



CHALMERS



Kartläggning av ång- och kondensatsystem på Borealis Polyeten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet kemiteknik

MALIN A. HILLBERG

Institutionen för kemi och kemiteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016
Examinator: Gunnar Eriksson

Kartläggning av ång- och kondensatsystem på Borealis Polyeten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet kemiteknik

Malin A. Hillberg

Institutionen för Kemi och kemiteknik
Avdelningen för Kemiteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016

Kartläggning av ång- och kondensatsystem
på Borealis Polyeten
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet kemi
MALIN A. HILLBERG

© Malin A. Hillberg, 2016

Institutionen för Kemi och kemiteknik
Avdelningen för Kemiteknik
Chalmers Tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige

Tryckeri: Kemi och kemiteknik, Chalmers
Göteborg, Sverige 2016

FÖRORD

Detta examensarbete utfördes vid Borealis Polyeten i Stenungsund. Rapporten motsvarar nio veckors heltidsstudier och utgör den avslutande delen i min kemiingenjörsutbildning på Chalmers Tekniska Högskola.

Jag skulle vilja rikta ett speciellt tack till min handledare på Borealis, Christian Magnusson för att han med så kort tid fixade fram ett arbete vilket jag kunde jobba med. Examensarbetet har varit väldigt roligt och det beror mycket på Christians positiva inställning samt att han alltid ställt upp med hjälp när det har behövts.

Stort tack till Christer Palmqvist och Daniel Peterson som är driftingenjörer på de areor som mitt examensarbete har berört. Båda har varit generösa med sin tid genom att alltid besvara mina frågor och granskat mina ritningar över ångsystemet.

Alla skiftlag på LD5 har varit otroligt tillmötesgående och de har alltid ställt upp när jag behövt hjälp. Speciellt tack till Mikael Ohlsson, Niklas Magnusson, Jimmy Ericsson och Fredrik Mattsson som har hjälp till med både bollande av idéer och med flödesmätningar.

Tack till driftingenjören Lars Peterson som på ett pedagogiskt sätt beskrev hur ångsystemet på PE3 fungerar.

På Chalmers Tekniska Högskola vill jag tacka Gunnar Eriksson som varit min examinator, för att han tagit sig tid att hjälpa mig med min rapport.

Stenungsund, Maj 2016

Malin A. Hillberg

SUMMARY

This study has been carried out at the Borealis polyethylene plant in Stenungsund. At Borealis various petrochemical products are manufactured. The main product is polyethylene that is produced at different factories of the plant. The newest one is a high-pressure factory named LD5.

The background to this study is that a lack of steam and demineralized water at several times has prevented the start-up of LD5. To increase the reliability of the systems some actions are required to secure sufficient steam and water amounts.

The steam system at the polyethylene plant is complex and has expanded several times and has also become more and more integrated with Borealis cracker, which also is located in Stenungsund. In order to keep a good overview of the consumption of steam and water, reliable flow meters that are compatible with the medium to be measured are required. In this work, the most common flowmeters at Borealis are described and also what the selection of a flow meter is based on. Another important device of steam systems are steam traps, which capture condensate that is formed in the steam line. The most common steam traps at the plant are described in this work.

The aim of this study was to draw pictures of the steam system on Polyethylene to get a better overview of this complex system. In addition to the images mapping of condensate losses was done to be able to improve the now strained steam- and water situation.

The results obtained have helped to get a better view of the steam system and the use of demineralized water has been reduced by 15 tons / hour.

SAMMANFATTNING

Arbetet har utförts vid Borealis Polyeten i Stenungsund. På Borealis tillverkas diverse petrokemiska produkter där huvudprodukten är polyeten som tillverkas i olika fabriker på anläggningen. Den nyaste är en högtrycksfabrik vid namn LD5.

Bakgrunden till denna studie är att brist på ånga och demineraliserat vatten vid flertalet gånger har begränsat start av LD5-fabriken. Därför behöver åtgärder göras så att tillgängligheten av både vatten och ånga ökar.

Ångsystemet på Polyeten är komplext och har under åren blivit utbyggt flertalet gånger och samtidigt blivit mer och mer integrerat med Borealis krackeranläggning som också ligger i Stenungsund. För att kunna hålla en god överblick över förbrukningen av ånga och vatten krävs tillförlitliga flödesmätare som är kompatibla med mediet de ska mäta. I detta arbete är de vanligaste mätarna på Borealis beskrivna och även vad valet av en flödesmätare baseras på. De vanligaste ångfällorna på anläggningen finns också beskrivna. Ångfällor fyller en viktig funktion i ett ångsystem då de fångar upp och skickar iväg kondensat som bildas i ångledningarna.

Syftet med arbetet var att rita bilder över ångsystemet på Polyeten för att få en bättre översikt över detta komplexa system. Utöver bilderna gjordes också en kartläggning av kondensatförluster för att kunna förbättra den ansträngda ång-och vattensituationen.

De resultat som erhöles har hjälpt till att få en bättre överblick över ångsystemet samt att ca 15 ton demineraliserat vatten per timme har kunnat sparas på LD5.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.4 Metod	2
2 TEORI	3
2.1 Flödesmätning	3
2.1.1 Vortexmätare	4
2.1.2 Annubar	5
2.1.3 Ultraljudsmätare	5
2.2 Ångfällor	6
2.2.2 Bimetallångfälla	6
2.2.1 Flottörångfälla	7
3 ÅNGSYSTEMET	8
3.1 Vatten	8
3.1.1 Demineraliserat vatten	8
3.1.2 Matarvatten	8
3.2 Ångproduktion	8
3.2.1 Krackern	8
3.2.2 Polyeten	9
3.3 Beskrivning av ångsystem på LD5	9
4 ANALYS AV ÅNGSYSTEM PÅ LD5	12
5 RESULTAT OCH DISKUSSION	15
5.1 Förslag till förbättringar	16
6 SLUTSATSER	17
Referenser	18
Bilaga 1: Detaljbilder över ångsystemen	

1 INLEDNING

Borealis levererar innovativa lösningar inom olika områden och ett av dessa är polyolefiner. Polyeten är en vanlig polyolefin som produceras på Borealis Polyetenanläggning i Stenungsund.

Eten tas in från Borealis krackeranläggning som också ligger i Stenungsund. Gasen komprimeras och blandas med olika tillsatser i reaktorer där en polymerisation startar med hjälp av en katalysator eller initiator. Slutprodukten blir polyeten med olika egenskaper beroende på i vilken fabrik och med vilka tillsatser den har tillverkats.

LD5 är en av fabrikerna på anläggningen och är den allra nyaste. Där produceras polyeten under mycket höga tryck. Denna typ av fabrik kräver mycket ånga och vatten både vid start, stopp och under drift. Alltså är tillgängligheten för detta ett krav för produktion av polyeten.

På polyetenanläggningen tillverkas ånga och matarvatten i ångcentralen. Mängderna som produceras där räcker inte till för det behov som finns efter att LD5-fabriken startade. Därför måste både ånga och demineraliserat vatten importeras från krackeranläggningen.

1.1 Bakgrund

Ång- och matarvattensystemet är kopplat mellan Kracker- och Polyetenanläggningen och är ett komplext system. Idag saknas en översiktlig bild över ångsystemet på polyetenanläggningen. Därför behöver en sådan tas fram.

