

Analys av arbetsmiljö vid kokarpåsvetsning samt förslag till förbättringar

Analysis of the environment in digesters and improvment suggestions

Sammanfattning

Denna rapport är ett inledande steg mot att förbättra arbetsmiljön för svetsare vid påsvetsning med Uddcomb Metoden® i massakokare. Syftet med rapporten är att analysera problemet med värme och dålig luft samt förklara hur och varför problemet uppstår. I arbetet ingår även att ta fram olika lösningar för att slutligen hitta ett komplett system för ventilation och kylning. Den föreslagna lösningen består av ett integrerat kylsystem och ett koncept med mindre fläktar, kallade torpeder, som monteras på arbetsplanen vilka driver ut varm och smutsig luft snabbare ur kokaren. Den föreslagna lösningen utreds även ur ett ekonomiskt perspektiv. Enklare CFD-analyser på kokarmiljön har även gjorts vilka utgör en grund för vidare forskning inom ämnet.

Abstract

This report is about analysing and improving the environment for welding operators while using the Uddcomb Method® in digesters. The problem with warm and polluted air is first presented and analysed and causes are defined. Different solutions are presented and compared with each other to find a definite solution for cooling and ventilation. The most complete and efficient system contains an integrated air conditioner placed outside the digester and a ventilation system based on small fans, called torpedoes, mounted in the digester to evacuate the air more quicker. An economic aspect is presented for this system. Simple CFD-analyses are also made but is to be seen as a prestudy for a more complete simulation of the digester environment and the benefit of different ways to improve it.

Rev.	Revisionsdatum	Utfärdare	Granskad av	Godkänd av
	Revisionsorsak			

Förord

Denna rapport är ett examensarbete omfattande 20p. Examensarbetet är utfört för Uddcomb Engineering via Lunds Tekniska Högskola våren 2007.

Idén till examensarbetet initierades av Nils Bjersten Uddcomb Engineering. Stort tack till Nils för handledning och många goda råd längs vägen. Stort tack även till Bengt Sundén, examinator på Lunds Tekniska Högskola. Ett speciellt tack riktas även till Faruk Selimovic, Uddcomb Engineering Helsingborg, för assistans och idéer till simulering och termodynamik.

Jag vill även rikta ett tack till hela Uddcombs personal för visat intresse för mitt examensarbete.

Karlskrona maj 2007

Walter Nilsson

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
1.1	Syfte och mål.....	4
1.2	Avgränsningar	4
1.3	Metod	4
1.4	Bakgrundsbeskrivning.....	5
1.4.1	Uddcombs utveckling	5
1.4.2	Industrins behov.....	6
1.4.3	Uddcomb Metoden®.....	6
1.4.4	Ventilationsproblem i kokarna	7
1.4.5	Personalens kommentar	7
1.4.6	Värmedefinitioner	8
2	ARBETETS GENOMFÖRANDE	9
2.1	Förslag till lösningar	10
2.1.1	Traditionell ventilation med stor fläkt under kokaren.....	11
2.1.2	Torpeder	11
2.1.3	Toppsug	24
2.1.4	Skyddspanel i specialglas.....	25
2.1.5	Genomgående ventilationsrör	27
2.1.6	Integrerad ställning	29
2.1.7	Skydds- och friskluftsdräkt	29
2.1.8	Genomgående värmeväxlare.....	30
2.2	Kylsystem	31
2.3	CFD-analys	32
2.4	Analys.....	36
2.5	Ekonomi	38
2.5.1	Torpedsystem	38
2.5.2	Skyddspaneler	39
2.5.3	Ventilation	39
2.5.4	Totalkostnad	40
2.6	Resultat	41
3	REFERENSER	42
3.1	Referenser angivna i texten	42
3.2	Övriga referenser	42
3.3	Figurreferenser.....	42
	BILAGA 1 RITNING PÅ KOKARE	43
	BILAGA 2 RITNING PÅ KYLSYSTEMET CARRIER 50AZ016	44
	BILAGA 3 RITNING PÅ TORPED.....	45
	BILAGA 4 RITNING PÅ KRAGE.....	46

1 INLEDNING

Uddcomb Engineering har under många år framgångsrikt använt sig av deras egenutvecklade påsvetsningsmetod för restaurering av kokare. Metoden går kortfattat ut på att ett lager rostfritt svetsas på på insidan av en massakokare för att öka godstjockleken och därmed dess livslängd. Metoden är känd och använd världen över med gott resultat. Den globala användningen av metoden utgör även en del av problemet som denna rapport behandlar. Problemet är de varierande miljöerna runt kokaren, från vilken kyl- och ventilationsluft tas samt ickestandardiserade ställningar inuti kokaren.

Variationen av inluftstemperaturen till kylsystemet ger varierade arbetsförhållanden och en referensnivå blir svår att hålla. I kallare delar av världen är det ingen svår match att få kall kyl Luft och på så vis få en bra arbetstemperatur men i exempelvis Brasilien, där Uddcomb haft kunder, måste ett extra kylsystem installeras vilket kyler kyl luften rejält. Dessa kylsystem är ej optimerade och det finns heller inga instruktioner för hur systemet bör ställas in för olika omgivningar och resultat. Det finns heller inget etablerat system för ventilationen utan detta löses från projekt till projekt. Oftast löses ventilationsproblemet med en stor fläkt i botten på kokaren som försörjer hela kokaren med frisk luft men problemet blir då att luften på ett arbetsplan inte cirkulerar och omsätts tillräckligt. Varm och förorenad luft finns således kvar på svetsplanet och försämrar arbetsmiljön. Metoden är långt ifrån optimerad och ger som sagt olika resultat beroende på temperaturen på den luft som blåses in i kokaren.

1.1 Syfte

Syftet med rapporten är

- att analysera situationen i kokarna och att tydligt beskriva problemen
- att komma fram till lösningar på problemen som förbättrar arbetsmiljön för operatörerna. Lösningar som går att standardisera för att passa olika sorters kokare med olika storlekar och med instruktioner för användning i olika miljöer för att kunna uppnå en referensnivå.

1.2 Avgränsningar

Under arbetets gång har det ej funnits möjlighet att besöka en kokare under påsvetsning och jag kan därför inte använda personliga preferenser utan värderingar baseras på operatörers och projektledares kommentarer.

Lösningmodellerna som presenteras i rapporten är helt teoretiska och aldrig testade praktiskt vilket kan medföra att viss modifikation av utrustningen krävs före användning.

1.3 Metod

Metoden för att hitta bra lösningar har varit att antingen utgå från vad som behövs, dvs. en viss kyl-effekt eller ett visst luftflöde, och sedan leta fram ett kylsystem eller en fläkt som uppfyller de kraven. Alternativt har en idé utvecklats och sedan anpassats efter kraven. Alla lösningar har dock kontrollerats mot energibalanser för att kunna avgöra om de är tillräckligt effektiva med avseende på den insats som krävs.

1.4 Bakgrundsbeskrivning

1.4.1 Uddcombs utveckling

Vad som idag är Uddcomb har anor från 1600-talet och började som ett järnverk vid Digerforsen. Företaget utvecklades och blev Degerfors AB 1870 sedan Strömsnäs Jernverk 1886. I början av 1900-talet omfattades verksamheten av masugnar, martinugnar, götvalsverk, grovvalsverk, stångjärns- och finjärnsvalsverk, rörverk, grov- och tunnplåtvalsverk, fjäderfabrik, spikfabrik, gjuteri, manufaktur och en mekanisk verkstad. Arbetsområdena var således många. Fogningstekniken vid denna tidpunkt var nitning. Fabriken i Degerfors inhyste Sveriges då största plåtvalsverk vilket underlättade tillverkningen av detaljer till tryckkärl.

1939 ändrades namnet till Degerfors Järnverks Aktiebolag som blev ett helägt dotterbolag till Uddeholms Aktiebolag. Under 40-talet utvecklades och etablerades svetsmekaniken som fogningsmetod hos företaget. Tryckkärl av olika typer dominerade produktionen och 1957 fick företaget en förfrågan om att tillverka en reaktortank till Ågestaverket av konstellationen Atomenergi och Vattenfall. Hittills hade ingen reaktortank med atomkvalitet tillverkats av Degerfors varför beställarna krävde att Degerfors samarbetade med en erfaren utländsk tillverkare. Det amerikanska företaget Combustion Engineering kom därmed in i bilden. Vidare gavs order om tillverkning av Marviktanken. Vid svetsningen av bottengaveln på Marviktanken uppstod problem med sprickbildning efter värmebehandlingen. Problemet var inte lätt åtgärdat utan krävde många insatser med påsvetsning av olika material och med olika tekniker. Detta kan tänkas vara grunden till Uddcomb metoden, se kommande kapitel. Utvecklingen av påsvets fortskrider.

Inom Uddeholm fanns tankarna på en utveckling inom området av tillverkning av tunga kärnkraftskomponenter i Degerfors. Diskussioner förs med Combustion Engineering, som vid denna tidpunkt är världens största leverantör in området, om förutsättningarna för ett samarbete. 1969 kontaktar Uddeholm Industridepartementet för att tillsammans offerera på de planerade reaktortankarna Oskarshamn 2 och Barsebäck 1 från ASEA-ATOM. Resultatet blev att Uddeholmsbolaget, Industridepartementet och Combustion Engineering bildade Uddcomb Sweden AB och tog hem ordern. En av förutsättningarna var dock att fabriken flyttades från inlandet till kusten för att förenkla transporten av stora och tunga detaljer. En fabrik byggdes därefter på Verkö i Karlskrona. Flytten av personal från Degerfors blev omdiskuterad men det var deras kompetens som företaget byggde på och flytten var således ett faktum. I fabriken på Verkö byggs bland annat Ringhals 3 och 4, Forsmark 1 och 2 samt TVO 1 och 2 till Finland.

Efter folkomröstningen 1980 beslutades att kärnkraften skulle avvecklas och således minskade arbetsmarknaden för Uddcomb. Styrgruppen sökte förgäves lösningar för en fortsatt lönsam verksamhet för företaget. Den slutliga lösningen var att dela upp företaget i olika delar. Till att börja med avslutades tillverkningen av de innevarande ordererna i fabriken på Verkö och några försök inom nya områden gjordes men med mindre goda resultat. Lokalerna såldes till ABB och 1992 avvecklas Uddcomb Sweden AB, tillverkningsdivisionen. En stor del av arbetarna fortsatte sedan att arbeta på ABB. Verkstadsdivisionen fortsatte under namnet Uddcomb Heavy Manufacturing, UHM, och ägnade sig åt att serietillverka produkter efter kunders tillverkningsunderlag. Specialkompetensen från kärnkraftsindustrin skulle utgöra konkurrensmedel och overheadkostnaderna kunde hållas nere genom att köpa tjänster från Uddcomb Engineering. Uddcomb Engineering utgörs av en tjänstemannaenhet som ägnar sig åt konsult-, provnings- och undersökningsverksamhet inom framförallt kärnkraftsområdet. UHM förändrades och blev Uddcomb Equipment efter en tid med produkten Uddcomb HydroHammer, en hydraulisk slaghejare.

1999 avvecklades även Uddcomb Equipment och kvar blir Uddcomb Engineering. Sedan 2005 tillhör Uddcomb Engineering Areva, ett internationellt företag med lösningar för el- och kärnkraftsbranschen. Idag jobbar Uddcomb som en totalleverantör till kärnkraft och processindustri.

1.4.2 Industrins behov

Inom processindustrin använder man sig av massakokare där flis kokas tillsammans med kemikalier för att utvinna massa. Trycket i kokaren är 6-7¹ gånger högre än lufttrycket och temperaturen är 165-170°C¹. Det finns batchkokare vilka kokar i omgångar och som har dimensionerna 4-6m i diameter samt en höjd på mellan 10-15m. Kontinuerliga kokare är något större och kan vara 6-8m i diameter och mer än 50m höga. Se bilaga 1 för ritning på kontinuerlig kokare.

Förutsättningarna för industrin har förändrats med åren och nya krav på miljö och energieffektivitet har tillkommit. Kokarna har körts hårdare och med andra förutsättningar än tänkt vilket har fått till följd att kokarna påfrestats mer och godstjockleken i väggarna minskat snabbare än beräknat och detta kortar ner livslängden på kokaren.

1.4.3 Uddcomb Metoden®

Uddcomb har med åren utvecklat Uddcomb Metoden®² vilken är en restaureringsåtgärd för kokare.

Principen är relativt enkel och går ut på att ett skikt rostfritt svetsgods svetsas på kokarens insida. Detta skikt återställer och förbättrar skyddet mot korrosion och erosion och förlänger därmed livslängden på kokaren. Uddcomb kan även konstruera utrustning som möjliggör svetsningen i många olika applikationer vilket är en del av konceptet.

En kokare som renoveras töms och rensas från all massa och kopplas loss från övriga processer då in- och utloppshålen i kokaren används som manluckor och för att transportera verktyg och material. Inuti byggs en byggställning med plan varannan meter. Vartannat plan bygger tätt från väggen och in i kokaren längs hela insidan och fungerar som arbets- och inspektionsplan, i centrum av planet lämnas minst 0,5 x 0,5m öppet för ventilation och utrymme för transport av personal och verktyg. Måtten bestäms av kokarens storlek och detaljer till ställningen där minsta bärande balk är just 0,5m. Vartannat plan är observationsplan vilket bygger lika stort runt centrum som arbetsplanet men lämnar utrymme för svetsutrustningen ut mot väggen. Svetsning sker parallellt på två arbetsplan, med ett arbetsplans mellanrum. På aktuella arbetsplan finns mellan en och sex svetsenheter. Varje svetsenhet består av två brännare som är monterade på ett stativ som tar dem upp och ner och i sidled. Varje stativ täcker två plan, dvs. ett arbetsplan och ett observationsplan. Svetsningen sker alltså i segment om 4m höjd. Svetsningen sker följaktligen inte helt manuellt utan svetsenheten styrs med en styrdos. Dock kräver varje svetsenhet övervakning av en operatör som även utför trådbyten samt byten av kontakmunstycket.

¹ Billerud

² Folder ”Vi ser början...”

1.4.4 Ventilationsproblem i kokarna

Dessa operatörer har idag en bitvis väldigt tuff arbetsmiljö med svetsgaser och varmluft. Extremfallet är i batchkokare med liten diameter där utrymmet i mitten vilket är avsett för stege och ventilation är väldigt begränsat och endast stege får plats. Här är tillförseln av friskluft och undanmatningen av varmluft komplicerad. Idag använder man sig av en stor fläkt under botten på kokaren vilken blåser upp genom kokaren men som kan ha svårt att räcka till att förse hela kokaren med frisk luft. I de olika svetssegmenten kan då temperaturer på, av svetspersonal uppskattat till, närmare 50⁰C uppnås. Värst blir fallet i det övre segmentet då den varma luften som kommer från det nedre svetsplanet är tänkt att fungera som dess kylluft. Luften är också väsentligt mycket sämre på det andra svetsplanet då den förorenade luften från det undre segmentet passerar det på väg upp och ut. Ett problem som finns på båda svetsplanen är att luften står still längs sidorna och behåller värmen och svetsgaserna. Värmen alstras dels av svetsen men också den svetsade väggen avger värme då den upphettas rejält vid påsvetsningen. Det är inte aktuellt att chockkyla väggen då det skadar materialet och på så vis gör svetsarbetet ogjort och därför är det viktigt att luften omsätts och inte står still. Svårigheten är att få bort denna varma och smutsiga luft utan att orsaka för stort drag längs kokarens vägg så svetsgaserna åker iväg och försämrar svetskvalitén. Som ventilationen fungerar i dagsläget med en stor fläkt i botten på kokaren passerar luften på sin höjd runt arbetaren men lämnar varm och smutsig luft i ytterkant på kokaren och längs taket dvs. golvet till nästa plan. Ju längre denna luft är kvar i segmentet desto sämre blir luften. Viktigt är alltså att transportera bort denna luft. Om denna luft således transporteras bort minskas behovet av friskluft då luften redan håller högre kvalitet.

