



Generell beskrivning av hur Svenska kraftnät kan
miljösäkra sina stationsanläggningar i känsliga
miljöområden med fokus på åtgärder för oljespill

*General description of measures for environmental compliance of substations
owned by Svenska kraftnät in protected areas with focus on oil spill*

Victoria Done

2014-04-16

Examensarbete 30 ECTS

Innehållsförteckning

1	Abstract	3
2	Sammanfattning	4
3	Tillkännagivanden.....	5
4	Ordlista	6
5	Inledning.....	7
5.1	<i>Bakgrund: Svenska kraftnäts uppdrag och verksamhet</i>	7
5.2	<i>Mål och syfte</i>	7
5.3	<i>Metod</i>	8
5.4	<i>Avgränsningar</i>	8
5.5	<i>Definitioner</i>	8
5.6	<i>Rapportens struktur</i>	8
6	Teoretisk bakgrund	9
6.1	<i>Elöverföring</i>	9
6.2	<i>Stationen i fokus och dess komponenter</i>	9
6.3	<i>Ämnen att uppmärksamma på stationen</i>	15
7	Miljörisker på anläggningen i fokus	17
7.1	<i>Oljeavskiljningsanläggningen</i>	17
7.2	<i>Synkrogeneratorn</i>	19
7.3	<i>Kompressorrummet</i>	19
7.4	<i>Rörsystemet</i>	19
7.5	<i>Uppsamling av olja för mättransformatorer</i>	20
7.6	<i>Reservkraftsaggregat</i>	20
7.7	<i>Uppföljning av Svenska kraftnät</i>	20
7.8	<i>Övrigt</i>	20
8	Haverier och utsläpp	21
8.1	<i>Generella åtgärder för att minska föroreningar</i>	21
8.2	<i>Utsläpp i dagvatten</i>	22

8.3	<i>Haverier på brytare och mättransformatorer</i>	22
8.4	<i>Haverier på krafttransformatorer och reaktorer</i>	23
9	Förslag på alternativa lösningar för BDT-vatten	24
10	Förslag på hantering av oljespill	25
10.1	<i>Qlean Scandinavia AB och deras produkter</i>	25
10.2	<i>TTL Miljöteknik AB och deras produkter</i>	27
10.3	<i>Prisjämförelse av oljegrop</i>	29
11	Resultat/lösning för hantering av oljespill	30
11.1	<i>Anläggningen i fokus</i>	30
11.2	<i>Generell befintlig anläggning i känsligt miljöområde</i>	34
11.3	<i>Nybyggnation av anläggning i känsligt miljöområde</i>	34
12	Diskussion	35
13	Slutsatser/rekommendationer	36
14	Förslag på framtida arbete	37
15	Litteraturförteckning	38

1 Abstract

Svenska kraftnät is the Swedish transmission system operator, responsible for the national electrical grid with power lines of 220 kV and 400 kV, and the electrical substations of the grid. In this master thesis an old substation located in a sensitive environmental area is inspected and its environmental risks defined and assessed. From this “worst case scenario” measures are recommended, that should be applicable on other existing substations, and for new constructed substations. This thesis is limited to a more detailed analysis on how oil spill can be handled. The insulating oil is used in different machines and equipment on the substation to avoid electrical charges.

The inspected substation has a special feature; a pipe system that connects wells on the substation area, water pipes from the substation house, and transformer pits to an oil-water separation house. The oil pits are made of concrete and placed under machines with large amounts of oil to capture the oil in case of a breakdown or leakage. In the oil-water separation house oil is separated from water and the clean water is sent to a lake in the vicinity. The most severe environmental risks found are the filter in the oil-water separation house and the risk of oil leakage from the open water-cooling system of the synchronous generator. In addition, there is no way to catch oil spill from current and voltage transformers and it is not known if the pipe system that transports water and oil spills is completely sealed. Finally, there is no permanent installation to catch spills from tank filling areas and Svenska kraftnät does rarely follow up the environmental work of the entrepreneurs.

Svenska kraftnät is recommended to use the products and services from the companies Qlean Scandinavia AB and TTL Miljöteknik AB to attend to the noted environmental risks. Qlean Scandinavia AB offers an environmental friendly cleaning procedure with ultraclean water and sealing of concrete, which can be used for the transformer pits and oil-water separation house. They also sell profile planks as a fire-extinguishing layer for transformer pits. These are considered better and safer than the conventional stones used. The price is almost the same, however the maintenance costs are lower for the profile planks, since they are easier to clean and do not require heavy transports to landfill. They also require less space than the stones, therefore a smaller transformer pit can be built, and cost savings can be made on concrete.

TTL Miljöteknik AB has products based on environmental friendly oil solidifying polymers placed in different textiles and filters. They let water and other substances pass, but react with hydrocarbons, like oil, forming a tight rubberlike mass. These installations are new to Europe, but more than 12 000 installations have been made, mainly in the United States and Australia. For the inspected substation in this thesis it is recommended to manage oil spill at each machine and to clean the pipe system. An HFF-filter should be installed in cleaned and sealed transformer pits. The filter lets water from precipitation pass, but binds oil, thanks to the solidifying polymers. The clean water is further transported through the pipe system to the oil-water separation house and from there water is pumped to the lake. Wells must be sealed and the pipes from the substation house led to a septic tank. Agent X, a type of filter mat, should be placed on the substation area to catch oil spills from current and voltage transformers, since previous breakdowns show that oil can be spread over a large area.

For plants without a pipe system the water will be released outside the transformer pits. For new constructions it is suggested that transformer pits are built with a polyvinyl mat in the bottom and a filter on the sides, which will capture the oil. A concrete fundament still needs to be built to support the machine; therefore the price will almost be the same as for the conventional transformer pit in concrete, although less concrete is needed. However, with this technique the transformer pit will not require any maintenance.

2 Sammanfattning

Svenska kraftnäts huvuduppgift är att förvalta och driva stamnätet, som består av kraftledningar på 220 kV och 400 kV med tillhörande stationsanläggningar och utlandsförbindelser. I detta examensarbete undersöktes en äldre anläggning placerad i ett känsligt miljöområde och de olika miljöriskerna. Utifrån detta "worst case scenario" föreslås åtgärder, som sedan kan appliceras på befintliga anläggningar och nybyggnationer. Arbetet begränsades till att undersöka hur oljespill kan hanteras. Oljan finns i olika apparater och används som elektrisk isolator för att undvika elektriska urladdningar.

Anläggningen som undersökts är specialbyggd med ett rörsystem som kopplar dagbrunnar på stationsområdet, vattenledningar från stationshuset och oljegropar till en oljeavskiljningsanläggning. Oljegroparna är gjorda i betong och placerade under apparater med stora mängder isolerolja och har som syfte att fånga upp olja vid ett haveri. I oljeavskiljningsanläggningen separeras olja från vatten, varvid det rena vattnet pumpas ut till en närliggande sjö. De största miljöriskerna som upptäckts är barkfiltret i oljeavskiljningsanläggningen, samt risken för oljeläckage genom synkrogeneratorns öppna vattenkylsystem. Vidare finns det inget oljeuppfång för mättransformatorer och det går inte att veta helt säkert om rörsystemet, som transporterar eventuella oljespill till oljeavskiljningsanläggningen, är helt tätt. Utöver detta finns inget permanent oljeuppfång vid tankplatser och det noterades att Svenska kraftnät sällan följer upp entreprenörernas miljöarbete.

Det rekommenderas att Svenska kraftnät använder tjänster och produkter från företagen Qlean Scandinavia AB och TTL Miljöteknik AB för att åtgärda de noterade miljöriskerna. Qlean Scandinavia AB erbjuder en miljövänlig rengöringsmetod för sanering av befintliga oljegropar och oljeavskiljningsanläggningen, samt tätning av dessa. Qlean Scandinavia AB säljer även plåtraster, som är ett bättre, säkrare och enklare alternativ till konventionell släcksten. Släcksten används för att släcka brinnande olja i oljegropen genom att strypa syretillförseln. Priset för plåtraster är detsamma som för släcksten, men underhållskostnaderna lägre då plåtraster är enkelt att rengöra, inte kräver tunga transporter till deponi och tar mindre plats, vilket innebär inbesparade kostnader för betong vid bygge av en ny oljegrop.

TTL Miljöteknik AB erbjuder en helhetslösning för sina tjänster. Deras produkter bygger på ett ofarligt granulat, som är insytt i olika textilier och filter. Granulatet låter vatten och annat passera igenom, men reagerar med kolväten och bildar då en tät, gummiliknande massa som inte släpper igenom något. Tekniken är ny i Europa, men över 12 000 installationer har gjorts i främst USA och Australien. För anläggningen som undersökts i detta examensarbete föreslås det att hantering av oljespill sker vid respektive apparat och att rörsystemet saneras. I oljegropar, som sanerats och tätats, installeras sedan ett C.I.Agent® Hydrocarbon flow filter som släpper igenom dagvatten och binder olja. Det rena vattnet transporteras vidare till oljeavskiljningsanläggningen och pumpas därifrån ut till den närliggande sjön. Dagbrunnar måste täppas igen och vattenledningar från stationshuset ledas vidare till en septiktank, som Svenska kraftnät redan sökt tillstånd om att få installera. C.I.Agent® Agent X, en typ av filtermatta, bör placeras på hela anläggningsområdet för att fånga upp oljespill från de många mättransformatorerna som finns, då tidigare olyckor visar att olja kan spridas över ett stort område.

För anläggningar utan rörsystem släpps vattnet ut direkt utanför gropen istället. För nybyggnationer föreslås det att oljegropar i betong byts ut mot en invallningsteknik TTL Miljöteknik AB erbjuder: en polyvinylduk i botten och ett filter på sidorna för att ta hand om oljan. Då ett betongfundament behövs för att bära maskin och plåtraster beräknas kostnaden bli ungefär lika stor som för en konventionell oljegrop, dock blir den nya gropen självunderhållande och risken för överfyllda gropar elimineras.

3 Tillkännagivanden

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Per-Olov Engman och även till Willy Lund på Svenska kraftnät, som bidragit med kunskap, vägledning och stöd under examenarbetets gång. Tack till min handledare Per Alvfors på KTH för värdefulla råd och kommentarer på min rapport. Vidare tack till Lars Jagenburg och Lars Sköld på TTL Miljöteknik AB och till Michael Hammarstedt på Qlean Scandinavia AB för all hjälp med att förstå deras produkter och hur de kan tillämpas i mitt examensarbete. Jag vill även tacka övrig personal på Svenska kraftnät, Infratek och Vattenfall för att de delat med sig av sina erfarenheter och kunskaper.

4 Ordlista

BDT-vatten	Bad-, disk- och tvättvatten
Miljösäkring	Åtgärder för att säkra miljön, dvs eliminera/minska miljöpåverkan inom ett specifikt område
Oljegrop	En grop under en maskin (oftast krafttransformator eller reaktor) med syfte att fånga upp maskinens oljeinnehåll vid ett eventuellt haveri
SF₆	Svavelhexafluorid
Transformator	Samlingsnamn för olika typer av transformatorer: lokaltransformator, mättransformator och krafttransformator. Oftast benämns "krafttransformator" endast "transformator".
Transformatorgrop	Se oljegrop

5 Inledning

5.1 Bakgrund: Svenska kraftnäts uppdrag och verksamhet

Svenska kraftnät bildades 1992 och är ett statligt affärsverk. De förvaltar och driver stamnätet, som kan beskrivas som elens motorvägar, som består av kraftledningar på 220 kV och 400 kV med tillhörande anläggningsstationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät har det yttersta ansvaret att se till att det finns en kortsiktig balans mellan tillförd och uttagen el i Sverige. Vid kriser och krig är det även Svenska kraftnäts uppgift att planera, leda och samordna Sveriges elförsörjningsresurser. De jobbar även internationellt med att främja en öppen svensk, nordisk och europeisk marknad för el. (1) Svenska kraftnät finansieras genom att stora elproducenter och andra företag betalar för att få nyttja stamnätet (2).

