

# **Fallstudie på Westenergys halvtorra rökgasrening**

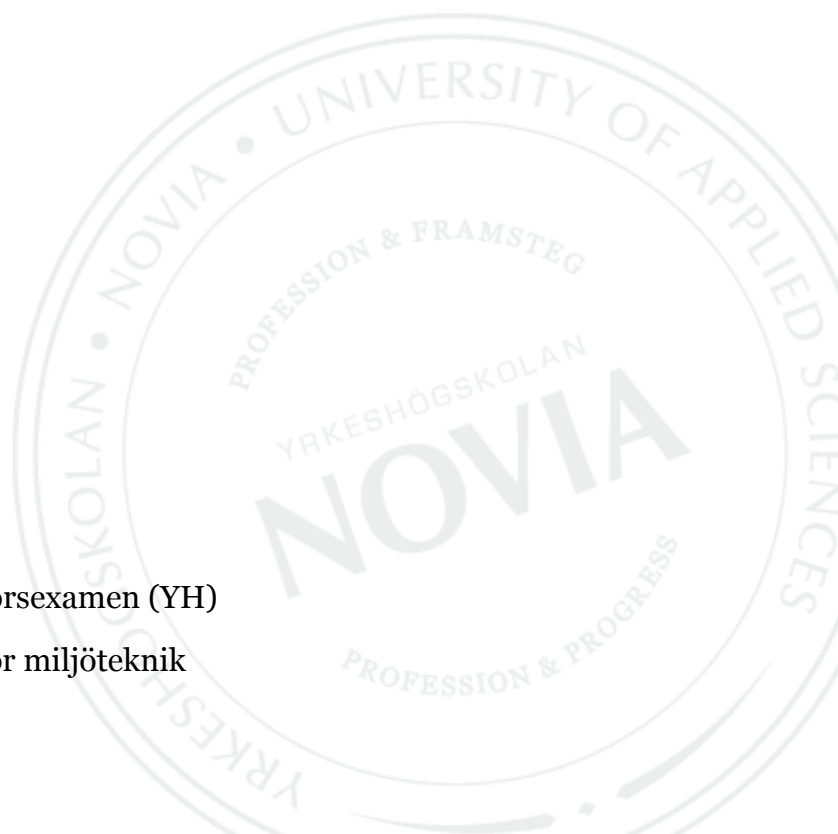
**En uppgradering från SecoLAB till VapoLAB**

Casper Ragvals

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för miljöteknik

Vasa 2013



## EXAMENSARBETE

Författare: Casper Ragvals

Utbildningsprogram och ort: Miljöteknik, Vasa

Handledare: Stina Frejman, Yrkeshögskolan Novia och Jan Teir, Westenergy Oy Ab

Titel: *Fallstudie på Westenergys halvtorra rökgasrening – en uppgradering från SecoLAB till VapoLAB*

---

Datum: 28.5.2013

Sidantal: 42

Bilagor: 3

---

### Sammanfattning

Examensarbetet är en fallstudie gjord på Westenergys halvtorra rökgasrening, där en eventuell uppgradering av en del av tekniken har stått i fokus. Den halvtorra rökgasreningen heter SecoLAB, och består utav ett kyltorn, en kemikalieaktor kallad LAB-loop, och ett tygfilter. Rökgaserna kyls ner, varefter kemikalierna kalk och aktivt kol tillsätts i en turbulent kammare (LAB-loop). Kalket och det aktiva kolet binder åt sig olika föroreningar, och fastnar sedan i tygfiltret. Den förorenade restmassa som uppstår vid filtreringen av rökgaserna kommer att till 90 % återcirkuleras tillbaka till LAB-loopen, medan 10 % transporteras till en silo. I examensarbetet är det en eventuell uppgradering av den återcirkulerande delen av rökgasreningen som studerats. Vid skedet av återcirkuleringen av filtermassan med SecoLAB, väts massan med vatten i en speciell cirkulationsskruv för att återaktivera kalkets kornyta. Den uppgradering som vore möjlig att utföra är att byta ut den befintliga cirkulationsskruven mot en ny effektivare variant, kallad ACTILAB. Denna s.k. ACTILAB är en del av VapoLAB-systemet. ACTILAB använder sig utav ånga i stället för vatten, och återaktiverar därför kalket i restmassan effektivare. Genom att jämföra SecoLAB med VapoLAB har målet med examensarbetet varit att ge Westenergy Oy Ab en förutsägelse av vad en uppgradering skulle betyda praktiskt och ekonomiskt. Metoderna som använts har varit möten med tillverkare och expertis, litteraturstudier samt ett besök till en anläggning i England där redan VapoLAB installerats. Resultatet av fallstudien blev två alternativ för hur ACTILAB skulle installeras, med en kostnads kalkyl för hur mycket det framtida projektet skulle få kosta.

---

Språk: svenska      Nyckelord: rökgasrening, SecoLAB, VapoLAB, återaktivering, kalk

---

Förvaras: Examensarbetet finns tillgängligt i Webbiblioteket Theseus.fi

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Problemområde.....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
2	Förbränning.....	3
2.1	Roster.....	3
2.2	Fluidiserad bädd.....	5
3	Rökgasrening.....	6
3.1	Partikelkontroll.....	7
3.1.1	Partikelavskiljare.....	7
3.2	Kontroll av sura föreningar.....	8
3.2.1	Våt rökgasrening.....	8
3.2.2	Torr rökgasrening.....	9
3.2.3	Halvtorr rökgasrening.....	10
4	Verksamhetsbeskrivning.....	11
4.1	Företaget Westenergy Oy Ab.....	11
4.2	Funktionsbeskrivning.....	12
4.2.1	Mottagningshallen.....	13
4.2.2	Bunkern.....	13
4.2.3	Rostern.....	13
4.2.4	Slagguppsamling.....	14
4.2.5	Pannan.....	14
4.2.6	Rökgasreningen.....	14
4.2.7	Silorna.....	15
4.2.8	Skorsten.....	16
4.2.9	Turbin och Generator.....	16
4.2.10	Fjärrvärmecentralen.....	16
5	Rökgasen.....	17
5.1	Beskrivning av rökgasen.....	17
5.1.1	Svaveloxider.....	18
5.1.2	Tungmetaller.....	18
5.1.3	Dioxiner och furaner.....	18
5.2	Krav enligt lagen.....	19
5.3	Krav enligt miljötilståndet.....	22

5.4	Krav på rester från rökgasrening.....	23
5.5	Analys av rökgas .....	23
6	Fallstudien.....	26
6.1	SecoLAB.....	26
6.1.1	Kyltorn .....	27
6.1.2	LAB-loop.....	27
6.1.3	Slangfilter.....	29
6.2	VapoLAB.....	31
6.2.1	Skillnaden från SecoLAB .....	31
6.2.2	Aktivering av förbrukat kalk.....	32
6.3	Alternativen .....	33
6.3.1	Alternativ 1 .....	34
6.3.2	Alternativ 2 .....	35
6.4	Installation av ACTILAB .....	35
6.5	Beräkningar .....	37
6.6	Diskussion .....	39
7	Sammanfattning.....	40
	Källförteckning.....	41

# 1 Inledning

Kapitlet börjar med att presentera arbetets bakgrund och syfte, samt ange de huvudsakliga problemområdena och de avgränsningar som gjorts. Rubriken för examensarbetet är: ”Fallstudie på Westenergys halvtorra rökgasrening”.

Hösten 2011 till våren 2012 höll VD Jan Teir en kurs i projekthantering vid Yrkeshögskolan Novia. I slutet av kursen fanns det möjlighet att söka sommarjobb vid Westenergys avfallsförbränningsanläggning, som under sommaren skulle inleda sin testperiod. Jag blev anställd och efter en lärorik sommar fanns det möjlighet att utföra ett examensarbete vid Westenergy. Examensarbetet klargjordes efter diskussioner med Teir kring Westenergys rökgasrening, som visade sig ha möjligheter för förbättring.

Arbetet är en fallstudie (*Case study*) på den tekniska tillämpning som är möjlig att utföra på Westenergys halvtorra rökgasrening. Det nya systemet är en uppgradering av en väldigt vanlig metod inom rökgasrening, och visar hur teknik inom utsläppshantering fortfarande utvecklas med innovativa lösningar.

## 1.1 Bakgrund

Uppdragsgivare för detta examensarbete är Westenergy Oy Ab, ett kraftvärmeverk i Korsholm som ägs av fem kommunala avfallsbolag: Ab Stormossen Oy, Oy Botnjarosk Ab, Lakeuden Etappi Oy, Vestia Oy och Millespakka Oy. Westenergy ansvarar för att bränna källsorterat avfall som levereras från ägarkommunerna. Närmare beskrivning av Westenergys verksamhet hittas i kapitel 4, sida 11.

Då Westenergy planerade sitt kraftvärmeverk i Korsholm valdes en halvtorr rökgasrening för att rena utsläppen till luft. Företaget LAB S.A. som levererade rökgasreningen kunde dock i ett senare skede av bygget erbjuda en uppgradering av reningsutrustningen. Denna uppgradering är en vidareutveckling av reningstekniken och möjliggör inbesparingar i driftskostnader för verksamhetsutövaren.

## 1.2 Syfte

Huvudsyftet med examensarbetet är att studera den tänkbara uppgraderingen av Westenergys rökgasrenings andra fas d.v.s. den halvtorra reningen, och framställa en rapport av dess praktiska och ekonomiska innebörd. Rapporten kan användas som stöd i ett framtida beslutsfattande angående en investering av ny rökgasreningsteknik.

## 1.3 Problemområde

Vid en avfallsförbränningsanläggning är kraven som ställs på utsläppen strängare än andra kraftverk som använder andra bränslen. Problemet i detta fall är att den reningsteknik som Westenergy har förbrukar stora mängder råvaror i form av *kalk, aktivt kol och vatten*. För att uppfylla gränsvärdena absorberar Westenergy sura föreningar i form av klor och svavel, samt tungmetaller till en fast restmassa med hjälp av de nämnda råvarorna. Denna restprodukt tas sedan och skickas vidare för slutbehandling på annan ort, något som kostar företaget ännu mera.

Problemet som fallstudien riktar sig mot är att se på möjligheterna av att minska på åtgången av råvaror vid rökgasreningsprocessen. Genom att jämföra Westenergys reningsteknik kallad SecoLAB, mot en uppgradering kallad VapoLAB, är målet att kunna beräkna vad en investering av uppgraderingen skulle betyda. Om åtgången av råvaror kraftigt kan minskas genom en uppgradering av systemet, kommer de naturligt inbesparade utgifterna att snabbt resultera i en återbetalning av investeringen, samt spara Westenergy betydande summor i fortsatt drift. Även miljön kommer att belastas mindre i och med snålare drift, samt ett minskat behov av råvarutransporter till anläggningen.

## 1.4 Avgränsningar

Lärdomsprovet är avgränsat till Westenergy Ab Oy och deras halvtorra rökgasrening. Studien tar inte upp anläggningens övriga processer och teknik, annat än vad som beskrivs i kapitel 4. Avgränsningar görs även för anläggningens olika styrsystem som möjligtvis påverkas av en introducering av ny rökgasreningsteknik.

## 2 Förbränning

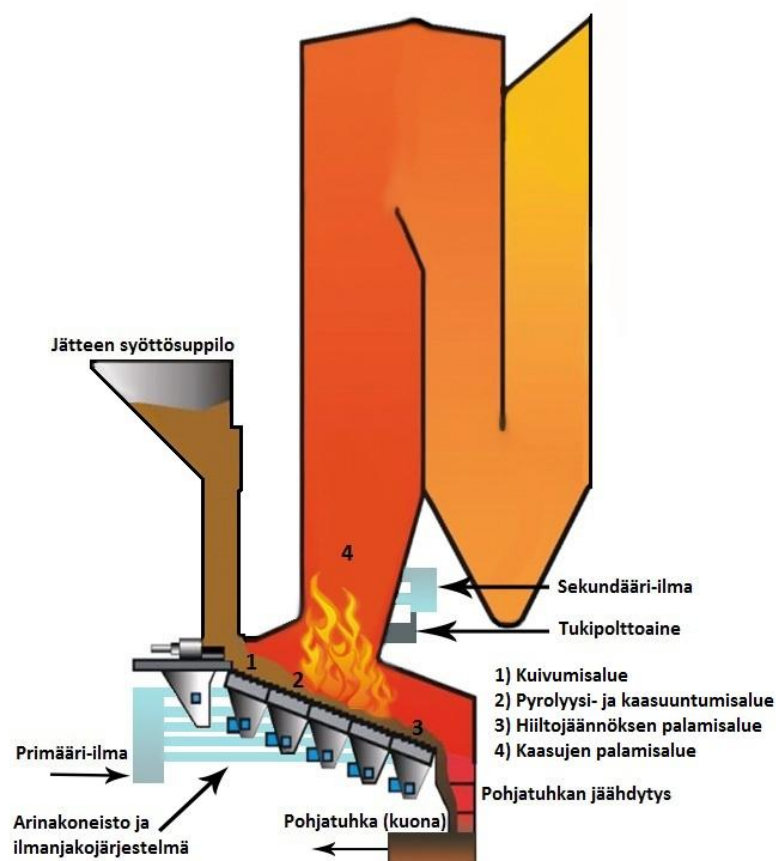
Kapitlet tar upp förbränningsteknikerna roster, som är den tekniken Westenergy använder sig utav, samt fluidiserad bädd, som är det andra stora alternativet för förbränning av avfall.

En fullständig förbränning består utav fyra steg, där bränslet först torkar varefter det förgasas först syrefritt (kallat pyrolysis) och sedan med tillsatt luft (egentlig förgasning), och till sist förbränns helt. I kapitel 5.2 beskrivs hur rökgaserna måste under förbränningen kontrollerat uppnå en temperatur av 850 °C för minst två sekunders tid, även under ogynnsamma förhållanden, samt att förbränning bör säkerställas med stödbrännare.

### 2.1 Roster

Rosterförbränning har sedan länge varit en grundläggande teknik för förbränning av fast avfall. Vid en rosterförbränning matas avfall ner i en tratt, varefter det skjuts in på rostern med hjälp av en hydraulisk press. I eldstaden sker sedan de fyra stegen av förbränning av det fuktiga avfallet som utgör bränslet, nämligen torkning, pyrolysis, förgasning och förbränning. Avfallet färdas ner för den sluttande rostern, varefter en allt mera fullständig förbränning av avfallet uppnås. Nya rosteranläggningar har oftast en sluttande roster, med en egenskap för att styra avfallet in på rosterns olika zoner för att uppnå en så jämn förbränning som möjligt, utan att behöva justera intaget av primär- och sekundärluft.