Brist på ånga och deminvatten har flertalet gånger begränsat start av LD5 fabriken på polyetenanläggningen. För att öka tillförlitligheten i systemet har ett stort projekt startats. Målet är att utveckla en plan med de åtgärder som krävs för att säkerställa tillräckligt med matarvatten samt tillgänglighet och tillförlitlighet av nuvarande pannsystem. En åtgärd från denna plan är kartläggning av kondensatförluster på polyetenanläggningen och förslag på möjliga besparingar. Minskad förbrukning av kondensat kommer att förbättra den nuvarande ansträngda situationen.

1.2 Syfte

Syftet med studien var att ta fram en översiktlig bild över ångsystemet på hela polyetenanläggningen, samt fördjupning i LD5:s ång- och kondensatsystem för kartläggning av eventuella kondensat- och ångförluster inom fabriken.

1.3 Avgränsningar

Planen avser kartläggning av kondensatförluster inom hela anläggningen. Med den tidsbegränsning som fanns ansågs endast fördjupning inom LD5-fabriken vara lämpligt.

LD5:s intag av vatten och ånga varierar mycket beroende på om fabriken är stoppad, under uppstart eller i drift. Därför finns det flera olika fall som kan studeras. I detta fall har ång-och kondensatsystemet studerats under normala driftförhållanden.

1.4 Metod

För att kunna rita en översiktlig bild av ång-och kondensatsystemet har detta system noggrant studerats i både ritningar och ute i fält. För att kunna upptäcka eventuella förluster på LD5 har en analys gjorts på ång-och kondensatsystem. Detta har också gjorts genom noggrant studerande i fält och ritningar. Flödesmätning har studerats vid olika tillfällen och utöver det har flödesmätningar utförts med en portabel ultraljudsmätare, en så kallad clamp-on mätare. Diskussioner och möten med ansvariga driftingenjörer och driftoperatörer har hjälpt till för att erhålla deras kunskap angående vatten och ångförbrukning.

2 TEORI

Detta avsnitt behandlar flödesmätning och tre olika typer av flödesmätare vilka är vanliga på fabriken. Då vatten och ånga ibland är begränsningen för produktionen är det viktigt att flödesmätningen fungerar så att användningen kan optimeras. En annan viktig del av ång- och kondensat-systemen är att ångfällorna fungerar som de skall, annars kan mycket ånga gå förlorad den vägen. Nedan beskrivs de två vanligaste typerna av ångfällor som finns på LD5.

2.1 Flödesmätning

Flödesmätning är en viktig del inom kemiindustrin för att hålla koll på produktionen samt användning av råvaror. Flöde kan mätas på många olika sätt och för att kunna välja en lämplig flödesmätare för det flöde som är tänkt att mätas bör ett antal faktorer utvärderas. Dessa faktorer kan vara olika för olika applikationer men är oftast: fluidens egenskaper, mätnoggrannhet samt kostnad[1].

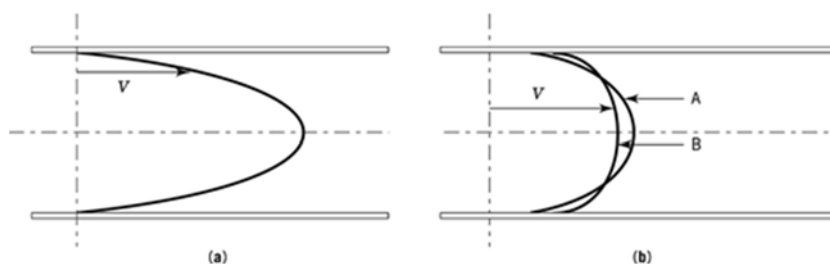
Egenskaper som bör betraktas hos fluiden är tryck, temperatur, viskositet, densitet och korrosivitet. En annan grundläggande faktor är om flödet är laminärt eller turbulent[1].

Reynolds tal (Re) är ett användbart verktyg för att beräkna hur en mätare kommer reagera på flödet genom att det beskriver hur flödesprofilen ser ut (*Figur 2.1*). Om Reynolds tal är under 2000 är flödet laminärt och över 4000 är flödet turbulent[2].

Reynolds tal räknas ut genom ekvation (1)

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \quad (1)$$

ρ = densitet hos mediet
 μ = viskositet hos mediet
 D = diameter
 v = hastighet



Figur 2.1: Flödesprofiler där V är hastighet: (a) laminärt flöde (b) är turbulent flöde med olika Reynolds tal A: 200 000 B: 2 000 000 [2].

Om fluiden som skall mätas är en gas så är den ideala gaslagen ekvation (2) användbar för att se hur volym och densitet ändras vid olika tryck [1].

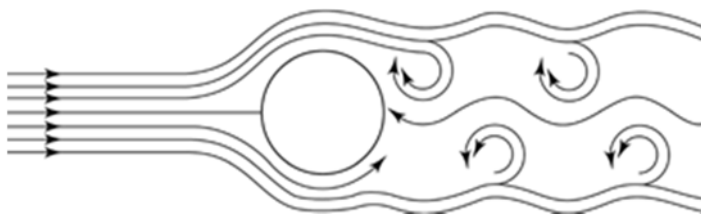
$$\begin{aligned}
 P &= \text{tryck} \\
 V &= \text{volym} \\
 PV &= nRT \quad (2) \\
 n &= \text{substansmängd} \\
 R &= \text{gaskonstant} \\
 T &= \text{temperatur (K)}
 \end{aligned}$$

Flödesmätare delas upp i olika typer:

- Volym -Volymkännande mekaniska flödesmätare kan användas för mätning av såväl gas- som vätskeflöden. De är utrustade med rörliga mätkammare av känd volym och flödet erhålls genom frekvensen på kamrarnas rörelse[3].
- Hastighet – Hastighetskännande flödesmätare mäter hastigheten på flödet och denna multipliceras med tvärsnittsarean på röret som fluiden strömmar igenom. Då erhålls ett volymflöde. Det finns många olika sorters hastighetskännande mätare så som turbin-, vortex-, och ultraljuds-mätare[1].
- Massa – Massflöde mäts oftast med en Coriolismätare. Denna mäter massflödet direkt som en funktion av kraften som massan producerar när den accelererar i ett U-rör[4].
- Tryckskillnad – Denna typ av mätare finns i flera olika utföranden men principen är att det finns en faktor som begränsar det strömmande flödet, vilket resulterar i ett tryckfall över primärelementet och detta differentialtryck kan räknas om till ett flöde genom Bernoullis ekvation[4].

2.1.1 Vortexmätare

Vortexmätaren är en hastighetskännande flödesmätare. Den är flexibel då den kan hantera både gas och vätska. Mätaren består av ett hinder som är placerat i strömriktningen. Detta hinder ger upphov till virvlar, så kallade vortexar. Detta fenomen kallas von Kármáns virvelgata [1].



Figur 2.2: Exempel på von Kármáns virvelgata [1]

Frekvensen på virvlarna är direkt proportionellt mot hastigheten på mediet. Nedströms hindret finns en sensor som uppfattar frekvensen som sedan räknas om till hastighet via ekvation (3) och sedan räknas hastigheten om till volymflöde med ekvation (4) [1].