Detta examensarbete görs på uppdrag av avdelningen AFS – Anläggningsförvaltning Stationer. Avdelningen ansvarar för avhjälpande och förebyggande underhåll av Svenska kraftnäts stationsanläggningar, samt för det strategiska underhållet. AFS jobbar bland annat med underhåll av stationer, reservdelsförråd, fastighetsförvaltning, underhåll av mätning för drift och avräkning, investeringsbeslut för reinvesteringar, förvaltningsansvar för dokumentation och anläggningsdata och anläggningsavtal. (3)

5.2 Mål och syfte

Examensarbetets mål är att göra en generell beskrivning av hur Svenska kraftnät bör miljösäkra sina anläggningar i känsliga miljöområden, med utgångspunkt i en station placerad i ett vattenskyddsområde. Stationen är cirka 45 år gammal och material, betong och apparater har börjat åldras. Eftersom det på anläggningen finns stora mängder isolerolja och en nybyggnation beräknas göras först om cirka 15 år, bör stationen ses över för att undvika eller minska framtida miljöpåverkan.

På uppdrag av Svenska kraftnät ska i detta examensarbete miljörisker undersökas för den äldre anläggningen. Ett större fokus ska läggas på hur den befintliga oljeavskiljningsanläggningen kan modifieras, då denna idag har flera brister och kan komma att utgöra ett allvarligt problem inom en snar framtid. Det barkfilter som idag används i det sista reningssteget i oljeavskiljningsanläggningen måste inom kort bytas. Det är önskvärt att ersätta detta filter med något annat. Vattenkylsystemet för synkrongeneratoren ska undersökas närmre för att inte riskera oljeutsläpp framöver. Alla olika rörsystem i anläggningen, såsom rör från oljegropar, dagvattenbrunnar samt latrin- och bad-, disk, och tvättvatten, går via oljeavskiljningsanläggningen. Där sker en separation av eventuell olja från vattnet innan vattnet transporteras vidare från anläggningen till en recipient, i detta fall en närliggande sjö. Det är önskvärt att undersöka om detta vatten kan hanteras på annat vis.

Syftet med detta examensarbete är att det ska kunna fungera som en mall för framtida om- och nybyggnationer för alla stationer, då rapporten utgår från ett "worst case scenario" med den äldre anläggningen i det känsliga miljöområdet.

5.2.1 Delmål

Målet med denna rapport kan brytas ner i delmål enligt nedan:

- Identifiera miljörisker för en specifik anläggning i ett känsligt miljöområde
- Ge förslag på hur vattnet på den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet bör renas om barkfiltret i oljeavskiljningsanläggningen tas bort

- Ge förslag på hur man kan undvika oljeföroreningar i synkrogeneratorns vattenkylsystem på den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet
- Ge förslag på alternativa lösningar för bad-, disk- och tvättvatten, samt latrinvatten, på den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet
- Göra en beskrivning av en miljösäkring för den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet
- Utifrån föregående punkt göra en generell beskrivning av en miljösäkring för anläggningar i känsliga miljöområden

5.3 Metod

För att kunna uppnå delmålen har arbetet indelats i tre faser:

- Samla in information: vilka miljörisiker finns?
- Undersöka hur dessa problem kan undvikas/åtgärdas
- Hitta olika produkter/tjänster som kan minimera/förhindra miljörisiker

5.4 Avgränsningar

Denna rapport tar upp miljöfarliga ämnen på den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet, men går endast närmre in på faktiska åtgärder gällande oljor, då åtgärder för de övriga ämnena inte ryms inom detta examensarbete. Den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet och dess miljöpåverkan begränsas till anläggningsområdet och den närliggande sjön.

5.5 Definitioner

Då namnet på den specifika anläggningen i det känsliga miljöområdet inte får offentliggöras i rapporten kommer den att hänvisas till som "stationen" eller "anläggningen". För att tydliggöra kan den även komma att kallas "stationen i fokus" eller "anläggningen i fokus".

5.6 Rapportens struktur

Läsaren introduceras först med en teoretisk bakgrund om Svenska kraftnät och typiska komponenter som finns på en anläggning. Därefter uppmärksammas de miljörisiker som finns på anläggningen i fokus. I den tredje delen beskrivs haverier som skett på Svenska kraftnäts anläggningar och ett haveri på en av Vattenfalls anläggningar för att ge en förståelse för hur spridning av olja sker. Rapporten fortsätter med åtgärder för de miljörisiker som tagits upp, som också är resultatet av detta examensarbete. Resultatet följs av en diskussion och slutsatser. Avslutningsvis ges förslag på vidare arbete som Svenska kraftnät bör göra.

6 Teoretisk bakgrund

6.1 Elöverföring

Som Svenska kraftnät beskriver på sin hemsida kan det svenska elnätet liknas vid vägnätet där det finns motor-, riks- och lokalvägar. Stamnätet motsvarar elens motorvägar, medan regionnäten motsvarar riksvägarna och lokalnäten (även kallade distributionsnät) motsvarar lokalvägarna. (2)

El som produceras på de stora kraftverken transporteras vidare på stamnätet. Då mängden el är stor och transporten sker över långa avstånd används spänningar på 220 kV och 400 kV för att minska elförlusterna. Svenska kraftnäts stamnät är cirka 15 000 km långt med ungefär 150 transformator- och kopplingsstationer. Dessa stationer har i uppgift att exempelvis omvandla elen till en annan spänning, säkerhetsställa elens kvalitet och förgrena stamnätet. (1)

Elen kan transporteras som aktiv effekt och som reaktiv effekt. Den aktiva effekten kan utträtta arbete, medan den reaktiva effekten används för att magnetisera elmotorer så att de kan starta. Den reaktiva effekten är med andra ord endast nödvändig i elledningar nära exempelvis en motor, medan den i elnätet inte gör mycket nytta utan endast tar utrymme. (4)

6.2 Stationen i fokus och dess komponenter

Stationens uppgift är att ta emot inkommande 400 kV-spänning och omvandla den till 220 kV. Förutom detta sker ett antal sidoaktiviteter så som automatiska bortkopplingar vid fel, mätning av elektrisk energi och kommunikation med driftcentraler. För att göra detta möjligt krävs en rad olika apparater. Vid bygge av en station är det även viktigt att man tar hänsyn till olika aspekter såsom personsäkerhet, driftsäkerhet, reläskydd, övervakningsutrustning, möjligheter för underhåll och transporter, möjligheter för framtida utbyggnad, inverkan på den yttre miljön och kostnader. (5)

I nedanstående text beskrivs de största komponenterna på stationen i fokus. Svenska kraftnäts övriga stationer har liknande uppbyggnad.

6.2.1 Strömbrytare

Varje ledning är utrustad med strömbrytare anpassade för högspänning. Då ett fel uppstått, till exempel en kortslutning, är det strömbrytarens uppgift att bryta strömmen. (6) Det uppstår då en ljusbåge till följd av detta, som kan skada apparater och människor (6) (7). I strömbrytaren finns det ett släckmedium som har till uppgift att släcka denna ljusbåge (6).

Det finns fyra stycken olika typer av strömbrytare namngivna utifrån vilket släckmedium som används: tryckluftsbrytare, oljebrytare, SF₆-brytare och vakuumbrytare. I anläggningen i fokus finns SF₆-brytare (8), som har valts då de är nästan underhållsfria, tillförlitliga samt driftsäkra (9). I dessa brytare finns en kompressionskammare som komprimerar gasen och via en dysa ger en längsblåsning på ljusbågskanalen för att släcka den (5).

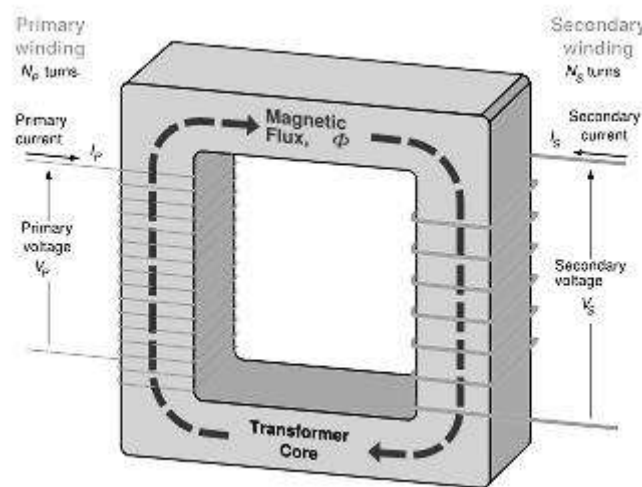
De äldre strömbrytarna har keramik som yttre kapsel, medan de modernare består av ett kompositmaterial. Vid en eventuell explosion skulle keramiksplitter spridas överallt, medan komposithöljet endast spricker, varför detta är att föredra. (6)

6.2.2 Frånskiljare

En enkel frånskiljare består av en balk med två isolatorer förbundna med en rörlig kniv. Då strömmen ska kopplas bort, exempelvis vid underhåll, ska underhållspersonal tydligt kunna se att strömmen är bortkopplad (5).

6.2.3 Transformator

En transformators uppgift är att omvandla ström från en spänning till en annan utan att ändra frekvensen. I kraftöverföringssystem kan de förekomma som enfas- eller trefastransformatorer. *Figur 1* illustrerar enfastransformatorns principupbyggnad. Som kan ses på bilden består apparaten av två spolar runt en järnkärna, en primärlindning och en sekundärlindning. Det finns inga rörliga delar, varför en mycket hög verkningsgrad kan uppnås (90-99%). (10) Trefastransformatoren kan ha olika utformningar. Den vanligaste typen liknar den i *Figur 1* fast med ytterligare ett ben i mitten. Dessa tre ben motsvarar de tre faserna och på varje ben finns två spolar: primär- och sekundärlindningen. (11)



Figur 1. En enkel skiss på enfastransformatorns upbyggnad (12).

Man skiljer på olika typer av transformatorer: krafttransformatorer (märkeffekt ≥ 5 kVA vid trefas och ≥ 1 kVA vid enfas), småtransformatorer (lägre märkeffekt än föregående) och mättransformatorer (används vid mätning eller som reläskydd) (10). Märkeffekten är den största effekten som apparaten är avsedd för under normala förhållanden (13).

En transformator kan kylas med hjälp av luft eller olja (10) (11). För större apparater används olja (10) (11) då det inte bara fungerar som kylmedium utan även som elektrisk isolator. Detta är nödvändigt för att undvika skador på transformatorn genom elektriska urladdningar. (10)

Lokaltransformator

På stationen finns det lokaltransformatorer, vars uppgift är att transformera elen så att den kan användas på stationen (6).

Mättransformator

På stationen finns det ström- och spänningstransformatorer, som med ett samlingsnamn kallas för mättransformatorer. Deras uppgift är att mäta strömmen och spänningen. Då man inte kan koppla på en ampere- eller voltmeter på en 220 kV-ledning eller en 400 kV-ledning måste strömmen och spänningen

transformeras ned till en längre nivå för att kunna mätas. Med hjälp av en omräkningsformel kan sedan den ursprungliga inkommande strömmen eller spänningen beräknas. (6)

Krafttransformator

På Svenska kraftnäts station i fokus finns trefasiga krafttransformatorer inkaplade i lådor, se *Figur 2*. Uppbyggnaden är lik den i *Figur 1*. Principen för trefasiga krafttransformatorer påminner om den för enfasiga, därför beskrivs teorin bakom enfaskrafttransformatorer då den är enklare uppbyggd. Förenklat är primärlindningen kopplad till ett växelströmsnät, varvid ett varierande växelflöde går igenom kärnan och spolarna, som ger upphov till en inducerad spänning (10). Man kan kort säga att strömmen in till primärlindningen skapar ett magnetfält, som i sin tur påverkar sekundärlindningen till att skapa en växelström, vilket kan ses i den schematiska bilden i *Figur 1* (14). Beroende på antalet lindningsvarv på spolarna kan man styra hur stor den omvandlande spänningen ska bli (10). Fortsättningsvis kommer krafttransformatorer att hänvisas till som transformator.



Figur 2. En trefasig krafttransformator.

Transformatorolja

Transformatorer innehåller transformatorolja, som används som elektrisk isolator för att undvika elektriska urladdningar. Karakteristiska egenskaper för transformatorolja är att den är elektriskt isolerande, åldras långsamt och har låg viskositet. När oljans temperatur ökar, ökar även volymen. För att lösa detta problem är en transformator utrustad med ett expansionskärl. (10) Det är viktigt att oljan hålls ren för att fungera på ett optimalt sätt. Små elektriska urladdningar sker konstant på spolarna vilket ger upphov till bildning av olika typer av gaser. (15) Därför måste regelbundna kontroller efter föroreningar göras.