Den höga tornliknande eldstaden är vanligast, och är planerad för en effektiv omblandning samt förbränning av de gaser som uppstår i rosterns olika zoner. Det finns dock rosterpannor med horisontell eldstad. Bottenaskan och det obrännbara materialet som kommit med avfallet, såsom stenar och metall, avlägsnas från rosterns nedersta ände, för att sedan tas hand om av anläggningens egna system. Vid slutet av förbränningen är det oftast så hett, att bottenaskan har delvist smultit och/eller sintrats. (Vesanto 2006, s. 30)



Figur 1. Exempel på en rosterpanna. (Westenergys interna material 2012)

Olika tillverkares tekniska lösningar för rosterpannor skiljer sig oftast i hur man valt att förflytta bränslet genom förbränningsprocessen. De flesta rosterpannors omblandning och transport av bränsle drivs av hydrauliskt vändande eller tryckande element i rosterytan. Det finns typer av rosterpannor där rörelserna skapas genom skakning, rullande botten-element eller mekaniska omblandare. Kylningen av rostern är viktig eftersom höga temperaturer kan skada den. Det finns två typer av kylning, luftkyld och vattenkyld. Generellt väljer man kylningsmetod beroende på avfallets värmevärde (BIC Group hemsida, 2013):

- 6 – 10 MJ/kg → luftkyld roster
- 8 – 15 MJ/kg → delvis vattenkyld roster
- 12+ MJ/kg → vattenkyld roster

Rostertekniken är lämplig för kommunalt avfall, och kräver därför inte en förbehandling av avfallet före förbränning. Det räcker med källsortering av avfallet, samt att stora fragment först krossas, och att avfallet omblandas för att vara så homogent som möjligt. Med en



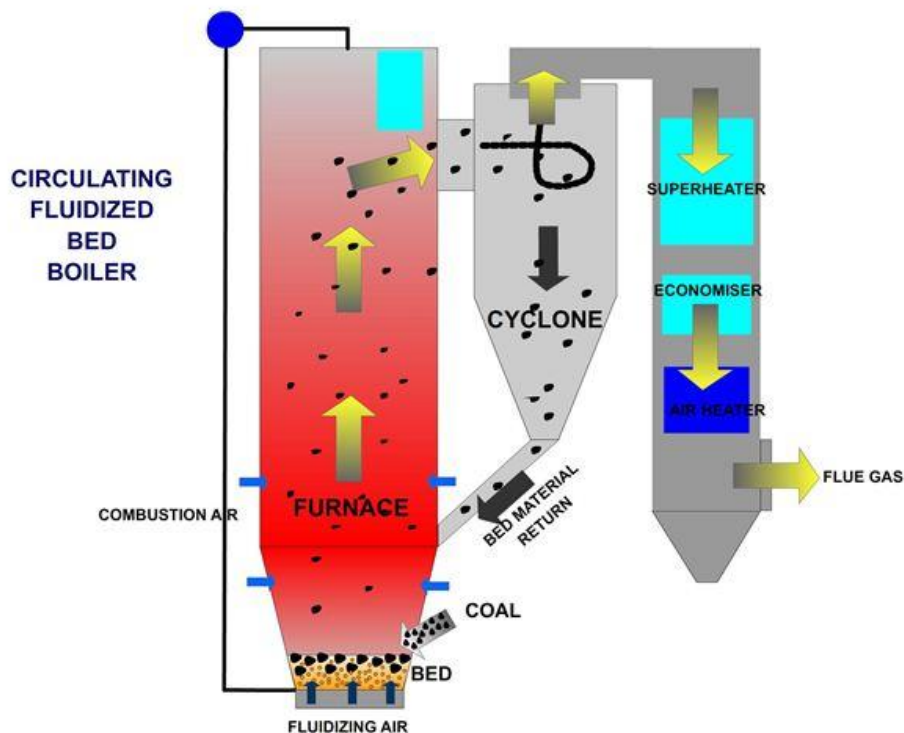
aktiv reglering av förbränningsprocessen, och då främst intaget av primär- och sekundärluft, så tål en rosterpanna variationer i bränslets fukt samt värmevärde väldigt bra. Förutom avfall kan även små mängder slam brännas. En rosterpanna är således utvecklad för att kunna bränna avfall av växlande kvalitet, med en utgångspunkt i att klara av att bränna även mycket smutsiga och korrosiva avfallsfraktioner. En sådan utgångspunkt säkerställer en säker drift, men begränsar energieffektiviteten då ångans temperatur måste hållas lägre för att minska på risken för korrosion. (Vesanto 2006, s. 30)

## 2.2 Fluidiserad bädd

Förbränning med fluidiserad bädd är den andra vanliga tekniken för avfallsförbränning. Det är en metod som oftast väljs vid förbränning av farligt avfall. Det finns två typer av fluidiserade bäddar, där den ena har en låg turbulens utan förlust av bäddmaterial, medan den andra har hög turbulens och kräver därmed en separation av bäddmaterial från rökgaserna samt cirkulation tillbaka till förbränningskammaren. Förbränning i fluidiserad bädd kräver de tre "T":na nämligen Tid, Temperatur och Turbulens. Tekniken baserar sig på en jämn distribution av luft som passerar uppåt genom en fint fördelad bädd av fasta partiklar med en diameter på under 1mm, som kan t.ex. vara sand som ligger på ett fint galler. Avfallet måste genomgå en behandling före förbränningen, där man sorterar bort metaller och oorganiska ämnen, samt krossar avfallet till mindre delar. Man brukar sträva till att krossa avfallet till en storlek av 10 cm bitar. Vid en låg lufthastighet ligger sandbädden orörd, men när hastigheten sakta ökas, når man en punkt då de individuella sandpartiklarna börja sväva i luftströmmen. Med en ytterligare ökning av luftströmmen börjar bubblor formas med en turbulent omblandning, samt en bildning av en tjock och tung bädd yta. Denna bäddyta av fasta partiklar visar nu tecken på egenskaperna för en kokande vätska. (Vesanto 2006, s. 32)

Vid högre lufthastighet försvinner bubblorna och partiklar börja sväva omkring i eldstaden. För att skapa en stabil förbränning måste därför partiklarna avskiljas från rökgaserna i en cyklon, för att sedan föras tillbaka till botten av bädden. Själva fluidiseringen beror mycket på bäddpartiklarnas storlek samt luftströmmens hastighet. Om sandpartiklar hettas upp till ca 850 °C, och bränsle matas in i jämn takt, kommer den fluidiserade bädden att uppnå en jämn temperatur. Genom att hålla en tillräckligt låg temperatur, under den temperatur där askan börjar smälta, sintra ihop och bilda klibbiga agglomerat, undviker man problem med beläggningar på pannväggarna. Den låga förbränningstemperaturen är möjlig tack vare en

hög grad av värmeöverföring från bädden genom överföringsrör i själva bädden samt i dess väggar. (em-ea.org hämtat 27.2.2013)



Figur 2. Exempel på en cirkulerande fluidiserad bädd. (Bright Hub Engineering)

Eftersom den fluidiserade bädden har så goda värmeegenskaper, samt att uppehållstiden för förbränning är längre jämfört med konventionella rosterpannor, kan en CFB-panna ge ifrån sig värme mera effektivt vid lägre temperaturer. En annan fördel som CFB-pannor har är att man kan köra bädden med en kombination av kalksten, vilket i sin tur bidrar till rökgasreningen av svaveldioxid samt kvävedioxid inuti eldstaden. (Liu 2000, s. 65)

### 3 Rökgasrening

I förordningen om avfallsförbränning §12 (mom. 1), uttrycks att förbränningsanläggningar skall konstrueras, byggas, utrustas och drivas så att man kan förhindra sådana utsläpp till luft som orsakar betydande förorening av luften på marknivå. I detta kapitel tas det upp om rökgaskontroll, samt de tre vanligaste sorterna då det gäller rening av sura föroreningar: våt, torr och halvtorr rökgasrening.

### 3.1 Partikelkontroll

Partikelkontroll handlar om separering av primära partiklar, större partiklar såsom askor och sand, samt sekundära partiklar som tungmetaller från rökgaserna. Separeringen av dessa partiklar kan ske med hjälp av diverse tekniska lösningar, som baserar sig på olika fysikaliska metoder. De här metoderna går igenom i detta kapitel.

#### 3.1.1 Partikelavskiljare

Partikelkontroll baserar sig huvudsakligen på att partiklarna i rökgasen kolliderar med reningsenhetens väggar, där partiklarna klumpas ihop och sedan kan avlägsnas från enheten. Metoden av partikelavskiljning används i tre huvudsakliga tillämpningar: gravitationsseparator, cyklon och elfilter.

Gravitationsseparatorer består enkelt beskrivet utav en lång kammare som de förorenade rökgaserna färdas långsamt igenom, vilket tillåter de tyngre partiklarna i rökgasen att sjunka mot botten av separatorn. Denna metod är en gammal och oteknisk lösning som kräver väldigt lite underhåll. Nackdelen är att den endast renar större partiklar tillräckligt effektivt, samt att den måste renas manuellt med jämna mellanrum. (Nevers 2000, s. 250f)

Cykloner är en uppgraderad version av gravitationsseparatorn, där man tillämpar centrifugalkraften för att tvinga ner även de mindre partiklarna i rökgasen. Cyklonen är oftast byggd som en hög cylindrisk kammare, med en konisk botten där partiklarna samlas och avskiljs från enheten. Rökgaserna åker in genom ett rektangulärt inlopp, oftast dubbelt så högt som brett, som är placerad så att den tangerar den cylindriska kammaren. Eftersom rökgaserna direkt fångas upp av ena innerväggen av kammaren, skapas en virvel inuti kammaren. Partiklarna tvingas mot kammarväggarna av centrifugalkrafterna som verkar, och klumpar ihop sig. Samlingarna av såväl större som mindre partiklar faller ner mot den koniska buffern längs med kammarens väggar, där de sedan kan extraheras. Rökgaserna åker sedan ut i botten av den cylindriska kammaren. (Nevers 2000, s. 257f)

Elfilter eller Electrostatic Precipitators (ESP) är som gravitationsseparatorn och cyklonen, en tvingande avskiljare, men använder sig av elektrostatiska krafter för att driva partiklarna mot en laddad vägg. Genom att tvinga rökgaserna in i ett elektrostatiskt fält där partiklarna blir laddade, tvingar man partiklarna mot en av elfiltrets laddade väggar. Väggarna skakas sedan periodiskt så att partiklarna faller ner i en behållare där de tas till vara. (Nevers 2000, s. 266f)

## 3.2 Kontroll av sura föreningar

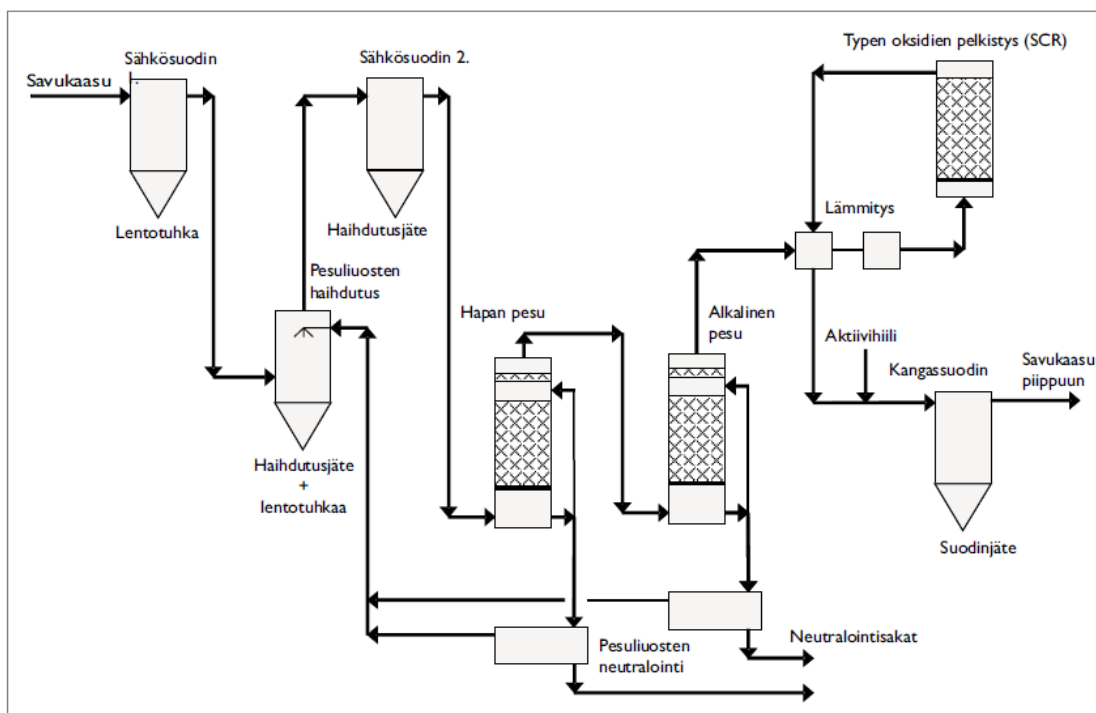
Svaveloxiderna - svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) och svaveltrioxid ( $\text{SO}_3$ ) är skadliga för såväl människa och miljö. Ökade halter av svaveloxider orsakar bl.a. sjukdomar i andningsorganen. Hälsororna ökar också i sådana områden där halten partiklar i luften är hög. Det kan ofta vara svårt eller nästan omöjligt att urskilja hälsopåverkningsorsaker från svaveloxider från partiklar. Tillsammans med kväveoxider bildar svaveloxiderna surt regn, som är skadligt för den levande naturen. Svaveloxiderna skadar även material genom att bl.a. öka metallkorrosion och sprödheten i gipsmaterial. Följande reningsmetoder kan förutom svaveldioxid även rena klorider, tungmetaller och dioxiner. (Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio 2002)

### 3.2.1 Våt rökgasrening

I en våt rökgasrening renas rökgaserna genom tvätt med vatten eller en med föroreningen reagerande lösning. Denna typ av rening görs oftast efter en separering av partiklar ur rökgasen med någon av de ovanstående metoderna. Själva tvätten sker stegvis i olika duschtorn, s.k. scrubbers. I första tvättornet eftersträvas en så effektiv tvätt som möjligt, genom att utsätta rökgaserna för tvätten i tillräckligt lång tid, med så stor kontaktyta mellan gasens sura föreningar och vattnet/lösningen som möjligt. Denna tvätt kallas ofta för en "sur tvätt" då bl.a. klorföreningar binds i tvättvattnet. Det lakvatten som bildas som rest är därför ofta väldigt surt.

Efter den sura tvätten går rökgaserna vidare till en alkalisk tvätt, där man besprutar rökgaserna med t.ex. kalkmjölk eller en natriumhydroxidlösning. Den alkaliska tvätten binder åt sig bl.a. svaveldioxiderna i rökgasen. Om det så krävs kan anläggningens rökgasrening kompletteras med en SCR (Selective Catalytic Reduction) av  $\text{NO}_x$ :er i rökgasen. Här krävs en uppvärmning av rökgaserna till 220–300 °C innan rökgaserna leds till enheten som reducerar  $\text{NO}_x$ :erna. Uppvärmningen kan ske med heta rökgaser eller en skild uppvärmning.

I det sista steget av den våta rökgasreningen filtrerar man bort tungmetaller och dioxiner. Detta görs vanligtvis med att tillföra aktivt kol i rökgasflödet, som binder åt sig föroreningarna.