Vortexmätaren är ofta använd vid flödesmätning av ånga eftersom den klarar av både höga temperaturer och tryck [5].

$$f = \frac{St \cdot v}{L} \quad (3)$$

$$Q = A \cdot v \quad (4)$$

f = frekvens
 St = strouhal tal
 L = längden på hindret
 v = hastighet
 A = area
 Q = volymflöde

2.1.2 Annubar

Denna typ av mätare har blivit vanligare de senaste åren. Det är en tub med flertalet hål på framsidan och baksidan, men den är designad så att hålen på framsidan är isolerade från hålen på baksidan. Annubaren är installerad vinkelrätt mot flödet och mäter tryckskillnaden mellan det totala trycket på framsidan och det statiska trycket på baksidan, och detta kommer motsvara det dynamiska trycket[6]. Trycket kan sedan räknas om till hastighet via ekvation (5)[6] och hastigheten räknas om till flöde via ekvation (4)[1].

$$v = Cd \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (5)$$

v = hastighet
 Cd = Koefficient för mätaren
 Y = Expansionskoefficient
 g = Tyngdaccelerationen
 ΔP = Dynamiska trycket
 ρ = densitet

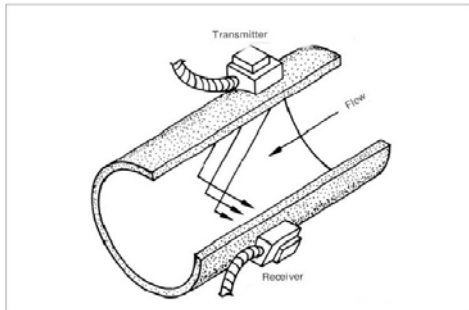
2.1.3 Ultraljudsmätare

Akustiska mätare vilka mäter flöden med hjälp av ultraljud finns i olika utförande exempelvis löptidsmätare, dopplermätare och utanpåliggande mätare.

En dopplermätare överför en kontinuerlig ljudvåg i en vinkel mot flödet. Skillnad i frekvensen mellan den utsända signalen och den som sprids via partiklar i flödet ger information om hastigheten. För att en dopplermätare skall fungera krävs att det finns partiklar i det flöde som skall mätas eftersom dessa reflekterar de frekvensskift av ljudpulser som sänds in i mediet [6].

Löptidsmätaren är den vanligaste förekommande ultraljudsmätaren vid mätning av vätskeflöden. Denna typ av mätare skickar pulser från en sändare till en mottagare, detta kan göras både medströms och motströms. Hastigheten fås fram genom att mäta tidsskillnaden för pulserna[1,6].

Det finns så kallade clamp-on mätare och dessa används för mätning av flöden där det inte finns en fast monterad flödesmätare. En sändare och mottagare sätts utanpå ett avisolerat rör och fungerar som en löptidsmätare. Vid användning av en sådan mätare är det viktigt att uppgifter finns framtagna för ledningens material, diameter och tjocklek. Resultaten som erhålls är mindre noggranna än då fasta mätare används[1].



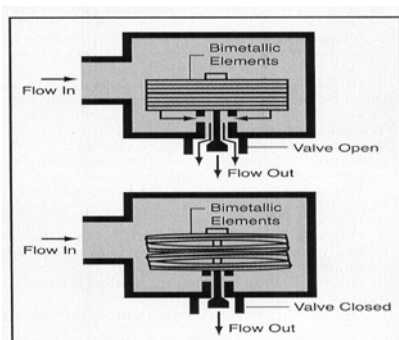
Figur 2.3 Clamp- on flödesmätare [1].

2.2 Ångfällor

Ångfällor används för att skydda ångledningar från kondensat. Det är en enhet som automatiskt dränerar och för bort kondensat från ångsystemen. Det finns olika typer av ångfällor men de flesta består av en ventil som kan öppnas av ett flottör- eller fjäderarrangemang. Avledning av det varma kondensatet kan ske till avlopp eller returneras till processen[7]. Bimetall- och flottörångfällor är de två typer som används i störst utsträckning på Borealis Polyeten och dessa beskrivs nedan.

2.2.2 Bimetallångfälla

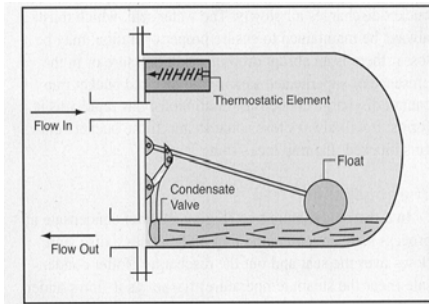
Bimetalfällan är den vanligaste på Borealis anläggningar i Stenungsund. Den består av plattor med två olika metalltyper som har olika koefficienter för termisk expansion. När det är kallt är plattorna raka och låter ventilen öppna, men när ånga kommer in i kammaren expanderar plattorna och stänger ventilen (Se Figur 2.4). Denna fälla klarar av både värme och kyla, men svarar långsamt på tryckändringar och kan inte ta emot kondensat som har samma temperatur som ångan [8].



Figur 2.4 Bimetallångfälla [8].

2.2.1 Flottörångfälla

Den vanligaste mekaniska ångfällan över lag är flottörångfällan. Den fungerar enligt principen om densitetskillnad mellan ånga och kondensat. Kondensatet når fällans kammare och höjer flottören som är direkt ansluten till utloppsventilen på sådant sätt att ju högre nivån blir desto mer öppnas ventilen. När det inte finns någon kondensatsnivå eller om ånga skulle komma in i fällan sänks flottören och stänger ventilen [8]



Figur 2.5 Flottörångfälla [8].

3 ÅNGSYSTEMET

Detta avsnitt behandlar ångsystemet på Borealis Polyeten. Nedan finns olika vattenkvalitéer beskrivet samt tillverkning utav ånga på både krackern och Polyeten. Till sist finns även en djupare beskrivning av LD5:s ång- och kondensatsystem.

3.1 Vatten

För att kunna producera ånga utav bra kvalitet krävs vatten som håller bra kvalitet. Därför renas vatten från fasta partiklar och skadliga joner på båda anläggningarna. Vatten som tillverkas är demineraliserat vatten(deminvatten) samt matarvatten. Dessa är utav olika kvalitet och beskrivs nedan.

3.1.1 Demineraliserat vatten

Deminvatten produceras på krackern och är totalavsaltat för att inte riskera pannsten i pannorna och ugnarna där högt tryck och hög temperatur råder. Råvatten importeras och renas från större partiklar och humusämnen i så kallade dynasandfilter, sedan tas jonerna bort från vattnet för att minska risken för korrosion i utrustning. Avjonering sker i katjonbytare, anjonbytare och till sist i en blandjonbytare där de aggressiva jonerna Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , HSiO_3 tas bort och byts ut mot H^+ och OH^- vilka tillsammans bildar rent vatten. Normal konduktivitet efter blandjonbytaren är mindre än $0,10 \mu\text{S}/\text{cm}$. Efter jonbytarna samlas vattnet upp i en bufferttank där totalavsaltat vatten också tas in från företaget Vattenfall eftersom det egenproducerade vattnet inte räcker till[9].

Deminvattnet används först och främst på krackern för produktion av ånga i pannorna samt till kylning av krackad gas. Det pumpas även upp till polyetenanläggningen där det används på LD5 för kylning av reaktorn[9].

3.1.2 Matarvatten

Matarvattnen produceras i Ångcentralen (ÅC) på Polyeten, detta vatten avhärdas men totalavsaltas inte, alltså håller det inte samma höga standard som på krackern. Här tas råvatten in och renas i sandfilter, efter detta byts jonerna Ca^{2+} och Mg^{2+} ut mot Na^+ i katjonbytare. Sedan används matarvattnet i ångpannorna som finns i ÅC. Konduktiviteten skall hållas runt $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ [10].

3.2 Ångproduktion

Ånga är en viktig del av processen på både Polyeten och krackern då den krävs under drift, start och stopp. Den stora skillnaden mellan ångproduktionen på anläggningarna är att ångan produceras vid olika tryck. På krackern erhålls ett betydligt högre tryck vilket gör att denna anläggning är mer känslig för dålig vattenkvalitet.

