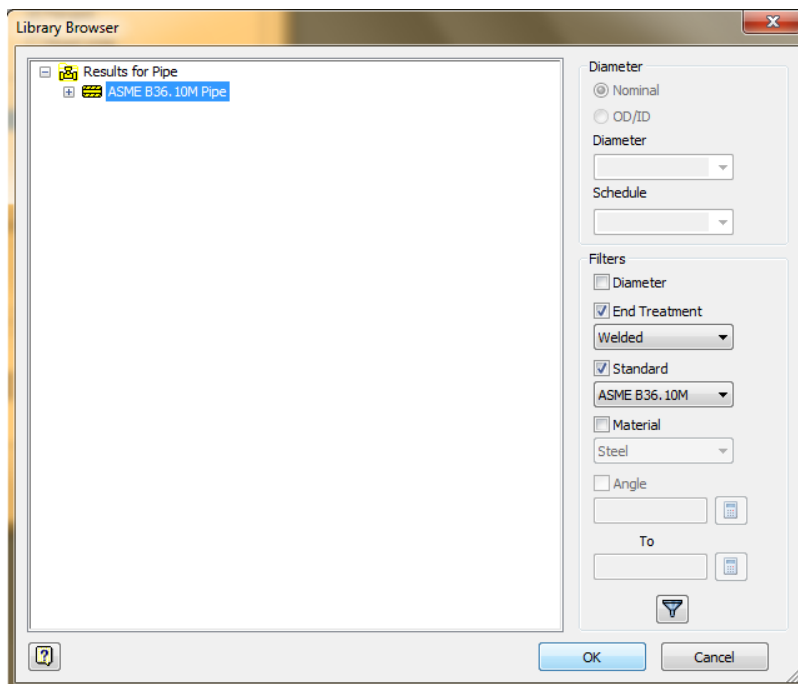
Kao opcija za odabir omogućeni su *Butt Welded* - sučeono zavarivanje, *Flanged* - s prirubicama, *Self Draining* - gravitacijski cjevovodi i *Mixed Units* - mješovite mjerne jedinice. Od ovih mogućnosti odabere se *Butt Welded* i *Flanged*, a *Self Draining* se koristi ukoliko cijevna linija stoji pod nagibom, odnosno ima pad. Nakon ispunjavanja gornjeg dijela rubrika dolazi se do rubrike Komponente (engl. *Components*).

Desnim klikom miša na željeni element cijevne linije otvara se alatna traka s mogućnošću pretraživanja (engl. *Browse*). Odabirom pretraživanja otvara se prozor za odabir željenog elementa s ponuđenim standardnim elementima iz baze dijelova, slika 3.27.



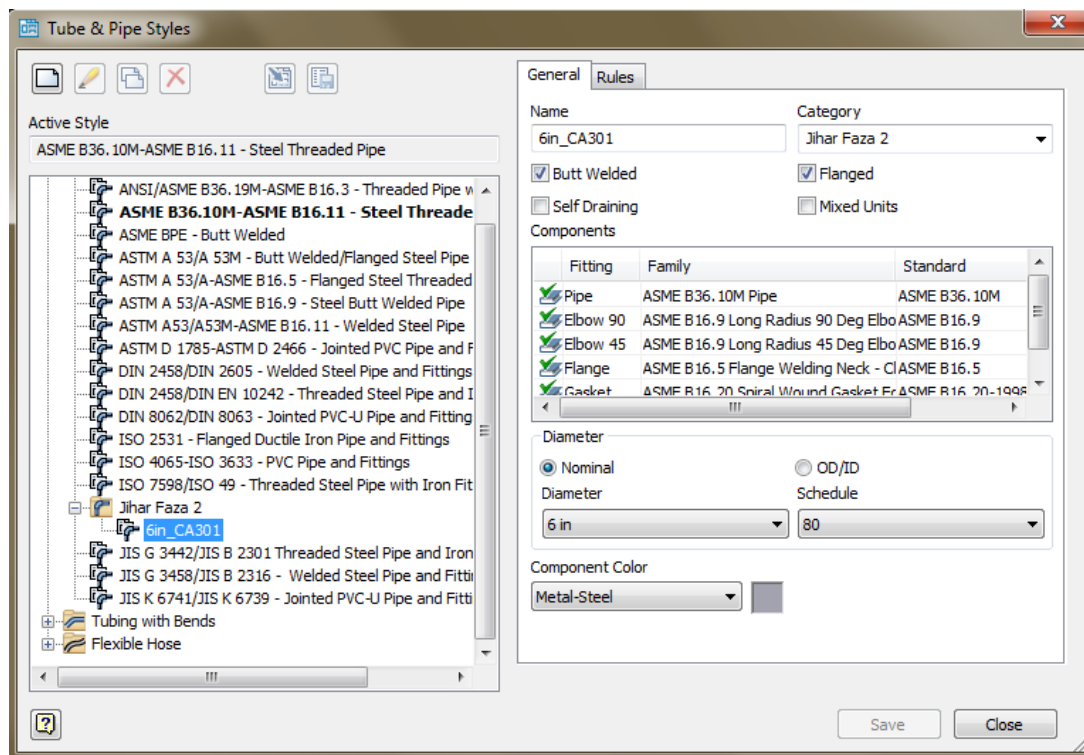
Slika 3.27 Odabir elemenata cijevne linije

Sa desne strane prozora za odabir elementa nalazi se filter. Odabirom kombinacije ponuđenih karakteristika sužava se izbor elemenata i osiguravaju se potrebne karakteristike. Standard predviđen za cijev je ASME B36.10 pa se u polju Standard odabere ponuđeni standard ASME B36.10M i izbor cijevi se svede na jednu mogućnost, slika 3.28.



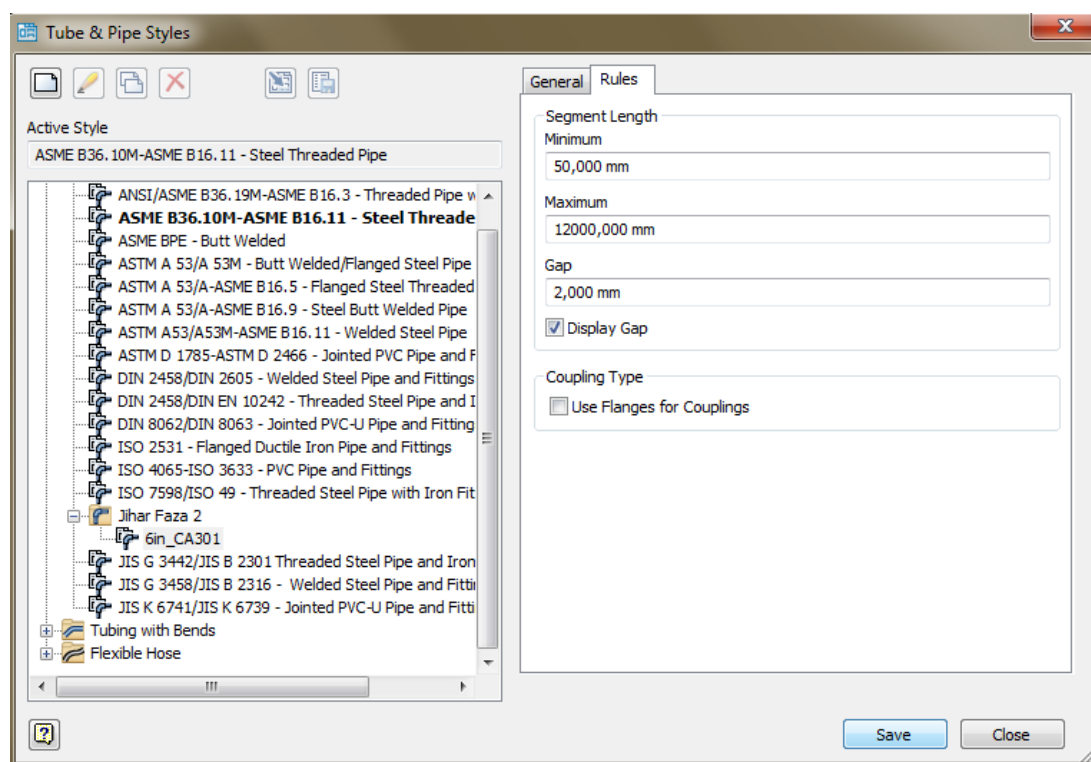
Slika 3.28 Izbor standarda za cijevi

Nakon filtriranja odabere se ponuđena cijev ili jedna od više ponuđenih opcija ovisno o parametrima filtriranja. Kada se željeni izbor označi pritisne se tipka OK. Ovaj postupak se ponovi za sve potrebne elemente pod kategorijom komponenti. Dobro je prije odabira ostalih komponenti odrediti nazivni promjer cijevi i schedule kako se ne bi dogodilo da se odabere element koji ne odgovara nazivnom promjeru i klasi cjevovoda. U prostoru za odabir promjera (engl. *Diameter*) za nazivni promjer se odabere vrijednost od 6 in, za schedule vrijednost 80 kako je određeno u baznom projektu za ovu klasu cjevovoda, slika 3.29.



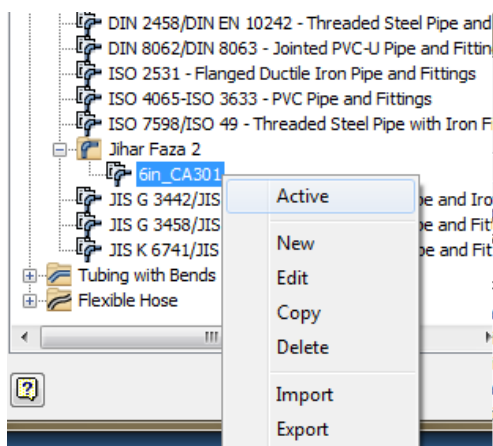
Slika 3.29 Ispunjen opći stil cijevne linije

Prije spremanja stila treba ispuniti i grupu pravila (engl. *Rules*). U ovoj grupi određuju se pravila ponašanja cijevnih linija i posebno je važna za automatsko postavljanje cijevnih linija. U ovom dijelu treba unijeti minimalnu dužinu isječka cijevi koja prema preporukama treba biti 50 milimetara. Najveću dozvoljenu dužinu cijevnog isječka, ova vrijednost je ograničena najvećom dužinom cijevi koju isporučuje dobavljač. Razmak (engl. *Gap*) predstavlja razmak zbog zavarivanja, a opcija prikaži razmak (engl. *Display Gap*) omogućava da razmak bude vidljiv i na modelu. Korištenje prirubnica kao spojnice između isječaka cijevi (engl. *Use Flanges for Couplings*) se koristi za čelične cijevne linije koje imaju gumenu izolaciju ili za plastične cijevne linije. Nakon što se sva potrebna polja ispune pritisne se tipka Spremi (engl. *Save*), slika 3.30.



Slika 3.30 Ispunjena pravila za cijevne linije

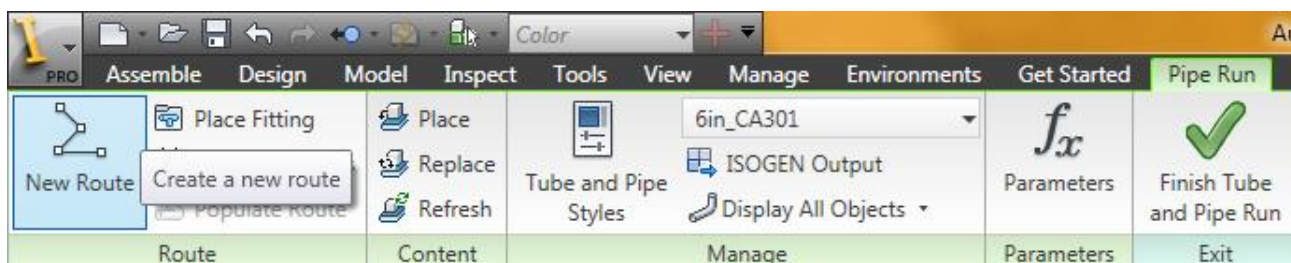
Kako bi se stil primjenio na cijevnu liniju potrebno ga je aktivirati. Aktivacija se obavlja tako da se desnom tipkom miša klikne na naziv novog stila u lijevom dijelu prozora i odabere mogućnost aktivacije (engl. *Active*), slika 3.31. Nakon aktivacije prozor se može zatvoriti.