I större kokare finns möjligheten att dra in ventilationskanaler som sprider friskluft på de utsatta planen och drar ut den varma och förorenade luften. Dock är inte utsugningen optimerad då den inte enbart drar ut varm och smutsig luft utan även en del av den tillförda friskluften. Metoden för stora kokare måste således optimeras. Kylningen av friskluften är heller inte optimerad utan idag tas luft utifrån i den grad det går och vid uppdrag i varmare länder används ett externt kylsystem vilket levererar kallluft. Detta kylsystem är inte optimerat och kalibrerat utan används på känn med varierat resultat.

1.4.5 Personalens kommentar

Situationen är beskriven utifrån samtal med personal som närvarat vid flertalet påsvetsningar och är väl insatta i problematiken. Som de ser det idag så finns det en svårighet med att standardisera ventilationen och det är beroende på arbetsställningen i kokaren. Denna varierar från projekt till projekt vilket medför att en standardlösning inte alltid går att använda. Olika dimensioner och tekniker på arbetsställningen gör att anslutningar och kopplingar inte alltid passar och ventilationsutrustningen kan bli svår att fästa. Ställningen och planen är inte optimerade för luftflöden utan bör kunna utvecklas för att fungera bättre med Uddcombs behov både vad gäller ventilation och svetsarbeten. De platser som är aktuella för påsvetsning följer inte heller någon standard utan är vitt skilda vad gäller storlek på kokare, storlek och antal manluckor, möjlighet att använda andra ingångar i kokaren vilka används vid massatillverkningen samt miljön runt kokaren. Dessa variationer begränsar och sätter hinder för vilken utrustning som är möjlig att ta in i kokaren. Längden på ventilationsrör blir kritisk då kokare med liten diameter används och införsel av rör sker från sidan genom små manluckor och inget utrymme finns i kokaren för att vinkla röret rätt. I vissa fall finns möjlighet att hissa ner rör genom toppen på kokaren, men detta är inget standardförfarande utan enbart möjligt då kunden monterat bort toppanslutningen på kokaren. Möjligheten finns också endast då travers eller telfer finns att tillgå vilket ställer krav på området runt kokaren. Andra krav på området kring kokaren är utrymmet för eventuellt kylrum och bottenfläktar och möjligheten att tillgå fräsch luft.

1.4.6 Värmedefinitioner

En del av problemet i kokaren är som nämnt hög temperatur. Uppvärmningen av luften och operatören sker på tre olika sätt.

Strålning

Strålningsvärme är elektromagnetisk strålning vilken uppkommer av atomernas värmerörelse. Således är strålningsvärme beroende av temperaturen och är noll vid absoluta nollpunkten. Strålningsvärmens överförs med ljusets hastighet och alla föremål avger strålningsvärme.

I en kokare uppkommer strålningsvärmens primärt från svetsen samt från väggen vilken får energi genom värmeledning. Strålningen påverkar operatören direkt.

Konvektion

Konvektion uppkommer då värme avges från ett fast material till ett material i flytande eller gasform. Man talar om naturlig konvektion då en gas eller fluid passerar ett fast föremål fritt och otvingat. Exempelvis luft som stiger uppåt vid en vägg. Motsatsen är tvingad konvektion som uppstår då gas eller fluid tvingas passera ett föremål vilket motsvarar att en fläkt blåser luft mot en vägg. Vid tvingad konvektion ökar värmeöverföringen.

I kokaren förekommer naturlig konvektion vid innerväggen. Konvektionen värmer således upp luften kring operatören och i sin tur operatören.

Ledning

Värme leds genom material i både fast, flytande och gasform. I flytande och gasform är ledningen möjlig tack vare att molekylerna krockar på grund av den okontrollerade rörelsen. I fast form är det möjligt tack vare vibrationer mellan molekylerna och transporten av fria elektroner.

I kokaren sker värmeledning i väggen och i luften. Värmeledningen i väggen ger som nämnt konvektion och följaktligen uppvärmd luft.

Det finns alltså mer än ett värmeproblem som måste lösas. I analysdelen diskuteras på vilket sätt de olika lösningarna tar hänsyn till och har möjlighet att påverka de olika värmetransportalternativen.

2 ARBETETS GENOMFÖRANDE

2.1 Arbetarskyddsstyrelsens rekommendationer

I Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1 997:2 ”Arbete i stark värme” finns tabellerade gränsvärden för vad som är rekommenderad arbetstemperatur. För att kunna avläsa en nivå för arbetet i kokaren måste vi först klassificera arbetet enligt någon av de klasser som finns i samma dokument. Den klass som stämmer bäst överens är aktivitetsklass 2, vars definition lyder som följer:

Kontinuerligt arbete med händer och armar, lätt verkstads-, byggnads- eller skogsarbete med kontinuerligt upprepade förändringar av kroppsläge (böjning, vridning m.m.), materialbearbetning med medeltunga verktyg. Detta omfattar, t.ex. spikning och filning, arbete med tryckluftshammare, montering och slipning av tungt material, krattning, frukt- och grönsaksplockning, att skjuta eller dra lättare kärror, körning av lastbil, traktor eller vägmaskin. Hastig promenad.

Tabell 1 från AFS 1 997:2 säger att lämplig arbetstemperatur för arbete i aktivitetsklass 2 med och utan värmeträning är mellan 28-26⁰C. Detta har varit riktmärket för beräkningarna i rapporten.

2.2 Övriga krav på utrustning

Det föreligger några krav på utrustningen som måste uppfyllas.

Ventilations- och kylutrustningen bör:

- inte förhindra operatörerna eller arbetet, dvs. inte vara i vägen eller föra onödigt oväsen
- vara lätt att montera upp och ner och transportera
- vara stryktåligt
- inte vara så aggressivt att det försämrar svetsresultatet, exempelvis att det blåser bort skyddsgasen vid svetsen
- om den kräver el inuti kokaren kunna köras på max 50 volt

2.3 Förslag till lösningar

De förslag som behandlats är uppdelade på 5 koncept. Dessa koncept innehåller även olika tillsatser vilka effektiviserar metoden. Vissa koncept behandlas betydligt mindre än andra då de i ett tidigt skede förkastas. Koncepten delas upp enligt följande:

- Traditionell ventilation med stor fläkt under kokaren med tillsats av
 - torpeder baserade på
 - eldrivna fläktar
 - ejektorer
 - utsugsfläkt i toppen av kokaren
 - skyddspanel i specialglas
 - kylsystem
- Genomgående ventilationsrör med diffusor (för större kokare) med tillsats av
 - torpeder baserade på
 - eldrivna fläktar
 - ejektorer
 - utsugsfläkt i toppen av kokaren
 - skyddspanel i specialglas
 - kylsystem
- Genomgående kylrör med fläkt under kokaren
- Avancerad personlig kyldräkt
- Integrerad ställning

2.3.1 Traditionell ventilation med stor fläkt under kokaren

Som nämnt förekommer ventilationen idag i form av en fläkt (\varnothing 0,7m) som placeras under bottenhålet på kokaren. Frisk luft dras då genom hela kokaren men med koncentration till centrum med tanke på att det är enda öppningen genom kokaren. Således blir varmluft och svetsgaser kvar längs sidorna. För att komma åt den smutsiga luften kan man ha en spridning av friskluften på varje utsatt plan. Detta är inga svårigheter i större kokare men i de mindre där centrumhålet kan vara så litet som \varnothing 0,5m finns inget utrymme för ventilationsrör med diffusorer och ej heller att ha fläktar på arbetsplanen.

2.3.2 Torpeder

För att komma till rätta med problemet kan en lösning tänkas vara att applicera fläktar i taket på varje utsatt arbetsplan. Dessa fläktar drar in varm och smutsig luft från väggen in till centrum där det stora luftflödet finns. Dessa takhängande fläktar har jag valt att kalla för torpeder. Transporten av luft kan ske på minst två olika sätt. De metoder jag studerat har dels varit med en ejektor och dels med vanliga fläktar i olika storlekar.

En ejektor drivs av tryckluft och därför behövs ingen extra ström in i kokaren vilket gör den enkel att driva. Nackdelen med tryckluften är att en extra kompressor behövs för att tillgodose behovet av tryckluft. Just driften av tryckluft och ejektorns konstruktion gör att den får en hög ljudnivå och därmed blir den mindre önskvärd bland operatörerna. Ejektorn faller således på den höga ljudnivån.

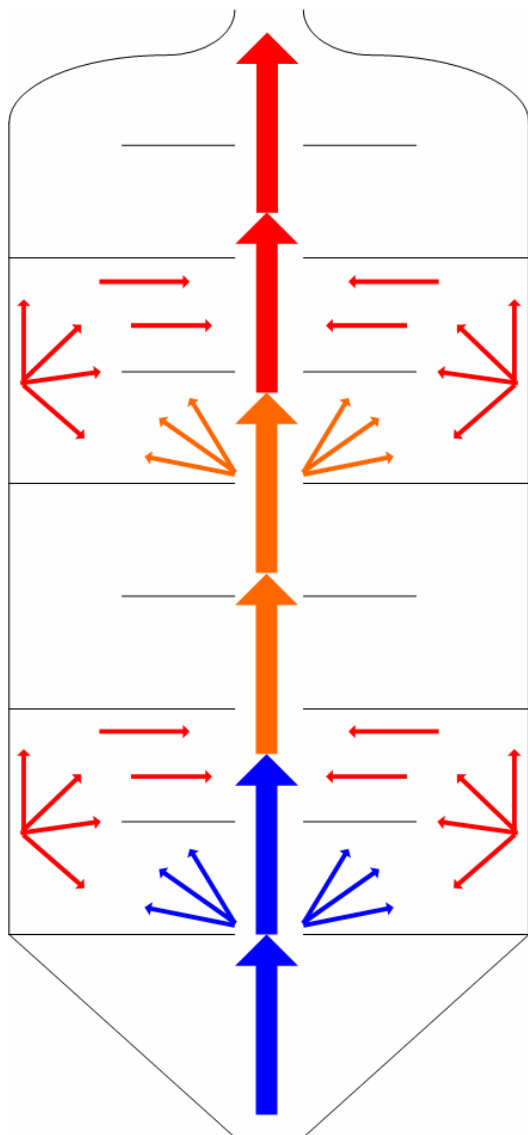
En mer konventionell lösning med att använda vanliga fläktar visar sig vara den bättre metoden för torpederna. Storleken på fläkten kan anpassas liksom längden på torpedkroppen. Torpeden behöver en kropp för att kunna monteras i taket och för att kunna ansluta avledningsslangar. En torped bör inte överstiga \varnothing 0,15m och inte vara längre än 0,3m. Detta för att få en lätttransporterad samt mer flexibel utrustning. Fläkten i en torped kan antingen vara \varnothing 0,15m och passa direkt i kroppen eller appliceras en större fläkt, \varnothing 0,3m, vinklad på så vis att bredden på kroppen blir 0,3m men höjden dvs. utsticket under taket blir samma som med den mindre fläkten, 0,15m. Utsticket är viktigt att hålla runt 0,15m för att inte få torpeden i vägen för operatörerna.

Figur 2-1 och 2-2 visar hur torpederna är tänkta att placeras och hur luften förväntas röra sig i ett plan. De stora svarta pilarna symboliserar torpederna och i vilken riktning de verkar. Det svarta strecket vid den tunna röda pilen vid kokarens insida representerar skyddsglasat, se kommande kapitel, och visar hur den är tänkt att fungera.

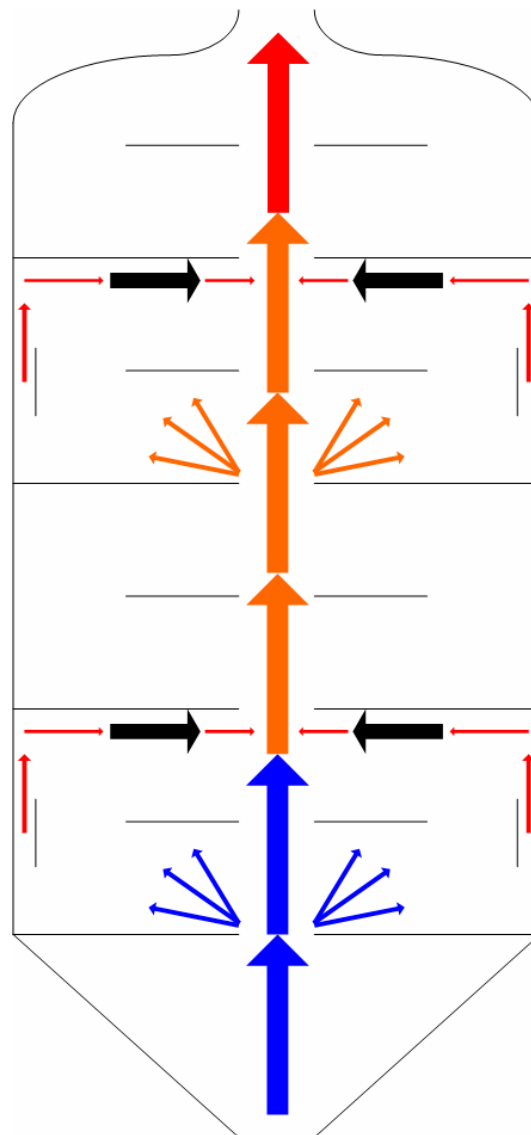
Vi ser att skyddspanelen tydligt dirigerar varmluften uppåt och minimerar på så vis spridningen in mot operatören. Luften går också snabbare vidare, vilket visserligen inte visas i bilderna, men får till följd att omgivningen inte värms upp lika fort. Den ökade hastigheten beror dels på att ventilationsluft pressar upp luften vid panelerna samt att den varma luften stiger snabbare av sig själv ju varmare den är.

Tekniken med torpeder behöver skyddspanelerna för att komma till sin fulla rätt och verkligen driva ut den varmaste luften snabbare.

Med tanke på att verkliga mätningar inte kunnat göras samt att önskade simuleringen uteblivit kan inte hastigheten på torpederna bestämmas exakt då jag inte vet hur mycket svetsgaserna påverkas. Därför är ett approximerat värde baserat på olika fläktspecar använt vid beräkningarna.