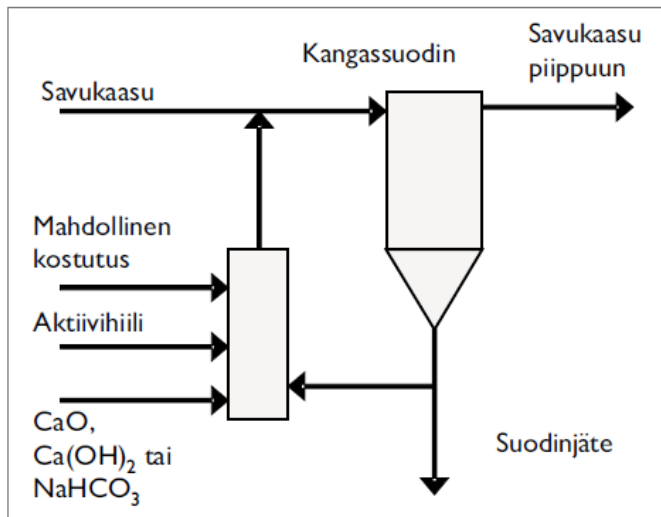


Figur 3. Typisk installation av våt rökgasrening i en stor förbränningsanläggning. (Vesanto 2006)

Den våta rökgasreningen ger en god reningsgrad av rökgaserna, och är ofta ett starkt alternativ i anläggningar med väldigt förorenad rökgas. Nackdelarna är de flera komplicerade stegen som bygger upp systemet, samt att metoden kräver mycket energi. Även lakvattnet som är en oundviklig biprodukt i reningen är väldigt förorenat och måste därför behandlas skilt, oftast genom att förånga vattnet och ta vara på de fasta föroreningarna. (Vesanto 2006, s. 37)

### 3.2.2 Torr rökgasrening

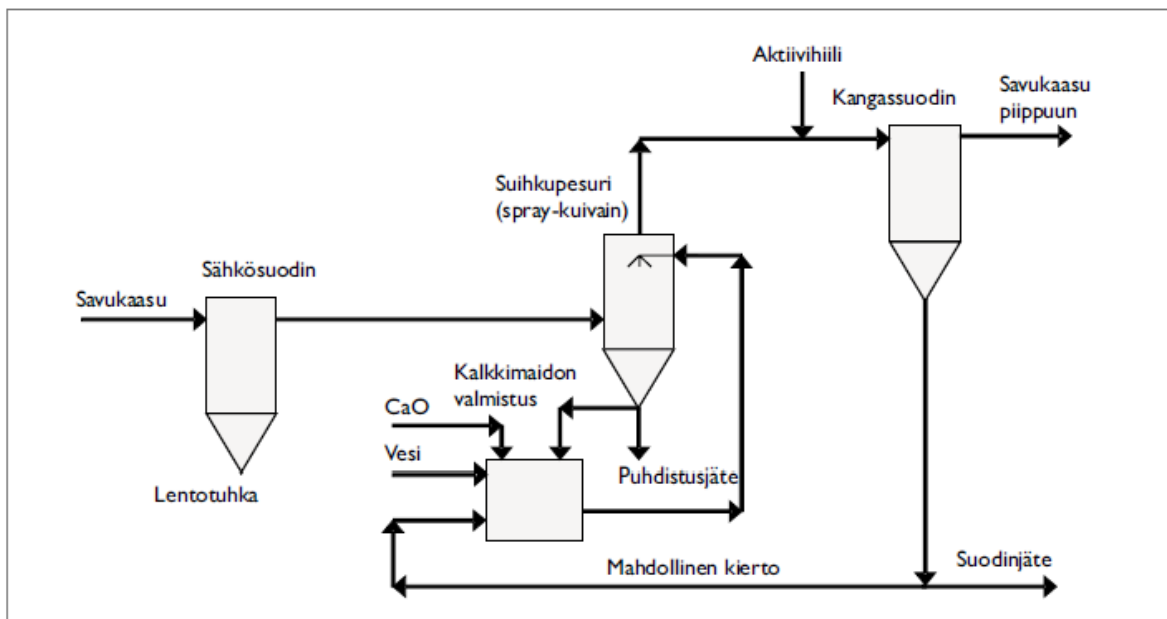
En torr rökgasmetod är mycket enklare än den våta, och ryms bra i små anläggningar då den tar betydligt mindre plats. Tekniken baserar sig på en rening i princip utan vatten, där man sprutar in bindande kemikalier som aktivt kol och kalciumhydroxid i rökgaskanalen före ett tygfilter. Man bör spruta in en liten mängd vatten med kemikalierna för att öka reningsförmågan. Den filtermassa som bildas i tygfiltret tas till vara, varav en del kan återanvändas i rökgasreningen. Fördelarna med torr rökgasrening är den enkla funktionen och det lilla utrymmet som krävs, medan nackdelarna är att reningen kräver större åtgång av kemikalier än de andra metoderna. Avfallet måste också vara av bra och jämn kvalitet för att säkerställa en rening som håller sig under utsläppsgränserna. I figur 4 illustreras en typisk torr process.



Figur 4. Principfunktion för torr rökgasrening. (Vesanto 2006)

### 3.2.3 Halvtorr rökgasrening

Den halvtorra metoden baserar sig på samma teknik som den torra metoden, men har en bättre reningsgrad eftersom man tillsätter betydligt mera vatten i reningsprocessen. För att rena rökgaserna från sura föroreningar tillsätter man en kalk- och vattenlösning, s.k. kalkmjölk, till rökgasflödet i form av små droppar eller dimma. Detta görs ofta i en egen scrubber, men kan även göras i en kammare efter scrubbern eller kyltornet. För att rena rökgaserna från tungmetaller tillsätter man aktivt kol.



Figur 5. Principfunktion för den halvtorra rökgasreningen. (Vesanto 2006)

Själva metoden kallas för halvtorr eftersom man tillsätter så mycket vatten i reningsprocessen att rökgasernas temperatur sänks, men att allt reningsvatten förångas. Tvätten är därför våt, men allt vatten förångas och åker ut med de renade rökgaserna. Efter tvätten fastnar de bundna föroreningarna i ett tygfilter, där man samlar ihop den torra restmassan. Metoden producerar inget avfallsvatten som i den våta rökgasreningen, men har däremot en större mängd restmassa från tygfiltret.

## **4 Verksamhetsbeskrivning**

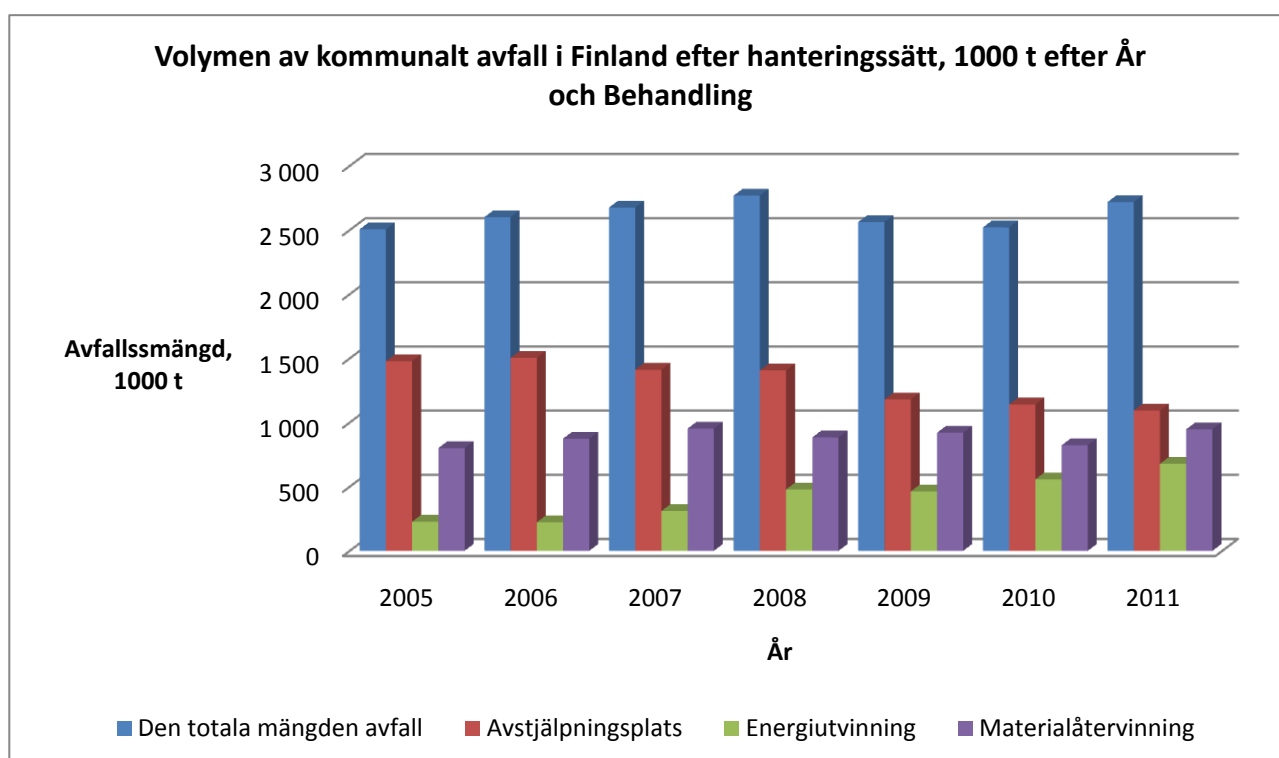
I detta kapitel beskrivs först företaget Westenergy Oy Ab, med dess fem ägare, och hur bolaget är uppbyggt. Det fortsätter med lite om anläggningens bakgrund och hur regionen och landet i helhet drar nytta av hur den energi som produceras tas till vara. Efter detta beskrivs anläggningens olika funktioner i en ordning av hur energin färdas genom anläggningen, från bunkern till de energiutvinnande delarna och behandling av rökgaserna och andra restprodukter.

### **4.1 Företaget Westenergy Oy Ab**

Westenergy Oy Ab ägs av fem kommunala avfallsbolag och driver ett kraftvärmeverk i Korsholms kommun, på samma område som Stormossens avfallscentral. Med kraftvärmeverk menas att det produceras såväl värme som el i anläggningen. De fem ägarbolagen är: Ab Stormossen Oy, Oy Botnjarosk Ab, Lakeuden Etappi Oy, Vestia Oy och Millespakka Oy. Dessa fem avfallsbolag ansvarar för att det avfall som transporteras till Westenergy för att brännas, är korrekt sorterat enligt de anvisningar som delats ut till de ca 400 000 invånarna i verksamhetsområdet. (Westenergy Miljökonsekvensbeskrivning s. 5)

Efter att Westenergy beviljats miljötillstånd för projektet i 2009, påbörjades byggandet av kraftvärmeverket. Det var planerat att anläggningen skulle stå klart i 2012 och påbörja den kommersiella produktionen i början av 2013, men produktionen började redan i augusti 2012. Detta är något som Vasaregionen kunnat glädjas över, eftersom Westenergy har en betydande roll som energiproducent. Med hjälp av den ånga som Westenergy framställer, producerar Vasa Elektriska Ab både el och fjärrvärme. Denna producerade energi täcker en tredjedel av fjärrvärmebehovet i nejden, samt el för ca 7000 hushåll. (nette 4/2012 s. 6)

Man kan se Westenergy som ett kliv i rätt riktning då man tänker på miljön. Genom att använda avfall som bränsle ersätter man fossila bränslen som stenkol och olja som energikälla för fjärrvärme och el, något som speciellt Finland varit dålig med genom tiderna. Detta är dock på bättringsvägen. Enligt Statistikcentralens data av det kommunala avfallens olika hanteringssätt genom åren, visar det en tydlig trend av reducerad deponering och ökad energiutvinning. Ännu år 2005 deponerades nästan 60 % av allt kommunalt avfall i Finland, men efter sju år har andelen sjunkit till 40%.



*Figur 6. Diagram över volymer av kommunalt avfall i Finland och hur deras hanteringssätt ändrats med åren. Baserat på statistikcentralens avfallsstatistik. (Statistikcentralens avfallsstatistik, hämtat 8.1.2013)*

Närmare 90 % av allt avfall i Westenergys verksamhetsområde, som inte går att återanvända eller återvinna på annat sätt, kan utnyttjas i form av energiutvinning. (Statistikcentralens avfallsstatistik)

## 4.2 Funktionsbeskrivning

Westenergys kraftvärmeverk består utav en rad olika processer. Avfallet anländer till anläggningen i ägarbolagens sopbilar, där det dumpas i en 14 meter djup bunker. Härefter



tar Westenergy över ansvaret för avfallet, och påbörjar den rad av bearbetande händelser som gör energiutvinningen av det annars oåtervinningsbara avfallet möjlig. För att enkelt kunna beskriva anläggningens olika funktioner i ett linjärt mönster, så har de olika stegen numrerats och utmärkts på en ritning (Se figur 7 med punkterna 1-9 på sidan 17).

#### **4.2.1 Mottagningshallen**

Sopbilarna som transporterar avfallet till Westenergy kör in i mottagningshallen (1) där de sedan lastar av avfallet. I tipphallen råder ett litet undertryck då pannans primärluft sugts in från tipphallen. Tack vare undertrycket och det faktum att hallen har automatiska portar, är tanken att lukten från bunkern inte ska sprida sig ut i omgivningen.

#### **4.2.2 Bunkern**

Själva bunkern (2) är 14 meter djup och rymmer maximalt ca 8 000 ton avfall, vilket är tänkt att räcka för runt tre veckors energiproduktion. Vanligtvis håller man bunkern på en nivå av 3 400 – 4 800 ton avfall, vilket motsvarar behovet för en veckas förbränning. Ovanför bunkern hänger en gripklo som har en kapacitet på 10 m<sup>3</sup>. Med gripklon blandas avfallet regelbundet om för att få en så jämn kvalitet på bränslet som möjligt. Vid tillfällen då avfallet innehåller stora delar, som t.ex. möbler, lyfts detta upp till bunkerns kross som befinner sig ovanför bunkerns innersta kant, bredvid inkastet till rostern. Krossen mal sönder materialet och ser till att det sedan kan matas in till rostern.