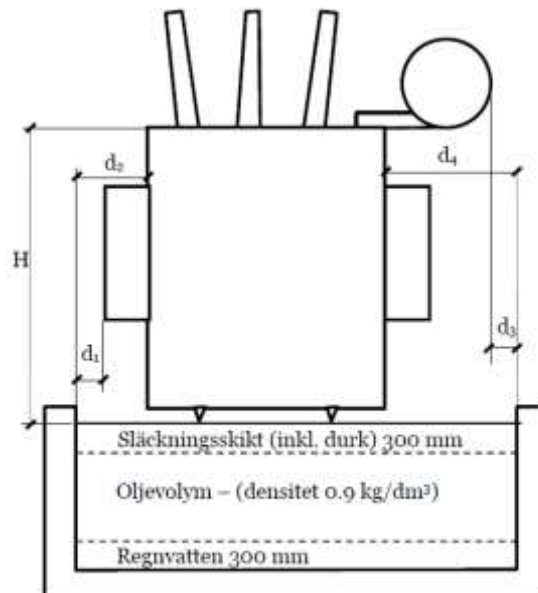
Transformatorolja har en tendens att absorbera fukt från luften (10) (15). Det är därför viktigt att alla anslutningar håller tätt. För att absorbera fukten används en torkapparat med silicagel. Denna sitter utanpå transformatorn. När silicagelen suger upp fukten ändras dess färg från klarblå till ljusröd (10) eller från gul till vit (6) beroende på vilken silicagel som används. På så vis kan man enkelt se när det är dags för ett byte av denna (10).

Om oljan är i dåligt skick kan man antingen byta ut den helt, vilket kostar en hel del och inte är optimalt ur miljösynpunkt, eller använda sig av en process som heter regenerering (10) (16). Med hjälp av en speciell trailer försedd med en reningsanordning kopplas transformatorn till denna. I trailern avskiljs föroreningarna från oljan (16).

Oljegropar

Enligt Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer måste alla transformatorer och reaktorer ha en egen oljegrop som kan rymma "100 % av oljevolympen och dessutom 300 mm regnvatten samt släckskikt inklusive durk 300 mm". Denna ska vara tät mot inträngande grundvatten. (17) Oljegroparna som finns på anläggningen i fokus ser ungefär ut som på bilden i *Figur 3*. Den stora lådan är själva maskinen och cirkeln betecknar expansionskärlet. Oljegropen befinner sig under marknivå och är gjuten i betong (18). Oljegropen täcks av ett lager sten, som ska fungera som ett släckningsskikt vid eventuell brand (6). Stenarna vilar på en durk och har till uppgift att strypa syretillförseln och därmed kväva elden. Nyligen har plåtraster introducerats på marknaden som ett alternativ till den konventionella släckstenen. (19) Eftersom plåtraster är nytt finns det inga bestämmelser i Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer för dessa, men det är bestämt att det ska bli den nya standarden istället för släcksten (15). Plåtraster beskrivs mer ingående i kapitel 10.1.3.

Oljan och regnvattnet i oljegropen kan antingen föras bort genom att koppla en extern pump till gropen eller ha ett rörsystem kopplat till den som leds till en reningsanläggning. Anläggningen i fokus har rör kopplade mellan alla oljegropar, som transporterar vätskeblandningen till en oljeavskiljningsanläggning. (6)



Figur 3. Exempel på en oljegrops konstruktion (20).

6.2.4 Synkrongenerator

Man brukar skilja på synkrongenerator och asynkrongenerator, men denna rapport går inte närmre in på dessa skillnader. En synkrongenerator fungerar både som motor och generator (6) (21). Dess uppgift är att reglera spänningen på nätet genom att producera eller konsumera reaktiv effekt (6). När elförbrukningen är låg, till exempel på natten, ökar spänningen i nätet. Genom att förbruka reaktiv effekt hålls spänningen på rätt nivå. På samma sätt när elförbrukningen är hög måste reaktiv effekt produceras för att bibehålla rätt nivå på spänningen i elnätet. (22)

Idag har Svenska kraftnät endast en synkrongenerator och den är placerad på anläggningen i fokus, se *Figur 4*. På andra stationer har denna apparat bytts ut mot reaktorer och kondensatorbatterier. Detta har gjorts då synkronmaskiner kostar mycket, samt kräver mycket underhåll. Fördelen med maskinen är dock att den ger mindre påkänningar på elnätet då spänningen regleras steglöst till skillnad från reaktorerna och kondensatorbatterierna som reglerar spänningen i steg. En annan fördel är att den roterande massan i maskinen stabiliserar nätet ifall det sker en störning någonstans. (6) (23) Eftersom synkronmaskinerna börjar fasas ut innebär det att kompetensen om dessa maskiner snart kommer att gå förlorad i och med att äldre personal pensioneras (24).



Figur 4. Bild på en synkrongenerator.

Synkrongeneratören består av en stillastående del kallad stator och en roterande del kallad rotor (10). Rotorn magnetiseras med hjälp av elström och får då nord- och sydpoler (21). Statorn, med hjälp av sina lindningar, skapar en magnetisk flödesväg, vilket får rotorn att hamna i spinn. Om synkronmaskinen ska fungera som en motor matas den med en ström som får motorns axel att rotera det som är kopplat till den och ström förbrukas. Om synkronmaskinen ska fungera som en generator driver istället en turbin eller dieselmotor rotoraxeln så att statorn producerar ström till elnätet. (21)

Synkronmaskiner kan kylas på tre olika sätt: luftkylning, vätgaskylning och vattenkylning. De olika kylmedierna används vid olika effekter (10). I fallet för anläggningen i fokus kyls själva maskinen med

vätgas, medan smörjoljan kyls med kylvatten från den närliggande sjön i ett öppet kylsystem (6). Vätgas har valts för att kyla hela maskinen då gasen tar upp värme bättre än luft och vatten, och ger låga friktionsförluster. Nackdelen är dock att det är svårt att tätta och övervaka läckage. (10) Risk finns även för explosion om vätgasen blandas med luft (25), mer om detta i kapitel 6.3.1.

6.2.5 Reaktor och kondensator istället för synkrogenerator

Som tidigare nämnts används reaktorer och kondensatorbatterier istället för en synkrogenerator på andra stationer. Även på anläggningen i fokus finns det en reaktor och flertalet kondensatorbatterier för att hjälpa synkrogeneratoren då mer reaktiv effekt behövs. Reaktorn förbrukar reaktiv effekt och kondensatorbatterierna producerar reaktiv effekt. (6)

6.2.6 Reservkraft

På anläggningen i fokus finns det ett reservkraftsaggregat som drivs av diesel. Reservkraften ska ansvara för att driva stationen vid elavbrott, det vill säga producera det som man kallar för prioriterad kraft: belysning, kylutrustning, grinden, stationens kontrollanläggning och andra viktiga funktioner för att hålla igång stationen. (6) Reservkraften ska kunna driva anläggningen i minst 96 timmar (26).

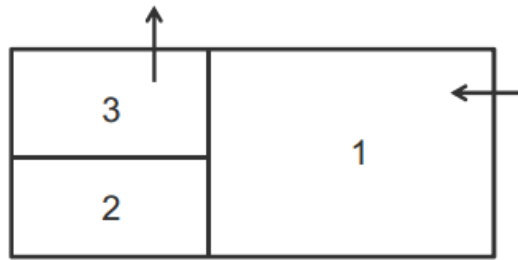
6.2.7 Rörsystemet

När anläggningen i fokus byggdes 1970 ansågs det vara en bra lösning att samla eventuellt oljespill i en gemensam oljeavskiljningsanläggning. Rörsystemet är kopplat från bland annat oljegropar, brunnar i det gamla oljeförrådet, brunnar utomhus på anläggningen och från stationshuset. Stationshuset var tidigare bemannat, men numera görs endast korta besök på anläggningen av underhållsentreprenörer, miljöinspektorer med flera. (6) Eftersom dagvattenbrunnarna och husets avlopp är kopplade till systemet innebär det att det samlas mycket vatten i oljeavskiljningsanläggningen. På andra stationer samlas oljespill i oljegropar under transformatorer och reaktorer. Dessa gropar töms med hjälp av slambil några gånger om året.

6.2.8 Oljeavskiljningsanläggningen

Rörsystemet på anläggningen i fokus mynnar i oljeavskiljningsanläggningen, dit eventuell olja från oljegroparna, dagvatten, bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten) och latrinvatten kommer.

Man kan enkelt dela in oljeavskiljningsanläggningen i tre rum, se *Figur 5*. Det första rummet är själva olje- och vattenbassängen. Här samlas all olja, dagvatten, latrin- och BDT-vatten. Eftersom olja och vatten inte är blandbara med varandra kommer oljan att lägga sig som ett skikt högst upp i bassängen. En sensor i bassängen känner av vätskenivån och aktiverar en pump som suger ut vatten från bassängens botten. Ytterligare en sensor finns för att känna av att det inte är ren olja som pumpas ut. Vattnet förs vidare till rum nummer två, där det får passera ett barkfilter för en sista rening. Efter filtret finns det en mätare som mäter oljehalten i vattnet. Ligger den på under 5 ppm aktiveras en pump i utrymme tre, pumprummet, som för bort vattnet från anläggningen till en närliggande sjö. (6)



Figur 5. Schematisk bild av oljeavskiljningsanläggningen med de tre rummen: bassängen (1), filterrummet (2) och pumprummet (3) och pilar för in- och utlopp.

6.2.9 Vattenfalls station på anläggningen i fokus

Marken som anläggningen ligger på ägs av Svenska kraftnät. På denna mark har Vattenfall hyrt en liten del och byggt en station på för regionnät. På deras anläggning finns liknande komponenter som på anläggningen i fokus. (6)

6.3 Ämnen att uppmärksamma på stationen

På anläggningen i fokus finns en del ämnen värda att uppmärksamma: vätgas, svavelhexafluorid, koldioxid, polyklorerade bifenyl, olika typer av oljor, tungmetaller. Dessa är miljöfarliga ämnen som finns i stor mängd på anläggningen och/eller har påverkan på naturen. Vätgas i sig är inte farligt, men kan bilda explosiv knallgas då den blandas med luft (27). I detta kapitel diskuteras även anläggningens BDT- och latrinvatten.

6.3.1 Vätgas, H₂

Väte är det mest vanligt förekommande grundämnet i universum (27). På jorden är vätgas inte lika vanligt förekommande då den lätta molekylen snabbt stiger upp och lämnar jordens gravitation. På vår planet hittas väte vanligast i bunden form, exempelvis i vattenmolekylen eller i jordskorpan. (27)

Vätgas är en ogiftig, luktfri och smaklös gas (28) (27). Det är den lättaste och minsta av alla gaser och har som tidigare nämnt en förmåga att snabbt stiga uppåt och kan på grund av sin lilla storlek tränga sig igenom en del material (27) (29). Detta gör att det kan vara svårt att täta maskiner och förhindra läckage (10). Tillsammans med syre bildar vätgas den så kallade knallgasen, som är mycket lättantändlig och explosionsfarlig (25). En luftblandning med 5-75% vätgas är explosiv och kan explodera av exempelvis en elektrisk gnista eller uppvärmning (27).

Synkrogeneratoren på stationen i fokus är fylld med vätgas som kylmedium (6). Det fungerar på samma vis som luftkylning med värmexväxlare. Fördelen med att använda vätgas istället för luft är de låga friktionsförlusterna och den högre värmeupptagningsförmågan (10), som är cirka 14 gånger luftens (29).

6.3.2 Svavelhexafluorid, SF₆

SF₆ är en färg- och luktlös gas (30) (31). Den har mycket bra kemisk och termisk stabilitet (9). Tack vare dess isolerande och ljusbågsläckande egenskaper används den ofta som isolermedium i högspänningsutrustning (15). På anläggningen i fokus finns SF₆ i alla strömbrytare (8).