Figur 2-1 Kokare i dagsläget med bottenfläkt men utan torpeder och skyddspanel



Figur 2-2 Kokare utrustad med bottenfläkt, torpeder samt skyddspanel

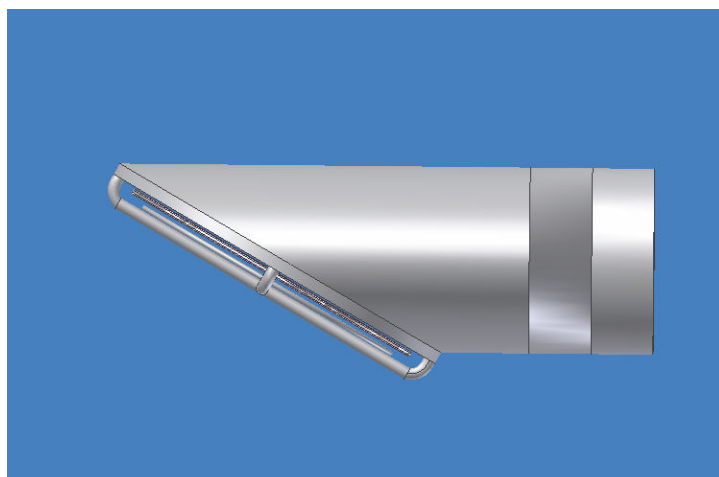
2.3.2.1 Elförsörjning av torpederna

En maxspänning på 50volt för elektrisk utrusning som används i kokare är ett krav vilket går att uppfyllas med torpederna. Tillräckliga fläktar har funnits vilka drivs med 24volt. Visuellt sett kommer dessa torpeder att seriekopplas, då varje torped kommer ha en honkontakt med väldigt kort skarvsladd samt en hankontakt med 1m kabel. Praktiskt sett så parallellkopplas torpederna och med en anslutning per arbetsplan blir strömmen rimlig för att kunna använda en transformator per anslutning. Alltså kan 4-8 torpeder användas per arbetsplan med endast en anslutning dvs. en kabel från transformatorn till arbetsplanet. Transformatorerna är förslagsvis switchade för storleken och ekonomins skull. Kopplingarna är överallt till torpederna av samma typ som idag används till belysningen i kokarna. Detta för att enklare kunna hålla med reservdelar till ett enhetligt elsystem. Kontakter och kablar blir även något överdimensionerade för säkerhetsskull. Mer detaljer om elsystemet finns i den ekonomiska delen av rapporten.

Den variant som jag tycker är att föredra visas i figur 2-3 och 2-4 nedan. Modellen är med en fläkt med $\varnothing 0,3$ m vilken är vinklad för att passa ett ovallt rör med minsta $\varnothing 0,15$ m vilket är skarvat med ett $\varnothing 0,15$ m rör.



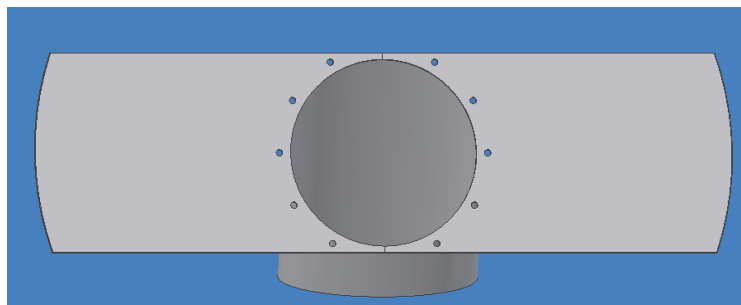
Figur 2-1 Torped sedd från sidan



Figur 2-2 Torped sedd underifrån

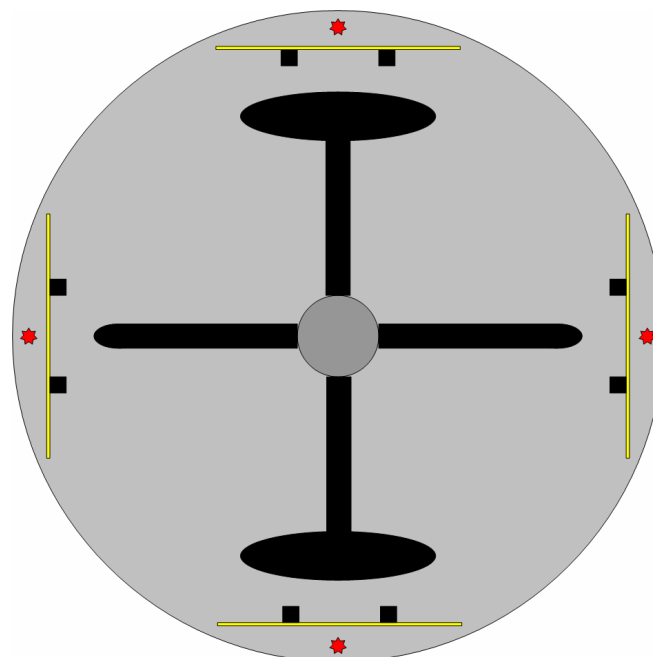
2.3.2.2 Tillägg till torpeder

För att få torpeden att dra i sig så mycket av den varma luften som möjligt kan man behöva koncentrera suget och varmluften ytterligare. Med hjälp av en krage, se figur 2-5, på torpeden fångar den upp luften bättre i bredd och minskar intaget av relativt bra luft vilken finns längs med torpeden. Varmluften som möter kragen fångas upp av det sug som finns längs hela kragen. En enkel variant visas i bilderna nedan. Kragen kan antingen sitta fastmonterad på torpeden permanent eller sitta med två vingmuttrar per sida och på så vis vara enkel att avlägsna vid transport.



Figur 2-3 Kragen monterad på en torpedkropp utan fläkt sedd underifrån

För att förbättra situationen för de operatörer som befinner sig på det andra arbetsplanet kan ett filter monteras in i torpeden. Detta skulle minska spridningen av skadliga svetsgaser. Ett filter i en kommersiell punktutsug motsvarande en torped är i storleksordningen 35m^3 vilket kräver en hel del utrymme. Utrymme som inte finns i torpeden. Skulle torpeden byggas med filter skulle den fått omdimensioneras och förmodligen blivit mindre smidig och hamna långt ifrån önskade krav om enkelhet, stryktålighet och att inte vara i vägen.



Figur 2-4 Placering av torpeder sett ovanifrån

Figur 2-6 visar hur torpederna är tänkt att placeras i förhållande till svetsarna. Den röda stjärnan symboliserar svetshuvudet, den gula skivan motsvarar skyddspanelen monterad på stativet, de svarta kvadraterna. De långa svarta strecken motsvarar torpederna med tillkopplad slang för avledning av varmluften till centrum av kokaren. Beroende på hur högt man svetsar i arbetsplanet kan avståndet mellan torpeden och väggen justeras för att då svetsningen sker nära golvet vara kort till att bli lite längre då svetsning sker högre upp. Detta för att inte suga ut skyddsgasen. Två av torpederna har även utrustats med krage för att effektivare ta upp den varma och smutsiga luften.

³ Nederman

2.3.2.3 Termodynamik vid bruk av torpeder

2.3.2.4 Förutsättningar för termodynamiska beräkningar

Värdena för både bottenfläkten och torpedfläktarna är approximerade med utgångspunkt från värden från olika fläktleverantörer. Dessa värden korrigeras senare i kapitlet för att optimera utrustningen. Detta i kombination med enkla formler och förenklade geometrier samt att beräkningarna bortser från den värme som lagras i och utstrålas från väggarna gör beräkningarna till endast en fingervisning och inte exakta värden.

Den energi som genereras av varje svetsmaskin är 13kW. Ett segment är en fjärdedel av ett svetsplan och värms således upp av den effekten. Massflödet i ett segment är en fjärdedel av det totala massflödet genom kokaren. Dock ökar massflödet för hela systemet med torpeder.

$$C_p = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$T = ^\circ C$$

$$\dot{V} = \frac{m^3}{tim}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V} \cdot \rho}{3600} = \frac{kg}{s} \quad [1]$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T = kW \quad [2]$$

$$\dot{V}_v = 10,000 (= 2,77 m^3 / s) = \text{volymflöde för ventilationsfläkten}$$

$$\dot{V}_{t,14} = 420 (= 0,12 m^3 / s) = \text{volymflöde för torped med 14cm diameter}$$

$$\dot{V}_{t,30} = 1,200 (= 0,33 m^3 / s) = \text{volymflöde för torped med 30cm diameter}$$

$$\dot{m}_v = 3,33 \text{ massflödet från ventilationsfläkten i botten på kokaren}$$

$$\dot{m}_{1/4} = 0,83 \text{ den del av massflödet som kan nyttjas i varje segment}$$

$$\dot{m}_{t,14} = 0,144 \text{ massflödet producerat av en torped med 14cm diameter fläkt}$$

$$\dot{m}_{t,30} = 0,396 \text{ massflödet producerat av en torped med 30cm diameter fläkt}$$

$$\dot{Q}_t = \text{total värmeöverföring i systemet}$$

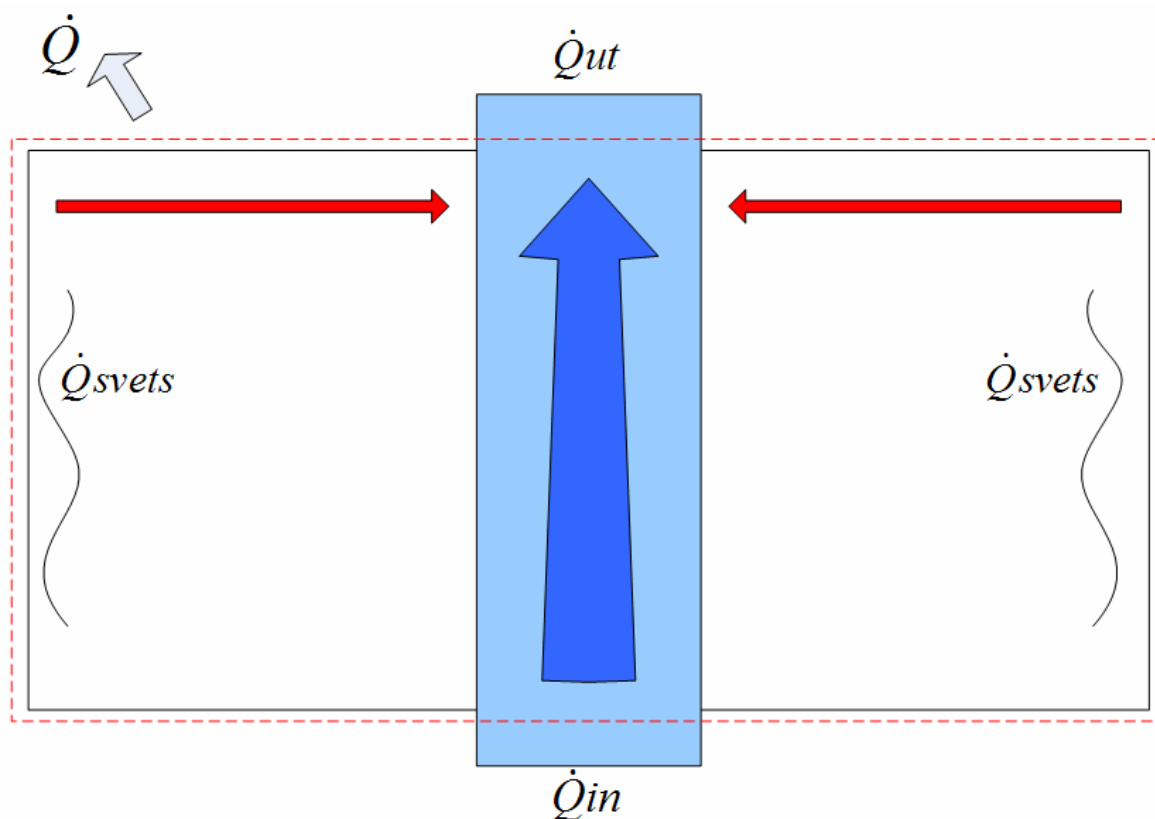
$$\dot{Q}_{svets} = 13kW \text{ värmeöverföringen från en svets}$$

$$\dot{Q}_{svets\ total} = 104kW \text{ totala värmeöverföringen för alla svetsar i systemet}$$

$$\dot{Q}_{kylning} = \text{kylenergi}$$

\dot{Q}_{in} = energin vid inflödet till systemet

\dot{Q}_{ut} = energin vid utflödet ur systemet



Figur 2-5 Principen för energiflöden med segment som kontrollvolym

Figur 2-7 visar hur energierna är tänkta att påverka systemet. Kontrollvolymen, röstreckad, motsvarar ett segment i en kokare med gränser vid väggen, taket och golvet. Systemet har ett inlopp och ett utlopp vilket visas med den blå pilen. Pilen visar även hur friskluften vandrar i kokaren. De röda pilarna visar hur varmluften drar sig mot utloppet i segmentet. De svarta vågformade strecken motsvarar svetsgaserna som stiger uppåt. Kokarens yttervägg kan räknas som isolerad. Taket och golvet är inte isolerat men påverkar inte nämnvärt så de ses även de som isolerade.

2.3.2.5 För ett system med hela kokaren som kontrollvolym

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{svetstotal} \quad [3]$$

$$\dot{Q}_{kylning} = \dot{Q}_{ut} - \dot{Q}_{in} = \dot{m}_v \cdot C_p \cdot (T_{ut} - T_{in}) = \dot{m}_v \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [4]$$

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{kylning} \quad [5]$$

Till en början konstateras att [3] då svetsmaskinerna är de källor som tillför värme/energi till systemet. Vidare ansätts [4]. Ändringar i massflödet eller intemperaturen ger således ändringar i kylenergin. Med [5] och fixering av massflödet ges temperaturdifferensen och vid uppskattad inluftstemperatur ges utluftstemperaturen. Alltså kan man ta reda på vilken inluftstemperatur som behövs vid ett visst massflöde. Omvänt kan man med andra ord få en översikt i hur mycket luft man behöver omsätta vid en viss temperaturdifferens.

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{svetstotal} = 104kW \quad [6]$$

$$\dot{Q}_{kylning} = \dot{Q}_t = 104kW \quad [7]$$

$$\frac{\dot{Q}_{kylning}}{\dot{m} \cdot C_p} = \frac{104}{3,33 \cdot 1,005} = 31,08^\circ C \quad [8]$$

[7] insatt i [2] ger efter vidareutveckling [8]. Med givna data blir alltså temperaturskillnaden 31, 08°C mellan in- och utluften. Med dessa data kan följande tabell upprättas, förutsatt att utluftstemperaturen är den luften man avser som arbetstemperatur för operatören på det varmaste stället i kokaren.

T, Inluft	ΔT	T, arbetstemperatur
-10	31,08	21,08
-5	31,08	26,08
0	31,08	31,08
5	31,08	36,08
10	31,08	41,08
15	31,08	46,08
20	31,08	51,08
25	31,08	56,08
30	31,08	61,08
35	31,08	66,08

Tabell 2-1 Arbetstemperaturen vid given intemperatur och temperaturdifferens

Vi ser att för att kunna få en bekväm arbetstemperatur måste vi med detta system ha en väldigt kall inluft.

2.3.2.6 För ett system med ett segment som kontrollvolym

Vi sätter här [9] då endast en svetsmaskin tillför värme/energi till systemet. Även här ansätts [10] men med ändringen att $\dot{m}_v \rightarrow \dot{m}_{1/4}$ och med möjligheten att addera \dot{m}_t . Detta i fallet där torpeder används för att snabbare avleda varmluft.

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{svets} \quad [9]$$

$$\dot{Q}_{ky\ln ing} = \dot{Q}_{ut} - \dot{Q}_{in} \quad [10]$$

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{svets} = 13kW \quad [11]$$

$$\dot{Q}_{ky\ln ing} = \dot{Q}_t = 13kW \quad [12]$$

[12] insatt i [2] för värmeöverföring ger efter vidareutveckling

$$\frac{\dot{Q}_{ky\ln ing}}{\dot{m}_{1/4} \cdot C_p} = \frac{13}{0,83 \cdot 1,005} = 15,58^\circ C \quad [13]$$

Vi ser alltså att temperaturen i varje segment höjs med 15, 58°C i det ordinära fallet med enbart ventilationsfläkt i botten på kokaren.

