

A photograph of the Aurora Borealis (Northern Lights) in a snowy forest at night. The sky is dark blue with vibrant green and purple light streaks. The foreground is filled with snow-covered evergreen trees.

Norrslam

Konceptstudie – Monoförbränning av avloppsslam

AFRY
2025-06-26

Sammanfattning

Norrslam är ett samverkansprojekt, som stötts av EU-medel. Här ingår i Umeå Energi, Vakin (Vatten- och Avfallskompetens i Norr AB), ett kommunalt bolag som ägs av Umeå, Vindeln och Nordmalings kommuner, samt Miva (Miljö och Vatten i Örnsköldsvik AB), ett kommunalt bolag inom Örnsköldsviks kommunkoncern.

På uppdrag av Norrslam har AFRY fått i uppdrag att ta fram en konceptstudie för att utreda förbränning av avloppsslam som möjliggör återvinning av fosfor. Slammet återvinns genom monoförbränning och askan omhändertas. På så sätt undviks att, genom deponi, tillföra det ekologiska kretsloppet tungmetaller och skadliga ämnen som läkemedelsrester, PFAS och mikroplaster. Den energi som frigörs vid förbränningen kan används i den egna processen och eventuellt till produktion av el och fjärrvärme. Dock är bidraget till fjärrvärmeproduktionen endast marginell och den huvudsakliga anledningen är att återvinna fosfor.

Konceptstudien har identifierat en teknik som är väl beprövad i Tyskland, men som ännu inte har implementerats i Sverige. Studien har även belyst ett antal utmaningar som kräver fördjupad analys för att säkerställa att den mest optimala lösningen väljs.

En central fråga är var och med vilken teknik slammet bör behandlas för att öka dess torrhalt. Att transportera slam med låg torrhalt över långa avstånd är energimässigt ineffektivt, samtidigt som konventionella metoder kräver betydande mängder energi för att förånga vattnet. Under sommarhalvåret finns dock ett överskott av värme från fjärrvärmearläggningen, vilket skapar en möjlighet att utnyttja denna restvärme för att effektivisera torkningsprocessen. Att integrera denna värmekälla i lösningen kan vara en viktig pusselbit för att uppnå både miljömässiga och ekonomiska fördelar.

Den tekniska lösningen bygger på användning av fluidiserad bäddförbränning (FB), en beprövad metod som möjliggör effektiv värmeåtervinning. För att uppnå rätt torrsubstanshalt (TS) i slammet används en bandtork som anpassas efter säsong: under sommaren torkas slammet till 90 % TS för lagring, medan det under vintern torkas till cirka 33 % TS och därefter blandas med det lagrade slammet för att uppnå en optimal TS-halt på 42 % inför förbränning. Slammet lagras antingen i silos eller bunkrar.

För att säkerställa att utsläppen från processen hålls inom tillåtna gränser används en avancerad rökgasrening i flera steg, där elektrofilter, skrubbar, aktivt kol och tygfilter samverkar för att avlägsna föroreningar. Den ånga som genereras vid torkningen kondenseras och behandlas samt ammoniak avskiljs för att minimera miljöpåverkan och möjliggöra återanvändning av värmeenergi.



Innehåll

- Inledning
- Randvillkor
- Processkoncept
 - Slamförsörjning och förvaring
 - Torkning och kondensering av avgasångor
 - Förbränning och värmeåtervinning
 - Rökgasrening
 - Övergripande anläggningsinformation och gränssnitt
- Riskbedömning
- Layout
- Mark och Bygg
- Projektplan
- Design och beräkningar
 - Förbränningsberäkningar
 - Antagna Lastberäkningar
 - Energoptimering
- Framtida utredningar



Inledning

Konceptstudien har tagits fram som underlag för ett inriktningsbeslut samt för att belysa centrala utmaningar och vägval i projektets fortsatta utveckling. Den föreslagna lösningen bygger i huvudsak på beprövad teknik som framgångsrikt används i Tyskland för slamförbränning.

Det övergripande syftet med projektet är att bidra till den gröna omställningen genom att minska beroendet av ändliga resurser – en avgörande faktor för en hållbar framtid. Den främsta vinsten ligger i möjligheten att återvinna fosfor ur avloppsslammet. Att generera värme eller energi är inte huvudmålet, utan en marginell bieffekt i jämförelse med den energi som produceras i fjärrvärmeverket Dåva.

En viktig utmaning rör logistiken kring slamhanteringen, särskilt transporterna från upptagningsområdena. Det återstår att utreda var det är mest fördelaktigt att lagra slammet – hos de enskilda kommunerna eller centralt i Umeå. En annan fråga är om slammet bör förtorkas innan transport, eller om det är mer effektivt att transportera det i vått tillstånd för torkning i Umeå. Dessa aspekter har inte analyserats i detalj i konceptstudien, men har identifierats som viktiga faktorer för fortsatt utredning.

Mål för konceptstudien:

- Ta fram en Konceptstudie för monoslammförbränning
- Anläggningen ska kunna hantera slam från flera olika kommunala leverantörer, ej industrier
- Konceptstudien ska fånga synergier mot DÅVA1 och Umeå industripark
- Från askfraktionen ska det vara möjligt att utvinna fosfor



PROJECT NORRLAM – KONCEPTSTUDIE

Randvillkor

Randvillkor - förbränningsanläggning för avloppsslam

Som dimensionerande data för slamförbränningsanläggningen i konceptstudien har följande randvillkor antagits.

- Behandlingskapacitet:
50 000 ton/år (OS) i baslast.
- Drifttimmar förbränningsanläggning:
6 000 timmar/år
- Lagring av avloppsslam i vått tillstånd:
10 dagar (korttidslagring för drift).
- Endast torkning för säsongslagring av torrt slam ca 2500 tim/år.
- Ångparameter:
40 bar, 400°C.
- Tillgängliga värmekällor på plats fjärrvärme:
90 °C framledning
40 °C (min) returledning.
- Följande randvillkor måste beaktas för definitionen av lastfallen
 - o torkning av avvattnat slam tills det kan förbrännas autotermiskt (ca 42 viktprocent TS)
 - o min. belastning 30 000 ton/år
 - o avsedd genomströmning: 6-10 ton/h
 - o 110 %-Max. belastning
 - o 70 %-Min-belastning
- Konstruktionen för rökgasreningen designas så att utsläppsgränserna uppfylls vid maximal belastning av föroreningar i avloppsslammet
- Avloppsvatten och frånluft från torkningsprocessen ska behandlas vid förbränningsanläggningen för avloppsslam

Sammansättning på avloppsslam

Som dimensionerande data för inkommande avloppsslam har följande sammansättning antagits.

Data för inkommande avloppsslam:

Parametrar	Värde	Enhet
Vatten	75	wt. %
Torrsubstans (TS)	25	wt. %
Aska	45	wt. % DS
Fosfat (P_2O_5)	30	g/kg
Lägre värmevärde (LHV)		
- uppmätt ¹	10.753	kJ/kg _{DS}
- beräknat ²	12.970	kJ/kg _{DS}

¹ Analysis Eurofins 20.01.2023

² calculated based on Dulong

³ calculated to sum up to 100 wt. %.

DS – Dry Solids – torrt fast material

OS – Organic Substance

Elementaranalys inkommande avloppsslam:

Ämne	Värde	Enhet
Carbon (C)	30,31	wt. % DS
Hydrogen (H)	3,95	wt. % DS
Oxygen ³ (O)	15,10	wt. % DS
Nitrogen (N)	3,77	wt. % DS
Sulphur (S)	1,85	wt. % DS
Chlorine (Cl)	0,03	wt. % DS

Elementaranalysen är uppskattad baserat på analys Eurofins 20.01.2023 och AFRY-data. Original data se Appendix 1

Svavelinnehåll i Svenskt avloppsslam

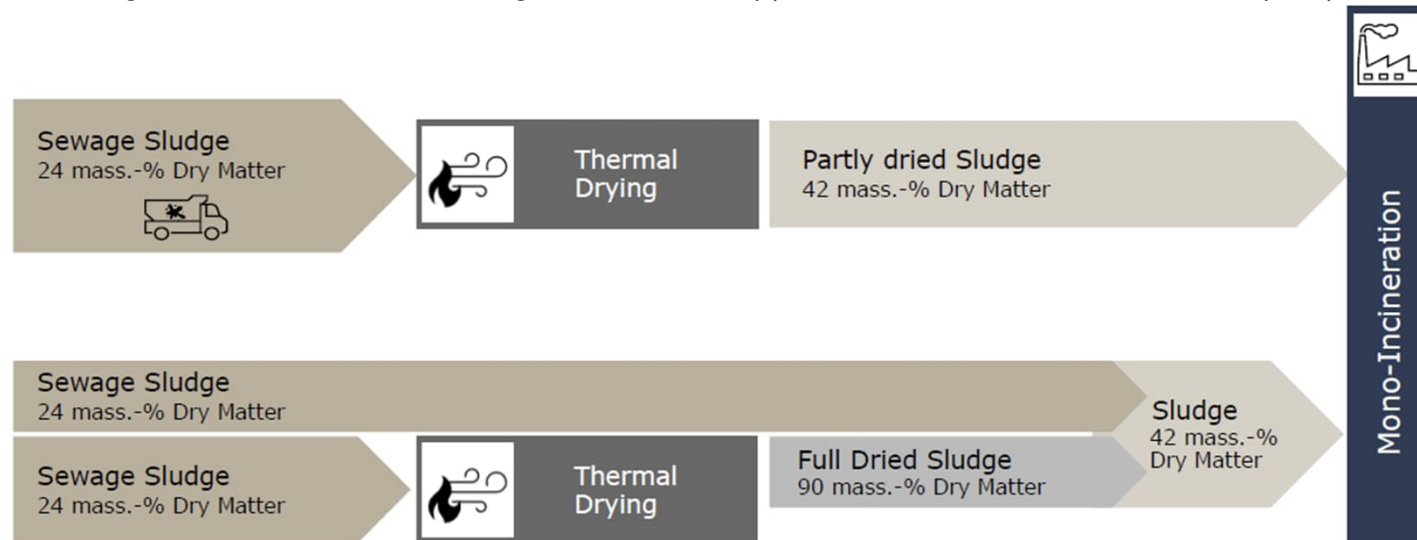
Svavel innehållet i avloppsslammet är en av parametrarna som kan variera mellan olika källor på avloppsslam. Halten svavel är en av de dimensionerande parametrarna för rökgasreningen.

City	Svavelinnehåll i avloppsslam
Umeå	ca. 1 500 mg/kg DS
Stockholm	ca. 800 mg/kg DS
Malmö	ca. 700 mg/kg DS
Göteborg	ca. 900 mg/kg DS

- Svavelhalter i avloppsslam påverkas av:
 - o Inkommande halter – tex om ett mejeri är anslutet till avloppsreningsverket
 - o Processen i avloppsreningsverket påverkar svavelhalten i slammet
- Svavelhalten påverkar dimensioneringen av rökgasreningen samt kemikalieförbrukningen under drift

Bränslesammansättning (torkat avloppsslam)

Avvattnat avloppsslam kräver torkning för att garantera autotermisk förbränning.
Med den givna slamsammansättningen kan detta uppnås med en TS-halt > 40 wt% (viktprocent).



TS-halt på ca. 42,0 wt.% kan uppnås genom att:

- Torka hela massan till 42,0 wt. %
- Torka en del av massan till 90,0 wt.% och sedan blanda med avvattnad slam för att uppnå 42,0 wt. %

Vanlig TS-halt efter torkning i befintliga anläggningar i Tyskland är 42,0 wt.%. Därför används detta värde även som designgrund för denna konceptstudie.

Transporter

Transporter av bränsle och förbrukningsvaror samt bortforsling av restprodukter

- Leveransen av avvattnat slam till anläggningen sker enbart med lastbilar.
- Både tippvagnar och kombinationer av containerlastbilar används för transport av det avvattnade slammet.
- Bortforsling av torra rester sker med silolastbilar.
- Leverans av torra förbrukningsmaterial sker med silolastbilar.
- För små mängder kan storsäckar användas.
- Leverans av vätskor sker med silolastbilar. För små mängder kan vätskebehållare, IBC användas.
- Infarten och utfart till området sker enbart via den befintliga vågbryggan.
- I slamförbränningsanläggningen beaktas inga parkeringsplatser för personalen då det finns inom området
- Markerat område indikerar tänkt plats för anläggningen



Karta Lantmäteriet

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Processkoncept

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Slamförsörjning och lagring

Logistik

Slamtransporter:

- Tillförseln av avloppsslam sker med tippvagnar eller containerbilar.
- Inkommande och avgående lastbilar kommer att vägas enligt befintlig plattformsvåg.
- Tiphallen är anordnad på nordvästra sidan av den nya slamförbränningsbyggnaden.
- Lastbilarna kommer in från nordöstra sidan från plattformsvågen, svänger åt höger (från denna synvinkel) och backar för att komma in i tiphallen med släpet/flaket först.
- Tiphallen består av två parallella tippunkter.
- En rullport vid inloppet och vid tippbunkersidan möjliggör en slusseffekt för att minimera luktutsläpp från bunkern.
- Vid tippkanten finns ett 400 x 400 mm galler som fallskydd på ett djup av 2 meter, så att ingen kan falla över kanten ner i bunkern.
- Det säkerställs att tippbilar och kranar inte kolliderar.

Övriga transporter:

- Spillplattan för lossning av kemikalierna till ångbehandlingen är anordnad söder om slamförbränningsbyggnaden.
- Silos för aska, rester, kalk och aktivt kol är placerade på östra sidan.
- Lastbilarna kommer att köra in under silorna och fyllas med hjälp av gravitationen via en roterande ventil (aska, rester) eller lossas pneumatiskt.



Source: BDX, Alvikstrafik

Mottagning och lagring av avloppsslam

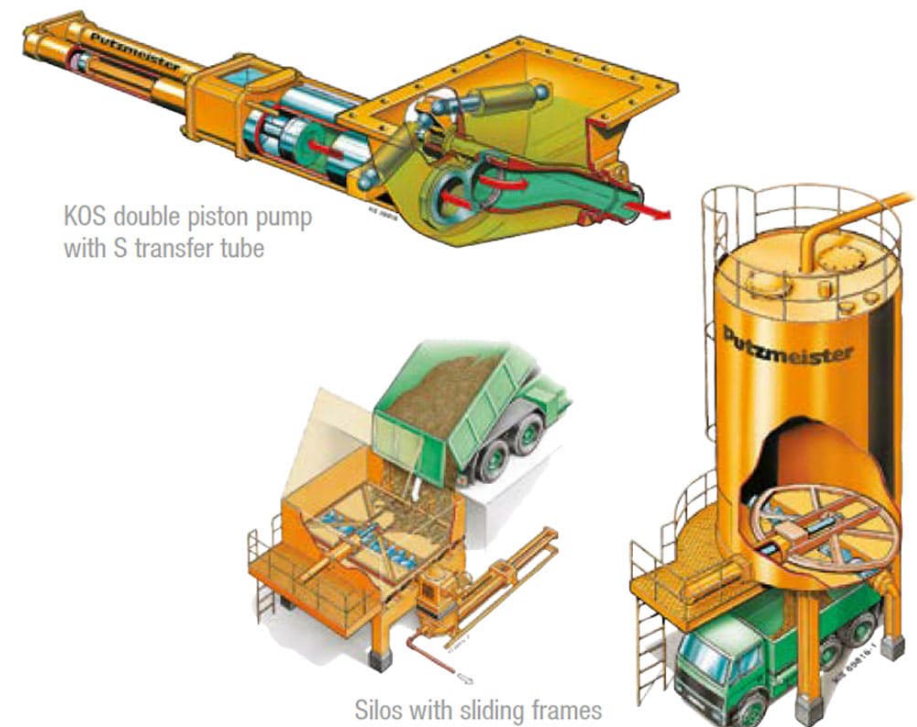
Det finns två huvudsakliga möjligheter för att ta emot och lagra avloppsslam:

- Mottagning via en tipptratt och transport till en våtslamsilo, där slammet lagras tills det transporteras till torken
- Mottagning via en tippbunker och lagring i en ansluten bunker.
- Slammet blandas och transporteras mellan bunkrarna och till en tratt med hjälp av en kran varifrån det transporteras till torken.

Lagringskapacitet för vått avloppsslam är 10 dagars förbränningskapacitet.

Översikt över egenskaper hos bunker- kontra silolagring

Egenskaper	Bunker	Silo
Storlek	större	Mindre
CAPEX	högre	Lägre
OPEX	högre	Lägre
Värmehållning	högre	Lägre
Omblandning	god	sämre
Underhåll	Högre	lägre



Source: Putzmeister

Lagring av avloppsslam

Två lagringsmöjligheter för slammet är möjliga

Bunker

- En kran transporterar slammet från tippbunkern till lagringsbunkern. Inuti lagringsbunkern kan kranen även användas för att blanda slammet, vilket bidrar till att homogenisera dess egenskaper, exempelvis vattenhalt.
- Från lagringsbunkern tömmer kranen slammet i en tratt, varifrån det vidaretransporteras med skruvtransportörer till en doseringssilo. Därefter matas slammet in i torken med hjälp av ytterligare skruvar.
- Lagringsbunkern är dimensionerad för att rymma slam motsvarande tio dagars förbränningskapacitet, vilket ger god flexibilitet i driften.
- För att minimera risken för explosiv atmosfär är bunkrarna utrustade med kontinuerlig ventilation, med en luftväxlingshastighet motsvarande två gånger bunkerns volym per timme.

Silo

- Silon utgör en kompakt och effektiv lösning tack vare sin runda form, vertikala orientering och minimala luftutrymme vid totalfyllning. Denna utformning möjliggör enkel övervakning samt effektiv varmhållning av slammet.
- Slammet tas emot via en tipptratt, varifrån det pumpas in i silon och passerar en föroreningsavskiljare. Om mängden föroreningar är för stor kan pumpens funktion påverkas negativt.
- En nackdel med silolösningen är den begränsade möjligheten till homogenisering. Eftersom slammet kommer från olika kommuner, med varierande ursprung, behandling och avvattning, kan egenskaperna skilja sig avsevärt. Detta kan leda till variationer i inmatningen till torken, vilket i sin tur påverkar torkresultatet. Fluktuationer i slamkvaliteten kan även påverka förbränningsprocessen negativt, särskilt vad gäller ånggenerering och rökgasrening.
- Den luft som sugas ut från silon leds vanligtvis vidare till förbränningsanläggningen och används som primärluft i förbränningsprocessen. Vid driftstopp ventileras luften istället till omgivningen via ett aktivt kolfilter.
- Metanhalten inuti silon övervakas kontinuerligt. Om koncentrationen når 20 % av den nedre explosionsgränsen ökas luftväxlingshastigheten för att säkerställa säker drift.