Trots att SF₆ är en starkt verkande växthusgas, nästan 23 000 gånger mer "effektiv" än koldioxid, anses den vara det bästa alternativet i högspänningsutrustning. Enligt undersökningar gjorda av ABB, som tillverkar, demonterar och återvinner installationer för överföring och distribution av elkraft, finns det ingen annan gas med motsvarande elektriska prestanda som har mindre miljöpåverkan. (30)

6.3.3 Koldioxid, CO₂

Koldioxid är en färglös gas med sur smak och svag doft (32) och uppstår då kol förbränns med riklig tillgång på syre (28). Koldioxid är en växthusgas och släpps idag ut i stora mängder i naturen på grund av användningen av fossila bränslen. Utsläpp av koldioxid kommer inte att behandlas vidare i denna rapport då dessa utsläpp främst kommer ifrån fordon, reservkraftsanläggningen och gräsklippning på anläggningen. Det är moment som är svåra att byta ut eller påverka och heller inte de största miljöriskerna på stationen i fokus.

6.3.4 Polyklorerade bifenyler, PCB

Naturvårdsverket beskriver PCB som *"en grupp av 209 ämnen med god isoleringsförmåga och tålighet för höga temperaturer"* (33). Polyklorerade bifenyler är långlivade och svåra för naturen att bryta ner (33) (34). 1973 blev PCB endast tillåtet i slutna system i Sverige och 1978 förbjöds all nyanvändning, men ämnena sprids fortfarande i naturen (34).

Ämnena användes tidigare i ibland annat fog- och golvmassor, isoleroljor, kopplingsutrustning och som impregneringsmedel i olika apparater (35) (36). I slutet av 90-talet upptäcktes det att PCB läckte ut ur fogmassor. På uppdrag av regeringen upprättades en saneringsplan av dessa och för att förhindra spridningen av PCB finns det en förordning med regler om hur man ska gå tillväga. (33) På grund av brist på data kan man inte förutspå PCB:s påverkan på människor (34).

6.3.5 Fossila bränslen/oljor

På anläggningen i fokus finns det olika typer av fossila bränslen, närmare bestämt transformatorolja, isolerolja, kylarolja, lagerolja och diesel (6). Fossila bränslen är inte förnyelsebara och vid förbränning bildas olika produkter så som koldioxid, svaveloxider och sotpartiklar. Dessa bidrar till bland annat växthuseffekten, surt regn och en sämre luftkvalitet. (37) Vatten som släpps ut i naturen får inte innehålla mer än 5 ppm olja (6). Konsekvenserna för oljeutsläpp i vatten är bland annat nedsmutsning, även på djur och växter, och förgiftning av djur och växter (38).

6.3.6 Tungmetaller

Tungmetaller är livsnödvändiga, men i för stora mängder är de giftiga. Många tungmetaller bildar också giftiga kemiska föreningar. Några metaller som fått stor uppmärksamhet i miljöfrågor är bland annat bly, kadmium och kvicksilver. (39) Utsläpp av tungmetaller på anläggningen skulle kunna komma från byggnader och maskiner. Ett vattenprov har tagits på anläggningen i fokus, men det är fortfarande oklart var exakt detta prov har tagits. Bland annat undersöktes förekomsten av vissa tungmetaller. För att tolka provsvaret måste gränsvärden för de olika metallerna vara kända. Efter samtal med kommunen, i vilken anläggningen i fokus ligger, kan det konstateras att det inte finns några givna gränsvärden för denna anläggning och att det är oklart vem som bör ha koll på dessa. Denna rapport kommer därför inte gå in mer på detta.

6.3.7 BDT-vatten och latrinvatten

På anläggningen finns det inget separat system som handhar BDT-vatten eller latrinvatten. I BDT-vatten och latrinvatten finns fosfor och kväve (6), som bidrar till övergödning (40). Vattnet leds till oljeavskiljningsanläggningen, där endast separation av olja sker. Mängden BDT- och latrinvatten är dock liten, då anläggningen inte längre är bemannad och det antas att mängden fosfor och kväve som släpps ut har mycket liten påverkan på ekosystemet. Svenska kraftnät har under tiden detta examensarbete skrivits skickat in en ansökan om att få installera en septiktank på anläggningen i fokus för att ta hand om detta vatten (15).

7 Miljörisker på anläggningen i fokus

När anläggningen i fokus togs i drift runt 1970 hade man specialdesignat och byggt det utifrån den rådande tekniken och lagstiftningen med hänsyn till det känsliga miljöområde det ligger i. Hela anläggningen kommer att byggas om runt 2030, antingen på samma plats eller på en ny plats. Genom gamla rapporter och intervjuer med anställda på Svenska kraftnät, tidigare anställda och underhållsentreprenörer har flertalet miljörisker fastställts på denna anläggning. Miljöriskerna har delats in i följande kategorier: oljeavskiljningsanläggningen, synkrogeneratoren, kompressorummet, rörsystemet, uppsamling av olja, reservkraftsaggregat, uppföljning och övrigt.

7.1 Oljeavskiljningsanläggningen

7.1.1 Filtret

Vid uppdragets början var det ett stort frågetecken kring filtret. En del av frågorna som Svenska kraftnät ville ha svar på var: Var kommer filtret ifrån? När bör det bytas? Till vad ska det bytas? Vilken teknik är den bästa? Problemen kan brytas ned till två viktiga, grundläggande frågeställningar: vad ska göras när det nuvarande filtret är mättat och inte längre kan hålla vattenkvaliteten under 5 ppm olja? Vad ska avskiljas i vattnet, är det endast olja eller även andra ämnen?

Utifrån gamla fakturor hos den tidigare underhållsentreprenören har det fastställts att filtret senast byttes 2007. Ingen information finns om när filtret byttes innan det och det är därför oklart när det nuvarande filtret måste bytas ut. Filtret består av balar av hyvlat träull från Träull Markaryd AB. Balarna är placerade i omlott i tre lager (24), men som kan ses i *Figur 6* ligger åtminstone det översta lagret av balar löst. Detta har inte påverkat vattnets reningsgrad än, då oljehaltsmätaren fortfarande visar under 5 ppm olja i det utgående vattnet. Besiktning av filtret kan inte göras utan att pumpa ur filterbassängen (41).



Figur 6. Filtterummet i oljeavskiljningsanläggningen. Balarna av hyvlat träull, som utgör filtret, ska egentligen ligga fastspända och tätt intill varandra. Balarna ligger i tre lager, det är oklart hur de undre lagren är placerade.

Enligt den tidigare underhållsentreprenören är detta filter något som antagligen kommer att fasa ut med tiden (24). Eftersom ingen vet när filtret behöver bytas är det därför viktigt att Svenska kraftnät tar fram en plan för byte av filtret. Den nuvarande underhållsentreprenören har själv inte gjort någon sådan plan då de inte vet om filtret kommer att bytas under deras kontraktstid. (42) Att beställa filter och genomföra ett filterbyte kräver i sig en del planering och det är viktigt att det finns en plan för detta om det nuvarande filtret inte längre uppfyller sin funktion. I ett sådant scenario skulle en oljehaltsmätare i pumprummet detektera en för hög halt olja i vattnet och stänga av pumparna. Då lämnar inget vatten oljeavskiljningsanläggningen och bassängen kommer långsamt att fyllas. Riskerna finns att bassängen blir så full att den inte kan ta emot olja från maskinerna vid ett haveri. Om olja kommer ut i naturen och till den närliggande sjön kommer oljan tillslut att hamna i en reservvattentäkt, vilket är en mycket allvarlig konsekvens.

7.1.2 Betongen

Oljeavskiljningsanläggningen är byggd i betong och ligger under jord med taket som högsta punkt ovan jord. Idag buktar anläggningens tak inåt och vattenpölar samlas på det, se *Figur 7*. Det har i en tidigare intern rapport från 2006 rekommenderats att taket bör bytas ut snarast möjligt, eftersom insjunkningen är större än vad som är tillåtet för en sådan typ av konstruktion. Inifrån sett syns utsprängningar från rostande armering och kalkutfällningar. Det borrhprov som rekommenderades att göra 2006 för att styrka förslaget om att taket måste bytas ut har inte gjorts. På väggarna finns det en del missfärgningar som troligen kommer från inträngande dagvatten. Övrig betong på anläggningen uppskattas ha en livstid till minst år 2036. (41)



Figur 7. Oljeavskiljningsanläggningen ligger under jord. Takets inbuktning är mer än vad som är tillåtet för en sådan typ av konstruktion. På bilden ovan har regnvatten samlats på taket.

7.1.3 Övriga risker

Enligt den interna rapporten finns en del mindre fel. Inget flödesschema med ordentlig funktionsbeskrivning finns i byggnaden. Ingen drifttidsmätning av pumparna finns, som skulle kunna

hjälpa till att indikera fel. Flödes- och tryckmätning på utgående ledning bör finnas för att indikera läckage på ledningen. Automatikskåpet är inte personsäkert. I pumprummet saknas sjukvårdsutrustning. Utöver detta är nivåindikatorernas funktion svåra att läsa av, vilket riskerar personsäkerheten, då man idag måste ut på väggen mellan filttrummet och pumprummet. (41)

7.2 Synkrogeneratorn

7.2.1 Smörjoljan

Synkrogeneratorn på anläggningen i fokus har två tankar med smörjolja på vardera 380 liter för att minska friktionen (41). Under apparaten finns en liten oljegrop i betong som inte rymmer hela synkrogeneratorns oljevolym (6). Då ritningar på rörsystemet inte har kunnat hittas och det råder delade meningar om oljegropen är kopplad till rörsystemet eller inte antas det att den inte är det. Oljegropen ska samla oljespill som är omöjlig att undvika (6). Tankarna med smörjolja måste därför fyllas på med jämna mellanrum för att underhålla maskinen (42), men något typ av uppfång för eventuella oljespill vid tankning finns inte. Vid kraftigt regn finns det risk för att oljegropen fylls och oljan rinner över och sprids i naturen (24).

7.2.2 Kylarna

Vattenkylaren

Vid körning av maskinen upphettas smörjoljan och den behöver därför kylas. Detta görs i ett öppet system med hjälp av kylvatten från den närliggande sjön, som befinner sig i vattenskyddsområdet. Eftersom kylsystemet är öppet finns det risk att olja släpps ut i sjön om väggen som skiljer oljan och vattnet inte är helt tät. Skulle detta ske sjunker antagligen oljetrycket i maskinen så pass mycket att pumparna som för in och ut vattnet till slut stannar. (41) (42) (24)

Vätgaskylaren

Smörjoljan kyls med vatten som kylmedium, medan hela maskinen i sig kyls med vätgas som kylmedium. Som nämnt i kapitel 6.3.1, om vätgas, är gasen svår att isolera på grund av vätemolekylens lilla storlek. På anläggningen i fokus måste vätgas fyllas på varje vecka (43). Idag står påfyllningstuber utomhus precis intill synkronmaskinen. Risk finns att obehöriga kommer och mixtrar med tuberna.

7.3 Kompressorrummet

I kompressorrummet finns ett antal kompressorer som producerar tryckluft för två stycken brytare på stationen. Kompressorerna är gamla och tillverkas inte längre. I garaget intill finns reservdelar från apparater som tagits ur drift på andra anläggningar. Det finns idag fler kompressorer på anläggningen i fokus än vad som behövs, då antalet tryckluftsbrytare som styrs av dessa kompressorer inte är lika många i antal som då anläggningen byggdes. När kompressorerna är i gång uppstår det en oljedimma i rummet, vilket inte är hälsosamt ur arbetsmiljösynpunkt. (24) Det är oklart om denna oljedimma förs ut vila ventilationen eller om oljepartiklarna sätter sig på utrustningen i rummet.

7.4 Rörsystemet

Rörsystemet transporterar all vätska som hamnar i oljegropar, dagbrunnar och andra brunnar på anläggningen, samt BDT-vatten och latrinvattnet från byggnaden på anläggningen (6). Latrinavloppet är kopplat till en trekammarbrunn, som sedan är kopplad till dagvattenledningarna (41). Rörsystemet är lika gammalt som anläggningen. På grund av dess ålder finns det risk att rören inte är helt täta, vilket innebär att oljeförorenat vatten skulle kunna läcka ut i naturen utan Svenska kraftnäts vetskap.

