



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för energi och teknik

Framtidens bränslemix i Härnösand

- En jämförelse av HEMAB:s potentiella bränslemixar

- *The future fuel mixture in Härnösand*

Oliver Christiansson

Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Examensarbete 2021:13
ISSN 1654-9392
Uppsala 2021

Framtidens bränslemix i Härnösand. En jämförelse av HEMAB:s potentiella bränslemixar

The future fuel mixture in Härnösand

Oliver Christiansson

Handledare: Marcus Håll, Härnösand energi och miljö

Ämnesgranskare: Gunnar Larsson, institutionen för energi och teknik, SLU

Examinator: Åke Nordberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 30 hp

Nivå, fördjupning och ämne: Avancerad nivå, A2E, teknik

Kurstitel: Examensarbete i energisystem

Kurskod: EX0724

Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Kurskoordinerande institution: Institutionen för energi och teknik

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2021

Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

Delnummer i serien: 2021:13

ISSN: 1654-9392

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: HEMAB, fjärrvärme, bränslemix, biodrivmedel

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för energi och teknik

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Abstract

Härnösands Energi och Miljö AB (HEMAB) provides district heating in Härnösand and is owned by Härnösand municipality. The fuel mixture of the district heating plant mainly consists of forest residuals, but also some peat. Whether peat is to be considered a fossil fuel or not is debated, however in most cases it is regarded as a fossil fuel. Therefore, HEMAB is interested in evaluating other types of fuel to replace peat, and therefore be able to claim that their district heating is carbon neutral. Peat is however regarded as a good fuel from a combustion perspective, mainly because it contains large amounts of sulphur, which counteracts corrosion inside the combustion chamber.

The purpose of this report is therefore to evaluate and compare other types of fuel that can be used instead of peat. The proposed fuel mixtures were compared with respect to their combustion properties, CO₂-emissions, and economic aspects. In addition to this a minor analysis of how an increased domestic production of biofuels may affect district heating companies were made.

The proposed fuel mixtures are shown below:

Mix 1 represents a proposal where the peat is replaced by increasing the amount of bark and log wood chips. Sulphur will be added in the form of sulphur granules. This alternative should not need a new environmental permit nor any renovation of the plant.

Mix 2 represents a proposal where HEMAB make use of the collected white wood residues in Härnösand, Kramfors and Sollefteå. The peat is replaced by increasing the amounts of log wood chips and bark as well as including white wood residues in the fuel mixture. Sulphur will be added in the form of sulphur granules. The current environmental permit will be enough.

Mix 3 represents a proposal where HEMAB includes wastewater and brown wood residues, in their fuel mixture. The new fuels are being collected at HEMAB:s existing facilities, in addition to this waste water and brown wood residues will be bought from Kramfors and Sollefteå. Since wastewater contains a lot of sulphur there is no need to add it. For this alternative, a new environmental permit will be needed, and the combustion plant may need to be modified.

The results from the calculated key figures indicated that all the proposed fuel mixtures have good combustion properties. Mix 3 had the best results. For Mix 1 and Mix 2 sulphur needs to be added. All the proposed fuel mixtures are cheaper than the current fuel mixture. Mix 1 and Mix 2 should not require any modifications of the plant with exception of the system for adding sulphur. These two fuel mixtures can also be considered renewable whether mix 3 cannot. Mix 3 also comes with the lowest fuel costs. However additional investment costs will be needed and the maintenance costs may increase.

An increased domestic production of biofuels is considered to only have a minor impact on the district heating sector. The reason for this being that the biofuels using the same raw materials as the district heating sector is not yet fully commercial developed.

Keywords: HEMAB, district heating, fuel mixture, biofuels

Sammanfattning

Härnösands Energi och Miljö AB (HEMAB) är ett kommunalt aktiebolag som bland annat producerar och levererar fjärrvärme inom Härnösand stad. Bränslemixen består framförallt av restprodukter från skogen som stamvedsflis, GROT, bark och spån, men även en del torv. Torv är ett bränsle vilket är omdebatterat ifall det klassas som fossilt eller biogent. I majoriteten av fallen klassas det dock som fossilt. HEMAB vill därför undersöka vad för alternativ det finns för att ersätta torven ur deras bränslemix och således kunna hävda att deras fjärrvärme är helt förnyelsebar. Torven är däremot ett väldigt bra bränsle ur ett förbränningstekniskt perspektiv då det innehåller mycket svavel, vilket motverkar att det bildas korrosion i pannan.

Syftet med denna rapport är således att jämföra olika bränslen med avseende på hur de påverkar pannan, utsläppen av CO₂-ekvivalenter och ekonomiska aspekter. För att jämföra hur de olika bränslena påverkar pannan beräknades ett antal olika nyckeltal samt gjordes det intervjuer med andra fjärrvärmeproducenter vilka använder sig av liknande bränslemixar likt de som föreslås. Utöver detta gjordes även en mindre analys om hur en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel kan påverka fjärrvärmeproducenterna.

De föreslagna bränslemixarna redovisas nedan:

Mix 1 representerar ett förslag där torven energimässigt ersätts genom att öka andelarna av stamvedsflis och bark som idag används. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötillstånd eller renovering krävs.

Mix 2 representerar ett förslag där HEMAB tar tillvara på den insamlade vita RT-flisen i Härnösand, Kramfors och Sollefteå. Torven ersätts energimässigt genom att öka andelarna bark och stamvedsflis samt att vit RT-flis ingår i bränslemixen. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötillstånd krävs.

Mix 3 representerar ett förslag där HEMAB övergår till att delvis förbränna avfall i form av avloppsslam och brun RT-flis. Detta samlas in från HEMAB:s egna befintliga anläggningar samt köps in från Kramfors och Sollefteå. Svavel tillsätts genom förbränning av avloppsslam. Det krävs ett nytt miljötillstånd och anläggningen kan behöva renoveras.

Nyckeltalsberäkningarna indikerade att samtliga bränslemixar fungerar bra rent förbränningstekniskt, varav mix 3 gav de bästa resultaten. Till mix 1 och mix 2 finns ett behov av att tillsätta svavel. Samtliga bränslemixar var även billigare jämfört med dagens bränslemix och mix 1 och mix 2 bör inte medföra några investeringskostnader, med undantag för utrustningen för svaveldosering. Dessa två bränslemixar kan även klassas som helt förnyelsebara. Mix 3 medförde de lägsta årliga kostnaderna men bör även komma med de högsta investeringskostnaderna och de högsta underhållskostnaderna, vilka inte har studerats i detalj.

En ökad inhemsk produktion av biodrivmedel bedöms enbart ha en mindre påverkan på HEMAB. Eftersom produktionsprocesser som använder skogsmaterial ännu inte är kommersiellt utvecklade.

Nyckelord: HEMAB, fjärrvärme, bränslemix, biodrivmedel

Exekutiv sammanfattning

Detta examensarbete har som syfte att föreslå hur HEMAB potentiellt kan gå till väga om de önskar att fasa ut torven. I rapporten föreslås ett antal olika bränslemixar som kan användas i stället för dagens. De bränslemixar som föreslås är följande:

Mix 1 representerar ett förslag där torven energimässigt ersätts genom att öka andelarna av stamvedsflis och bark som idag används. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötillstånd eller renovering krävs.

Mix 2 representerar ett förslag där HEMAB tar tillvara på den insamlade vita RT-flisen i Härnösand, Kramfors och Sollefteå. Torven ersätts energimässigt genom att öka andelarna bark och stamvedsflis samt att vit RT-flis ingår i bränslemixen. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötillstånd krävs.

Mix 3 representerar ett förslag där HEMAB övergår till att delvis förbränna avfall i form av avloppsslam och brun RT-flis. Detta samlas in från HEMAB:s egna befintliga anläggningar samt köps in från Kramfors och Sollefteå. Svavel tillsätts genom förbränning av avloppsslam. Det krävs ett nytt miljötillstånd och anläggningen kan behöva renoveras.

Det mest fördelaktiga anses vara att övergå till mix 1 i ett första skede. Det vill säga att torven huvudsakligen ersätts av bark och stamvedsflis. Samtliga bränsletyper i denna mix är välkända för personalen på anläggningen samt att det redan finns välutvecklade relationer med återförsäljare av bränslena. Kostnaden för detta alternativ är marginellt dyrare jämfört med om en del av stamvedsflisen ersätts med vit RT-flis. Utöver detta är anläggningen redan anpassad för att hantera de bränslen i bränslemixen.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Syfte	2
1.2. Frågeställningar	2
1.3. Genomförande	2
2. Teoretisk referensram	3
2.1. Förbränningsanläggningar.....	3
2.1.1. Fluidbäddspannor	3
2.1.2. Rosterpannor.....	4
2.2. Aktuella bränslen.....	5
2.2.1. Torv	5
2.2.2. GROT	6
2.2.3. Spån.....	6
2.2.4. Stamvedsflis	7
2.2.5. Bark.....	7
2.2.6. Returträ	7
2.2.7. Avloppsslam	10
2.2.8. Svaveltillsatser.....	13
2.3. Nyckeltal	14
2.3.1. Alkalinitetstal 1B	15
2.3.2. Alkaliandel	15
2.3.3. Kalciumkvot	15
2.3.4. Molförhållandet mellan svavel och klor	16
2.4. Biodrivmedel	16
2.4.1. Tekniker och råvaror	17
2.4.2. Påverkan på fjärrvärmeproducenter	18
2.5. Ekonomi.....	19
2.5.1. Handel med utsläppsrätter	19
2.5.2. Elcertifikat.....	20
3. Projektspecifika förutsättningar	22

3.1.	Fjärrvärme i Härnösand.....	22
3.2.	Pannorna	24
3.3.	Dagens bränslemix	25
3.4.	Bränslehantering.....	27
3.5.	Miljötilstånd	28
4.	Metod	29
4.1.	Utvärdering av bränslemixegenskaper.....	29
4.2.	Tillsats av svavel.....	30
4.3.	Beräkning av CO ₂ -ekvivalenter.....	32
4.4.	Tillgång av RT-flis och avloppsslam.....	32
4.4.1.	RT-flis.....	32
4.4.2.	Avloppsslam	33
4.5.	Beräkning av askmängder och bäddsand	34
4.6.	Omvärldsbevakning.....	34
4.6.1.	Kalmar Energi.....	34
4.6.2.	Mölnadal Energi.....	35
4.6.3.	Skara Energi.....	36
4.6.4.	Sala-Heby Energi AB.....	36
4.6.5.	Valmet	37
4.6.6.	Intervju med Skogsindustrierna	38
4.7.	Ekonomisk kalkyl.....	39
4.7.1.	Kostnader för bränsle, svavel och aska.....	39
4.7.2.	Antaganden elcertifikat och utsläppsrätter	40
4.7.3.	Alternativt scenario	41
5.	Resultat	42
5.1.	Föreslagna bränslemixar och jämförelse	42
5.2.	Analys av intervjuer.....	44
5.3.	Miljöpåverkan, CO ₂ -ekvivalenter.....	45
5.4.	Ekonomisk kalkyl.....	46
5.4.1.	Alternativt scenario	46
6.	Diskussion	48
6.1.	Förslag på vidare arbete.....	52
7.	Slutsatser.....	53
	Referenser	54
	Tack	57
	Bilaga 1.....	58

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanfattning av bränslemixegenskaperna från försök i Enköping (Bäfver et al., 2013).....	12
Tabell 2:Föreslagen inblandningsgrad av biodrivmedel (Infrastrukturdepartementet 2021).....	17
Tabell 3. Värme och elproduktion i ÅP1 och FP1 mellan 2016–2020 (HEMAB).	24
Tabell 4. Befolkningsmängd i kommunerna Härnösand, Kramfors och Sollefteå. (SCB,2021)	32
Tabell 5. Kostnader för doseringssystem och granulärt svavel (HEMAB).....	40
Tabell 6. Beräknade nyckeltal, behov av tillsatt svavel samt askmängder, för de olika förslagen.....	43
Tabell 7. Beräkning av fossila samt biogena utsläpp av CO ₂ -ekvivalenter för respektive bränslemix.	45
Tabell 8. Kostnader och intäkter för vardera bränslemix.	46
Tabell 9. Ekonomisk påverkan av ökad inhemsk biodrivmedelsproduktion.....	47

Figurförteckning

Figur 1. Schematisk bild av ÅP1 i Härnösand. Källa HEMAB	4
Figur 2. Priset för utsläppsrätter, i Euro (Ember,2021).....	20
Figur 3. Medelpris per månad för elcertifikat (Energimyndigheten 2021c).....	21
Figur 4. Karta över Härnösand med kraftvärmeverket markerat med ett "X" (Eniro kartsök 2021).....	23
Figur 5. Bränsleblandning i ÅP1 och FP1, mellan åren 2013–2020 (HEMAB)..	25
Figur 6.Genomsnittlig bränsleblandning mellan åren 2013–2020, i ÅP1 och FP1 (HEMAB).	26
Figur 7. Bränsleblandning för varje månad 2020 (HEMAB).	26
Figur 8. Flödesschema för hur bränslen hanteras på anläggningen.	27

Ordlista

BFB	Bubblande fluidbäddspanna
CFB	Cirkulerande fluidbäddspanna
EU-ETS	EU Emissions Trading System
FP1	Fastbränslepanna 1
GROT	Grenar och toppar
HEMAB	Härnösand Energi & Miljö AB
HVO	Hydrerad vegetabilisk olja
PFAD	Palm fatty acid distillate
RGK	Rökgaskondensering
RME	Rapsmetylester
SNCR	Selective non-catalytic reduction
ÅP1	Ångpanna 1

1. Inledning

Härnösands Energi och Miljö AB (HEMAB) är ett kommunalt aktiebolag som bland annat producerar och levererar fjärrvärme inom Härnösand stad. Kraftvärmeanläggningen i Murbergsviken, i utkanten av Härnösands stadskärna består i huvudsak av tre pannor en ångpanna (ÅP1), en fastbränslepanna (FP1) och en pelletspanna (FP2). Utöver detta finns även ett antal elpannor och oljepannor utplacerade i staden samt en gaspanna i Saltvik. HEMAB utnyttjar även spillvärme från SCA Bionorrs pelletsfabrik i Härnösand.

Pannorna FP1 och ÅP1 har en gemensam bränsleinmatning och eldar framför allt biobränslen men även en del torv. Enligt Naturvårdsverket kan torv ses som ett slags mellanting mellan fossilt och förnyelsebart bränsle, men räknas vanligtvis som ett fossilt bränsle. Torv går att finna naturligt och bildas i samband med att ny mossa växer över gammal mossa, vilken då succesivt bryts ner och förmultnar (Naturvårdsverket 2021). HEMAB önskar att undersöka möjligheterna för att fasa ut torven ur deras bränslemix och således övergå till ett förnyelsebart och hållbart bränsle.

Ur ett förbränningstekniskt perspektiv är torv ett bra bränsle framför allt för att det innehåller en stor andel svavel vilket hjälper till med att skydda pannan mot korrosion. Biobränslen innehåller en större mängd alkalimetaller vilka under förbränningsprocessen kan angripa metalldelar i pannan och bilda kladdiga, korrosiva föreningar. Svavlet i torven kan reagera med dessa alkaliföreningar och bilda mindre korrosiva föreningar. Vid en utfasning av torv är det därför viktigt att tillföra svavel. Detta kan ske antingen genom att förbränna något annat svavelrikt bränsle eller genom att tillsätta rent svavel till bränslemixen.

Andelen biodrivmedel förväntas öka om de uppsatta miljömålen till 2030 ska uppnås. Reduktionsplikten har införts som ett styrmedel för att underlätta detta och innebär att berörda företag är skyldiga att minska växtgasutsläppen från bensin och dieselbränslen genom att blanda in en viss andel biodrivmedel (Energimyndigheten 2018). En ökad användning av biodrivmedel innebär att behovet av biomassa ökar. HEMAB vill därför undersöka om detta på något vis kan påverka deras produktion av fjärrvärme då de primärt använder olika typer av biomassa som bränsle.

1.1. Syfte

Syftet med projektet är att undersöka alternativ som HEMAB potentiellt kan välja för att ersätta torven ur deras bränslemix och således eventuellt ha möjligheten att hävda att de levererar koldioxidneutral fjärrvärme. De alternativ som tas fram kommer jämföras med varandra samt med en genomsnittlig bränslemix för HEMAB mellan år 2013–2020 med avseende på hur de kan påverka pannan, ekonomi och utsläpp av CO₂-ekvivalenter. Utöver detta görs en översiktlig prognos för hur en ökad användning av biodrivmedel kan påverka HEMAB

1.2. Frågeställningar

- Vilka alternativ finns för att ersätta torv ur HEMAB:s bränslemix?
 - Vad för påverkan kan de ha på pannan, ekonomin och koldioxidutsläpp?
- Hur kan en ökad användning av biodrivmedel påverka HEMAB:s produktion av fjärrvärme?

1.3. Genomförande

Projektet påbörjades i januari 2021 och utfördes i samarbete med Härnösand Energi & Miljö AB. Projektet inleddes med att skapa en grundläggande förståelse för hur anläggningen i Härnösand fungerade samt att undersöka olika alternativa bränslen för att potentiellt ersätta torven. Utöver de bränslen som redan används studerades även ett antal nya och mindre välkända typer av bränslen som till exempel energigräset rörflen. Vidare valdes vissa bränslen bort och de scenarion som ansågs vara mest aktuella var att utnyttja de bränslen som finns tillgängliga i närheten av anläggningen.

Projektet fortsatte genom att mer noggrant studera de nya bränslena och hur de kan påverka pannorna samt de myndighetskrav som ställs för förbränning av dem. Detta gjordes genom litteraturstudier, nyckeltalsberäkningar och intervjuer med andra anläggningar. För att undersöka hur en ökad användning av biodrivmedel kan påverka HEMAB gjordes även en begränsad prognos för detta.