Slika 3.31 Aktivacija stila

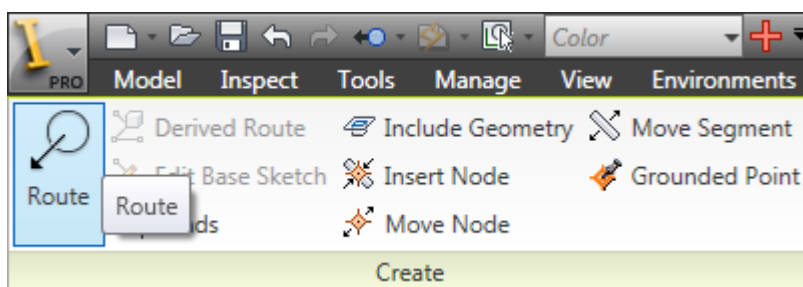
3.5.2 Povlačenje cijevne linije

Prije početka povlačenja cijevne linije (engl. *Route*) potrebno je ući u podsklop željene linije. Nakon ulaska u gornjoj alatnoj traci se pojavljuju alati za rad s cijevnim linijama. Treba provjeriti da li je aktiviran željeni stil u podgrupi alata *Manage*, treba biti "6in_CA301". Da bi se cijevna linija mogla povući treba kreirati liniju sa željenim karakteristikama, dakle novu liniju (engl. *New Route*), slika 3.32. U otvoreni prozor se unese ime nove linije.



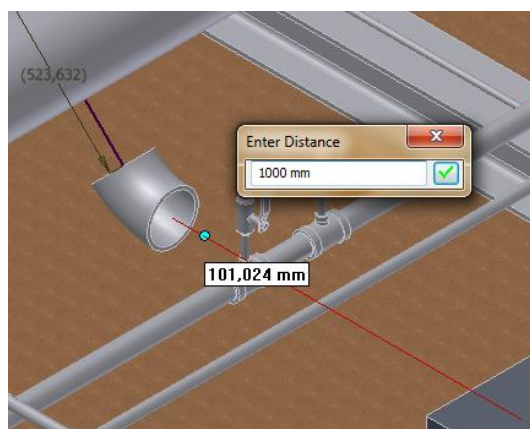
Slika 3.32 Alat za kreiranje putanje cijevne linije

Novi dio cijevne linije se kreira klikom na početnu točku. Početna točka može biti prirubnica, koljeno, kraj cijevi, ventil i sl. ili se može kliknuti na bilo koju prethodno kreiranu točku (engl. *Point*) u prostoru. Alat za povlačenje cijevne linije ima oznaku samo cijevne linije (engl. *Route*), slika 3.33.



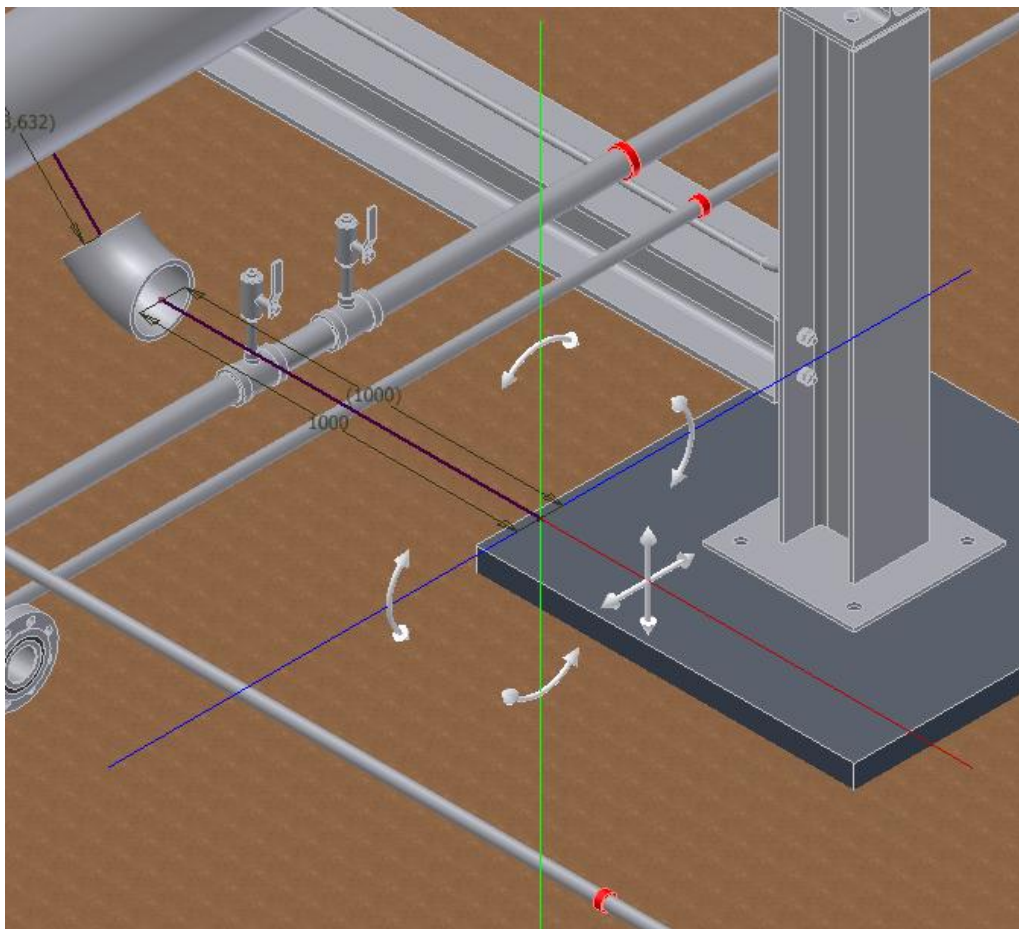
Slika 3.33 Alat za nastavak povlačenja cijevne linije

Odabirom koljena, prirubnice ili ventila za početak linije moguće je liniju povući samo u jednom smjeru, okomito na ravninu kružnice otvora, slika 3.34. Kursorom se a pravac naštima plava točkica i unese se željena duljina linije, slika 3.35, ili se klikne u prostoru na mjesto željenog završetka linije. Ukoliko završetak linije nije na izlaznom pravcu Inventor automatski proračuna moguće putanje i spoji dvije točke. Ova funkcija je automatsko postavljanje linije (engl. *Autoroute*).



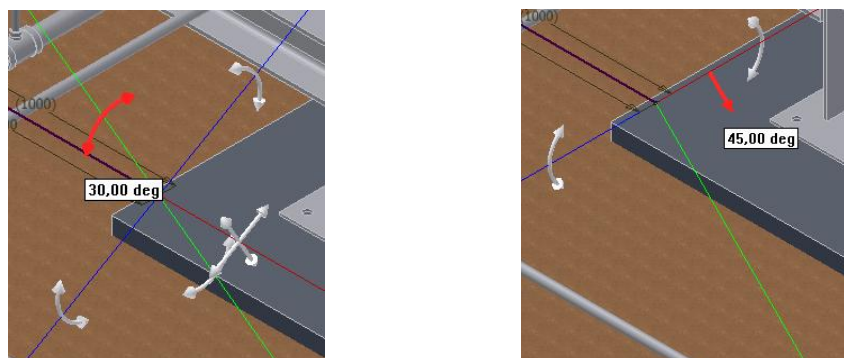
Slika 3.34 Povlačenje linije s upisom dužine

Ukoliko se linija nastavlja na kraj prethodne linije ili od točke u prostoru postoji mogućnost višesmjernog nastavka linije, slika 3.35. U ovom slučaju su ponuđeni pravci u sve tri osi i postoji mogućnost da se linija slomi za 45° ako je to predviđeno odredbama stila.



Slika 3.35 Nastavak na postojeću cijevnu liniju

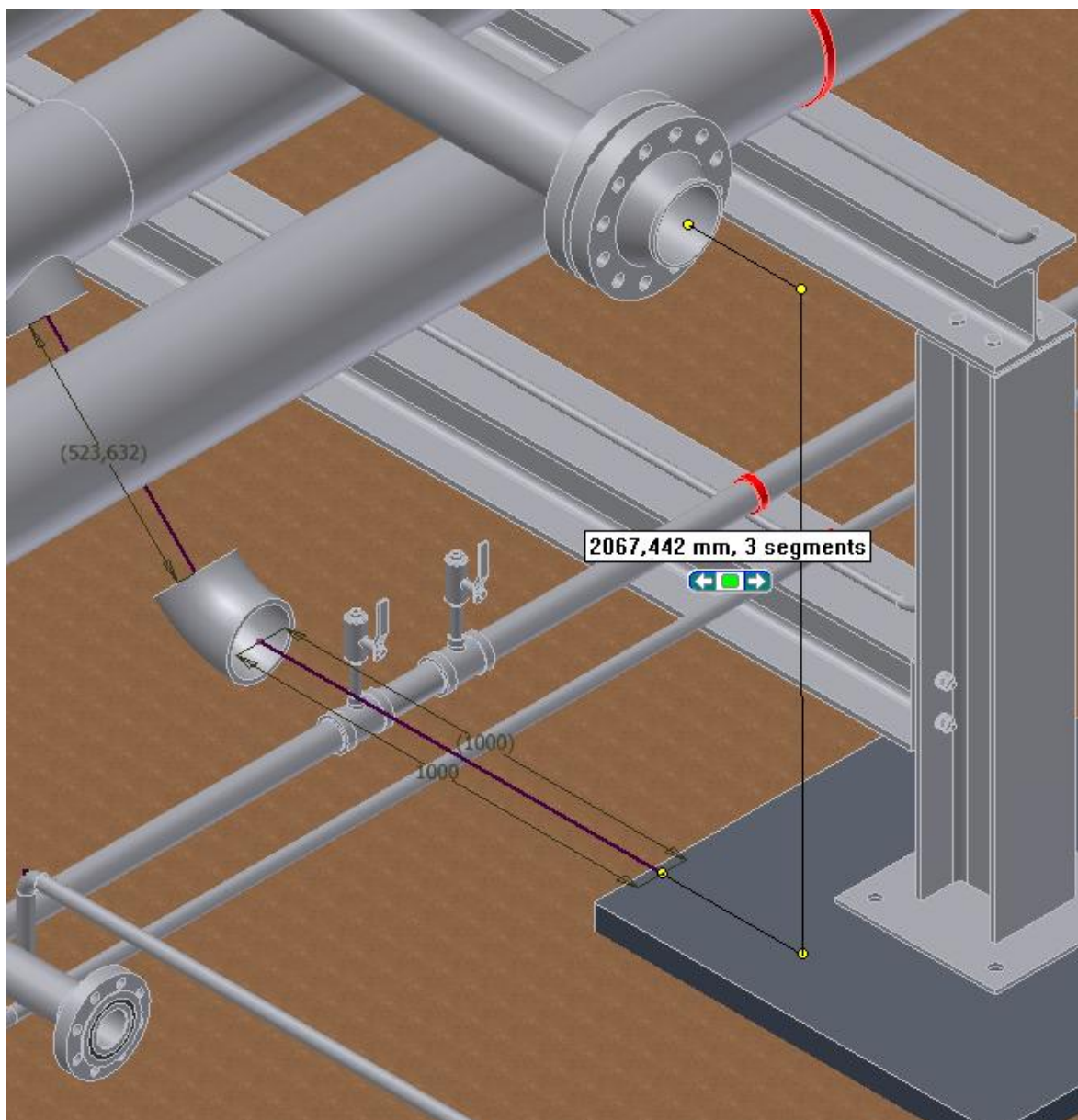
Kružno savijene strelice omogućuju zakretanje osi za željeni kut, a dvije ravne ukrštene strelice lome cijevnu liniju na željeni kut. Zakretanje osi se u stvarnosti postiže zakretanjem koljena koje dolazi na mjesto loma linije tako da je moguće liniju zakrenuti za punih 360°. Lom linije je ograničen na kut dostupnih koljena i u praksi se uglavnom primjenjuju koljena od 90° i 45°, slika 3.36. Ako je potrebno liniju slomiti pod nekim drugim kutem to se obavlja sa posebno pripremljenim koljenima pod željenim kutem. Takva koljena je potrebno prethodno izmodelirati i smjestiti u bazu dijelova, a na liniju se najčešće postavljaju direktnim umetanjem. Takva rješenja treba izbjegavati ako je to moguće.