#### **4.2.3 Rostern**

Inkastet till rostern (3) är beläget ovanför bunkerns innersta kant och går vertikalt ner till rostern. Med en maximal förbränning på 550 ton avfall per dygn, bränner Westenergy vid normala förhållanden ca 2 – 3 soppåsar i sekunden. Westenergy använder sig av en rosterpanna för förbränningen av avfallet, som i skrivandets stund har ett värmevärde på ca 11 MJ/kg. Sett som energimängd för avfall är detta ett gott värde, då man vanligtvis pratar om ett värmevärde mellan 9 och 10 MJ/kg för avfall. Rostern har levererats av det Schweizisk-Japanska företaget Hitachi Zosen Inova. Rostern har en yta på 80 m<sup>2</sup> och består utav sektioner av hydrauliskt pressande trappsteg, som sakta trycker avfallet från inkastet ner mot slagguppsamlingen, medan förbränningen sker. Avfallet börjar med att torka upp i den första zonen av rostern, varefter pyrolys-, förgasnings- och

förbränningsskedena följer i nästa zon. Ju längre ner avfallet kommer desto fullständigare blir förbränningen. (Westenergys interna material)

#### **4.2.4 Slagguppsamling**

Den bottenaska som uppstår, samt det obrännbara materialet i avfallet, faller ner i ett vattenbad där det kyls ner och slagguppsamlingen (5) börjar. Den blöta slaggen pressas upp från vattenbadet och faller ner på ett skakande transportband. Transportbandet gallrar bort de största obrännbara delarna från bottenaskan, t.ex. metall, stenar och glas. Det som inte gallras bort fortsätter vidare på ett rullande transportband till containerhallen, där bottenaskan faller ner i automatiserade containrar. En full container lyfts upp från containerhallen till lastningshallen, där en soopleverantör plockar upp den fulla containern. Bilarna som är avsedda för denna verksamhet kan transportera tre containers per kombination, med en container lastat på bilen och två på släpvagn. Bilarna transporterar sedan askan till Lakeuden Etappi för efterbehandling, varefter de återvänder till Westenergy med samma containers fylld med avfall. På detta sätt effektiveras transportererna av såväl bottenaska som avfall. (Westenergy Broschyr: 2012)

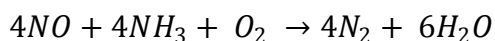
#### **4.2.5 Pannan**

Efter att avfallet förbränts stiger de ca 1000 °C heta rökgaserna som uppstår uppåt i pannan, där de går igenom fyra "drag" av värmeöverförande steg. Ordet "drag" används för att beskriva olika sektioner av eldstaden och pannan, där dragen åtskiljs oftast av en ändring av rökgasernas riktning. I de tre första dragen, som består utav eldstadens väggar, förångas pannvattnet efter att det kommit från fjärde dragets economizer. Rören som går längs med eldstadens väggar, skyddas med en så kallad Inconel-yta. Inconel är en typ av värmebeständig legering, som ofta är en blandning av huvudsakligen nickel och krom, med järn och en rad andra ämnen som supplement. Det fjärde draget är vad man kallar för pannan (4). Efter att pannvattnet förångats leds det tillbaka till pannans superheater, där temperaturen på ångan når 400 °C, och trycket går upp till 40 bar. Från superheatern fortsätter den överhettade ångan sedan ner till turbinen och fjärrvärmecentralen (7 och 10).

#### **4.2.6 Rökgasreningen**

De heta rökgaserna som passerat pannans energiutvinnande delar måste renas innan de kan släppas ut i atmosfären. Gränsvärdena för utsläpp vid förbränning av avfall är mycket

strikt och det ställs hårdare krav på avfallskraft än vad det görs på konventionella kraftverk. Vid Westenergy sköts reningsprocessen i två olika skeden för att effektivt minska på de skadliga utsläppen. Det första steget är reducering av kväveoxider (NO<sub>x</sub>:er) och sker i eldstaden. Reningstekniken som är utvecklad av Hitachi Zosen Inova heter DyNOR™ och är för tillfället den enda i sitt slag. Tekniken använder sig av så kallad SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction) för att omvandla kväveoxiderna till kvävgas och vatten. I den datorstyrda processen sprutas en 25 % ammoniaklösning in på olika nivåer i eldstaden. Insprutningen kan lätt regleras för att uppnå önskad effekt.



(reaktionsbalans vid reducering av NO i rökgasen)

Det andra steget (6) av rökgasreningen börjar då rökgaserna lämnar pannan och möter den halvtorra reningstekniken i anläggningen. Rökgaserna åker först ner genom ett kyltorn, som sänker temperaturen från ca 170 °C till ca 140 °C. Detta för att effektivisera reningsgraden av sura föroreningar i följande steg. Den sänkta rökgastemperaturen tillåter reningskomponenterna kalk och aktivt kol att binda åt sig föroreningar ur rökgaserna. Från kyltornet åker rökgaserna in i den så kallade LAB Loop-reaktorn. I Loop-reaktorn tillför man både släckt kalk och aktivt kol, som binder åt sig giftiga och sura föreningar i rökgasen, som SO<sub>x</sub>:er, klorföreningar, tungmetaller och dioxiner. Den smutsiga reningsmassan åker vidare från reaktorn till rökgasfiltret, som består utav stora celler av tubfilter av teflontyg. De sex meter långa tubfiltren släpper igenom den renade rökgasen, medan den smutsiga reningsmassan av kalk- och kolrest fastnar i filtret. Härifrån faller sedan reningsmassan ner från filtret, varifrån en del åker direkt till en förvaringssilo, medan största delen aktiveras på nytt i en återfuktningsskrub som går tillbaka till LAB-reaktorn. På detta sätt sparar man på dyra råvaror genom att återanvända ännu icke-reagerad reningskomponent.

#### 4.2.7 Silorna

I den borte ändan av anläggningen står fyra silon (9), varav två är för restprodukter och två för kalk och aktivt kol. De två silorna för restprodukter är 80 m<sup>3</sup> stora och fungerar som mellanlagring av APC-rester samt flygaska. APC står för Air Pollution Control och innefattar den restmassa som uppstår i rökgasfiltret vid Westenergys rökgasrening. Restmassan klassas som farligt avfall och består utav det kalk och aktivt kol som bundit åt sig föroreningar ur rökgaserna. Flygaska är sådan aska som transporterats med

rökgasströmmen från eldstaden till pannan, varefter det avlägsnas och skickas till sin silo. Båda dessa restprodukter transporteras till Ekokem för behandling.

#### **4.2.8 Skorsten**

Den renade rökgasen som passerar tygfiltret åker först genom en ljuddämpare, efter vilken den färdas genom ett 30 m långt rör där den slutliga mätningen av rökgasens sammansättning utförs. Genom att analysera halten föroreningar kontinuerligt, försäkras man sig om att hålla sig under gränsvärdena för utsläpp till luft. Skorstenen (8) som sedan leder ut rökgaserna är 75 meter hög. Den höga höjden säkerställer att den lokala miljön inte tar åt sig allt som anläggningen släpper ut, även om mängderna är väldigt små.

#### **4.2.9 Turbin och generator**

Ångan som leds från pannan har en temperatur på 400 °C, och ett tryck på 40 bar. Ångproduktionen ligger på ett medeltal av 70 t/h och leds ner till turbinhallen (7), som ligger rakt under pannan. Turbinen roterar med en hastighet av 8660 rpm, vars rörelseenergi överförs till generatoren via en växellåda ner till generatorens 1500 rpm. Med turbinen och generatoren producerar Vasa Elektriska elektricitet med en maximal effekt på 15 MW och med en årlig produktion på 80 GWh. Generatoren är en 10,5 kV, 50 Hz, vattenkyld generator, levererad och installerad av tyska företaget MAN Diesel & Turbo SE. (Diskussion med Kaj Alavillamo, chef för elektriska och automation vid Westenergy, 7.9.2012)

#### **4.2.10 Fjärrvärmecentralen**

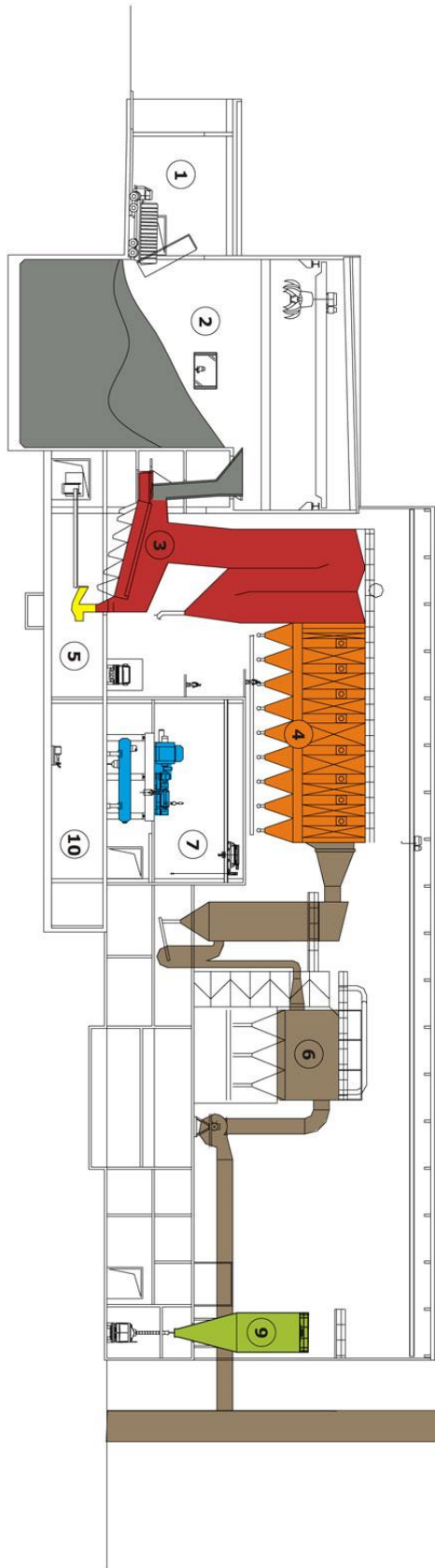
Fjärrvärmecentralen (10) ligger under turbinhallen, medan pumparna som distribuerar värmen finns belägna i källarvåningen under kondensorererna. I fjärrvärmecentralen finns två värmeväxlare som överför den återstående värmeenergin från turbinångan till det vatten som cirkulerar i fjärrvärmenätet. Den sammanlagda effekten av dessa två värmeväxlare är 40 MW, och värmer det inkommande vattnet från mellan 40 och 80 °C, till mellan 65 och 115 °C, beroende på årstid och behov. Ångan som används vid värmeöverföringen kondenseras tillbaka till vatten då den kyls ner. Den leds därefter tillbaka via matartanken till pannans energiutvinnande delar, för att åter igen hettas upp till ånga.

Fig

19.1.2013)

## 5 Rökga

I detta kapit  
beståndsdel  
i kapitel 5.2



farligt avfal  
"brandfarligt  
någon motsv

s olika förorenande  
förbränning tas upp  
i detta arbete. Med

### 5.1 Beskr

De mest re  
svaveloxider  
miljörisken

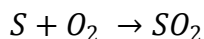
lant avfall som är:  
iljöfarligt eller har

Reningen av dessa föroreningar tas upp i kapitel 6.

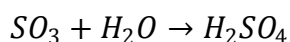
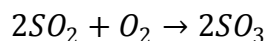
tel. Till dessa hör  
ans till den största  
r därför definieras.

### 5.1.1 Svaveloxider

Svaveldioxid  $SO_2$  och svaveltrioxid  $SO_3$  är sura föroreningar som alltid är närvarande i en rökgas, med många olika källor att bildas från, eftersom svavel är ett i regel allmänt ämne i främst fossila bränslen men även avfall. Största delen av det svavel som finns i bränslet frigörs vid förbränningen.



Små mängder kommer att binda sig till bottenlaggets alkalimetaller, medan det resterande kommer att bilda svaveloxider. Dessa svaveloxider ( $SO_2$  och  $SO_3$ ) är skadliga för både människors hälsa och miljö. Gaserna är färglösa, irriterande och lösliga i vatten varpå det bildas svavelsyra. Svaveldioxid reagerar med syre och bildar svaveltrioxid, som i sin tur bildar den starka svavelsyran  $H_2SO_4$  då den reagerar med vatten enligt: (Raiko 2002)



### 5.1.2 Tungmetaller

En tungmetall är egentligen en metall eller legering som har en densitet högre än  $5\text{g/cm}^3$ , men termen tungmetall används även för att beskriva tunga och miljöfarliga metaller. Vid förbränning av avfall handlar det främst om kvicksilver, bly och kadmium. Dessa metaller är speciellt giftiga då de bl.a. bryter ner proteiner i kroppen och är s.k. bioackumulerbara. Detta innebär att ämnen lagras och ansamlas i levande organismer, med en ökad halt av ämne ju högre upp i näringskedjan man rör sig. (Raiko 2002)

### 5.1.3 Dioxiner och furaner

Dioxiner är organiska molekyler, uppbyggda av väte- klor och syreatomer. De består utav två klorerade bensenringar, ihopkopplade med antingen en eller två syreatomer. När båda bensenringarna är ihopkopplade med endast en syreatom, kallas molekylerna för dibensofuran eller PCB. När båda bensenringarna är ihopkopplade med två syreatomer, kallas molekylerna för dioxin.

Dioxiner bildas huvudsakligen vid ofullständig förbränning av organiskt material som innehåller klor och är mycket giftiga. De är bioackumulerbara och kan orsaka en rad olika negativa hälsoeffekter hos människor, bl.a. cancer. (BIC Group)

## 5.2 Krav enligt lagen

Verksamheten vid Westenergys kraftvärmeverk regleras av miljöskyddslagen (86/2000) samt statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003). Detta enligt §3 (mom. 1) i förordningen om avfallsförbränning.

Enligt §8 i förordningen om avfallsförbränning ska förhållandena under förbränningen säkerställa en fullständig förbränning av avfallet, där den totala mängden organiskt kol i slaggen är mindre än tre procent eller glödningsförlusten är mindre än fem procent räknat på torr vikt. Rökgaserna måste också under förbränningen kontrollerat uppnå en temperatur av 850 °C för minst två sekunders tid, även under ogynnsamma förhållanden. I §9 fastställs även kravet av stödbrännare, som garanterar att temperaturen inte sjunker under 850 °C.

Förordningen om avfallsförbränning (362/2003) §13 uttrycker sig om de gränsvärden för utsläpp till luft, vilka ett avfallskraftverk måste hålla i sin drift, medan §16 - §19 tar upp de krav på mätning som ställs. Mätningar måste utföras kontinuerligt och de utsläppsresultat som uppmätts måste räknas om för att stämma med i lagen fastställda omständigheter i fråga om syre. I fråga om förbränningsanläggningar ska beräkningar göras enligt en formel som följer för rökgaser en temperatur på 273 °K, ett tryck på 101,3 kPa och en syrehalt på 11 procent (se kapitel 6.4 för hur Westenergy räknar ut sina värden i rökgasen).

I tabell 1 är dygnsmedelvärdena för utsläpp till luft listade. Då det gäller kväveoxid och kvävedioxid hör Westenergy till den övre kategorin, med ett dygnsmedelvärde på 200 mg/m<sup>3</sup>. Något som inte är tabellerat men som nämns i förordningen för avfallsförbränning är gränsvärdet för kolmonoxid (CO). Kolmonoxid har en gräns av 50 mg/m<sup>3</sup> för dygnsmedelvärde.

*Tabell 1. Dygnsmedelvärden för utsläpp till luft.*

### Dygnsmedelvärden

Total stoftmängd	10 mg/m <sup>3</sup>
Organiska ämnen i gas- och ångform omräknat till totalt organiskt kol (TOC)	10 mg/m <sup>3</sup>
Saltsyra (HCl)	10 mg/m <sup>3</sup>
Flourväte (HF)	1 mg/m <sup>3</sup>
Svaveldioxid (SO <sub>2</sub> )	50 mg/m <sup>3</sup>

Kvävemonoxid (NO) och kvävedioxid (NO <sub>2</sub> ) omräknat till kvävedioxid; gäller befintliga förbränningsanläggningar med en nominell kapacitet över 6 ton/h samt andra än befintliga förbränningsanläggningar	200 mg/m <sup>3</sup>
---	-----------------------

(Statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003) bilaga V)

I tabell 2 är gränsvärden mätta med ett medeltal under en halvtimme. Värdena som redovisas är tagna ur kolumn B i förordningen. Något som inte är tabellerat men som nämns i förordningen för avfallsförbränning är gränsvärdet för kolmonoxid (CO). Kolmonoxid har en gräns av 100 mg/m<sup>3</sup> för halvtimmesmedelvärde.