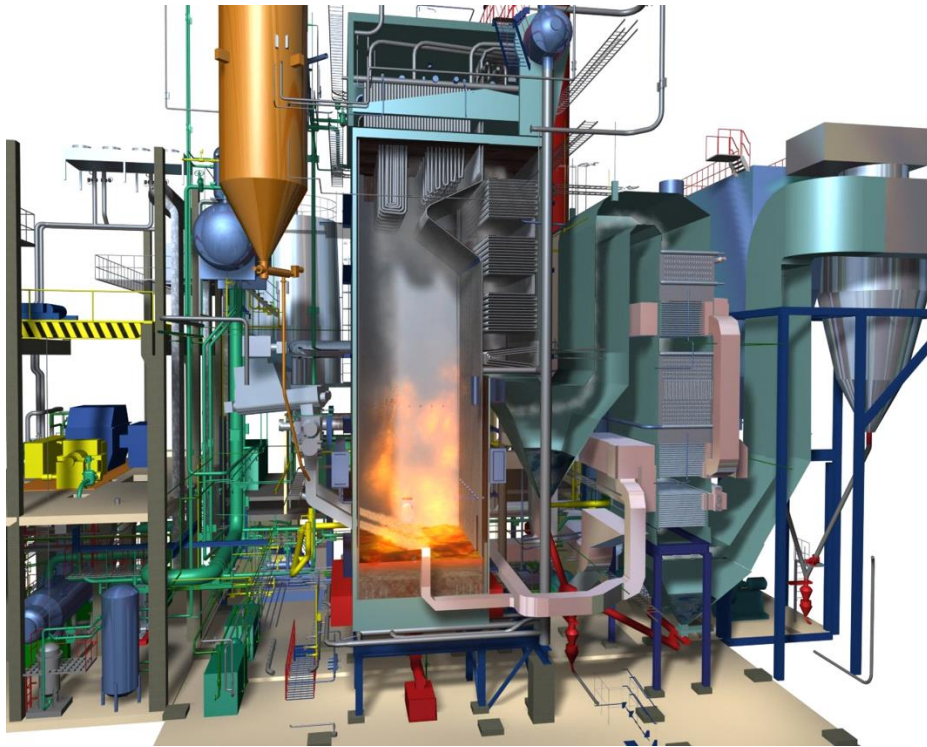
2. Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras teori som är relevant för detta projekt. Innehållet handlar till stor del om olika bränsletyper, både befintliga och nya. Det nya bränsletyperna studeras mer i detalj. Kapitlet innehåller även grundläggande teori om fjärrvärme och förbränningstekniker. Utöver detta presenteras information kopplade till de nyckeltal som sedan används för att utvärdera de olika bränsleblandningarna. Till sist redovisas teori kopplat till hur användningen av biodrivmedel kan påverka fjärrvärmebranschen.

2.1. Förbränningsanläggningar

2.1.1. Fluidbäddspannor

Det finns två typer av tekniker för fluidbäddspannor bubblande (BFB) och cirkulerande, bädd (CFB). En av de främsta fördelarna med en fluidbäddspanna är att den kan hantera stora skillnader i bränslets sammansättning samt att den ger upphov till en god förbränning till följd av att bränslet och luft kan blandas väl. Den största nackdelen är att denna typ av pannor är känsliga för storleken på bränslet. För biobränsleeldade pannor med en effekt större än 20 MW, är fluidbädd den vanligaste typen av teknik. Bubblande fluidbäddspannor användes tidigare framförallt för mindre pannor, men även större pannor har börjat använda denna teknik (Naturvårdsverket 2005). I Figur 1 illustreras en bubblande fluidbäddspanna.



Figur 1. Schematisk bild av ÅPI i Härnösand. Källa HEMAB

Tekniken grundar sig i att bränslet förbränns i en bädd bestående av inerta ämnen vanligtvis sand. Primärluft blåses in underifrån bädden. Detta medför att bädden börjar sväva och bränslet blandas då med de inerta ämnena. Sekundärluft och tertiärluft blåser in ovanför bädden för att uppnå så bra förbränning som möjligt. Sanden hjälper till att hålla temperaturen i pannan konstant samtidigt som den värmer upp bränslet innan det antänds (Nilsson 2014). Förbränningstemperaturen i en sådan anläggning är relativt låg, vanligtvis 800–900 °C. De låga temperaturerna medför att utsläppen av NO_x är låga. En av skillnaderna mellan en bubblande och cirkulerande bädd är att flödes hastigheten i en bubblande är lägre. Detta medför att sanden och bränslepartiklar bevaras i bädden (Frederiksen & Werner 1993). De små bränslepartiklar som finns kvar när bränslet är fullständigt förbränt är så pass små att de följer med rökgasen och ut genom rökgasreningen (Nilsson 2014).

2.1.2. Rosterpannor

En rosterpanna består av järnstavar där det finns hål antingen i stavarna eller i utrymmena mellan stavarna. En roster kan vara fast eller rörlig. Rörliga roster är det vanligaste. Att rostern är rörlig innebär att stavarna förflyttar bränslet framåt på rostern under förbränningsprocessen. Rosterpannor används framför allt för förbränning av avfall till följd av att rostern kan hantera storlek är mindre jämfört med en fluidbäddspanna. Rosterpannor kan även förbränna biobränslen och de

flesta rosterpannor för detta inom energisektorn har en effekt mellan 15 och 20 MW (Naturvårdsverket 2005).

I en rosterpanna tillförs förbränningsluften i huvudsak underifrån. Mängden luft påverkar förbränningen, mer luft leder till mer förbränning och således högre effekt (Naturvårdsverket 2005).

2.2. Aktuella bränslen

I detta kapitel presenteras grundläggande information för de bränslen som idag förbränns i Härnösands fjärrvärmeanläggning. Utöver detta studeras de nya bränslen som föreslås ersätta torven mer i detalj.

2.2.1. Torv

Torv definieras som en organisk jordart och bildas på våtmarker när växter förmultnar. Bränslet kan ses som ett mellanting mellan förnyelsebart och fossilt bränsle, men i de flesta fall anses det vara ett fossilt bränsle (Naturvårdsverket 2021a). Likt biobränslen är torv som används till värme- och elproduktion befriat från energi- och koldioxidskatt, däremot är torven belagd med svavelskatt. El producerad med torv är berättigad till elcertifikat vid produktion på godkända anläggningar, i systemet för handel med utsläppsrätter klassas dock torv som fossilt vilket innebär att förbränningsanläggningar med torv i bränslemixen får betala en kostnad för utsläppsrätter (Energimyndigheten 2020).

Ur ett förbränningstekniskt perspektiv anses torv vara ett bra bränsle med goda förbränningsegenskaper framförallt till följd av det höga innehållet av svavel. Svavlet i torven hjälper till att skydda mot korrosion på insidan av pannan och värmeväxlare detta kan annars resultera i extra kostnader till följd av att komponenter i pannan kan behövas repareras eller bytas i förtid. Bränslen som RT-flis och bark innehåller alkalimetaller, vilka under förbränningsprocessen bildar korrosiva föreningar som angriper metalldelar i pannan. Svavlet kan reagera med alkaliföreningarna och bilda andra mindre korrosiva föreningar som kaliumsulfat. För att ersätta torv är det därför fördelaktigt att ersätta det med annat bränsle med en hög svavelhalt eller tillsätta svavel på något annat vis (Pettersson & Björnsson 2019).

Torv består till största del av en mycket fin, nästan dammliknande, fraktion. Detta är en positiv egenskap då torven kan fylla upp hålrummen som kan uppstå bland det övriga bränslet och således öka blandningens energidensitet per volymenhet. Vid en utfasning av torv kan således energidensiteten på volymbasis i den

blandning som matas in minska och bränsleflödet in i pannan behöver därför öka för att samma effekt ska uppnås (Pettersson & Björnsson 2019).

2.2.2. GROT

GROT (grenar och toppar) är tillsammans med stubbar de rester som uppstår vid avverkning av skog. Majoriteten av trädens näringsämnen finns i GROT:en. Genom att låta GROT:en ligga kvar i skogen, innan den skickas till ett värmeverk, har den tid att barra av eller fälla löv och således återföra en del av näringsämnena tillbaka till marken (Skogforsk 2020). GROT kan även skickas direkt till ett värmeverk innan den har släppt barr eller fällt löv. Det kallas då för gröngrot (Pettersson & Björnsson 2019). Om groten skickas direkt eller får ligga kvar beror bland annat av den aktuella prisnivån samt avståndet den behöver transporteras, utöver detta behöver skogsägaren även göra en bedömning av näringshalten i marken. Bedömer skogsägaren att marken behöver mer näring är det bra om groten får ligga kvar (Skogforsk, 2020).

GROT är ett mindre homogent bränsle jämfört med andra trädbränslen och oavsett om det ligger kvar och flisas på plats eller om det flisas på värmeverk är det oundvikligt att oönskat material följer med. Detta syns genom de högre ask- och kvävehalterna. Det har även en relativt hög fukthalt och är ett voluminöst bränsle vilket leder till att GROT som inte är bearbetad enbart bör fraktas kortare sträckor för att uppnå ekonomisk lönsamhet. GROT kan transporteras i olika former som osönderdelad, buntad, balad eller flisad. Buntad GROT bedöms vara den bästa metoden, men leder till en risk för ökad fukthalt (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

2.2.3. Spån

Spån bildas som en biprodukt från sågverk, där man sågat stamved som ska bli plank. Till följd av att spån nästan uteslutande kommer från stamved, är det ett relativt homogent bränsle både gällande innehållet och kvalitén. Detta är positivt då det underlättar möjligheterna till att förutsäga förbränningsegenskaperna. Utöver detta innehåller spån sällan andra typer av biobränslen som bark, vilket medför att askhalten blir lägre. Spån levereras vanligtvis färskt och innehåller därför en stor andel vatten, vid vissa fall levereras även ”restspån” som blivit över efter tillverkning av pellets. Fukthalten i denna typ av spån är betydligt lägre, ibland under 10 %.

Andelen spån i HEMAB:s bränsleblandning har minskat de senaste åren. En anledning till det är att spånnet har brunnit upp för snabbt och därför haft en kort

uppehållstid i bädden. Detta i sin tur medför att temperaturen i bädden sjunker, vilket kan orsaka problem (Johansson, 2021).

2.2.4. Stamvedsflis

Stamvedsflis är ett av de bränslen som används mest i ÅP1 och FP1. Bränslet kommer från virke som anses vara för dåligt för att användas till annat. Det kan till exempel komma från träd som blivit angripna av barkborrar, eller blivit brännskadade efter en skogsbrand. Även stamvedsflis levereras ofta färskt vilket medför att bränslet innehåller en hög andel vatten. En del av stamvedsflisen levereras till HEMAB flisad, men de flisar även en del själva med hjälp av olika entreprenörer. De olika entreprenörerna använder sig av olika maskiner vid flisningen, vilket medför att storleken på bränslet varierar. Stamvedsflis är ett bränsle som är relativt homogent och har även ett relativt högt energiinnehåll, utöver detta är även askhalten relativt låg (Johansson, 2021)

Förbränning av stamvedsflis innebär sällan några större komplikationer eftersom det är ett relativt väldefinierat bränsle. Asksmälttemperaturen är relativt hög och askegenskaperna är gynnsamma. Detta medför att problem med korrosion och beläggningar sällan förekommer (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

2.2.5. Bark

Den bark som används för förbränning kommer i huvudsak från avbarkad stamved från sågverk eller massabruk. Bark som levereras till fjärrvärmeproducenterna kan variera mycket i innehåll och kvalitet eftersom barken kan komma ifrån olika träarter som björk, asp eller barrträd. Vanligast är barrbark. Bark är ett relativt fuktigt bränsle och kan ibland blandas upp med torrare bränslen för att minska fukthalten. Askhalten i bark är också betydligt högre jämfört med flis, och kan även den variera. Andelen av kalium och natrium är jämförbart med flis, men mängden blir större till följd av den högre askhalten. Utöver detta innehåller askan även mycket kalcium vilket enkelt reagerar med svavel. Detta medför en risk för att det ska bildas alkalikloridbeläggningar (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

2.2.6. Returträ

Returträ eller RT-flis kan definieras som ett träbränsle som tidigare har använts till något annat, till exempel rivningsvirke. Det består alltså av restprodukter av trä som återanvänds, återvinns eller energiåtervinns. I denna fraktion ingår inte restprodukter från skogsindustrin eller träbearbetningsprocessen som sågning eller hyvling. Det finns en risk att returträ kan vara förorenat sedan tidigare med antingen färg (kemisk förorening), metall eller plast (mekanisk förorening). Därför delas RT-flis in i tre olika grupper beroende på hur rent det är. Den första gruppen ”vit”

RT-flis innebär att bränslet är helt fritt från föroreningar och kan således jämföras med rena biobränslen. De andra två grupperna är målat (brunt) och impregnerat trä (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

Ytbehandlingar och träskyddsmedel utgör de viktigaste kemiska föroreningarna. Om returträ är behandlat med någon ytbehandling kan detta ge upphov till förhöjda halter av zink och bly, vilket kan leda till problem med beläggningar i pannan. Impregnerat trä innehåller större mängder av koppar, krom och arsenik. Majoriteten av de mekaniska föroreningarna undviks med hjälp av selektiv rivning eller i samband med att flisen krossas. Med hjälp av plockanalyser har det påvisats att RT-flis innehåller cirka 1–2 % mekaniska föroreningar, framförallt plast- och metallföremål men även stenar eller liknande. Ytbehandlat trä bedöms utgöra majoriteten av det analyserande bränslet. Mängden impregnerat trä uppskattas motsvara cirka 5 % av det totala flödet av returträ (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

Beredning

Innan RT-flis används för energiåtervinning så flisas eller krossas det. Efter flisning erhålles små homogena bitar medan krossning leder till att flisen blir mer heterogen och stickig. RT-flis tenderar att innehålla spikar, skruvar eller andra metalliska föremål. Genom att använda en magnetavskiljare i anslutning till krossen går det att avskilja en del av metallen. För att avskilja ytterligare metaller kan en virvelströmsavskiljare användas för att ta bort metaller som inte är magnetiska. I samband med hantering och lagring av RT-flis är det vanligt att det uppstår problem med dammbildning. Detta problem uppstår eftersom RT-flis är ett relativt torrt bränsle. Genom att installera luftevakuering kring bränsletransportutrustningen kan detta problem minska. Ytterligare en åtgärd för att minska dammbildningen är att sikta bränslet efter krossning och således avskilja den allra finaste fraktionen från det övriga bränslet. Siktning av bränslet leder även till att halterna av klor och zink minskar. En annan lösning är att befukta bränslestacken men detta kan leda till en ökad mikrobiologisk aktivitet (Nilsson 2014).

Förbränning

RT-flis kan anses vara ett bra bränsle för förbränning och i samband med rökgasåterföring och andra åtgärder har det varit möjligt att övergå från det fuktigare bränslet skogsflis utan att temperaturen i eldstaden blivit för hög. RT-flis är ett bränsle som har en hög finfraktion. Detta leder till att det finns en risk att denna finfraktion brinner högre upp i pannan vilket kan innebära att vissa partiklar förblir oförbrända och således ökar risken för beläggningar på konvektionsdelar. Beläggningar på konvektionsdelar kan i sin tur leda till accelererande korrosion på till exempel överhettartuber (Nilsson 2014).

Driftproblem

I en studie av Värmeforsk från 1999 (Andersson & Tullin, 1999) har de intervjuat operatörer av ett antal olika fjärrvärmeanläggningar där RT-flis är en del av bränslemixen. Studien beskriver hur de på Händelöverket i Norrköping har använt en beläggningssond för att jämföra olika bränslen och driftfall. Mätningarna utfördes i fyra fluidbäddspannor. Den mest frekventa driftstörningen som uppstod var att metallskrot fastnade på bottenplattan (mellan dysorna). Detta leder till att skroten vid vissa tillfällen behövs städas bort och således stängs pannan av. Detta är något som kan behövas göras under driftsäsongen. Om det inte görs finns det en risk att metallskroten kan täppa igen askutmatningen. Det här problemet hänger ofta ihop med hur utformningen av pannbotten och askutmatningen ser ut, även kvalitén av bränslet kan påverka. Den andra typen av driftstörning som rapporterades kom enbart från en panna vars bränslemix i princip enbart bestod av returträ. Denna driftstörning berodde på att metallsmältor bestående av zink och eller aluminium täpper igen primärluftsdysorna.

Vid liknande försök fast på rosterpannor visade sig problemen vara väldigt anläggnings specifika. Ett vanligt problem var en för hög temperatur på rostern, vilket kan leda till att den metallfraktion som finns smälter och täpper igen lufthålen. När metallen täcker igen lufthålen ökar risken för stråkbildning vilket i sin tur ger en mer intensiv förbränning och högre temperaturer. Det är därför viktigt att vid förbränning av RT-flis se till så att temperaturen hålls på en rimlig nivå (Andersson & Tullin, 1999).

Myndighetskrav

Returträ omfattas av flera parallella regleringar gällande om bränslet klassas som avfall eller inte. I de fall där returträ kan innehålla organiska halogenföreningar eller tungmetaller omfattas det av bestämmelserna i förordningen (2013:253) om förbränning av avfall (FFA). Annat returträ är undantagna enligt 17 § punkt 6 FFA. För att bestämmelserna i FFA inte ska gälla för en panna där avfall förbränns måste samtliga avfall vara undantagna enligt 17 § FFA. En verksamhetsutövare som förbränner returträ i en panna som inte omfattas av bestämmelserna i FFA måste därför försäkra sig om att RT-flisen inte tillförts halogener eller tungmetaller (Naturvårdsverket 2021b)

Liknande lagar gäller inom EU:s system för handel med utsläppsrätter där RT-flis klassas som ett träavfall. Det kan klassas som ren biomassa och berättigar då till utsläppsrätter, men kan också innehålla fossila fraktioner. Detta innebär att verksamhetsutövaren återigen måste försäkra sig om att RT-flisen är fri från fossila fraktioner. Det är även verksamhetsutövarens ansvar att ta reda på hur stor den fossila fraktionen är och sedan betala utsläppsrätter motsvarande utsläppen från de fossila fraktionerna (Naturvårdsverket 2021b).

2.2.7. Avloppsslam

Avloppsslam bildas som en restprodukt efter rening av avloppsvatten. Avloppsslam har flera användningsområden men används primärt som anläggningsjord eller som gödsel på åkermarker (Bäfver et al. 2013). Anledningen till att avloppsslam används som gödsel är för att det innehåller en stor mängd näringsämnen, varav ett är fosfor. Utöver fosfor innehåller även avloppsslam en del tungmetaller och andra skadliga ämnen vilket har lett till att användningen av avloppsslam som gödsel är reglerad. Genom att istället förbränna avloppsslammet och i efterhand utvinna fosfor från askan, finns möjligheten att utvinna energin i avloppsslammet samtidigt som fosfor kan utvinnas ur askan (Silfver 2020). Avloppsslam förbränns i dagsläget inte i någon större skala, enbart cirka 1 procent används i förbränningsanläggningar (SCB 2020).