Slika 3.36 Zakret osi i lom cijevne linije

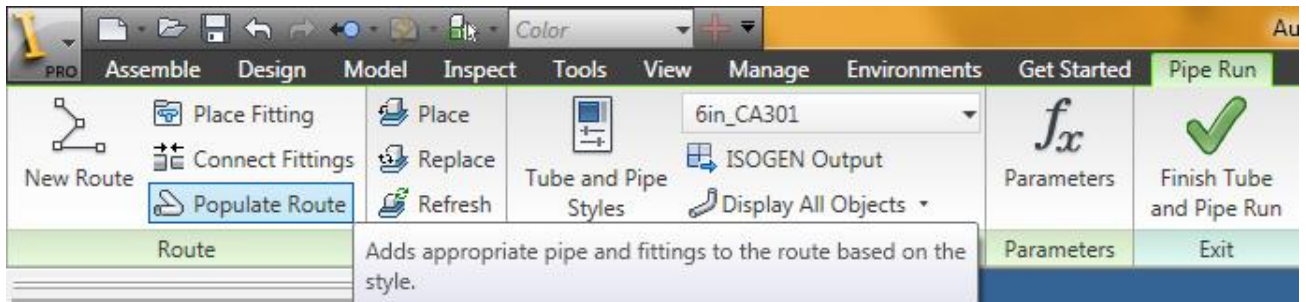
Svaka cijevna linija trebala bi imati barem jedno spojno mjesto s automatski generiranim (engl. *Autoroute*) cijevnim isječkom. Ovo omogućava stabilnost linije i cijeloga sklopa linija. Premda se preporuča da sve cijevne linije budu kompletno generirane automatskim poveznicama što nije uvijek moguće ili praktično. Pravilnim korištenjem automatsko spajanje ima veću stabilnost i adaptivnost cijevnih linija, ali zahtijeva prethodno određivanje ruta spojnim točkama. Spojne točke mogu biti obične točke u prostoru ili točke na prethodno postavljenim elementima cijevne linije, najčešće osloncima.

Svaki automatski generirani isječak se nalazi između dvije čvrste točke, a može se sastojati od više različitih elemenata cijevne linije, koljena i cijevi, slika 3.37. Spajanje dvaju točaka se vrši u pravilu po glavnim osima sklopa, jedino odstupanje je moguće ukoliko se otvori mogućnost za spoj pod 45° . Tako se može dogoditi da se spoj dvije točke pretvori u petlju cijevi i koljena što predstavlja nedostatak.



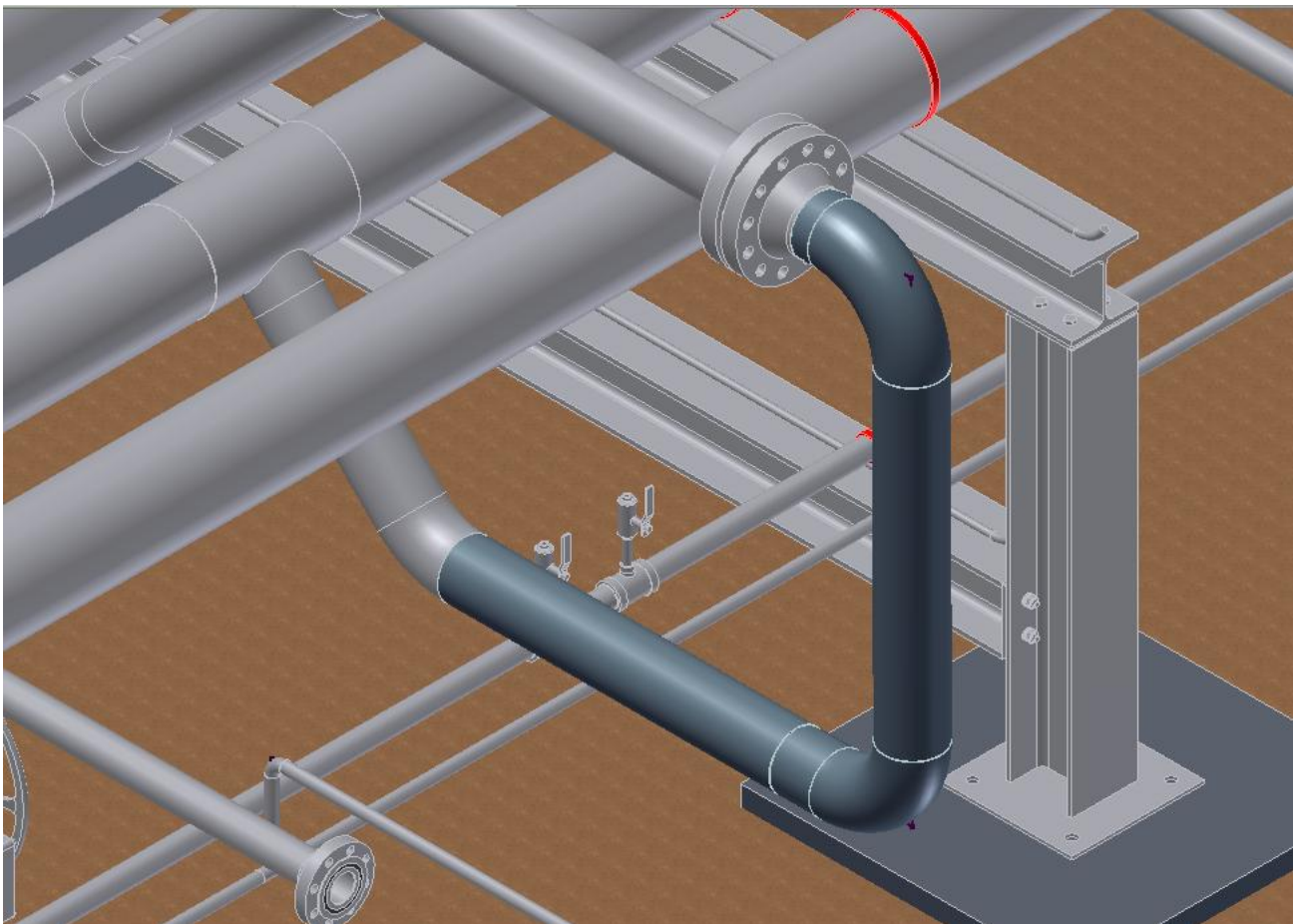
Slika 3.37 Spajanje krajeva cijevne linije Autoroute funkcijom

Novokreirane linije nemaju na sebi prikaz cijevi i koljena. Kako bi ovi elementi bili prikazani na liniji potrebno je kliknuti na naredbu za popunjavanje cijevnih linija sa prikladnim cijevnim elementima, slika 3.38.



Slika 3.38 Popunjavanje cijevnih linija elementima

Inventor popunjava liniju sa prikladnim elementima. Tako linija dobiva svoj realističan izgled i prikaz stvarnog zauzeća prostora, slika 3.39. Na ovaj način je omogućeno detaljno planiranje i iskorištenje postojećeg prostora bez straha da će na gradilištu doći do sudara.

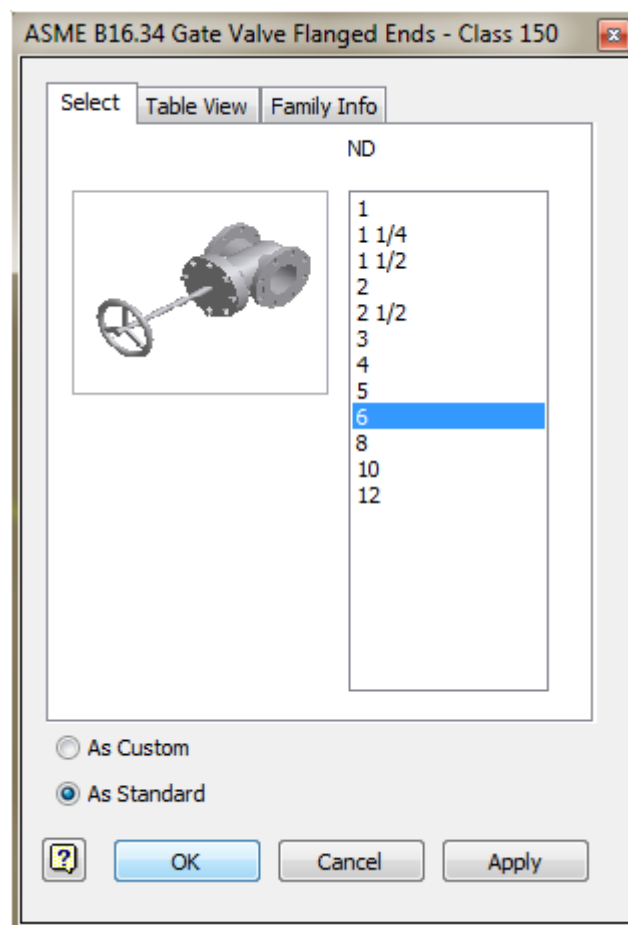


Slika 3.39 Linija nakon popunjavanja cijevnim elementima

3.5.3 Postavljanje elemenata na cijevnu liniju

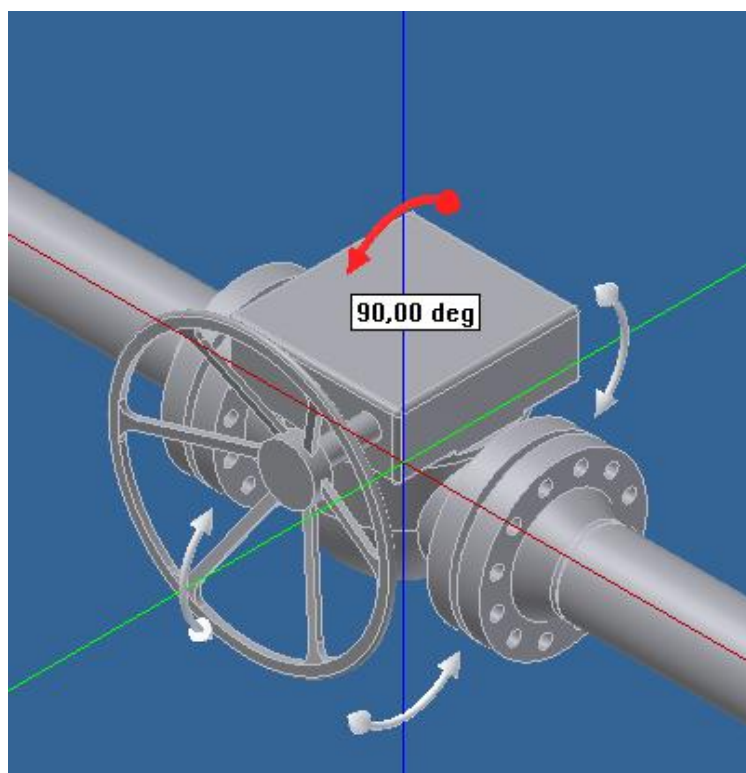
Različiti elementi cijevne linije imaju različite mogućnosti postavljanja na liniju. Ventili, prirubnice i njima slični elementi se mogu postaviti umetanjem, postavljanjem i nastavljanjem. Veldolet, sokolet, tredolet i njima slični elementi se postavljaju isključivo postavljanjem. Koljena osim automatskog postavljanja na liniju mogu se jedino postaviti nastavljanjem.

Elementi se iz baze dijelova uzimaju alatom za postavljanje (engl. *Place*) na alatnoj traci. Otvara se standardni prozor sa prikazom dijelova u bazi dijelova. Odabir željenog dijela se vrši tako da se klikne na njega i pritisne tipka OK. U prozoru koji se otvori odabere se željena karakteristika elementa koji se ubacuje, nazivni promjer, schedule i sl., slika 3.40. Nakon toga se izbor potvrdi tipkom OK.