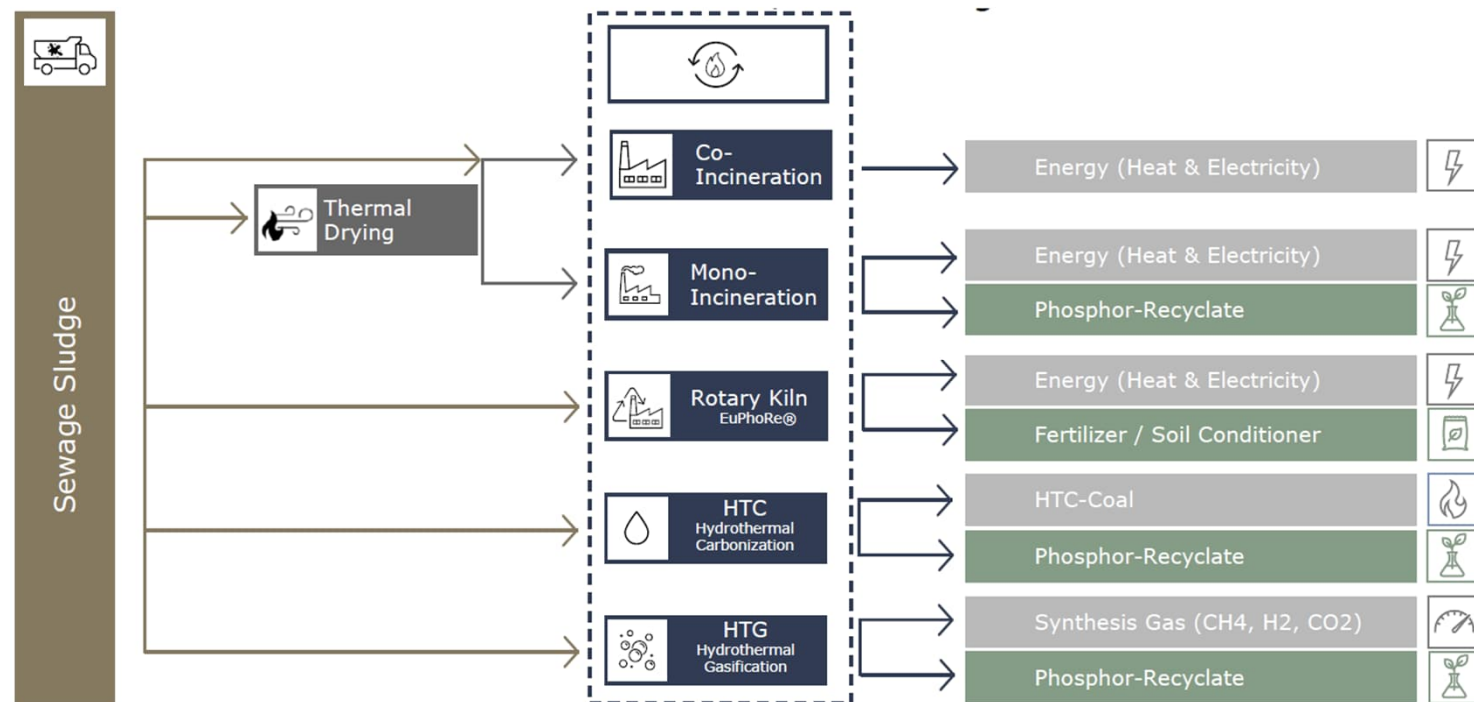
PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Termisk behandling av avloppsslam

Termisk behandling av avloppsslam

Det finns ett antal olika tekniker för termisk behandling av avloppsslam som har beaktats.

1. Co-incineration (sambränning):
Avloppsslam förbränns tillsammans med annat avfall (t.ex. hushållsavfall) i befintliga avfallsförbränningsanläggningar.
2. Mono combustion (monoförbränning) :
Slammet förbränns separat i dedikerade anläggningar, ofta med fluidiserad bädd eller roterugn. *(vald teknik i konceptstudien)*
3. Rotary kiln (roterugn) : En lång, roterande ugn där slammet torkas, pyrolyseras och förbränns i flera steg. Kan användas både för mono- och co-förbränning.
4. HTC – Hydrotermisk karbonisering: Slam behandlas i vatten vid 180–250 °C under tryck, vilket omvandlar det till en kolrik produkt (hydrochar). *(ingår ej i konceptstudien)*
5. HTG – Hydrotermisk förgasning:
Slammet omvandlas till syntesgas (CO, H₂) i vatten vid mycket höga temperaturer (350–600 °C) och tryck (>200 bar). *(ingår ej i konceptstudien)*



Termisk behandling av avloppsslam

Co-incineration (sambränning) och Rotary kiln (roterugn) bland annat för att dessa tekniker kräver integrering med befintliga DÅVA 1 och kommer även att tränga undan viss kapacitet att förbränna andra avfallsfraktioner i den anläggningen.

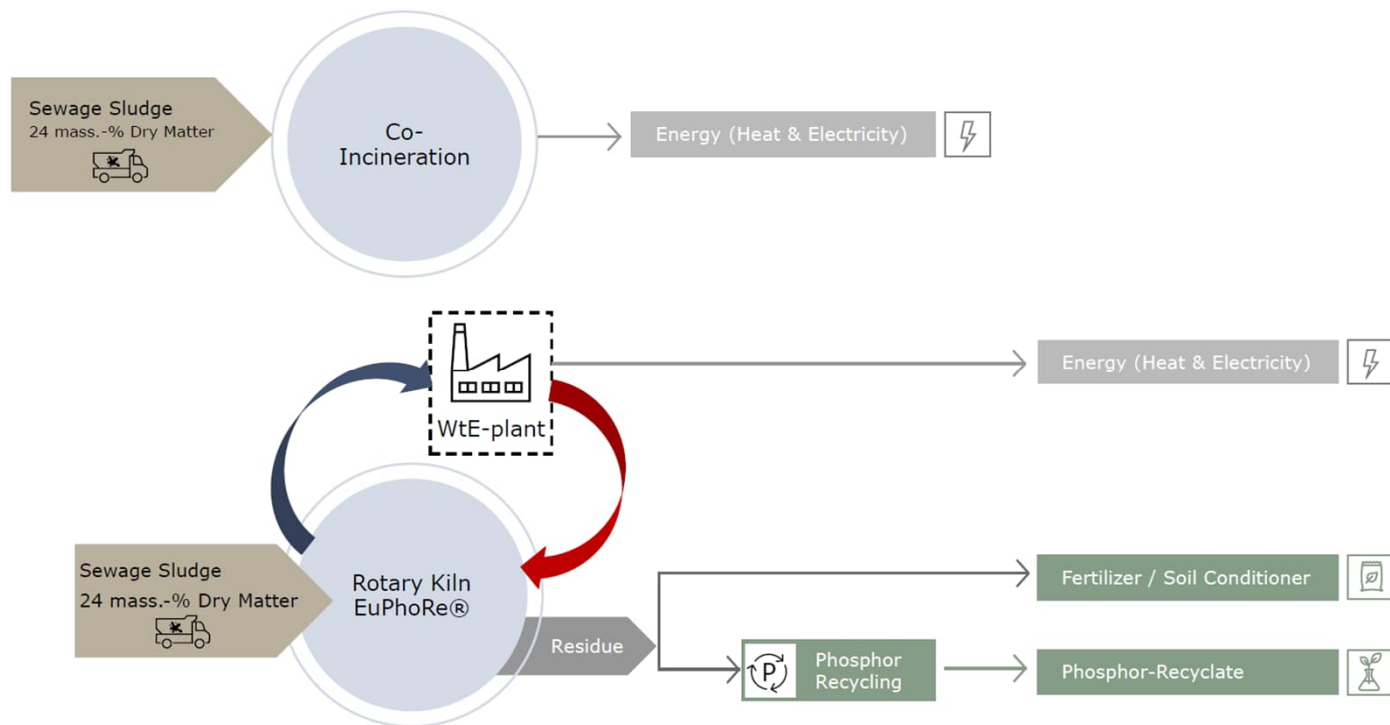
Co-incineration (sambränning)

Fördelar:

Låg investeringskostnad – utnyttjar befintlig infrastruktur. Enkel implementering.

Nackdelar:

Fosfor binds i askan och blandas med andra fraktioner, vilket försvårar återvinning. Begränsad andel slam kan blandas in (ofta max 10 %) utan att påverka förbränningsprocessen negativt.



Rotary kiln (roterugn)

Fördelar:

Flexibel – kan hantera både fasta och flytande avfall.

Hög temperatur (>850 °C) och lång uppehållstid ger god nedbrytning av farliga ämnen.

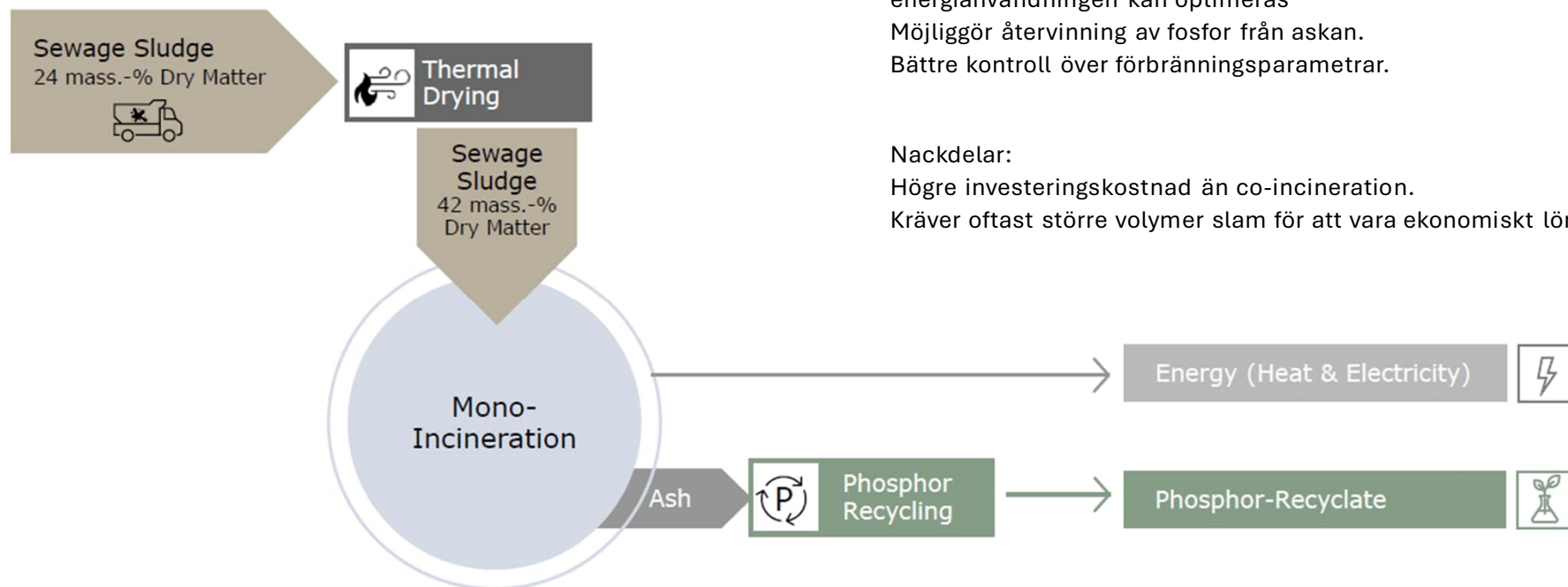
Möjlighet till energiåtervinning och fosforåterföring 2 1.

Nackdelar:

Komplex teknik med höga driftskostnader.

Termisk behandling av avloppsslam

För konceptet är Mono combustion (monoförbränning) valt. Slammet förbränns separat i en dedikerad anläggningar, med fluidiserad bädd.



Mono combustion (monoförbränning)

Fördelar:

Byggs som en ny separat förbränningsanläggning

Möjlighet att anpassa driftparameterna så att processen och energianvändningen kan optimeras

Möjliggör återvinning av fosfor från askan.

Bättre kontroll över förbränningsparametrar.

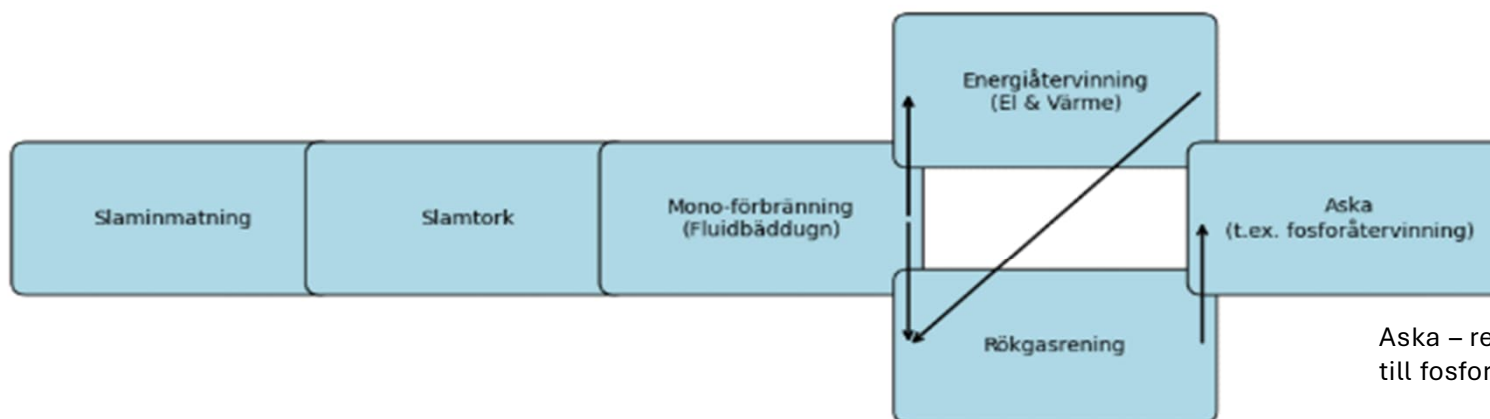
Nackdelar:

Högre investeringskostnad än co-incineration.

Kräver oftast större volymer slam för att vara ekonomiskt lönsamt

Termisk behandling av avloppsslam

Förenklat blockschema Mono combustion (monoförbränning) där slammet förbränns separat i en dedikerad anläggning, med fluidiserad bädd.



Aska – restaska samlas in, med möjlighet till fosforåtervinning.

Process Blockschema för mono-förbränning av avloppsslam, inklusive slamtorkning och energiåtervinning

Slaminmatning:
Avvattnat slam matas in i processen.

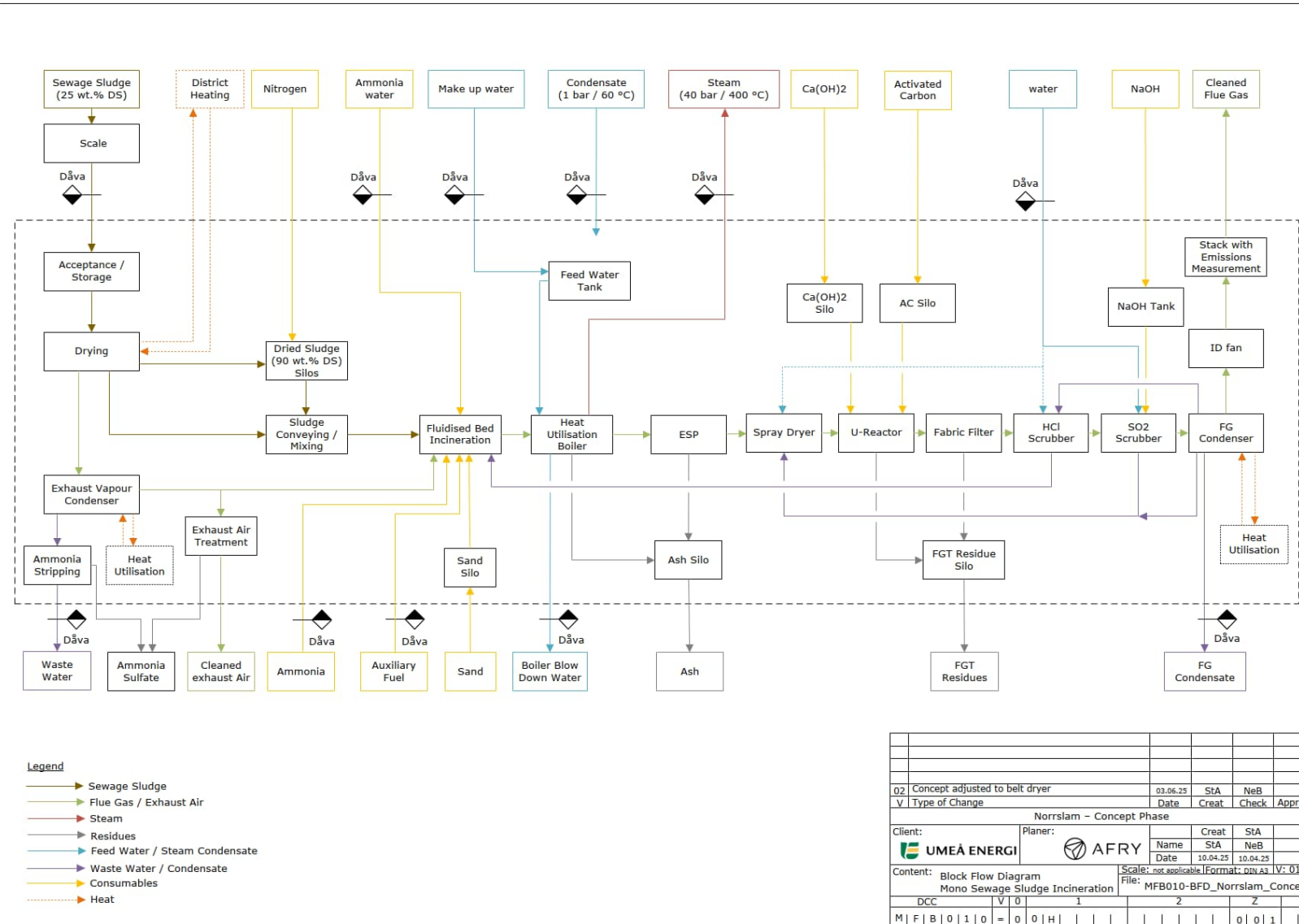
Slamtork:
Slammet torkas till högre torrsubstanshalt.