Tabell 2. Halvtimmesmedelvärden för utsläpp till luft.

### Halvtimmesvärden

Total stoftmängd	10 mg/m <sup>3</sup>
Organiska ämnen i gas- och ångform omräknat till totalt organiskt kol (TOC)	10 mg/m <sup>3</sup>
Saltsyra (HCl)	10 mg/m <sup>3</sup>
Flourväte (HF)	2 mg/m <sup>3</sup>
Svaveldioxid (SO <sub>2</sub> )	50 mg/m <sup>3</sup>
Kvävemoxid (NO) och kvävedioxid (NO <sub>2</sub> ) omräknat till kvävedioxid; gäller befintliga förbränningsanläggningar med en nominell kapacitet över 6 ton/h samt andra än befintliga förbränningsanläggningar	200 mg/m <sup>3</sup>

(Statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003) bilaga V)

Tabell 3 innehåller gränsvärden satta för de mest toxiska och miljöfarliga föreningar som förekommer i rökgaser. Hit hör förutom dioxiner och furaner, även tungmetaller.

Tabell 3. Medelvärden för tungmetaller, samt för dioxiner och furaner.

**Alla medelvärden skall bestämmas med en provtagningsperiod på minst 30 minuter och högst åtta timmar**

Kadmium och kadmiumföreningar omräknat till kadmium (Cd)	totalt 0,05 mg/m <sup>3</sup>
Tallium och talliumföreningar omräknat till tallium (Tl)	
Kvicksilver och kvicksilverföreningar omräknat till kvicksilver (Hg)	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Antimon och antimonföreningar omräknat till antimon (Sb)	totalt 0,05 mg/m <sup>3</sup>
Arsenik och arsenikföreningar omräknat till arsenik (As)	
Bly och blyföreningar omräknat till bly (Pb)	
Krom och kromföreningar omräknat till krom (Cr)	
Kobolt och koboltföreningar omräknat till kobolt (Co)	
Koppar och kopparföreningar omräknat till koppar (Cu)	
Mangan och manganföreningar omräknat till mangan (Mn)	

Nickel och nickelföreningar omräknat till nickel (Ni)	
Vanadin och vanadinföreningar omräknat till vanadin (V)	

(Statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003) bilaga V)

### 5.3 Krav enligt miljötillståndet

Enligt miljöskyddslagen (86/2000) §28 behövs det miljötillstånd för sådan verksamhet som medför risk för förorening av miljön. Westenergys kraftvärmeverk med sina utsläpp i luft är ett exempel på sådan verksamhet. I miljötillståndet behandlas verksamhetens omfattning, samt utsläpp och föreskrifter för minskning av dessa utsläpp. Tyngpunkten vid beviljande av tillstånd sätts på att verksamheten inte medför olägenhet för hälsan eller betydande risk för miljöförorening. (Miljötillstånd på ympäristö.fi)

I detta kapitel tas inte upp sådana krav som redan nämnts i kapitel 5.2. I Westenergys miljötillstånd tas det skilt upp om utsläppen i luften. Enligt punkt 10 i miljötillståndet ska rökgaserna från rosterpannan ledas ut via en skorsten som är minst 75 meter hög, mätt från marken, med en utströmningshastighet som är tillräckligt hög för att hindra rökgaserna från att genast falla ner mot marken.

Miljötillståndet påpekar även att rökgasreningen ska basera sig på den torra eller halvtorra metod med kalk och aktivt kol som reningsreagenter, som hänvisats till i ansökan. Kvävereduktionen av rökgaserna bör utföras genom att kombinera förbränning med en selektiv icke-katalytisk reduktion, d.v.s. SNCR-metod. Detta påverkas även av miljötillståndets 46:e punkt på sidan 14, som tar upp kravet på bästa tillgängliga teknik (BAT) och energieffektivitet. Westenergy bör följa utvecklingen av BAT, samt utnyttja den bästa ekonomiskt tillgängliga tekniken i anläggningens alla funktioner, så att utsläppen och Westenergys miljökonsekvenser är så små som möjligt och energiproduktionen blir så effektiv som möjligt. (Westenergys miljötillstånd s. 4–5 och s. 14.)

Man är även noga med att påpeka den uppföljning som Westenergy måste göra i och med mätningarna av rökgasen. Dokument och mät rapporter som gäller mätningen av utsläpp ska sparas och bevaras i minst tre år. Alla mätningar måste utföras i enlighet med CEN-standards, ISO-standards eller andra nationella eller internationella standards. (Westenergys miljötillstånd sida 9) Westenergy ska även när det gäller anläggningens utsläpp i luften delta i den gemensamma kontrollen av luftkvaliteten i Vasaregionen. Om

gränsvärdena för utsläpp i luften av någon orsak skulle överskridas, får verksamheten inte pågå över fyra timmar utan avbrott. Totalt får sådana tillfällen summeras till maximalt 60 timmar under ett års tid. (Westenergys miljötillstånd s. 12)

#### **5.4 Krav på rester från rökgasrening**

I och med att det uppstår avfall av olika sort och grad av verksamheten vid Westenergys kraftvärmeverk, har miljötillståndet stadgat hur dessa rester ska hanteras. Den aska och rökgasreningensrest som bildas ska förvaras och transporteras i tätt förslutna behållare för att effektivt förhindras från att spridas i miljön. Rökgasreningen ska enligt miljötillståndet bedömas som farligt avfall tills annat kan eventuellt påvisas. (Westenergys miljötillstånd sida 11)

Enligt Statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003) §15 ska "mängden av förbränningsrester från driften av förbrännings- eller samförbränningsanläggningar begränsas så att den blir så liten som möjligt, och förbränningsresternas skadlighet skall förhindras så långt det går. Förbränningsresterna skall såvitt möjligt omedelbart återvinnas vid anläggningen eller på något annat sätt så som bestäms i miljötillståndet."

#### **5.5 Analys av rökgas**

Följande är en beskrivning av hur mätningarna av rökgasen sker. Efter att rökgaserna lämnat filtret åker den renade rökgasen genom en ljuddämpare mot anläggningens bortre kortsida, där skorstenen står utanför. En närmare beskrivning av dessa steg av rökgasreningen finns i kapitel 6. Före rökgaserna släpps ut i atmosfären, mäter man halter av en rad olika föreningar. EMS:n (Emission Monitoring Station) som består utav flera analyserare är belägen bredvid ljuddämparen. Kontrollstationen försäkrar en kontinuerlig, kvantitativ och selektiv mätning. Värdena från analysen skickas till ett korrigeringsprogram som räknar ut föroreningarnas halter vid 11 % O<sub>2</sub> (torr rökgas). Nedan följer en lista på de olika föreningar som mäts i kontrollstationen, med mätenhet bredvid föreningen och en korrigeringsberäkning för 11 % O<sub>2</sub> (om sådan utförs) under.

- Rökgasens temperatur [°C]
- Rökgasens tryck [kPA]
- Stofthalt [mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

- Rökgasens flöde [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $\text{H}_2\text{O}$ -halt [vol% våt rökgas]
- $\text{O}_2$ -halt [vol% våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{O}_2\% \text{ torr rökgas} = \text{O}_2\% \text{ våt} / (1 - \text{H}_2\text{O}\% \text{ våt})$$

Med flödesberäkningen:

$$V_f \text{ (volymflöde) torr rökgas } [\text{m}^3/\text{h}] = 3600 * V_f \text{ våt } [\text{m}^3/\text{s}] * (1 - \text{H}_2\text{O} \%)$$

$$V_f \text{ torr } [\text{Nm}^3/\text{h}] = V_f \text{ torr } [\text{m}^3/\text{h}] * (273 / (\text{T}^\circ\text{C} + 273)) * (101.3 \text{ kPa} / P \text{ kPa})$$

$$V_f \text{ torr } [\text{Nm}^3/\text{h}] \text{ uttryckt vid } 11\% \text{O}_2 = V_f \text{ torr} * (21\% - 11\%) / (21\% - \% \text{O}_2 \text{ torr})$$

Med följande korrigeringsberäkning för stoft:

$$\text{Stoft mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas vid } 11\% \text{O}_2 = \text{stoft mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{O}_2)$$

- HCl-halt [ $\text{mg}/\text{m}^3$  våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{HCl mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{O}_2 = \text{HCl mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{O}_2)$$

- HF-halt [ $\text{mg}/\text{m}^3$  våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{HF mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{O}_2 = \text{HF mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{O}_2)$$

- $\text{SO}_2$ -halt [ $\text{mg}/\text{m}^3$  våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{SO}_2 \text{ mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{O}_2 = \text{SO}_2 \text{ mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{O}_2)$$

- NO<sub>x</sub>-halt [NO<sub>2</sub> mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

NO och NO<sub>2</sub> mäts separat och ges som mg/m<sup>3</sup> våt rökgas.

Andelen NO<sub>x</sub> som mäts som NO uttrycks som NO<sub>2</sub> enligt NO<sub>2</sub> mg/m<sup>3</sup> våt rökgas = NO mg/m<sup>3</sup> våt rökgas \* (46 / 30) g/mol

Andelen NO<sub>x</sub> som mäts som NO<sub>2</sub> adderas till summan och representerar totala mängden NO<sub>x</sub> i rökgasen, uttryckt som NO<sub>2</sub> mg/m<sup>3</sup> våt rökgas

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{NO}_2 \text{ mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{ O}_2 = \text{NO}_2 \text{ mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{ O}_2)$$

- NH<sub>3</sub>-halt [mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{NH}_3 \text{ mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{ O}_2 = \text{NH}_3 \text{ mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{ O}_2)$$

- CO-halt [mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{CO mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{ O}_2 = \text{CO mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{ O}_2)$$

- TOC-halt (Total Organic Carbon, dvs halten organiskt kol) [mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

TOC mäts genom att jämföra proportionen av CH<sub>4</sub> och C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> enligt ett lågvärde som representerar respektives andel i rökgasen.

$$\text{TOC} = \text{CH}_4 * X\% + \text{C}_3\text{H}_8 * Y\%, \text{ där } X + Y = 100\%$$

Det egentliga värdet beräknas enligt följande:

$$\text{TOC mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{ O}_2 = (\text{CH}_4 * X\% + \text{C}_3\text{H}_8 * Y\%) \text{ mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (P \text{ kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{ O}_2)$$

- Hg-halt [mg/m<sup>3</sup> våt rökgas]

Med följande korrigeringsberäkning:

$$\text{Hg mg/Nm}^3 \text{ torr rökgas } 11\% \text{O}_2 = \text{Hg mg/m}^3 \text{ våt} * (1 / (1 - \text{H}_2\text{O}\%)) * ((\text{T}^\circ\text{C} + 273) / 273) * (\text{P kPa} / 101,3 \text{ kPa}) * (21\% - \text{O}_2\% \text{ torr}) / (21\% - 11\% \text{O}_2)$$

Analysystemet kan automatiskt ge de värden som EU:s direktiv för utsläpp vid avfallsförbränning kräver att man ska förevisa. (LAB EMS-memo)

## 6 Fallstudien

Arbetets syfte är att ge Westenergy en idé av vad VapoLAB skulle innebära i form av lönsamhet för företaget. Genom att först studera SecoLAB och dess funktioner, skaffades en grund för hur rökgasreningen fungerar. Kapitel 6.1 beskriver funktionerna som bygger upp SecoLAB, medan kapitel 6.2 tar upp VapoLAB och dess skillnader från SecoLAB. De tekniska skillnaderna i återcirkuleringen av filtermassa har varit i fokus, och teorin för ångaktivering av förbrukat kalk beskrivs i kapitel 6.2.1.

Alternativen för en installation av ACTILAB i Westenergys anläggning presenteras i kapitel 6.3, där skillnaderna mellan alternativen grundar sig i hur man vill förse ACTILAB:en med ånga. Installation och placeringsmöjligheterna för ACTILAB:en beskrivs i kapitel 6.4, medan inbesparingsberäkningarna presenteras i kapitel 6.5.

För Westenergy är det främst den skilt gjorda kostnadskalkylen som är intressant. Genom att räkna ut hur mycket Westenergy spenderar på kalk och avgifter för efterbehandlingen av APC, kan en möjlig besparing beräknas som följd av uppgraderingen. Ekonomin har lämnats bort från denna offentliga version, eftersom avsnittet innehåller affärshemligheter. Se kapitel 6.5 för en beskrivning av hur kostnadskalkylen utfördes.

### 6.1 SecoLAB

Kapitlet går igenom SecoLAB:s olika funktioner i den ordning som rökgasen rör sig igenom dem. SecoLAB är benämningen på den halvtorra rökgasrening som Westenergy använder sig av. SecoLAB:s delar består utav ett kyltorn, en reaktorkammare (LAB-loop) och ett tygfilter med en återcirkulerande fuktningsskruv tillbaka till reaktorkammaren. Fallstudien som gjorts på en uppgradering från SecoLAB till VapoLAB vid Westenergys anläggning har satt fokus på skillnaden i återaktiveringen av restmassa från filtret, då

SecoLAB endast använder sig av återfuktning, medan VapoLAB använder sig av ånga för att regenerera ytorna av kalk.

### **6.1.1 Kyltorn**

Kyltornet är cylindriskt med en konisk botten, med rökgasens inlopp vid toppen av tornet. Det är installerat nedströms från den energiutvinnande pannan och säkerställer en sänkning av rökgasens temperatur från ca 170 °C till ca 140 °C, samt en ökning av rökgasens fukthalt. Kyltornets funktion ökar reningsgraden av rökgasen, som sker i LAB-loopen och tygfiltret. Före kyltornet mäter man rökgasens temperatur med ett system som automatiskt alarmerar för antingen låg, hög eller väldigt hög temperatur. Med den kontinuerliga mätningen av rökgasens temperatur kan man reglera mängden vatten som sprutas in i kyltornet, för att sänka rökgasens temperatur till önskad temperatur.

De heta rökgaserna kyls ner genom att spruta in vatten i väldigt små droppar, som förångas i kyltornet. Vattnet sprutas in med högtryck med s.k. "dual nozzles", dvs. ett munstycke som blandar luften och vattnet vid injektion. Detta producerar väldigt små vattendroppar som effektivt förångas före rökgasen hinner lämna kyltornet. Totalt åtta munstycken är placerade under rökgasens inlopp vid toppen av tornet. Vattnet tas från en skild vattentank med pumpar som förser injektionen med behövligt tryck.