Det kommunala avloppsvattnet i Sverige renas vanligtvis genom en kombination av mekanisk, biologisk och kemisk rening. Det slam som bildas efter rening stabiliseras vanligtvis genom ett rötningssteg och då erhålls produkten rötslam. Rötslammets innehåll och sammansättning varierar och beror på ingående vattenströmmar, vilka reningssteg som gjorts och vilken fällningskemikalie som använts under den kemiska reningen. Det sistnämnda är den enskilt största faktorn till varför sammansättningen varierar. Det vanligaste i Sverige är att man använder sig av olika järn och aluminiumsalter som fällningskemikalier (Strömberg & Herstad Svärd 2012). På reningsverket Kattastrand i Härnösand använder man sig av polyaluminiumklorid

Avloppsslam kan innehålla upp till 95% vätska och behöver därför torkas innan det förbränns, vilket kräver stora mängder energi. Ett alternativ till detta är att samförbränna avloppsslam med andra torra bränslen, mängden slam vid samförbränning är typiskt 5 – 15 % (Bhasin 2017). Om slammet ska förbrännas avvattnas det vanligtvis mekaniskt till en TS-halt på cirka 25%. Inför förbränning är det dock viktigt att bli av med så mycket vätska som möjligt och det mest önskvärda är att ha en TS-halt på cirka 60% vilket ger ett värmevärde på 7 MJ/kg (Östlund 2001).

Beredning

Förbehandlingsprocessen av slam består vanligtvis av tre steg i följande ordning först stabilisering, sedan avvattning och till sist torkning. Själva torkningen är viktig för att öka torrsubstanshalten i slammet så att det sedan kan förbrännas utan stödbränslen (Linder 2001).

Stabilisering.

Det slam som bildas vid reningsverken kallas för råslam. Detta slam består till en stor del av vatten samt luktar illa. För att lösa dessa problem krävs det att slammet stabiliseras, vilket innebär att bakterieceller och organiskt material bryts ner. Det finns olika typer av stabilisering som rötning, luftning och kalkning med mera. Den vanligaste tekniken är rötning, vilket är en process som sker i tre steg med hjälp av bakterier vid en temperatur mellan 30-40 °C (Linder 2001). Att röta slammet har flera fördelar, t.ex.

- att slammets doft förbättras
- att möjligheterna för lagring förbättras
- jämnare slamkvalitet
- att det bildas rötgas, vilket kan användas vid tex torkning av slammet
- högre densitet

Men att röta bränslet leder även till några nackdelar, t.ex.

- TS-halten minskar
- energiinnehållet minskar med ca 50%.
- att det kan finnas kvar patogener om rötning inte sker under en längre tid vid 55 °C, kan även krävas fler rötningsteg.

Avvattning och torkning

Genom att centrifugera slammet är det möjligt att uppnå en TS-halt på 45 %. För att uppnå en högre halt krävs termisk torkning. Att torka slam är en energikrävande och således dyr process. Slammet torkas vanligtvis i temperaturer på över 100 °C. Produkten man får efter torkningen har en lägre fukthalt och har en mindre volym. Detta medför att slammet blir enklare att lagra. Slammet behöver i teorin ha en TS-halt på 40%, vilket kan uppnås genom centrifugering, för att kunna förbrännas utan stödbränsle. I praktiken krävs det dock en högre TS-halt.

Torkning av slam görs framför allt genom två olika sorters metoder: direkt torkning eller indirekt torkning. Vid direkt torkning torkas slammet i direkt kontakt med en het gas, exempelvis vattenånga eller förbränningsgaser. Den indirekta metoden går ut på att slammet och det värmebärande mediet är avskilda av en värmeöverförande yta. Ett problem som kan uppstå vid torkning med denna metoden är att slammet har en tendens till att klibba sig fast på den värmeöverförande ytan, vilket leder till en sämre värmeöverföring (Linder 2001).

Förbränning

Det har gjorts flertalet projekt kring samförbränning av slam med olika typer av bränslen i Sverige. Tidigare studier har visat att slam fungerar väl för samförbränning med biobränslen eller avfall. Majoriteten av de tidigare försöken har utförts i fluidbäddspannor, vilket är fördelaktigt jämfört med rosterpannor till följd av bättre omblandning samt en jämn och väldefinierad bäddtemperatur. Den tydligaste nackdelen jämfört med en rosterpanna var att askan innehöll en del bäddsand vilket leder till ett lägre fosforinnehåll, detta är framförallt intressant om det är önskvärt att utvinna fosfor ur askan.

Under ett projekt på kraftvärmeverket i Enköping utfördes försök med att samförbränna avloppsslam med RT-flis. Under projektet undersöktes två olika bränslemixar som referens gjordes även ett försök med förbränning av enbart RT-flis, detta sammanfattas i Tabell 1:

Tabell 1. Sammanfattning av bränslemixegenskaperna från försök i Enköping (Bäfver et al., 2013).

	Försök 1	Försök 2
Andel avloppsslam (%)	35	45
Andel RT-flis (%)	65	55
Fukthalt (%)	37,2	43,2
Effektivt värmevärde (MJ/kg TS)	15,9	15,2

Försöken genomfördes i en rosterpanna med en effekt på 55 MW_{th}/24 MW_{el}, ägd av ENA Energi. Pannan eldades vanligtvis med en blandning av olika biobränslen som GROT, bark, flis samt RT-flis. Anläggningen var utrustad med ett SNCR-system.

Under förbränning av slambränsleblandningar blev fukthalterna i rökgaserna högre samt att det bildades större mängder av NO_x, N₂O, NH₃, SO₂ och HCl. Mest noterbar var ökningen av andelen SO₂, vilken var så hög att den låg utanför mätområdet för anläggningens befintliga instrument. Att mängden HCl ökade kan anses vara positivt då detta indikerar på att kaliumet reagerar med svavlet, fosfor och aluminiumsilikater istället för att bilda KCl, vilket är positivt med avseende på korrosion. Risken för slagging minskade även vid förbränning av slamblandningar. Det observerades även en lägre förekomst av alkaliklorider i flygaskan, vilket indikerar att den är mindre korrosiv (Bäfver et al. 2013).

Driftproblem

Från försöken i Enköping gjordes följande observationer gällande driften av pannan vid förbränning av slam:

- Problem med att slambränsleblandningarna initialt fastnade i bränslestupen. Detta löstes genom att inställningar för bränsleinmatningen korrigerades.
- Det krävdes ett högre flöde av primärluft för att upprätthålla en god förbränning, vid förbränning av slambränsleblandningar.
- Vid förbränning av bränslemixen med en större andel slam förhöjdes halterna av NO_x till följd av att man blev tvungna att minska insprutningen av NH₃ via SNCR-systemet. Anledningen till detta var att pannan kylde av det blöta bränslet.
- Det upplevdes att bränsleblandningen med en högre andel slam luktade mer.
- Det fanns större klumpar i bottenaskan i försök med högre andel slam.

Myndighetskrav

Avloppsslam är klassat som ett avfall och en förbränningsanläggning som förbränner avloppsslam lyder därmed under förordning (2013:253) om förbränning av avfall. Förordningen ställer bland annat krav på kontinuerlig mätning av olika parametrar, en uppehållstid på två sekunder vid 850 °C, samt gränsvärden för utsläpp till luft och vatten.

2.2.8. Svaveltillsatser

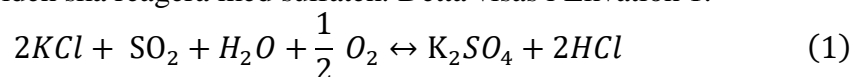
Torv är ett bränsle vilket innehåller en större mängd svavel jämfört med biobränslen. Detta är positivt ur en förbränningssynpunkt då svavlet motverkar att klor bildar kladdiga och korrosiva föreningar tillsammans med kalcium, alkalimetaller och tungmetaller, framförallt zink och bly. Svavlet bildar istället sulfater med dessa ämnen, vilka är mindre korrosiva och ger torrare föreningar. Dessa föreningar är enklare att få bort jämfört med motsvarande klorider. När sulfater bildas motverkar det klorets möjlighet till att bilda metallklorider och kloreten stannar kvar i gasform i form av saltsyra (HCL). Att det finns större mängder saltsyra i rökgaserna kan vara ett problem i sig, dels ur en miljösynpunkt, dels ur ett tekniskt perspektiv då det kan orsaka lågtemperaturkorrosion. Vanligtvis sker detta inte i de varmare delarna av pannan (Brodén, 2008). Vid en utfasning av torv kan det således uppstå en brist av svavel i pannan och det bör därför ersättas med antingen ett svavelrikt bränsle eller genom tillsats av svavel på något annat vis.

Svavel kan tillsättas på olika sätt och i olika former (Strömberg & Herstad Svärd 2012). Svavlet kan:

- tillsättas tillsammans med bränslet i elementär form (detta görs genom att ett svavelgranulat läggs på bränslet, innan det förbränns)
- tillförs i samband med SNCR-systemet genom att spruta in ammoniumsulfat eller andra sulfater
- tillförs genom svavelsyra i eldstaden
- tillförs som SO₂ i förbränningsluften

Genom att spruta in en flytande svavellösning bildas SO₃ direkt. Detta har visat sig vara effektivt då SO₃ tros vara den aktiva svavelformen. Vid tillsats av SO₂ eller granulärt svavel behöver det först reagera med syre för att bilda SO₃ (Nilsson 2014).

I tidigare studier har det visats att korrosion orsakat av alkaliklorider kan minskas påtagligt genom tillsatser av svavel. Ofta föreslås det att molförhållandet mellan svavel och klor bör vara 4:1, det finns även studier som visar att ett förhållande på 2:1 kan vara tillräckligt. Teoretiskt är det tillräckligt med ett molförhållande på 1:2 för att alkalikloriden ska reagera med sulfaten. Detta visas i Ekvation 1.



I praktiken krävs det dock ett större molförhållande än 0,5 eftersom det finns många andra reaktioner som kan hindra sulfaten från att reagera med alkalikloriderna. Ett större förhållande är därför fördelaktigt för att se till så att den önskade reaktionen sker (Burman 2005).

2.3. Nyckeltal

Genom att använda nyckeltal och index är det möjligt att förutspå eller förklara varför ett visst bränsle eller bränsleblandning ger eller förväntas ge upphov till askföroreningar vilka innehåller salter eller mineraler som kan ha korrosiva eller kladdande egenskaper på pannan. Nyckeltalen är framtagna empiriskt och kan vara begränsade i sin tillämpning då de ofta är framtagna för ett speciellt bränsle eller för en viss typ av panna.

Nyckeltal kan användas för att jämföra kvalitén mellan olika bränsleleverantörer samt i utformningen av mätbara bränslekvalitetsspecifikationer. Utöver detta kan nyckeltal också användas som ett verktyg i processtekniskt utvecklingsarbete. Denna tillämpning kräver dock att det finns en förståelse till varför nyckeltalen är formulerade som de är. Nyckeltal används således för att beskriva sannolikheten för att ett bränsle eller bränslemix kan ge upphov till problem i förbränningsanläggningen. Korrosion, beläggningar och sintring i bränslebädden är

exempel på sådana problem som kan uppstå. Nyckeltalen beräknades med hjälp av ett beräkningsverktyg vilket finns bifogat i bränslehandboken, beräkningarna sker på molbasis (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

De flesta nyckeltalen är härledda från syra-bas-begreppet tillämpat på askor. Detta kallas för Lewis-konceptet och bygger på grundtanken att syror är mottagare av koordinerade elektronpar och baser delar med sig av koordinerade elektronpar (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

2.3.1. Alkalinitetstal 1B

Alkalinitetstal 1 är kvoten mellan de basiska och sura askkomponenterna, detta nyckeltal används för att förutspå riskområden för sintring. Det finns två varianter av alkalinitetstal, a och b, skillnaden mellan dessa är att alkalinitetstal b enbart inkluderar Na och K bland de basiska askkomponenterna i täljaren. Detta förhållande beräknas enligt ekvation 2 (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

$$A1B = \frac{Na + K}{2Si + Al + 3P + 2Ti} \quad (2)$$

Förhållandet visar andelen basiska oxider som kan förekomma bundna till sura föroreningar i askan. Smälta kan uppstå då stora basiska överskott kan angripa kiseloxiden, vilket i det här sammanhanget räknas som en sur oxid. Om värdet är högt ($\gg 1$) ska detta tolkas som en stark signal på att risken för sintring är påtaglig (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

2.3.2. Alkaliandel

Alkaliandelen visar kvoten mellan de lättlösliga basiska alkalimetalloxiderna och samtliga basiska metalloxider. Vid låga värden ($< 0,5$) kan detta anses vara ett visst skydd, men ingen säkerhetsgaranti. Värden över 0,5 ska anses vara ett varningstecken i synnerhet om alkalinitetstalet är högt, då detta indikerar att det kan finnas ett potentiellt överskott av lätt förångningsbara alkalimetaller. Detta kan potentiellt bilda alkaliklorider. Alkaliandelen beräknas enligt ekvation 3 (Strömberg & Herstad Svärd 2012).

$$Aa = \frac{Na + K}{2Si + K + 2Mg + Na} \quad (3)$$

2.3.3. Kalciumkvot

Molförhållandet mellan kalcium och svavel i bränslet ger en indikation ifall det bör förväntas en egenadsorption av svavel i eldstaden. Detta nyckeltal tar i hänsyn till att kalcium även reagerar med fosfor. Vid förbränning av bränslen med ett högt svavelinnehåll som torv och kol är det positivt att ha en viss avsvälning. Riktvärdet för kalciumkvoten bör då vara runt 2, för att uppnå detta kan det behöva tillsättas

kalksten. Vid förbränning av bränslen med ett lägre svavelinnehåll är det däremot oftast negativt om kalciumkvoten är hög. Om detta sker finns det en risk att bildningen av alkaliklorider ökar. Kalciumkvoten beräknas enligt ekvation 4:

$$Kk = \frac{Ca}{S + 1,5P} \quad (4)$$

2.3.4. Molförhållandet mellan svavel och klor

Molförhållandet mellan svavel och klor används för att ge en indikation på om det finns tillräckligt med svavel i överskott för att minska risken för korrosion i samband med bildandet av alkaliklorider. Baserat på erfarenheter och försök har det visat sig att ett molförhållande mellan 2 och 4 minskar risken för klorinducerad korrosion. Att ha ett värde mellan 2 och 4 kan dock inte ses som en garanti för att det inte ska bildas någon klorinducerad korrosion. Detta antagande bygger nämligen på att det inte finns alkali i överskott jämfört med svavel och klor samt antagandet om att det inte finns kalcium som kan adsorbera svavlet. Under ett försök i en CFB-panna som eldade kalciumrikt torv uppstod problem med korrosion trots att molförhållandet mellan svavel och klor beräknades till så högt som 8. Anledningen till detta var för att kalciumhalten var så pass hög att i princip allt svavel adsorberades och således fick klorelet möjlighet att reagera med tillgängligt alkali. Molförhållandet beräknas enligt ekvation 5:

$$\frac{S}{Cl} \quad (5)$$

2.4. Biodrivmedel

En anledning till att allt mer biodrivmedel används beror på att biodrivmedel blandas med bensin eller diesel för att minska utsläppen av växthusgaser. Detta är delvis ett resultat av politiska styrmedel som reduktionsplikten, vilka har det slutgiltiga målet att minska utsläppen från den inhemska transportsektorn exklusive flygsektorn med minst 70 procent till år 2030 jämfört med år 2010.

Reduktionsplikten är ett styrmedel som innebär att berörda företag är skyldiga att minska växtgasutsläppen från bensin och dieselbränslen genom att blanda in biodrivmedel. De som omfattas av reduktionsplikten är de som är skatteskyldiga för bensin och dieselbränsle som innehåller högst 98 procent biodrivmedel enligt 4 kap. 1 § 1 och 2 lagen (1994:1776) om skatt på energi (Energimyndigheten 2018).

För att nå målet till 2030 har regeringen föreslagit att inblandningen av biodrivmedel ska öka kraftigt under de kommande åren. Målet är att inblandningsgraden av biodrivmedel ska öka från år 2020:s nivåer på 4,2 procent för bensin och 21 procent för diesel, till nivåer på 28 procent för bensin och 66

procent för diesel år 2030. Kraven i reduktionsplikten föreslås ske succesivt med höjd andel varje år. Andelarna inblandning för bensin respektive diesel redovisas i Tabell 2 (Infrastrukturdepartementet 2021).

Tabell 2:Föreslagen inblandningsgrad av biodrivmedel (Infrastrukturdepartementet 2021).

År	Bensin [%]	Diesel [%]
2020	4,2	21
2021	6	26
2022	7,8	30,5
2023	10,1	35
2024	12,5	40
2025	15,5	45
2026	19	50
2027	22	54
2028	24	58
2029	26	62
2030	28	66

År 2018 användes cirka 17 TWh biodrivmedel inom transportsektorn. Vid en skärpning av reduktionsplikten skulle behovet av biodrivmedel öka betydligt till år 2030. Över 90 % av råvarorna för produktion av biodrivmedel importerades år 2018 (Energimyndigheten 2021a). Det ökade framtida behovet kan dock innebära att biodrivmedelsproducenter utnyttjar mer inhemskt producerade råvaror.

2.4.1. Tekniker och råvaror

Biodiesel är ett samlingsnamn för olika bränslen med egenskaper liknande fossil diesel. De två vanligaste typerna är HVO (Hydrerade Vegetabiliska Oljor) och FAME (Fatty Acid Methyl Esthers). FAME kan även ibland kallas för RME (Raps Metyl Ester) då råvaran till bränslet är raps.

För att producera HVO kan en mängd olika råvaror användas framför allt olika typer av oljor, under 2018 stod slakteriavfall och PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) för över 80 % av råvarorna till den HVO som använts i Sverige. För svenskproducerad HVO används en stor andel tallolja. Denna produceras i sin tur från svartlut vilket är en restprodukt från massa och pappersindustrin.

Det är även möjligt att producera syntetisk diesel från biomassa genom först förgasning och sedan en process som kallas Fisher-Tropsch. Syntetisk diesel är fri från aromater och svavel vilket medför att den går att använda i befintliga dieselfordon utan några modifieringar. För att producera biodrivmedel används syntesgas. Från syntesgasen är det sedan möjligt att genom den kemisk katalytiska

processen, Fisher-Tropsch syntes, möjligt att skapa syntetisk diesel. Även etanol är möjligt att producera från syntesgas. Detta görs genom fermentering. De bränslen som anses vara potentiella råvaror för förgasning är i synnerhet olika sorter av skogsmaterial, som träflis, spån, träpulver, GROT, stubbar, bark och svartlut (Börjesson et al. 2013).

Tekniken för förgasning av biomassa är fortfarande i utvecklingsstadiet, vilket medför att förnyelsebar syntetisk diesel ännu inte finns på marknaden (Trafikverket u.å).