7.5 Uppsamling av olja för mättransformatorer

Ström- och spänningstransformatorerna på anläggningen har ingen uppsamling av olja som krafttransformatorerna har. Detta då man anser att oljemängden är för liten för att införa en åtgärd till alla ström- och spänningstransformatorer. (44)

7.6 Reservkraftsaggregat

7.6.1 Container

Reservkraftsaggregatet ska enligt Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer finnas i ett fritt uppställt containeraggregat utomhus om plats finns, annars inomhus. För stationära aggregat, som i detta fall, får det inte finnas en golvbrunn i containern och golvet ska bestå av helsvetsad plåt med uppvikta kanter, som ska fungera som invallning för bränsletankens hela volym. (45) Containern på anläggningen i fokus kan inte rymma hela dieselmängden. Detta på grund av att man satt in en större dieseltank än vad som brukar användas i denna container, som är av standardstorlek. Då anläggningen har ett rörsystem har detta problem lösts genom att leda ut eventuellt spill genom ett rör till en dagvattenbrunn på området. (6) Från denna transporteras oljan vidare till oljeavskiljningsanläggningen. (15)

7.6.2 Tankning av reservkraftstank

Tankning av reservkraftstanken sker via en mynning på containerväggen. Detta enligt Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer (45). Vid tankning måste någon form av utrustning, så som ett tråg, användas som samlar upp eventuella spill (18). Det saknas dock ett stationärt skydd mot oljespill.

7.7 Uppföljning av Svenska kraftnät

Det är entreprenörernas ansvar att följa Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer. I de tekniska riktlinjerna står det bland annat att "[...]förbehåller sig Svenska kraftnät rätten att låta genomföra egna miljörevisioner av entreprenörens arbete". Svenska kraftnäts egna miljörevisioner sker dock sällan och företaget anser själva att de idag är dåliga på uppföljningsarbete inom detta område (46).

7.8 Övrigt

7.8.1 Igensatta avloppsgaller

Flera avloppsgaller vid de stora maskinerna är igensatta av löv, mossor, oljeslam, pollen och dylikt, vilket gör att de inte uppfyller sina funktioner.

7.8.2 Läckage av SF₆-gas i brytare

På Svenska kraftnät finns det totalt cirka 30 ton SF₆-gas (6). SF₆-brytarna är utrustade med tryckmätare som visar ifall ett läckage sker. Läckaget av SF₆ beräknas uppgå till 0,1-0,5 % per år och förväntas minska med modernare utrustning (30), vilket ligger inom Svenska kraftnäts krav på höst 0,5 % per år (47). 2013 låg utsläppet av gasen på cirka 0,17% av den totala mängden SF₆-gas på alla anläggningar (6). Då apparaterna behöver ytterst lite underhåll anses SF₆-gasen vara det bästa isoler- och brytmediet i högspänningsutrustning (5) (48). Trots att utsläppet är väldigt litet påverkar det i längden miljön. I takt med att brytarna åldras kommer läckaget antagligen bli större med tiden. (24)

7.8.3 Eventuell förekomst av PCB

Tester har gjorts på anläggningen i fokus, som visar att byggnaderna inte innehåller PCB och inte heller reaktorn, kraft- och lokaltransformatorerna (49) (50). Enligt Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer anses

oljorna vara PCB-fria om de oljefyllda apparaterna tillverkats 1987 eller senare (18). Eventuellt skulle slutna utrustningar, som är äldre än 1987, kunna innehålla PCB, då oljeprov inte gjorts på dessa (6).

7.8.4 Gräs istället för grus på anläggningen

Anläggningen i fokus är täckt av gräs istället för grus, som på de flesta andra anläggningar. Det blir då svårt att detektera hur stor del av marken som behöver saneras vid oljeutsläpp, då oljeutsläpp inte syns lika tydligt på gräs som på grus.

8 Haverier och utsläpp

Generellt sett kommer cirka 50% av utsläppen i industrier från onormala utsläpp. Till denna kategori hör driftstörningar och haverier (51). Även om Svenska kraftnät inte räknas som en industri på samma sätt, är det enkelt att förstå att en stor del utsläppen kommer från onormala utsläpp. Om man endast ser till anläggningarna är onormala utsläpp med stor sannolikhet mer än 50% av de totala utsläppen, då det inte finns någon produktion med miljöfarliga biprodukter som i en typisk industri. Det är av intresse att titta tillbaka på tidigare olyckor för att förstå hur utsläppen har sett ut och undersöka om det går att förhindra ett liknande utsläpp med någon typ av teknik.

Det är även viktigt att ha ”good housekeeping”, vilket innebär att man sköter anläggningarna på bästa sätt i det vardagliga arbetet. Dessa små och ofta enkla åtgärder bidrar till minskade utsläpp. (52)

8.1 Generella åtgärder för att minska föroreningar

Nedan listas generella direktiv för att minska mängden föroreningar. Punkterna är tagna från KTH:s kompendium i Miljöskyddsteknik (53) och gäller generell industriverksamhet:

- Byte av råvaror och hjälpkemikalier (materials substitution)
- Modifiering av processen
- Modifiering av utrustning
- Processövervakning/driftsäkerhet
- Rutiner och arbetsmetoder, ”männsliga faktorn”
- Utjämning av avloppet
- Separation och utvinning av biprodukter
- Produktval och produktdesign

Av dessa punkter är ”modifiering av utrustning”, ”processövervakning/driftsäkerhet” samt ”rutiner och arbetsmetoder” applicerbara på Svenska kraftnäts anläggningen i fokus. Det bör även tillkomma ytterligare en punkt: ”byte av miljöpåverkande produkter vid underhåll”.

8.1.1 Modifiering av utrustning

Att se till att utrustningen är hel och tät eller har lindrigare konsekvenser vid en olycka. Svenska kraftnät håller idag på att byta ut de apparater som har keramikhölje till komposithöljen, som inte sprängs utan bara

spricker, vid ett haveri. Istället för den konventionella släckstenen har Svenska kraftnät valt att införa plåtraster vid bygge av nya anläggningar framöver. Kompressorerna som idag finns på anläggningen i fokus är gamla och bör således bytas ut till modernare modeller.

8.1.2 Processövervakning/driftsäkerhet

För att undvika att oväntade stopp eller haverier orsakar stora punktutsläpp krävs god processövervakning/driftsäkerhet. Apparater och maskiner ska ha hög stabilitet och reningsapparaturl mycket höga reningsgrader. För Svenska kraftnäts del innebär detta att apparaterna ska vara i gott skick och att det ska finnas säkerhetsåtgärder för att hantera oväntade stopp eller haverier, det vill säga, att anläggningarna ska vara miljösäkrade.

8.1.3 Rutiner och arbetsmetoder, ”männsliga faktorn”

Om personal använder fel rutiner, slarvar på grund av trötthet eller annat, finns det risk för onödiga utsläpp. Utsläppen kan minskas genom systematisk granskning av de rutiner som finns och genom utbildning av personal. (53) För Svenska kraftnät är det viktigt att följa upp entreprenörernas rutiner och att det finns permanent uppfång av olja vid tankplatser.

8.1.4 Byte av miljöpåverkande produkter vid underhåll

För Svenska kraftnäts del innebär detta främst rengöring och sanering. Det är viktigt att en skonsam rengöringsmetod används, till exempel vid rengöring av oljegropar eller oljespill på maskiner. Idag använder Svenska kraftnät sig av ultrarent vatten vid rengöring och sanering av oljegropar och maskiner.

8.2 Utsläpp i dagvatten

Eftersom mängden dagvatten är kopplat till nederbörden varierar volymsflödena med tiden. Vattnet kan vara mer eller mindre förorenat beroende på hur förorenad marken inom avrinningsområdet är, vilket avgör om rening är nödvändigt eller inte. (54) Föroreningar på marken antas komma från haverier, spill vid tankning av reservkraftsaggregatet eller vid regenerering av olja. Vid haverier saneras marken och försiktighetsåtgärder finns för att undvika spill vid tankning och regenerering. Då inget permanent skydd finns vid de två sistnämnda förfarandena antas det att marken är något förorenad tills nederbörd sköljt bort oljan.

8.3 Haverier på brytare och mättransformatorer

Det finns ingen samlad statistik för haverier på mättransformatorer och brytare. Utsläppen av SF₆-gas är dock väldigt låg. Det har vid ett tidigare tillfälle skett ett större utsläpp. Eftersom SF₆-gasen har mycket stor inverkan på naturen blir konsekvenserna för ett sådant utsläpp allvarlig. (55) Det är upp till tillverkarna att konstruera så säkra apparater som möjligt med minimalt läckage. Svenska kraftnät bidrar till att minska läckaget genom att kontrollera och övervaka apparaterna, som också skickar larm till driftcentralen om trycket i dessa sjunker. Vid eventuellt läckage rapporterar Svenska kraftnät detta och ser till att läckaget åtgärdas snarast möjligast. (6) Att byta ut gasen mot ett annat ämne ger andra typer av risker, då andra ämnen med samma elektriska prestanda inte har mindre miljöpåverkan (30) (55). Därför föreslås ingen åtgärd för SF₆-fyllda apparater.

I förhållande till de cirka 1700 mättransformatorer som Svenska kraftnät har är sannolikheten att en sådan sprängs mycket liten. Vanligt är att dessa läcker, vilket upptäcks vid rondning, hela apparaten måste då bytas ut. Läckage sker oftast rakt ned och det finns en yttre behållare på dessa mättransformatorer som ska kunna fånga upp cirka 20% av apparatens oljeinnehåll. Skulle apparaten tömmas på mer än 20% olja uppstår ett överslag i mättransformatorn och olja förångas, vilket skulle leda till ett övertryck och sedan en

explosion. Vid en explosion skulle, förutom olja, även keramikskärvor spridas åt olika håll över hela anläggningen om mättransformatorn var byggd med ett keramikhölje, dessa keramikhärvor blir sylvassa och är en personfara vid explosion. En mättransformator med ett komposithölje endast skulle spricka. (55)

Hur olja skulle sprida sig vid ett haveri på en mättransformator med ett komposithölje ser ut kan se ut på olika sätt. I denna rapport tas två olika exempel upp. På en av Vattenfalls anläggningar skedde nyligen ett haveri på en spänningstransformator. På grund av fukt började den började läcka i toppen, vilket upptäcktes i tid. Oljan som läckte rann rakt ner. (56) I slutskedet av detta examensarbete skedde även ett haveri på en strömtransformator på en av Svenska kraftnäts anläggningar. Att döma från hur oljan hade spridit sig, samt på skicket på kringliggande stål, misstänks det att en mindre explosion skedde. I en rapport uppskattas det att cirka 100-150 liter olja läckt ut på en yta på cirka 60-70 kvadratmeter, se *Figur 8*. Det undre lagret av sten på marken var torrt, vilket tyder på att oljan inte trängt ner så långt. (57) Denna olyckshändelse visar att det är mycket möjligt med stora spridningar av olja från haverier på mättransformatorer, varför det är viktigt att införa åtgärder för att fånga upp denna olja. Detta kan knytas tillbaka till kapitel 8.1.2 om generella åtgärder för att minska punktutsläpp.



Figur 8. Bild från ett haveri på en strömtransformator. Det mörka partiet på gruset visar hur oljan spridit sig. Det rör sig uppskattningsvis om cirka 100-150 liter olja på cirka 60-70 kvadratmeter.