Rökgasen lämnar kyltornet genom ett utlopp vid botten av tornet, som är placerat ovanför kyltornets koniska bottenbehållare för flygaska, och åker in i LAB-loopen. Samtidigt extraheras den flygaska som ackumuleras från rökgasen i botten av kyltornet med hjälp av en transportskruv, som sedan skickar det vidare till en silo. (LAB FGT process description)

### **6.1.2 LAB-loop**

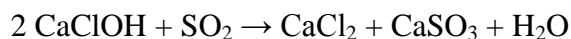
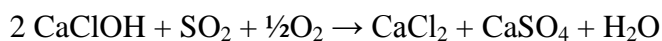
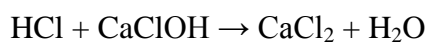
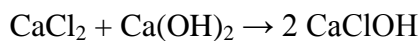
LAB-loopen är en reaktorkammare i vilken de torra absorbenterna kalk och aktivt kol sprutas in för att rengöra rökgasen från främst SO<sub>x</sub>:er, klorföreningar, tungmetaller och dioxiner. Reaktorn är utformad för att skapa en turbulent miljö där en så stor massöverföring som möjligt kan ske från rökgasen till absorbenterna, medan man samtidigt sänker rökgasens temperatur och höjer fuktigheten.



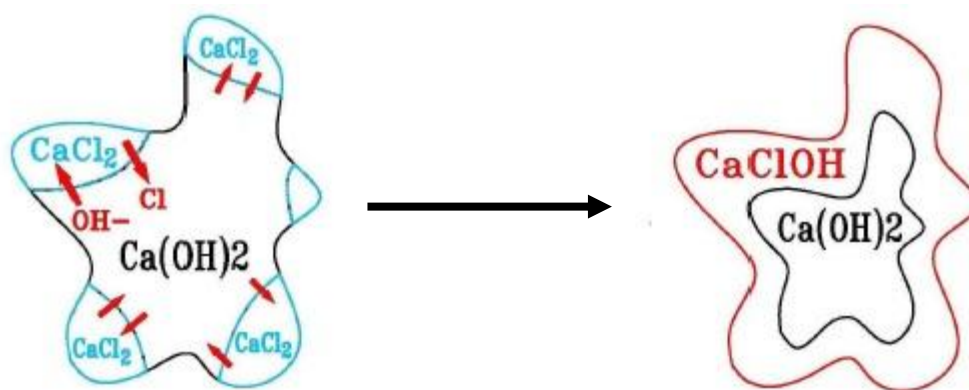
Figur 8. LAB-loopen t.v. med den röda fuktningsskraven t.h.

Till LAB-loopen recirkuleras ca 7 ton restmassa per timme från tygfiltret. Restmassan består utav kalk och aktivt kol som absorberat föroreningar i rökgasen. All restmassa som fastnar i filtret samlas i transportband under filtret, varifrån en del åker till en förvaringssilo, medan resten faller ner i en buffertank. Buffertanken matar sedan ner restmassa till en s.k. *recirculated and humidified residues injection screw* (återfuktningsskruv) som spelar en stor roll i SecoLAB-systemet. Skruven återfuktar restmassan från tygfiltret genom att väta den med ett vattenflöde av ca 1,2 m<sup>3</sup> per timme.

Fuktningen av restmassan har en kemisk effekt på kalken, där man regenererar ytan av kalkpartiklarna genom att främja fasta reaktioner:





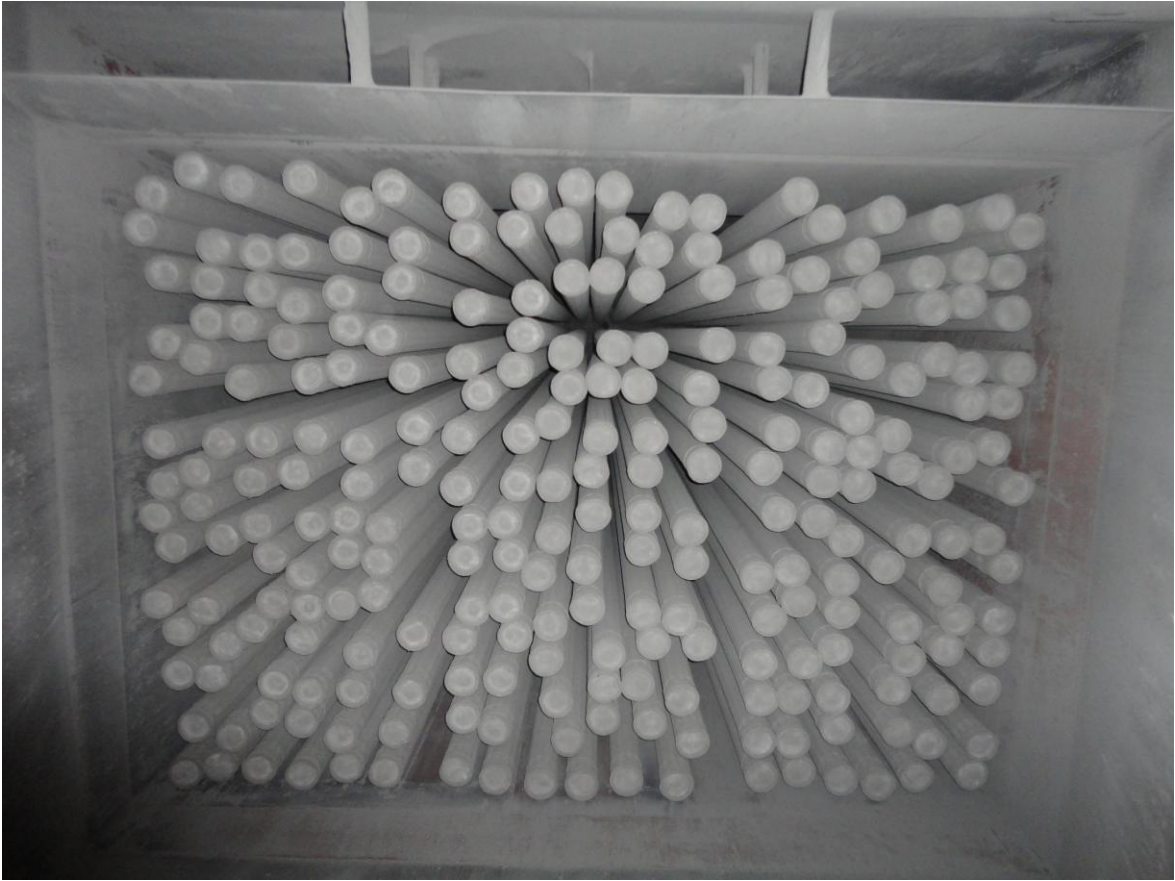


Figur 9. Illustration på den fasta reaktionen som sker vid återaktivering av en kalkpartikel. (Westenergy VapoLAB presentation)

I återfuktningsskruven sker en långsam diffusion mellan  $\text{CaCl}_2/\text{CaSO}_4/\text{CaSO}_3$  och  $\text{Ca(OH)}_2$ , vilket producerar  $\text{CaClOH}$  som är en aktiv reagent med möjlighet att binda åt sig ytterligare  $\text{SO}_2$  och  $\text{HCl}$  från rökgasen. Återaktiveringen av kalken kräver en balans av tid, fukt och temperatur. Kalkgrynen som cirkuleras tillbaka till LAB-loopen utsätts för denna regenerativa miljö inuti fuktningsskruven, där den sakta mognar till en återanvändbar reagent. Efter några cirkulationer av samma sats av kalk, kommer kornkärnorna att vara väldigt små, med det mesta av kalken reagerat med  $\text{SO}_2$  och  $\text{HCl}$ . Injektionen av vatten i skruven regleras enligt den mängd restmassa som cirkuleras tillbaka till LAB-loopen. Detta för att hålla rökgasens temperatur inuti LAB-loopen vid ca  $140\text{ }^\circ\text{C}$ .

### 6.1.3 Slangfilter

Då rökgaserna lämnar LAB-loopen åker de upp för att filtreras. Filterhuset består utav sex kammare i vilka de sex meter långa tygfiltren hänger. Filtrena är gjorda av teflontyg och är påträdde på cylindriska metallkorgar som förhindrar tygslangarna från att kollapsa. Konstruktionen av filterhuset tillåter inspektion och underhåll av en kammare åt gången under drift, genom att stänga av inloppet av rökgas till önskad kammare. Under varenda kammare finns samlingsbehållare för de föroreningar som samlas i filtret. Det finns serviceluckor såväl upp på filtretaket för varenda kammare, samt nere vid behållarna.



Figur 10. Bild på hängande slangfilter i en kammare. (Westenergy interna material)

Då den råa rökgasen träffar slangfiltrens ytersida, fastnar det partiklar bestående av flygaska samt torr reagentmassa av kalk och aktivt kol ( $\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$  ;  $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$  ;  $\text{CaSO}_3, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) på ytersidan av slangfiltret. Denna blandning som fastnar på slangfiltret bildar ett reaktivt lager av kalk och aktivt kol som den råa rökgasen måste tränga igenom. Man kallar detta för *filterkaka*, ett reaktivt lager av kemikalier som tillåter en sista adsorption av föroreningar i rökgasen. För att undvika förstoppning av slangfiltrena, med tryckfall som följd, dammar man regelbundet av slangfiltrena med en puls av högtrycksluft. Luften blåses in i slangarna, som skapar en våg av expansion som skakar loss den filterkaka som byggts på utsidan av slangfiltrena. Denna restmassa som nu faller av filtret samlas upp i behållare som ligger belägna under de sex kammarsektionerna. Den filtrerade rökgasen åker igenom filtret och ut till skorstenen via en ljuddämpare.

## 6.2 VapoLAB

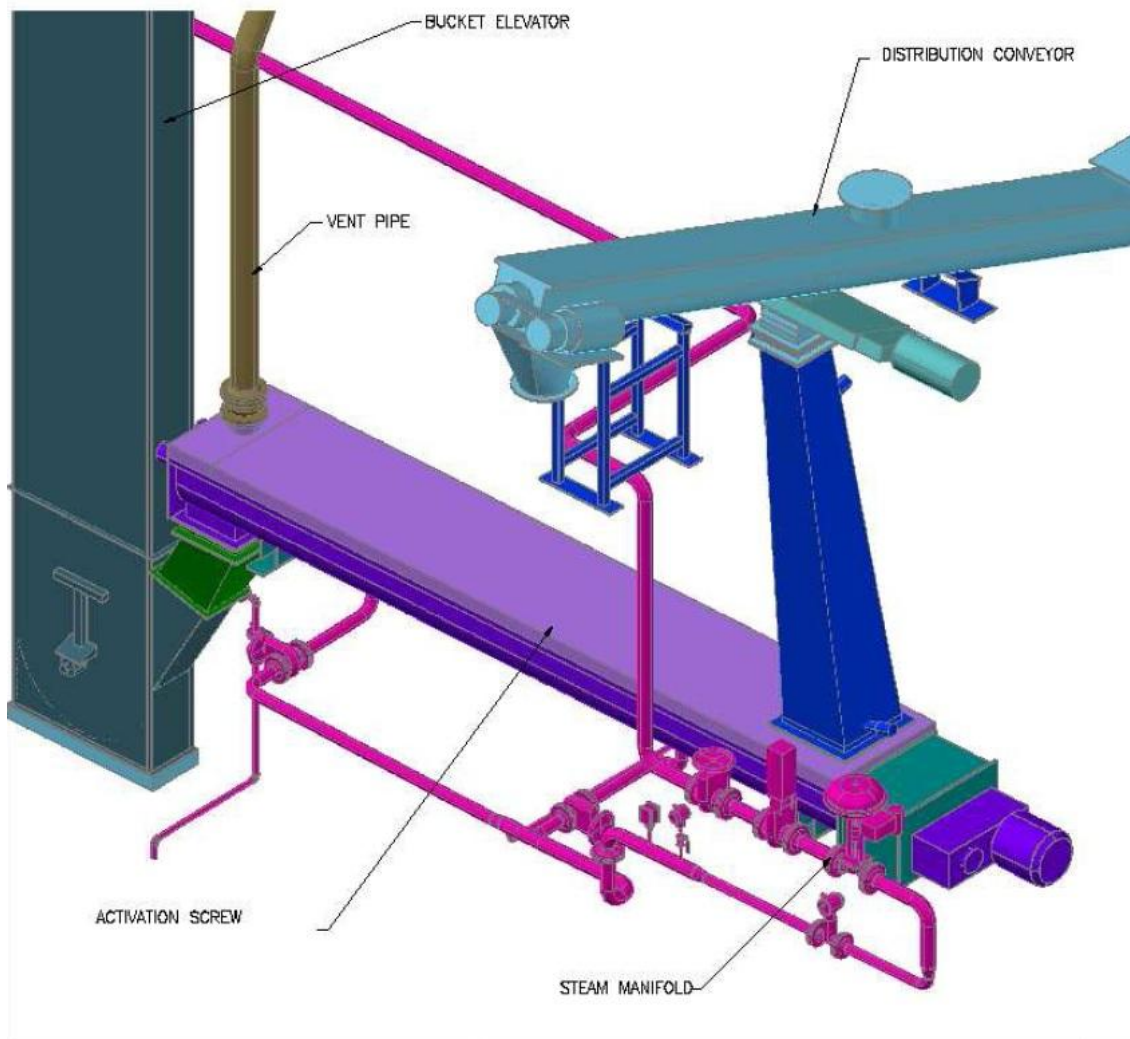
Kapitlet går först igenom skillnaderna mellan SecoLAB och VapoLAB, med betoning på återcirkuleringen av restmassa från filtret till reaktorn. En precisering av VapoLAB-tekniken samt teorin bakom dess effektivare funktion av ångaktivering av förbrukad kalk tas upp i kapitel 6.2.2. Analys av rökgas sker på samma sätt oberoende av vilken teknik som är installerad.

### 6.2.1 Skillnaden från SecoLAB

VapoLAB-tekniken är långt baserad på SecoLAB, med möjlighet att uppgradera från Seco till Vapo utan större ingrepp på anläggningen. VapoLAB använder precis som SecoLAB en halvtorr eller torr rökgasreningsmetod, med reaktorkammare och tygfilter för adsorption och separation av föroreningar i rökgasen.

En av SecoLAB:s nyckelfunktioner i reningsprocessen är återcirkulationen av filtermassa tillbaka till LAB-loopen via en aktiverande återfuktningsskruv (*recirculated and humidified residues injection screw*).

VapoLAB:s motsvarighet till fuktningsskruven är LAB:s patenterade "ACTILAB reactor", en sex meter lång dubbelskruv som kör in reagensmassa från filtret in tillbaka i LAB-loopen. Återaktiveringen av kalkmassan sker i denna ACTILAB genom att använda lågtrycksånga (3 till 5 bar) istället för vatten (se figur 11).