3.2.1 Krackern

Den huvudsakliga delen av krackerns ånga produceras i ugnarna. Ånga genereras när krackgaserna kyls med deminvatten i ugnarnas stora vattenkylare som kallas TLE:er (Transfer Line Exchangers). Den ånga som produceras här har ett tryck av ca 110 bar och är mättad. Innan ångan leds till ångsystemet reduceras den till 85 bar och överhettas i ugnarnas

överhettarslingor till en temperatur av 480-510°C. Mängden ånga som produceras beror framförallt på matningen till ugnarna[9].

Det finns även tre högtryckspannor på krackern. Dessa producerar ånga av 85 bars tryck och känner av trycket i högtryckssystemet. På så sätt kan pannorna fylla på med ånga när det behövs. Pannorna får jobba mycket vid ansträngda situationer. Exempel på ansträngda situationer är störningar samt uppstart och nedtagning av krackern, även vid start och stopp av LD5-fabriken på polyetenanläggningen[9].

3.2.2 Polyeten

I ångcentralen på polyetenanläggningen finns 2 ångpannor -Panna 3 och Panna 4 -som skall leverera ånga till de olika fabrikerna LT1, LT2, LD5 och SteCo.

Panna 4 kan matas med olja men körs framförallt på naturgas, medan Panna 3 ännu bara kan köras på brännolja som är en biprodukt från processen. Ångtrycket ut från pannorna är ca 35 bar och fördelas till tre huvudstammar med olika arbetstryck. Högtrycksstammen har ett tryck utav 35 bar, mellantryckstammen 9 bar och lågtrycksstammen 3 bar.

Polyetens ångsystem är ganska komplext. Detta beror på att det är ombyggt flertalet gånger då anläggningen har expanderat. Senaste tillskottet är LD5 som kräver mycket ånga och vatten, därför har ångsystemet behövts integreras med krackern mer och mer för att få ång-och vattensituationen att gå ihop[10].

3.3 Beskrivning av ångsystem på LD5

LD5 är den nyaste fabriken på polyetenanläggningen och byggdes 2010. Här tillverkas lågtryckspolyeten i en tubreaktor under mycket höga tryck.

Eten tas in från krackern och komprimeras i en primärkompressor till 270 bar tillsammans med recirkulerat eten från processen. Efter tillsats av propen och andra sammonomerer höjs trycket stegvis till 2800 bar med en hyperkompressor. Etenet förvärms och förs sedan in i en tubreaktor som är 3 km lång. Organiska peroxider används för att initiera reaktionen, sedan polymeriserar gasblandningen och bildar polyeten. Efter reaktorn kyls polymersmältan ner och leds vidare till en extruder. Den gas som inte har reagerat förs vidare till gasrening (HP-recycle) och förs tillbaka till primärkompressorn[10].

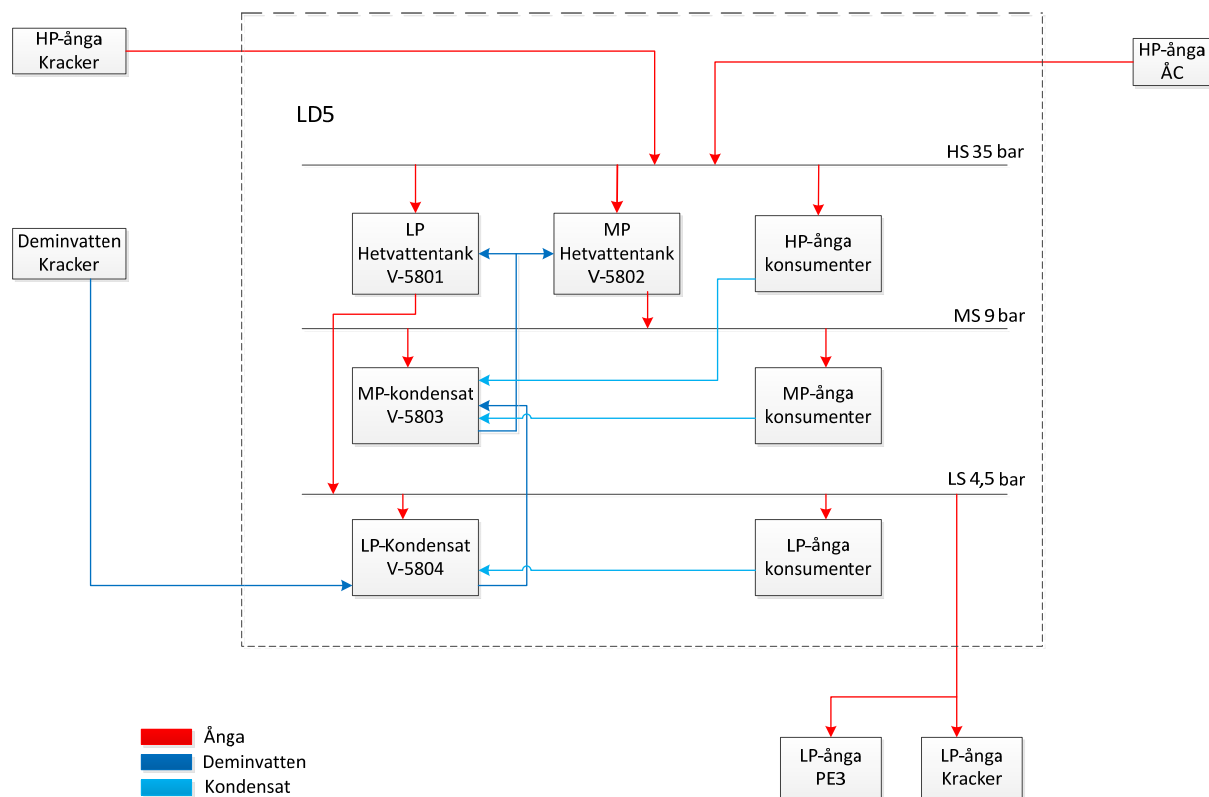
När etenet polymeriserar i reaktorn sker en kraftig värmeutveckling. För att kontrollera och styra polymerisationen används flertalet hetvattensystem för kylning av reaktorn, efterkylaren och HP-recycle.

Några av hetvattensystemen på LD5 är:

1. LP hetvattensystem (lågtryckshetvatten)
2. MP hetvattensystem (mellantryckshetvatten)
3. Kondensatsystem

Dessa hetvattensystem är inte bara viktiga för kylning av reaktorn utan utgör också centrum för hela LD5:s ångsystem. Den värme som kyls bort i reaktorn tas upp av hetvattensystemen

och därmed bildas stora mängder vattenånga. Under drift är därför LD5 självförsörjande av låg- och mellantrycksånga. Fabriken behövs av högtrycksånga importerar från 35-bars nätet[10].