8.4 Haverier på krafttransformatorer och reaktorer

De senaste 20 åren har Svenska kraftnät haft tre transformator- och sju reaktorhaverier. Definitionen av haveri i detta sammanhang innebär att maskinerna har slutat fungera. Av dessa haverier är det tre stycken som haft explosion och/eller brand som utgång. Många av haverierna orsakade ingen större skada, delvis på grund av att säkerhetssystemen hade löst ut. Det är av intresse att veta hur tidigare haverier sett ut för maskiner med stor oljemängd för att förstå hur en anläggning bör säkras ur miljösynpunkt. Hur vanligt förekommande haverier är på Svenska kraftnäts transformatorer och reaktorer kan jämföras med att det idag finns 38 transformatorer och 48 reaktorer i drift. (44)

Vid haverierna med allvarligare utgång har explosioner och/eller bränder inträffat. Det har lett till att olja spridits runtom och eld skadat omkringliggande utrustning och ledningar. Vid explosionerna har delar flugit iväg och skadat andra apparater. Vid en av olyckorna hade genomföringarnas keramikhölje sprängts och sylvassa flisor spridits upp till 150 meter från maskinen. Dessa flisor skadade även annat stödporslin. (58)

I *Tabell 1* redovisas de olika transformator- och reaktorhaverierna, samt deras ålder och orsak till haveriet med dess utfall. En transformator och reaktor har en livslängd på 60 år. Enligt *Tabell 1* skedde haverierna efter 2-39 år, varav de flesta skett 18-26 år efter installation, dock är det för lite underlag för att kunna göra en generell bedömning av när och hur ett haveri går till i vanliga fall. (44)

Tabell 1. Transformator- och reaktorhaverier på Svenska kraftnät de senaste 20 åren. I kolumn två anges apparatens ålder vid haveriet.

Apparat	Ålder [år]	Orsak/Utfall
1	26	Inre fel. Läcker olja.
2	18	Fel på en genomföring. Explosion och brand. Flygande keramiksplitter ger upphov till skador på andra apparater.
3	26	Oklart.
4	25	Oklart.
5	26	Inre fel, tas ur drift. Ingen större skada.
6	22	Höga gasvärden detekterats, tas ur drift. Ingen större skada.
7	39	Brand.
8	21	Brand.
9	2	Gasvakt löses ut. En genomföring byts ut. Ingen större skada.
10	2	Fel på en genomföring. Läcker olja.

9 Förslag på alternativa lösningar för BDT-vatten

Då anläggningen inte längre är bemannad dygnet runt är mängden BDT-vatten och latrinvatten mycket liten. Att rena sådant vatten är därför inget kostnadseffektivt förslag, varför den bästa lösningen är att ansluta till kommunalt avlopp eller installera en septiktank. För anläggningen i fokus har man valt att ansöka om tillåtelse att få installera en septiktank, då det ansågs vara den enklaste lösningen, då det är ett större arbete att dra ledningar till det kommunala avloppsnätet.

Vid nybyggen av anläggningar föreslås det i denna rapport att båda alternativen undersöks. Om ett kommunalt avloppsnät finns i närheten är det bästa alternativet att ansluta till det, då det inte kräver underhåll som en septiktank, som behöver tömmas regelbundet.

10 Förslag på hantering av oljespill

I kapitel 7.1.1 om filtret i oljeavskiljningsanläggningen bröts problemet ned i två frågor: vad ska göras när det nuvarande filtret är mättat och inte längre kan hålla vattenkvaliteten under 5 ppm olja? Vad ska avskiljas i vattnet, är det endast olja eller även andra ämnen? Då BDT-vatten och latrinatten tas omhand separat är det endast dagvatten och oljespill som går genom rörsystemen. Den bästa lösningen anses vara att separera oljan vid respektive maskin, för att undvika eventuella läckage i rörsystemet på väg till oljeavskiljningsanläggningen. I oljeavskiljningsanläggningen ska således endast olja avskiljas från vattnet.

Nedan beskrivs två företag, Qlean Scandinavia AB och TTL Miljöteknik AB, och deras produkter och tjänster som valts ut i detta examensarbete för att lösa de miljörisker som finns på anläggningen i fokus. Dessa företag erbjuder miljövänliga, prismässigt realistiska lösningar för hur oljespill kan hanteras på Svenska kraftnäts anläggningar i känsliga miljöområden. I nästföljande kapitel o beskrivs det hur dessa de olika tjänster och produkter bör tillämpas.

10.1 Qlean Scandinavia AB och deras produkter

Qlean Scandinavia AB är ett företag med tre verksamhetsområden: Qlean Surface, Qlean Construction och Qlean Industry. (59) Deras verksamhet kretsar kring Qlean-metoden, som är en typ av rengöringsmetod med endast vatten. Vattnet har specialfiltrerats och är upp till 200 gånger renare än destillerat vatten och får då en ökad löslighet och ytspänning. (60) Tack vare att de små vattenmolekylernas storlek kan de tränga in i porer och rengöra på djupet. (61) Qlean-metoden fick 2009 Svenska kraftnäts miljöpris.

Qlean Surface riktar sig in på så kallad underhållstvätt av fasader, medan Qlean Construction hjälper företag som kraftbolag och tung industri att hantera oljespill. Detta genom att erbjuda en helhetslösning med pumpning, rengöring, tätning av oljegropar, samt försäljning och montering av plåtraster istället för den konventionella släckstenen. Qlean Industry är ett nytt samarbetsprojekt med fokus på industriell rengöring, då detta rena vatten även visat sig lösa upp mer än olja och fett. (59)

Nedan beskrivs först de olika produkter och tjänster som Qlean Scandinavia AB erbjuder med relevans för denna rapport, därefter beskrivs det hur dessa kan tillämpas på Svenska kraftnäts anläggningar.

10.1.1 Rengöring av oljegrop

Som ovan nämnt erbjuder Qlean Scandinavia AB rengöring med hårt filtrerat vatten, den så kallade Qlean-metoden. Ur vattnet har bland annat kalk, metaller och salter tagits bort. Detta gör att vattnet får vissa egenskaper så som att det binder olja, sot, fett och smuts. För att vattnet inte ska hinna reagera med annat måste det tillverkas på plats. (61)

Då endast vatten används vid rengöring är det en miljövänlig metod, som också har kort torktid, vilket gör att arbetstiden förkortas. Det använda vattnet filtreras sedan genom ett barkfilter för att förhindra att olja kommer ut i naturen. (61) Svenska kraftnät använder sig idag av denna rengöringsmetod (6). Ett exempel på hur en oljegrop kan se ut före och efter att den rengjorts med detta vatten kan ses i *Figur 9*.



Figur 9. En oljegrop före (vänster) och efter (höger) den rengjorts med ultrarent vatten från Qlean Scandinavia AB.

10.1.2 Tätning av oljegrop

Qlean Scandinavia AB erbjuder både besiktning, rengöring och tätning av oljegropar. Det finns olika anledningar till varför gropar läcker. För platsgjutna gropar är det vanligt att konstruktionen ger vika för marksättningar, medan det för prefabricerade gropar oftast är en kombination av att äldre genomföringar gjorda av plast börjar spricka och marksättning. (62)

Vid tätning av gropar lägger man in en ny typ av genomföringar och täckplattor som är åldersbeständiga. (62). I platsgjutna gropar appliceras ett elastiskt beläggingsmaterial (62), som heter Stocrete, vilket förseglar gropen (61). StoCrete säljs av Sto Scandinavia AB (61). Materialet är lite elastiskt och anpassar sig till marksättningar och tål olja, kyla och värme. Det är dessutom UV-beständigt och släpper inte igenom olja. (62) Den korta torktiden, som rengöringen av gropen tar, gör att tätningen med Stocrete kan göras redan nästföljande dag (61).

10.1.3 Plåtraster

Plåtraster är ett nytt alternativ till den konventionella släckstenen, se *Figur 10*, vars huvuduppgift är att strypa syretillförseln i oljegropen vid en eventuell brand (19). Plåtraster består av varmgalvaniserat stål (61) och kan enligt tester kväva en oljebrand mycket fort, på cirka tre sekunder (63). Släcksten som stått länge på plats fylls med småsten, jord och dylikt och dess funktion försämras (61). Att en transformator eller reaktor brinner sker dock sällan och oftast brinner det i maskinen och inte i gropen. Därför bör man även se till andra aspekter när man väger mellan släcksten och plåtraster. (19) Andra fördelar med plåtraster är att det är enkelt att montera, enkelt att gå på, halkbeständigt och enkelt att rengöra med vatten. Underhåll av oljegropar blir enklare då plåtrastret enkelt kan lyftas bort. (63) Då lagret av släcksten inte längre behövs skapas mer volym i en befintlig grop (63), som därmed behöver pumpas ur mer sällan. Vid bygge av en ny grop sparas stora kostnader in på betong då gropen kan göras mindre (19). Höga kostnader för transport och deponi av använd släcksten försvinner också. (63) Kostnaden för plåtraster och släcksten är ungefär lika stora, men den totala kostnaden för en oljegrop blir mindre enligt tidigare nämnda orsaker (19).

Livslängden på plåtraster är svår att uppskatta, då det delvis beror på förhållanden i omgivningen, men kan uppskattas till 20-30 år (61).



Figur 10. Plåtraster har monterats på oljegropen istället för konventionell släcksten.

Svenska kraftnät har nyligen fått upp ögonen för plåtraster och testat det på några anläggningar med positiva resultat (19). Det har därför nu blivit en ny standard för Svenska kraftnäts oljegropar. Då det är så nytt finns det inga tekniska riktlinjer för plåtraster än. (15)

10.1.4 Priser

Det är svårt att ange priser då Qlean Scandinavia AB prissätter sina tjänster baserat på många olika faktorer, bland annat oljegropens skick, om oljan innehåller PCB, om gropen är helt fylld med släcksten eller om släckstenen ligger på en durk och avstånd till närmaste deponi för släcksten. Plåtraster kostar ungefär lika mycket som släcksten, men den totala kostnaden för hela oljegropen blir mindre med plåtraster, enligt argument som tas upp i kapitel 10.1.3.

10.2 TTL Miljöteknik AB och deras produkter

TTL Miljöteknik AB är ett företag med inriktning mot modern teknik i saneringsfrågor. Företagets produkter bygger på det amerikanska företaget C.I Agent Solutions® och deras granulat, som består av åtta olika polymerer. Produkterna är helt miljövänliga och används inom många olika områden, bland annat inom livsmedelsproduktionen. Polymerernas ytor är lika oljors och vid kontakt med oljeprodukter binder van der Waals-krafter, en typ av intermolekylär bindningskraft, granulaten med oljan. Detta gör att oljans viskositet snabbt ökar, vilket ger den en gummiliknande konsistens. Denna process påbörjas direkt och är klar inom några minuter. Den gummiliknande konsistensen flyter på vatten och är enkel att samla upp och kan sedan skickas vidare för destruktion. (64) Överblivet granulat är ofarligt både för djur och fisk att förtära. (64) (65) Vid BP:s oljeolycka i Mexikanska golfen 2010 användes bland annat dessa granulat vid saneringsarbetet. (66) (67) C.I Agent Solutions® insats i detta arbete gav företaget ett nationellt erkännande. Idag har man utfört över 12 000 installationer över hela världen, de flesta hos olika energibolag i USA och Australien. (67) 1 kilo granulat kan ta upp 4 kilo kolväten och expanderar cirka 10%. (65)

I TTL Miljöteknik AB:s sortiment hittas dessa granulat i olika utföranden i allt från fritt pulver till insytt i textil i form av exempelvis en matta eller ett filter. Eftersom granulaten är ofarliga för naturen och endast reagerar med olja, det vill säga att vatten inte har någon inverkan på dem och bara passerar igenom, är de intressanta att använda för att hantera oljespill på Svenska kraftnäts anläggningar. (66) Produkterna har funnits på den svenska marknaden i fyra år. Kustbevakningen i Sverige använde dessa granulat för att sanera efter västkustens hittills största oljeutsläpp utanför Tjörn 2011. Nu använder Kustbevakningen dessa produkter på alla sina fartyg. (68) (67) Gotlands energi byggde under vintern 2013/2014 den första pilotanläggningen i Sverige med TTL Miljöteknik AB:s produkter för att ersätta den konventionella oljegropen (66) (69).

Nedan beskrivs de produkter ur TTL Miljöteknik AB:s sortiment som kan appliceras på Svenska kraftnäts anläggningar. Produkterna och tjänsterna beskrivs först och därefter deras tillämpning på anläggningen i fokus, på övriga befintliga anläggningar i känsliga miljöområden, samt vid nybyggnationer.