2.4.2. Påverkan på fjärrvärmeproducenter

Krook Riekkola et al (2017) använde två modeller, TIMES-Sweden och BeWhere Sweden för att analysera eventuella målkonflikter mellan ökad elproduktion från fjärrvärme, ökad andel biodrivmedel och minskade koldioxidutsläpp.

TIMES-Sweden modellerar hela energisystemets utveckling över tid och kan därför visa konkurrensen om biomassa mellan olika sektorer och användningsområden. BeWhere Sweden är fokuserad kring skogsbiomassa, biodrivmedelsproduktion och utformning av olika skogsbaserade bioenergivärdekedjor. Denna modell fångar upp mer rumsliga aspekter. Detta möjliggör för studier av till exempel: hur olika användare och olika biomassa sortiment påverkas vid olika scenarier för ökad användning av biomassa, samt hur transportavstånd och lokal/regional konkurrens påverkar (Krook Riekkola et al. 2017).

Nedan listas några av de viktigaste resultaten från respektive modell i deras studie:

Generellt

Krook et al beskriver hur det vid en första anblick kan verka vara negativt för fjärrvärmebolagen att mer bränsle från skogen ska användas till biodrivmedel, men att det inte behöver bli så. De menar att det finns rester från skogen som få andra än fjärrvärmebolagen kan använda samt att värmeöverskottet från produktion av biodrivmedlen kan matas in på fjärrvärmenäten.

Times-Sweden

Från Times-Sweden-analysen är resultat tydligt att konkurrensen om biomassa ökar i samband med att det ställs högre klimatmål. Det är dock inte entydigt om hur biomassan används på bästa sätt. I scenarion där klimatmålen är fastställda till att utsläppen ska vara netto-noll ökar användningen av biomassa betydligt. Denna ökning består till stor del av att CCS kopplat till biobränsleeldade kraftvärmeverk antas ingå i systemet från år 2040 och ger således upphov till negativa CO₂-utsläpp.

Det gjordes även en analys av en modellkörning där två teoretiska scenarion jämfördes: ett med fjärrvärme och ett utan fjärrvärme, där värmepumpar antas ersätta all fjärrvärme. Resultaten från scenariot utan fjärrvärme indikerade att det var svårt att utnyttja biomassan tillfullo utan fjärrvärme. Anledningen till detta är att restprodukterna från till exempel sågindustrin inte kan utnyttjas inom energisektorn. Detta medför att en lika stor mängd skog fortfarande behöver avverkas. Resultaten från scenariot med fjärrvärme visar att biomassan kan användas mer energieffektivt då fjärrvärmenäten kan utnyttja värmen från många biomassaprocesser samt att en större del restprodukter kan användas.

BeWhere Sweden

I resultaten från BeWhere Sweden redovisas bland annat hur andra användare av skogs massa påverkas av ambitiösa mål för skogsbaserade drivmedel. Fjärrvärmesektorn är en av de användare som antas påverkas mest och resultaten från modellen visar att fjärrvärmesektorn påverkas betydligt mer än t.ex massaindustrin.

Till modellen har det skapats olika scenarion vilka ska representera hur olika typer av styrmedel, tillgång på biomassa och alternativa investeringar påverkar priset av biomassa.

Vid körningar av modellen baserade på ”Dagens skogsbruk” visar resultaten att fjärrvärmesektorn kan påverkas av en prisökning upp till 7% vid en biodrivmedelsproduktion på 10 TWh. När produktionen ökar till 20 TWh kan prisökningen vara upp till 15 %. Vid biodrivmedelsproduktions nivåer på 40 TWh varierar prisökningen mycket beroende vilket scenario som studerats.

2.5. Ekonomi

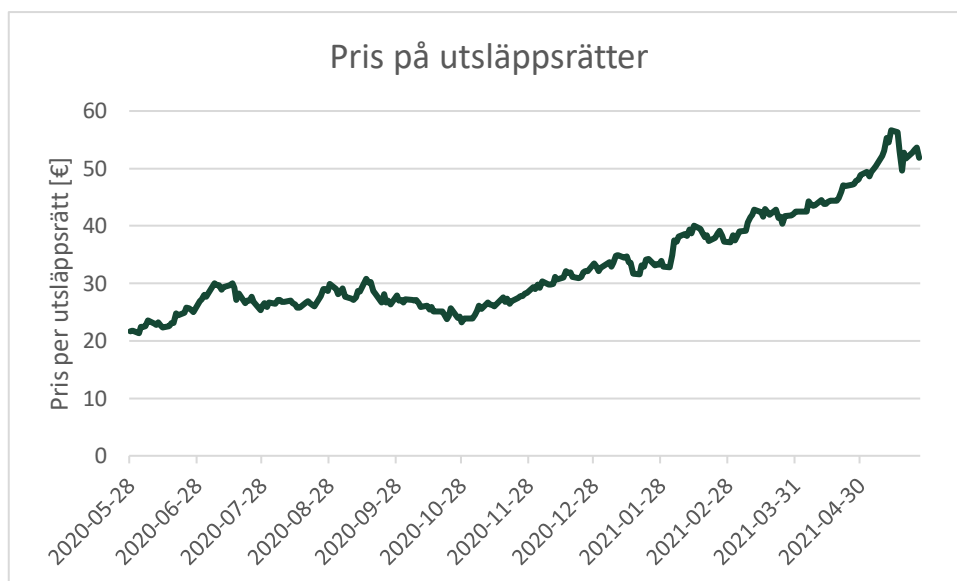
2.5.1. Handel med utsläppsrätter

År 2005 grundades EU-ETS, vilket är Europas system för handel med utsläppsrätter. Systemet omfattar idag ca 750 anläggningar i Sverige, inom industri och energisektorn. Totalt inkluderas ca 13 000 anläggningar i Europa. Alla EU:s medlemsnationer samt Norge, Island och Liechtenstein ingår i handelssystemet. EU-ETS är ett gemensamt styrmedel för deltagarländerna där huvudsyftet är att minska utsläppen av växthusgaser på ett så kostnadseffektivt vis som möjligt. Systemet har varit och är i ständig utveckling sedan starten 2005, vilket har lett till att fler och fler branscher har inkluderats. För att begränsa utsläppen sätts ett utsläppstak vilket innebär en övre gräns för de totala utsläppen från deltagarna i systemet. Detta tak sänks sedan successivt för att utsläppen ska minskas. Varje

utsläppsrätt ger rätt att släppa ut ett ton koldioxidekvivalenter (Naturvårdsverket, 2021).

Utsläppsrätterna delas ut till medlemmarna i systemet antingen genom auktionering eller fri tilldelning. Det ställs sedan krav på deltagarna att äga tillräckligt många utsläppsrätter för att täcka sina utsläpp, uppnås inte detta utdelas en bestraffning. Systemet är sedan början av 2021 inne i sin fjärde handelsperiod där det totala antalet utsläppsrätter kommer minska snabbare än tidigare (Europeiska kommissionen u.å.).

Priset för utsläppsrätter redovisas i Figur 2.



Figur 2. Priset för utsläppsrätter, i Euro (Ember,2021).

Den fjärde handelsperioden för utsläppsrätter påbörjades år 2021 och EU-kommissionen har beslutat att majoriteten (515st) av de svenska ansökningarna för gratis tilldelning av utsläppsrätter godkänns. Medan 53 stycken avslås, de flesta av dessa anläggningar har uteslutande använt biomassa mellan åren 2014-2018 (Utsläppshandel 2021).

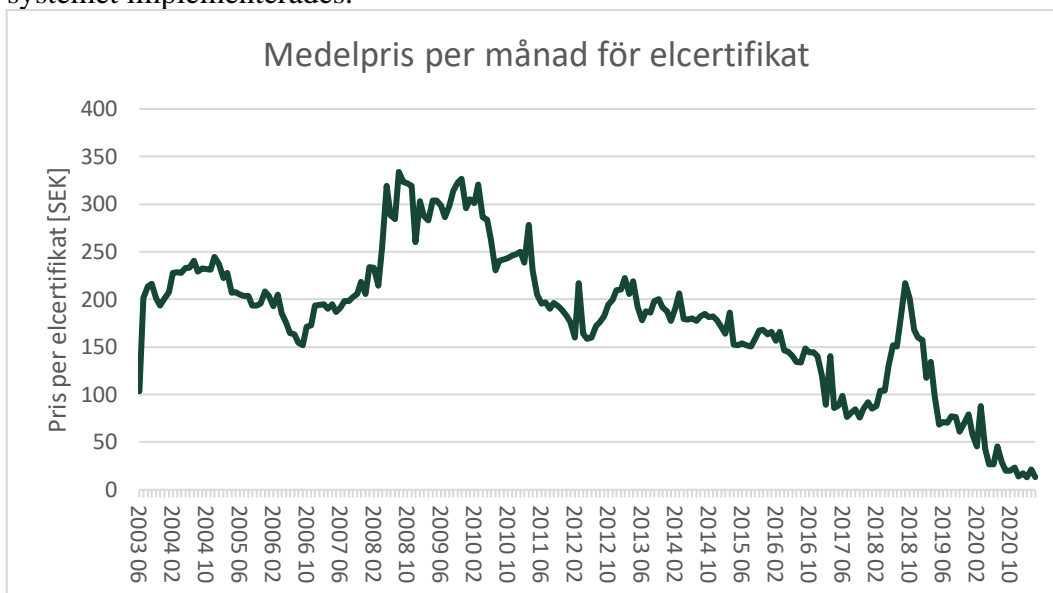
Priset för utsläppsrätter är på de högsta nivåerna de någonsin varit och en utsläppsrätt var den 18 maj 2021 värd €55,74 (Ember 2021).

2.5.2. Elcertifikat

Systemet för elcertifikat introducerades år 2003 i Sverige och är ett ekonomiskt styrmedel med syftet att främja produktion av förnyelsebar el. Systemet innebär att producenter av förnyelsebar el tilldelas ett elcertifikat för varje megawattimme (MWh) producerad el. Elcertifikaten kan sedan säljas på en öppen marknad till

aktörer som är inkluderade av kvotpliktsystemet. De vanligaste köparna är elleverantörer, men kan även vara t.ex elintensiva industrier (Energimyndigheten 2021b).

Priset för elcertifikat bygger på konceptet av utbud och efterfrågan. Detta kan leda till att priset varierar mycket. I Figur 3 redovisas priset för elcertifikat sedan systemet implementerades.



Figur 3. Medelpris per månad för elcertifikat (Energimyndigheten 2021c).

Priset för elcertifikat har minskat betydligt de senaste åren och i maj 2021 kostade ett elcertifikat 14,39 SEK/MWh.

3. Projektspecifika förutsättningar

I detta kapitel beskrivs projektspecifika förutsättningar. Innehållet beskriver fjärrvärmens historia och nuvarande roll i Härnösand. Utöver detta beskrivs fjärrvärmeanläggningen.

3.1. Fjärrvärme i Härnösand

Utbyggnaden av fjärrvärme i Härnösand påbörjades år 1974. Den första pannan använde olja som bränsle och levererade fjärrvärme till ett fåtal fastigheter i centrala Härnösand. Fjärrvärmenätet fortsatte sedan att utvecklas genom utbyggnad av så kallade ”fjärrvärmeöar” vilka försörjdes av mindre pannor som kunde transporteras. Den första större fjärrvärmeanläggningen uppfördes år 1980 på Kronholmen. Anläggningen bestod av fyra oljeeldade pannor med en effekt på 5,8 MW vardera samt en elpanna. Under denna period kopplades de olika fjärrvärmeöarna ihop och fick sin värme från den nya anläggningen. Fjärrvärmenätet har sedan expanderat relativt snabbt och förser idag större delen av tätorten Härnösands invånare med fjärrvärme (*Historisk tillbakablick - HEMAB* u.å.).

Dagens fjärrvärmeanläggning i Murbergsviken stod färdig år 2002 och består i huvudsak av tre olika pannor, en ångpanna (ÅP1), en fastbränslepanna (FP1) och en pelletspanna (FP2). I Figur 4 visas en karta över Härnösand med kraftvärmeverket markerat med ett ”X”.



Figur 4. Karta över Härnösand med kraftvärmeverket markerat med ett "X" (Eniro kartsök 2021).

Utöver detta finns ett antal elpannor och oljepannor utplacerade i staden samt en gaspanna i Saltvik som eldar deponigas. HEMAB utnyttjar även spillvärme från SCA Bionorrs pelletsfabrik i Härnösand.

För att optimera driften och för att utjämna belastningstoppar under dygnet finns en hetvattenackumulator med en volym på 2 000 m³ och en maximal urladdningseffekt på 50 MW. Tanken kan som mest ackumulera 150 MWh värme.

Gaspannan i Saltvik utgör tillsammans med spillvärmens från Bionorr basproduktionen i fjärrvärmesystem. HEMAB utnyttjar rökgaskondenseringen på BioNorrs pelletsfabrik fullt ut så länge elpriserna inte är alltför höga.

Under vintermånaderna höjs vanligtvis effekten i ÅP1 och FP1 för att hantera den ökade efterfrågan. För att hantera spetslaster används oljepannan OP samt elpannan EP8. Övriga pannor används enbart som reservpannor.

3.2. Pannorna

I samråd med HEMAB beslutades det att pannorna ÅP1 och FP1 skulle undersökas, eftersom det är i dessa pannor torv används som en del av bränslemixen. Båda pannorna kan anses användas som baskraft och tillsammans producerar de cirka 60 % av fjärrvärmens i Härnösand (HEMAB, 2020). Det årliga energibehovet för pannorna varierar beroende på hur stor efterfrågan av fjärrvärme är, men ett årligt behov av 188 000 MWh har antagits för ÅP1 och FP1.

HEMAB:s största förbränningspanna är deras fastbränsleeldade ångpanna ”ÅP1”. Pannan togs i drift 2002, och är en BFB panna med en värmeeffekt på 26,3 MW och en eleffekt på 11,7 MW. ÅP1 är den största produktionsenheten och används året runt med undantag för vissa sommarmånader.

Pannan är utrustad med rökgaskondensering, vilken sker direkt på en värmeväxlare, samt en turbin vilket innebär att pannan även producerar elektricitet. I anslutning till pannan finns även ett SNCR system samt ett system för rökgaståterföring. Rökgasreningen består av en cyklon samt ett slangfilter (Johansson 2021).

FP1 är en äldre panna än ÅP1 och togs i drift 1985. Detta är en hetvattenpanna av typen rosterpanna. Denna panna används mindre än ÅP1, och körs framförallt när det finns ett stort värmebehov och när ÅP1 inte används. Även FP1 är utrustad med rökgaskondensering men inget SNCR system eller turbin (Johansson, 2021). Den årliga produktionen av värme och el för ÅP1 och FP1 redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Värme och elproduktion i ÅP1 och FP1 mellan 2016–2020 (HEMAB).

Anläggning	2016	2017	2018	2019	2020	Medel
ÅP1 kondens [MWh]	106 261	103 359	107 179	106 616	87 655	102 214
ÅP1 RGK [MWh]	30 376	30 141	31 525	33 401	28 134	30 715
ÅP1 el [MWh]	32 442	37 397	30 163	33 152	16 880	30 007
FP1 kondens [MWh]	16 558	14 083	24 895	15 761	20 074	18 274
FP1 RGK [MWh]	1 255	1 837	2 538	2 640	4 544	2 563

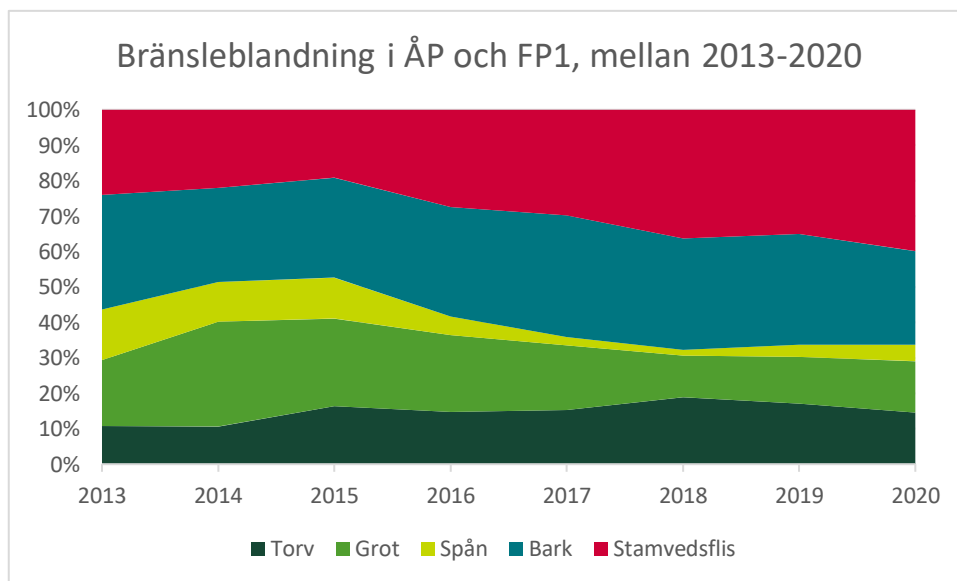
Från Tabell 3 är det tydligt att pannan ÅP1 är den produktionsenhet vilken producerar i särklass mest värme av de två. ÅP1 körs året runt med undantag för vissa sommarmånader då det är revision på pannan. FP1 körs på ett liknande vis, det vill säga året runt med revision under sommaren. Både FP1 och ÅP1 har även

för hög minimilast för att köras på sommaren. När dessa pannor har revision brukar vanligtvis den pelletseldade pannan FP2 användas i stället.