I fallet med en torped i varje segment blir resultatet följande, beroende på storleken på torped.

Med en torped med fläktdiametern 14cm blir ΔT [14] med 30cm [15].

$$\frac{\dot{Q}_{ky\ln ing}}{(\dot{m}_{1/4} + \dot{m}_{t,14}) \cdot C_p} = \frac{13}{(0,83 + 0,14) \cdot 1,005} = 13,34^\circ C \quad [14]$$

$$\frac{\dot{Q}_{ky\ln ing}}{(\dot{m}_{1/4} + \dot{m}_{t,30}) \cdot C_p} = \frac{13}{(0,83 + 0,396) \cdot 1,005} = 10,55^\circ C \quad [15]$$

Vi ser att vi tydligt kan sänka temperaturdifferensen genom att använda torpeder i segmenten, jämför [13] och [15]. Uppräknat på hela kokaren blir temperaturdifferensen [16] med mindre torpeder och [17] med större.

$$\frac{13 \cdot 8}{(4 \cdot 0,83 + 8 \cdot 0,14) \cdot 1,005} = 22,31^\circ C \quad [16]$$

$$\frac{13 \cdot 8}{(4 \cdot 0,83 + 8 \cdot 0,396) \cdot 1,005} = 15,95^\circ C \quad [17]$$

Med andra ord kan man vinna mycket i att använda torpeder för snabbare transport av varmluften, jämför [8] och [17]. Man kan med torpederna använda sig av en högre inluftstemperatur och få samma arbetstemperatur.

En temperaturdifferenstabell kan nu se ut enligt följande

T, Inluft	ΔT	T, arbetstemperatur
-10	22,31	12,31
-5	22,31	17,31
0	22,31	22,31
5	22,31	27,31
10	22,31	32,31
15	22,31	37,31
20	22,31	42,31
25	22,31	47,31
30	22,31	52,31
35	22,31	57,31

Tabell 2-2 Arbetstemperatur med mindre torpeder

T, Inluft	ΔT	T, arbetstemperatur
-10	15,95	5,95
-5	15,95	10,95
0	15,95	15,95
5	15,95	20,95
10	15,95	25,95
15	15,95	30,95
20	15,95	35,95
25	15,95	40,95
30	15,95	45,95
35	15,95	50,95

Tabell 2-3 Arbetstemperatur med större torpeder

Vi ser att vi tydligt sänker arbetstemperaturen genom att tillföra torpederna, i synnerhet i fallet med de större torpederna.

2.3.2.7 Balans mellan temperaturdifferens och volymflöde

För att få ett diagram över hur man kan balansera \dot{V} [m³/h] mot ΔT måste vi ta fram en tabell för hur \dot{V} kan varieras för att uppnå lämpliga arbetstemperaturer då inluftstemperaturen är definierad. Tabellen avser användandet av en svetsutrustning, 13kW.

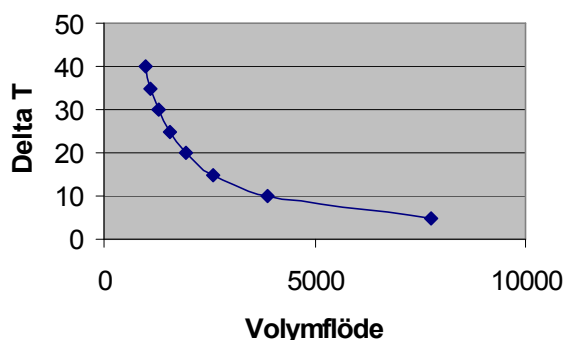
Vi utför liknande beräkningar men utvecklat till [18]

$$\frac{\dot{Q}_{svets}}{\Delta T \cdot C_p \cdot \rho} \cdot 3600 = \dot{V} \quad [18]$$

Med hela kokaren som kontrollvolym ges följande volymflöden från varierad temperaturdifferens.

ΔT	\dot{V}
5	7761
10	3881
15	2587
20	1940
25	1552
30	1294
35	1109
40	970

Tabell 2-4 Volymflödet vid viss temperaturdifferens



Graf 2-1 Volymflödet som funktion av temperaturdifferensen

Tabellen visar vilket volymflöde som krävs för att uppnå en viss temperaturdifferens. Är således inluftstemperaturen känd kan vi ta fram arbetstemperaturen. Alltså kan en önskad arbetstemperatur och erforderligt volymflöde enkelt tas fram.

Vid användning av flera svetsmaskiner multipliceras volymflödet med antalet maskiner för att bibehålla ΔT .

Vid svetsning på två plan blir arbetstemperaturen på det andra svetsplanet summan av ΔT för de båda planen.

2.3.2.8 Arbetstemperatur på de olika svetsplanen

Inluftstemperaturen på första svetsplanet skiljer sig med ΔT_i till inluftstemperaturen på andra svetsplanet. Arbetstemperaturen på första planet motsvarar inluftstemperaturen på andra planet. Alltså kan vi sätta [19]. Vi tar fram ΔT_1 genom användning av [2] på ett svetsplan med [20] samt de tre fallen med enbart ventilationsfläkt [21], med mindre torpeder [22] respektive större torpeder [23].

$$\Delta T_i = T_{1,ut} - T_{1,in} = \Delta T_1 \quad [19]$$

$$\dot{Q}_{kylning} = 4 \cdot \dot{Q}_{svets} = 52 kW \quad [20]$$

$$\frac{\dot{Q}_{kylning}}{\dot{m} \cdot C_p} = \frac{52}{3,33 \cdot 1,005} = 14,87^\circ C \quad [21]$$

$$\frac{\dot{Q}_{kylning}}{(\dot{m} + \dot{m}_{t,14}) \cdot C_p} = \frac{52}{(3,33 + 4 \cdot 0,14) \cdot 1,005} = 13,30^\circ C \quad [22]$$

$$\frac{\dot{Q}_{kylning}}{(\dot{m} + \dot{m}_{t,30}) \cdot C_p} = \frac{52}{(3,33 + 4 \cdot 0,396) \cdot 1,005} = 10,53^\circ C \quad [23]$$

Vi ser här att temperaturhöjningen i fallet med bara ventilationsfläkt [21] blir 14, 87°C, med fyra mindre torpeder per plan [22] 13, 30°C samt med fyra större torpeder per plan [23] 10, 53°C. En tydlig förbättring då fyra större torpeder används alltså. Arbetstemperaturerna för de båda planen listade efter inluftstemperatur återfinns i tabellerna 2-5 till 2-7.

T, Inluft	T1, arbetstemperatur	T2, arbetstemperatur
-10	4,87	19,74
-5	9,87	24,74
0	14,87	29,74
5	19,87	34,74
10	24,87	39,74
15	29,87	44,74
20	34,87	49,74
25	39,87	54,74
30	44,87	59,74
35	49,87	64,74

Tabell 2-5 Arbetstemperaturen på de olika planen med endast ventilationsfläkt

T, Inluft	T1, arbetstemperatur	T2, arbetstemperatur
-10	3,3	16,6
-5	8,3	21,6
0	13,3	26,6
5	18,3	31,6
10	23,3	36,6
15	28,3	41,6
20	33,3	46,6
25	38,3	51,6
30	43,3	56,6
35	48,3	61,6

Tabell 2-6 Arbetstemperaturen på de olika planen med mindre torpeder

T, Inluft	T1, arbetstemperatur	T2, arbetstemperatur
-10	0,53	11,06
-5	5,53	16,06
0	10,53	21,06
5	15,53	26,06
10	20,53	31,06
15	25,53	36,06
20	30,53	41,06
25	35,53	46,06
30	40,53	51,06
35	45,53	56,06

Tabell 2-7 Arbetstemperaturen på de olika planen med stora torpeder

Vi ser här att bäst balans mellan arbetsplanen nås vid användandet av större torpeder och med en inluft på 10⁰ C. Önskvärt är då att kylsystemet kan leverera luft med 10⁰ C oberoende av arbetsplats och förutsättningar.

2.3.2.9 Dimensionering

Värdena på fläktarna ovan är som nämnt approximerade från olika tillverkares specar av fläktar för dylika ändamål och definierade för att klara ventilationskraven. Efter de termodynamiska beräkningarna kan vi verifiera att värdena är realistiska ur aspekten att klara av ventilationen. Vad som dock behöver kontrolleras är vilka lufthastigheter dessa flöden ger upphov till och hur de kan tänkas påverka omgivningen i kokaren. Som referens används Beauforts skala vilken ger bra beskrivningar om hur olika lufthastigheter påverkar omgivningen. Lämplig vindstyrka att arbeta i kan tänkas vara 3-6 m/s vilket enligt Beauforts tabell är starkt nog att sträcka en vimpel, lyfta en flagga och få tunna kvistar att röra sig. Denna nivå torde vara fullt acceptabel att arbeta i.

För att ta reda på korrigeringen för massflödet beräknas lufthastigheten för ett centrumhål om $\emptyset 0,5$ m till att börja med. [24] motsvarar arean för centrumhålet i minsta fallet med $\emptyset 0,5$ m förutsatt ett cirkulärt hål.

$$a_{0,5} = 0,196m^2 \quad [24]$$

$$v_i = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot a_{0,5}} = \frac{3,33}{1,2 \cdot 0,196} = 14,13m/s \quad [25]$$

Hastigheten [25] är betydligt högre än önskat och vi beräknar det nya massflödet [26] genom att vända på formeln och använda oss av önskad lufthastighet, max 6m/s.

$$\dot{m} = v_i \cdot \rho \cdot a_{0,5} = 6 \cdot 1,2 \cdot 0,196 = 1,4kg/s \quad [26]$$

Vi ser att högsta användbara massflöde är 1,4kg/s. Bottenfläkten bör därför inte gå på fullvarv. Torpederna i sin tur har ett något blygsammare massflöde och hastigheten beräknas enligt [28]. [27] motsvarar arean för en slang med $\emptyset 0,2$ m kopplad till torped med valfri storlek.

$$a_t = 0,0314m^2 \quad [27]$$

$$v_t = \frac{\dot{m}_{t,30}}{\rho \cdot a_t} = \frac{0,396}{1,2 \cdot 0,0314} = 10,5m/s \quad [28]$$

För att upprätthålla de tabeller som tagits fram i de termodynamiska beräkningarna bör det totala massflödet vara oförändrat [29]. Vi får alltså att det korrigerade värdet för bottenfläkten bör paras med ett nytt värde för torpederna. Vi räknar ut det nya värdet på torpederna [30].

$$3,33 + 8 \cdot 0,396 = 6,498kg/s \quad [29]$$

$$1,4 + 8 \cdot \dot{m}_{t,korr} = 6,498kg/s \rightarrow \dot{m}_{t,korr} = 0,64kg/s \quad [30]$$

Torpederna måste alltså öka i massflöde till 0,64kg/s [30] för att upprätthålla flödet och således temperaturen i kokaren. Vi räknar ut lufthastigheten [31] i slangen och ser om de klarar av det höjda massflödet.

$$v_{t,korr} = \frac{\dot{m}_{t,korr}}{\rho \cdot a_t} = \frac{0,64}{1,2 \cdot 0,0314} = 16,99m/s \quad [31]$$

Rekommendationer från tillverkare⁴ av punktutsugsutrustning är att hastigheten i utsugarslangen bör vara minst 10-12m/s för rök och 15-20m/s för damm för att undvika tryckförluster och stoftavlagringar. Med dessa kriterier ser vi att 17m/s är helt acceptabelt. Värdet är som sagt för en punktutsug och torpederna är dimensionerade för ett något större ändamål vilket innefattar ventilation. Vad gäller torpedens påverkan på svetsgasen kan tänkas att torpeden får kopplas ur när svetsen är som närmst alternativt placeras torpeden något vid sidan av svetsen.

2.3.3 Toppsug

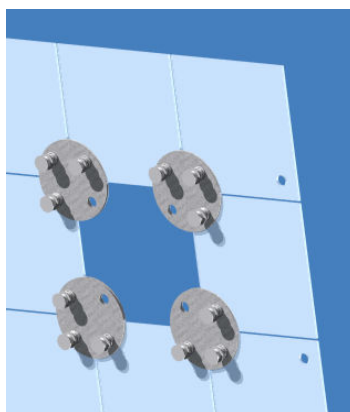
Att använda sig av en fläkt i toppen på kokaren som drar ut luften är ett bra sätt att bibehålla flödet. Med bara fläkten i botten stoppas flödet successivt vid varje plan och i toppen på kokaren har massflödet i praktiken minskat. Ett bidrag från torpederna är välkommet som en extra skjuts på luften och allra bäst blir det med en kompletterande fläkt i toppen på kokaren alternativt i en manlucka ovanför översta svetsplanet. Att mäta hur mycket luften bromsas vid varje plan eller ännu hellre storleken på massflödet i toppen på kokaren har inte varit möjligt under den avsatta tiden då ingen kokare har funnits att tillgå. Att räkna på ett sådant system har heller inte varit möjligt på ett enkelt sätt. I teorin skulle en fläkt i toppen inte tillföra någonting om den kördes på samma hastighet som den i botten med tanke på att kokaren ses som en volym och flödet in måste vara lika stort som flödet ut för att inte bygga upp ett tryck i kokaren. Om däremot fläkten i toppen går snabbare än den i botten bildas ett undertryck, vakuum, i kokaren vilket hjälper till att dra ut luften. Hastigheten på toppfläkten bör dock inte vara mycket högre än på fläkten i botten då den genomgående luftströmmens hastighet blir för hög. Förslaget är att sänka hastigheten något på bottenfläkten för att inte störa svetsningen och ha en marginellt högre hastighet på toppfläkten just för att åstadkomma ett undertryck. Hastigheten på bottenfläkten bör inte sänkas för mycket då det är viktigt att få in frisk luft. Skillnaden i hastighet mellan topp- och bottenfläkt kommer således att vara liten men märkbar. Toppfläkten kan naturligtvis ersättas av flera mindre fläktar placerade i manhål ovanför översta svetsplanet förutsatt att totala flödet blir detsamma.