10.2.1 C.I.Agent® Solidifying polymers (granulat/lösa polymerer)

Som tidigare nämnts baseras de olika produkterna för oljehantering på granulatet, som består av polymerer. Dessa går att erhålla i granulatform och kan användas för att strös ut i vatten, oavsett om det är ett större eller mindre oljespill. (66) (67)

10.2.2 C.I.Agent® Evac filtration system (Evac-filter)

Evac-filtret används i kombination med en vanlig pump för att ta bort mindre spill ur hålrum så som oljegropar och används som en mobil enhet. Rent vatten rinner igenom filtret, medan kolväten fastnar. Filtret lämpar sig väl för tömning av gropar som fylls med vatten, men där det kan finnas spår av kolväten, till exempel som en tunn hinna på vatten, som är vanligt i till exempel oljegropar. (65) (67)

10.2.3 C.I.Agent® Hydrocarbon flow filter (HFF-filter)

HFF-filtret påminner om Evac-filtret, men är ett mer robust och stationärt filter som med fördel kan fästas vid rörmyningar och liknande. Varje HFF-filter specialdesignas för dess applikationsområde. (65) (67)

10.2.4 C.I.Agent® Agent X (Agent X)

Agent X är en form av matta med granulatet insytt. Agent X passar bra för att fånga upp mindre oljespill från exempelvis maskiner eller på områden där det finns risk för oljespill vid underhåll, till exempel på tankplatser (65) (67) eller vid regenerering av olja (6).

10.2.5 C.I.Agent® Polyvinyl and Barrier boom containment system (Polyvinylduk och barriärbom)

Istället för den konventionella oljegropen i betong med släcksten erbjuder TTL Miljöteknik AB en annan typ av lösning med det patenterade granulatet. En polyvinylduk placeras i botten av gropen för att säkerställa att botten hålls tät. Genom denna duk tränger ingenting igenom. Botten är grävd på ett sådant sätt att man får en fallhöjd från mitten av gropen utmed sidorna, dit vatten och eventuellt oljespill rinner. Gropens väggar täcks med barriärbommen, som är en typ av matta med granulatet insytt. Barriärbommen påminner om Agent X, med skillnaden att det finns mycket mer granulat insytt i denna textil. Barriärbommen anpassas så att den minst kan ta hela den ovanliggande maskinens oljevolym. Bentonitlera används för att tätta polyvinylduken mot betongfundamentet samt mellan polyvinylduken och barriärbommen. Eftersom vatten släpps igenom barriärbommen blir gropen underhållsfri. (65) (67) Vid behov av en större grop, till exempel vid byte till en större transformator, är det enkelt att utöka gropens volym genom att gräva ut gropen och placera ut mer polyvinylduk och barriärbom.

TTL Miljöteknik AB utlovar 0 ppm olja i vattnet som släpps ut enligt denna invallningslösning. Till denna lösning ingår ett försäkringsbrev på 2 000 000 USD i ansvarsförsäkring och 2 000 000 USD för miljökostnader. (66) (67) Dessa invallningar har en livslängd på minst 50 år och har genomgått ett flertal tester i USA som visat att de är brandbeständiga. Installationer har även gjorts i Alaska, där temperaturen kan sjunka till -50°C, utan någon skillnad från hur oljegropar i betong beter sig vid sådana temperaturer. Den stora skillnaden vid sådana temperaturer är att gropen med denna TTL Miljöteknik AB:s invallningsteknik redan är tom på vatten då temperaturen sjunker under 0°C. (66)

10.2.6 Tätning av oljegrop

För att täta en betonggrop kläs den in med en polyvinylduk. Regnvatten, som hamnar i gropen, kan pumpas ur genom att antingen använda sig av en mobil enhet med pump och Evac-filter eller ett stationärt HFF-filter, mer om dessa filter står i kapitel 10.2.2 och 10.2.3.

10.2.7 Priser

I *Tabell 2* nedan listas ungefärliga priser för TTL Miljöteknik AB:s olika produkter.

Tabell 2. Ungefärliga priser, exklusive moms, för TTL Miljöteknik AB:s produkter (65).

Produkt	Pris	Not
C.I.Agent® Solidifying polymers	250 SEK/2,5 liter	För 2,5 liter. 1 kg solidifierar 4 kg olja.
C.I.Agent® Evac filtration system	9 900 SEK	
Vanlig pump	Från 1500 SEK	Används i kombination med Evac-filtret
C.I.Agent® Hydrocarbon flow filter	Från 2 500 SEK	
C.I.Agent® Agent X	1 400 SEK/m ²	
C.I.Agent® Polyvinyl and Barrier boom containment system	Ca 350 000 SEK	För 6 000 liter. Kostnad för betongfundament till transformatorn/reaktorn tillkommer.
Tätning av oljegrop med polyvinylduk inkl. HFF-filter	Ca 200 000 SEK	För 6 000 liter. OBS, saneringskostnad ej inräknad.

10.3 Prisjämförelse av oljegrop

Priset för en konventionell oljegrop och en med TTL Miljöteknik AB:s invallning är ungefär lika stora, då betongfundament måste gjutas i vilket fall för att kunna montera plåtraster samt hålla uppe maskinen som står ovanpå (69), till exempel en transformator. Detta betongfundament ska endast fungera som stöd och inte som invallning, varför inte lika stora mängder betong behövs. De kostnader som minskar är främst underhållskostnaderna. Med hjälp av en SIPP™, en specialbyggd pump utrustad med en oljesensor, som beskrivs senare i kapitel 11.1.3, töms konventionella oljegropar på rent vatten, medan oljehaltigt vatten pumpas tillbaka (15). Detta sker vanligtvis cirka tre-fyra gånger om året (61). Oljehaltigt vatten pumpas ur med vacuumsugbil och skickas för destruktion (15), medan TTL Miljöteknik AB:s invallning är självunderhållande.

Vid haverier måste oljan tas omhand oavsett hur oljegropen är byggd. I konventionella oljegropar pumpas oljan ur och skickas till destruktion. Med TTL Miljöteknik AB:s invallningslösning absorberas oljan i en textil, som sedan skickas till destruktion. Ungefärliga priser för att tömma gropar återfinns i *Tabell 3*.

Tabell 3. Ungefärliga priser för inköp av SIPP™ (70), tömning av konventionella oljegropar i betong (15) och omhändertagande av TTL Miljöteknik AB:s oljemättade filter (71).

	Rent vatten	Oljehaltigt vatten	Pris
SIPP-node™ ¹			45 000 SEK
SIPP-node™ 5000 ²			170 000 SEK
SIPP™ G2 Mobil			170 000 SEK
SIPP™ (inhyrd)	100 SEK/m ³		
Kostnad mantid	700 SEK/h	700 SEK/h	
Vakuumsug		1000 SEK/h	
Destruktion oljehaltigt vatten		1200 SEK/m ³	
TTL Miljöteknik AB:s mättade filter			6 SEK/kg

¹ Stationär, estimerad årsvis tömning av en grop på 50-70 m³

² Stationär, estimerad årsvis tömning av en grop på >100 m³

11 Resultat/lösning för hantering av oljespill

Resultatet av detta examensarbete har delats in i tre olika fall för hantering av oljespill. Det första fallet gäller specifikt anläggningen i fokus, det andra fallet gäller en generell lösning för befintliga anläggningar i känsliga miljöområden och det tredje fallet gäller nybyggnationer av anläggningar. De produkter och tjänster som nämns i detta kapitel förklaras ingående i kapitel 10.

11.1 Anläggningen i fokus

Att ta hand om oljespill vid varje maskin är den säkraste lösningen ur miljösynpunkt, då man inte riskerar oljeläckage i rörsystemet. Som tidigare nämnts har rörsystemet några år på nacken och det är svårt att säkerställa att det är helt tätt. Vid hantering av oljespill vid enskild maskin kan det överblivna, rena vattnet antingen släppas ut direkt utanför gropen eller transporteras via rörsystemet ut till den närliggande sjön.

Då ett rörsystem redan finns på anläggningen är det att föredra att utnyttja det. Detta förutsätter att en grundlig rengöring av rörsystemet görs för att säkerställa att ingen olja finns i det. Allt vatten från oljegroparna kommer att passera via oljeavskiljningsanläggningen innan det släpps vidare till den närliggande sjön. Vattnet som inkommer ska då redan vara rent, men det finns här en möjlighet att sätta in ett ytterligare reningssteg innan vattnet transporteras bort från oljeavskiljningsanläggningen. Denna extra åtgärd rekommenderas att installera, då anläggningen i fokus befinner sig i ett känsligt miljöområde och den extra säkerhetsåtgärden har låg kostnad, hur detta kommer att gå till beskrivs i kapitel 11.1.2.

Då rörsystemet endast ska transportera rent vatten måste brunnar och dylikt antingen täppas igen helt eller täckas med Agent X. På grund av att ritningar inte hittats är det svårt att säga exakt vad som är kopplat till rörsystemet och som måste täppas igen. Brunnarna, som det finns vetskap om, är: brunnen i oljeförrådet, brunnen i kompressorummet och dagbrunnar. Agent X släpper igenom vatten och fångar upp kolväten och när filtret är mättat blir det helt tätt och ingenting passerar brunnen. Det är en enkel och billig åtgärd, som samtidigt tar hand om eventuella oljeutsläpp. Det rekommenderas därför att Agent X används för alla brunnar på anläggningen. Utloppet från reservkraftsaggregatet måste täppas igen helt, då ett Agent X-filter på dagbrunnen inte är dimensionerad för att kunna ta upp hela dieselmängden

Vattenfall har också en station på detta område, vars oljegropar är kopplade till oljeavskiljningsanläggningen. Det är därför viktigt att Vattenfall också inför dessa åtgärder. Vem som är ansvarig för dessa kostnader är en fråga Svenska kraftnät får diskutera med Vattenfall, då Vattenfall hyr marken från Svenska kraftnät.

Då åtgärder införs för oljegroparna bör släcksten samtidigt tas bort och ersättas med plåtraster. I de följande styckena förklaras de olika föreslagna åtgärderna i mer detalj.

11.1.1 Sanering och tätning av oljegrop

TTL Miljöteknik AB erbjuder en helhetslösning för sanering och tätning av befintliga oljegropar. Gropen saneras först, där det finns möjlighet för beställaren att välja företag och rengöringsmetod.

Rekommendationen är att anlita Qlean Scandinavia AB, som erbjuder en miljövänlig rengöringsteknik med endast ultrarent vatten.

Betong som rengörs brukar ”svettas” ut olja efter en tid, då det är svårt att få bort all olja som trängt in i betongens porer, trots att den lilla vattenmolekylen kan tränga in i dessa. Då Qlean Scandinavia AB:s rengöringsmetod ska användas och TTL Miljöteknik AB har produkter för oljehantering lämnas det till Svenska kraftnät att avgöra om gropen ska tätas på Qlean Scandinavia AB:s sätt med det elastiska beläggingsmaterialet Stocrete eller med TTL Miljöteknik AB:s polyvinylduk, då Qlean Scandinavia AB kan ge prisförslag först efter att ha inspekterat gropen som ska tätas, och en kostnadsjämförelse därmed inte kan göras i denna rapport. Mer om de två olika tätningsmetoderna i kapitel 10.1.2 och 10.2.6 ovan. Tätning av groparna fyller, förutom att förhindra ”svettning” av olja, också syftet att säkerställa att oljegroparna hålls täta trots åldrande betong.

11.1.2 Oljeavskiljningsanläggningen och rörsystemet

På anläggningen är det praktiskt att utnyttja det befintliga rörsystemet för att transportera bort vatten. Oljeavskiljningsanläggningen måste därför rengöras, eftersom endast rent vatten kommer att rinna in i denna anläggning. Metoden är densamma som för sanering och tätning av oljegropar, se kapitel 11.1.1. Även hela rörsystemet måste saneras. TTL Miljöteknik AB erbjuder en helhetslösning utifrån kundens önskemål och tar kontakt med berörda underentreprenörer.