Mono-förbränning :
Torkat slam förbränns i en dedikerad ugn (t.ex. fluidbädd).

Energiåtervinning:
Värme och el genereras från förbränningen.

Rökgasrening:
Föroreningar i rökgasen avlägsnas.

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE
PROCESSKONCEPT - TERMISK BEHANDLING



Process Blockschema

Bilaga 3



PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Slamtorkning och kondensering av fuktig förorenad avluft från torken

Utvärdering av torktekniker

En teknisk översikt har genomförts över olika torktekniker, där driftdata och metodernas lämplighet för olika tillämpningar har analyserats.

Särskilt fokus har lagts på att identifiera den mest lämpade torkmetoden för Dåva-anläggningen, där lågtrycksånga inte finns tillgänglig men fjärrvärme med en framledningstemperatur runt 90 °C kan utnyttjas. Bandtorkning har därför lyfts fram som ett centralt alternativ.

Utöver torkningen behandlas även hantering och intern transport av torkat slam, kondensering av ånga samt behandling av kondensat och avluft. Särskild hänsyn har tagits till luktföroreningar, energianvändning och miljöpåverkan, med målet att skapa en integrerad och hållbar lösning för slamhantering.



Utvärdering av torktekniker

Olika tekniker används för att torka slam. Alla metoder bygger på att värma slammet för att avdunsta vattnet.

Indirekt torkning

Indirekt torkning är en termisk process där värme överförs till materialet via en värmeledande yta, utan att det termiska mediet – exempelvis mättad ånga, varmvatten eller termisk olja – kommer i direkt kontakt med materialet. Detta eliminerar risken för kontaminering och möjliggör en kontrollerad och hygienisk torkningsprocess.

Principen bygger på en stationär behållare utrustad med rörliga interna komponenter såsom skivor, paddlar, skovlar eller plattor. Dessa rörliga delar har två huvudsakliga funktioner:

Materialtransport – De förflyttar slammet genom torkzonen i en jämn och kontrollerad takt.

Värmeöverföring – De säkerställer god kontakt mellan slammet och den uppvärmda ytan, vilket möjliggör effektiv värmeledning och partiell förångning av vatteninnehållet.

Denna metod är särskilt lämplig för torkning av slam med hög viskositet eller klibbighet, där direktkontakt med het gas skulle kunna orsaka beläggningar, igensättningar eller oönskad termisk påverkan. Indirekt torkning är också energieffektiv, särskilt när låggradig spillvärme kan återanvändas som värmekälla.

Torkning med konvektion

Konvektionstorkning är en direkt torkningsmetod där varm gas – vanligtvis luft – förs i kontakt med materialet som ska torkas. Värmen överförs genom konvektion. Detta leder till att fukten i materialet avdunstar och förs bort med gasströmmen. I slamtillämpningar sker konvektionstorkning typiskt i:

- Bandtorkar
- Trumtorkar
- Fluidiserade bäddar

Bandtorkar är vanliga i anläggningar där lägre torktemperaturer och jämn torkning eftersträvas. De kräver dock större installationsyta jämfört med indirekta torkar, eftersom värmeöverföringen är mindre effektiv. En fördel med konvektionstorkning är att den så kallade "klibbfasen" – där slammet tenderar att bli segt och klibbigt vid 45–80 % TS – kan hanteras utan att orsaka igensättningar, vilket ofta är ett problem i indirekta system.

Metoden är särskilt lämplig när snabb och kontinuerlig torkning krävs, men den medför ofta högre energiförbrukning och ventilationsbehov. För att optimera processen krävs noggrann styrning av luftflöde, temperatur och fukthalt i den utgående gasen.

Översikt av torktekniker

Olika tekniker används för att torka slam. Alla metoder bygger på att värma slammet för att avdunsta vattnet. För att ge en översikt jämförs skivtorken – som är den vanligaste formen av indirekt tork – med bandtorken, som representerar konvektionstorkning. Tabellen nedan ger en jämförelse för olika tekniska data för de olika torkmetoderna

Driftdata	Skruvtork	Skivtork	Tunnsfilmstork	Trumtork	Fluidiserad bäddtork	Bandtork
Värmebehov (avdunstning = 1 t/h)	ca 850 kW	ca 850 kW	ca 850 kW	ca 900 kW	ca 900 kW	ca 825–1500 kW
Värmekällans temperatur	< 150 °C	< 150 °C	< 150 °C	350–600 °C	> 180 °C	70–120 °C
Torkmedium	Mättad ånga	Mättad ånga (<10 bar)	Mättad ånga	Luft	Luft	Luft, rökgas
Torktemperatur	> 140 °C	> 140 °C	> 140 °C	> 300 °C	> 150 °C	> 70 °C (80–90 °C)
Spillvärmeanvändning	Ja, < 140 °C	Ja, < 140 °C	Ja, < 140 °C	Nej	Ja, < 180 °C	Ja
Elförbrukning (avdunstning = 1 t/h)	60 kW	60 kW	60 kW	70 kW	70 kW	65 kW
Behov av driftresurser	Ej nödvändigt	Ej nödvändigt	Ej nödvändigt	Kväve för inertisering	Kväve för inertisering	Ej nödvändigt
Platsbehov	Litet	Mycket litet	Mycket litet	Medel	Medel	Högt

Översikt av torktekniker

Sammanfattning av de olika torkmetoderna

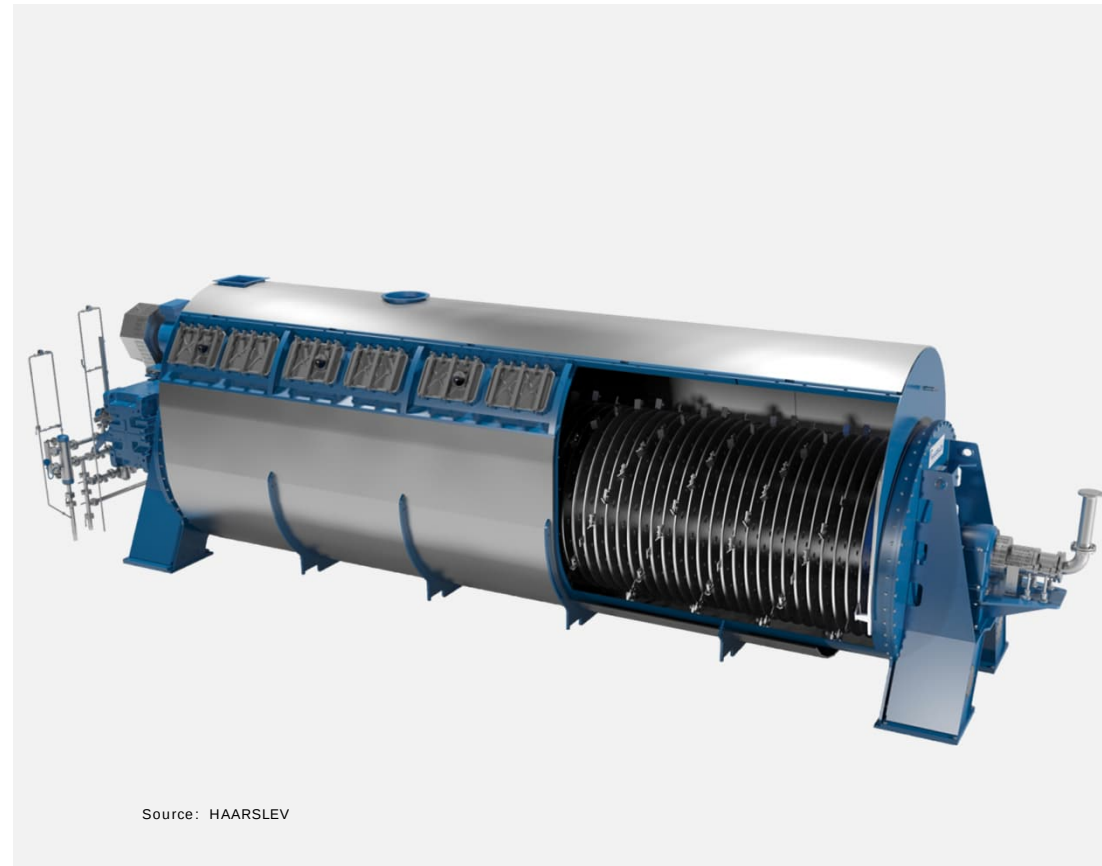
- Indirekt torkning används normalt för att torka slam till cirka 40 % torrsubstans (TS). Med konvektionstorkning kan en TS-halt runt 40 % uppnås genom att torka en viss del av slammet helt och sedan blanda om detta med den del av slammet som inte torkas i en omrörare.
- Vi indirekt torkning har slammet ingen direktkontakt med värmebäraren, minskar risken för kontaminering och möjliggör en hygienisk process. Kompakt design, kräver mindre installationsyta jämfört med vissa konvektionstorkar
- Om högre TS-nivåer krävs, är konvektionstorkning att föredra. Vid TS-halter mellan 45 och upp till 80 % kan en klibbfas uppstå i slammet, vilket kan orsaka igensättning i utrustning för indirekt torkning. Därför används indirekt torkning vanligtvis inte för fullständig torkning.
- Konvektionstorkning ger flexibel styrning av torkparametrar. Möjlighet att justera luftflöde, temperatur och fukthalt för optimerad drift.



Skivtork (Disc Dryer)

Beskrivning av skivtork

- Som värmemedium används lågtrycksånga (LP-ånga), som genereras genom tryckreduktion av högtrycksånga (HP-ånga) till 5–7 bar(a).
- Inuti skivtorken cirkulerar mellantrycksånga (LP-ånga) i skivornas hålrum och överför värme till slammet på utsidan av skivorna.
- Skivorna transporterar slammet genom torken, där vattnet successivt avdunstar.
- Det delvis torkade slammet lämnar torken via ett munstycke i botten och transporteras vidare till Fluidbäddspannan med hjälp av band eller skruvar.
- Högre ångtryck ger högre kondensationstemperatur och därmed bättre värmeöverföring, vilket möjliggör en mer kompakt torkdesign.
- Ångkondensatet återförs till vatten-ångcykeln via en kondensattank.
- Överskottsvärme kan användas för att förvärma förbränningsluften.
- Ångan som lämnar torken innehåller luktämnen och måste kondenseras (beskrivs i nästa kapitel).

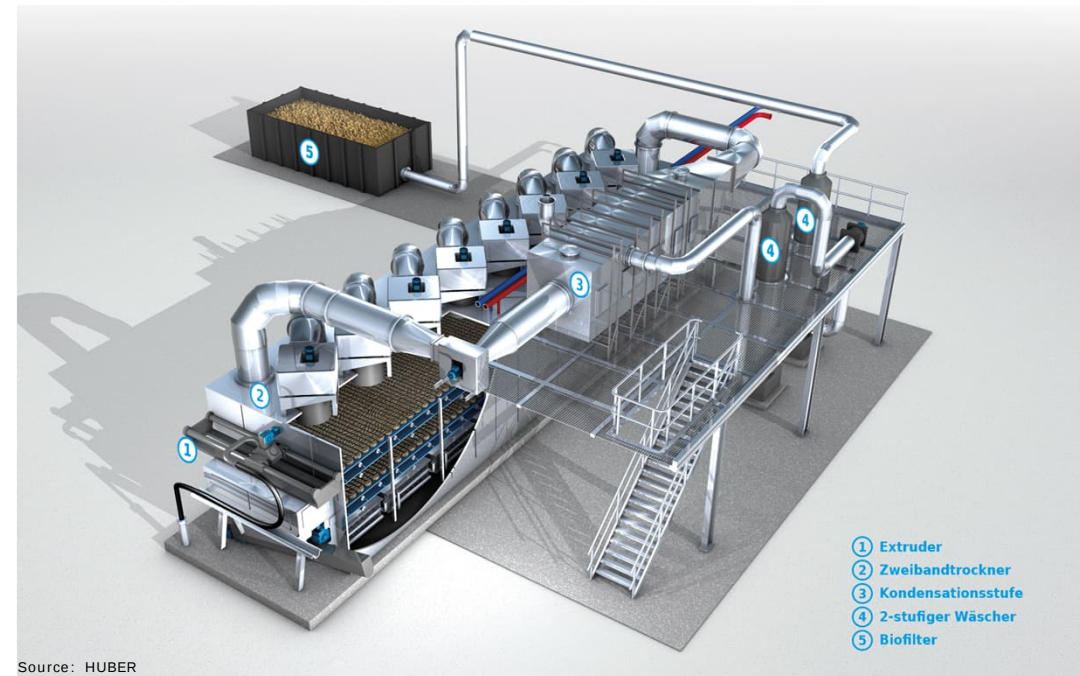


Source: HAARSLEV

Bandtork (Belt Dryer)

Beskrivning av konvektionstork (Bandtork)

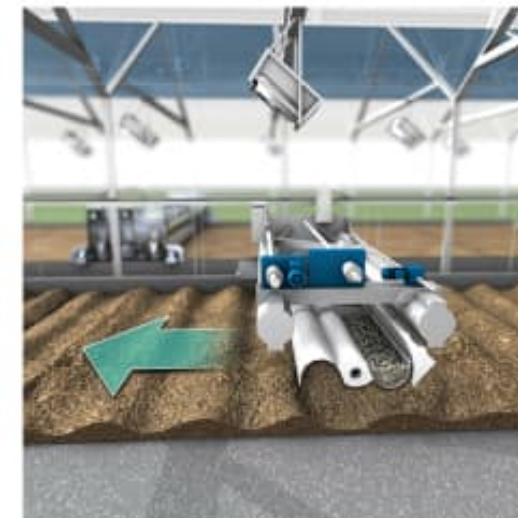
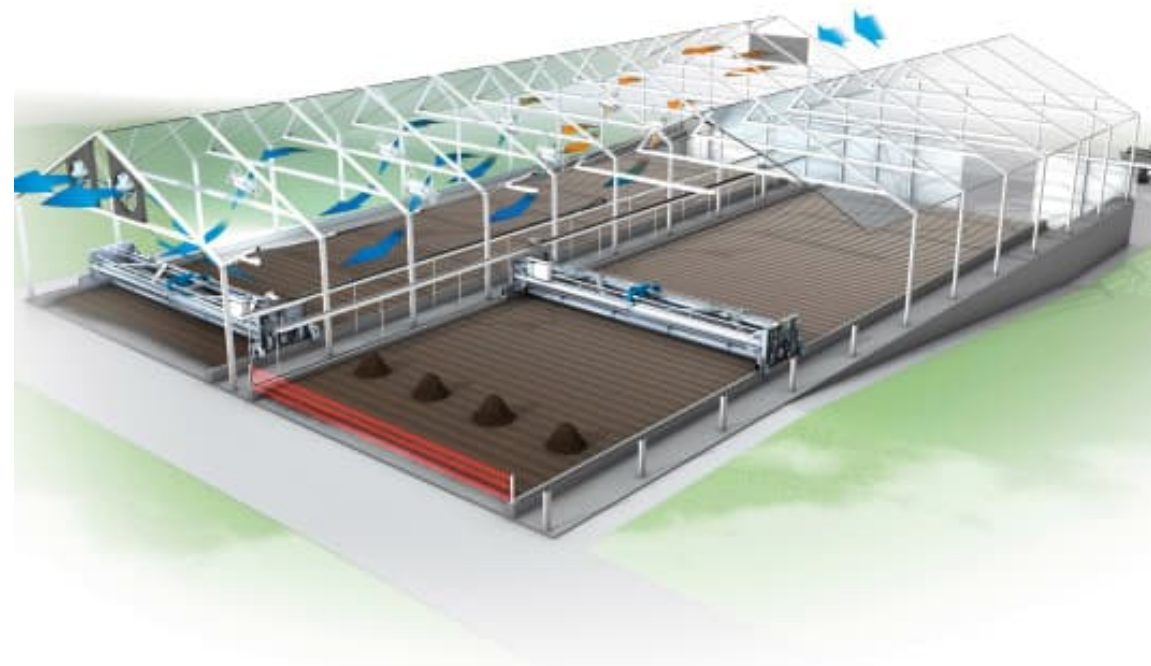
- Som värmemedium används varm luft, som värms upp via ett värmevattenflöde genom en värmeväxlare.
- Den varma luften strömmar ovanför bandet i motström till slammet som ska torkas.
- Bandets storlek dimensioneras utifrån luftens temperatur och det önskade avdunstningsbehovet.
- Luften återcirkuleras för att minimera luftbehovet. Eftersom torken drivs under lätt vakuum måste falsk luft som tränger in kontinuerligt avlägsnas. Ett minimiflöde på 4 000 m³/h måste beaktas.
- Värmevattnet måste återuppvärmas efter att ha överfört värme till torkluften. Detta kan göras med en kondensor som använder reducerad ånga från ångsystemet.
- Den extraherade luften är mättad med vattenånga från slammet och förorenad med organiska luktämnen. Ångan kondenseras, och luften måste antingen ledas till förbränningen eller renas via aktivt kol (AC) eller biofilter innan den släpps ut till omgivningen. Kondensatet från ångan måste behandlas i ett separat steg (beskrivs i nästa kapitel).
- En bandtork planeras för att torka slammet till >90 % TS. Det torkade slammet lagras i en silo. För att uppnå önskad 42 % TS-halt blandas det torkade slammet med vått slam innan det förs till förbränning.