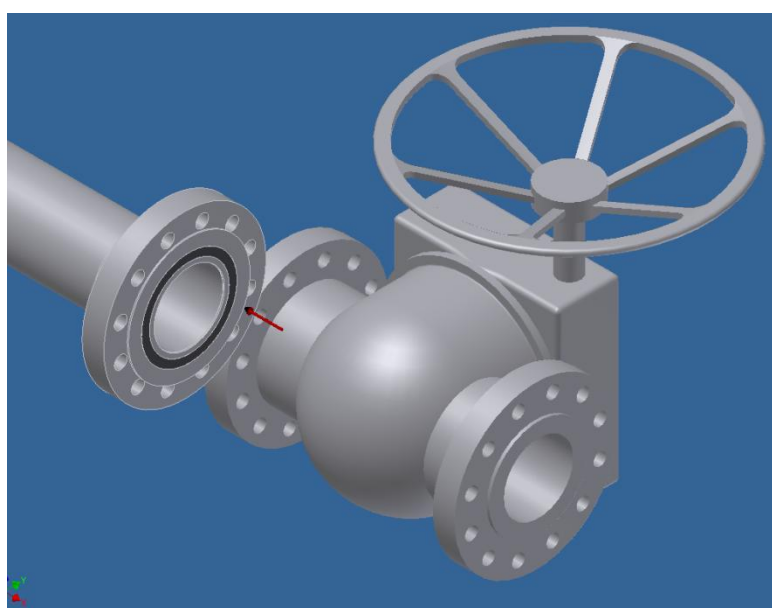
Slika 3.40 Odabir karakteristike elementa

Postavljanje ventila ubrzava postupak ubacivanja elemenata pogotovo ako se radi o prirubničkim ventilima, ako su u stilu omogućene prirubnice, jer se automatski uz ventil postavljaju i brtve i pripadajuće prirubnice. Postavljanje se vrši isključivo na već povučeni dio linije, ukoliko dužina cijevnog isječka to dozvoljava. Mjesto postavljanja ventila na cijevnu liniju je naznačeno čvorom, slika 3.41. Nakon postavljanja ventila ponuđena je mogućnost zakretanja ventila za željeni kut. Ovo je omogućeno zakrivljenim strelicama koje se nalaze oko ventila. Ventil se može zakrenuti držanjem strelice i povlačenjem ili postavljanjem kursora na strelicu, kada ona pocrveni, i unosom željenog kuta.



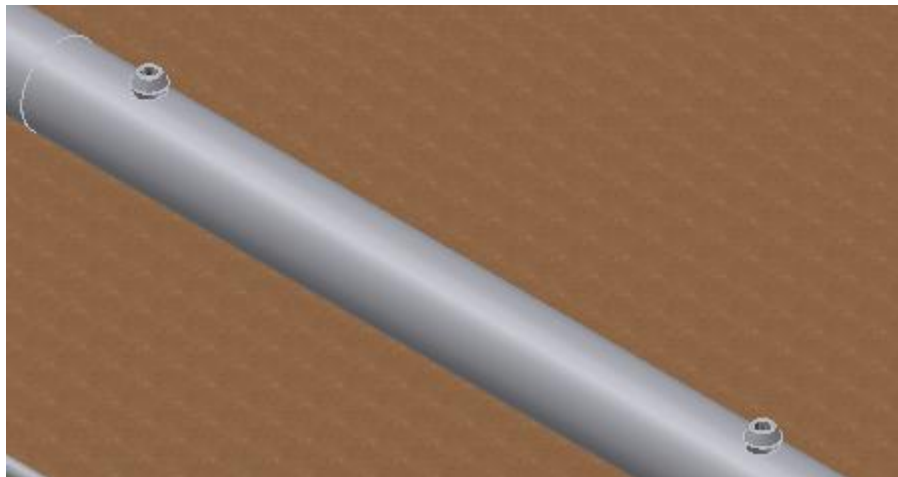
Slika 3.41 Umetanje ventila na cijevnu liniju

Za nastavljanje ventila na cijevnu liniju, ukoliko se radi o prirubničkom ventilu, potrebno je prije ventila postaviti prirubnicu i brtvu. Postupak postavljanja prirubnice i brtve isti je kao i postupak nastavljanja ventila. Nakon što iz baze dijelova odaberemo željeni ventil i on se prikaže u prostoru modela desnim klikom otvorimo alatnu traku. U alatnoj traci se odabere opcija za spajanje elemenata (engl. *Connect Fitting*), a na elementu se pojavi crvena strelica koja označava mjesto i smjer spajanja s drugim elementom. Spojno mjesto se može i promijeniti ukoliko je potrebno. Dovođenjem elementa na željeno spojno mjesto, točku, on će automatski sjesti na mjesto, a klikom se potvrdi željeni odabir, slika 3.42. Ponovo se nudi mogućnost zakretanja, za kraj se klikne desna tipka miša i odabere opcija završeno (engl. *Done*) ili tipka escape.



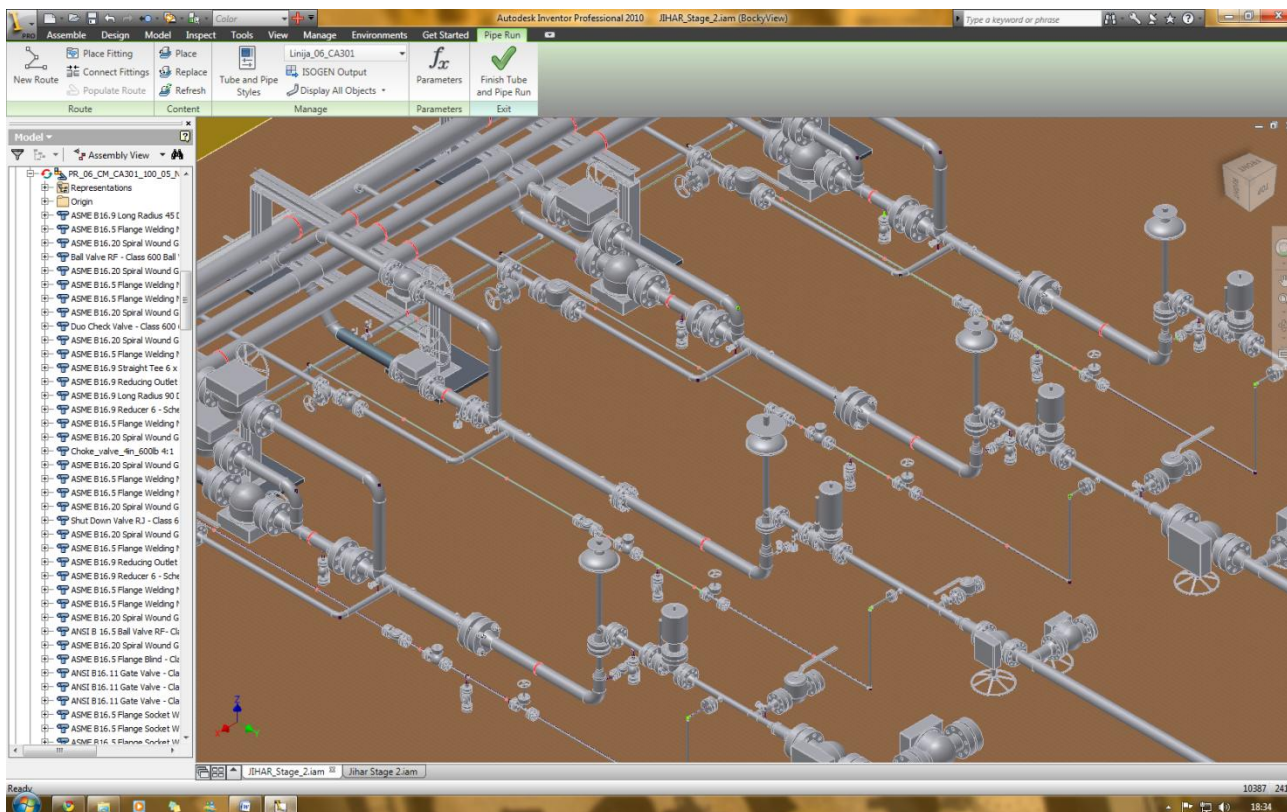
Slika 3.42 Postavljanje ventila na cijevnu liniju

Veldoleti, sokoleti i tredoleti su spojni elementi cijevne linije i omogućavaju spajanje velikih promjera cijevi s malim promjerima. Iz baze dijelova se iščitavaju isto kao i ostali elementi a na cijevnu liniju se mogu postaviti jedino postavljanjem (engl. *Place*). Kao i kod postavljanja drugih elemenata i oni su na cijevnoj liniji naznačeni čvorom. Nakon što se postave na željeno mjesto postoji mogućnost zakretanja oko osi cijevi, slika 3.43.



Slika 3.43 Postavljeni tredoleti na cijevnoj liniji

Poštujući pravila struke, želje investitora i pridržavanjem P&I dijagrama linija se u cijelosti završi poštujući prethodno navedene postupke rada u Inventoru, slika 3.44. Oslonci se postavljaju prema iskustvu i stres analizi. U slučaju projekta Jihar Faza 2 na cijevnim linijama su označeni crvenim prstenovima.

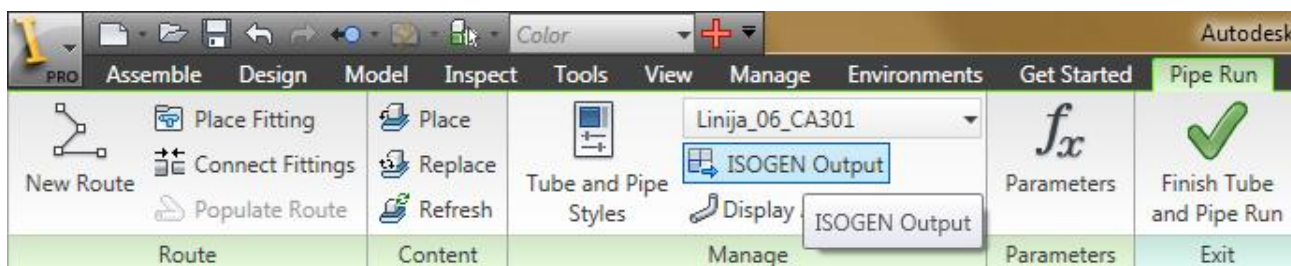


Slika 3.44 Završeno oblikovanje cijevne linije

3.5.4 Generiranje ISOGEN datoteka

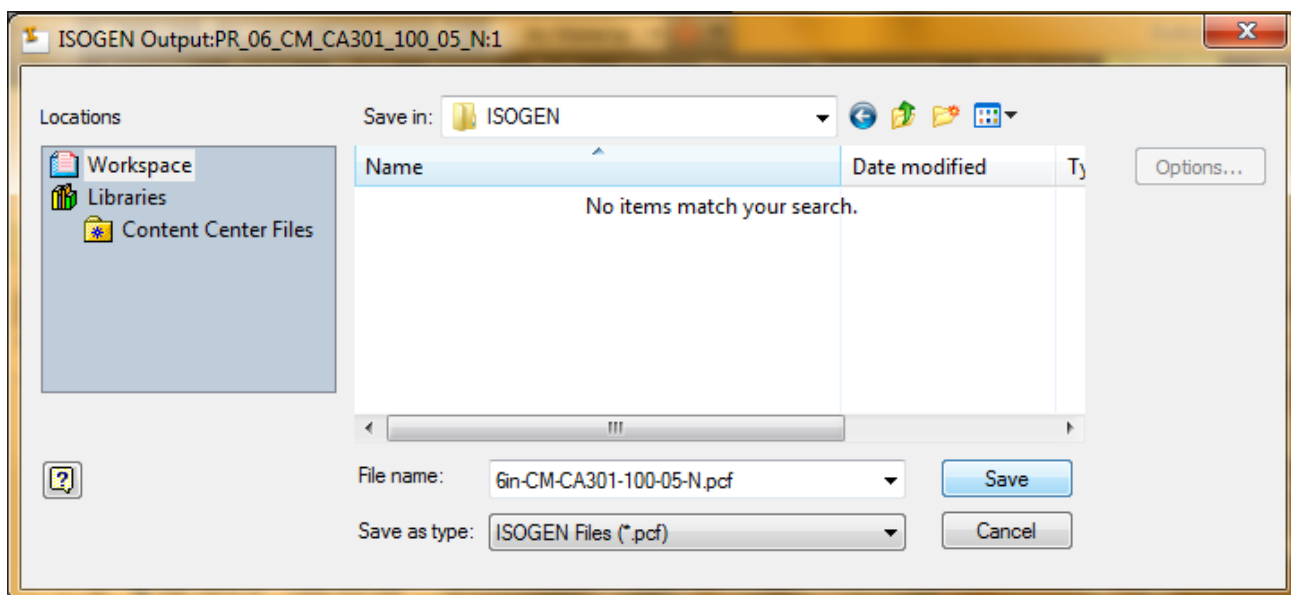
ISOGEN kod omogućava prenošenje cijevnih linija između različitih programa namijenjenih za rad sa cijevnim linijama. Da bi za cijevnu liniju napravljenu u Inventoru mogli napraviti stres-analizu u Caesar-u ili izraditi izometrik u I-Sketchu, Inventor omogućava generiranje datoteka s ISOGEN kodom linije. Datoteka dobiva nastavak .pcx, a svaka cijevna linija se sprema u odvojenu datoteku.