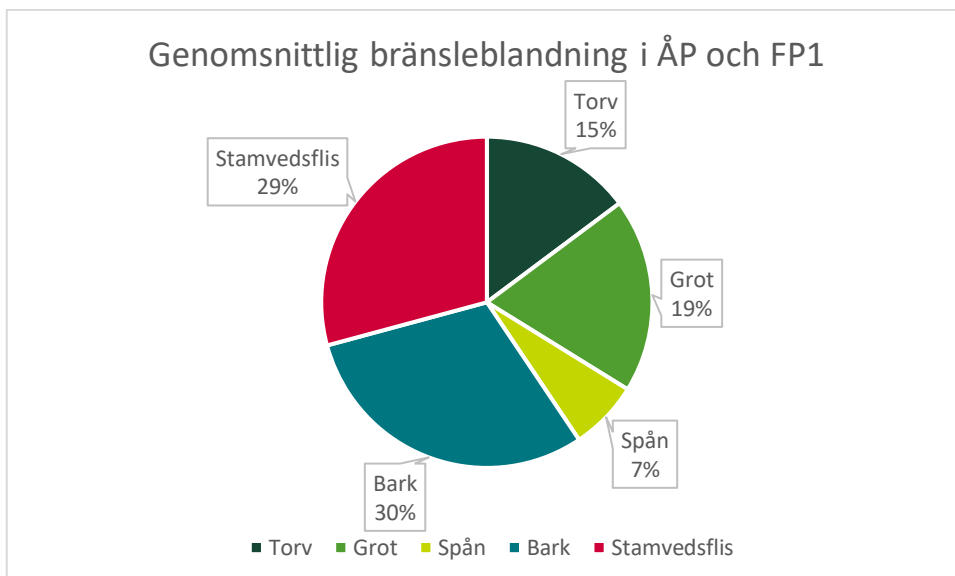
3.3. Dagens bränslemix

På fjärrvärmeverket förbränns framförallt olika typer av restprodukter från skogen och skogsindustrin. Stamvedsflis, bark och GROT är de bränslen som används mest men även en mindre andel spån används. Utöver detta förbränns även torv. HEMAB äger tillsammans med Örnsköldsviks fjärrvärmeproducent (Övik Energi) företaget Kommunbränsle i Ådalen AB (KBAB), vilka äger ett antal torvtäckter i närområdet. Den torv som förbränns i anläggningen kommer bland annat från dessa torvtäckter.

I Figur 5 redovisas bränsleblandningen för de aktuella pannorna mellan åren 2013 - 2020.



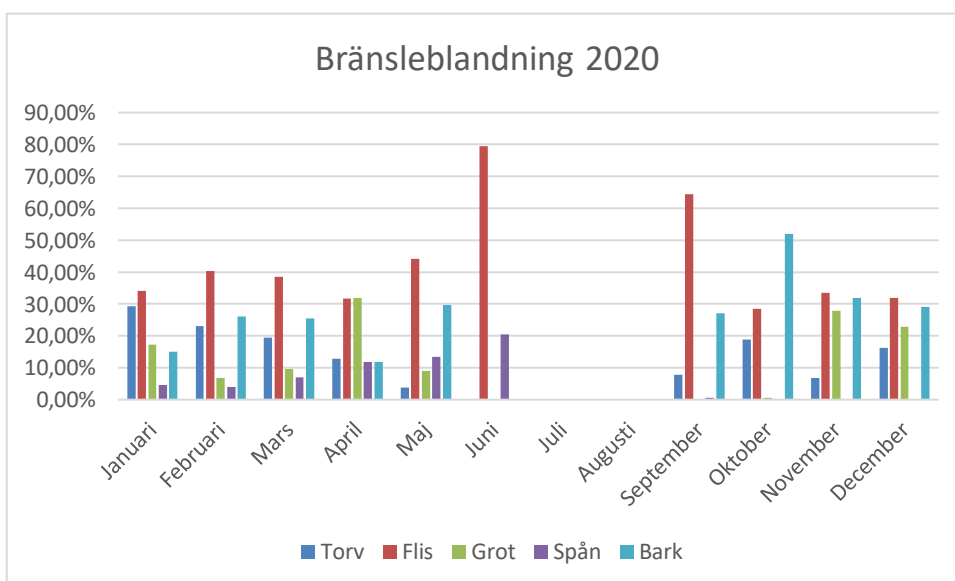
Figur 5. Bränsleblandning i ÅP1 och FP1, mellan åren 2013–2020 (HEMAB).



Figur 6. Genomsnittlig bränsleblandning mellan åren 2013–2020, i ÅP1 och FP1 (HEMAB).

Figur 6 visar den genomsnittliga bränslemixen mellan 2013–2020.

Bränslemixen varierar över året och beror framför allt på vad som levereras och har levererats till anläggningen. Även vädret kan påverka vad som eldas. Ett exempel är de väldigt låga temperaturerna i början av året 2021, vilka ledde till att barken frös i mellanlagret, vilket i sin tur hindrade allt bränsle från att skickas vidare därifrån. Anledningen till detta var den höga fukthalten i barken, detta åtgärdades genom att blanda barken med en stor andel stamvedsflis för att få upp torrhalten. I Figur 7 redovisas hur bränslemixen förändrades under år 2020.



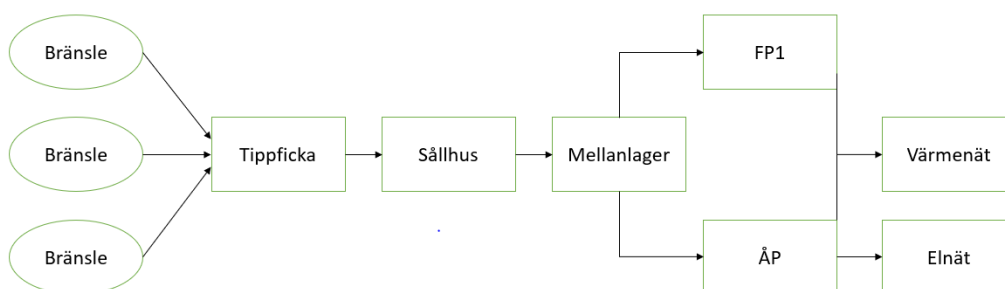
Figur 7. Bränsleblandning för varje månad 2020 (HEMAB).

Under månaderna juni och september eldades en väldigt stor andel stamvedsflis, dessa månader kan dock inte anses vara representativa då pannorna knappt användes under denna period.

3.4. Bränslehantering

De olika bränslena köps in från lokala entreprenörer. När bränslet anländer till anläggningen vägs det först och tippas sedan i separata högar på bränsleplanen. Vissa bränslen, till exempel torv, förvaras med fördel under tak och med ena sidan av högen riktad mot en vägg för att minimera risken för självantändning. Bränslet går sedan igenom en okulär kontroll. I samband med den okulära kontrollen görs en grov uppskattning om bränslet motsvarar de krav som ställts. För att ytterligare kontrollera bränslet görs ett bränsleprov som visar fukthalten i bränslet. Detta ger sedan underlag för hur mycket som ska betalas till leverantören som får betalt beroende på hur mycket energi de levererar. Bränslet skickas ibland till ett labb där det görs en mer noggrann analys av det. I anslutning till anläggningen finns även en asfalterad yta där privatpersoner kan lämna av ris och grenar utan kostnad. Detta flisas sedan och hanteras likt de andra bränslena.

Bränslet förflyttas sedan från sina respektive högar med en traktor till en tippficka, där bränslet sedan matas in i ett sållhus med hjälp av en inmatningsskruv. I sållhuset avskiljs sedan större bitar från det övriga bränslet via ett skivsåll där de större bitarna sedan krossas ytterligare. I sållhuset sitter även en magnetavskiljare. Bränslet skickas sedan via ett mellanlager till pannilon där det sedan matas in i vardera panna. Flödesschemat för hur bränslet hanteras redovisas i Figur 8



Figur 8. Flödesschema för hur bränslen hanteras på anläggningen.

3.5. Miljö tillstånd

Enligt HEMAB:s miljö tillstånd för anläggningen har de tillstånd enligt miljöskyddslagen att driva en biobränsleeldad anläggning (ÅP1) för värme och elkraftproduktion med en tillförd effekt av 65 MW, intill befintlig värmecentral (FP1). Anläggningen måste förhålla sig till olika villkor vilka specificeras i anläggningens miljö tillstånd. De mest relevanta villkoren redovisas nedan:

1. ”Verksamheten, inbegripet åtgärder för att minska vatten- och luftföroreningar och andra störningar till omgivningen, skall bedrivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad bolaget uppgett eller åtagit sig i ärendet, såvida inte annat framgår av nedanstående beslut. Mindre ändring, som ryms inom meddelat tillstånd, får dock genomföras efter godkännande från tillsynsmyndigheten, om ändringen inte medför ökade störningar i den yttre miljön. Vid driftstörningar som medför att nedanstående riktvärden inte klaras kan ändå få upprätthållas under begränsad tid, efter anmälan till tillsynsmyndigheten, enligt de föreskrifter myndigheten meddelar.”

6. ”Anläggningen får inte, i den utformning som redovisats i ansökningshandlingarna, utnyttjas för förbränning av avfall.”

8 ”Hantering av kemikalier, bränsle, askor och sot o dyl skall ske på sådant sätt att det inte uppstår olägenheter som damning, annan luft-eller vattenförorening eller nedskräpning. Flygaska skall hanteras så att damning undviks. Askan skall befuktas före spridning. Spridning av askan skall följa föreskrifter föreskrifter enligt Statens Strålskyddsinspektion.”

Övriga villkor anger riktvärden gällande utsläpp av svaveloxider, kväveoxider, stoft, ammoniak och lustgas samt riktvärden för halter av suspenderade ämnen i kondensat och riktvärden för bullernivåer. Rökgaserna ska släppas ut från en skorsten på minst 78 meters höjd.

4. Metod

4.1. Utvärdering av bränslemixegenskaper

Genom att använda ett beräkningsverktyg framtaget i samband med Bränslehandboken 2012, är det möjligt att jämföra hur olika bränslen och bränsleblandningar teoretiskt kan påverka en förbränningsanläggning. Med de beräknade nyckeltalen är det sedan möjligt att skapa en förståelse för hur man ska gå till väga för att förbättra miljön i pannan och minska risken för bränslerelaterade driftproblem samt underhållet. De beräknade nyckeltalen för vardera bränslemix kommer sedan analyseras och jämföras med riktvärden. I kapitel 2.3 återfinns bakgrundsteori för de undersökta och beräknade nyckeltalen.

De olika nyckeltalen är möjliga att beräkna för varje enskilt bränsle eller som en bränsleblandning. De inparametrar som krävs för beräkningarna är doserad mängd fuktigt bränsle, fukt- och askhalt för vardera bränsletyp, bränslets innehåll av svavel, klor, kol, syre, väte och kväve i vikt-% torrt bränsle samt askkomponenterna. HEMAB utför som tidigare nämnts mer utförliga bränsleanalyser cirka en gång i kvartalet för de enskilda bränslena. De mer utförliga bränsleanalyserna visar elementarsammansättningen av bränslet samt fukthalt, askhalt och värmevärde. I de mindre utförliga bränslemixar som görs vid varje leverans undersöks fukthalt och askhalt. Från detta är det sedan möjligt att beräkna ett värmevärde. HEMAB:s mer utförliga bränsleanalyser har sammanställts och används som underlag för beräkningarna. I de fall då HEMAB inte har den data som efterfrågas har den hämtats från Bränslehandboken 2012 (Strömberg & Herstad Svärd 2012) där all nödvändiga data finns. I Bränslehandboken 2012 finns data sammanställd med min-, max- och medianvärden från flera olika bränsleanalyser. Som inparametrar i detta projekt har det alltså använts en kombination av data från HEMAB samt Bränslehandboken 2012, den data som hämtats externt är medianvärden gällande askkomponenter för samtliga bränslen samt värden för elementarsammansättning, fukthalt och askhalt för de bränslen som HEMAB inte förbränner i dagsläget.

4.2. Tillsats av svavel

Mängden svavel som behöver tillsättas beror på molförhållandet mellan svavel och klor i bränslemixen. Enligt (Berg et al. 2002) bör förhållandet vara 4, men efter beräkningar utifrån HEMAB:s genomsnittliga bränslemix mellan 2013 – 2020, blev resultatet att förhållandet var cirka 1, för att beräkna detta användes ekvation 10. Det nuvarande förhållandet ansågs ge den mest korrekta bilden av hur det är i praktiken och det antogs därför att antalet mol svavel bör vara lika med antalet mol klor. Svavlet antogs tillsättas i granulär form och antogs bestå av 100 % rent svavel. Beräkningarna utfördes sedan i Matlab enligt följande:

Först behövdes det fastställas hur stora andelar av respektive bränsle som bränslemixen bestod av samt elementarsammansättningen av dessa bränslen. Elementarsammansättningen för vardera bränsle finns i bilaga 1 och är hämtade från HEMAB:s egna bränsleanalyser samt hämtade från *Bränslehandboken 2012* (Strömberg & Herstad Svärd 2012). Utifrån detta beräknades sedan hur stor den totala andelen av svavel och klor var i den totala bränslemixen. I ekvation 6 och 7 redovisas detta.

$$NS = \sum_{i=1}^Z B_i * nS_i \quad (6)$$

$$NCl = \sum_{i=1}^Z B_i * nCl_i \quad (7)$$

där NS respektive NCl är de totala andelarna av svavel och klor i den gemensamma bränslemixen,

B är andelen av varje bränsle i bränslemixen,

nS och nCL är andelarna svavel och klor i respektive bränslefraktion.

Utifrån detta beräknades antalet mol svavel respektive klor i bränslet per kg enligt ekvationerna 8 och 9.

$$S = \frac{\left(\frac{NS}{100}\right) * 1000}{MS} \left[\frac{\text{mol svavel}}{\text{kg bränsle}} \right] \quad (8)$$

$$Cl = \frac{\left(\frac{NCl}{100}\right) * 1000}{MCl} \left[\frac{\text{mol klor}}{\text{kg bränsle}} \right] \quad (9)$$

där S och CL representerar hur många mol svavel respektive klor det finns i bränslemixen.

MS och MCl är molvikten för svavel och klor och är 32,06 g/mol för svavel respektive 35,45 g/mol för klor.

Dessa jämförs sedan för att undersöka om det behövs tillföras något svavel till bränslemixen eller inte. Detta görs genom ekvation 10:

$$Behov\ svavel \left[\frac{mol}{kg\ bränsle} \right] = F * CL - S \quad (10)$$

där F är den önskade kvoten mellan svavel och klor, i detta fall har det antagits vara 1.

I de fall då ett negativt värde eller ett värde lika med noll erhålls behöver inget svavel tillsättas. I övriga fall behöver det tillsättas svavel för att uppnå rätt förutsättningar. Genom att uttrycka behovet i en viktenhet i stället för mol blir det mer hanterligt, detta utförs sedan i ekvation 11:

$$Y = Behov\ svavel \left[\frac{g}{kg\ bränsle} \right] = Behov\ svavel \left[\frac{mol}{kg\ bränsle} \right] * MS \quad (11)$$

Det årliga behovet av svavel beräknas sedan genom vikten av den totala mängden tillfört bränsle. För att räkna till detta beräknas först ett gemensamt värmevärde för bränsleblandningen på liknande vis som ekvation 7 och 8. Värmevärdena för GROT, stamvedsflis, bark, spån och torv är hämtade från HEMAB:s analyser. Värmevärdet för övriga bränslen (avloppsslam och RT-flis) är hämtade från Bränslehandboken 2012.

Vikten på det årliga bränslet beräknas genom att först räkna om det årliga tillförda bränslet, vilket antas vara 188 000 MWh, till MJ $188\ 000 * 3,6 = 676\ 800$ MJ och sedan dividera med det totala värmevärdet för bränslemixen. För att sedan beräkna hur många kg svavel som behöver tillsättas används ekvation 12:

$$Kg\ S = \frac{Y}{1000} * M_{tot} \quad (12)$$

Dessa uträkningar gjordes sedan för alla de föreslagna bränslemixarna vilka redovisas senare i rapporten.

4.3. Beräkning av CO₂-ekvivalenter

För att beräkna hur mycket CO₂-ekvivalenter som genereras används en omräkningstabell med emissionsfaktorer från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2020). Utsläppen delas upp efter biogena samt fossila. De bränslen som klassas som helt biogena är stamvedsflis, GROT, bark, spån och vit RT-flis. Torv klassas som helt fossilt. För brun RT-flis och avloppsslam behövs det göras en uppskattning av verksamhetsutövaren om hur stor den fossila fraktionen är. Enligt Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2021c) är det få som rapporterar någon fossilfraktion för RT-flis, därför antas brun RT-flis i denna rapport klassas som helt biogen. Avloppsslammet antas bestå av en fossilfraktion på 34,2 %, baserat på studien ”*Fossil Carbon Fraction and Measuring Cycle for Sewage Sludge Waste Incineration*” (Kang et al. 2018).

För avloppsslam finns ingen fastslagen emissionsfaktor, utan det är upp till verksamhetsutövaren att föreslå ett representativt värde. I denna rapport antas avloppsslammet ingå i kategorin *Övriga icke specificerade*.

4.4. Tillgång av RT-flis och avloppsslam

Denna del beskriver hur stora mängder av RT-flis och avloppsslam som finns tillgängliga. Utöver de mängder som HEMAB själva samlar in antas det att grannkommunerna Kramfors och Sollefteå gör detsamma samt att de är villiga att skicka bränslet till HEMAB.

4.4.1. RT-flis

HEMAB samlar själva in både vit och brun RT-flis från deras återvinningscentraler. På årsbasis samlas det in cirka 1 000 ton vit RT-flis och 2 000 ton brun RT-flis. Även grannkommunerna Kramfors och Sollefteå antas samla in båda typerna av RT-flis, i vilka mängder är dock okänt. Det har därför antagits att mängderna RT-flis från dessa kommuner är lika stora som mängderna per invånare. Genom att dividera mängden RT-flis i Härnösand med befolkningen i kommunen erhålls en teoretisk mängd per invånare. I Tabell 4 redovisas befolkningen i de tre kommunerna.

Tabell 4. Befolkningsmängd i kommunerna Härnösand, Kramfors och Sollefteå. (SCB,2021)

Kommun	Befolkningsmängd [Personer]
Härnösand	25 123
Kramfors	19 044
Sollefteå	18 210

Mängden vit RT-flis per invånare i Härnösand kommun blir 39,8 kg och mängden brun RT-flis per invånare blir 79,6 kg. Genom sedan att multiplicera respektive värde med den totala befolkningmängden av alla kommunerna erhålls de totala mängderna RT-flis. Den totala mängden vit RT-flis blir då 2 483 ton per år och 4 966 ton per år brun RT-flis. Detta används för att beräkna hur mycket energi som finns i bränslet med hjälp av ekvation 13.

$$E_F = Råvikt * \left(\left(h_{eff} * \left(1 - \frac{A}{100} \right) \right) * \frac{TS}{100} - \Delta H_{vapp} * \left(1 - \frac{TS}{100} \right) \right) \quad (13)$$

där E_F är energiinnehållet för fuktigt bränsle,

h_{eff} är det effektiva värmevärdet i askfri torrs substans,

TS är andelen torrs substans i viktprocent,

A är askhalten i viktprocent av TS och

ΔH_{vapp} är ångbildningsvärmens för vatten (0,678 MWh/ton).