Lågtemperaturtorkning

Beskrivning av soltorkning

- Torkning sker genom att avloppsslam sprids ut i en växthusliknande konstruktion där det torkar med hjälp av solenergi och ventilation.
- Slammet flyttas automatiskt med jämna mellanrum för att säkerställa jämn torkning. Frisk luft tillförs med fläktar.
- Torkningen är i viss mån oberoende av utomhustemperatur och solinstrålning, men:
 - På sommaren kan upp till 90 vikt-% TS uppnås.
 - På våren förväntas 50–75 vikt-% TS.
 - Under fryspunkten sker ingen torkning.
- Ytbehov: ca 1 m² per ton avvattnat slam.
- Torktid: cirka 6 månader.
- Anmärkning: Lämpligheten för förbränning måste utvärderas, eftersom LHV (lägre värmevärde) minskar under soltorkningsprocessen.



Torkningskoncept för Norrslam

Beskrivning av valt torkkoncept

Torkning av avloppsslam– Norrslam

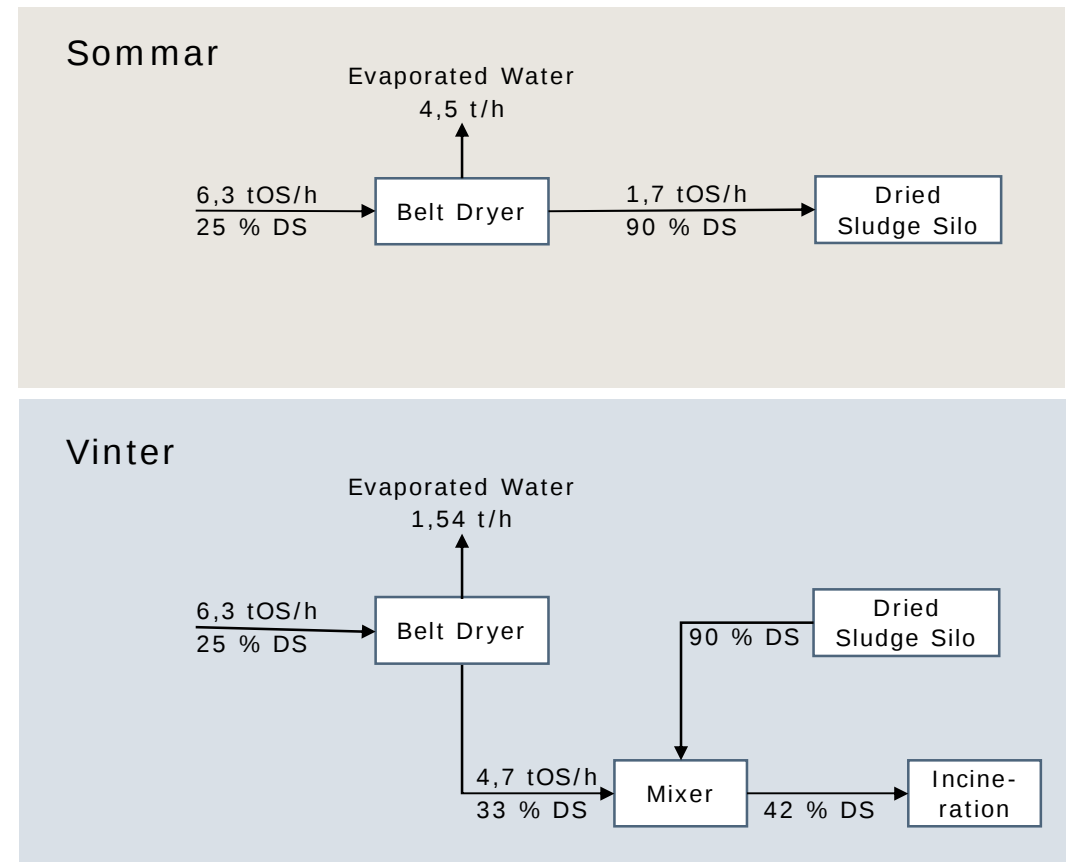
För detta projekt förordas torkning av avloppsslammet med en bandtork

- Vid Dåva finns ingen tillgång till lågtrycksånga, men fjärrvärme med framledningstemperatur runt 90 °C, vilket är lämpligt för bandtorkning.
- Förbränningen av avloppsslam sker 6 000 timmar per år.
- Under cirka fyra sommarmånader (juni–september) är förbränningen avstängd.
- Leveranser av slam sker året om.
- För att minska lagringsvolymen och eftersom värmebehovet är lägre under sommaren, torkas slammet till 90 % TS under denna period.

- Det torkade slammet lagras i silos.

Två driftfall:

- Sommartid:
Fullflödestorkning från 25 % till 90 % TS
→ Slammet lagras i silos.
- Vintertid:
Fullflödestorkning från 25 % till 33 % TS
→ Blandas med slam från silos (90 % TS)
→ Ger 42 % TS som inmatning till förbränningen.

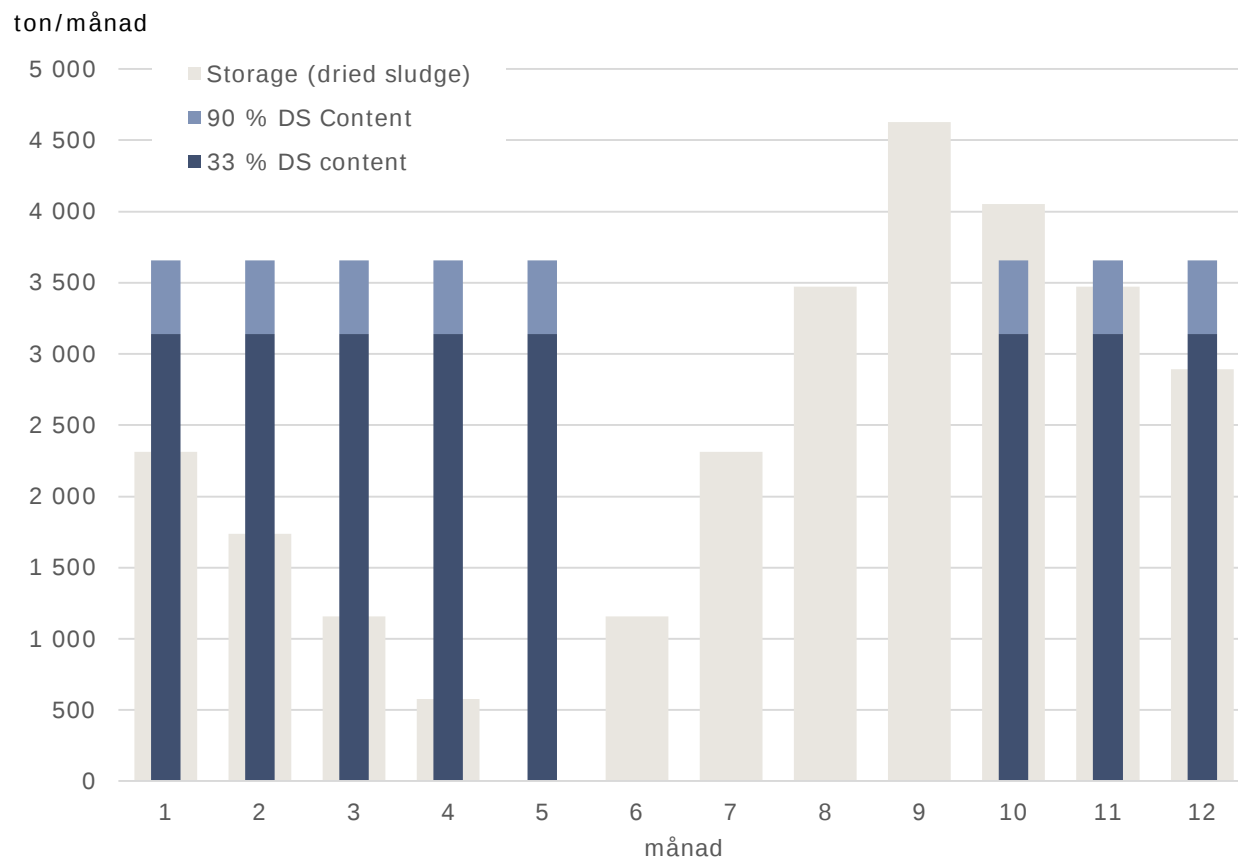


Torkningskoncept för Norrslam

Beskrivning av torkkoncept

Lagringskapaciteten för torkat slam (90 viktprocent) uppskattas baserat på sommar- och vintertorkningsfall:

- Lagringsbehov:
 - max. lagringsbehov 4.600 t
 - densitet torkat slam 0,6 t/m³
 - lagringsvolym 8000 m³
- 2 silos på 5000 m³ vardera
- Silos dimension:
 - diameter 13 m
 - höjd 35 m
- Silos kan konstrueras i stål eller betong. I detta första skede är stål använt.
- För att lagra torkat avloppsslam med 90 viktprocent TS-halt behövs kväve för mellanlagring



Torkning av avloppsslam - internbränslehantering

Beskrivning av valt torkkoncept, intern bränslehantering och processlösning

- Under slamförbränningsanläggningens driftperiod blandas det delvis torkade slammet från bandtorken och det torkade slammet från de torkade slamsilorna i en blandare, placerad nära bandtorken.
- Transporten från bandtorken till blandaren sker med skruvar.
- Från blandaren transporteras slammet med ca 42 % TS till fluidbäddspannan. Detta sker antingen med bandtransportörer eller skruvar. Den sista delen av transporten till fluidbäddspannan sker med skruvmatare, som matas från trattar.
- Under sommarperioden transporteras allt slam från bandtorken, som har 90 % TS-halt, mekaniskt från torken till de torkade slamsilorna, vertikalt med skoptransportörer och horisontellt med bandtransportörer eller skruvar.
- Transporten tillbaka från de torkade slamsilorna till blandaren sker också med mekanisk transport.
- Man bör beakta att det torkade slammet kan bilda en explosiv atmosfär som en damm-/luftblandning. Respektive åtgärder för att minimera explosionsrisken måste vidtas, t.ex. genom att använda ett hölje för transportörerna som är fyllt med inert gas.
- Om bandtransportörer används för transport av delvis torkat slam sker bandtransporten inuti ett hölje, varvid luften inuti höljet sugas ut.
- Utsugen luft ska, om möjligt, användas som primär- eller sekundärluft för förbränning.

Hantering av ånga och torkkondensat

- Ångan från torken kondenseras av cirkulerande vatten, som injiceras i kondensorn, vilket fäller ut och kondenserar ångan.
- Återkylningen av den cirkulerande luften sker genom fjärrvärmevattenåterföring, varigenom den senare värms upp.
- De icke-kondenserbara återstående gaserna, överskottsluft och mättad luft för bandtorken, leds till förbränningen och används som primärluft eller behandlas separat om massflödet är för högt. På grund av användningen av bunkerluft för förbränning kan förbränningens kapacitet att förbruka båda luftflödena överskridas.
- Kondensatet är kraftigt förorenat med organiskt material, särskilt ammoniak, och med betydande COD- och BOD5-halter (se nästa bild).
- Ammoniaken avlägsnas med en strippkolonn, där vatten strappar ut ammoniaken och producerar ammoniaksulfat, som kan användas som en produkt (dvs. gödningsmedel).
- Icke-kondenserbar ånga leds till förbränningssystemet för luktavtagning.
- Luftförorening från ångan beror starkt på typen av tork, torrsubstanshalten (DS) vid in- och utgång samt avdunstningstemperaturen.
- De viktigaste parametrarna i torkkondensatet är:
 - o BOD (biologisk syreförbrukning)
 - o COD (kemisk syreförbrukning)
 - o Ammonium
- Generellt sett är tillgången på källdata begränsad.

	Förväntat intervall (mg / L)	Maxvärde (mg / L)
BOD5	200 – 1.100	up to 2.500
COD	1.400 – 2.400	up to 7.000
NH ₃ (as N)	400 – 1.500	up to 2.500
pH	7,8 – 9,0	

Behandling av avluft

- Avluft från bandtorkprocessen och bunkerluftsuget innehåller damm och andra gasformiga föroreningar som bidrar till luktutsläpp.
- En del av avluften kan användas som förbränningsluft i fluidiserad bäddförbränning. För avluft som inte kan användas som förbränningsluft behövs en behandlingsprocess.
- Under sommaren är förbränningsprocessen inte i drift, så för hela mängden avluft från bandtorken samt från bunkerluftsuget behöver behandling ske.
- Damm och gasformiga utsläpp, särskilt de som innehåller ammoniak, kan avlägsnas genom en kombination av skrubbrar och filter.
- Med sura och neutrala skrubbrar kan ammoniak och sura gaser avlägsnas. Ammoniaksulfatlösning produceras som kan användas som gödningsmedel.
- Biofilter eller aktivt kolfilter är lämpliga för att minska utsläppen.



Source: PANTNER GmbH



Source: ABIONIK

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Förbränning och värmeåtervinning

Fluidiserad bäddpanna

Principbeskrivning

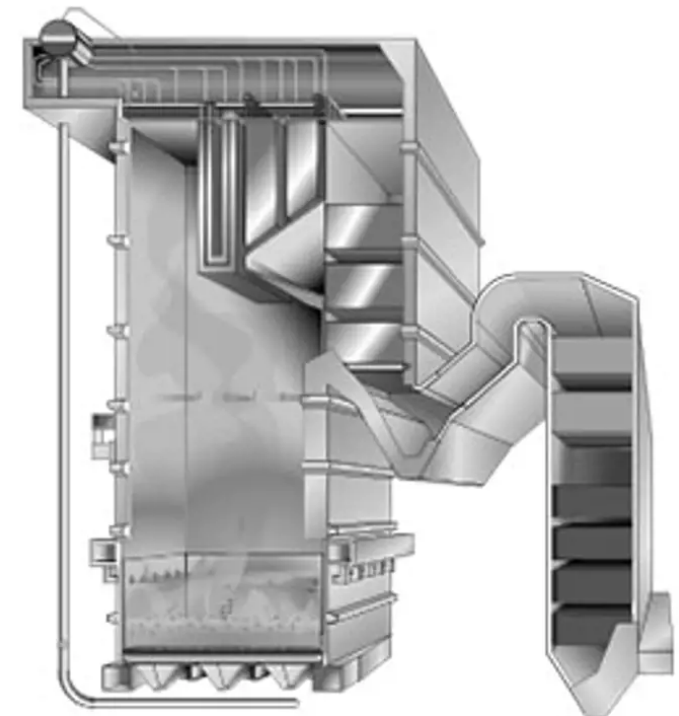
En fluidbäddspanna är en typ av förbränningsanläggning där bränslet – i detta fall torkat avloppsslam – förbränns i en bädd av sand eller annat inert material som hålls i suspension av en uppåtgående luftström. Detta skapar en "kokande" bädd med mycket god värmeöverföring och blandning.

Huvudkomponenter

Förbränningskammare med fluidiserat bäddmaterial (ofta kvartssand).
Luftfördelningssystem som blåser in primärluft underifrån.
Bränsleinmatning för torkat slam (vanligtvis > 30–40 % TS).
Överhettare och värmeväxlare för energiåtervinning.
Rökgasrening (cyklon, skrubber, filter).
Askutmatning för bottenaska.

Processbeskrivning

Torkat slam matas in i den fluidiserade bädden.
Primärluft blåses in underifrån och fluidiserar bäddmaterialet.
Förbränning sker vid 800–900 °C i en jämn och kontrollerad miljö.
Värmen återvinns i form av hetvatten eller ånga för el- och värmeproduktion.
Rökgasar rensas från partiklar, tungmetaller och sura gaser.
Aska samlas upp, ofta rik på fosfor och möjlig att återvinna.



Source: Valmet BFB

Fördelar:

Hög verkningsgrad och god bränsleflexibilitet.
Låg risk för slagg- och beläggingsproblem.
Möjlighet till fosforåtervinning från askan.
Stabil drift även vid varierande bränslekvalitet.
Utformad för att effektivt förbränna olika slags bränslen. Den stora värmekapaciteten hos bäddmaterialet möjliggör stabil förbränning också av bränslen med högt fuktinnehåll.

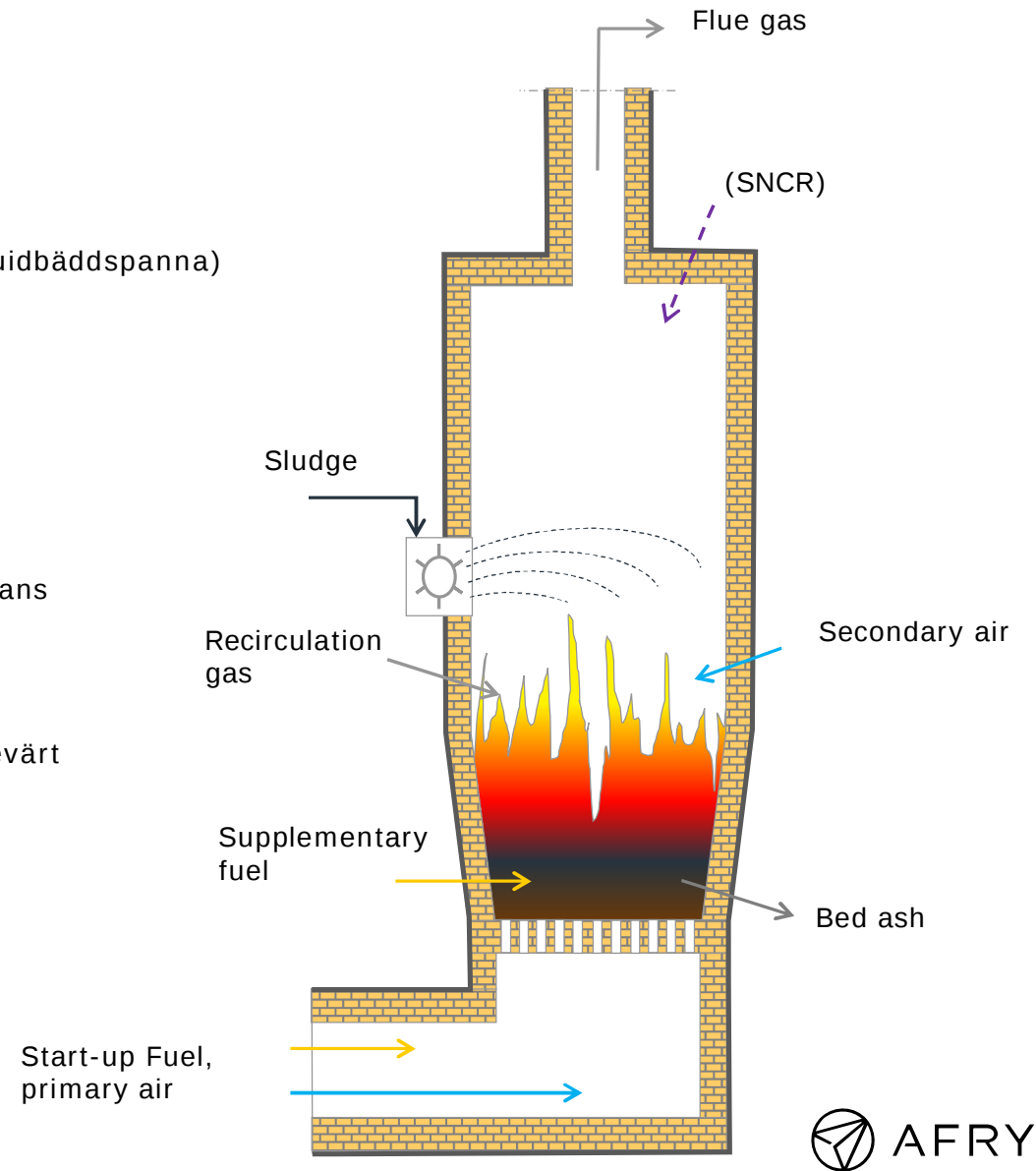
Utmaningar:

Kräver förtorkning av slammet.
Hög initial investeringskostnad.
Kräver avancerad rökgasrening.