Alat za generiranje datoteka se nalazi na alatnoj traci nakon što se uđe u cijevni sklop ili sklop cijevne linije, slika 3.45. Ukoliko se ISOGEN datoteke generiraju iz glavnog cijevnog sklopa dana je mogućnost izbora više datoteka za istodobno generiranje. Ako se datoteka generira iz podsklopa cijevne linije tada se generira samo datoteka za cijevnu liniju čiji je sklop trenutno otvoren.



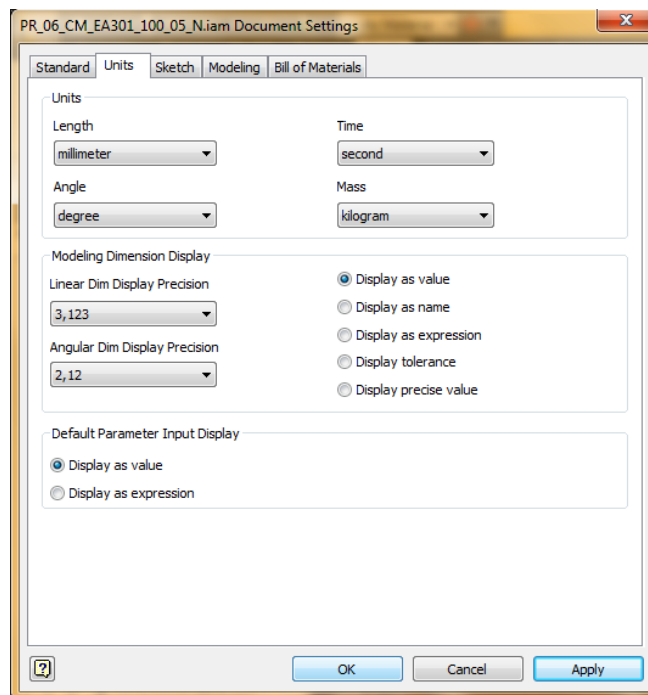
Slika 3.45 Pristup alatu za generiranje ISOGEN koda

Otvora se prozor koji omogućava da se odabere mjesto spremanja datoteke i naziv cijevne linije, slika 3.46. Dobra je praksa da se kao ime datoteke unese puno ime cijevne linije kako kasnije ne bi došlo do zabune. ISOGEN datoteke iz Inventora mogu biti manjkave i problematične pogotovo ako se nije pazilo na kvalitetnu definiciju dijelova koji su ubacivani u bazu dijelova.



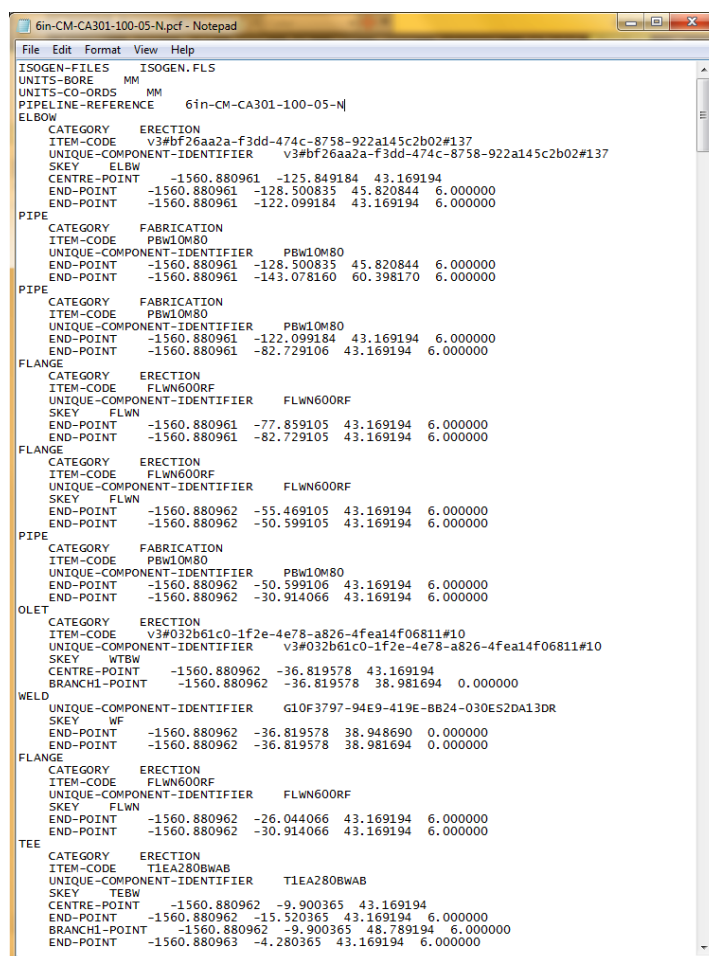
Slika 3.46 Prozor za spremanje ISOGEN datoteka

Prije generiranja datoteke dobro je u opcijama dokument (engl. *Document Settings*) na alatnoj traci provjeriti da li su sve postavke mjernih jedinica ispravno odabrane. ako su umjesto milimetara odabrani inči sve dužine cijevi će nakon generiranja izometrija biti u inčima, slika 3.47.



Slika 3.47 Postavke dokumenta sklopa cijevne linije

Nakon generiranja datoteke dobro je otvoriti je u Notepadu i malo doraditi, odnosno ispraviti neke očite nedostatke. Izgled koda u datoteci je prikazan na slici 3.48.



Slika 3.48 Generirani ISOGEN kod u datoteci

4. Ostali programi

4.1. Analiza naprezanja i pomaka

4.1.1 CAESAR II [12]

Intergraph CAESAR II ocjenjuje strukturalne promjene i naprezanja cjevovodnih sustava prema međunarodnim kodeksima i standardima.

Caesar II olakšava unos i prikaz svih podataka potrebnih za precizno definiranje cijevnih model linija i sustava za analizu naprezanja. Unosu promjena se može pristupiti pojedinačno na element-po-element principu, ili se može odabrati podatkovni skup kako bi se unijele globalne promjene.

Ulazni grafički modul u Caesar-u II omogućuje brz rad na razvoju modela, a analiza jasno ukazuje na problematična područja i osigurava izvrsnu predodžbu o fleksibilnosti sustava cijevnih linija. Dostupni su bojom kodirani modeli naprezanja i animirani pomaci za svaki slučaj naprezanja. Alati i čarobnjaci za zadatke kao što su stvaranje petlji ili pregled modela postrojenja u prostoru analize pomažu premostiti jaz između znanja i iskustva. Takvi alati predviđaju opterećenja kako bi se dobile točne analize naprezanja i predlažu praktične promjene u dizajnu.

Osim provjere cijevnih sustava na termička i tlačna opterećenja, te nosivost, Caesar II analizira utjecaj vjetrova, oslonaca, seizmička opterećenja i opterećenja valova. Nelinearni efekti kao što su podizanje oslonaca, zatvaranje praznina i trenje također su uključeni. Caesar II također odabire odgovarajući izvori za potporu sustavima s velikim vertikalnim progibima. Dinamička analiza ima mogućnost uključivanja modelne, harmonijske, spektralne i vremensko povijesne analize.

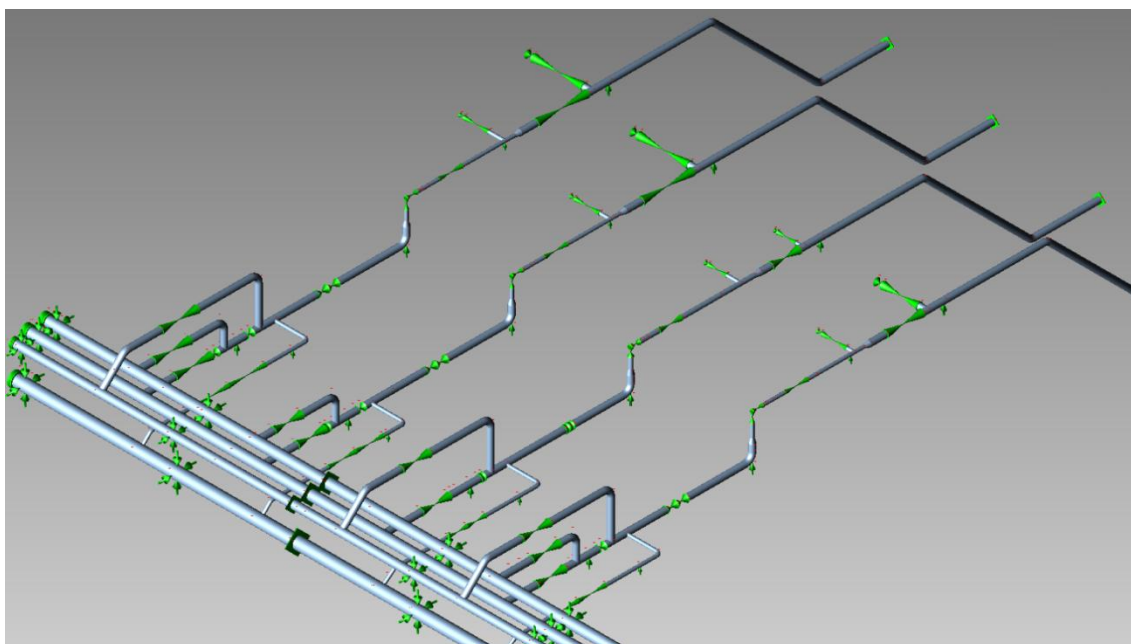
Program CAESAR II uključuje integrirani alat za provjeru pogrešaka. Modul za provjeru pogrešaka analizira korisničke unose i provjerava dosljednost iz točke gledišta "konačnih elemenata" i "cjevovoda". Izvješća su jasna, sažeta i u cijelosti korisnički prilagodljiva.

CAESAR II sadrži tabelarne preglednike za cijevni materijal i komponente plus dilatacije, strukturne čelične profile, opružne oslonce i svojstava materijala uključujući i dozvoljena naprezanja. Time se osigurava točnost podataka koji se koriste za analizu naprezanja.

4.1.2 Postupak analize naprezanja i pomaka

Analiza naprezanja se obavlja u programskom rješenju CAESAR II. Kako bi se mogla provesti analiza potrebno je proizvesti model cijevnih linija unutar programa. Ovo se može obaviti na dva načina, ili pojedinačnim konstruiranjem linija prema izometricima ili prenošenjem iz Inventora preko ISOGEN datoteka. Za prenošenje preko ISOGEN datoteka potrebno je uskladiti baze dijelova u ova dva programa kako se ne bi dogodila zamjena ili neprepoznavanje dijelova.