Den beräknade energimängden av den vita RT-flisen blir 9,98 GWh motsvarande 5,3 % av det årliga energibehovet i ÅP1 och FP1. Den beräknade mängden energi från den bruna RT-flisen är 19,95 GWh motsvarande 10,6 % av det årliga energibehovet i ÅP1 och FP1.

4.4.2. Avloppsslam

Vid Kattastrands avloppsreningsverk i Härnösand renar HEMAB kommunens avloppsvatten. Efter att avloppsvattnet har behandlats borttransporteras det och används som anläggningsjord eller deponeras på HEMAB:s avfallsanläggning Åland. Som fällningskemikalie används en polyaluminiumkloridlösning. Det produceras årligen 2 720 ton avloppsslam med en torrhalt på 26 %. HEMAB har inte gjort några undersökningar kopplade till värmevärdet eller askhalten för slammet, därför hämtas dessa värden från bränslehandboken 2012.

Det fuktiga värmevärdet beräknas sedan med ekvation 13, och beräknas vara 0,84 MWh/ton. Detta multipliceras sedan med den årliga mängden producerat slam och det årliga energiinnehållet beräknas vara 2,28 GWh motsvarande 1,2 % av det årliga behovet av tillförd energi. På samma vis som RT-flis uppskattas mängderna avloppsslam från Kramfors och Sollefteå, vara samma per person som i Härnösand. De antas även använda sig av samma fällningskemikalie. De totala mängderna avloppsslam uppskattas vara 5,67 GWh vilket motsvarar cirka 3 % av det årliga behovet av tillförd energi.

4.5. Beräkning av askmängder och bäddsand

Askmängderna beräknades genom att först ta fram en total askhalt för hela bränslemixen detta gjordes på liknande vis som ekvation 6 och 7. Där askhalten för respektive bränsle multiplicerades med andelen av det bränslet i den totala bränslemixen. Den gemensamma askhalten multipliceras sedan med den totala årliga vikten för bränslemixen.

Den årliga mängden bäddsand beräknas genom att multiplicera sandsättningen (kg/MWh) med det årliga energibehovet. Dagens sandsättning är cirka 1,7 kg/MWh och antas vara representativ för bränslemixar med svavelrika bränslen. För övriga bränslemixar antas det behövas en sandsättning motsvarande 4 kg/MWh. Detta baseras på intervjun med Mölndal Energi som rapporterade att de behövde öka omsättningen av sand i samband med att de tog bort torv ur deras bränslemix. Enbart ÅP1 behöver bäddsand och energibehovet från FP1 räknas därför bort.

4.6. Omvärldsbevakning

För att skapa en bild av hur en övergång från torv kan fungera mer praktiskt gjordes ett antal intervjuer med andra fjärrvärmebolag samt panntillverkaren Valmet. De fjärrvärmebolag som intervjuades hade antingen övergått från torv till att förbränna mer skogsbränslen eller så består en del av deras bränslemix av en mindre andel vit RT-flis. Utöver detta intervjuades även Skogsindustrierna för att undersöka hur en ökad användning av biodrivmedel kan påverka fjärrvärmebolagen.

4.6.1. Kalmar Energi

Kalmar Energi förbrände tidigare torv i deras kraftvärmeverk i Kalmar, men har valt att sluta med detta. Torven förbrändes tillsammans med skogsbränslen som bark, GROT och spån. Pannan är en fluidbäddspanna med en maxeffekt på 90 MW. Kopplat till pannan finns olika sorters reningssystem som SNCR, elfilter och kondensatrening. Bränsleinmatningssystemet är uppbyggt så att bränslet först tippas i en tippficka och skickas sedan till ett sållhus därifrån vidare till en mellansilo, sedan till två separata dagsilos och slutligen in i pannan.

För att ersätta svavlet i pannan tillsätts granulärt svavel till bränslet efter mellansilon. Svavlet köps in på storsäck och doseras till bränslet på transportbandet via en utmatningsskruv och cellmatare. Detta är teknik som Kalmar energi själva har konstruerat. Mängderna svavel som tillsätts har dels beräknats utifrån mängden klorider i bränslet, men även arbetats fram genom försök och erfarenheter. Det görs

även rutinmässiga kontroller av svavelhalterna. Energin från torven har ersatts genom att öka andelarna av de övriga bränslena.

Inga större problem eller skillnader av driften kopplat till bytet av bränsle har rapporterats. Joakim Anderson, produktionschef på Kalmar Energi menar att detta kan bero på att det bränsle de använder håller god kvalitet. En positiv aspekt efter att ha ersatt torven är att mängderna svavel har blivit enklare att kontrollera då mängden svavel i torven kunde variera (Anderson, 2021).

4.6.2. Mölndal Energi

Mölndal Energi har tidigare förbränt torv, men har nu ersatt detta genom att elda mer biobränsle. Torven förbrändes i två separata pannor kallade P1 och P3.

P1 är en CFB-panna med en maxeffekt på 40 MW. Pannan har varit i drift sedan 1984 och var först ämnad för att förbränna stenkol. Kolet ersattes sedan som bränsle med torv och 2016 konverterades pannan till att enbart förbränna biobränslen. I samband med övergången till biobränsle byggdes bränslehanteringen om med, nytt skivsäll, utökning med en magnetavskiljare (totalt två) och en virvelströmseparator. Pannans inmatningsskruvar byttes till ett blåsbord och dagfickan byggdes om från stokermatning till skruvbotten. Utöver detta är pannan även utrustad med elfilter och rökgaskondensering. Inget svavel tillsätts till bränslet i denna panna.

Den andra pannan, P3 är en ångpanna med en maxeffekt på 80 MW. Detta är en BFB-panna av typen Metso Hybex. Pannan är drifttagen 2009 och är konstruerad för att förbränna trädbränslen och torv. Den kördes tidigare med en inblandningsgrad av torv mellan 10 och -15 %, tillsammans med GROT, bark och vit RT-flis. I anslutning till pannan finns slangfilter, rökgaskondensering och SNCR. Bränslehanteringen är utrustad med ett skivsäll, en kross för överstort material och två magnetavskiljare. När torven ersattes installerades ett system för svaveldosering. Svavlet tillsätts i form av svavelgranulat och doseras på transportbandet innan dagssilos. Doseringen av svavel styrs efter bränslemängd på bandet och klor/svavelförhållandet kontrolleras i efterhand.

Göran Lundström driftchef på Mölndal Energi tycker att omställningen generellt har gått väldigt bra. Han menar att den stora skillnaden är hur stor sandsättningen i fluidbäddspannor behöver vara. När de tidigare förbrände torv behövdes en väldigt liten omsättning av bäddmaterial. När de nu enbart förbränner trädbränslen behöver de en omsättning på ca 3–5 kg/MWh (Lundström, 2021)

4.6.3. Skara Energi

Skara Energi förbränner skogsbränslen i kombination med vit RT-flis. Bränslet eldas i en rosterpanna med en effekt på 12 MW. RT-flisen levereras malen till kraftvärmeverket och blandas sedan med bark för att få upp fukthalten i flisen. Genom att göra detta motverkas det att RT-flisen brinner upp för snabbt inne i pannan. Bark och flis blandas med ett förhållande av 1:1 och mängderna RT-flis motsvarar cirka 12,5 % av den totala bränsleblandningen.

När Skara Energi började förbränna RT-flis för ett antal år sen behövdes det inte göras några ombyggnationer av pannan. Det behövdes heller inte ansökas om något nytt miljötillstånd. Svavel tillsätts inte till bränslet i någon form. Det har inte rapporterats några större problem med korrosion eller liknande kopplade till övergången av RT-flis. Det har heller inte varit några problem att mata ut de metallbitar och andra rester som kan bli kvar efter förbränningen, trots att det inte finns någon metallavskiljare i bränslehanteringen (Gustafsson, 2021).

4.6.4. Sala-Heby Energi AB

Sala-Heby energi (SHEAB) övergick nyligen från att endast förbränna skogsbränslen till att nu även förbränna alla typer av RT-flis. Övergången skedde successivt med målet att slutligen ha möjligheten att enbart förbränna RT-flis. Projektet inleddes med att förbränna vit RT-flis i kombination med skogsbränslen, andelen RT-flis har sedan ökat och man har även introducerat brun RT-flis. Pannan är en bubblande fluidbäddspanna med en effekt på 32 MW. Den är producerad av Foster & Wheeler och sedan ombyggd av Valmet.

Övergången till att förbränna alla typer av RT-flis innebar att Sala-Heby Energi behövde ansöka om ett nytt miljötillstånd. Under försöken med vit RT-flis behövdes inte detta, utan det befintliga var fortfarande godkänt. Det nya miljötillståndet innebar att det ställdes strängare krav gällande bland annat rökgasutsläpp och vattenrening.

För att hantera det nya bränslet och förhålla sig till de nya kraven i miljötillståndet skedde en ombyggnation av pannan. Där panngolvet byggdes om till en mer öppen lösning, för att göra enklare att mata ut aska och andra rester som blir kvar efter förbränningen.

Utöver detta byggdes även bränslehanteringen om med en ny separat bränslelinje för enbart RT-flis. Bränslet går nu via en tippficka in till en bränslebunker. I bränslebunkern finns sedan separat utrymme allokerat till både RT-flis och skogsbränslen. Från bränslebunkern förflyttas sedan vardera bränsletyp på separata bränslelinjer som sedan möts och bränslet kan då blandas. På vägen passerar

bränslet ett såll samt en metallavskiljare. Bränslelinjen har även kompletterats med ett befuktningssystem från Jomi System, detta för att minska dammbildningen. För att minimera risken för brand har det även installerats ett brandskyddssystem av typen Grecon.

Svavel tillsätts i form av ammoniumsulfat genom ett system utvecklat av Vattenfall. Vilket har fungerat bra under de år detta använts.

SHEAB har nyligen börjat förbränna RT-flis och drifterfarenheterna är därför begränsade. Tommy Jönsson tidigare värmechef på SHEAB menar att RT-flis i sig inte är svårt att förbränna utan att problematiken snarare kan kopplas till bränslehanteringen och risken för stopp i bränslevägarna ökar. SHEAB misstänker att slitaget av pannan kan öka till följd av att de övergått till RT-flis. Innan projektet påbörjades skannades alla väggar i pannan. Detta följdes upp och gjordes återigen efter försöken med vit RT-flis, resultaten visade att pannan inte hade påverkats i någon större utsträckning. Generellt sett är de än så länge nöjda med att ha övergått till RT-flis och de ändringar som gjorts på anläggningen. Förändringarna har även lett till en ökad bränsleflexibilitet av vilka bränslen som kan hanteras (Jönsson, 2021).

4.6.5. Valmet

Panntillverkaren Valmet intervjuades om vad de tror behöver åtgärdas vid ett bränslebyte till någon av de föreslagna bränsleblandningarna.

För att förutspå hur nya bränslemixar påverkar en panna har Valmet en metod för att för att simulera hela förbränningen. Denna metod beräknar olika förbränningstekniska värden i pannan och kan då ge teoretiska hypoteser om hur pannan kan påverkas, även om det är väldigt pannspecifikt.

En övergång från torv till ökade andelar av de befintliga bränslena (stamvedsflis, GROT, bark och spån) är möjlig men att det kan uppstå problem med korrosion på överhettarna. Denna övergång borde teoretiskt gå att genomföra utan att några större renoveringar krävs. Med undantag för tillsatts av svavel för att motverka risken för korrosion.

Vid förbränning av vit RT-flis bör det först läggas stor vikt på att bränslet håller en god kvalitet och inte innehåller oönskat material. Om detta uppfylls så bör bränslet gå att förbränna utan några större ombyggnationer av pannan. De typer av rökgasrening som HEMAB har i ÅP1 (cyklon och slangfilter) bör vara tillräckliga för att inte ge upphov till några större förändringar av utsläppen. Fischer menar att vid förbränning av mindre andelar RT-flis bör det i första hand läggas fokus på att bränslematningssystemet är tillräckligt väldimensionerat för att hantera RT-flisen, vilket kan vara stickigt i sin struktur och således kan fastna i stup och dylikt.

Anläggningen bör också vara utrustad med en metallavskiljare för att undvika att spik eller liknande följer med in i pannan. En högre omsättning av sand kan även vara önskvärt för att minska risken för sintring. Om kostnaderna för sand blir väldigt höga kan det vara intressant att installera ett system för återanvändning av sand.

Gällande förbränning av brun RT-flis och avloppsslam bör även här läggas stor vikt på att bränsleinmatningen kan hantera de nya bränslena. Avloppsslammet kan antingen läggas på det övriga bränslet eller pumpas direkt in i pannan. För HEMAB:s anläggning rekommenderas det att slammet läggs på bränslet för att undvika lokala temperatursänkningar inne i pannan. Vid förbränning av bränslen med en högre andel aska, är det viktigt att all aska kan matas ut ordentligt och pannbotten kan därför behövas byggas om. Avloppsslammet kan innehålla olika typer av kemikalier som påverkar asksammansättningen på flyg- och bottenaskan och där man kan behöva komplettera reningen.

Sammanfattningsvis menar Fischer på Valmet, att övergå från torv till att förbränna mer av de befintliga bränslena samt en mindre andel vit RT-flis är möjligt och att det har gjorts på flera anläggningar. Det är svårt att förutspå exakt vad för typ av renoveringar som bör göras och investeringskostnaden kan variera mellan några hundratusen upp till flera miljoner. För att ge mer konkreta förslag behövs en grundläggande analys av anläggningen och all utrustning (Fischer 2021).

4.6.6. Intervju med Skogsindustrierna

Mårten Larsson ansvarig för bioenergifrågor på Skogsindustrierna intervjuades angående frågan om hur en ökad användning av biodrivmedel kan leda till konkurrens om biomassa mellan biodrivmedelsproducenter och fjärrvärmeproducenter. Mårten tror att fjärrvärmeproducenter inte kommer påverkas i någon större utsträckning under de närmaste åren. Detta beror på att skogsråvaran primärt ska användas i nya typer av tekniker för produktion av biodrivmedel som ännu inte är fullt kommersialiserade. Utöver detta så är inte själva logistiksystemet och affärskedjorna för produktion av drivmedel från skogsråvara uppbyggt än. Han tar upp ett exempel med produktion av biodrivmedel från lignin där det först krävs att själva förädlingskedjan av ligninet ska fungera, och att man sedan behöver ersätta ligninet som tas ut från massabruken med något annat till exempel grenar och toppar. För att göra det krävs det ytterligare en hanteringskedja för grenar och toppar som ska fungera och vara lönsam. Det finns därför vissa affärsmässiga utmaningar för att få hela produktionskedjor att bli lönsamma. Enligt Skogsindustriernas färdplan för fossiloberoende konkurrenskraft bedöms det finnas en möjlighet att producera upp till 10 TWh biodrivmedel från

skogsråvara år 2030, detta är möjligen en optimistisk bedömning och det är inte en målsättning.

Mårten menar dock att det finns en stor efterfrågan på biodrivmedel till följd av reduktionsplikten, men att detta inte direkt översätts till behov av skogsråvara. Han menar att det finns andra typer av råvaror som är mer aktuella om målet med reduktionsplikten ska uppnås till år 2030. Det som kan ses som den mest närliggande lösningen är att fortsatt öka importen av oljegrödor och PFAD som sedan raffineras i befintliga raffinaderier. Detta medför dock att det krävs en acceptans för de importerade råvarorna och hur de odlats fram. De importerande råvarorna kan sedan kompletteras med biodrivmedel från skogsråvaror samt med biodrivmedel från inhemskt odlade grödor som raps.

Sammanfattningsvis tror inte Mårten att fjärrvärmeproducenter och biodrivmedelsproducenter kommer att konkurrera om biomassa från skogen inom de närmaste åren. Anledningarna till detta är att teknikerna för att omvandla biomassa från skog till biodrivmedel fortfarande är i en utvecklings- och kommersialiseringsfas. Trots en politisk vilja och vilka incitament är det en utmaning att snabbt skala upp de nya produktionsteknikerna (Larsson, M, O, 2021).

4.7. Ekonomisk kalkyl

4.7.1. Kostnader för bränsle, svavel och aska

Bränslekostnaderna är beräknade utifrån varderas bränsles kostnad per MWh multiplicerat med det antagna årliga bränslebehovet. Kostnaderna för de olika bränslena är hämtade från HEMAB och utöver priset för själva bränslet inkluderas även kostnaden av eventuell förbehandling av bränslet. Priset för de skogsbränslen som används idag och kommer vara en del av de föreslagna bränslemixarna antas vara konstanta i framtiden trots att efterfrågan från HEMAB ökar. Även det framtida fjärrvärmebehovet antas vara konstant då ingen utbyggnad av fjärrvärmenätet planeras i närtid. Elproduktionen antas också vara konstant oavsett bränslemix.

HEMAB samlar själva in vit och brun RT-flis samt avloppsslam, från deras återvinningscentraler och reningsverk. Den vita RT-flisen säljs idag och genererar varken någon vinst eller förlust medan den bruna RT-flisen och avloppsslammet får HEMAB betala en avgift för att bli av med. Om de istället förbränner det själva medför det att man undviker en utgift. För den bruna RT-flisen och avloppsslammet som kommer från externa insamlare antas HEMAB ta en mottagningsavgift på

samma nivå som den de själva får betala idag. Den vita RT-flisen antas däremot få inhandlas till marknadspris från försäljarna. Marknadspriset för RT-flis var 100 SEK/MWh år 2020 (Energimyndigheten, 2021). RT-flisen antas levereras till anläggningen oflisat och därför tillkommer en kostnad för detta. Kostnaden för detta antas vara samma som för flisning av stamvedsflis och hämtas från HEMAB.

Askan som uppstår i anläggningen antas hanteras på samma sätt som idag. I samband med att bränslmixen ändras kommer mängderna aska variera vilket medför att den årliga kostnaden för att föra bort den antingen ökar eller minskar. Askans borttransporteras idag. För att få göra detta betalar HEMAB en avgift på 600 SEK per ton aska, utöver detta betalar de även en utgift på ca 1 160 SEK per tömning, varav en tömning rymmer cirka 6 ton aska. Bäcksand som används köps för 861 SEK/ton

HEMAB har tidigare undersökt möjligheterna för att tillsätta svavel gemensamt till ÅP1 och FP1. De har därför mottagit en offert för installation och driftsättning av komplett doseringsutrustning för svavel. I utrustningen ingår ett doseringssystem med frekvensstyrd omrörare, doseringsskruv samt en 70 liters behållare. De har även mottagit en offert för leverans av granulärt svavel. Kostnaderna exklusive moms för doseringssystemet och svavelgranulatet redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Kostnader för doseringssystem och granulärt svavel (HEMAB).