⁴ www.Eurovac.se

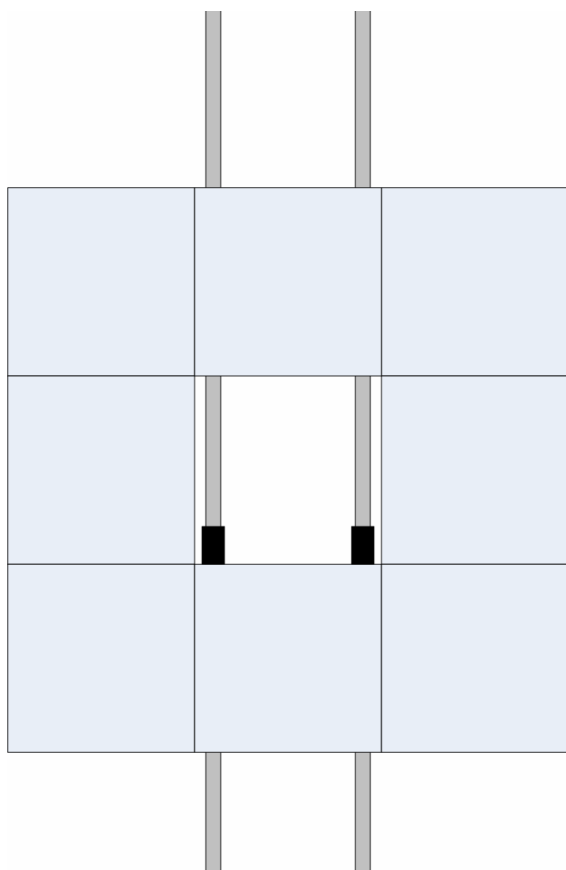
2.3.4 Skyddspanel i specialglas

För att koncentrera den varma luften som bildas vid svetsen till väggen så att den stiger upp till torpederna och inte in mot arbetaren kan en skyddspanel monteras på svetsutrustningen. Panelen bygger likt en ram runt hela svetsen. Panelen består förslagsvis av lexan, glasliknande material, vilket är slagttåligt och tål hög värme samt har en skyddande effekt mot UV-strålningen från svetsen. Panelen skyddar även för den direkta värmestrålningen från svetsen. En panel måste dock vara flexibel och lätt att montera upp och ner för att inte vara i vägen vid trådbyten och svetshuvudbyten. Detta har beaktats och resulterat i några olika förslag om hur panelen kan designas. Panelerna kan vara antingen kvadratiska eller rektangulära, men en kvadratisk form är att föredra då de är lättare att hantera. Generellt tillverkas först en ram som fästs på svetsutrustningen och på ramen finns fjädrade huvlås, se figur 2-8, för att fästa panelerna med. Panelerna har hål i hörnen alternativt på långsidorna om panelerna är rektangulära. Panelerna måste dimensioneras för vilken typ av kokare de används i. Mindre kokare har mindre radie samt begränsat utrymme att transportera panelerna på. Största minstamåttet på en panel blir således <math><0,5\text{ m}</math> för att kunna transporteras i centrumhålet på kokaren. Även manluckorna in i kokaren sätter begränsningar och ett andra minstamått blir <math><0,6\text{ m}</math> för att kunna få in panelerna i kokaren. Med andra ord är det i små kokare <math><0,5\text{ m}</math> som gäller och i de större kokarna med gott om plats inuti är det manhålerna som sätter gränserna.

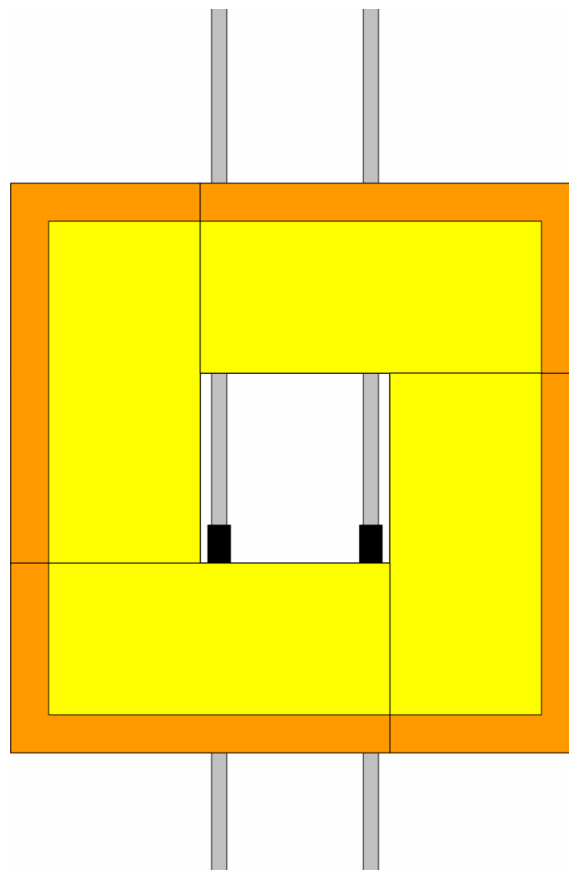
Figur 2-8 visar hur infästningen är tänkt att se ut. Panelerna fästs i cirkulära fixturer som håller panelen på plats dels genom passform men också genom ett fjädrat huvlås. Fixturen i sin tur är fäst på en ram som sitter runt svetsapparatkroppen vid stativet, antingen framför eller bakom. Panelerna sitter alltså alltid runt svetsen och följer med när stativet rör sig. Med tanke på att kokarens vägg är rund måste panelen sitta en bit in från väggen eller vara lätt vinklad. Vinklingen är enkel att åstadkomma med de kvadratiska panelerna men kan även designas med kvadratiska paneler i topp och botten men rektangulära på sidorna. Dessa rektangulära paneler kan antingen mäta hela vägen från toppen till botten, men blir då väldigt långa, eller så mäter de halva höjden och det behövs då två rektangulära på varje sida. Figur 2-9 visar kvadratiska paneler med måtten 0,5 x 0,5 m och är ovinklade. Vyn är från väggen och i mitten finns svetsen och täcker upp större delen av utrymmet. Figur 2-10 visar en möjlig infästning med rektangulära paneler. Det orangea visar paneler med måtten 0,5 x 1,0 m och det gula visar något mindre paneler med måtten 0,4 x 0,9 m. Denna placering är möjlig då ramen inte är vinklad.



Figur 2-6 Infästning av paneler



Figur 2-7 Rektangulära paneler



Figur 2-8 Rektangulära paneler

Ett förslag är som nämnt att tillverka panelerna i Lexan vilket har en densitet på $1,2 \text{ g/cm}^2$ för en skiva som är 1,5cm tjock. Vikten på en panel skulle då bli enligt tabellen nedan.

Geometri	Tjocklek (cm)	Storlek (cm)	Vikt (kg)
Kvadratisk	1,5	50x50	3,75
Rektangulär	1,5	40x90	5,4
Rektangulär	1,5	50x100	7,5

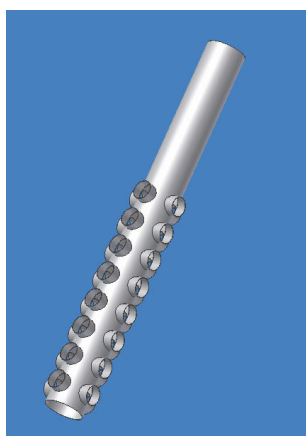
Tabell 2-8 Vikten för olika Lexanpaneler

2.3.5 Genomgående ventilationsrör

I de kokare där plats finnes installeras med fördel ett ventilationsrörssystem vilket löper från en fläkt under kokaren upp genom och ut i toppen av kokaren. Dessa rör transporterar antingen friskluft och sprider en del av denna på de aktuella planen genom diffusorer eller företrädesvis avlägsnas den varma luften och minskar på så sätt spridningen av den varma och smutsiga luften. Vid tillräckligt utrymme kan mer än ett rör användas och då kan ett frisklufts rör och ett varmlufts rör användas. I riktigt stora kokare kan fler eller större rör användas för att tillgodose behoven.

Den smutsiga luften matas in i rören via torpederna. Med denna metod minimeras spridningen av dålig luft och en bättre arbetsmiljö kan enklare åstadkommas. Dock är som sagt rikligt med utrymme ett krav. Lämpliga rör att använda är Spiro-rör. Spiro-rör är tillverkade av varmförzinkad stålplåt och är godkända att användas för ventilation. Dessa är enkla att montera samt tillräckligt stryktåliga och robusta för uppgiften samt tål även en viss kyla och värmeutveckling. Det finns även mängder av färdiga skarvar att utnyttja till dessa rör varpå det är lätt att utöka systemet med standarddelar och lätt att hitta reservdelar om det skulle behövas. En lämplig dimension på rören är $\varnothing 0,3\text{m}$. Mindre rör är ej att rekommendera då lufthastigheten i dessa blir allt för hög. I de största kokarna finns möjlighet till betydligt större rör men större än $\varnothing 0,6\text{m}$ bör man inte använda då de blir svåra att hantera.

För att sprida friskluften på de aktuella planen kan antingen en enkel diffusering med hjälp av tappar på ventilationsröret, se figur 2-11, användas och på vilka rör kan anslutas för att ytterligare styra ventilationen vid behov. Dessa tappar sprider i fyra olika riktningar med 90° mellan varje. Används ventilationsrör med betydligt större diameter än $0,3\text{m}$ är det möjligt att ha flera tappar och därmed uppnå en mer homogen spridning i planet.



Figur 2-9 Perforerat rör som diffusor

Med samma bottenfläkt och massflöde som vid beräkningarna med torpederna kan hastigheten i tapparna bestämmas och även hastigheten i rören med den varma luften. Hastigheten i varje tapp bör vara mellan $3\text{-}6\text{ m/s}$ för att ge ett lämpligt flöde in mot operatören. Ett för högt flöde får negativ effekt och värdet $3\text{-}6\text{ m/s}$ är enligt Beauforts⁵ skala måttlig vind och är stark nog till att få en flagga att lyfta. För att hitta ett lämpligt antal tappar divideras halva totala massflödet i ventilationsröret, hälften av massflödet är tänkt att gå till första planet och andra hälften till det andra, med varierat antal tappar tills lämplig hastighet uppnåtts.

$$\rho = 1,2\text{kg} / \text{m}^3 \text{ densitet}$$

⁵ www.wikipedia.se

$\dot{m}_v = 3,33 \text{ kg} / \text{s}$ massflödet från ventilationsfläkten i botten på kokaren

$a_{0,30} = 0,07 \text{ m}^2$ arean på spiro-rör med $\varnothing 0, 3 \text{ m}$

$a_t = 0,00785 \text{ m}^2$ arean på en tapp med $\varnothing 0, 1 \text{ m}$

$v_t = \text{m} / \text{s}$ hastigheten i en tapp

Provar först med 4 tappar [32] sedan med 32st tappar [33].

$$v_t = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot a} = \frac{3,33}{2 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 0,00785} = 44,2 \text{ m} / \text{s} \quad [32]$$

$$v_t = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot a} = \frac{3,33}{2 \cdot 1,2 \cdot 32 \cdot 0,00785} = 5,5 \text{ m} / \text{s} \quad [33]$$

5, 5 m/s är inom ramen för vad som är godkänt och således måste minst 32st tappar användas. Används spiro-rör i storleken $\varnothing 0, 3 \text{ m}$ placeras tapparna i fyra riktningar och åtta till antalet på höjden. Om första omgången med tappar placeras precis ovanför arbetsplanets golv så kommer den översta omgången tappar placeras på observationsplanet. Detta ger en bra spridning på ventilationen i höjddled samt en inte alltför aggressiv luftström mot operatören. Luftströmmen kan i sin tur mildras och diffuseras ytterligare en gång till genom att fästa en liten kåpa på tappen, dock är detta sämre ur spridningssynpunkt då friskluften koncentreras kring ventilationsröret. Används inte kåpa bör kanten på tappen vara klädd med en gummilist för att inte vara ett riskmoment då den kan vara vass.

Hastigheten i varmlufts-röret kan beräknas på liknande sätt, [34]. Massflödet från samtliga torpeder adderas och hastigheten beräknas sedan efter dimensionen på transportröret vilket inte bör vara mindre än $\varnothing 0, 3 \text{ m}$ spiro-rör. Antalet torpeder sätts i grundläget till 8, 4 på varje arbetsplan.

$\dot{m}_{t,30} = 0,396$ massflödet producerat av en torped med $\varnothing 0, 3 \text{ m}$ fläkt

$\dot{m}_T = 0,396 * 8 = 3,168$ massflödet producerat av 8 torpeder

$a_{0,30} = 0,07 \text{ m}^2$ arean på spiro-rör med $\varnothing 0, 3 \text{ m}$

$$v_T = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot a} = \frac{3,168}{1,2 \cdot 0,07} = 34,3 \text{ m} / \text{s} \quad [34]$$

Rören för uttransport av varmluften saknar alltså fläkt och använder sig helt av det flöde torpederna producerar. Således bestämmer torpederna hastigheten i rören.

I större kokare som tillåter större ventilationsrör är också sannolikheten stor att man har fler svetsar på ett arbetsplan. Följaktligen används också fler torpeder för att transportera luften. Naturligtvis kan även fler torpeder användas även om antalet svetsar är mindre, dock blir utrymmet också mindre och beräkningsmässigt räcker en torped per svets.

Utsuget kan även konstrueras med en fläkt som suger i toppen med kanaler ner i arbetsplanen. Principen är densamma att luften dras från arbetsplanen och från dess ytterkant uppåt och ut ur kokaren.

2.3.6 Integrerad ställning

Ett önskemål från personalen är en egen ställning som följer med till alla kokarpåsvetsningar. Detta hade underlättat radikalt då delar av systemet skulle kunna integreras i ställningen och på så sätt underlätta montering och samtidigt säkerställa ventilationskraven. Man kan även optimera arbetsplanen för luftflöden med ventilationshål och genomföringsmöjligheter för luftkanaler. Ställningen kunde anpassas direkt efter Uddcombs behov både vad gäller ventilation och svetsarbeten. De krav som finns måste dock fortfarande uppfyllas och ställningen får inte bli mer klumpig och i vägen utan fungera med finesse. Att använda sig av ett befintligt ställningssystem kan vara en fördel då det är tal om modifiering och tillägg till ställningen. Dock kommer man lite i samma sits som idag med delar som sitter utanpå ställningen och kan vara i vägen. Förslaget är då istället att man utvecklar sina egna ställningar och ställningsplan helt och hållet. Man dimensionerar ställningen efter det som är tänkt att rymmas i rören och gör nödvändiga kontakter för enkel anslutning på rören. Planen bör förses med lämpliga diffusorer som sprider friskluften på ett vettigt sätt i segmenten samt även för upptagning av varmluft.

Att utveckla en ny ställning kan och bör göras från grunden med hållfasthetsanalyser och studier av aktuella ställningar för att få optimalt resultat. Denna rapport bör i sammanhanget ses som en problemanalys och ger inte möjlighet till dels studier av befintliga system samt tiden som krävs för att dimensionera ett nytt system. Idén om ett integrerat ställningssystem är därför en bra bas för ett nytt examensarbete.

2.3.7 Skydds- och friskluftsdräkt

Ett alternativ till att förbättra arbetsmiljön för operatörerna är att förbättra deras närmiljö, dvs. genom att använda en skydds- och friskluftsdräkt. En heltäckande dräkt som dels skyddar kroppen mot värme samt tillför friskluft för andningen. På så vis blir behoven av kokarventilation mindre och endast en fläkt i botten på kokaren behövs för att få någorlunda cirkulation i kokaren. Operatörerna får då en relativt bekväm arbetsmiljö med avseende på temperatur och friskluft. Tyvärr förkastas detta förslag av operatörerna själva då det försämrar deras smidighet och rent av försvårar deras arbete. Möjligheten finns att utveckla en tillräckligt bra dräkt som operatörerna kan acceptera men det ligger utanför ramarna för detta examensarbete.