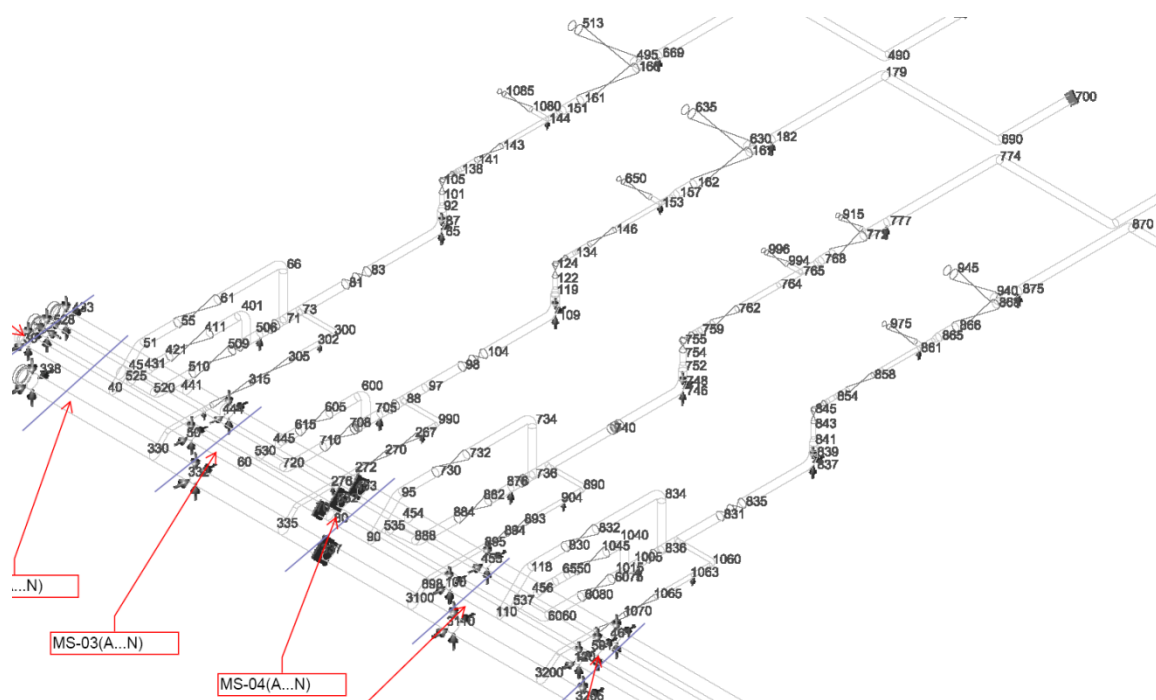
Za postrojenje Jihar Faza 2 prema dogovoru analizi naprezanja su podvrgnute samo cijevne linije od 4 NPS i veće, te cijeli ulazni razdjelnik bez obzira na nazivni promjer cijevi. Preneseni model ulaznog razdjelnika u CAESAR II programu je prikazan na slici 4.1.



Slika 4.1 Izgled modela ulaznog razdjelnika u CAESAR II programu

Na slici se može primijetiti da su oslonci označeni strelicama. Dok neke oslonce predstavlja jedna strelica drugi su predstavljeni s četiri strelica. Strelice predstavljaju smjer djelovanja oslonca na oslonjeni element. Tako jedna strelica predstavlja oslanjanje samo u jednom smjeru a više strelica u više smjerova. Oslonci predstavljeni kao djelovanje iz svih smjerova, ili pločicom, su čvrsti oslonci i u njima ne može doći do pomaka, a ostali oslonci su pomični sa slobodom djelovanja u jednom ili više smjerova.

Rezultati analize su predstavljeni prostornim prikazom cijevnih linija na kojima se nalaze brojevima označene točke, slika 4.2. Ove točke označavaju mjesta proračuna naprezanja i pomaka, a vrijednosti su dane tebelom, primjer za liniju 6"-CM-CA301-100-05 u tabeli 4.1 i tabeli 4.2.



Slika 4.2 Prikaz rezultata analize naprezanja [8]

Tabela 4.1 Naprezanje cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [8]

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 3 (EXP) L3=L1-L2

Piping Code: B31.3 = B31.3 -2006, May 31, 2007

*** CODE COMPLIANCE EVALUATION PASSED ***

Highest Stresses: (KPa)

CodeStress Ratio (%) is 65.6 at Node 195 LOADCASE: 3 (EXP) L3=L1-L2

Code Stress: 270268.6 Allowable: 411943.2

Axial Stress: 266249.0 @Node 6410 LOADCASE: 3 (EXP)
L3=L1-L2Bending Stress: 270267.3 @Node 195 LOADCASE: 3 (EXP)
L3=L1-L2Torsion Stress: 22063.7 @Node 2299 LOADCASE: 3 (EXP)
L3=L1-L2Hoop Stress: 0.0 @Node 20 LOADCASE: 3 (EXP)
L3=L1-L23D Max Intensity: 463311.3 @Node 195 LOADCASE: 3 (EXP)
L3=L1-L2

Load Case	From Node	Code Stress KPa	Allowable Stress KPa	Ratio %	To Node	Code Stress KPa	Allowable Stress KPa	Ratio %	Piping Code
3(EXP)	730	0.0	0.0	0.0	732	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	732	10988.5	413267.0	2.7	735	6215.3	415393.3	1.5	B31.3
3(EXP)	734	2632.3	412984.6	0.6	736	40195.8	385543.6	10.4	B31.3
3(EXP)	736	58080.0	206838.0	28.1	738	61687.1	206838.0	29.8	B31.3
3(EXP)	740	0.0	0.0	0.0	742	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	752	38949.5	206838.0	18.8	754	40040.2	206838.0	19.4	B31.3
3(EXP)	754	0.0	0.0	0.0	755	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	755	0.0	0.0	0.0	757	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	759	44914.1	206838.0	21.7	760	43763.0	206838.0	21.2	B31.3
3(EXP)	762	41549.6	283119.8	14.7	764	40467.3	297521.7	13.6	B31.3
3(EXP)	764	0.0	0.0	0.0	765	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	765	38256.6	243169.4	15.7	766	36364.6	206995.3	17.6	B31.3
3(EXP)	768	12589.1	270113.7	4.7	770	12158.8	263125.5	4.6	B31.3
3(EXP)	876	5758.4	265104.8	2.2	878	5735.4	267794.7	2.1	B31.3
3(EXP)	882	0.0	0.0	0.0	884	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	890	20943.6	291117.7	7.2	893	11863.1	268041.8	4.4	B31.3
3(EXP)	893	0.0	0.0	0.0	894	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	894	0.0	0.0	0.0	895	0.0	0.0	0.0	B31.3
3(EXP)	895	10572.1	282218.4	3.7	899	16674.6	277782.0	6.0	B31.3

Tabela 4.2 Pomaci cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N [8]

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

NODE	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
730	0.1042	0.0362	-0.1632	0.0084	0.0108	0.0100
732	0.0889	0.0484	-0.2371	0.0088	0.0109	0.0101
733	0.0509	0.0748	-0.3923	-0.0238	0.0170	0.0187
734	0.0544	0.0563	-0.3877	-0.0496	0.0175	0.0205
736	0.0994	-0.0478	-0.2667	-0.0605	0.0228	0.0243
740	0.0014	-0.2489	-0.4579	-0.0086	0.0248	0.0405
746	-0.0993	-0.0000	-0.5415	0.2678	0.0222	0.0550
748	-0.0995	0.0002	-0.5404	0.2679	0.0222	0.0550
752	-0.1328	0.0308	-0.3755	0.2737	0.0212	0.0578
754	-0.1657	0.0584	-0.2389	0.2053	0.0184	0.0648
755	-0.1930	0.0803	-0.1528	0.2034	0.0184	0.0649
759	-0.2076	0.2221	-0.1945	0.0971	0.0169	0.0716
762	-0.2338	0.2058	-0.2839	-0.0302	0.0147	0.0821
764	-0.2567	0.0847	-0.3843	-0.0464	0.0086	0.1158
765	-0.2643	0.0773	-0.4379	0.0461	0.0058	0.1338
768	-0.2687	0.1780	-0.4863	0.1584	0.0037	0.1250
876	0.1202	-0.0000	-0.2146	-0.0236	0.0183	0.0212
882	0.1366	-0.0089	-0.1578	0.0299	0.0112	0.0170
884	0.1524	-0.0518	-0.0839	0.0302	0.0110	0.0168
888	0.1565	-0.0830	0.0180	-0.0205	-0.0114	0.0107
890	0.1869	-0.0193	-0.4223	-0.0319	0.0593	0.0401
893	0.2536	-0.0042	-0.2876	-0.0019	-0.0024	0.0259
894	0.2513	-0.0022	-0.2385	-0.0022	-0.0026	0.0258
895	0.2487	-0.0000	-0.1895	-0.0025	-0.0027	0.0258
904	0.2269	-0.0000	-0.3783	-0.0105	0.0356	0.0355
994	-0.2995	-0.0232	-0.4340	0.0461	0.0058	0.1592
996	-0.3486	-0.1732	-0.4286	0.0461	0.0058	0.1593

U koliko neki od dobivenih rezultata ne zadovoljava zadane granice potrebno je tražene izmjene obaviti u modelu, te ponoviti analizu naprezanja i pomaka. Tek onda kada je analiza u potpunosti zadovoljava prelazi se na izradu konačnih izometrika, a sve naknadne promjene u modelu i projektu treba podvrgnuti novoj analizi naprezanja i pomaka. To je jedini način da se osigura sigurnost i trajnost postrojenja.

4.2. Izrada izometrijskog prikaza cijevnih linija

4.2.1 I-Sketch [13]

I-Sketch je jednostavni program za kreiranje izometrijskih crteža cijevnih linija, a bazira se na ISOGEN tehnologiji. Omogućava jednostavno skiciranje cijevnih linija, te dodavanje željenih komponenti kao što su prirubnice, ventili, brtve i vijci. Nakon završetka skice i dimenzioniranje cijevnih linija I-Sketch generira izometrijske crteže cijevnih linija.

U I-Sketch su uključeni i predlošci za crteže izometrija, tu je predložak za odobrenje, predložak za konačni crtež, predložak samo za izradu, za montažu, predložak za informacije o zavarima, završni predložak za rezanje cijevi i predložak za pregled. Osim skiciranja liniju je moguće i uvesti u program.

Iz skicirane ili uvedene cijevne linije I-Sketch proizvodi crteže izometrija cijevnih linija sa potpunim popisom elemenata cijevne linije. Ovo uključuje popis svih dijelova cijevne linije sa pripadajućim standardom, količinom ili dužinom, materijalom i masom, te drugim dostupnim ili korisnički određenim informacijama.

Uvesti u I-Sketch se može bilo koja cijevna linija (IDF ili PCF datoteka) dizajnirana u 3D programima s mogućnošću generiranja ISOGEN koda. Kako bi uvođenje cijevnih linija preko ISOGEN koda bilo moguće potrebno je uskladiti kataloge, tj. baze, dijelova. Osim uvođenja cijevnih linija postoji i mogućnost da se cijevna linija iz I-Sketcha prenese u neki drugi program ili 3D alat za kreiranje cijevnih linija, ukoliko to taj program podržava.