Figur 11. 3D-illustration över en ACTILAB i Teesside, England. (Westenergy VapoLAB presentation)

Två roterande skruvar inuti ACTILAB:en trycker restmassan mot LAB-loopen medan ånga med en temperatur på ca 140 °C och ett tryck på ca 4 bar sprutas in underifrån i mitten av skruvarna, resulterande i en förnyelse av kalkens kornyta. Genom att använda ånga i stället för vatten åstadkommer ACTILAB förutom den fasta diffusionen av Cl och OH mellan kalkens kärna och yta, även en fysisk spjälkning av kornen. (LAB Industrial experience with the VAPOLAB process for dry scrubbing)

### 6.2.2 Aktivering av förbrukad kalk

Då rent kalk binder åt sig sura föreningar som klor och svaveloxider, så bildas det ett lager av  $\text{CaCl}_2$  och  $\text{CaSO}_4/\text{CaSO}_3$  (beskrivet i kapitel 6.1.2). Under detta lager av bundna föroreningar så ligger en kärna av ännu oreagerad kalk. Genom att använda sig utav ånga i stället för vatten, ökar man den kemiska diffusionen mellan kärnan och det smutsiga skalet

på kalkpartiklarna och förutom att de fasta kemiska reaktionerna förbättras, främjas även expansion av kärnan. Detta är något som även Laursen m.fl. (2001, s. 1295) kom fram till i deras studie av hur olika kalksorter reagerar vid en återaktivering med hjälp av ånga. Expansionen leder till att det smutsiga skalet som täcker den rena kärnan spricker upp och blottar ytor av kalk som kan binda åt sig ytterligare föroreningar ur rökgaserna, då det på nytt aktiverade kalket återcirkuleras tillbaka till LAB-loopen.

Data från avfallsförbränningsanläggningen i Teesside, England, visar att mängden ånga som används i ACTILAB:en kan direkt relateras till det stökiometriska förhållandet, samt utsläpp av SO<sub>2</sub> från skorstenen. Detta visas i tabell 4 där en ökning av ångflödet (kg/h) till ACTILAB:en, minskar på både åtgången av kalk i reningsprocessen samt utsläppen av SO<sub>2</sub>:

*Tabell 4. Förhållandet mellan ångflöde till ACTILAB:en och det stökiometriska förhållandet för kalk. SR står för Stoichiometric ratio.*

m_ånga	SO <sub>2</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	SR
< 40 kg/h	40	2,2
65 - 70 kg/h	15 - 20	1,2 - 1,3

För att rena rökgaser utan en återcirkulering av kalk måste man använda stora mängder extra kalk, och den stökiometriska faktorn i reningsprocessen, vilket är definierat som förhållandet av den egentliga mängden av insprutat kalk dividerat med det teoretiska mängden som krävs för att uppnå fullständig rening är då mycket högre än 1. Enligt LAB:s rapport på VapoLAB-systemet kan den stökiometriska faktorn utan återcirkulering vara upp till 3,5 i en omgång.

### 6.3 Alternativen

Under studien som gjorts vid Westenergy har en allmän lösning planerats, med två huvudsakliga alternativ till hur målet ska nås. Alternativen skiljer sig i metoder för hur man förser ACTILAB:en med ånga. De två alternativen kan även variera i detalj, beroende på hur man vill byta ut den befintliga återfuktningsskruven mot den nya ACTILAB-enheten. Alternativ 1 är en mera "permanent" lösning där man direkt installerar de komponenter som behövs för att ACTILAB ska fungera, genom att förse återaktiveringsskruven med ånga från den värmeenergi som finns i rökgaserna. Mera om

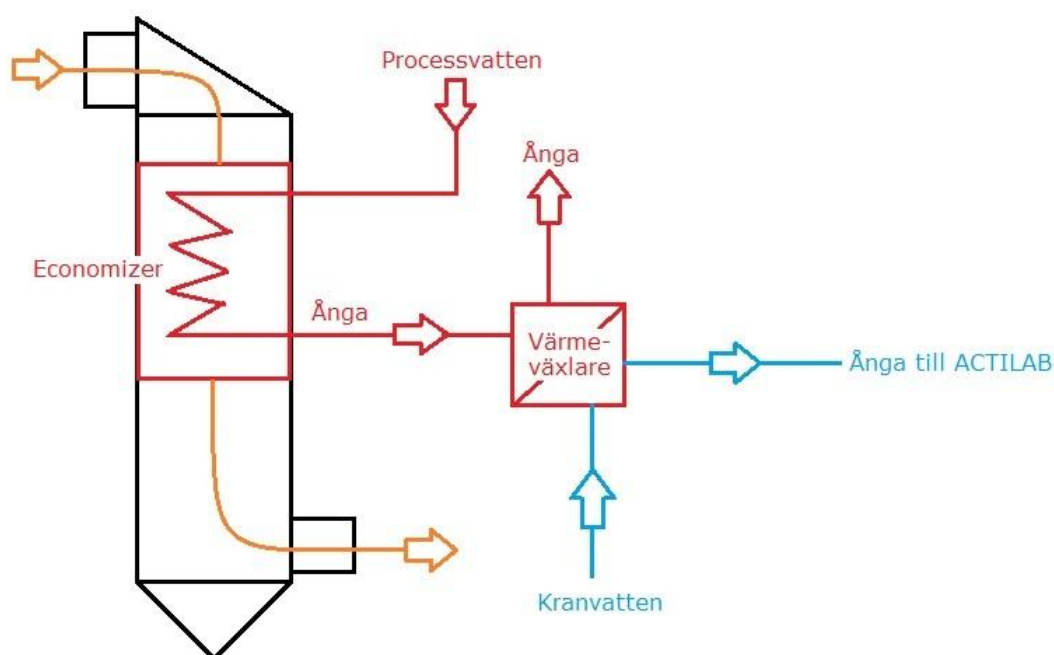
detta i kapitel 6.3.1. Alternativ 2 skulle innebära en testfas av den nya ACTILAB-skruven, genom att förse ACTILAB:en med ånga från befintlig ångproduktion i anläggningen. Mera om alternativ 2 i kapitel 6.3.2.

### 6.3.1 Alternativ 1

Alternativ 1 skulle för Westenergy innebära färre möjligheter för förändring efter installation, eftersom det innebär större åtgärder i kringliggande utrustning i anläggningen. Åtgärderna som skulle utföras är följande:

Installation av en ny economizer inuti det befintliga kyltornet i anläggningen. Kyltornets nuvarande funktioner skulle avslutas och skulle endast spela en strukturell roll. En förstärkning av det nya tornet skulle vara nödvändigt för att säkerställa en stabil konstruktion, p.g.a. den ökade vikten.

Economizern skulle matas med anläggningens processvatten (Demin), kopplat till anläggningens slutna ångkrets i en egen liten loop. Economizerns uppgift vore att kyla ner rökgaserna från en temperatur av ca 170 °C till ca 145 °C. Den producerade ångan skulle sedan ledas till nästa steg, en värmeväxlare. Se figur 12 nedan för en bild på installationen. Rökgasflödet är angett med orange linje genom det svarta kyltornet.



Figur 12. Illustration över flöden som slutligen skulle förse ACTILAB:en med ånga.

Värmeväxlaren skulle installeras som del av den nya ACTILAB-processen, där man skulle producera ånga med hjälp av ånga. Processångan som körs in i värmeväxlaren skulle producera ånga för ACTILAB:en genom att förånga vanligt kranvatten. Eftersom ACTILAB:en förbrukar ånga i sin funktion, är det mera lönsamt att använda sig av kranvatten, i stället för destillerat processvatten. Installationen av själva ACTILAB:en skulle ske enligt vad som förklaras i kapitel 6.4.

### **6.3.2 Alternativ 2**

Alternativ 2 skulle innebära mindre krävande åtgärder för att förse ACTILAB:en med ånga, än vad alternativ 1 kräver. I alternativ 2 skulle man inte ändra på kyltornets funktion, utan i stället förse ACTILAB:en med ånga från anläggningens huvudsakliga ångproduktion. Installationen av ACTILAB:en skulle ske enligt vad som förklaras i kapitel 6.4.

Ångan skulle tas från anläggningens kondensatsystem för lågtrycksånga i turbinhallen, se bilaga 3 för PI-diagram. Systemet har ett för ändamålet en passande ventil med lågtrycksånga som kunde förse ACTILAB:en med ett tillräckligt massflöde av ånga.

Installationen skulle endast kräva att ett nytt rör leds från turbinhallen till ACTILAB:en, som befinner sig antingen i den intill liggande hallen, alternativt på våningen ovan den intill liggande hallen. Röret bör isoleras, eftersom erfarenhet av liknande lösning i anläggningen i Teesside (England) har visat en viss kondensation av ångan. Orsaken till detta tros vara den långa sträckan som ångan måste färdas innan den når ACTILAB:en. (Diskussion med Phil Stevens 16.1.2013)

Alternativ 2 skulle tyvärr betyda en liten förlorad inkomst för Westenergy, eftersom den processångan som matas in i ACTILAB:en kommer att blandas med APC:n i rökgasreningen och därmed gå förlorad. I kostnadskalkylen som gjorts åt Westenergy har mängden ånga som går förlorad beräknats som obetydlig, och därmed försumrats.

## **6.4 Installation av ACTILAB**

I början av fallstudien gjordes en bedömning av hur omfattande en installation av VapoLAB skulle vara. Eftersom det fanns en risk att kyltornet i anläggningen skulle behöva tas ur bruk helt, gjordes en kort utredning för vilka möjligheterna fanns för att lyfta ut kyltornet ur anläggningen i bitar större än vad som ryms att sänkas ner till

servicekorridoren. Efter ett möte med Global Manager Stefan Björkgren vid Citec Engineering Oy Ab, som varit med och ritat Westenergys anläggning som underkonsult åt Ramboll Danmark A/S, klarnade möjligheterna. Eftersom anläggningens väggar består utav s.k. *sandwich*-element av 0,6 mm plåt på var sida och 150 mm mineralull emellan, som är 1,2 m höga och ca 6 m långa, kan man lätt plocka isär väggen där man vill lyfta ut större föremål. På detta sätt kan man utföra liknande lyft som man gjorde under byggnadsskedet av anläggningen. Nackdelen är att det första elementet kommer att måsta brytas loss och därmed vara tvunget att kasseras. De följande elementen glider loss från varandra likt vertikala pusselbitar. Det visade sig dock senare i studien att en uppgradering från SecoLAB till VapoLAB inte skulle kräva några stora lyft, då det fortfarande finns användning för kyltornet och att ACTILAB:en anländer i mindre delar. Om det mot förmodan uppstår ett tillfälle där ett 1,2 m högt och 6 m brett föremål måste lyftas in eller ut ur anläggningen, som är för långt för att få in genom anläggningens egna portar, kan sandwich-elementen vara en möjlighet.

De två huvudsakliga alternativen i denna fallstudie som togs upp i föregående kapitel skiljer sig åt i hur man förser ACTILAB:en med ånga. Men eftersom ACTILAB:en är ca 2 m längre (6 m totalt) än den befintliga återfuktningsskruven så blir utbytet problematiskt, då det inte finns tillräckligt med utrymme att installera i samma position som den befintliga skruven.

För att lyckas måste man därför improvisera lite och en installation skulle utföras på flera olika sätt. Under fallstudien gjordes tillsammans med dåvarande VD:n Jan Teir, produktionschef Kenneth Skrifvars och underhållschef Rauno Tuokkola en bedömning av hur installationen skulle kunna utföras. För att ACTILAB:en ska få plats måste den monteras vinkelrätt mot LAB-loopens inmatningsskruv. Transportören av filtermassa befinner sig på våning +30 i linje med LAB-loopen, medan LAB-loopen med återfuktningsskruv och inmatningsskruv befinner sig på +25. Detta betyder att förutom att ACTILAB:en måste monteras vinkelrätt, så måste även en ny transportskruv installeras i motsatt riktning.

Förverkligandet av detta kan göras på olika sätt, men grunden är den samma: Den filtermassa som skall återcirkuleras tillbaka till LAB-loopen faller först ner från behållaren för filtermassa i antingen en vinkelrätt monterad transportskruv eller ACTILAB. Filtermassan åker 6 m utåt från behållaren och återaktiveras i ACTILAB:en, varefter den utfört en transport tillbaka i riktningen av LAB-loopen där den matas in i reaktorn.



Själva installationen av skruvarna kan utföras på ett flertal sätt, där skillnaden är i vilken ordning filtermassan går igenom skruvarna samt var exakt skruvarna är placerade. Filtermassan kan aktiveras direkt efter filtret, eller först transporteras utåt för att aktiveras på vägen tillbaka mot LAB-loopen. Ritningar på två exempel kan ses i bilaga 1 och 2. Utförandet av en installation skulle ske under oktober månad då det utförs ett tre veckor långt årlig stopp i driften av anläggningen.

## 6.5 Beräkningar

Med en uppgradering av rökgasreningen från SecoLAB:s återfuktningsskrub till VapoLAB:s ACTILAB kommer återaktiveringen av kalk att effektiveras. Detta med den påföljden att mängden kalk som går åt att rena rökgaserna kommer att minska. Genom att jämföra det data som samlats från avfallsförbränningen i Teesside med data från Westenergys anläggning, har nya värden för inmatningen av kalk räknats ut för Westenergys förhållanden. Insamlingen av Westenergys data gjordes från kontrollrummets datasystem samt rapporter på hur mycket APC som transporterats till efterbehandling. Relevanta datat i det här fallet är åtgången kalk, samt hur mycket APC som produceras. Inputdata för kalken är ett medeltal av 100 dygn vid normal drift vid anläggningen, mellan tiden 24.10.2012 – 1.2.2013. Se tabell 6.5 nedan för Westenergys värden.

Tabell 5. Input och output data för SecoLAB vid Westenergy.

Med SecoLAB idag		
	kg/h	ton/år
Kalk	180,00	1440,0
Aktivt kol	5,85	46,8
APC	380,00	3040,0
Flygaska	128	1024,0

	m <sup>3</sup> /h
Vatten (kyltorn)	1,5
Vatten (SecoLAB skruven)	0,075

Genom att sedan se på hurudan förbättring Teesside gjorde med sin uppgradering från halvtorra rökgasrening till VapoLAB, kan en jämförelse göras med en modell i Excel. Nedan följer en tabell över de värden som Teesside registrerat före och efter uppgraderingen. Till APC hör både filtermassa och flygaska.

Tabell 6. SITA TEESSIDE UK, inputs och outputs.

	Halvtorr rökgasrening	VapoLAB installerat	Förbättring
Kalk (kg/h)	275	120	56 %
APC (kg/h)	605	450	26 %

Med en minskning av kalkåtgången vid Teesside med faktorn 2,29 kan man anta en liknande förändring vid Westenergy. Genom att dividera inputvärdet för kalk i Westenergys SecoLAB med 2,2 fås ett nytt värde för input för VapoLAB. Förutom en minskning av kalk och APC, kommer VapoLAB att förbruka mindre vatten då kyltornet tas ur bruk. Se tabell 7 nedan för projicerade data.

Tabell 7. Uträknade värden för input och output med VapoLAB vid Westenergy.

Med VapoLAB imorgon			
	kg/h	ton/år	förbättring
Kalk	81,82	654,55	54,55 %
Aktivt kol	5,85	46,80	-
APC	281,82	2254,55	44,52 %
Flygaska	128	1024,00	-

	m <sup>3</sup> /h
Vatten (VapoLAB skruven)	0,1

Eftersom man kommer att sträva efter samma reningsgrad med VapoLAB, så kommer det nya APC-värdet att ges utav nya mängden kemikalier med den gamla mängden föroreningar i APC:n i SecoLAB-systemet. I Westenergys fall är detta ca 88 kg kemikalier/h + 194 kg föroreningar som ska bindas från rökgaserna. Flygaskan kommer att vara densamma med en output på 128 kg/h, medan det totala flödet av APC med VapoLAB blir 281,82 kg/h.