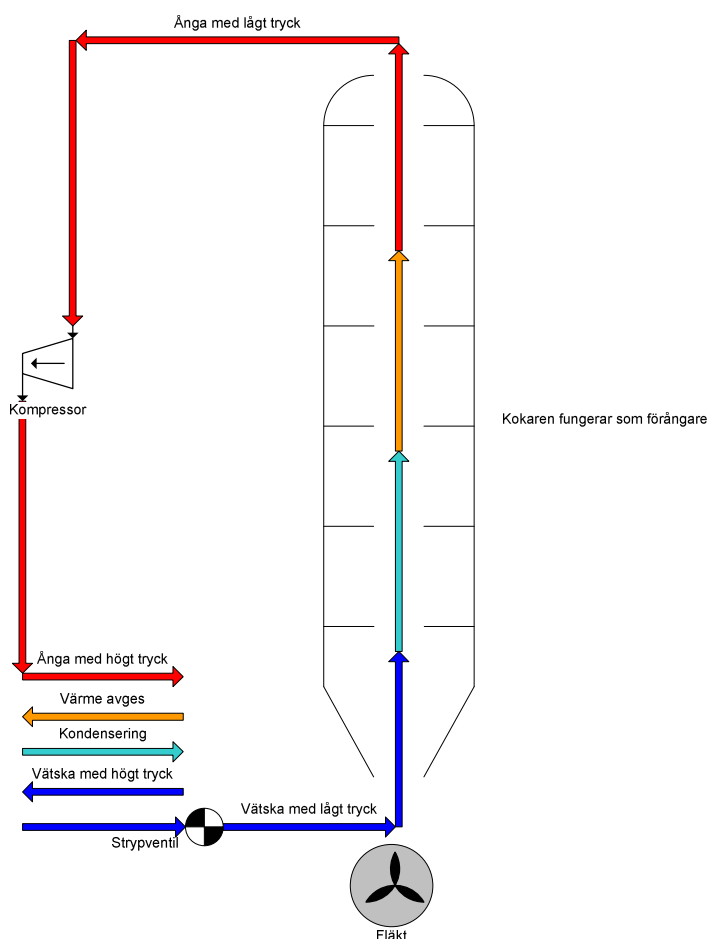
Idag finns svetsmasker med integrerad friskluft vilka operatörerna använder. Friskluften transporteras via slangar in i kokaren till operatörerna. En lösning som inte är helt optimal då slangarna begränsar operatörens mobilitet. Dessa masker tillgodoser behovet av frisk andningsluft men lämnar problemet med den höga temperaturen olöst.

2.3.8 Genomgående värmeväxlare

För att komma åt värmeproblemet skulle man kunna montera kylrör längs hela centrum på kokaren, se bild 999, vilka tar åt sig värmen. Kylrören placeras lodrätt ovanför bottenfläkten och drar på så vis runt kalluft. Kokaren fungerar då som en förångare. Köldmediet pumpas in i botten på kokaren och när det efter hand värms upp och förångas drar det sig av sig självt uppåt och ut ur kokaren i toppen. Köldmediet möter sedan en kompressor som ökar trycket på ångan vilket leds ner i kondenseringskanaler där det återfår flytande form. Via en strypventil där trycket sänks går köldmediet tillbaka in i kylrören i kokaren med hjälp av en pump. Kylrören befaras få en grov dimension och även utrustas med kylflänsar för att ta upp värmen bättre. Detta medför att en applikation endast är möjlig i större kokare.

Ett kylsystem i denna regi kan med rätt dimension kyla en hel del luft och förbättra arbetsmiljön i kokaren. Dock ligger problematiken i att systemet måste fyllas på, tömmas, kalibreras och noggrant inspekteras varje gång det används. Detta är en kostsam och tidskrävande process.

Tekniken kan lösa problemet med varmluft men ventilationen är fortfarande bristfällig och måste kompletteras med exempelvis torpeder.



Figur 2-10 Flödesschema för genomgående kylrör

2.4 Kylsystem

Som beräkningarna med inluftstemperaturen under torpedkapitlet visar så krävs en relativt kall inluft, 10°C, för att uppnå en respektabel arbetstemperatur. För att uppnå detta när det är lika varmt utanför som inne i kokaren krävs ett extra kylsystem som kyler inluften. Detta system har en föregångare idag vilken ej är optimerad. Således är en förbättrad version välkommen.

För att uppnå en hög kyleffekt tillsammans med ett massflöde motsvarande bottenfläkten krävs ett stort system. En tanke har varit att använda ett flertal mindre värmepumpar som körs baklänges och på så sätt blir ett kylverktyg. För att uppnå rätt massflöde krävs således ett större antal pumpar då dessa i vanliga fall är avsedda för villauppvärmning och vana vid mindre temperaturdifferenser. Ett vettigt alternativ till dessa värmepumpar kan vara ett större kylaggregat av samma modell som används i kylrum etc. Dessa har kapacitet att kyla luften ordentligt och även tillgodose flödet. I och med att dimensionen av torpederna fastslogs så definierades också inluften till att i botten på kokaren ha ett massflöde i storleksordningen 1-2 kg/s. Detta motsvarar 3 000 – 6 000 m³/h vilket ligger inom gränsen för vad en fläkt av den dimensionen som får plats under en kokare klarar. Pondera ett arbete i Sydamerika en varm dag när utetemperaturen närmar sig 40°C⁶ och kylsystemet har sitt värsta arbetsförhållande. Som nämnt är 10°C en önskad temperatur in i kokaren och vi får då ett ΔT_k på 30°C. Kylsystemets krav är därmed definierade.

Använder [2] för att få fram kyleffekten [35].

$$\dot{Q}_{kylsystem} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T_k = 1,4 \cdot 1,005 \cdot 30 = 42,21 kW \quad [35]$$

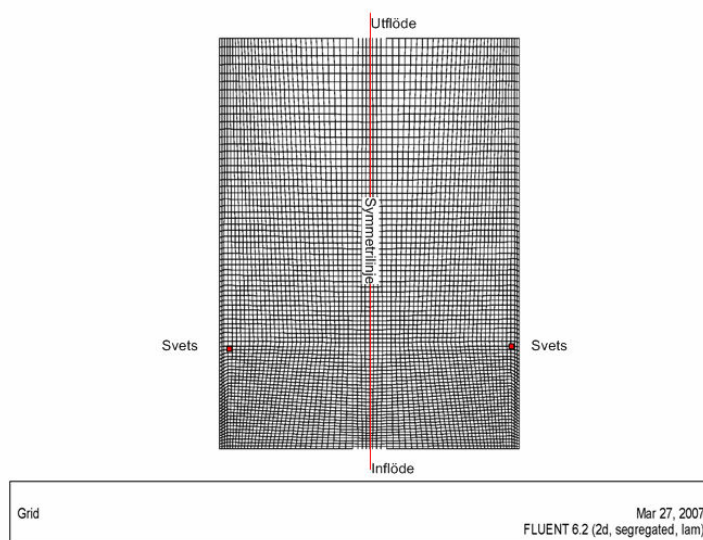
Carrier är en tillverkare av kylsystem för både hem och industri och som verkar internationellt. Att välja produkter från Carrier kan ha fördelar då service och reservdelar är lätta att få tag på. Jag har därför valt ett enhetsaggregat för enkelhetens skull till att sköta kylningen. En närmare granskning av sortimentet visar att modellen 50AZ016 motsvarar önskad prestanda då kyleffekten är 43 kW och luftflödet ut är 6100 l/s vilket motsvarar 21960 m³/h. Denna enhet väger driftklar 720 kg och monteras förslagsvis direkt på hjul eller på en vagn för snabb och enkel placering. Finns möjlighet så kan enheten transporteras med truck då enheten har gaffelhål. Placeringen av enheten är inte kritisk med tanke på att hänsyn har tagits till extrema förhållanden redan varpå enheten med fördel placeras nära intaget till kokaren. Då utluftsfläkten på kylvanheten är toppmonterad finns möjlighet att direkt blåsa in kalluft i kokaren. Dock finns risk för platsbrist under kokaren varpå ventilationsrör i samma diameter som fläkten får ledas mellan fläkten och kokarinloppet. Kylvanheten behöver avledning av kondensvatten vilket enklast sker med slang till närliggande golvbrunn eller dylikt. Övriga nödvändiga kopplingar är kraftmatning i form av 3-fas. Enheten kan enkelt via en operatörspanel justeras för olika driftförhållanden. En ritning på kylvanheten finns i bilaga 2.

⁶ www.brasilienresor.nu

2.5 CFD-analys

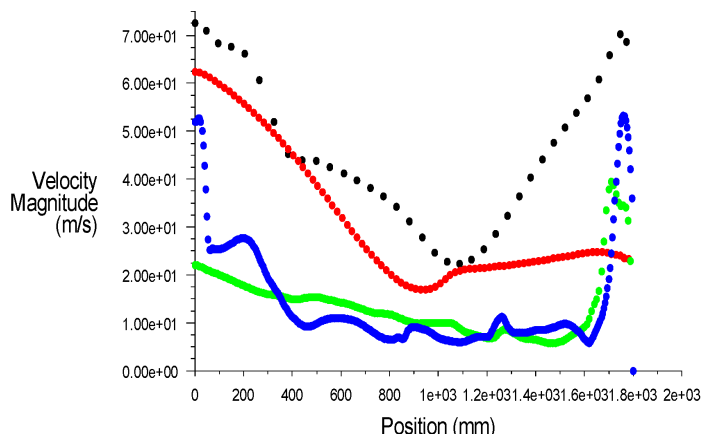
Ambitionen har varit att analysera situationen i kokaren i en CFD-analys (Computational Fluid Dynamics) både före och efter eventuella åtgärder. Då jag inte arbetat med CFD-analyser förut och således var helt obekant med programvaran avsattes begränsad tid till att sätta sig in i programmet och göra enklare analyser. Till en början sattes målet högt och arbete lades ner på att göra detaljrika 3D-modeller. Dock insåg jag efter en tid att bra 3D-modeller kommer ta betydligt längre tid än vad jag hade avsatt. Således skalades modellen ner och förenklades för att hinna bli klar inom utsatt tid. Tyvärr var fallet så att mina 3D-modeller inte höll måttet för vad jag ville redovisa efter dessa simuleringar varpå de förenklades ytterligare och resultatet blev tydligare 2D-modeller. Jag har valt att presentera dessa 2D-modeller då de är tydliga och på ett enkelt sätt visar vad som händer i en kokare. Till följd av denna begränsade simulering hålls detta kapitel kort och lättöverskådligt.

Till att börja med modelleras en vy över kokaren. I detta fallet en genomskärning från centrum på kokaren och ut till väggen för ett arbetsplan. Denna bild speglades sedan för att få en vy över hela segmentet.



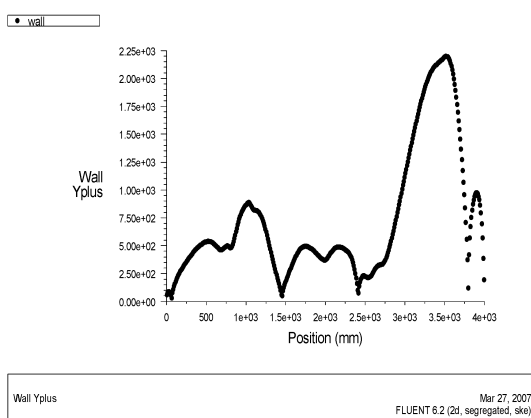
Figur 2-11 Gridmodell

Segmentet har en öppning i botten vilken är satt till att blåsa in luft med en viss temperatur och en öppning i toppen som endast har självdrag ut. Taket, golvet och väggarna är definierade som isolerande. Detta för att väggen ackumulerar och avger viss värme vilket inte tagits hänsyn till. Hänsyn har heller inte tagits till den strålningsvärme som uppkommer. Den värmegenerering som förekommer sker från ytan av de små svets-elementen. Modellen förses sedan med en grid vilket är en indelning av modellen i diskretiserade celler/volymer. Vi kan se att fördelningen av och storleken på cellerna varierar var på griden man befinner sig. Detta beroende på att vid väggarna, in- och utlopp samt kring svetsarna är det mer dynamiska områden. För att ta reda på en lämplig nivå på antal celler kan en känslighetsanalys göras. Känslighetsanalysen visar hur noggrann griden är. Följande diagram visar hastighetsprofilen, från kokarens vägg till mitten av kokaren i ett plan, för gridar med 3 000, 30 000, 70 000 och 300 000 celler.



Figur 2-12 Hastighetsprofil för olika simuleringar

Det blåa strecket kan sägas motsvara referensen i denna mätning då den griden använder flest celler, 300 000. Den gröna linjen, motsvarande 70 000 celler, stämmer tillräckligt bra överens med den blåa för att kunna användas för framtida analyser. Fördelen med att använda 70 000 celler istället för 300 000 är att beräkningarna går betydligt fortare med i stort sett samma resultat. De röda och svarta linjerna skiljer sig mycket och motsvarande antal celler bör därför inte användas. Resultatet vid 3 000 och 30 000 celler är beroende av gridstorleken vilket inte är fallet med 70 000 och 300 000 då de sammanfaller tillräckligt bra. För att sedan verifiera att lösningen går att använda plottas wall y^+ -värdet mot höjden på segmentet. Wall y^+ -värdet visar var närmaste gridnod finns och är ett dimensionslöst normaldistanstal.

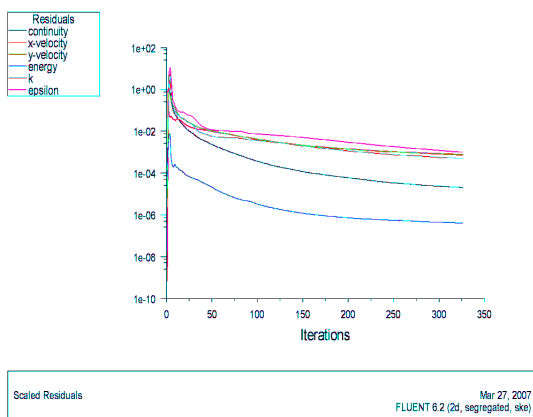


Figur 2-13 Wall y^+ i förhållande till höjden i kokaren

Önskvärt är att använda RANS⁷ turbulensmodeller för vidare simuleringar och för att kunna det bör wall y^+ -värdet vara över 30 hela tiden. Vi ser att wall y^+ hela tiden håller sig över 30 vilket alltså tillåter oss att använda RANS.

För att vara säker på att en simulering ger en godkänd lösning är det hjälpligt att använda residualerna för iterationerna. Ett konvergenzkriterium sätts, i detta fall $1e^{-3}$, och iterationerna pågår tills konvergensten är nådd för residualerna. Ett högre kriterium kan sättas för att om möjligt få bättre resultat, men detta värde motsvarar tillräckligt bra resultat inom rimlig tid.

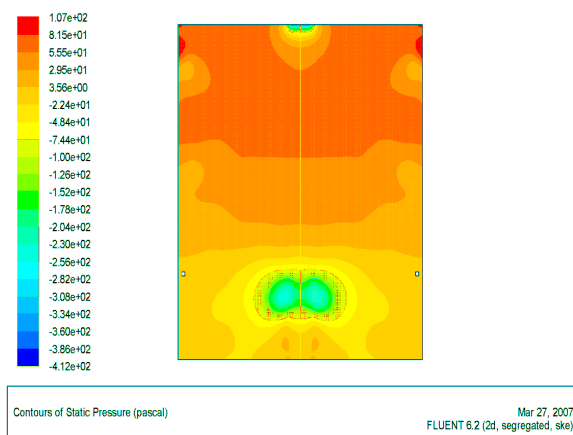
⁷ Reynolds Averaged Navier-Stokes



Figur 2-14 Residualerna plottade mot antal iterationer

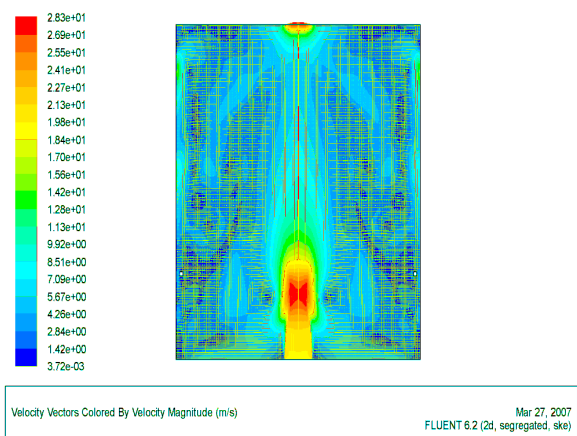
Plotten visar hur residualerna successivt konvergerar för de olika ekvationerna.