Fluidiserad bäddpanna

Principbeskrivning Värmebalans och temperaturfördelning i FB (Fluidbäddspanna)

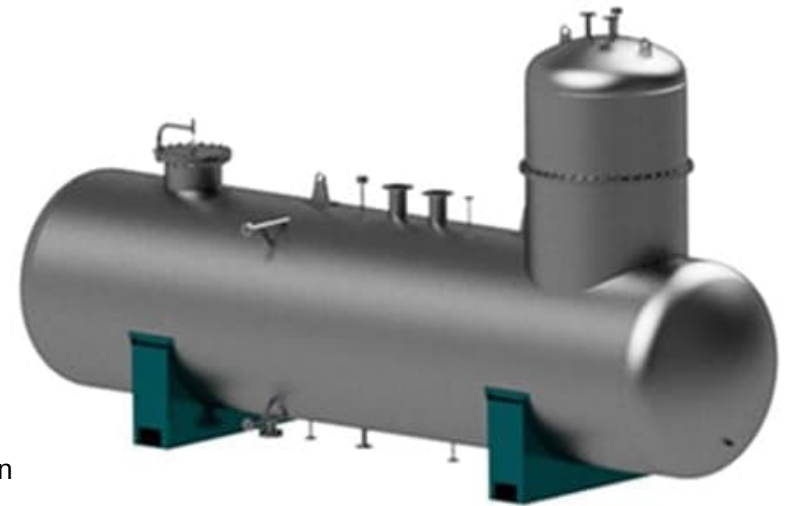
- Värmeavgivningen i Fluidbäddspannan sker:
 - o I den fluidiserade bädden
 - o I gasfasen
 - o Fördelningen beror på bränslet
- Förångningen sker nästan uteslutande i bädden
- Temperaturfördelningen påverkar bildningen av NO_x samt ångans partialtryck
- Bädden kan köras både under- och överstökiometriskt
- Förvärmning av luften påverkar också värmefördelningen avsevärt
- Tillsatsbränsle kan tillföras via brännare och lansar



Matarvattenförsörjning och kondensattank

Design av matarvattentanken

- En matarvattentank med avluftare installeras för att säkerställa den erforderliga pannvattenkvaliteten. I denna tank avlägsnas upplösta gaser från matarvattnet. Samtidigt värms matarvattnet upp till 130–140 °C.
- Matarvattnets temperatur väljs så att temperaturen vid pannans utlopp på rökgassidan (kalla änden) inte understiger svavelsyrans daggpunkt. För detta ändamål kan en förvärmare installeras i pannan, beroende på respektive leverantörs koncept. Pannans matarvattenpumpar pumpar matarvattnet från matarvattentanken genom ekonomisern in i pannans ångtrumma.
- Pumparna är varvtalsstyrda och reglerar tryck och flöde av matarvattnet. Samtidigt tillhandahåller de insprutningsvatten till högtrycksbypass-station. Pumpkonstruktionen inkluderar föreskrivna säkerhetsmarginaler enligt EN 12952-7. Två redundanta pumpar är planerade.
- Avmineraliserat tillsatsvatten från demineraliseringsanläggningen vid Dåva satsas till matarvattentanken. Utformningen av matarvattentanken baseras på en "hålltid" på en timme, vilket är ett standardvärde. En hålltid på en timme innebär att systemet kan köras i en timme innan tanken är tom, utan att behöva fyllas på med nytt tillsatsvatten.
- Små mängder kemikalier tillsätts till matarvattnet för att förhindra korrosion på vattensidan i pannan genom att justera pH-värdet



Source: Matarvattentank Zander & Ingerström

Ångpanna för värmeåtervinning

Design av förbränningsanläggningen

- Varm rökgas från ugnen kylv för ånggenerering. Pannan är konstruerad som en naturlig cirkulationspanna med membranväggar i den varma sektionen. Värmeytorna för förångaren och överhettaren är placerade i den första passagen. Matarvattenförvärmaren (ekonomizern) är installerad i den andra passagen. Avböjningen i den nedre änden orsakar stoftavskiljning (genom centrifugal- och gravitationskraft). Stoftet sugas ut och transporteras pneumatiskt till asksilon. Spillvärmepannor nedströms avloppsslamförbränning löper mindre risk för avlagringar, korrosion och erosion än pannor i avfallsförbränningsanläggningar.
- Flygaskan innehåller mycket SiO_2 och beter sig som sand. Av denna anledning kan man ofta helt avstå från utrustning för rengöring av uppvärmda ytor (rappare, kulrengöringssystem, sotblåsare). Rökgas-/luftförvärmaren är integrerad i pannan. Ångparametrarna kan vara högre än för avfall. 65 bara/450°C är genomförbart, men leder till extra kostnader för pannan, matarpumpar och kopplingar jämfört med 40 bara/400°C. På grund av hela anläggningens lilla storlek rekommenderas inte en enskild ångturbin. Ångan kommer att ledas till Dåva-anläggningen och matas till den befintliga ångturbinen. Kondensatet från ångturbinen kommer att återföras från Dåva till matarvattentanken. Ångparametrarna för slamförbränningen kommer att drivas med något högre parametrar än för avfallsförbränningsanläggningen, eftersom tryckfallet och temperaturförlusten på rörbryggan ska beaktas.
- Av säkerhetsskäl har pannan minst en högtryckssäkerhetsventil som blåser ut i det fria via en ljuddämpare. För att begränsa saltkoncentrationen i pannvattnet och säkerställa den erforderliga ångkvaliteten, dräneras cirka 1 % av den befintliga ångvolymen kontinuerligt från ångtrumman som kondensat och leds till flashkärlet.

Matarvattensystem och Pannfunktion – Sammanfattning

Design av förbränningsanläggningen

Matarvattentank & Avluftning

Avluftare tar bort gaser och värmer matarvattnet till 130–140 °C.

Temperatur anpassas för att undvika svavelsyradaggpunkt i rökgasen.

Tillsatsvatten från Dåva (avmineraliserat) tillsätts.

Tankens volym dimensioneras för 1 timmes drift utan påfyllning.

Pumpar & Flödesreglering

Två varvtalsstyrda pumpar (med redundans) reglerar tryck och flöde.

Förser även högtrycksbypass-station med insprutningsvatten.

Säkerhetsmarginaler enligt EN 12952-7.

Pannkonstruktion

Naturlig cirkulationspanna med membranväggar.

Förångare & överhettare i första passagen, ekonomiser i andra.

Rökgas/luftförvärmare integrerad i pannan.

Stoft- & Askhantering

Stoft separeras via avböjning och transporteras pneumatiskt till silo.

Flygaska med hög SiO₂-halt – ofta inget behov av rengöringsutrustning.

Ångparametrar & Turbinintegration

Ånga: upp till 65 bar / 450 °C (jämfört med 40 bar / 400 °C).

Ångan leds till Dåva-anläggningens befintliga turbin. Kondensat återförs till matarvattentanken.

Säkerhet & Kvalitet

Högtryckssäkerhetsventil med ljuddämpare.

Kontinuerlig avtappning (~1 %) från ångsystemet till flashkärl för att kontrollera saltnivåer.

Kemikalier tillsätts för pH-justering och korrosionsskydd.

Matarvattensystem och Pannfunktion – Sammanfattning

Stoft- & Askhantering

- o Stoft separeras via avböjning och transporteras pneumatiskt till silo.
- o Flygaska med hög SiO_2 -halt – ofta inget behov av rengöringsutrustning.

Ångparametrar & Turbinintegration

- o Ånga: upp till 65 bar / 450 °C (jämfört med 40 bar / 400 °C).
- o Ångan leds till Dåva-anläggningens befintliga turbin.
- o Kondensat återförs till matarvattentanken.

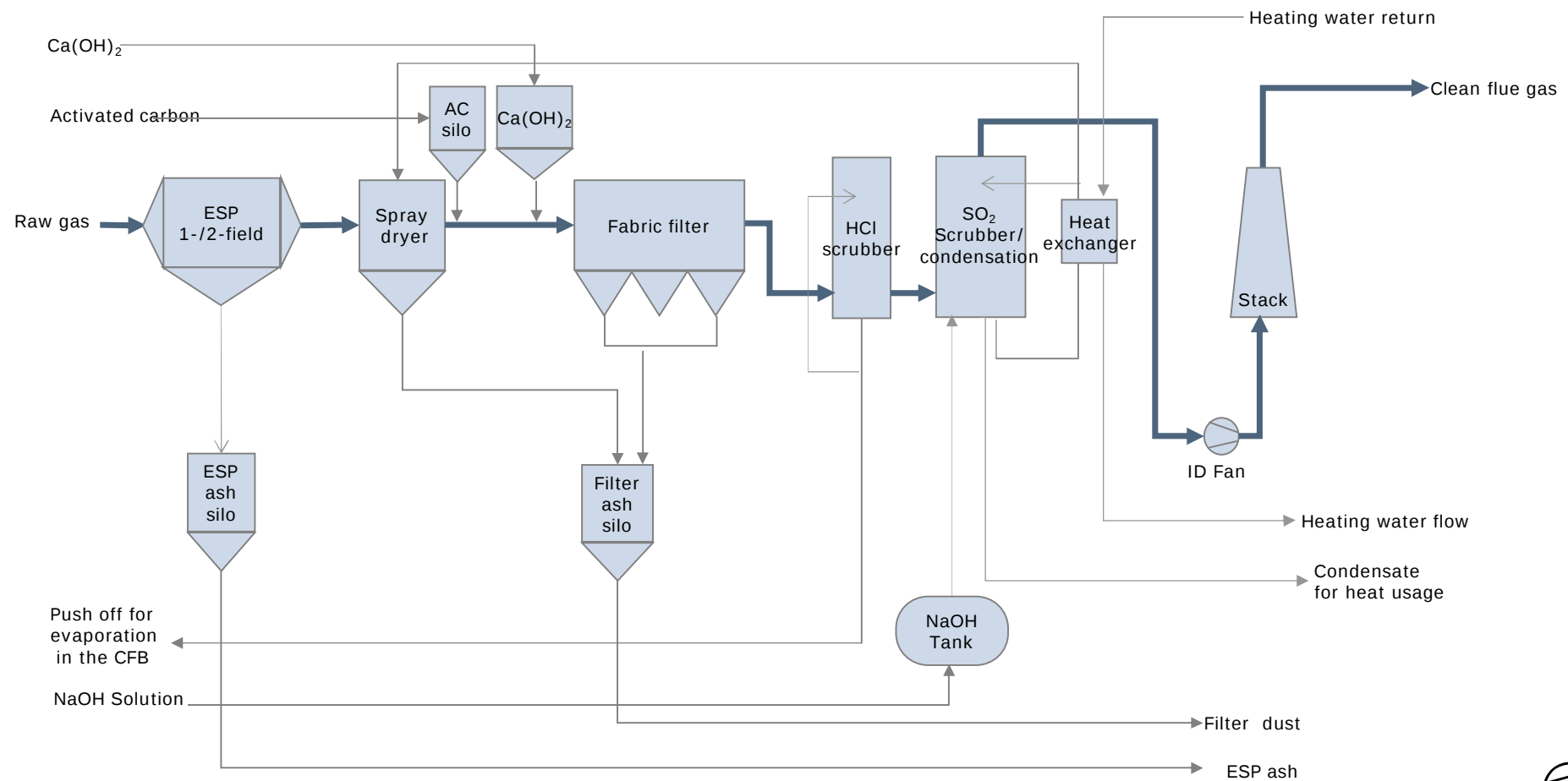
Säkerhet & Kvalitet

- o Högtryckssäkerhetsventil med ljuddämpare.
- o Kontinuerlig avtappning (~1 %) från ångtrumman till flashkärl för att kontrollera saltnivåer.
- o Kemikalier tillsätts för pH-justering och korrosionsskydd.

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Rökgasrening

Rökgasrening



Processkedja för utsläppsreduktion, de olika delstegen förklara på nästa sida

Elektrofilter (ESP)

- ## Spraytork

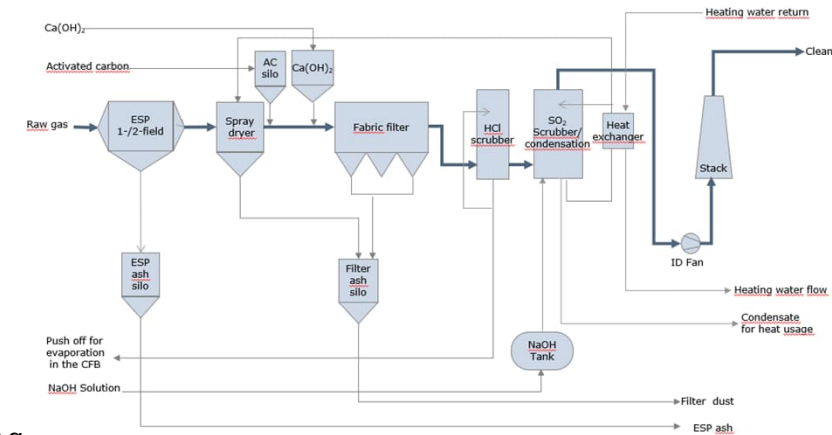
- ☐ Avdunstar skrubberrejekt
- ☐ Sänker rök Gastemperaturen

- o Aktivt kol $\rightarrow$ tar bort tungmetaller (t.ex. Hg^0)
- o Hydratiserad kalk $\rightarrow$ binder sura gaser

- o Fångar upp reaktionsrester, aktivt kol och kalk

o Tar bort sura gaser

- o Steg 2 använder kaustiksoda (NaOH)
- o Innehåller kondensationssteg för värmeåtervinning



- o Via värmeväxlare i skrubberns vattencykel

Induktionsfläkt (ID)

- o Varvtalsstyrd
- o Reglerar vakuüm i hela avgasvägen

- o Kontinuerlig mätning vid skorstenen
- o Separat mätutrymme nära mätpunkten

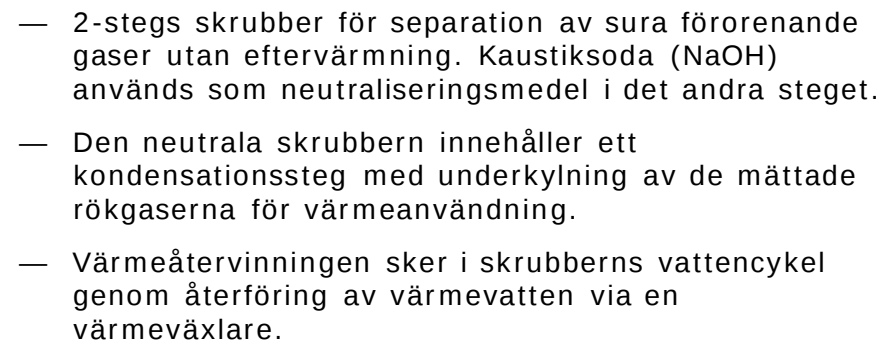
Kaustiksoda-skrubber (rekommenderas):

- o Mindre fasta restprodukter. Rejekt kan direkt sprayindunstas

Gipsskrubber (mindre fördelaktig):

- o Kräver avvattning av gipssuspension. Högre utrustningskostnader

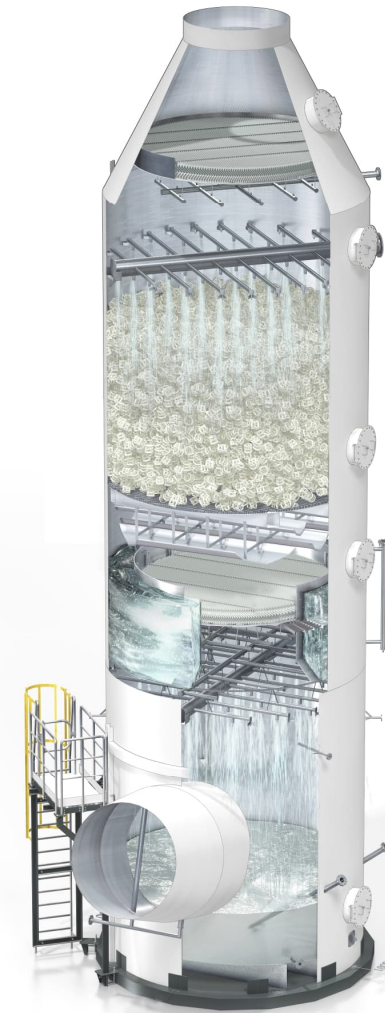
- Elektrofiler (ESP) som föravskiljare för askassering. Detta steg är nödvändigt för att producera aska som är tillgänglig för valfri fosforåtervinning. Användningen av ett ESP (1- eller 2-fält) är mer meningsfull här än till exempel en cyklon eller ett tygfilter.
- Spraytork för avdunstning av skrubberrejekt och sänkning av temperaturen.
- Reaktor med tillsats av aktivt kol för borttagning av tungmetaller (särskilt Hg0) och hydratiserad kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) som inert bärare (säkerhet!) och för förseparation av sur gas.
- Tygfilter för separation av avdunstningsrester, laddat aktivt kol, hydratiserad kalk och reaktionsprodukter (t.ex. CaCl_2) från avgaserna.