Doseringssystem [SEK]	890 000
Granulärt svavel [SEK/ton]	5 500

Investerings och underhållskostnader.

Den investering som med största säkerhet behövs genomföras är installation av ett system för svaveldosering, vilket motsvarar en kostnad av 890 000 SEK exklusive moms.

Då det sedan råder stora osäkerheter kring exakt vilka övriga modifieringar som behöver göras på anläggningen, bedöms detta ligga utanför denna rapport.

Det är även svårt att förutspå hur eller om, underhållskostnaderna påverkas beroende på val av bränslmix. Enligt intervjun med Sala Heby Energi förväntar de sig att underhållskostnaderna kommer öka, när de ska förbränna större andelar RT-flis.

4.7.2. Antaganden elcertifikat och utsläppsrätter

HEMAB tilldelas utsläppsrätter gratis mellan år 2021–2025 och har preliminärt tilldelats i genomsnitt 10 429 utsläppsrätter per år, denna mängd kommer antas i de ekonomiska beräkningarna. Mängden tilldelade utsläppsrätter beror på hur mycket värme som produceras enligt värmeriktmärket (Naturvårdsverket 2021c). Det pris

som antas för utsläppsrätter är medelpriset under den fjärde handelsperioden och är €41,9. Detta omvandlas sedan till SEK med en växlingskurs på 10,14 SEK/€ (Sveriges Riksbank 2021). Detta ger ett pris på 424,87 SEK per utsläppsrätt.

Elproduktionen antas vara konstant oavsett bränslmix, och baseras på den genomsnittliga produktionen från Tabell 3. Priset för elcertifikat antas i denna rapport vara 30,54 SEK per certifikat, vilket är medelpriset mellan januari 2020-maj 2021.

4.7.3. Alternativt scenario

För att åskådliggöra vilken eventuell påverkan en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel från skogsråvara kan ha på fjärrvärmebranschen skapas ett alternativt scenario där kostnaden för vissa bränslen ökar. Enligt Mårten Larsson finns det till år 2030 potential för att producera cirka 10 TWh biodrivmedel från skogsråvara till år 2030. Detta jämförs sedan med resultaten från BeWhere Sweden där en produktion av 10 TWh biodrivmedel kan leda till en prisökning för skogsråvaror med 7 %. Prisökningen appliceras på bränslena stamvedsflis, bark, GROT och spån. De övriga bränslena RT-flis, torv och avloppsslam antas inte påverkas av en ökad biodrivmedelsproduktion.

5. Resultat

5.1. Föreslagna bränslemixar och jämförelse

De föreslagna bränslemixarna är framtagna i samråd med HEMAB. Andelarna av de olika bränsletyperna har bestämts baserat på vilka bränslen som antas vara lättillgängliga i framtiden och fungera bra tillsammans. Andelen spån har minskat i de föreslagna bränslemixarna, detta beror på att HEMAB de senaste åren har minskat sin användning av spån till liknande nivåer som det de olika bränslemixarna föreslår. Personalen på anläggningen har även rapporterat att pannorna fungerar bra då andelarna mellan stamvedsflis och bark är lika. Andelen GROT har valts att hållas konstant och efterlikna den genomsnittliga nivån mellan 2013–2020.

De olika bränslemixarna är tänkta att representera olika vägar som HEMAB kan ta om de önskar att fasa ut torv.

- **Mix 1** representerar ett förslag där torven energimässigt ersätts genom att öka andelarna av stamvedsflis och bark. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötillstånd eller reovering krävs.
- **Mix 2** representerar ett förslag där HEMAB tar tillvara på den insamlade vita RT-flisen i Härnösand, Kramfors och Sollefteå. Torven ersätts energimässigt genom att öka andelarna bark och stamvedsflis samt att vit RT-flis ingår i bränslemixen. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat och inget nytt miljötillstånd krävs.
- **Mix 3** representerar ett förslag där HEMAB övergår till att delvis förbränna avfall i form av avloppsslam och brun RT-flis. Detta samlas in från HEMAB:s egna befintliga anläggningar samt köps in från Kramfors och Sollefteå. Svavel tillsätts genom förbränning av avloppsslam. Det krävs ett nytt miljötillstånd och anläggningen kan behöva reoveras.

I Tabell 6 redovisas de beräknade nyckeltalen, behovet av tillsatt svavel och beräknade askmängder för de olika föreslagna bränslemixarna samt referensmix som motsvarar den genomsnittliga bränslemixen mellan år 2013–2020.

Tabell 6. Beräknade nyckeltal, behov av tillsatt svavel samt askmängder, för de olika förslagen.

Mix [Andel av tillförd energi i procent]	Referens	Mix 1	Mix 2	Mix 3	
RT-flis	0	0	5	16	
Stamvedsflis	30,2	39	34	23	
Bark	29,2	39	39	38	
GROT	19	20	20	20	
Spån	6,8	2	2	0	
Torv	14,8	0	0	0	
Avloppsslam	0	0	0	3	
Nyckeltal					Riskområden
Alkalinitetstal 1B	0,10	0,21	0,20	0,08	>0,8
Alkaliandel	0,08	0,1	0,11	0,11	>0,3
Kalciumkvot	4,23	6,12	5,97	1,66	> 2
S/Cl	3,92	0,82	0,95	6,96	<2
Svavel behov [Ton/år]	0	13,74	11,39	0	
Askmängder [Ton/år]	1 265	1 342	1 440	1 746	

Mix 3 är den bränslemix som förväntas ge de mest gynnsamma förbränningsegenskaperna. Resultaten för mix 1 och mix 2 är väldigt lika och vissa av de beräknade nyckeltalen är innanför riskområdet. Alkalinitetstalet har ökat för mix 1 och mix 2 men har minskat för mix 3 jämfört med referensmixen. Alla värden är fortfarande med god marginal utanför riskområdet. Alkaliandelen har ökat för alla bränslemixar men även här är alla resultaten utanför riskområdet.

Som väntat är molförhållandet mellan svavel och klor lägre för mix 1 och mix 2 och bör vara högre för att undvika problem med korrosion. Detta beror på att det inte förbränns något svavelrikt bränsle och löses genom att tillsätta svavel på andra vis. Mix 3 har däremot ett större förhållande mellan svavel och klor trots att det enbart blandas in 3 % avloppsslam.

Kalciumkvoten i alla fallen är i riskområdet, mix 1 är den bränsleblandning som ger den högsta kalciumkvoten. En hög kalciumkvot indikerar att bränsleblandningen innehåller mycket kalcium vilket kan försämra svavlets förmåga att binda upp alkali.

För mix 1 och mix 2 finns ett behov av att tillsätta svavel, för att uppnå samma förhållande mellan svavel och klor som idag. I mix 3 blir det istället ett överskott av svavel vilket bör minska risken för korrosion ytterligare.

Mängderna aska i de tre första fallen är relativt lika. För mix 1 och 2 består askan dock av en större mängd sand jämfört med referensmixen. Mix 3 leder till betydligt större mängder aska jämfört med de övriga fallen.

5.2. Analys av intervjuer

Gemensamt för alla fjärrvärmebolag som bytt från torv oavsett vilket bränsle de har bytt till är att de generellt är nöjda med övergången.

Kalmar Energi övergick till att förbränna mer skogsbränslen och menar att en av anledningarna till att övergången fungerat bra beror på att deras bränsle håller en hög kvalitet.

Det andra fjärrvärmebolaget som övergått från att förbränna torv är Mölndal energi. Deras panna P3 är av samma typ (BFB) som ÅP1 i Härnösand. I P3 förbränns idag vit RT-flis, GROT och bark. Bränslehanteringssystemet är uppbyggt på ett liknande vis med undantaget att de har en extra metallavskiljare. Mölndal Energi behövde inte göra någon renovering av pannan utöver att installera ett system för svaveldosering. Även de upplever att övergången från torv har gått bra men rapporterar att de behövt öka sin omsättning av sand till 3–5 kg/MWh.

Skara Energis rosterpanna är mindre än FP1 och förbränner skogsbränslen samt vit RT-flis som blandas med bark för att få upp fukthalten i flisen. De har förbränt vit RT-flis i några år och har inte rapporterat några problem med korrosion trots att de inte tillsätter något svavel. Inga problem med metallrester har heller rapporterats trots att de inte har någon metallavskiljare.

Sala-Heby Energi övergick från att enbart förbränna skogsbränslen till att förbränna vit och brun RT-flis. Pannan är av samma typ (BFB) och liknande storlek som ÅP1. I samband med denna övergång behövdes pannan byggas om till exempel byggdes panngolvet om till en mer öppen lösning. Bränsleinmatningen behövdes byggas om med en ny separat linje för RT-flisen utrustad med metallavskiljare, såll och ett befuktningssystem. Efter försöken med vit RT-flis upptäcktes ingen större påverkan på pannan. SHEAB misstänker att slitaget av pannan kan öka vid förbränning av brun RT-flis.

Metoden för svaveldosering skiljer sig mellan anläggningarna men samtliga är nöjda oavsett om de tillsätter det granulärt eller via SNCR-systemet. Skara Energi

och Mölndals panna P1 är de anläggningar som inte tillsätter något svavel. Mölndal Energi planerar att installera ett system för det.

Intervjun med Valmet indikerar på att en övergång till mix 1 eller mix 2 går att utföra utan några modifieringar på den befintliga anläggningen. För den sistnämnda är det extra viktigt att kontrollera så bränslematningen är tillräckligt väldimensionerat för att hantera den vita RT-flisen. Både mix 1 och mix 2 omsätter betydligt mer sand jämfört med idag och det kan därför finnas underlag för att installera ett system för återanvändning av sand. Även för mix 3 är det viktigt att undersöka ifall bränslematningen kan hantera större mängder RT-flis. Avloppsslammet rekommenderas att doseras genom att det läggs på de övriga bränslena, i samband med att bränslet tippas i tippfickan. Det är svårt att exakt peka ut vilka modifieringar som behöver göras och vad de kommer kosta.

Utifrån intervjun med Skogsindustrierna bedöms en ökad användning av biodrivmedel ha en mindre påverkan på fjärrvärmesektorn inom de närmaste 10 åren. Motiveringen till detta är att de produktionskedjor som kan använda samma råvaror som HEMAB, ännu inte är fullt kommersiellt utvecklade. Till år 2030 uppskattas det vara möjligt att producera cirka 10 TWh av biodrivmedel från skogsråvara (Larsson 2021). Det är svårt att förutspå om detta uppnås i praktiken och bedöms därför ligga utanför denna rapport.

5.3. Miljöpåverkan, CO₂-ekvivalenter.

Utsläppen av CO₂-ekvivalenter redovisas i Tabell 7. Utsläppen är uppdelade efter biogena och fossila utsläpp.

Tabell 7. Beräkning av fossila samt biogena utsläpp av CO₂-ekvivalenter för respektive bränslmix.

Bränslmix	Referens	Mix 1	Mix 2	Mix 3
Fossila utsläpp [Ton/år]	10 538	0	0	417
Biogena utsläpp [Ton/år]	55 357	64 973	64 973	64 505
Totala utsläpp [Ton/år]	65 895	64 973	64 973	64 922

Då samma emissionsfaktor används för samtliga skogsbränslen och RT-flis är resultaten väldigt lika mellan de föreslagna bränslmixarna. Mix 3 har marginellt lägre utsläpp till följd av att avloppsslammet har en annan emissionsfaktor, däremot anses en del av utsläppen vara fossila. Referensmixen är den bränslmix som ger upphov till de största utsläppen av CO₂-ekvivalenter, även om det inte är med mycket. De utsläpp som klassas som fossila är däremot betydligt större.

5.4. Ekonomisk kalkyl

Den ekonomiska kalkylen visas i Tabell 8 och redovisar årliga kostnader och intäkter för de föreslagna bränslemixarna. Intäkter redovisas som negativa värden och samtliga värden är angivna i miljoner SEK.

Tabell 8. Kostnader och intäkter för vardera bränslemix.

Kostnadspost	Referens	Mix 1	Mix 2	Mix 3
Bränslekostnader [MSEK]	34,1	36,8	35,4	26,6
Svavelkostnader [MSEK]	0	0,076	0,063	0
Askkostnader [MSEK]	1,00	1,06	1,14	1,39
Bäddsand [MSEK]	0,24	0,57	0,57	0,24
Elcertifikat [MSEK]	-0,91	-0,91	-0,91	-0,89
Utsläppsrätter [MSEK]	0,046	-4,43	-4,43	-4,25
Avfallsskatt [MSEK]	0	0	0	0,93
Total kostnad [MSEK]	34,48	33,17	31,83	24,02

Mix 1 har den högsta bränslekostnaden, 36,8 miljoner. Kostnaden är något lägre för mix 2 och referensmixen. Mix 3 har en betydligt lägre bränslekostnad vilket beror på att HEMAB förväntas ta betalt för att ta emot brun RT-flis och avloppsslam. Svavelkostnaderna för mix 1 och 2 är i sammanhanget relativt små. Askkostnaden och kostnaden för bäddsand är även de relativt små i sammanhanget. Mix 3 har de högsta askkostnaderna medan referensmixen har den lägsta.

Försäljning av elcertifikat ger lika stora intäkter för referensmixen, mix 1 och mix 2. För mix 3 är intäkten marginellt mindre. Intäkterna från utsläppsrätterna är högst för mix 1 och mix 2, för mix 3 är intäkterna något lägre. För referensmixen behöver HEMAB istället köpa ett antal utsläppsrätter för att undvika böter.

5.4.1. Alternativt scenario

Detta scenario visar hur en eventuell ökning av inhemsk biodrivmedelsproduktion från skogsråvara kan påverka HEMAB. Den enda kostnadsposten som förväntas påverkas är posten bränslekostnader. De bränslen som förväntas påverkas är stamvedsflis, GROT, bark och spån. Resultaten redovisas i Tabell 9

Tabell 9. Ekonomisk påverkan av ökad inhemsk biodrivmedelsproduktion.

Scenario	Referens	Mix 1	Mix 2	Mix 3
Nuvarande bränslekostnad [Miljoner SEK]	34,1	36,8	35,4	26,6
Bränslekostnad vid produktion av 10 TWh biodrivmedel [Miljoner SEK]	36,2	39,3	37,7	28,6
Skillnad [Miljoner SEK]	2,1	2,5	2,3	2

Resultaten tyder på att en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel upp till 10 TWh kommer ha en liknande påverkan oavsett bränslemix. Mix 1 påverkas mest och priset för bränslet kan öka med 2,5 miljoner. Mix 3 är den bränslemix som förväntas påverkas minst med en ökning av bränslekostnaderna på 2 miljoner.

6. Diskussion

Syftet med rapporten var att undersöka några av HEMAB:s möjligheter för att ersätta torv ur deras bränsemix samt undersöka hur en ökad användning av biodrivmedel kan påverka fjärrvärmeproducenter. Detta har gjorts genom en litteraturstudie, intervjuer med andra fjärrvärmebolag, pannstillverkaren Valmet, personal på HEMAB samt branschorganisationen Skogsindustrierna. För att jämföra de föreslagna bränsemixarna har de jämförts utifrån olika beräknade nyckeltal, utsläpp av CO₂-ekvivalenter och totala kostnader.

Det togs fram tre olika bränsemixar vilka är tänkta att representera olika vägar som HEMAB kan ta om de önskar att fasa ut torv.

- **Mix 1** representerar ett förslag där torven energimässigt ersätts genom att öka andelarna av stamvedsflis och bark. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötilstånd eller reovering krävs.
- **Mix 2** representerar ett förslag där HEMAB tar tillvara på den insamlade vita RT-flisen i Härnösand, Kramfors och Sollefteå. Torven ersätts energimässigt genom att öka andelarna bark och stamvedsflis samt att vit RT-flis ingår i bränsemixen. Svavel tillsätts i form av svavelgranulat. Inget nytt miljötilstånd krävs.
- **Mix 3** representerar ett förslag där HEMAB övergår till att delvis förbränna avfall i form av avloppsslam och brun RT-flis. Detta samlas in från HEMAB:s egna befintliga anläggningar samt köps in från Kramfors och Sollefteå. Svavel tillsätts genom förbränning av avloppsslam. Det krävs ett nytt miljötilstånd och anläggningen kan behöva reoveras.

Andelarna av vit och brun RT-flis samt avloppsslam är baserade på hur stor tillgång som finns i Härnösand kommun och de närliggande kommunerna Kramfors och Sollefteå. Tillgången av dessa bränslen från Kramfors och Sollefteå är baserade på antagandet att de samlar in lika stora mängder per invånare i kommunen som Härnösand. Samt att dessa kommuner är villiga att skicka bränslena till HEMAB.

De framtagna bränsemixarna är inte optimerade utifrån något mer än just de tillgängliga mängderna samt att de ska efterlikna den genomsnittliga bränsemixen mellan 2013–2020 med avseende på förhållandet mellan bark och stamvedsflis. Detta är anledningen till att andelen GROT har varit konstant. Även andelen spån

har minskat i samtliga fall för att efterlikna dagens mix mer. Beräkningarna är utförda med beräknade medelvärden för aska, fukthalt och elementarsammansättning. I praktiken kan detta variera väldigt mycket beroende på vad som levereras till anläggningen och den faktiska bränsemixen kan därför behövas justeras, liksom det som illustreras i Figur 7.

Mix 1 är ett förslag där torven ersätts genom att det tillsätts mer stamvedsflis och bark. Detta är det förslag som är förknippat med minst osäkerheter eftersom alla bränslen i denna mix används idag, vilket betyder att anläggningens bränsleinmatning är anpassad för att hantera bränslena. Dessutom finns långa relationer med försäljare av bränslena och den nödvändiga infrastrukturen är redan på plats. Det finns även erfarenhet på anläggningen om hur de olika bränslena går att kombinera för att ge de bästa förbränningsegenskaperna och hur de påverkar pannan. Detta är den bränsemix med de högsta bränslekostnaderna till följd av att det används mycket stamvedsflis vilket är det dyraste bränslet. Det kan därför vara intressant att eventuellt minska mängden stamvedsflis och delvis ersätta den med till exempel GROT.