Jag har valt att visa resultatet av en simulering där massflödet in i kokaren ökas och beskriva de för- och nackdelar som då uppkommer. Förutsättningarna för simuleringen var desamma som använts i torpedkapitlet men med massflödet inställt på 5 kg/s jämfört med det föreslagna 1,4 kg/s. ΔT för kokaren blir 39°C och temperaturen på inluften är 2°C. Första bilden visar hur trycket fördelar sig i kokaren. Trycket är högt i övre delen av segmentet vilket kan bero på att luften packas i toppen. Längre ner i segmentet och i mitten kan man ana turbulens då trycket är väldigt lågt.



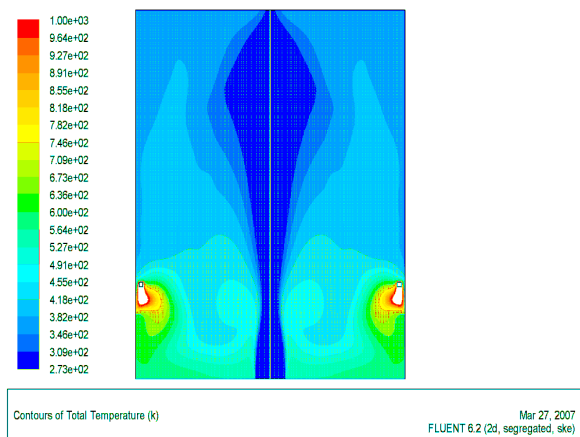
Figur 2-15 Trycket i kokarsegmentet

Nästa bild visar hastigheten på luften och misstankarna om turbulens stärks då hastigheten ökar en bit upp i segmentet vilket är ett tecken på extra energi från virvlar. Hastigheten kring svetsen är låg vilket är bra med tanke på att skyddsgasen bör hållas kring svetsen. Tyvärr är hastigheten också låg i toppen på segmentet vilket gör att varmluften står still i hörnen och på så vis håller kvar värmen i segmentet. Området kring operatören har en något hög hastighet för att ge en bekväm arbetsmiljö.



Figur 2-16 Lufthastigheten i kokarsegmentet

Nästa bild visar temperaturen i segmentet. En tydlig köldkägla finns längs flödet i mitten på segmentet vilket är bra då tillförseln av kallluft till ett eventuellt arbetsplan ovanför kan garanteras. Dock blir effekten av att öka massflödet in inte den som hade önskats. Ett tydligt turbulensmönster visar sig vid operatörens område där varmluften från svetsen dragits in och temperaturen höjts.



Figur 2-17 Temperaturen i kokarsegmentet

Det ökade massflödet ger alltså ett packat lager svalare luft i toppen på segmentet med högt tryck och en turbulent miljö. Kring operatören förekommer virvlar med hög temperatur då varmluften trycks neråt av turbulensen. En icke önskvärd arbetsmiljö uppstår alltså då massflödet in är för högt.

Detta kapitel kan ses som en grund för vidare simulering av ventilationen i kokare. Mer avancerade simuleringar och analyser kan tänkas vara uppgiften för ett framtida examensarbete.

2.6 Analys

Att använda sig av torpeder i kokaren vid påsvetsning är beräkningsmässigt bevisat en god idé. Detta med anledning till att temperaturen sänks radikalt och den förorenade luften antas gå en annan väg än förbi operatören på vägen ut. Torpederna är en lösning som fungerar i både stora och små kokare då de är oberoende av kokarens storlek. De kan köras separata i mindre kokare och där hjälpa luften på vägen in från väggen mot den centrala luftströmmen men också i större kokare där de kopplas till ventilationsrören. Antalet torpeder som behövs avgörs av hur många svetsar man har per plan samt vilken effekt man behöver ha på utsuget beroende på temperaturen på inluften. Torpederna bör ses som en del i en lösning tillsammans med skyddsglasen. Dessa båda element optimerar varandras funktion och arbetar bäst tillsammans. Att använda torpederna ensamma ger extra fart på luften men de matas då inte av den koncentrerade varma och smutsiga luften som ett skyddsglas kan leverera. Torpeder ensamma är alltså en duglig men inte optimerad funktion. Skyddsglasets ensamt koncentrerar varm och smutsig luft upp längs väggen till taket och gör den svårare att transportera undan med enbart luften från centrum av kokaren, vilket är en mindre önskad effekt. Således är paneler och torpeder bäst att använda tillsammans. Som redan nämnts i kapitlet om torpeder är tekniken med ejektorer inget att arbeta vidare med. Ejektorer har provats i anläggningar men med omdömet att helst inte användas igen då de åstadkom en för hög ljudnivå. Torpeder med elektriskt drivna fläktar är alltså att föredra. Torpeder och skyddsglas kan alltså sägas utgöra grunden för ett ventilationssystem tillsammans med en fläkt i botten på kokaren.

Fläktar monterade i toppen eller i höga manhål på kokaren bör också vara en del av basen i ventilationssystemet. Dessa hjälper till att framför allt få ut den oönskade luften och hjälpa torpederna i deras arbete. Dock bör hastigheten korrigeras mot bottenfläkten noga så det uppstår undertryck i kokaren och inte övertryck. Man bör även se till att täta de manhål som inte används för att optimalt utnyttja sugkraften.

Att använda ventilationsrör bör inte heller ses som en enskild lösning, heller inte ett alternativ utan som en standard då stora kokare används. Ventilationsrören bör användas tillsammans med torpeder för att effektivt transportera bort den varma och smutsiga luften. Torpeder är som nämnts en bas för ventilationen och finns då att tillgå. Systemet utvecklas således med ventilationsrör från arbetsplanen och uppåt. Och i mån av plats används ett dedikerat ventilationsrör för införsel av friskluft. Införseln sker med den bottenmonterade fläkten som även den tillhör grunden i ventilationen. På så vis uppnås en standard vad det gäller utrustning som kompletteras i mån av utrymme alltså med ventilationsrör. Att använda ett ventilationsrör med en toppsug är inte aktuellt då det innebär en extra detalj i systemet vars funktion redan finns. Torpederna driver på luften tillräckligt bra i ventilationsrören.

Lösningen med torpeder och skyddspaneler kompletterat med bottenfläkt, toppsug och i stora kokare även ventilationsrör ses som den mest kompletta lösningen. De värmeproblem som förslaget löser dels konvektionen vid väggen då luften snabbare tar sig ut samt ledningen från luften till operatören då luften omsätts snabbare i arbetsplanet. Förslaget är heller inte nämnvärt ivägen för operatören och är dessutom enkelt att installera. Förslaget är alltså en tillsynes komplett lösning.

Att utveckla ett eget ställningssystem kan ge nya möjligheter till hela påsvetsoperationen och bör därför ägnas mer tid. Ett sådant ställningssystem skulle kunna inhysa såväl ventilationskanaler, el-kablage, belysning samt banor för svetsutrustningen. Lämpligt är som redan nämnt ett examensarbete för vidare undersökning och utveckling av ställningssystem.

Idag används masker med tillförsel av friskluft vilka tillgodoser operatörens behov av frisk andningsluft men som lämnar problemet med temperaturen olöst. En utveckling av dessa masker kunde ge en

betydligt mer mobil lösning, då luftslangarna idag begränsar rörelsefriheten. Dock måste en sådan lösning bli extremt minimerad för att inte bli en större belastning för operatören att bära runt på.

Att montera genomgående kylrör i kokaren är en något extrem lösning på just temperaturproblemet. Dock är lösningen inte att rekommendera då den innebär ett väldigt kallt rör att ta hänsyn till vid klättring och övriga transporter i kokaren. Dessutom är det svårt att få runt den kylda luften på arbetsplanet. En viss risk finns att centrum på kokaren blir riktigt kall och på arbetsplanen och utmed väggarna blir det istället varmare. Lösningen är inte simulerad och kan därför inte helt verifieras men förslaget är ändå att förkasta lösningen.

Det material som finns i pärmen ”Projekt påsvetsmiljö” vilket samlats under många år har tyvärr inte kunnat användas till mer än i förstudiesyfte och för att ge en bild av situationen. Förhållanden vid mätningar stämmer inte med dagens förutsättningar. Priser på lösningar som också presenteras är heller inte aktuella och kan därför inte användas i denna rapport.

Kylningen kan lösas på olika sätt. Det sätt som jag valt, med en kombinerad luftkylare, anser jag smidigare och mer tillförlitligt än ett system baserat på en mängd mindre enheter. Driftsäkerheten kan tänkas öka med en mängd mindre enheter då de kan arbeta oberoende av varandra men de kräver i gengäld mer underhåll, utrymme och framförallt måste ett sådant system konstrueras. Således finns bättre förutsättningar för ett kombinerat system.

CFD-analysen håller som sagt inte den nivå jag önskat men den ger ändå en insikt i att problemet går att analysera väldigt noggrant i en simulering. För att komma helt tillrätta med problemen i kokarna bör en djupare CFD-analys göras. Mitt primära lösningförslag skulle kunna granskas noggrant innan beslut fattas för att konfirmera en förbättring. En flödesanalys skulle också kunna användas vid framställningen av en integrerad ställning.

2.7 Ekonomi

Det lösningsförslag som jag anser har störst potential har jag studerat noggrannare ur ett ekonomiskt perspektiv för att kunna presentera en mer komplett lösning. Priserna varierar i säkerhet då vissa priser kommer direkt från återförsäljare och vissa är beräknade efter egen tillverkning. Således bör kalkylen ses som en översikt över kostnaderna och en lättare grund för beslutsfattning.

2.7.1 Torpedsystem

Till att börja med kan kostnaden för torpederna beräknas. Denna kostnad inkluderar material, el-detaljer och till viss del konstruktion av detaljer för en uppsättning av 12 st torpeder dvs. torpeder för en kokare oavsett storlek.

Torped	Artikel	Antal	å pris	Pris	Summa
	Fläkt	12	1000	12000	
	Röradapter	12	300	3600	
	Slang	12	100	1200	
					16800
El					
	Trafo	2	3000	6000	
	Trafolåda	1	2000	2000	
	Kontakt	26	120	3120	
	Kabel	100	9,33	933	
					12053
					28853

Tabell 2-9 Kostnader för torpeder

Fläktkostnaden är baserad på ett medelpris för de fläktar som finns på marknaden. Kostnaden för rör-adaptrar är både material- och tillverkningskostnader då adaptrarna är en egen konstruktion. På adapt-rarna kopplas slangar vilka finns i handeln och priset avser längder om 1,5 m. I samråd med Udd-combs elektriker har lämpliga switchade transformatorer hittats i Elfas sortiment. Det behövs en transformator per 6 torpeder men båda transformatorerna kan monteras i samma transformatorlåda. Denna transformatorlåda är byggd med snabbkopplingar, handtag och hjul och blir således enkel att transportera och snabb att koppla in. Priset för transformatorlådan är uppskattat av Uddcombs elektriker. Kontakter och kablar behövs också inuti kokaren för att distribuera strömmen. Priserna avser 2,5 mm² kabel från Elfa och kontakter från Garo⁸ med pris baserat på äldre fakturor. Totalsumman för ett komplett torpedsystem landar alltså på 28 853 kronor. Med tanke på att några priser är uppskattade och tillverkningen kan variera i kostnad så är priset bara ett riktvärde. Detta gör också att kostanden kan sänkas en del efter vidare efterforskning och upphandling av produktionen av röradaptrar, montering av fläktar och transformatorlådor.

⁸ www.Garo.se

2.7.2 Skyddspaneler

Nästa del i lösningen är skyddspanelerna. Dessa ger stort utrymme för variation då det finns en uppsjö av paneler att använda. En panel som uppfyller de flesta kraven är Saphir®⁹. Antal avser antal ramar för infästning och avser antal kvadratmeter panel. I beräkningsexemplet mäter panelerna 50x50cm och räcker till 8 svetsutrustningar med 8 paneler per svetsutrustning. Priset är baserat på uppgifter från Industriplast och avser 1m³. Infästningen är en detalj som egentillverkas och därför är priset svårt att beräkna.

Skyddspanel	Antal	á pris	Pris	Summa
Glas	16	623	9968	
Infästning	8	300	2400	
				12368

Tabell 2-10 Kostnader för Lexanpaneler

Skyddspaneler är i sammanhanget inte särskilt dyra men fyller en väldigt viktig funktion. För att sänka kostnaden på skyddspanelerna kan priset på panelerna justeras med avseende på panelernas storlek och utförande samt val av leverantör. Infästningen kan förenklas för att bli billigare och produktionen kan antingen vara egen eller köpas in.

2.7.3 Ventilation

Tredje och kanske viktigaste detaljen i lösningen är bottenfläkten och vid större kokare de genomgående ventilationsrören. En fläkt kraftig nog att hålla en luftström genom kokaren finns idag att tillgå hos Uddcomb. Dock har denna fläkt stått ute under vinterhalvåret och dess funktion kan inte garanteras. Räkneexemplet visar därför vad en ny utrustning skulle kosta. Kostnaden för en fläkt är baserad på ett genomsnittspris för fläktar i aktuell storlek. Då fläktar kan levereras i olika utföranden för olika förutsättningar har jag valt att presentera fläkten som valfri. Kostanden är därmed en uppskattning. Tillbehör avser fläktlåda, kopplingar, hjul och handtag för en komplett mobil fläktlåda. Ventilationsrör finns idag också hos Uddcomb men antal och skick är ovisst och därför beräknas även kostnaden för en ny uppsättning ventilationsrör av Spiro-typ, Ø 30cm. Rören avser en kokare som har max 30m från botten till översta arbetsplanet och max 30m från undre arbetsplanet för att samtidigt nå in med friskluft från botten och få ut varmluft uppåt. Rören kan om så skulle behövas proportioneras med ett större antal till friskluft och endast bilda en skorsten förbi det andra arbetsplanet.

Ventilation	Antal	á pris	Pris	Summa
Fläkt	1	6000	6000	
Tillbehör	1	5000	5000	11000
Fast vent.kanal				
Rör in	30	152	4560	
Rör ut	30	152	4560	
Koppling	7	300	2100	11220
				22220

Tabell 2-11 Kostnader för grundläggande ventilation

⁹ www.maplast.se

Koppling avser de specialbitar som måste tillverkas för att dels släppa ut friskluften och dels kunna koppla in slangar från torpederna samt kopplingen mellan bottenfläkten och friskluftsroret. Priset på dessa är uppskattat och kan därför variera. Priset för fläkten är som nämnts ett genomsnittspris och kan därför också korrigeras efter behov. Priset för rör är baserat på uppgifter från Ahlsell. Antal syftar till antalet rörbitar á 1m.

2.7.4 Totalkostnad

Räknas kostnaderna ihop blir det följande.