Rökgasrening 2/2

För att uppfylla lagstadgade utsläppsgränser reduceras föroreningar i den nedströms rökgasreningssprocessen och består av följande processkedja:

- Varvtalsstyrd rökgasfläkt, induktionsfläkt (ID), för justering av vakuomet i hela avgasvägen, inklusive förbränningsanläggningen.
- Kontinuerlig emissionsmätning vid skorstenen med analysatorerna och utvärderingsdatorn anordnade i ett separat emissionsmättningsrum nära mätpunkten (den tillåtna längden på mätledningarna är begränsad).
- Det finns två typer av skubbertekniker en kaustiksoda-skrubber är mer kostnadseffektiv än en gipsskrubber med kalkmjölk som neutraliseringsmedel:
 - Kaustiksoda-skrubber: rejektet kan matas direkt till en sprayindunstare och relativt få fasta ämnen produceras.
 - När det gäller gipsskrubbern rejekteras en gipssuspension, som måste avvattnas separat, och koncentratet/filtratet som produceras måste fortfarande indunstas genom damm, vilket leder till högre utrustningskostnader.



Source: Valmet

Kvalitet på aska från avloppsslam

Förväntade kvalitéter på askan från rökgasreningen i förbränningsanläggningen:

Huvudämnesinnehåll i aska från förbränning av avloppsslam

	Aluminium wt. %	Calcium wt. %	Iron wt. %	Magnesium wt. %	Phosphorous wt. %	Sulphur wt. %	Silicon wt. %
Minimum	0,7	6,1	1,8	0,3	1,5	0,3	2,4
Maximum	20,2	37,8	20,3	3,9	13,1	6,9	23,7
Average	5,2	13,8	9,9	1,4	7,3	1,5	12,1

Spårämnesinnehåll i aska från förbränning av avloppsslam

	Lead mg/kg	Cadmium mg/kg	Chromium mg/kg	Copper mg/kg	Nickel mg/kg	Mercury mg/kg	Zinc mg/kg	Arsenic mg/kg	Manganese mg/kg	Vanadium Mg/kg
Minimum	< 3,5	< 0,1	58	162	8,2	0,1	552	4,2	334	9,3
Maximum	1.112	80,3	1.502	3.467	501	3,6	5.515	124	6.488	1.206
Average	151	3,3	267	916	105,8	0,8	2.535	17,5	1.914	136

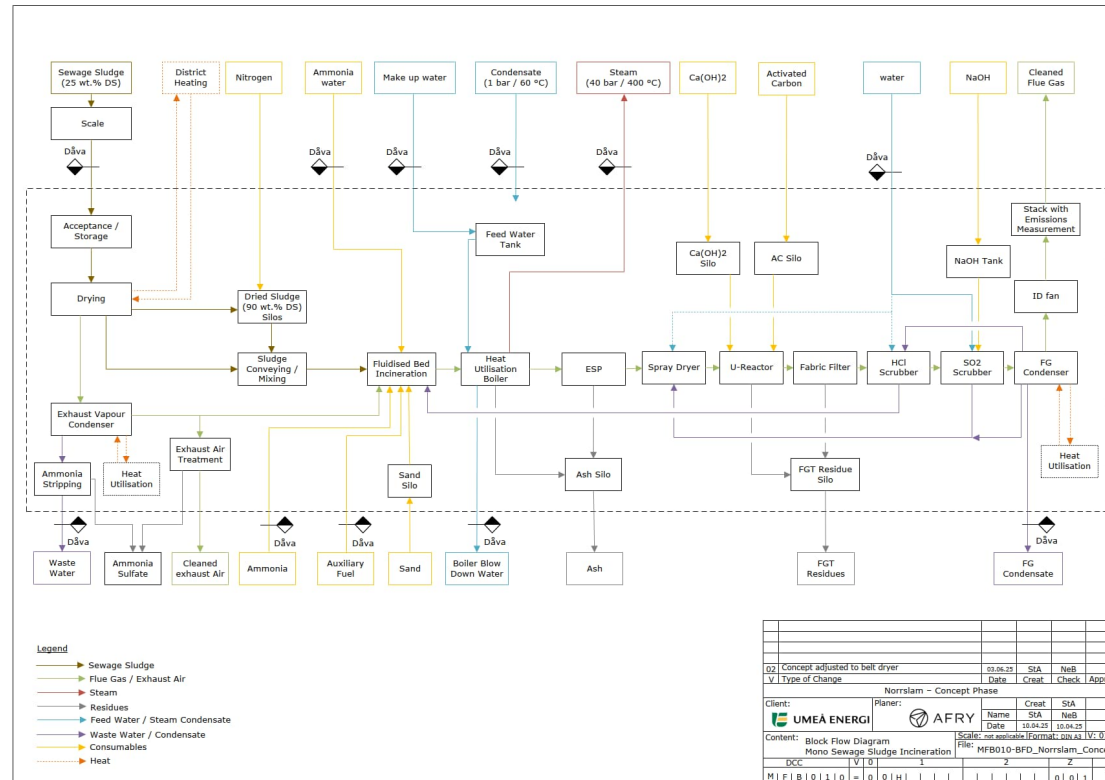
Source: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_49_2015_monitoring_von_klaerschlammbrennungsaschen.pdf

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Övergripande anläggningsinformation och gränssnitt

Övergripande anläggningsinformation och gränssnitt 1/2

- Hela anläggningen visualiseras i blockflödesschemat MFB010 00H001 (se bilaga 3)
- Gränssnitten beskrivs i listan över gränssnitt (se bilaga 8). De huvudsakliga processgränssnitten till Däva är följande:
- Indata:
 - o Fjärrvärmeretur för kylning av rökgas och torkkondensation
 - o Framledning fjärrvärme för uppvärmning av bandtorksluft
 - o Ammoniakvatten för SNCR och dosering av kaustiksoda till matarvatten
 - o Matning av vatten och kondensat från vattenångcykeln till matarvattentanken
 - o Processvatten till skrubber
 - o Dricksvatten (sanitet)
 - o Hjälpbränsle
 - o Kylvatten (vid behov)
 - o Tryckluft



Övergripande anläggningsinformation och gränssnitt 2/2

— De huvudsakliga processgränssnitten till Dåva är följande:

- o Ammoniakvatten för SNCR och dosering av flyktig kaustik till matarvatten
- o Högtrycksånga 40 bar/400°C (vid turbinen)
- o Förvämt värmevattenretur (inkl. värmevattenflöde för bandtork)
- o Avloppsvatten från ångbehandling
- o Slamvatten från panna
- o Hjälpbränsle
- o Kylvatten (vid behov)
- o Tryckluft
- o Rökgaskondensat

— Ytterligare hjälpmedel att beakta:

- o Hydrerad kalk, lagrad i lokal silo
- o Aktivt kol för rökgasrening, lagrad i lokal silo
- o NaOH (50 %) för rökgasrening och dosering av panntrumma, lagrad i lokal tank
- o Svavelsyra, för behandling av torkkondensat, lagrad i lokal tank
- o Sand för Fluidbäddspannan-panna
- o Rester/produkter som ska avlägsnas
- o Aska från förbränningsprocessen för fosforåtervinning, lagrad i lokal silo
- o Rester från rökgasrening för bortskaffande, lagrad i lokal silo
- o Rökgaskondensat
- o Ammoniaksulfat från behandling av torkångkondensat, lagrad i lokal tank

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Riskbedömning

Riskområden

De viktigaste områdena för slamförbränning vad gäller risker för operatörer och miljöföroreningar under drift är följande:

- Lagring av inkommande slam: Även om huvudsakligen rötat slam lagras, kan den återstående orötade delen leda till utveckling av metan. Metan måste därför övervakas i båda bunkersektionerna. För att undvika ansamling måste en dubbel luftcirkulation av bunkervolymen utföras varje timme. Om en ökning av metanhalten till 20 % av den nedre explosionsgränsen sker, rekommenderas en ökning till 8 gånger cirkulationshastigheten för bunkervolymen. Luften från bunkern används som primär förbränningsluft för förbränningen. Vid stillastående av förbränningen måste luften avledas till omgivningen via ett aktivt kol eller ett biofilter.
- Lagring av torkat slam är avgörande eftersom det är ett organiskt damm som kan leda till en explosiv atmosfär. Den stora volymen som lagras (totalt 4 månaders kapacitet) skulle resultera i allvarliga skador vid en explosion. Därför måste all risk för gnistbildning undvikas. En annan möjlighet är att fylla silorna med en atmosfär av inert gas. Men detta skulle leda till en stor kväveförbrukning. En expert på explosionsskydd bör involveras i en tidig planeringsfas för att identifiera hur riskerna kan minimeras.
- De övriga silorna innehåller oorganiskt material, med undantag för aktivkolsilon. Även i dessa fall är det viktigt att förhindra gnistbildning och att överväga användning av en inert atmosfär för att minimera explosionsrisk
- Hantering av ånga: Högtrycksånga kommer att genereras i pannan och vissa rörledningssektioner och förbrukare av lågt/medelhögt tryck kan också förekomma. För vatten-ångcykeln måste bestämmelserna i PED tillämpas. Ett anmält organ för tillsyn måste beaktas under implementeringsfasen.

Riskområden

De viktigaste områdena som behöver riskbedömas (fortsättning):

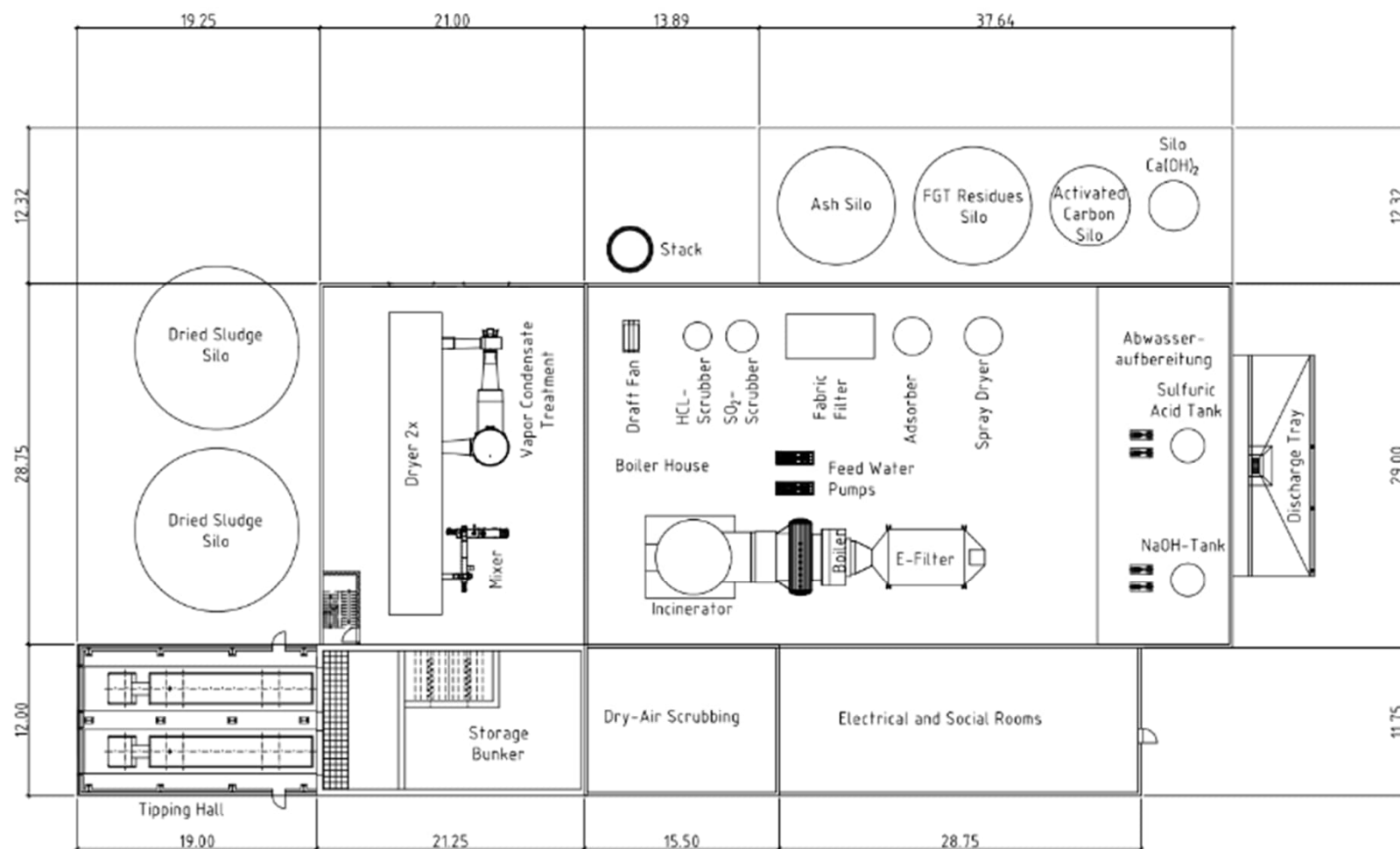
- Risker för vattenförorening från kemikalier, farliga för vatten, måste beaktas. Lagringstankar för kaustiksoda och syra uppförs med dubbla väggar eller dammar för att hålla kvar kemikalierna från grundvattnet. I synnerhet bör lossning av lastbilar utföras på spillplatta för att förhindra utsläpp till grundvatten.
- Brandskyddsåtgärder måste övervägas genom att involvera en expert. Detta kommer att leda till branddetekteringssystem och rökutsugningsventiler på byggnadernas tak. Branddetekteringssystemet bör integreras i Dåva-systemet.
- Miljöförorening från rökgaser: BREF-dokumentet för avfallsförbränning och respektive svenska bestämmelser måste beaktas. Rökgasreningssystemet utformas för att uppnå gällande krav för utsläppsgränser och där även kontinuerlig övervakning bör installeras.

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Layout

Layout

Layoutförslag för Norrslams anläggning



Layout

Layoutförslag för Norrslams anläggning

Beskrivning av layouten för Norrslams anläggning:

Slamförbränningsanläggningen (SIP) är belägen sydväst om Dåva avfallsförbränningsanläggning (WtE).

I den nordvästra delen av anläggningen finns tippningshallen. Lasbilar backar in i tippshallen och tippar sin last ner i tippbunkern. Tippbunkern är ansluten till lagringsbunkern på krannivå, men separerad med en vägg upp till cirka 13 meters höjd.

Väster om lagringsbunkern är bandtorkarna placerade i två nivåer. I samma område finns även kondensatbehandling för ånga samt blandare. Norr om torkbyggnaden är silos för torkat slam placerade utomhus.

Pannhuset är placerat söder om torkbyggnaden. Inuti torkbyggnaden är den cirkulerande fluidbäddpannan (FB), bestående av förbränningskammare och vertikalt placerad panna, riktad mot söder, följt av ett elektrofilter (ESP).

Rökgasreningsanläggningen är placerad, riktad mot norr. Den består av sprytork, adsorber, textilfilter, tvåstegs-skrubber och kondensor. Skorstenen är placerad utomhus, nära ID-fläkten, som är den sista komponenten i rökgaskanalen. Mellan pannan och rökgasreningen finns matarvattentanken och matarvattenpumparna

Layout

Layoutförslag för Norrslams anläggning

Väster om pannhuset är anläggningen för torr rökgasrening placerad, där överskottsluften från ångkondensatbehandlingen kommer att renas.

Söder om denna byggnad finns utrymmen för elutrustning, teknikutrymmen och personalutrymmen (HVAC), placerade i en enplans betongbyggnad.

Söder om pannhuset är anläggningen för vattenreningen placerad, där kondensatet från ångbehandlingen behandlas.

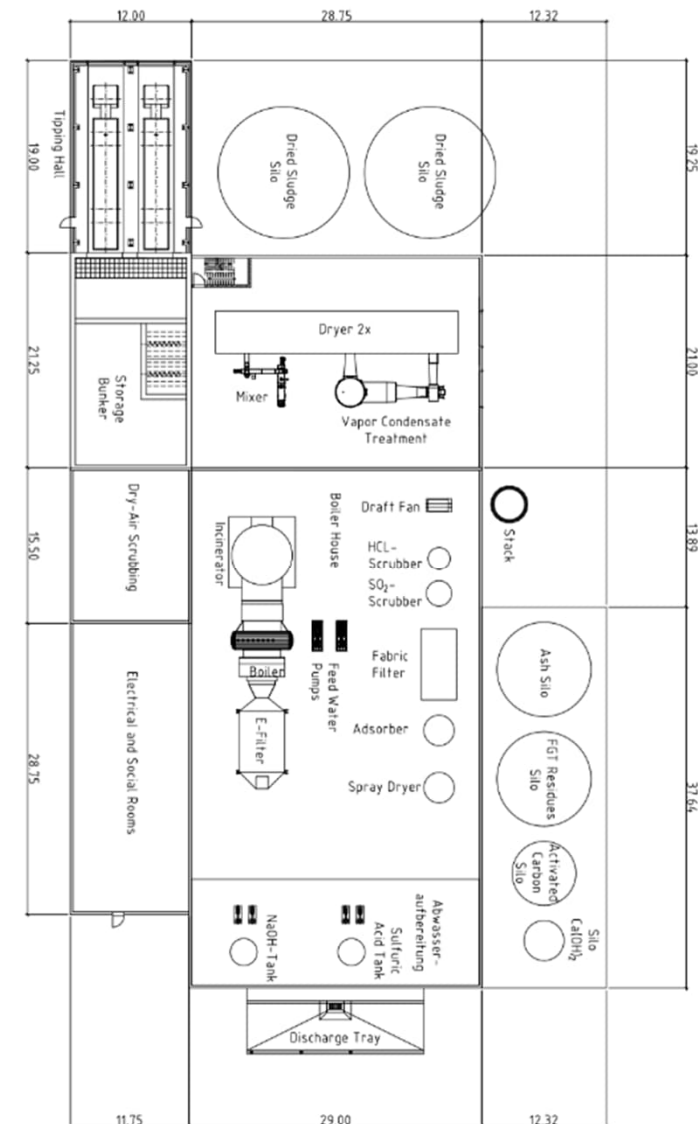
Pannhuset, torkbyggnaden, byggnaden för rökgasrening och byggnaden för avloppsvattenrening är alla uppförda i stålkonstruktion med kassettfasader.