Det andra förslaget, mix 2, ersätter torv genom ökade andelar av bark, stamvedsflis och vit RT-Flis. Att införa ett nytt bränsle som RT-flis kan innebära problem då det medför en ökad risk att det tillkommer oönskat material som spik eller färgrester. Det är även viktigt att säkerställa att bränsleinmatningssystemet kan hantera RT-flisen, vilken kan vara stickig i dess struktur och kan därför fastna i stup. RT-flisen kommer behöva krossas eller flisas av en entreprenör. Det bör därför föras en diskussion med entreprenören för att säkerställa att maskinen klarar det nya bränslet. Litteraturstudien och intervjuerna med andra fjärrvärmeproducenter har tydligt påpekat vikten med att det verkligen är helt ren RT-flis, med helt ren RT-flis menas flis som inte har ytbehandlats, som levereras, detta är även viktigt ur ett juridiskt perspektiv där HEMAB måste kunna bevisa för tillsynsmyndigheten att det är helt rent. Ur denna aspekt har HEMAB en stor fördel då det är dem själva som delvis samlar in bränslet och kan därför kontrollera kvalitén i ett tidigt skede.

Att övergå till att delvis förbränna vit RT-flis kommer ge HEMAB en större flexibilitet för vilka bränslen de kan förbränna, vilket kan underlätta om det till exempel skulle ske en prisökning av någon bränsletyp.

Det sista förslaget Mix 3 innebär att torven ersätts av det svavelrika bränslet avloppsslam samt både vit och brun RT-flis. Detta förslag medför införandet av två nya bränslen samt att miljötillståndet behöver ändras för att få användas. Detta medför att anläggningen kan behövas renoveras dels för att klara kraven i miljötillståndet, men även för att pannorna och bränslehanteringen inte ska gå sönder. Vidare medför detta att stora delar av pannan kan behövas byta ut som till

exempel överhetterna och reningsutrustningen för både vatten och rökgasrening. Bränslehanteringen kan behövas kompletteras med fler magnetavskiljare för att hantera de metallrester som följer med. Utöver detta kan transportörerna och övriga delar av bränsleinmatningen ersättas med delar anpassade för förbränning av större andelar RT-flis. Även pannbotten och askhanteringen kan behöva renoveras för att hantera de större askhalterna. För att undvika onödiga kostnader bör renoveringarna göras i samband med att pannan är i behov av en renovering. De investeringskostnader som behövs för att göra de eventuella förändringarna har inte analyserats i denna rapport.

De beräknade nyckeltalen för mix 1 och mix 2 gav liknande resultat, vilket indikerar på att skillnaden mellan att förbränna vit RT-flis och stamvedsflis, rent förbränningstekniskt, inte är så stora. Att både bränslemixarna har en hög kalciumkvot och ett förhållande mellan svavel och klor mindre än 1 behövs inte ses som något akut problem, utan detta går att lösa genom tillsatts av granulärt svavel. Att tillsätta svavel medför dock ytterligare ett nytt moment och kan ta tid tills det sker optimalt.

De beräknade nyckeltalen för mix 3 uppvisar de bästa resultaten och mixen borde förbränningstekniskt fungera väl.

Beräkningarna av hur mycket svavel som behöver tillsättas för respektive mix har jämförts med resultaten från ett företag HEMAB varit i kontakt med som gjort en liknande uppskattning. Resultaten från denna rapport stämmer väl överens med dem och anses därför vara tillförlitliga. Mix 1 och Mix 2 är de bränslemixar som är i behov av svaveltillsatser. Resultaten för mix 3 indikerar istället på att det finns ett överskott av svavel. Detta kan leda till problem med att det släpps ut mer svavelföreningar i rökgaserna. Vilket är något man därför bör kontrollera. Med dagens utformning på anläggningen rekommenderas det att svavel tillsätts i granulär form då FP1 saknar ett SNCR-system. Det kan dock vara bra med ytterligare utredning för att avgöra vilken metod som är den bästa, enligt intervjuerna med de andra fjärrvärmebolagen har båda metoderna fungerat väl.

När de beräknade askmängderna för referensmixen jämförs med de faktiska askmängderna erhålls ett något lägre värde. Detta kan bero på att vissa partiklar inte förbränns fullständigt eller att det följt med oönskat material som sten in i pannan. Beräkningarna bygger även på medelvärden från ett fåtal bränsleanalyser, askhalterna kan därför vara högre i praktiken.

De totala askmängderna för referensmixen och mix 1 är jämförbara medan askmängderna från mix 2 är något högre. Halterna av sand är dock betydligt större i mix 1 och mix 2 då det finns ett behov av en högre omsättning av bäddsand för att minska risken för sintring. Askhalten i mix 3 är märkbart högre till följd av att

avloppsslammet innehåller stora mängder aska. För denna mix har det antagits att omsättningen av bäddsand är lika stor som i referensfallet, vilket kan vara felaktigt.

Resultaten från den ekonomiska analysen visar att den totala kostnaden är lägst för mix 3. Detta beror på att HEMAB dels undviker de kostnader som finns för att borttransportera den bruna RT-flisen och avloppsslammet, dels har det antagits att HEMAB kan begära en avgift för att ta emot bränslena från Kramfors och Sollefteå. Denna avgift antas vara lika stor som den HEMAB själva betalar idag. I praktiken kan detta vara annorlunda och priset bör därför diskuteras med de andra kommunerna för att få ett mer korrekt beslutsunderlag. Till mix 3 är risken även stor att anläggningen behöver modifieras med ytterligare reningsutrustning, modifierat bränslehanteringssystem, modifieringar inuti pannan samt ett ombyggnationer av pannbotten och askutmatningen. En övergång till denna mix bör därför enbart ske i samband med att hela anläggningen behöver renoveras för att undvika onödiga kostnader.

Även totalkostnaden för mix 1 och mix 2 är lägre än den för referensmixen, även om kostnaden för bränslet är högre samt att det behövs ett system för tillsatts av svavel. Mix 2 har en något lägre bränslekostnad än mix 1 till följd av det låga priset på vit RT-flis. Även om de beräknade nyckeltalen och analys av intervjuerna ger goda resultat är mix 2 kopplad till mer osäkerheter och kan leda till ökade underhållskostnader. Den vita RT-flisen behöver därför kontrolleras noggrant för att undvika att eventuella spik och liknande följer med som kan skada pannan. Både kostnaderna för att hantera askan, bäddsanden och svavlet är relativt lika.

Det som gör att samtliga föreslagna bränslemixar i synnerhet mix 1 och 2 är lönsamma är att de kan sälja majoriteten av de utsläppsrätter som HEMAB tilldelas. Priset för utsläppsrätter är väldigt svårt att förutspå och den fria tilldelningen kan i framtiden minska i takt med att det övergripande utsläppstaket sänks.

Påverkan från en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel bedöms ha en mindre påverkan för de övergripande kostnaderna samt valet av bränslemix, även om resultaten från 5.4.1 visar att kostnaden kan öka mellan 2–2,5 miljoner vid en produktion av 10 TWh biodrivmedel från skogsråvara.

6.1. Förslag på vidare arbete

För att kunna ta ett beslut om vilka bränslen HEMAB ska förbränna i framtiden krävs det en mer noggrann utredning om vilka följder detta medför. Nedan listas några punkter som anses vara viktiga.

- Om ett system för tillsatts av svavel installeras, genomför proveldningar för att hitta den mest optimala mixen av bränslen.
- Provelda med vit RT-flis från HEMAB:s återvinning.
- En mer djupgående analys av hur priset och utdelningen av utsläppsrätter förväntas vara i framtiden.
- Mer noggrant analysera vilka eventuella investeringskostnader samt underhållskostnader som kan tillkomma.
- Undersöka om det finns ekonomiska incitament att installera ett system för återanvändning av sand.
- Analysera vilka sorter och hur mycket bränslen som finns tillgängliga inom ett rimligt avstånd.
- Säkerställa att kraven i miljötillståndet gällande utsläpp av svaveloxider, kväveoxider, stoft, ammoniak och lustgas hålls.

7. Slutsatser

Utifrån de givna förutsättningarna och antaganden anses det vara fördelaktigt för HEMAB att sluta förbränna torv och övergå till något annan typ av bränsle. Genom beräkning av olika nyckeltal samt analys av hur andra fjärrvärmeproducenter har upplevt en övergång från torv bedöms det vara möjligt att ersätta torven utan några ombyggnader exklusive ett system för tillsättning av svavel.

Genom att ersätta torv med olika typer av biobränslen är det möjligt för HEMAB att anses vara helt koldioxidneutrala och samtidigt minska sina övergripande kostnader.

Det mest fördelaktiga anses vara att övergå till mix 1 i ett första skede. Det vill säga att torven huvudsakligen ersätts av bark och stamvedsflis. Samtliga bränsletyper i denna mix är välkända för personalen på anläggningen samt att det redan finns välutvecklade relationer med återförsäljare av bränslena. Kostnaden för detta alternativ är marginellt dyrare jämfört med om en del av stamvedsflisen ersätts med vit RT-flis.

Vidare rekommenderas det att undersöka möjligheterna för att förbränna vit RT-flis. Detta bör ske genom att blanda in den flis som HEMAB själva samlar in, då kvalitén av bränslet kan kontrolleras i ett tidigt skede. Detta medför att HEMAB kan spara pengar samt öka sin bränsleflexibilitet.

En ökad inhemsk produktion av biodrivmedel bedöms enbart ha en mindre påverkan på HEMAB. Eftersom produktionsprocesser som använder skogsmaterial ännu inte är kommersiellt utvecklade.

Referenser

- Ahlgren, S., Björnsson, L., Prade, T. & Lantz, M. (2017). *Biodrivmedel och markanvändning i Sverige*. Lund, Sweden.
- Berg, M., Andersson, A., von Bahr, B., Ekvall, A., Eriksson, J., Eskilsson, D., Harnevie, H., Hemström, B., Jungstedt, J., Keihäs, J., Kling, Å., Mueller, C., Sieurin, J., Tullin, C. & Wikman, K. (2002). *Förbränning av returträflis -Etapp 2 av ramprojekt returträflis*.
<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/20225/forbranning-av-returtraflis-ramprojekt-returtraflis-varmeforskrappport-820.pdf>
- Bhasin, A. (2017). *Recovery of Phosphorus from Incineration of Sewage Sludge*.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-214991> [2021-02-02]
- Burman, D. (2005). *Förbränning av returträbränsle (RT-flis) med svaveladditiv*
- Bäfver, L., Renström, C., Fahlström, J., Enfält, P., Skoglund, N. & Holmén, E. (2013). *Slambränsleblandningar - Förbränning och fosforutvinning*. 49
- Börjesson, P., Lundgren, J., Ahlgren, S. & Nyström, I. (2013). *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel: Underlagsrapport från f3 till utredningen om FossilFri Fordonstrafik*.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-23718> [2021-04-14]
- Ember (2021-05-18). *Daily EU ETS carbon market price (Euros)*. [text].
<https://www.hemab.se/fjarrvarme/historisktilbakablick.4.4217f32e1628bc6795e2bda.html> [2021-05-18]
- Energimyndigheten (2018). *Vägledning reduktionsplikt för bensin och dieselbränsle*
- Energimyndigheten (2020). *Energiläget 2020*.
- Energimyndigheten (2021a). *Energiläget i siffror 2021*.
<https://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/?currentTab=0#mainheading> [2021-06-01]
- Energimyndigheten (2021-01-08). *Om elcertifikatsystemet. Om elcertifikatsystemet*.
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/om-elcertifikatsystemet/> [2021-05-03]
- Energimyndigheten (2021-06-01). *Statistik elcertifikat. Statistik elcertifikat*.
<https://cesar.energimyndigheten.se/WebPartPages/SummaryPage.aspx> [2021-06-05]
- Eniro kartsök (2021). <https://kartor.eniro.se/s/h%C3%A4rn%C3%B6sand> [2021-04-16]
- Europeiska kommissionen (u.å.). *EU Emissions Trading System (EU ETS). EU Emissions Trading System (EU ETS)*.
https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en [2021-06-05]
- Fischer, M. (2021).
- Frederiksen, S. & Werner, S. (1993). *Fjärrvärme: teori, teknik och funktion*. Lund: Studentlitteratur.
- Gustafsson, K.-Å. (2021).
- HEMAB (2020). *Miljörapport 2019*

- Historisk tillbakablick* - *HEMAB* [text].
<https://www.hemab.se/fjarrvarme/historisktillbakablick.4.4217f32e1628bc6795e2bda.html> [2021-02-01]
- Infrastrukturdepartementet (2021). *Reduktionsplikt för bensin och diesel – kontrollstation 2019*
- Johansson, A. (2021).
- Jönsson, T. (2021).
- Kang, S., Cho, C., Kim, K.-H. & Jeon, E. (2018). Fossil Carbon Fraction and Measuring Cycle for Sewage Sludge Waste Incineration. *Sustainability*, 10 (8), 2790. <https://doi.org/10.3390/su10082790>
- Krook Riekkola, A., Wetterlund, E., Sandberg, E., Luleå tekniska universitet, & Institutionen för teknikvetenskap och matematik (2017). *Biomassa, systemmodeller och målkonflikter*. Stockholm: Energiforsk.
- Larsson, M.-O. (2021).
- Linder, K. (2001). *Sameldning av rötslam och energirika avfallsbränslen eller skogsbränslen*. Värmeforsk.
- Lundström, G. (2021).
- Naturvårdsverket (2005). *Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgaskondensering (utom avfallsförbränning)*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2013). *Hållbar återföring av fosfor: Naturvårdsverkets redovisning av ett uppdrag från regeringen*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2016). Naturvårdsverkets vägledning till avfallsenergianläggningar inom EU ETS i Sverige. <http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/utslappshandel/naturvardsverkets-vagledning-for-avfallsenergianlaggningar-inom-eu-ets.pdf> [2021-05-18]
- Naturvårdsverket (2020). Emissionsfaktorer och värmevärden submission 2021. <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/Luft-klimat/emissionsfaktorer-och-varmevarden-klimat-2020.xlsx>
- Naturvårdsverket (2021-03-11). *Fossila bränslen. Fossila bränslen*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> [2021-04-05]
- Naturvårdsverket (2021b). Frågor kring regler för förbränning
- Naturvårdsverket (2021c). Frågor kring utsläppsrätter
- Naturvårdsverket (2021-18). *Utsläppshandel. Utsläppshandel*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Utslappshandel/> [2021-05-28]
- Nilsson, E. (2014). *Ny returträeldad värmeanläggning hos Jämtkraft*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-44748> [2021-02-01]
- Pettersson, M. & Björnsson, L. (2019). *Aska från samförbränning av returträ och andra biobränslen: Förekomst av önskade näringsämnen och oönskade spårämnen vid en fallstudie av Örtofta kraftvärmeverk*. http://portal.research.lu.se/ws/files/62923716/Pettersson_Bj_rnsson_2019_Aska_fr_n_samf_rbr_nning_av_returtr_och_andra_biobr_nslen_Rapport_112.pdf [2021-03-04]
- SCB (2020). *Utsläppen av fosfor har ökat. Statistiska Centralbyrån*. <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/utslapp/utslapp-till-vatten-och-slamproduktion--kommunala-reningsverk-skogsindustri-samt-viss-ovrig-industri/pong/statistiknyhet/utslapp-till-vatten-och-slamproduktion-2018/> [2021-02-18]
- Silfver, E. (2020). *Förbränning av avloppsslam : Utredning av förutsättningar för en anläggning i Umeå*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-172288> [2021-02-02]

- Skogforsk (2020). *December 2020 BIOBRÄNSLE. December 2020 BIOBRÄNSLE.* <https://www.skogforsk.se/om-skogforsk/ars--och-hallbarhetsredovisning/december-2020-biobransle/>
- Strömberg, B. & Herstad Svärd, S. (2012). *Bränslehandboken 2012.* <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/sokmotor/Rapport1234.pdf>
- Sveriges Riksbank (2021-05-28). *Sök räntor & valutakurser.* <https://www.riksbank.se/sv/statistik/sok-rantor--valutakurser/?g130-SEKEURPMI=on&from=2021-04-28&to=2021-05-28&f=Day&c=cAverage&s=Comma> [2021-05-28]
- Trafikverket (u.å). *Bränslen för tunga fordon.* https://www.trafikverket.se/contentassets/313891e85fa0488ca3f9e136e0fe5a6f/9-12/12_branslen_for_tunga_fordon.pdf
- Utsläppshandel (2021-03-02). *Beslut av EU-kommissionen om vilka ETS-anläggningar som kan tilldelas gratis utsläppsrätter. Beslut av EU-kommissionen om vilka ETS-anläggningar som kan tilldelas gratis utsläppsrätter.* <http://www.utslappshandel.se/Utslappshandel/nyheter/Beslut-av-EU-kommissionen-om-vilka-ETS-anlaggningar-som-kan-tilldelas-gratis-utslappsratter/> [2021-05-28]
- Östlund, C. (2001). *Förbränning av kommunalt avloppsvatten.*

Tack

Jag vill rikta ett särskilt tack till min handledare Marcus Håll samt Adam Johansson på HEMAB som har delat med sig av deras kunskaper och hjälpt mig under arbetet. Jag vill även tacka Andreas Einarsson som ordnande att exjobbet blev av samt övrig personal på HEMAB som hjälpt till och uppmuntrat under arbetets gång.

Tack även till alla andra som velat ställa upp på intervjuer och delat med sig av ytterligare kunskap.

Till sist vill jag även tacka min ämnesgranskare Gunnar Larsson som korrekturläst rapporten samt kommit med bra input under arbetets gång.

Bilaga 1

Tabell A.1: Elementarsammansättning för RT-flis och avloppsslam (Strömberg & Herstad Svärd 2012)

Bränsle	RT-flis	Avloppsslam
Fukthalt [%]	23,3	75,02
Askhalt [% av TS]	5,8	38,6
Kol [% av TS]	48,9	30,7
Väte [% av TS]	5,9	4,5
Svavel [% av TS]	0,08	0,8
Kväve [% av TS]	1,13	3,87
Klor [% av TS]	0,06	0,06
Syre [% av TS]	38,1	21,5
Värmevärde, fuktigt [MWh/ton]	4,01	0,83

Tabell A.2: Elementarsammansättning för övriga bränslen (HEMAB)

Bränsle	Torv	Stamvedsflis	GROT	Spån	Bark
Fukthalt [%]	37,51	39,42	34,7	45	63,3
Askhalt [% av TS]	8,28	0,36	2,35	0,26	3,28
Kol [% av TS]	52,03	50,4	48,9	50,7	52,1
Väte [% av TS]	5,43	6	5,8	5,8	5,75
Svavel [% av TS]	0,237	0,011	0,021	0,011	0,031
Kväve [% av TS]	1,89	0,127	0,2733	0,11	0,362
Klor [% av TS]	0,023	0,13	0,01	0,028	0,033
Syre [% av TS]	40,39	43,32	42,65	43,09	41,72
Värmevärde, fuktigt [MWh/ton]	3,72	2,92	3,21	2,6	1,57

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000