Figur 3.1 Översiktlig bild av ång- och kondensatsystemet på LD5

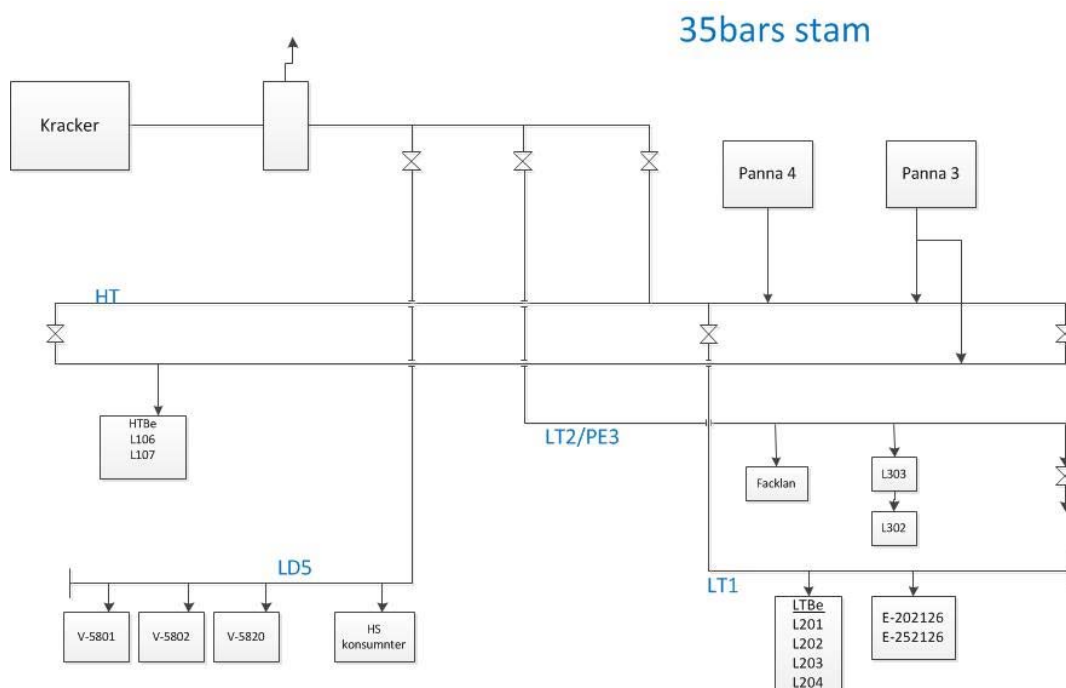
Från hetvattentankarna V-5801 och V-5802 (Figur 3.1) pumpas vatten för kylning av reaktorn och efter kylningen returneras hetvattnet tillbaka till tankarna. Vattnet har då tagit upp värme från reaktorn, därför bildas en del ånga i hetvattentankarna. Ångan som bildas är mellan- och lågtrycksånga och används först och främst av konsumenter inom fabriken. Allt kondensat som genereras efter ånganvändningen leds till mellantrycks(MP)-eller lågtrycks(LP)-kondensattankarna. Dessutom leds kondensat från alla ångfällor i anläggningen till dessa tankar. Allt kondensat som bildas på anläggningen tas på så sätt omhand för att minimera förluster till avlopp. Från kondensattankarna pumpas sedan vattnet tillbaka till hetvattentankarna så det kan användas för kylning av reaktorn[10].

Den genererade ångan används först och främst inom fabriken, men under normal drift blir det en del överskott av lågtrycksånga. Denna exporteras till PE3 som är en fabriksdel på anläggningen samt till krackern. Som kompensation för ångexporten tas deminvatten in från krackern för att kunna hålla nivåerna i hetvattentankarna.

Ångan som skickas till krackern måste hålla en hög kvalitet, detta är viktigt då ångsystemen på krackern är mycket känsliga för höga konduktiviteter. Därför finns konduktivitetmätning i hetvattentankarna och även bottenavdrag för att få bort eventuella lösta salter som kan ligga på botten i tanken[10].

Som nämnts tidigare är LD5 självförsörjande utav låg- och mellantrycks ånga men import av högtrycksånga från 35-bars nätet sker. Detta nät innehåller ånga från både krackern och från Panna 3 och Panna 4. Eftersom dessa två pannor producerar ånga av sämre kvalitet finns det alltid en risk, när denna ånga används på LD5 att lågtrycksångan som skickas tillbaka till krackern kan vara av sämre kvalitet.

Figur 3.2 visar detaljerat hur 35 bars nätet ser ut. Ångledningen från krackern viker av till LD5 först vilket betyder att om ångflödet från krackern är större än produktionen från Panna 3 och Panna 4 så kommer LD5 endast ta in ånga från krackern då det är den lättaste vägen[10].



Figur 3.2 Ångsystem med 35-bars tryck

4 ANALYS AV ÅNGSYSTEM PÅ LD5

Som *Figur 3.1* visar finns det 2 inflöden av ånga/vatten till LD5 och ett utflöde. Dessa borde självklart vara ungefär lika stora då inga större förluster av varken ånga eller vatten skall ske. Balansen av vatten och ånga på LD5 borde vara enligt ekvation (6). Det vatten som tas in till arean är kompensation för den ånga som exporteras från LD5.

$$\text{Ånga in} + \text{Vatten in} = \text{Ånga ut} \quad (6)$$

Vissa förluster förekommer såklart både omedvetet och medvetet. Det finns ett par ställen i anläggningen där ånga eller kondensat medvetet ligger till avlopp.

- Inkommande deminvatten från krackern avgasas till atmosfären med hjälp av lågtrycksånga innan det tas in i hetvattenarean. Detta görs för att förhindra löst syre i vattnet.
- Hetvattentankarna V-5801 och V-5802 bottenblåses med jämna mellanrum för att undvika att lösta salter ackumuleras i botten av tankarna. Uppskattningsvis försvinner ca 5 ton kondensat per timme till avlopp denna väg.
- Under vinterhalvåret finns risk för frysningar i deminvatten ledningen från krackern därför spolas vatten kontinuerligt ut till avlopp under dessa månader.
- Ångfällor vid förvärmaren ligger till avlopp och därför kan lite ånga eller kondensat gå denna väg. Under mars månad har ett antal datum studerats angående flöden av vatten och ånga in och ut från anläggningen, och då syns tydligt att det finns stora förluster av kondensat eller ånga.

Tabell 4.1 Förluster innan underhållsstoppet

Datum	Vatten in	Ånga in	Tot in	Ånga ut	diff
13-mar	50,2	9,3	59,5	36,2	23,3
15-mar	54,8	9,3	64,1	33,3	30,8
17-mar	46,6	9,2	55,8	33	22,8
21-mar	47,1	9,1	56,2	34	22,2
25-mar	57,1	9,6	66,7	48,1	18,6
27-mar	56,6	9,6	66,2	42,1	24,1

Som kan ses i *tabell 4.1* så förloras ca 22-24 ton/h och i extrema fall strax över 30 ton/h. Dessa data är insamlade innan LD5:s planerade underhållsstopp. Då fanns det ett flertal synliga läckor på hetvattensystemen som kan ha bidragit till den höga förlusten.