På den östra sidan är ask-silon, silon för FGT-restprodukter, aktivkolsilon och silon för kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) placerade utomhus i en stålkonstruktion. Lastbilarna är arrangerade så att de kan köra under silorna för att lastas mekaniskt (aska, FGT-restprodukter) och lossas pneumatiskt (aktivt kol, släkt kalk).

Längst i söder finns en lossningsplattform för hantering av potentiellt vattenförorenande kemikalier, såsom natriumhydroxid och svavelsyra.

Området runt anläggningen är asfalterat för att möjliggöra tillgång med lastbilar från alla sidor.

En brandvattendamm är placerad på området, där regnvatten från byggnadernas tak och hårdgjorda ytor samlas och lagras.



PROJEKT NORRSLAM – KONCEPT STUDIE

Mark och byggnad

Grundläggning

Med utgångspunkt från tidigare utförda geotekniska undersökningar rekommenderas att grundläggning av byggnader sker med platta på mark.

Grundläggning sker från fast morän eller berg med ovanliggande fasta material eller fyllning.

- Lösa jordlager samt torv skiftas ut mot krossmaterial
- Berg kan förekomma vid grundläggning av slaggbunker och lokal sprängning kan bli aktuellt
- Vid anläggande av asfalterade ytor bör ytan jämnas till samt överbyggnaden dimensioneras efter rådande materialtyp och tjälfarlighetsklass. De asfalterade ytorna kan komma att anläggas på mark där finsediment förekommer och eventuell fyllning föreslås utföras med tidig utläggning för att ta ut eventuella sättningar innan beläggning.



Markförhållanden

Sammanfattning av geoteknisk undersökning – Område A och B

Indelning:

- Området är uppdelat i område A och B enligt Figur, baserat på jordlagerföljden i undersökningspunkterna.

Område A:

- Översta lagret: Fyllning av grusig, siltig sand (1,5–2,0 m tjock).
- Underliggande lager: Grusig, siltig sandmorän med lagringstäthet från medelfast till mycket fast.
- Punkt 23AF018 (norra delen): Ett löst lager (troligen lera) mellan fyllning och morän, ca 1 m tjockt på 1 m djup.
- Punkt 23AF017: Torv överst, följt av sandig, lerig siltmorän och därefter grusig, siltig sandmorän



Markförhållanden

Område B:

- Översta lagret: Fyllning av grusig siltig sand, grusig sand eller torv (1,0–3,0 m tjock).
- Torv: Förekommer främst i nordvästra delen.
- Under fyllningen: Vattenmättad moränfyllning eller lera (mycket lös till fast, 1,0–2,0 m tjock).
- Under leran: Grusig, siltig sandmorän, liknande den i område A.
- Karaktäristiskt: Ett löst lager i mitten av jordprofilen.

Bergnivåer:

- Verifierat berg:
 - 23AF005: 6,7 m djup (nivå +24,2)
 - 23AF011: 7,6 m djup (nivå +23,3)
 - 23AF016: 4,5 m djup (nivå +25,9)
- Stopp mot förmodat berg:
 - 23AF001: 8,4 m djup (nivå +23,0)



Markförhållanden

Grundvattenförhållanden

- Två grundvattenrör har installerats inom det undersökta området.
- Uppmätta grundvattennivåer (2023-03-27):
 - Punkt 23AF004:
 - Djup till grundvatten: 1,85 m
 - Grundvattennivå: +28,8 m
 - Punkt 23AF017:
 - Djup till grundvatten: 0,34 m
 - Grundvattennivå: +29,4 m
- Grundvattennivåerna varierar över året och påverkas av faktorer som snösmältning och riklig nederbörd
- Med erfarenhet från tidigare projekt bedöms tillströmningen av grundvatten vara mycket liten eller obefintlig.



Dagvatten

Generellt

Norrslam bör ta hand om sitt eget dagvatten på sin egen site. För att detta skall vara möjligt behövs en dagvattendamm med fördröjning och avstängningsmöjligheter byggas. Ev. släckvatten skall kunna samlas upp i dagvattendammen för senare sanering.

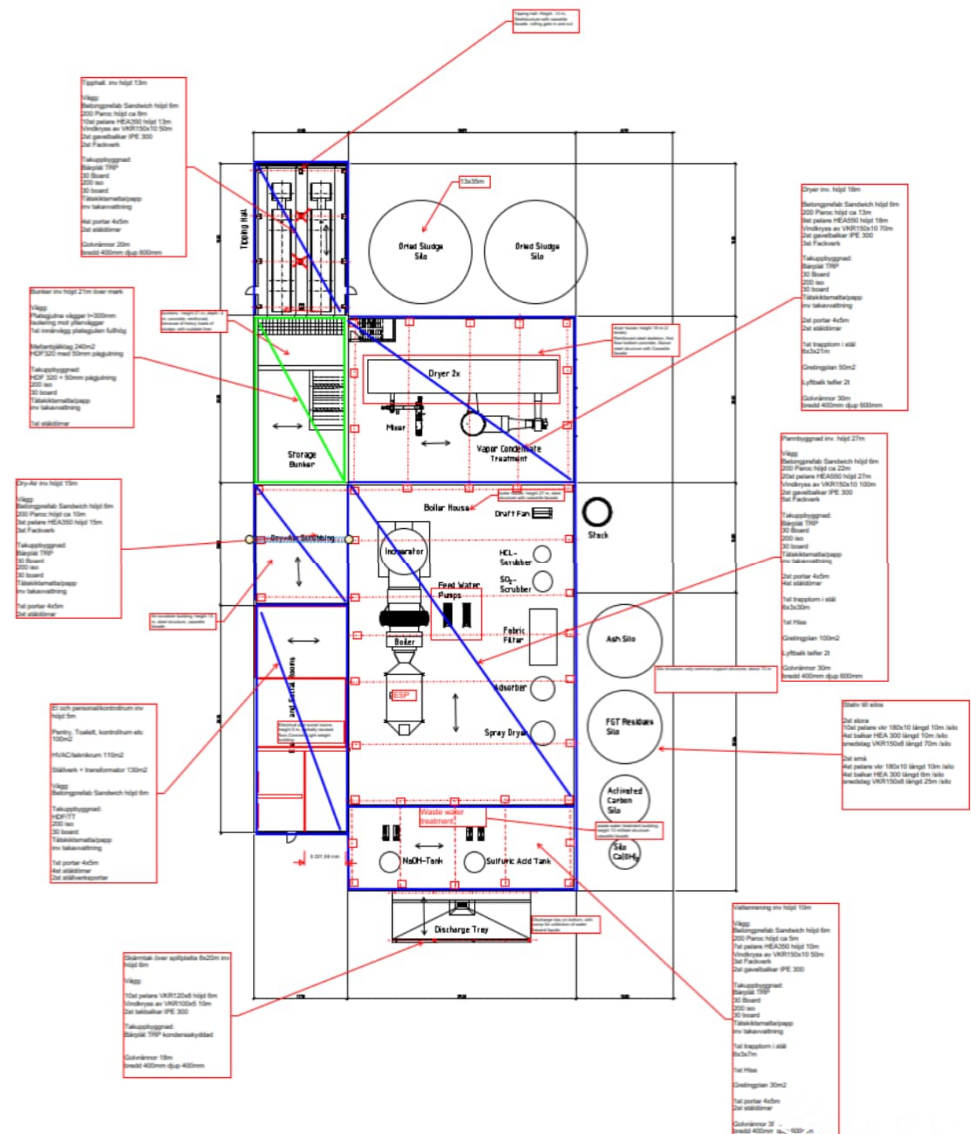
Dagvattendammen fungerar i ett normalläge som en reningsanläggning och fördröjningsanläggning för det dagvatten som samlas på anläggningen.

- Se till att vid händelse av brand är dammen dimensionerad för att kunna omhänderta det flöde av släckvatten som kan förväntas uppstå. Dimensionerade scenarier behöver analyseras för att få fram dessa flöden. Släckvattenutredning bör utföras i nästa projektfas.
- Dammen kommer ha en permanent vattenvolym på X m³ sen måste den också ha Y m³ av dagvattendammen reserverad för uppsamling av släckvatten.
- Planerade och tydliga rutiner för avstängning av utloppet och återställning efter brand. Detta för att inte orsaka skador på vattendrag osv.
- Förse dammen med avstängningsventil samt möjlighet att ta sanera/pumpa bort brandvatten.
- En lång och smal damm där inlopp och utlopp placeras långt från varandra ger bättre hydraulik och rening än en kort och bred damm. Det är även lättare att sköta en långsmal damm.
- Vid projektering bör hänsyn tas till åtkomst för exempelvis grävmaskin för framtida sedimenttömning, detta då det övre bottensedimentet behöver avlägsnas efter en viss tid. rekommenderas när den har nått cirka 30 cm.

Byggnad

Grund

- Stompelare grundläggs på djupa plintar.
- Slambunker (-4m under färdigt golv) grundläggs med plattgrundläggning.
- Slambunkerns väggar utförs av platsgjuten betong, tungt armerade för att undvika sprickor
- Golv i marknivå utförs med en tjock betongplatta där mindre utrustning kan ställas direkt på plattan.
- Tyngre utrustning som panna, tork, större pumpar och dylikt grundläggs med egna fundament separerade från golvplattan för att undvika vibrationer.
- Fundament till silos och skorsten utförs som stora separata fundament åtskilda från betonggolvet. Silos som står i samma område kan grundläggas gemensamt.
- Spillplatta av betong för lossning av kemikalier uppförs utanför vattenreningsbyggnad. Plattan förses med värme och pumpgrop för ev spill
- Se Bilaga 6 Kostnadsbedömning för Layout med byggnoterings



Byggnad

Överbyggnad

- Slambunker utför helt i betong med isolering och väggbeklädnad mot utemiljö. Tak över Slambunker antas utföras med prefabricerad betong typ HDF eller TT-kassetter med isolering och takduk. Slambunker antas ha en invändig höjd om ca 21m över färdigt golv (+0)
- Byggnad för EL, kontrollrum, teknik och personalrum utförs helt prefabricerad betong med isolerade väggelement, HDF eller TT-kassetter med isolering och takduk. Invändig höjd för denna byggnadsdel antas vara 5m över färdigt golv. Trafobås utför oisolerat mot utemiljö och med gallerport.
- Övriga byggnadsdelar: Tiphall, Torkhall, Pannhus, Rökgasrening och Vattenrening utför enligt samma princip.
 - Stålpelare
 - Takbalkar av stålfackverk och gavelbalkar med valsade profiler
 - Stomstabilisering med typ VKR-profiler
 - 6m prefabricerade sandwichelement i betong
 - Ovan betongprefab monteras plåtsandwich av typ 200mm Paroc el. likv.
 - Självbärande takplåt med isolering och takduk
 - Invändig takavvattning

Invändiga höjder

– Tiphall:	13m
– Torkhall:	18m
– Pannhus:	27m
– Rökgasrening:	15m
– Vattenrening:	10m

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Tidplan

Tidplan

- Projektets tidsplan baseras på flera liknande projektgenomförandeplaner i Tyskland som har genomförts under de senaste åren. Projektplanen visas i sin helhet i bilaga 7.
- Projektets startdatum beaktar en period för beslut av de inblandade parterna och upphandling av ingenjörstjänster.
- Planeringsfasen består av:
 - Fastställande av grunderna och preliminär planering med utredning av varianter.
 - Preliminär design och godkännandeplanering. Resultatet är å ena sidan tillståndsansökan och allmänna layout- och processflödesscheman för den mest relevanta utrustningen.
 - Tillståndsförfarandet. Under tiden kommer upphandlingsdokumenten att förberedas, anbudsfasen och kontraktsförhandlingarna att äga rum.
 - En vanlig uppdelning av omfattningen är en totalentreprenad för anläggningen och en generalentreprenör för processteknik, avfall och inmatning. Naturligtvis är det möjligt att dela upp upphandlingen ytterligare, t.ex. separata upphandlingar för de olika anläggningsdelarna.
 - Vanligtvis är målet att tilldelningen för generalentreprenören fastställs när miljötillståndet beviljats, för att undvika större avvikelser mellan kontraktet och det slutliga tillståndet.

Tidplan

Projektets genomförandefas för en generalentreprenör (GE) består av:

- Grundläggande konstruktion
- Detaljkonstruktion för de olika delområdena. Den detaljerade designen utgör bland annat grunden för den anläggningsbaserade tomt.
- Godkännandet av designen av kunden utförs parallellt med designfasen, så långt det är möjligt.
- Anskaffning av utrustning hos underleverantörerna.
- Tillverkning av totalentreprenörens huvudkomponenter.
- Under tiden ska byggandet av den anläggningsbaserade platsen påbörjas, vilket ger en grund för montering av apparaterna, särskilt kylfläktar, pannor, FGC och torkar.
- Slutligen är monteringen av utrustningen klar och rörledningar och instrument utförs.
- Den elektriska utrustningen installeras och kablage för konsumenter och instrument utförs.
- Slutligen kommer kalldrifftagning, driftsättning med slam och provning av anläggning att utföras, vilket resulterar i att kunden tar över anläggningen.
- För hela processen, efter kontraktstilldelningen, beräknas cirka 30 månader.

Projektplan

i	Task Mode	Vorgangsname	Duration	Start	Finish	2025		2026				2027				2028				2029		
						Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
	→	1 Norrslam Projektplan	942 dys	Mon 25-09-01	Tue 29-04-10																	
	→	1.1 Fortsatta utredningar, fastställande av grunder	62 dys	Mon 25-09-01	Tue 25-11-25																	
	→	1.2 Basic Design	45 dys	Wed 25-11-26	Tue 26-01-27																	
	→	1.3 Tillstånd	150 dys	Tue 26-01-27	Tue 26-08-25																	
	→	1.4 Anbud och entreprenad	155 dys	Wed 26-01-28	Tue 26-09-01																	
	→	1.5 Projektering	220 dys	Wed 26-09-02	Tue 27-07-06																	
	→	1.6 Granskning	140 dys	Wed 27-01-13	Tue 27-07-27																	
	→	1.7 Upphandling, leverans	460 dys	Wed 26-11-11	Tue 28-08-15																	
	→	1.8 Utförande av byggnadsarbeten	120 dys	Wed 27-07-21	Tue 28-01-04																	
	→	1.9 Installation	230 dys	Wed 27-11-10	Tue 28-09-26																	
	→	1.10 Driftsättning, Överlämnande	140 dys	Wed 28-09-27	Tue 29-04-10																	

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Design & Beräkningar

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE
DESIGN OCH BERÄKNINGAR

Förbränningsberäkningar

Antaganden för förbränningsberäkning

Antagna processparameter

Drifttid:	6 000 timmar per år
Genomströmning:	4,96 ton per timme (vid 42 viktprocent torrsubstans)
Förbränningsluftförhållande (λ):	1,4
Falskluft:	1 % av rökgasflödet
Svavel till aska:	10 % av SO ₂
Direkt avsvavling:	15 % av SO ₂
SNCR –	DeNO _x -effektivitet: 80 % reduktion av NO _x
Bäddaska:	0,2 %
Pannaska:	10 %
Flygaska:	89,8 %

Resultat av förbränningsberäkning

Massbalanser som resultat av antagna processparametrar

Utifrån de tillhandahållna uppgifterna har följande sammansättningar för slammet tagits fram:

Load Case	Fuel	Ash in raw	Water	LHV
Base case (7000 h/a)	4,25 t/h	18,90%	58,00%	4,0 MJ/kg
Base case (5000 h/a)	5,95 t/h	18,90%	58,00%	4,0 MJ/kg

Element	Content in DS	Element	conc. in DS	Unit
C	12,73%	Arsenic (As)	4,30	mg/kg
H	1,66%	Lead (Pb)	14,00	mg/kg
O	6,34%	Cadmium (Cd)	0,94	mg/kg
S	0,78%	Chromium (Cr)	38,00	mg/kg
N	1,58%	Copper (Cu)	130,0	mg/kg
Cl	0,01%	Mercury (Hg)	0,75	mg/kg
F	0,00%	Zinc (Zn)	570,0	mg/kg

Rök-gassammansättning som resultat av förbränningsberäkning

Element	conc. in DS	Unit
Volume Flow (wet)	14.100	Nm ³ /h (wet)
Volume Flow (dry)	9.500	Nm ³ /h (dry)
Water content	33,7	Vol%
O ₂ -Content	6,06	Vol%, dry
Temperature	200	°C
Dust	82.620	mg/Nm ³ , dry
SO _x	6.920	mg/Nm ³ , dry
NO _x	65	mg/Nm ³ , dry
C _{total}	15,8	mg/Nm ³ , dry
CO	10,6	mg/Nm ³ , dry
HCl	420	mg/Nm ³ , dry
NH ₃	6	mg/Nm ³ , dry
Hg	0,2	mg/Nm ³ , dry
Cd,Tl	0,2	mg/Nm ³ , dry
Sb...Sn	135	mg/Nm ³ , dry
As...Benzo(a)pyren	9	mg/Nm ³ , dry

PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Antagna lastberäkningar

Beaktade lastfall

Beskrivning av lastfallsberäkning

- Syftet med denna analys är att optimera anläggningens prestanda under realistiska driftförhållanden och att identifiera kritiska punkter för energiutnyttjande, torkkapacitet och emissioner.
- För att säkerställa en robust och flexibel design av slamförbränningsanläggningen har flera lastfall definierats och analyserats. Dessa lastfall representerar olika driftförhållanden, inklusive variationer i drifttid per år (5 000 respektive 6 000 timmar), slamflöde, torrsbstanshalt och energiinnehåll (LHV).
- På nästa sida presenteras de antagna lastfallen i tabellform, där varje fall beskriver förutsättningar för både avvattnat och torkat slam. Parametrar som slamflöde, torrsbstanshalt, avdunstad vattenmängd, ångförbrukning, värmeverde och energiinnehåll redovisas. Dessa data utgör grunden för dimensionering av tork- och förbränningsutrustning samt för bedömning av energibehov och återvinning.
- Följande sidor visar eldningsdiagram för respektive designfall (6 000 h/a och 5 000 h/a). Diagrammen illustrerar hur olika lastfall påverkar pannans effektuttag, bränsleflöde och verkningsgrad. De visar även marginaler för över- och underlast, vilket är avgörande för att säkerställa stabil drift vid varierande belastning.