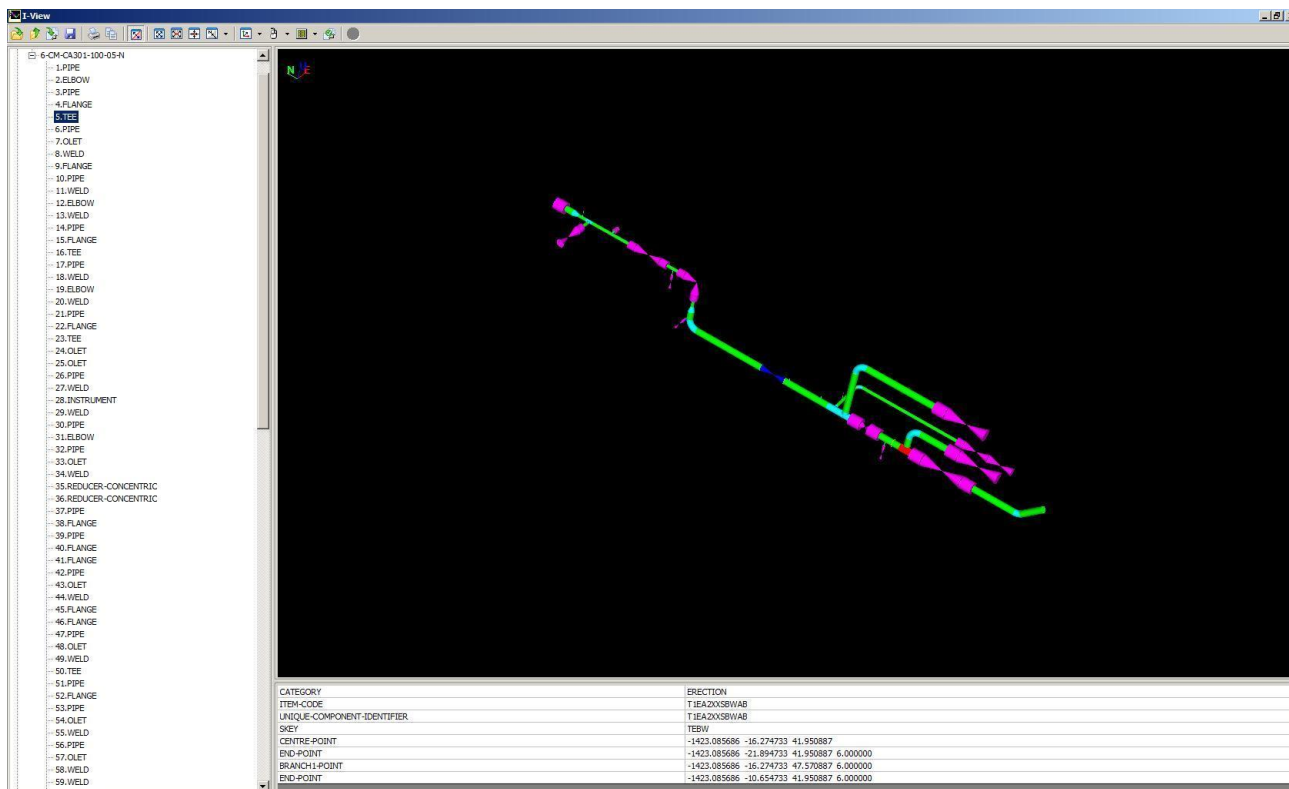
Spajanjem više cijevnih linija proizvedenih u I-Sketchu ili unesena preko IDF ili PCF datoteka omogućeno je kreiranje kompletnih izometrija cijevnih sustava. Ova mogućnost je korisna za analize naprezanja ili kao pomoć za kontrolu, ispitivanje i puštanje u pogon cijevnog sistema.

4.2.2 Generiranje izometrija u I-Sketchu

Kako bi se linije mogle kvalitetno uvesti u I-Sketch potrebno je uskladiti kataloge da svi elementi linije iz Inventora budu jedinstveno prepoznatljivi u I-Sketchu. Nakon što se katalogi jednom usklade u koliko nema promjena mogu se koristiti za sve cijevne linije.

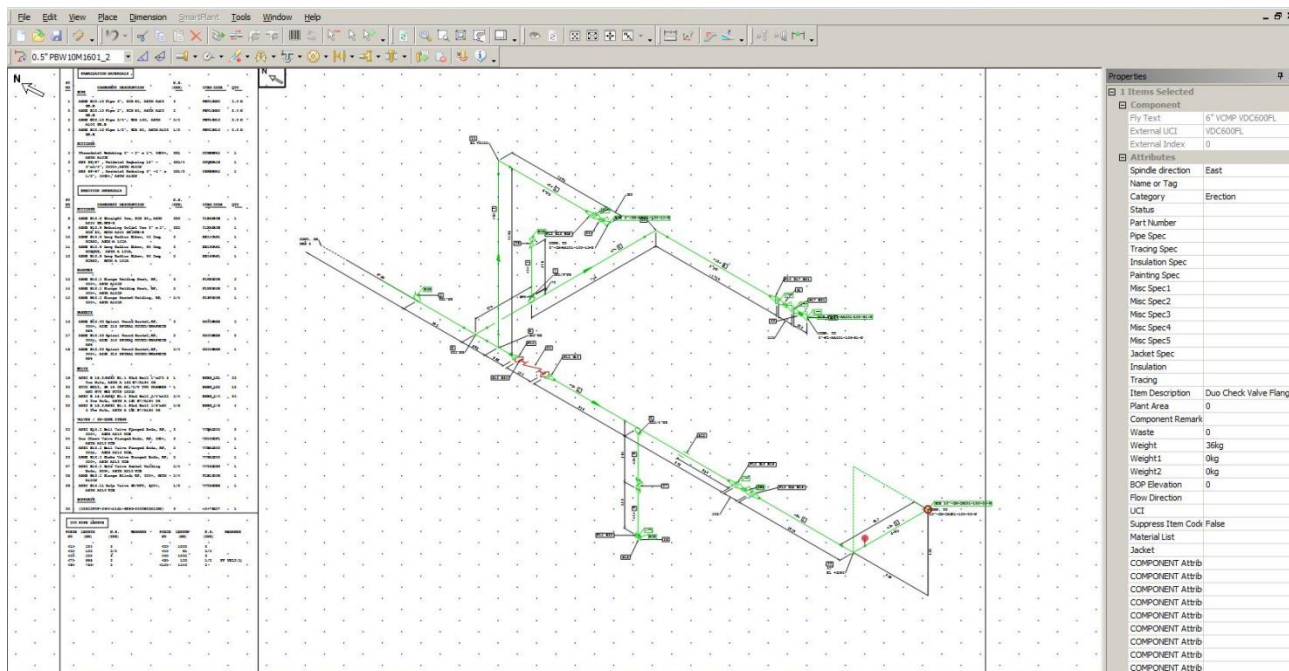
Prije nego što se cijevna linija uvede u I-Sketch dobro ju je otvoriti pomoću I-Viewa, slika 4.3. Ovaj program omogućava brzi trodimenzionalni pregled linije. Učitati će i oštećene cijevne linije, ali će oštećenje biti vidljivo i time lakše za otkloniti. Cijevna linija se može pregledati element po element i tako uočiti greške u podacima iz kataloga koje su krivo prenesene iz Inventora, isto tako se može uočiti i izostanak nekog elementa. Osim provjere element po element moguće je i vizualno uočiti nepravilnosti cijevne linije uzrokovane krivim generiranjem koordinata iz Inventora u datoteku. Ovo se uočava kao iznimno stršeća točka na liniji ili kao pomaknuti segmenti ili element linije.

Prije nego se linija uvede u I-Sketch treba ispraviti sve nedostatke i uspješno učitati cijevnu liniju u I-View. Premda je linija uspješno otvorena preko I-Viewa to nije nužno i znak da će se sigurno htjeti kvalitetno učitati u I-Sketch, što ukazuje na krive podatke u katalogu, ali znatno pomaže.



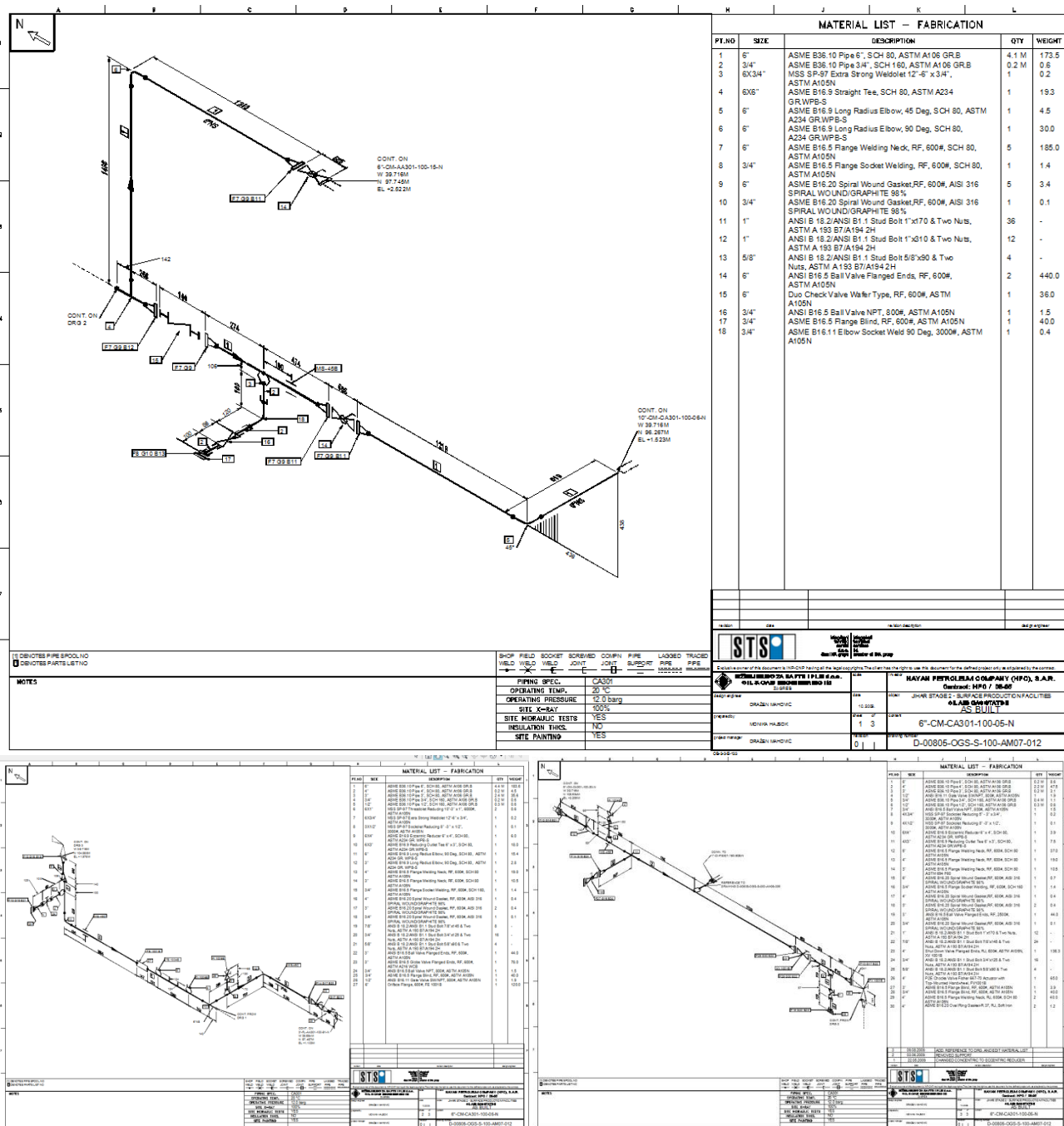
Slika 4.3 Prikaz cijevne linije 6"-CM-CA301-100-05-N u I-View programu

Cijevna linija se nakon pregleda uvodi u I-Sketch i već poprima oblik izometrije. Ovdje je moguće mijenjati karakteristike dijelova linije ili samog oblika linije ukoliko je potrebno. Pridodati karakteristike elementima cijevne linije, dodati vijke ako nisu određeni i sl. Veće cijevne linije se razbijaju na više crteža.



Slika 4.4 Izgled uvedene cijevne linije

Generirane izometrije cijevne linije se spremaju u DWG format, slika 4.5, i mogu se po potrebi doraditi u AutoCAD programu ili nekom drugom programu koji podržava DWG format datoteka. Dorade mogu biti estetske ili sadržajne, ali ako je sve dobro postavljeno u programima nisu nužne.