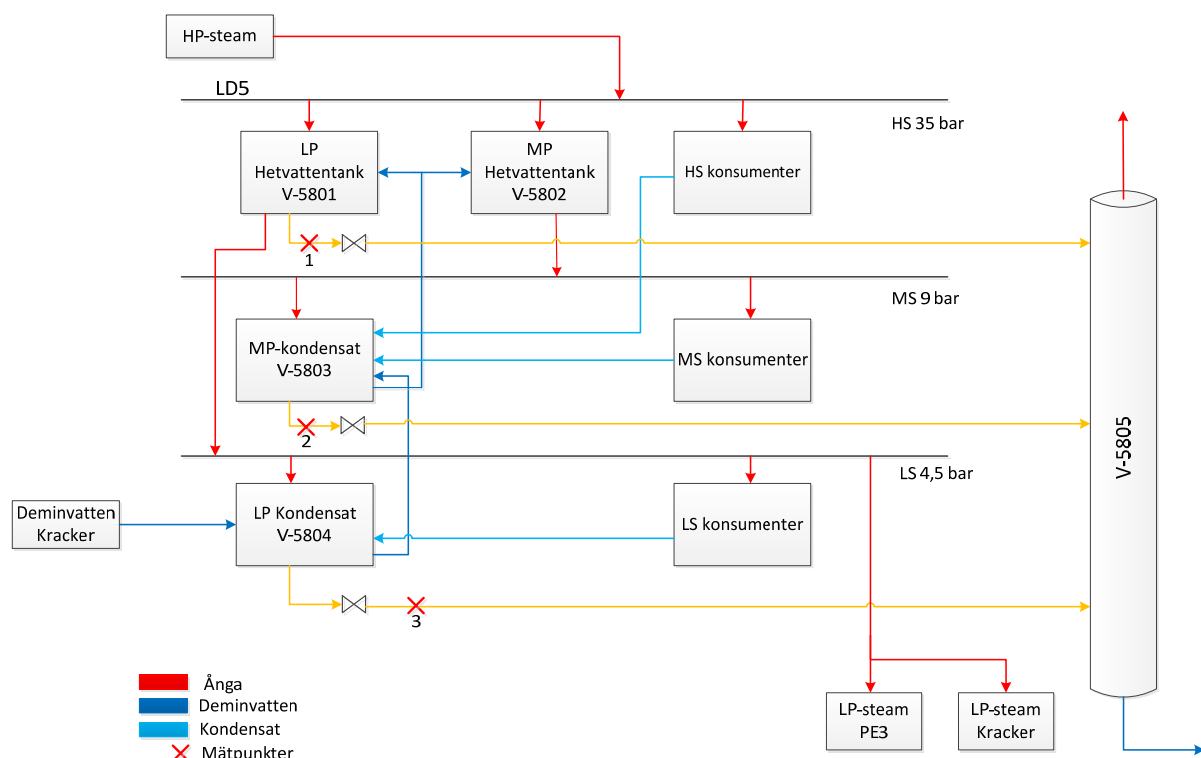
Tabell 4.2 Förluster efter underhållsstoppet

Datum	Vatten in	Ånga in	Tot in	Ånga ut	diff
23-apr	45,7	12,2	57,9	34,5	23,4
25-apr	50,5	12,5	63	37,5	25,5
27-apr	61,8	12,9	74,7	48,6	26,1
29-apr	13,1	63,3	76,4	46,6	29,8
01-maj	13,3	51,8	65,1	38,9	26,2

Efter underhållsstoppet var tyvärr inte alla läckor lagade och förlusterna är fortfarande lika höga enligt *tabell 4.2*.

Trots vetskapen av att en del ånga och kondensat medvetet skall gå till avlopp är förlusten av ca 25 ton ånga och/eller vatten per timme alldeles för stor för att vara rimlig och framförallt ohållbar. Därför har mätningar gjorts med en Clamp-on ultraljudsmätare på tre ställen där misstankar har funnits om läckage till avlopp.

Till stacken V-5805 till höger på *Figur 4.1* är flertalet rör dragna från olika utrustning i anläggningen för avsäkring vid större läckage. Under normal drift finns ett litet flöde till stacken från hetvattenarean. Visuellt syns en hel del ånga och vatten lämna stacken och därför misstänks det finnas läckage denna väg.

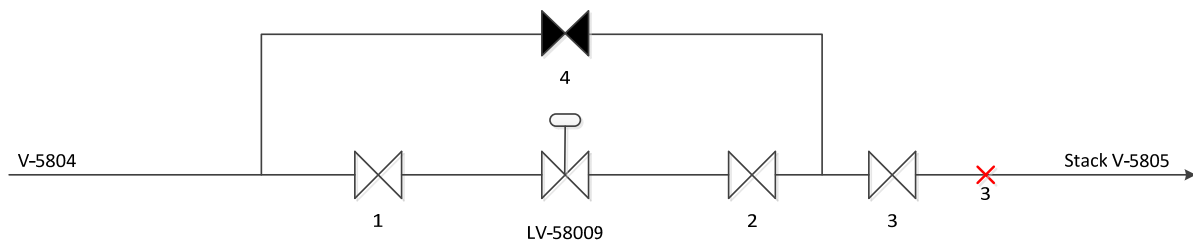


Figur 4.1 Ångsystemet på LD5 med mätpunkter för ultraljudsmätning

Utifrån detta har tre mätpunkter bestämts där det troligast läcker och detta är vid dräneringsventiler från V-5801, V-5802 samt V-5804 som alla går till stacken. Dessa punkter är utritade med ett rött kryss på *Figur 4.1* och har mätts med en clamp-on mätare. Beskrivning av hur en sådan mätare fungerar finns i avsnitt 2.1.3.

Clamp-on mätaren som använts är från Pema Controll och heter PT878. Givarna som har använts är högtemperatursgivare #116 och klarar de höga temperaturer som kondensatet håller, ca 170°C. För att kunna göra dessa mätningar måste först röret avisoleras och sedan måste information ges om mätpunkten, såsom som gods, innerdiameter och godstjocklek. För att få ett bra resultat bör röret vara helt vätskefyllt samt flödet vara turbulent.

Under ultraljudsmätningarna vid mätpunkt 3 blev misstankarna av läckage under V-5804 starka. För att hindra överfyllnad av LP-kondensattank V-5804 finns LV-58009 (*figur 4.2*) som öppnar om nivån blir för hög. Denna är normalt stängd och då skall inte något flöde gå igenom och ut till stacken. Ventil 1 och Ventil 2 finns till för att kunna isolera reglerventilen LV-58009 om den skulle behövas lyftas bort för renovering eller om en ny reglerventil ska sättas dit. Ventil 4 är en så kallad "by-pass" och kan öppnas om mer flöde än det som kan gå genom reglerventilen önskas. Ventil 3 finns för att kunna stänga flöde från både reglerventil och bypass.



Figur 4.2 Reglerventil under V-5804

Tillsammans med driftingenjören på hetvattenarean gjordes därför ytterligare ett test genom att stänga handventil 1 för att undersöka om reglerventilen läcker igenom. Ventilen hölls stängd under ca 10 minuters tid för att sedan öppnas igen. Trender för ång- och vattenförbrukning på LD5 studerades för att se om stängningen av ventilen gav något resultat.

Testet upprepades genom att stänga handventil 1 för att sedan öppna den igen ca 24 timmar senare.

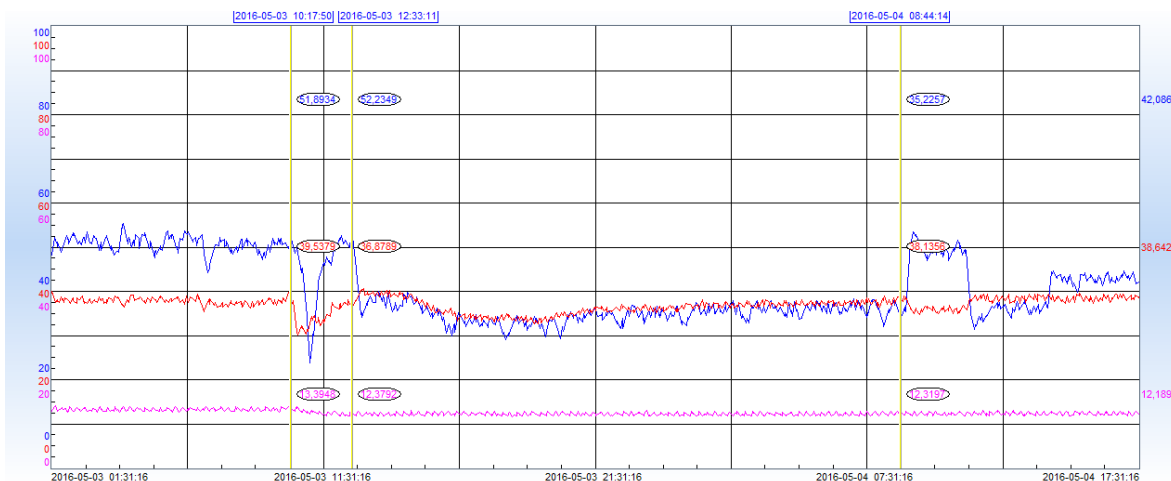
5 RESULTAT OCH DISKUSSION

Den ena uppgiften var att ta fram en karta över ångsystemet på Polyeten. Detta gjordes och resultaten finns i Bilaga 1. Den andra uppgiften var att kartlägga eventuella kondensat- och ångförluster inom fabriken. Flödesmätningar med portabel ultraljudsmätare gjordes på 3 punkter som visas på *figur 4.1*.