Detalj	System	Pris	Summa
Torpedsystem		28853	
Skyddspanel		12368	
Bottenfläkt		11000	
	Mindre kokare		52221
Vent.kanal		11220	
	Större kokare		63441

Tabell 2-12 Totalkostnaden för ventilationsutrustningen

Vi ser att kostnaden för ett system till en mindre kokare blir samma som för en stor kokare bortsett från ventilationskanalerna. Systemet kan alltså byggas i etapper och efter behov när arbetet går mellan mindre och större kokare.

Det är svårt att säga något om kostanden då utrustningen som använts och används idag har köpts in vid olika tillfällen och används utan större systematik och därför inte har någon prislapp att jämföra med. I kalkylen finns de största kostnaderna med vilket visar vad systemet kostar i stort sett driftklart. Tillkommer gör skruv och förband etc. men till en inte allt för stor merkostnad. De driftskostnader som tillkommer är el och reservdelar samt att Kylsystemet kräver underhåll med påfyllning och kalibrering. Detta bör ske varje gång systemet installerats på en ny plats.

Kostnaden för ett Carrier 50AZ016 är 92 000 kronor + moms. Jämförs detta pris med summan av 8 värmepumpar¹⁰ för 20 000 kronor/st á 5kW blir kombinationsaggregatet från Carrier billigare och dessutom tillkommer monteringskostnader för värmepumparna och en utveckling av ett kylrum. Kylsystemet innebär en stor kostnad oavsett vilken lösning man väljer men kombinationsaggregat borde ge minst merarbete.

¹⁰ www.Luftmiljöbutiken.se

2.8 Resultat

Ser vi till syftet av rapporten som var att analysera situationen i kokarna samt komma med förslag till lösningar på problemen anser jag att syftet väl återfinns i rapporten. Situationen i kokarna är beskriven med egna ord utifrån samtal med operatörer och projektledare. Alla inblandade i påsvetsningsprojekt har olika uppfattning om problemen och har arbetat vid många olika projekt där problemen och förutsättningarna varierat. Min uppgift har varit att sammanställa dessa synpunkter till en mer generell synvinkel med standardiserade problem samt analysera dessa. En inte helt lätt uppgift men förhoppningen är att problemformuleringen och analysen är tillräckligt tydlig och att berörda parter är överens om att den stämmer. Lösningar på de primära problemen är presenterade med ett förslag som är särskilt rekommenderat vilket löser problemet med ventilationen. Ett kylsystem är även dimensionerat för att klara uppgiften att kyla friskluften till kokaren. Målet med rapporten kan därmed också sägas vara uppfyllt då arbetstemperaturen kan predikteras i och med kylsystemet samt att luftkvaliteten förbättras i och med ökad omsättning på luften.

3 REFERENSER

3.1 Referenser angivna i texten

- | | | | |
|------|---|--|---|
| [1] | Billerud | www.billerud.se | Specifikationer om kokare återfinns i dokumentet ”Karlsborgs miljöredovisning 2005” |
| [2] | Folder ”Vi ser början där andra ser slutet” | | utgiven av Uddcomb Engineering |
| [3] | Nederman | www.nederman.se | Se produkt FilterBox |
| [4] | Eurovac | www.eurovac.se | Se produkt Punktutsug RX 2000 |
| [5] | Beaufort | www.wikipedia.se | Sökord Beauforts skala |
| [6] | Brasilienresor | www.brasilienresor.se | Se ”Brasilien info” |
| [7] | RANS reactor engineering” | | Läs mer i boken ”Computational flow modelling for chemical Vivek Ranade, Academic Press, 2001 |
| [8] | Garo anslutningsdon, klenspanning | www.garo.se | Se produkt SK/PK 16, |
| [9] | Maplast | www.maplast.se | Se produkt Saphir® |
| [10] | Luftmiljöbutiken prisbild | www.luftmiljöbutiken.se | Se olika luft/luft-värmepumpar för |

3.2 Övriga referenser

Prisuppgift på Lexan från Per Johansson, Industriplast, via mailkonversation.

Prisuppgift på Carrier 50AZ016 från Mats Hint, Kylanläggningar AB Norrköping, via mailkonversation.

Uppgifter i kapitlet ”Uddcombs historia” är tagna ur boken ”Historien om Uddcomb”, Gustafsson och Oscarsson, 2007

Termodynamiska ekvationer är hämtade ur boken ”Thermodynamics, an engineering approach”, Cengel och Boles, 2002

Samtal under arbetets gång har även förts med Torgny Svensson, Roland Lundström, Nils Bjersten samt Anders Magnusson.

3.3 Figurreferenser

Figur 2-1 till 2-12 av Walter Nilsson

Figur 2-13 till 2-19 av Faruk Selimovic

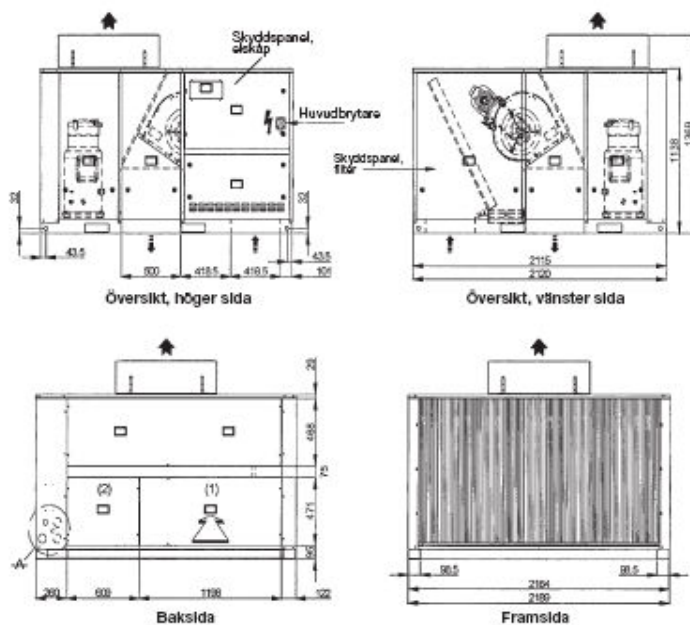
Samtliga grafer och tabeller av Walter Nilsson

BILAGA 2 RITNING PÅ KYLSYSTEMET CARRIER 50AZ016

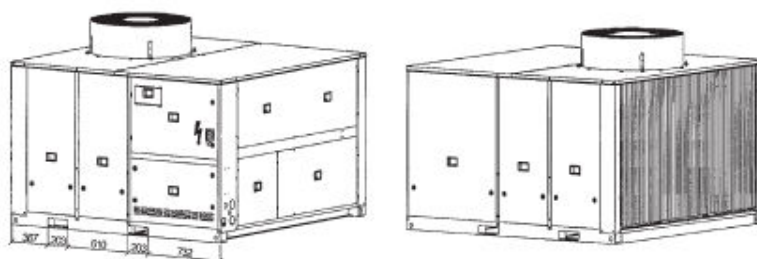
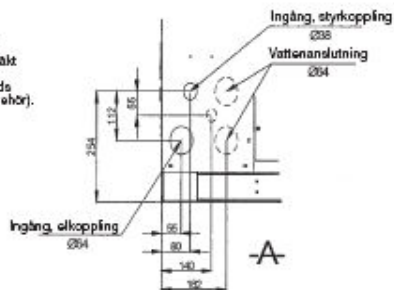
Dimensioner, mm

50AZ 016

Skyddspanel, filter



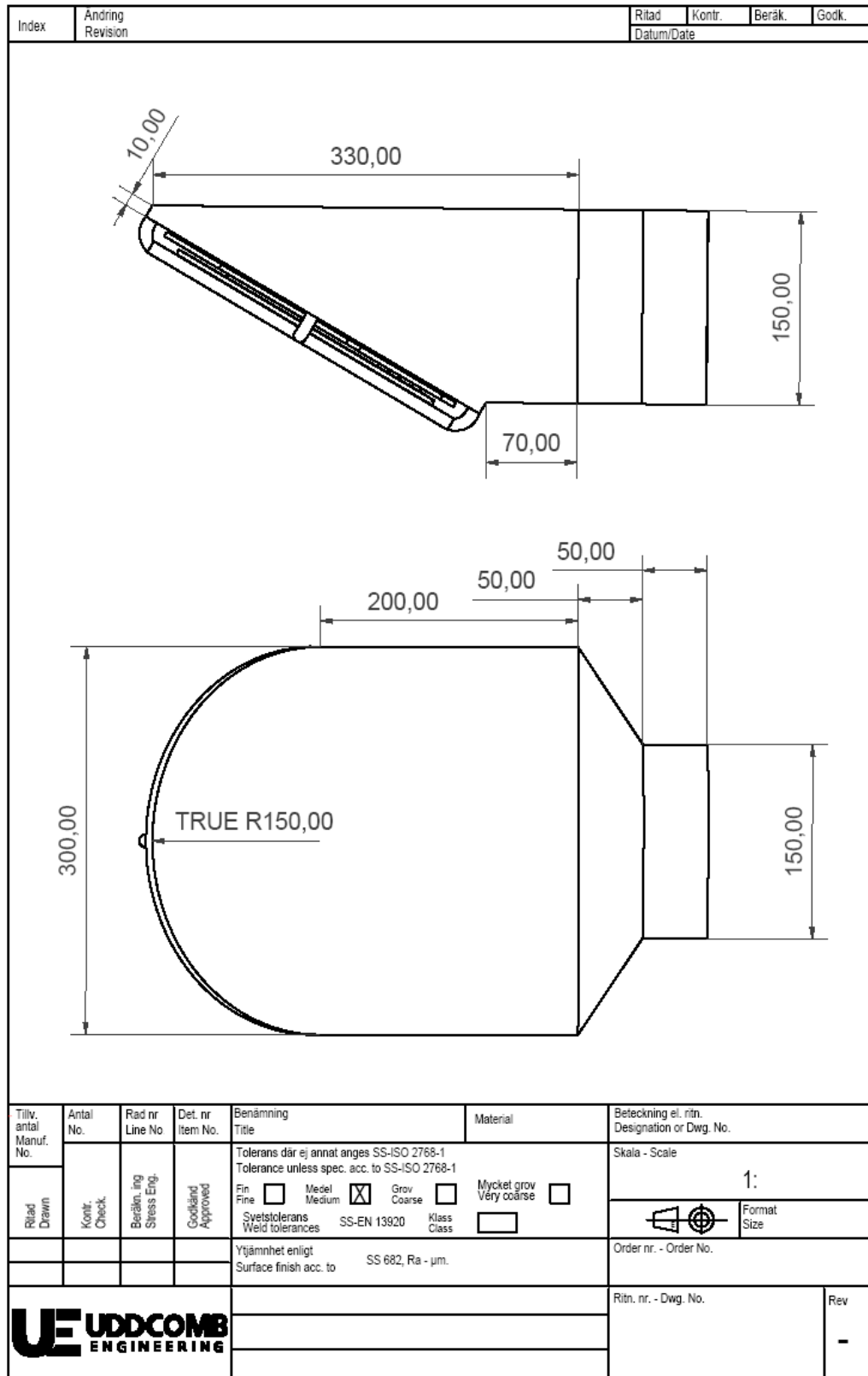
- (1) Extra anslutning, returluftskanal
- (2) Anslutning, extra stark frånluftsfält
- (1) - (2) Anslutning för alternativ returluftskanal. I detta fall används inte extra stark frånluftsfält (tillbehör).



BILAGA 3 RITNING PÅ TORPED

This drawing must not be passed on to any person not authorized by us to receive it, nor be copied or otherwise made use of by such person without our authority.

UDDCOMB ENGINEERING AB



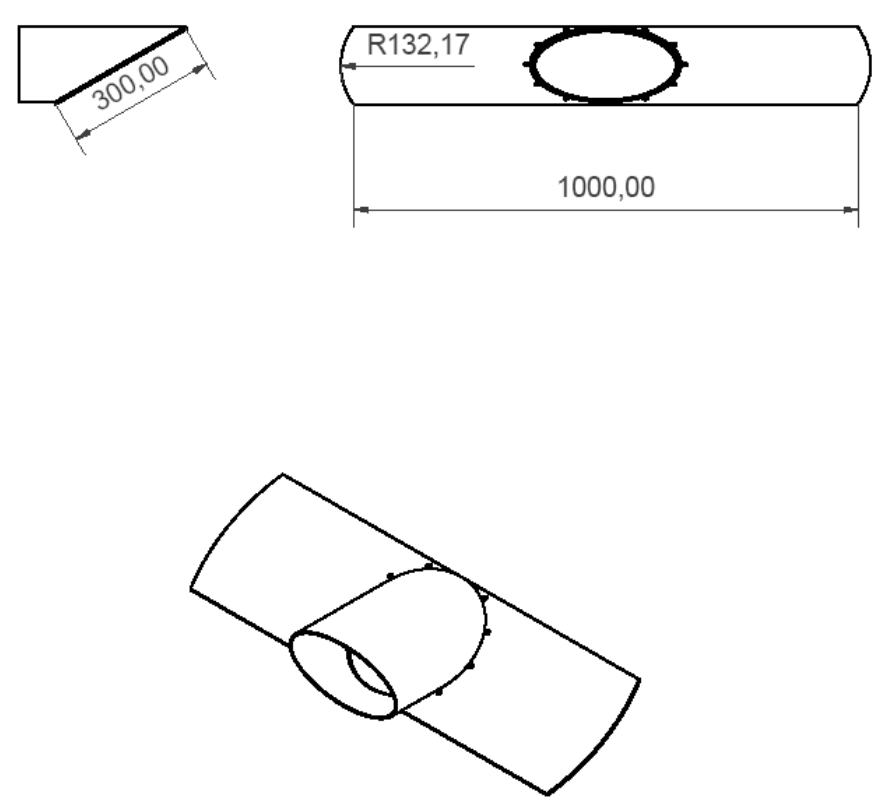


Denna ritning är vår egendom och får icke utan vårt medgivande kopieras, uppräparas eller utlämnas till konkurrent eller annan obehörig person.

UDDCOMB ENGINEERING AB

BILAGA 4 RITNING PÅ KRAGE

This drawing must not be passed on to any person not authorized by us to receive it, nor be copied or otherwise made use of by such person without our authority.

UDDCOMB ENGINEERING AB

Index	Ändring Revision	Ritad Datum/Date	Kontr.	Beräk.	Godk.	
						
Tillv. Manuf. No.	Antal No.	Rad nr Line No	Det. nr Item No.	Benämning Title	Material	Beteckning el. ritn. Designation or Dwg. No.
Ritad Drawn	Kontr. Check	Beräkning Stress Eng.	Godkänd Approved	Tolerans där ej annat anges SS-ISO 2768-1 Tolerance unless spec. acc. to SS-ISO 2768-1 Fin <input type="checkbox"/> Medel <input checked="" type="checkbox"/> Grov <input type="checkbox"/> Mycket grov <input type="checkbox"/> Medium <input checked="" type="checkbox"/> Coarse <input type="checkbox"/> Very coarse <input type="checkbox"/>		Skala - Scale 1:
				Syetsolerans Weld tolerances SS-EN 13920 Klass Class <input type="checkbox"/>		
				Ytjämnhet enligt Surface finish acc. to SS 682, Ra - µm.		Order nr. - Order No.
						Ritn. nr. - Dwg. No.
						Rev -

Denna ritning är vår egendom och får icke utan vårt medgivande kopieras, uppvisas eller utlämnas till konkurrent eller annan obehörig person.

UDDCOMB ENGINEERING AB