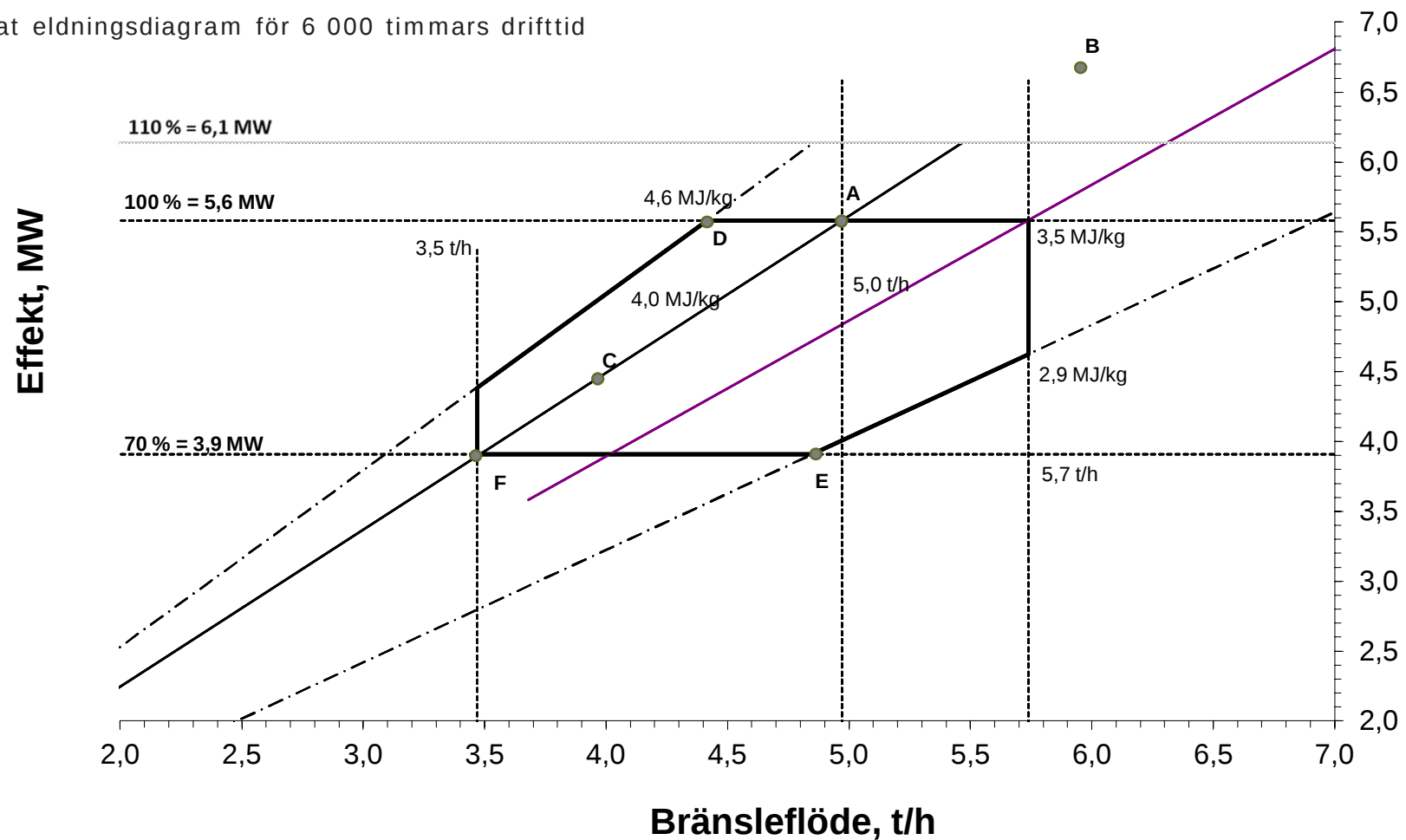
Beaktade lastfall

Load Case	state	operational hours	DS [%]	Sludge supply				bevor/after drying				evap. [t/h]	misc. loss	steam [MW]	LHV DS [MJ/kg]	LHV raw [MJ/kg]	CHO [MW]
				raw [t/a]	DS [%]	raw [t/h]	DS [t/h]	raw [t/h]	DS [t/h]	DS [%]	raw [t/h]						
normal A	dewatered	6.000	25	50.000	12.500	8,33	2,08			25,00	0	0,00		0	13,00	1,42	0,00
	dried	6.000	42					8,33	2,08	42,00	4,96	3,37	2%	3,12	13,00	4,04	5,57
LP B	dewatered	5.000	25	50.000	12.500	10,00	2,50	0,00	0,00	25,00	0	0,00		0	13,00	1,42	0,00
	dried	5.000	42					10,00	2,50	42,00	5,95	4,05	2%	3,75	13,00	4,04	6,69
LP C	dewatered	7.500	25	50.000	12.500	6,67	1,67	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00		0	13,00	1,42	0,00
	dried	7.500	42		0	0,00	0,00	6,67	1,67	42,00	3,97	2,70	2%	2,50	13,00	4,04	4,46
LP D	dewatered	6.000	25	44.750	11.188	7,46	1,86	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00		0	14,00	1,67	0,00
	dried	6.000	43		0	0,00	0,00	7,46	1,86	43,00	4,34	3,12	2%	2,87	14,00	4,63	5,57
LP E	dewatered	6.000	22	50.000	11.000	8,33	1,83	0,00	0,00	22,00	0	0,00		0	12,00	0,74	0,00
	dried	6.000	37		0	0,00	0,00	8,33	1,83	37,00	4,95	3,38	2%	3,13	12,00	2,90	3,99
LP F	dewatered	5.100	25	30.000	7.500	5,88	1,47	0,00	0,00	25,00	0	0,00		0	13,00	1,42	0,00
	dried	5.100	42					5,88	1,47	42,00	3,50	2,38	2%	2,21	13,00	4,04	3,93
LP D'	dewatered	5.000	25	44.750	11.188	8,95	2,24	0,00	0,00	25,00		0,00			14,00	1,67	0,00
	dried	5.000	43		0	0,00	0,00	8,95	2,24	43,00	5,20	3,75	2%	3,44	14,00	4,63	6,69
LP E'	dewatered	5.000	22	50.000	11.000	10,00	2,20	0,00	0,00	22,00	0	0,00		0	12,00	0,74	0,00
	dried	5.000	37		0	0,00	0,00	10,00	2,20	37,00	5,95	4,05	2%	3,75	12,00	2,90	4,79
LP F'	dewatered	4.250	25	30.000	7.500	7,06	1,76	0,00	0,00	25,00	0	0,00		0	13,00	1,42	0,00
	dried	4.250	42					7,06	1,76	42,00	4,20	2,86	2%	2,65	13,00	4,04	4,72

- De ovan nämnda lastfallen utgör grunden för designen, enligt överenskommelse med kunden.
- De visar två olika alternativ:
 - o Design för 5 000 timmar/år
 - o Design för 6 000 timmar/år
- Detta resulterar i olika massflöden per timme.
- Effekten av de olika designgrunderna illustreras i efterföljande diagram över förbränningsprestanda.

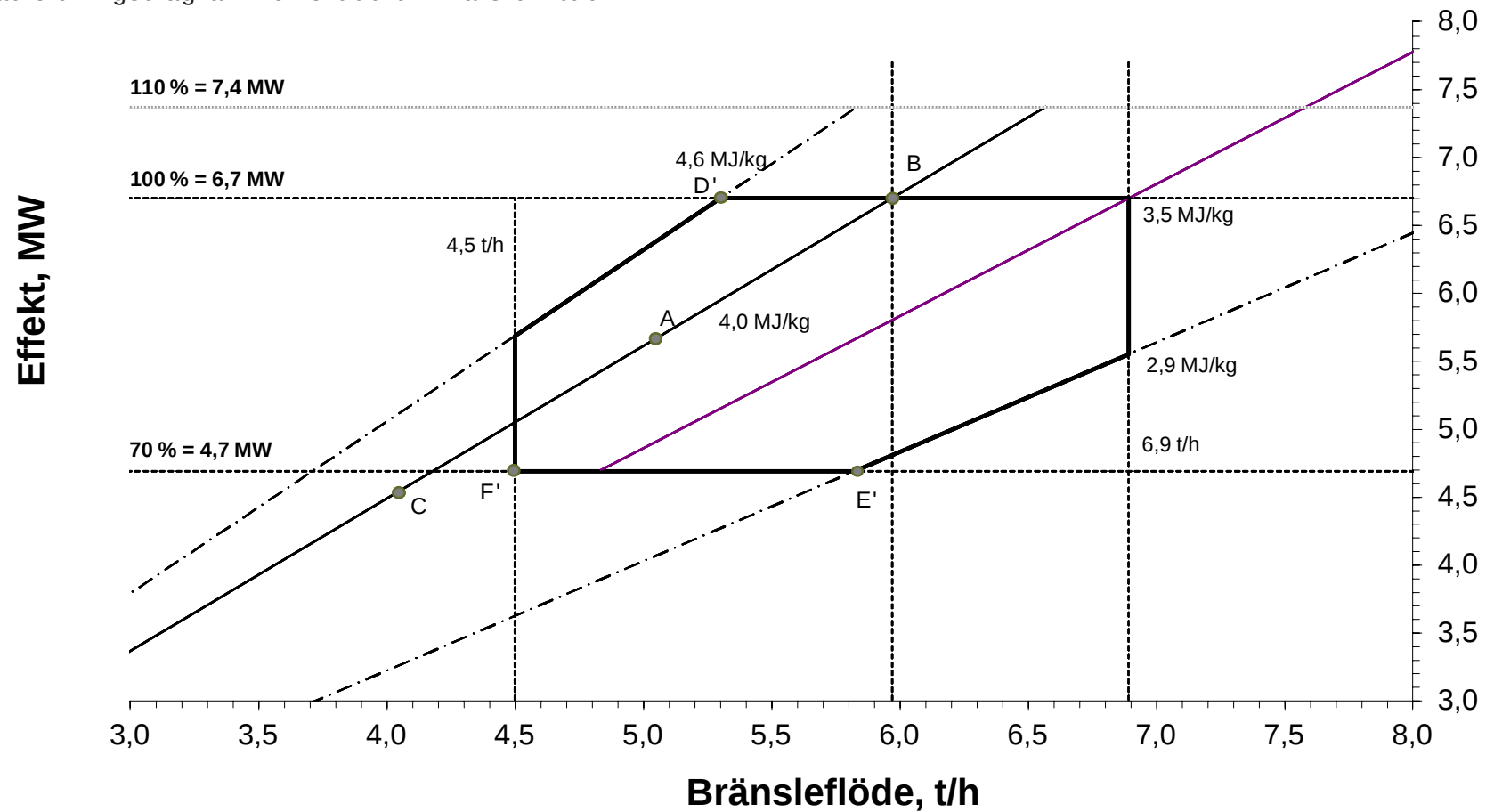
Eldningsdiagram, Design 6.000 h/a

Framräknat eldningsdiagram för 6 000 timmars drifttid



Eldningsdiagram, Design 5.000 h/a

Framräknat eldningsdiagram för 5 000 timmars drifttid



PROJEKT NORRSLAM – KONCEPTSTUDIE

Energioptimering

Energioptimering–Ebsilon® beräkning

För att analysera och optimera energianvändningen i slamförbränningsanläggningen har simuleringar genomförts med hjälp av verktyget Ebsilon®, som möjliggör modellering av termodynamiska processer. Fokus ligger på att jämföra olika torkningsmetoder och deras påverkan på värmeåtervinning, elproduktion och fjärrvärmeintegration. De kommande tre bilderna redovisar de antagna randvillkoren, tekniska utmaningarna samt en jämförelse av energidata för olika systemlösningar

- Ebsilon® är ett simuleringsverktyg som möjliggör simulering av termodynamiska cykelprocesser. Det inkluderar nästan alla komponenter som används vid slamförbränning, inklusive rökgasrening och torkning.
- Följande randvillkor har beaktats:
 - Värmekälla för bandtork: Fjärrvärmevattenflöde, 90°C
 - Värmekälla för skivtork: 6 bar(g) ånga, genererad av reduceringsstation från högtrycksånga (HP)
 - Källa för kylning och medium som ska värmas upp för värmeåtervinning: Fjärrvärmevattenretur med 40°C
- Följande alternativ har beaktats:
 - Skivtork
 - Bandtork
 - Bandtork med absorptionsvärmepump
 - Bandtork med kompressionsvärmepump
 - Bandtork med fjärrvärme som separate värmekälla

Energioptimering–Epsilon® beräkning

- Beräkningen gällande kraftproduktionen inkluderar en teoretisk skiva för Dåva-turbinen. Denna teoretiska andel förbrukar inte bara högtrycksången, utan även en del av det kalla fjärrvärmevattnet med 50°C och lyfter det upp till 90°C. Det är endast en modell för att indikera effekten av flödena från slamförbränningen till Dåva, särskilt till turbinen. I verkligheten skulle högtrycksången blandas med Dåva högtrycksången uppströms turbinen och fjärrvärmevattnet skulle blandas därefter. AFRY känner inte till turbinens exakta egenskaper, så beräkningen baseras på antaganden, som ska ge en indikation på effekten av torkningsprocessen för jämförelse av de olika systemen.
- De största utmaningarna med bandtorkarna är:
 - Massflödet av luften för torkning beror på luftens förmåga att avdunsta vattenhalten i slammet. Detta ökar kraftigt med lufttemperaturen. Även en fjärrvärmeframledningstemperatur på 90 °C leder till ett ganska högt massflöde av luft som krävs.
 - Energin som återvinns från rökgaskondensationen och torkkondensationen är på en låg temperaturnivå. Slamförbränningsanläggningen skulle återföra fjärrvärmevattnet till Dåva vid 50 till 55 °C. Resultaten indikerar hur mycket energi som skulle krävas på Dåva-anläggningen för att höja temperaturen till 90 °C.
 - På grund av det stora massflödet av luft och den inte så låga temperaturen på fjärrvärmevattnets retur (40°C) är värmeförlusten vid torkens ångkondensation betydande. För skivtorken är mängden falskluft så liten att luften kan användas som förbränningsluft. För bandtorkning är detta inte möjligt. Det skulle vara möjligt att transportera överskottsluften till Dåva som förbränningsluft, men det är mättad, förorenad luft. Temperaturen ska höjas igen, annars skulle allvarlig kondensering uppstå i kanalen till Dåva. Den andra möjligheten är att behandla den förorenade luften, t.ex. med en skrubber.

Oberoende av torkningsmetod skulle en värmepump hjälpa till att höja temperaturen på fjärrvärmevattnet till 90 °C och ha en stor fördel.

Energioptimering–Ebsilon® beräkning

		Sludge drying			preheating sludge dryer		Vapor condensation		Building heating	Flue gas condensation		Excess heat usage/heat pump/ District heating		Steam turbine		
Type of drying	medium	Heat demand	temp.in	air added	heating	mass	cooling	Excess	demand	capacity	mass		DH	HP	power	
		[MW]	[°C]	[t/h]	medium	flow [t/h]	demand [kW]	heat [kW]	[kW]	[kW]	flow exhaust air [t/h]	type pump	supply [kW]	slugde portion [kW]	mass flow [t/h]	gen. [kW]
Belt dryer	heating water	2 957	90,0	17,44	HP steam	4,38	948	548	400	2 170	15	None	2 718	1 739	2,1	323
Belt dryer + AHP	heating water	2 957	90,0	17,44	HP steam	4,14	949	549	400	2 170	15	absorp.	2 718	4 073	2,3	362
Belt dryer + CHP	heating water	2 957	90,0	17,44	Electricity	-	948	548	400	2 170	15	compress.	2 718	4 264	5,6	175
Disc dryer	Steam	2 970	159	0,34	HP steam	4,94	2 247	1847	400	2 208	15	None	4 055	2 078	2,2	341

Tabellen visar huvuddata för värmeanvändning för fyra alternativ:

- o Bandtork utan värmepump
- o Bandtork med absorptionsvärmepump (AHP)
- o Bandtork med kompressionsvärmepump (CHP)
- o Skivtork

Ytterligare detaljer visas i Ebsilon®-beräkningens bilaga 2 och i den utökade versionen av denna tabell.

Jämförelseparametrar inkluderar:

- Värmebehov och temperatur
- Luftflöde
- Kondensationsbehov och överskottsvärme
- Byggnadsuppvärmning
- Rökgaskondensation
- Värmepumpens typ och effekt
- Fjärrvärmebidrag och elproduktion

PROJEKT NORRLAM – KONCEPTSTUDIE

Framtida utredningar

Framtida utredningar

- Hur höjer vi TS-halten på slammet till 42% på det mest fördelaktiga sättet ur:
 - o Energi
 - o Transport – var torkas slammet på bästa sätt?
 - o Investeringskostnad
- Förbränningsanläggning – Synergier befintliga anläggningar
 - o Energiaspekter
 - o Torkning 90% - risker
- Byggnad – mark
 - o Tillfartsväg - Logistksamordning
 - o Dagvattenhantering, brandvatten
 - o Silos eller betongtorn