Mätningar som gjordes vid punkt 1 och 2 var på 2"-rör. Detta visade sig tyvärr vara för små rör att mäta på med den typen av givare som användes. Efter att ha knappt in all information som behövdes i datorn så angav den ett avstånd som givarna skulle sitta på. Avståndet var så litet att givarna slog i varandra och inga bra mätvärden kunde uppnås.

Mätningar vid punkt 3 var också osäkra och mätsignalen var mycket låg, dock visades ett flöde på 3 ton/h. Detta är med mycket låg trovärdighet men eftersom ett flöde ändå indikerades stärktes misstankarna om läckage.

Testet som gjordes tillsammans med driftingenjören genom att stänga ventil 1 visade på ett större läckage än ultraljudsmätaren. Genom att kolla på trender (*Figur 5.1*) konstaterades att deminvattenintaget minskades med cirka 13 ton/h vilket innebär att det är den mängd som läckt igenom ventilen.



Figur 5.1 Trender för ång- och vattenförbrukning. Den blå linjen visar deminvattenintaget, den röda visar ångexporten av lågtrycksånga och den lila visar ångintaget av HS-ånga.

Vid det första gula strecket som motsvarar klockslaget 10:17 stängdes ventil 1 och det syns tydligt att deminvattenintaget minskar under tiden ventilen hölls stängd i ca 10 minuter. Sedan gjordes ytterligare ett test att stänga ventilen klockan 12.33 (vid det andra gula strecket) och den hölls stängd till klockan 06.44 dagen därpå. Det tredje gula strecket visar när ventilen öppnades igen. Direkt när ventilen öppnades kunde man se att deminvattenintaget ökade igen.

Genom dessa två tester kan det konstateras att reglerventilen LV-58009 läcker igenom och den får därför hållas stängd tills vidare för att kunna spara vatten.

Tabell 5,1 visar förlusterna efter testet med stängd ventil. Istället för en differens på ca 25 ton/h ligger fabriken nu stabilt på ca 10 ton/h vilket är en otrolig förbättring.

Tabell 5.1 Förluster efter stängning av ventil

Datum	Vatten in	Ånga in	Tot in	Ånga ut	diff
03-maj	37,9	12,2	50,1	39,5	10,6
04-maj	36,5	12,1	48,6	38,1	10,5
05-maj	41,5	12	53,5	38,8	14,7
06-maj	37,7	13,2	50,9	43,6	7,3
07-maj	40,7	13,2	53,9	44,4	9,5

5.1 Förslag till förbättringar

Att det försvinner 10 ton/h på en stor fabrik som LD5 känns rimligt. Däremot kan det förbättras ytterligare. Det finns medvetna avdrag till avlopp, bland annat från hetvattentankarna som genom beräkningar gjorda av driftingenjören uppgår till cirka 5 ton/h. Dessutom avgasas inkommande deminvatten samt att kondensatet från ångfällor vid förvärmaren ligger till avlopp. Mängden som försvinner vid de två sistnämnda finns inte beräknad men vid visuell uppskattning försvinner mindre än 1 ton/h. Detta ger oss ett totalt medvetet avdrag till avlopp på cirka 6 ton/h. Detta betyder att det finns cirka 4 ton/h att spara och nedan finns två förslag till besparing.

1. Under vintertid spolas deminvatten kontinuerligt till avlopp för att undvika frysningar i röret. Detta är onödigt och kan lätt byggas bort med tillexempel en on/off-ventil som öppnar med jämna mellanrum när fabriken är stoppad.
2. Tyvärr misslyckades flödesmätningarna under hetvattentankarna V-5801 och V-5802, men misstanke av läckage genom dessa reglerventiler finns kvar och detta borde undersökas.

6 SLUTSATSER

De översiktliga bilder som ritats över ångsystemen på anläggningen är fyra stycken. Den över LD5:s ångsystem är detaljerad och där är även normala flöden vid drift inskrivna. De andra tre bilderna är inte utav samma detaljnivå och kan därför behöva kompletteras i framtiden.

Förbättringar av den ansträngda vattensituationen har gjorts genom kartläggning av en stor läcka genom reglerventilen under V-5804. Det totala intaget av deminvatten har minskat med ungefär 15 ton/h efter upptäckten. Vid kartläggningen användes en portabel flödesmätare. Erfarenheter kring denna mätare har visat svårigheter att mäta på 2 tums rör och mindre. Därför erhöles inga resultat under hetvattentankarna. Misstankar om läckage genom reglerventilerna under dessa tankar kvarstår och fortsatt arbete med detta rekommenderas.

Referenser

[1] Spitzer, D.W. & Knovel (e-book collection) 2004;2010;, Industrial Flow Measurement, 3rd;3rd; edn, ISA, Research Triangle Park

[2] Burgess, T. H. 2004. Flow Measurement. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.

[3] Nationalencyklopedin, flödesmätning.

<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/flödesmätning>
(hämtad 2016-04-15)

[4] Upp, E.L., LaNasa, P.J., Books24x7 (e-book collection), ScienceDirect (e-book collection) & Knovel (e-book collection) 2014, Fluid flow measurement: a practical guide to accurate flow measurement, Third;3; edn, Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier, Amsterdam.

[5] Kutz M, Books24x7 (e-book collection), Books24x7 I. Handbook of measurement in science and engineering. Hoboken, New Jersey: Wiley; 2013;2015;.

[6] Saleh JM. Fluid flow handbook. New York: McGraw-Hill; 2002.

[7] Steam trap. A Dictionary of Chemical Engineering. 2014.

[8] Sahoo T. Steam Trap Troubles? Chemical Engineering Progress. 2005;101(2):33.