Kostnads kalkylen som gjorts skilt åt Westenergy följer samma ovanstående tabeller, med ett tillsatt fast kilopris på kemikalierna och restprodukterna. Inbesparingarna som är möjliga att göra med uppgraderingen från SecoLAB till VapoLAB är direkt relaterade till minskade mängder i både input kemikalier och output APC. Efter att ha räknat fram hur stor inbesparing Westenergy skulle göra per månad med uppgraderingen, kunde en modell skapas i Excel.

Kalkylmodellen gjordes enligt nuvärdemetoden:

$$L = \frac{a(\alpha^n - 1)}{\alpha^n(\alpha - 1)}$$

som ges enligt funktionen "PV" i Excel, där  $L$  är det maximala lånebeloppet som kan tas med de inbesparingar som är möjliga tack vare uppgraderingen. Alfa är en funktion av årsräntan,  $a$  är inbesparing per månad och  $n$  är antal månader som man vill betala tillbaka lånet. Modellen tillåter ägaren att fylla i storleken på inbesparingen, inbetalningstid för lånet samt årsräntan som kommer att ges av långivaren. Med hjälp av detta kan sedan Westenergy bedöma hur mycket uppgraderingen av den halvtorra rökgasreningen får kosta.

## 6.6 Diskussion

Eftersom avfallsförbränningsanläggningen i Teesside upplevt goda resultat efter uppgraderingen till VapoLAB, kan man anta liknande följder vid en eventuell investering från Westenergys sida. Något värt att notera är att anläggningen i Teesside är av annan storlek än Westenergy, med något avvikande rökgasrening och data för både input kalk och output APC. Eftersom Westenergys anläggning är skräddarsydd för ägarnas behov, kommer troligtvis resultaten av en framtida uppgradering av SecoLAB att vara unika.

De alternativ som presenterats bör endast ses som koncept och eventuella lösningar för hur ACTILAB ska installeras och förses med ånga. Om Westenergy beslutar sig för att investera i det nya VapoLAB-systemet, kommer troligtvis LAB:s egna experter att skapa sina egna lösningar. Fallstudiens huvudsakliga syfte har varit att utreda hur mycket man kan spara in på kemikalier, samt minska på produktionen av restmassan APC.

Eftersom Westenergy undergår ständigt små förändringar i anläggningens driftförhållanden, kommer troligtvis inputvärdet för kalk och det aktiva kolet att avvika från det som använts i studiens beräkningar. Detta kommer även att påverka outputvärdet av APC.

## 7 Sammanfattning

Den halvtorra rökgasreningen som Westenergy Oy Ab använder sig utav för att rena sina utsläpp till luft fungerar med en lättförståelig och stadig funktion. Det faktum att det inte uppstår några andra restprodukter än de torra flygaskorna samt APC i samband med reningen, underlättar för personalen vid Westenergy vid både drift och underhåll av utrustningen. SecoLAB-systemet återaktiverar det kalk i APC:n som återcirkuleras i reningen med hjälp av att väta APC:n med vatten innan det introducerar den till LAB-loopen igen.

Leverantören av rökgasreningen, LAB S.A., har dock efter installationen presenterat en uppgradering av systemet. Det nya systemet heter VapoLAB och är en modifiering utav SecoLAB, vilket betyder att Westenergy har goda möjligheter att förverkliga uppgraderingen rent tekniskt. VapoLAB kör med samma princip av återcirkulering av APC tillbaka till den reaktorkammare som kallas LAB-loop. Skillnaden är att man i stället återaktiverar med ånga, i stället för vanligt vatten. Genom ett besök till avfallsförbränningsanläggningen i Teesside kunde värdefull data samlas in för hur VapoLAB-systemet presterar. Med denna data i kombination med LAB:s uppgifter, kunde en förbättring av Westenergys rökgasrening räknas ut. Resultaten av fallstudien ser lovande ut och Westenergy Oy Ab skulle nog långsiktigt tjäna på att investera i uppgraderingen.

Enligt beräkningarna som gjorts skulle Westenergy minska på kalkåtgången vid rökgasreningen från 1440 ton/år till ca 655 ton/år. Även APC-produktionen skulle minska, från 3040 ton/år till ca 2255 ton/år. Färre transporter av kalk och APC med en billigare rökgasrening, ger inte bara företaget en ekonomiskt attraktiv lösning, men skulle även minska på koldioxidutsläppen då transporterna nästan halveras.

## Källförteckning

### Tryckta källor:

Laursen, K., Duo, D., John, R., Grace, C. & Lim, J. (2001) *Characterization of steam reactivation mechanisms in limestones and spent calcium sorbents*. Vancouver: Elsevier.

Liu, D.H.F. & Lipták, B.G. (2000). *Hazardous waste and solid waste*. Florida: Lewis Publishers.

Nevers, N. (2000). *Air pollution control engineering, Second Edition*. Singapore: McGraw Hill.

Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I. *Poltto ja palaminen. 2. painos*. Jyväskylä 2002, International Flame Research Foundation – Suomen kansallinen osasto.

Vasa Elektriskas Kundtidning, nette 4/2012.

Vesanto, P. (2006). *Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä*. (u.o.) Suomen ympäristökeskus: (27/2006).

Wu, Y., Sun, P., Anthony, E.J., Jia, L. & Grace, J. *Reinvestigation of hydration/reativation characteristics of two long-term sulphated limestones which previously show uniform behaviour* (2006) Ottawa: Natural Resources Canada.

### Internat dokument:

LAB S.A. EMS Emission Monitoring Station -Memo (2012) Project Westenergy - Vaasa

LAB S.A. Flue Gas Treatment - Process Description (2012)

LAB S.A. Industrial experience with the VAPOLAB process for dry scrubbing (u.å.)

Westenergy Broschyr: Miljövämlig energi

Westenergy Broschyr: 2012

Westenergys interna material

Westenergy Oy Ab:s miljötillstånd

Westenergy VapoLAB PowerPoint presentation

### **Elektroniska källor:**

BIC Group, [http://www.bicgroup.com.sg/moving\\_grate\\_incinerator.php](http://www.bicgroup.com.sg/moving_grate_incinerator.php) (hämtat: 2.3.2013)

Bright Hub Engineering <http://www.brighthubengineering.com> (hämtat: 11.3.2013)

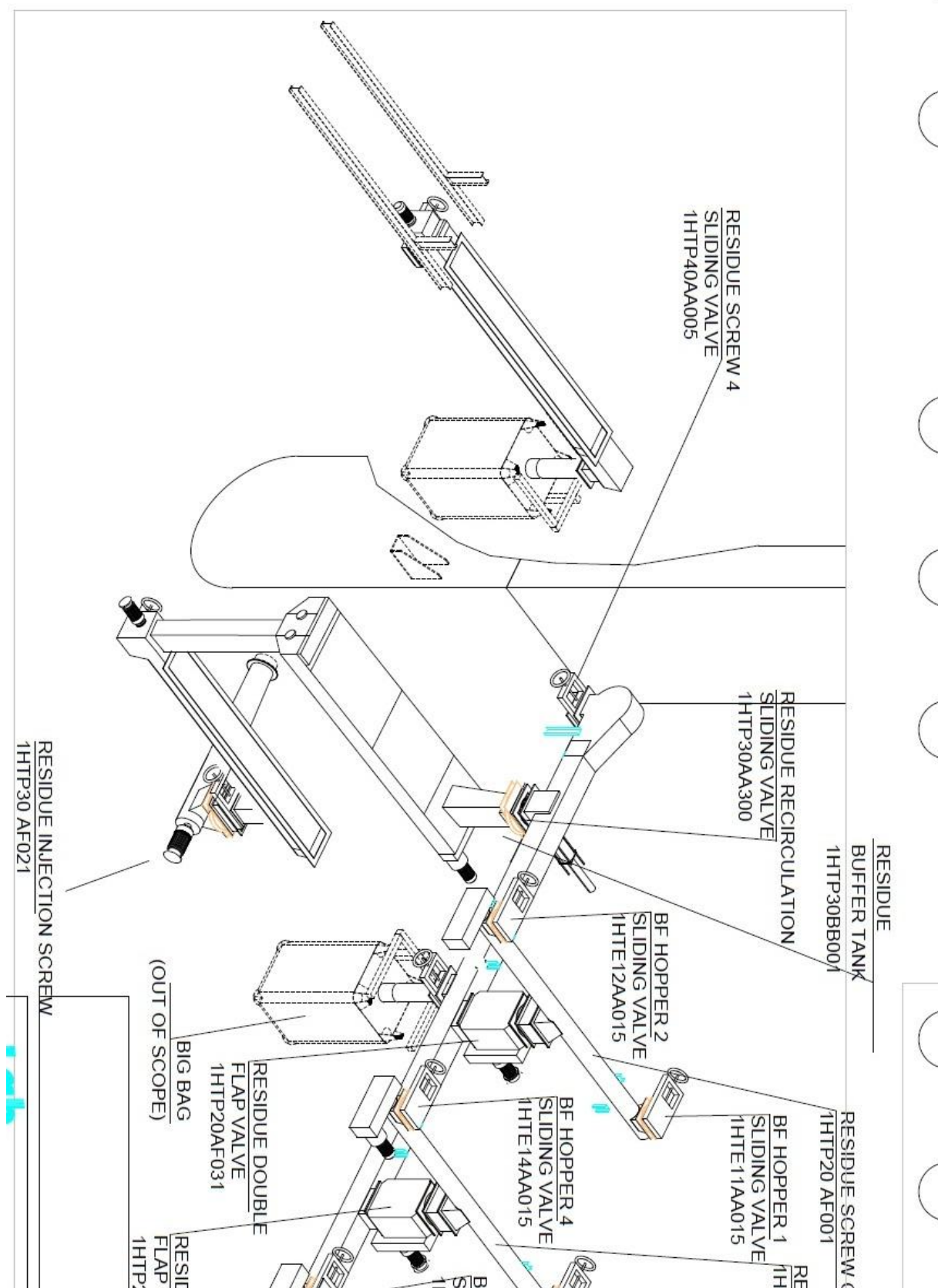
em-ea.org <http://www.em-ea.org/Guide%20Books/book-2/2.6%20FBC.pdf> (hämtat 27.2.2013)

Miljöskyddslagen (86/2000) [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) (hämtat: 27.2.2013)

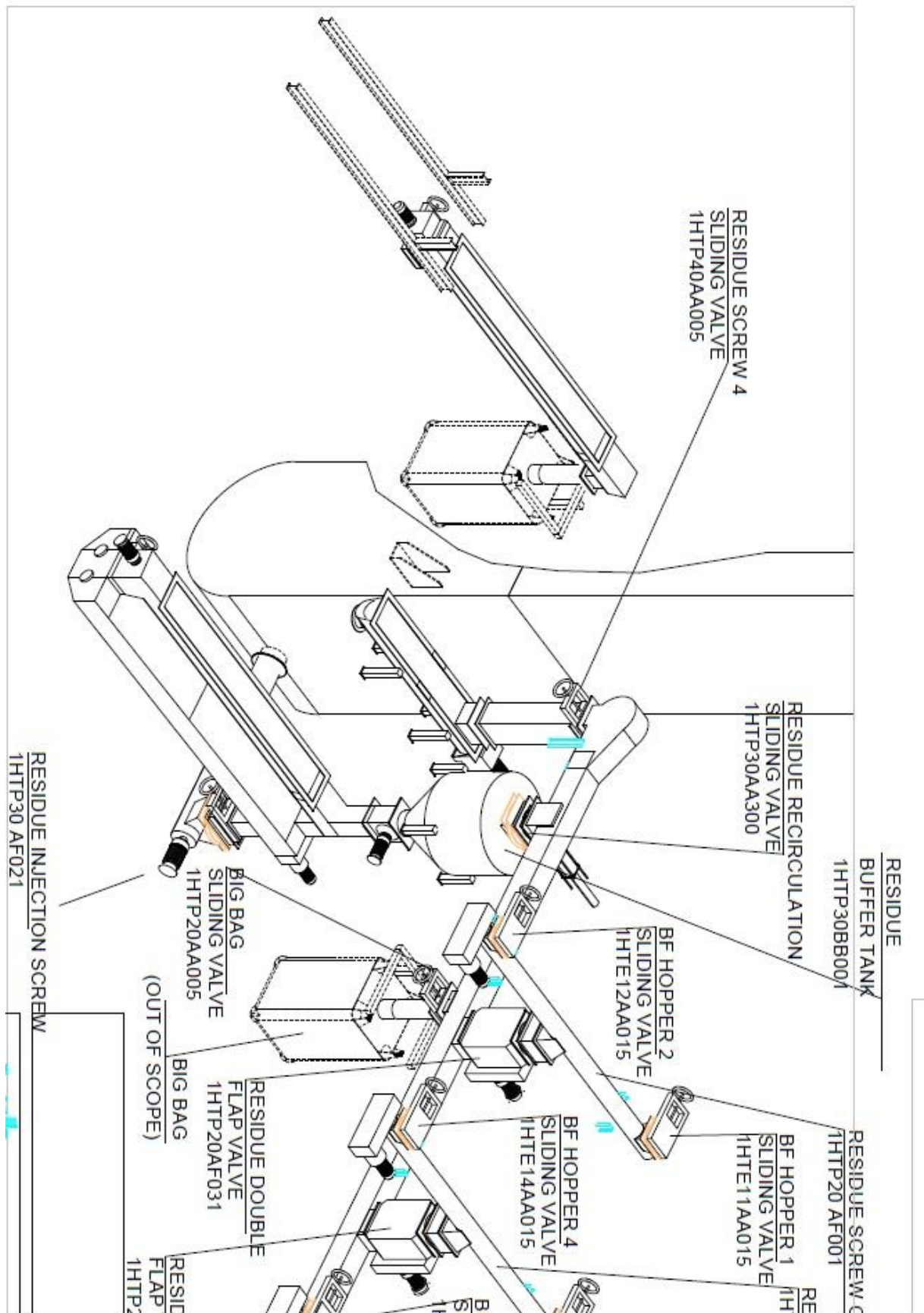
Miljötillstånd på ympäristö.fi <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=300&lan=sv> (hämtat: 27.2.2013)

Statistikcentralen, avfallsstatistik: [http://tilastokeskus.fi/meta/til/jate\\_sv.html](http://tilastokeskus.fi/meta/til/jate_sv.html) (hämtat: 8.1.2013)

Statsrådets förordning om avfallsförbränning (362/2003) [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) (hämtat: 27.2.2013)



Bilaga 1. Ritning (1) för hur ACTILAB kan installeras i Westenergys anläggning. ACTILAB:en befinner sig på våning +30, medan transportskruben befinner sig på våning +25. En förlängning av inmatningskruben gör inmatningen enklast möjlig. Genom att montera både ACTILAB:en och transportskruben nära golvnivå på deras respektive våningar, ger man en lätt utgångspunkt för service av dessa komponenter.



Bilaga 2. Ritning (2) för hur ACTILAB kan installeras i Westenergys anläggning. ACTILAB:en och transportskruven befinner sig på huvudhöjd på våning +25. En förlängning av inmatningsskruven till LAB-loopen gör inmatningen enkelspårig. Med denna modell sparar man golvyta på +30 och koncentrerar all teknik på ett och samma ställe.