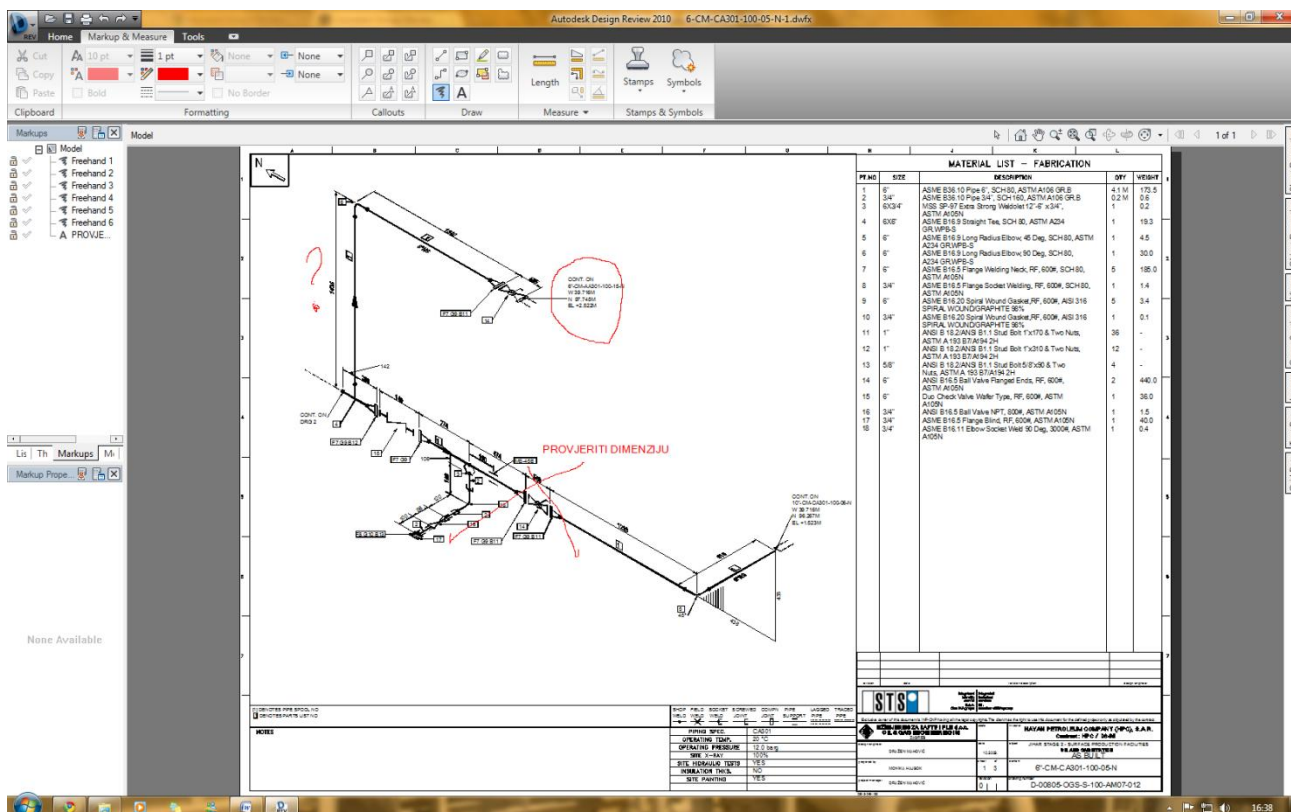
Slika 4.5 Generirane izometrije cijevne linije u DWG formatu [7]

Na slici 4.5 je vidljivo da je linija razbijena na tri zasebna crteža. Ovo je automatski učinjeno zbog složenosti cijevne linije, a kako bi se zadržala preglednost svih dijelova linije. Bitno je da je na mjestu prekida cijevne linije naznačena točka nastavljanja i da su izometrijski crteži pravilno označeni.

4.3. Programi za doradu

4.3.1 Autodesk Design Review

Design Review je Autodeskov program za pregled tehničke dokumentacije, slika 4.6. 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 ili DWFx datoteke i služe kao reference za izmjenu.



Slika 4.6 Pregled izometrije u Design Review programu [7]

4.3.2 Pomoćni programi

Kao pomoćni program korišten je Autodesk AutoCAD za doradu tehničkih crteža. Zbog razrađenosti 2D crtanja ovaj program je idealan za dotjerivanje tehničke dokumentacije. Isto tako dosta podloga iz baznog projekta dolazi upravu u DWG formatu datoteke.

Microsoft Office Word, Excel i Access služe za pregledavanje podloga, sortiranje i pregled ukupnog popisa dijelova cijevnog sustava.

Razni katalogi dijelova koje izdaju proizvođači mogu pomoći s dijelovima kojih nema u Inventor-ovoj bazi dijelova.

5. ZAKLJUČAK

Projektiranje cjevovoda je posao pun izazova i velike odgovornosti. Kako bi cijevne linije bile kvalitetno oblikovane potrebno je dobro poznavanje struke i kvalitetna percepcija raspoloživog prostora. Dobro oblikovani cjevovodi pridonose većoj isplativosti cijelog projekta, dok s druge strane mogu znatno podići cijenu izgradnje i rada postrojenja.

Za kvalitetan rad potrebno je biti upoznat sa svim aspektima važnim za izradu projekta. Tako osim poznavanja pravila u struci, projektant mora imati i kvalitetno znanje o programu ili programima u kojima se obavlja projektiranje. Današnja tehnologija nalaže da se projekti izrađuju pomoću specijalno namijenjenih programa, koji omogućavaju 3D modeliranje kompletnog postrojenja. Na taj način se znatno štedi na vremenu, a mogućnost pogreške je minimalna. Kod kratkog roka izvođenja radova sve se češće pristupa i 4D projektiranju. Ono osim dimenzionalnih komponenti prostora projektu pridodaje i komponentu događaja u vremenu.

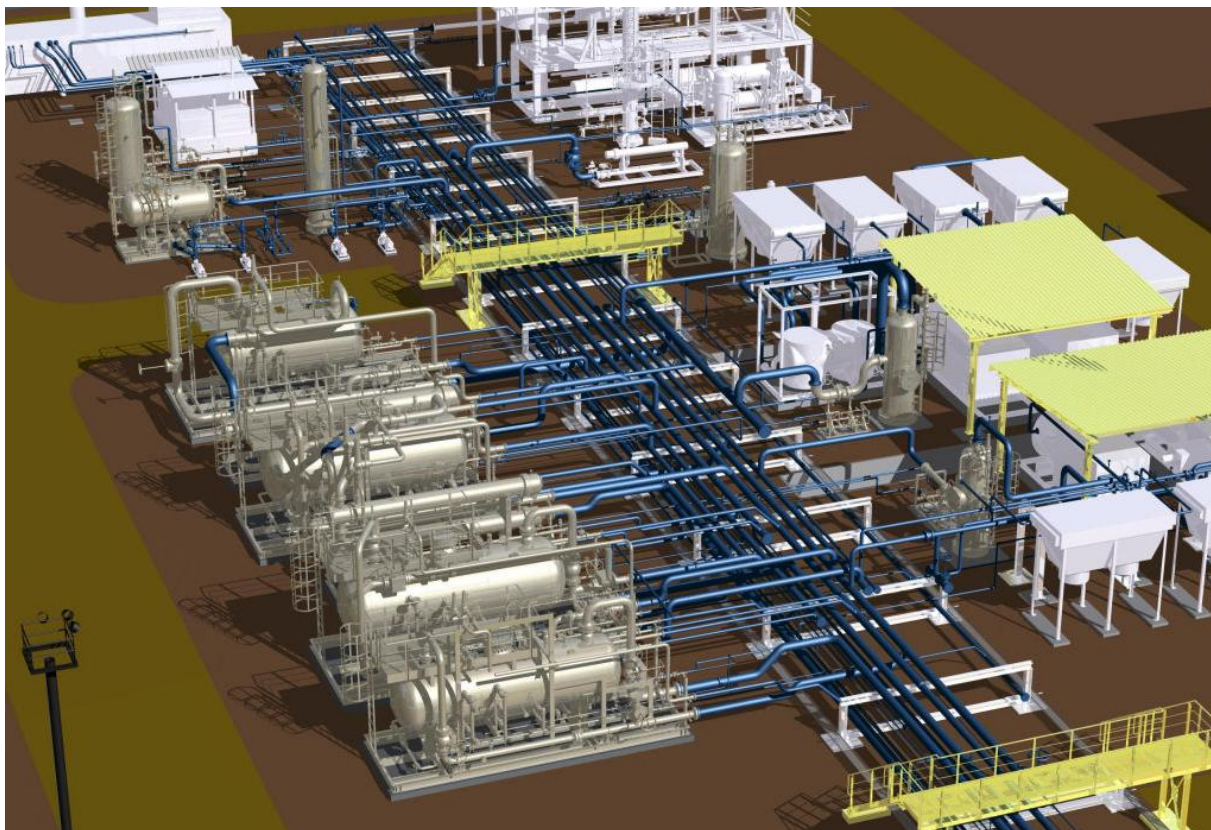
Autodesk Inventor je specijalizirani proizvod za inženjere strojarstva i omogućuje iznimno detaljno modeliranje svih dijelova. Inventor kao programsko rješenje za projektiranje cijevnih linija nije najpraktičniji za velika postrojenja sa preko sto cijevnih linija i ostalih komponenti postrojenja. Za takve modele potrebno je voditi računa o uputama proizvođača za rad sa velikim sklopovima i osigurati kvalitetna računala.

Prednost Inventora je u njegovoj detaljnosti. Dok većina programskih rješenja za velike sklopove, odnosno postrojenja, ventile i ostale komponente prikazuje simbolično u Inventoru je moguća maksimalna detaljnost. Ovo doprinosi vizualnom dojmu i ima učinak na zadovoljstvo investitora. Osim što omogućuje detaljnost, Inventor je svestran program koji zadovoljava raznolike potrebe unutar manjih poduzeća. Tako da je dobro rješenje za poduzeća koja odrađuju puno manjih poslova različitog profila, od cjevovoda do posuda, čeličnih konstrukcija i sl.

Osim programa za izradu modela u projektiranju cijevnih linija potrebni su i programi za analizu naprezanja i automatizaciju izrade izometrika. Iako se danas sve više pribjegava, zbog prostorne preglednosti, korištenju modela za izradu na gradilištu, ipak tehničke izometrije ostaju službeni dokument za neku cijevnu liniju.

Rad na velikim projektima nije samostalni posao, pa je i za manje projekte često 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. To je omogućeno kvalitetnim obrazovanjem svih i postavljanjem čvrstih standarda u radu kojih se treba pridržavati. U manjim poduzećima često se događa da zbog malog broja radnika svi zaposlenici rade sve poslove na projektu.

Samo timskim radom i kvalitetnim poznavanjem starih i usvajanjem novih znanja je moguće izrađivati projekte kojima se i danas ljudi iz struke i šire dive. Na slikama 5.1 i 5.2 vidi se rezultat timskog rada i upornosti u poslu.



Slika 5.1 Model postrojenja Jihar Faza 2 u Siriji



Slika 5.2 Postrojenje Jihar Faza 2 u Siriji

6. LITERATURA

- [1] *Pravilnik o završnim i diplomskim ispitima*. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2008.
Internet adresa: http://www.sfsb.hr/uploads/docs/NASTAVA/Pravilnik_ZDI.pdf
- [2] *Izmjene i dopune Pravilnika o završnim i diplomskim ispitima*. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2008.
Internet adresa: <http://www.sfsb.hr/uploads/docs/NASTAVA/IDPZI.pdf>
- [3] *Upute za izradu diplomskog rada za sveučilišni diplomski studij*. Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2008.
Internet adresa: http://www.sfsb.hr/uploads/docs/NASTAVA/Upute_diplomski_rad.pdf
- [4] Ashby M. F.: *How to Write a Paper*. Engineering Department, University of Cambridge, Cambridge, 2005. Internet adresa: <http://www-mech.eng.cam.ac.uk/mmd/ashby-paper-V6.pdf>
- [5] TECHNIP KTI S.p.A.: *JIHAR Stage 2 - Surface Production Facilities*, 2008.
- [6] *P&ID - Piping and Instrumentation Diagram*. Engineering Tool Box, 28.05.2010.
Internet adresa: http://www.engineeringtoolbox.com/p&id-piping-instrumentation-diagram-d_466.html
- [7] ARTES-INŽENJERING d.o.o.: *Podloge za rad*, 2008.
- [8] INŽENJERING ZA NAFTU I PLIN d.o.o.: *Podloge za rad*, 2008.
- [9] *Pipe (material) - Wikipedia, the free encyclopedia*. 02. 08. 2010.
Internet adresa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pipe_\(material\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Pipe_(material))
- [10] *Pipe Specification A106*. Independent, Pipe and Supplay Corp, 02. 08. 2010.
Internet adresa: http://www.indpipe.com/images/PDF/pipe_specification_a106.pdf
- [11] *Valve*. Wikipedia, the free encyclopedia, 31. 07. 2010.
Internet adresa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Valve>
- [12] *Intergraph CAESAR II - Pipe Stress Analysis*. Intergraph COADE, 25.07.2010.
Internet adresa: <http://www.coade.com/products/caesarii>
- [13] *I-Sketch Product Sheet*. Intergraph, 25.07.2010.
Internet adresa: http://www.intergraph.com/literature/I-Sketch_flier.pdf

PRILOZI

PRILOG I: Kompletan dijagram sa tumačem simbola

PRILOG II: Sveukupni popis standarda za sve elemente cijevne linije