[9] Borealis Intranet. SharePoint. Stenungsund Operations, SteHC

[10] Borealis Intranet. SharePoint. Stenungsund Operations, StePo, SteLD5

Bilaga 1: Detaljbilder över ångsystemen

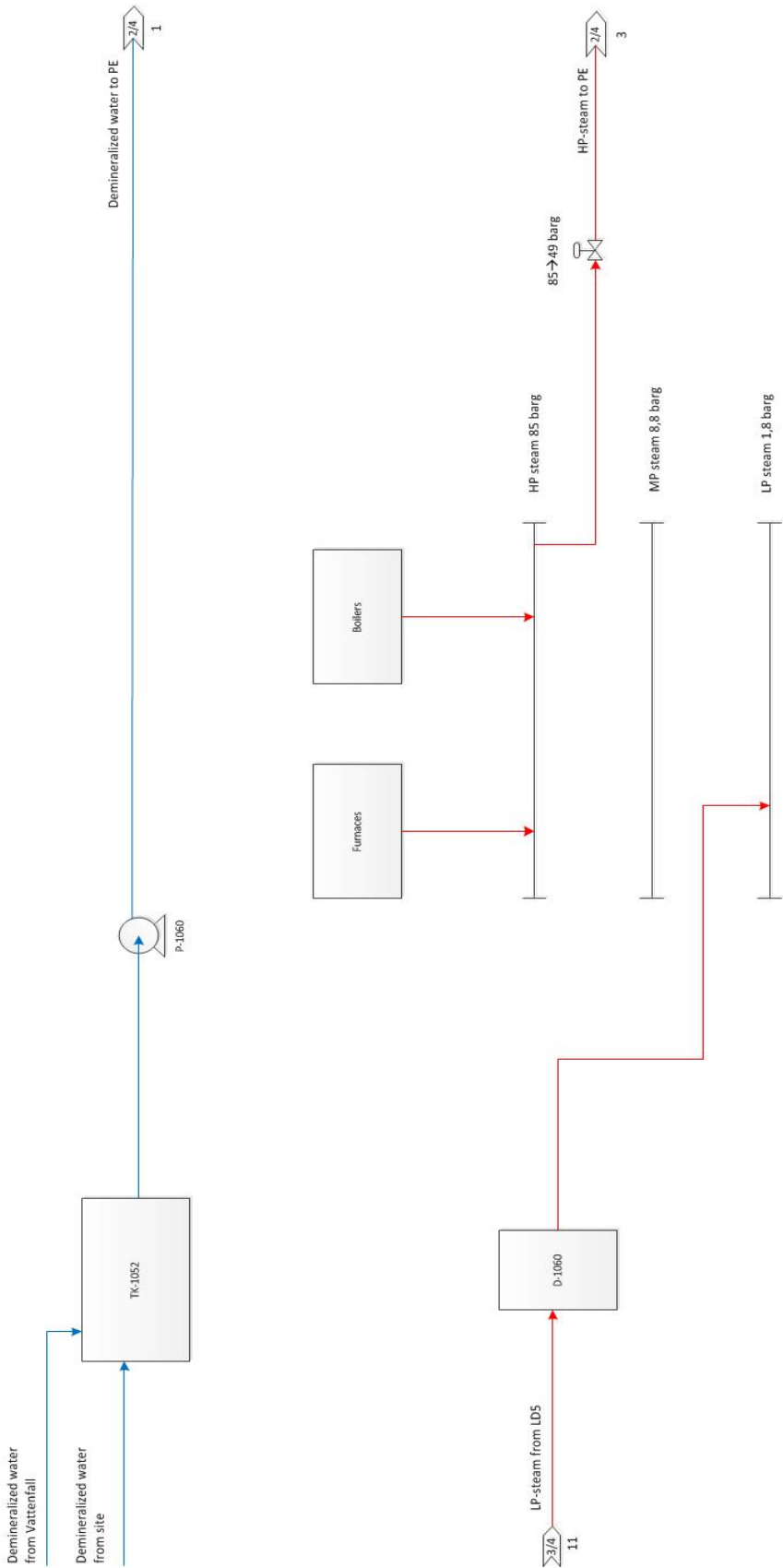
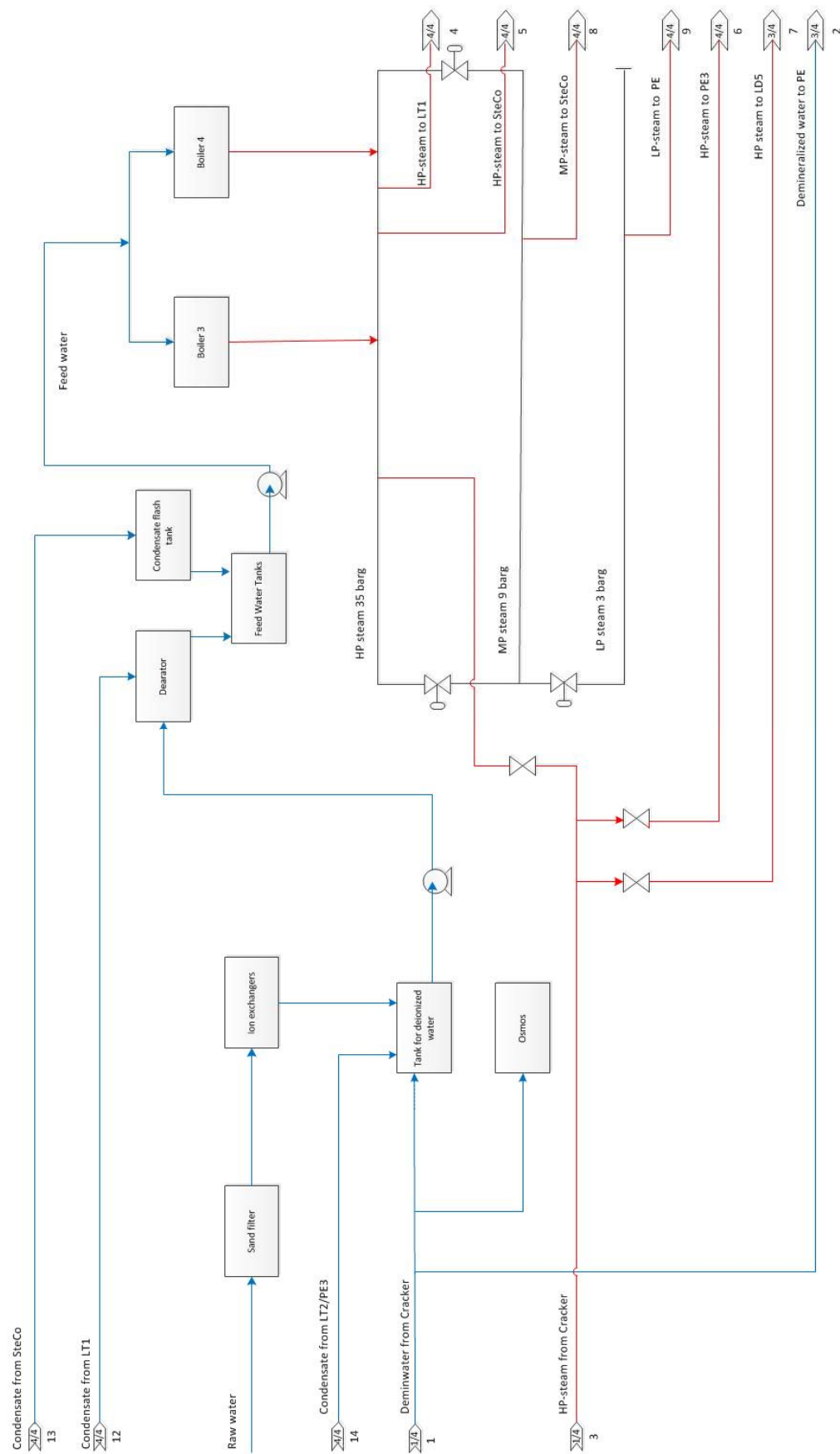


Figure 1/4
Cracker
Steam and Deminwater

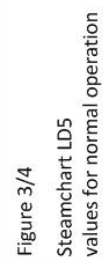
Figur B1 Ångsystem Krackern



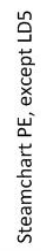
Figur B2 Ångsystem ÅC

Figure 2/4

Ångcentralen (ÅC)
Condensate and steam



C



D