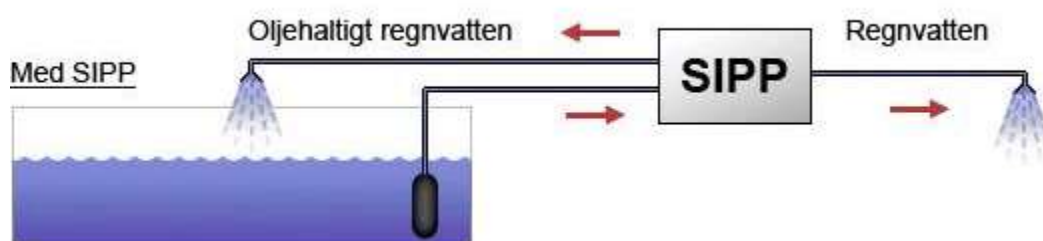
Då anläggningen i fokus ligger i ett känsligt miljöområde kan det vara värt att investera i extra försiktighetsåtgärder, trots att allt vatten som ska komma in i den sanerade oljeavskiljningsanläggningen nu ska vara rent. Därför föreslås det att två större HFF-filter installeras, för att säkerställa att filtrena alltid kan jobba med full kapacitet oavsett hur stor vattenmängd som flödar in i oljeavskiljningsanläggningen. Efter att vattnet passerat dessa HFF-filter förs det vidare genom ledningen ut ur anläggningen till den närliggande sjön. TTL Miljöteknik AB utlovar 0 ppm olja vid användning av deras HFF-filter. Med detta extra reningssteg säkerställs det att rent vatten alltid lämnar anläggningen ifall det mot förmodan skulle vara så att olja tagit sig vidare från oljegroparna. Vid alla steg där TTL Miljöteknik AB:s lösningar finns installerade

ska dock filterna/mattorna bli mättade då de kommer i kontakt med olja och därmed bli helt ogenomträngliga, även för vatten.

Taket på oljeavskiljningsanläggningen är i dåligt skick och det har tidigare rekommenderats att byta ut det, se kapitel 7.1.2. Det rekommenderas att taket byts ut samtidigt som oljeavskiljningsanläggningen saneras och den nya installationen görs. Det finns inga krav på att taket måste göras i betong. Det rekommenderas att ett sadeltak byggs, då det medför att inget regnvatten kan samlas på det.

11.1.3 Tömning av transformatorernas oljegropar

Idag töms oljegropar vanligtvis via slambil och/eller SIPP™. SIPP™ är en typ av mobil pump som pumpar ut vatten så länge oljehalten är lägre än 5 ppm, se *Figur 11*. När halten överstiger 5 ppm stannar pumpen och resten av gropen får tömmas med slambil. Genom att pumpa ur så mycket vatten som möjligt minskar transportkostnaderna till deponi och destrueringskostnader. (6) På anläggningen i fokus används i dagsläget inte SIPP™, då vätska i oljegroparna transporteras vidare till oljeavskiljningsanläggningen.



Figur 11. Schematisk bild på hur SIPP™ fungerar. SIPP™ pumpar ur gropen så länge oljehalten i vattnet inte överstiger 5 ppm. (72)

Alternativ 1

För hantering av normalt oljespill i transformatorgropar, med endast en tunn hinna olja på ytan, kan en vanlig pump i kombination med ett Evac-filter användas. Om oljemängden i gropen är större än så, kan lösa polymerer först hållas i gropen, därefter pumpas vattnet genom Evac-filtret. Genom detta filter passerar rent vatten och släpps ut på marken, medan eventuella kolväteföreningar tas upp av det. Då denna lösning är mobil går det också bra att använda sig av en pump och ett filter för alla gropar eller att placera en sådan anordning vid varje grop. Det krävs fortfarande att gropen töms med jämna mellanrum, men metoden är betydligt billigare än SIPP™. Priset beror på storleken av filtret, men kan kosta cirka 11 500 SEK för ett Evac-filter och en vanlig pump, enligt prislistan i *Tabell 2*. Denna lösning är även mer pålitlig, då SIPP™ kan reagera på andra ämnen än olja och stanna. På grund av det låga priset finns det även möjlighet att installera en pump med ett Evac-filter vid varje grop, vilket underlättar underhåll av anläggningen och eventuella problem som kan uppstå vid förflyttning av systemet.

Alternativ 2

Ett annat alternativ är att installera ett HFF-filter i transformatorgroparnas utlopp på anläggningen i fokus. Rent vatten kommer att passera filtret och transporteras vidare till oljeavskiljningsanläggningen via rörsystemet. På så vis blir gropen självunderhållande, då oljespill normalt sett är litet. Vid haverier med stora oljeutsläpp kommer filtret att bli mättat och bli ogenomträngligt för alla ämnen. Då pumpas gropen ur med slambil som vid normalt förfarande idag.

Alternativ 2 är att föredra då HFF-filtret är mer robust och stationärt. Det lämpar sig även för större mängder olja. Gropen blir dessutom självunderhållande, till skillnad från alternativ 1. För att installera ovanstående alternativ måste släckstenen tas bort. I kombination med att detta görs bör plåtraster

installeras. Detta underlättar framtida hantering och inspektion av gropen, samt byte av filter om det skulle bli nödvändigt.

11.1.4 Synkrogeneratorns betonggrop

En vanlig pump kopplas till ett HFF-filter som är placerat på marken utanför gropen. Vatten passerar filtret, medan eventuell olja stannar kvar i det.

11.1.5 Synkrogeneratorns kylare

Ett HFF-filter anpassat till kylvattnets volymflöde monteras i kylsystemet HFF-filtret kan hantera sjövatten utan problem.

11.1.6 Mättransformatorer

Det är svårt att fånga upp oljespill från mättransformatorer då de befinner sig några meter upp i luften. Vid läckage läcker det rakt ned, men oljan skulle kunna färdas vidare inom anläggningsområdet med vind. Det är inte troligt att det skulle färdas längre bort med vinden vid normala väderförhållanden. Vid ett större haveri finns det risk att olja sprids över stora delar av anläggningsområdet, se *Figur 8*. I känsliga miljöområden bör hela marken på anläggningen täckas med Agent X, som i sin tur täcks av ett lager grus. Regnvatten kommer att passera mattan, medan eventuella kolväten tas upp av den. På anläggningen i fokus är marken täckt av gräs, vilket också försvårar upptäckt av eventuellt oljespill, varför ytterligare ett argument finns för att införa denna åtgärd.

11.1.7 Tankplats och reservkraftsaggregatet

Tankplatsen för reservkraftsaggregatet bör täckas med Agent X. Mattan placeras på tankplatsen och täcks över med grus. Normala säkerhetsåtgärder enligt Svenska kraftnäts riktlinjer för att undvika oljespill ska fortfarande hållas. Skulle oljespill trots detta ske finns Agent X för att ta hand om det. Detsamma gäller vid påfyllning av olja för övriga maskiner, så som synkrogeneratorn, som med jämna mellanrum behöver fyllas på med smörjolja, eller vid regenerering av olja. Om så önskas kan även Agent X med en bestämd storlek, exempelvis 2x1 meter, användas mobilt och rullas ut på olika platser vid behov. Det rekommenderas däremot att Agent X placeras ut stationärt vid alla tankplatser för att eliminera risken för slarv eller andra misstag.

Då det endast ska transporteras rent vatten genom rörsystemen måste det utgående röret i reservkraftsaggregatets container förslutas. Då containern inte är designad för att invalla hela dieselmängden, trots Svenska kraftnäts tekniska riktlinjer, måste högre gavlar byggas. (45)

11.1.8 Kompressorrummet

Alternativ 1

För att förhindra att eventuell olja förs ut via ventilationssystemet kan Agent X fästas på ventilationsfiltret. Det är dock viktigt att se över detta filter med jämna mellanrum så att inte filtret blir helt igensatt.

Alternativ 2

Orsaken till oljedimman är att de gamla kompressorerna läcker. Dessa bör bytas ut mot nya, moderna kompressorer.

Då kompressorerna är gamla, inte längre tillverkas och snart måste bytas ut rekommenderas alternativ 2. Detta också för att pålitlig utrustning är viktigt för driftsäkerhet, mer om detta i kapitel 8.1.2.

11.2 Generell befintlig anläggning i känsligt miljöområde

Lösningen liknar den för anläggningen i fokus, se kapitel 11.1 ovan. Skillnaden är att anläggningen i fokus är unikt byggd med ett rörsystem kopplat till en oljeavskiljningsanläggning, vilket andra anläggningar inte har. Det rena vattnet som passerar filtrena måste därför släppas ut utanför gropen, istället för att transporteras vidare genom ett rörsystem, som det föreslås för anläggningen i fokus. Att släppa ut rent vatten utanför oljegropar sker även idag med SIPP™, se kapitel 11.1.3.

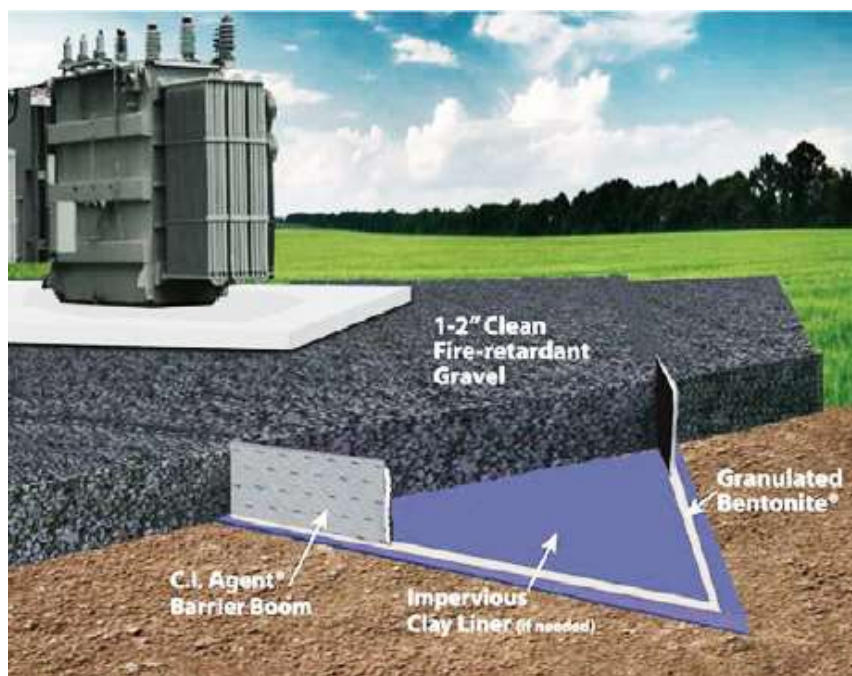
BDT-vatten och latrinvatten ska kopplas till kommunalt avloppsnät eller samlas i en septiktank beroende på avstånd till och kostnad för att ansluta till kommunalt avloppsledningsnät. Eftersom befintliga anläggningar inte har ett rörsystem som anläggningen i fokus har, antas det att en lösning för detta redan finns.

11.3 Nybyggnation av anläggning i känsligt miljöområde

Lösningen liknar den för generell befintlig anläggning i känsligt miljöområde, se kapitel 11.2 ovan. Den stora skillnaden är dock att oljegroparna kan invallas med TTL Miljöteknik AB:s invallning, vilket även innebär att HFF-filtre inte behöver installeras i respektive oljegrop, som i lösningarna för anläggningen i fokus och befintliga anläggningar i känsliga miljöområden.

11.3.1 Oljegrop

Vid nybyggnation rekommenderas det att använda TTL Miljöteknik AB:s invallning i kombination med Qlean Scandinavia AB:s plåtraster. Apparaten som ska stå på platsen måste stå på ett betongfundament. Mängden betong är dock inte lika stor som den som används för att bygga de konventionella oljegroparna. (69) Gropen kläs sedan in med en polyvinylduk i botten och barriärbommen utmed kanterna, se *Figur 12* (66). Alla kanter tätas med bentonitlera för att säkerställa att det är helt tätt. (66) Den totala kostnaden beräknas uppgå till samma som för de konventionella oljegroparna (69), däremot minskar underhållskostnaderna, se kapitel 10.3.



Figur 12. En schematisk bild av hur en invallning med TTL Miljöteknik AB:s produkter kan se ut. I botten av gropen ligger ett lager av polyvinylduk, som är ogenomtränglig. Utmed kanterna ligger C.I.Agent® Barrier boom, som innehåller ett polymert granulat som släpper igenom vatten, men reagerar med kolväten till en gummiliknande massa. Gropen är grävd så att självfall av regnvatten sker utmed kanterna. Istället för släcksten rekommenderas det att plåtraster används.

Låga temperaturer påverkar inte funktionen för TTL Miljöteknik AB:s invallning sämre än en konventionell oljegrop i betong. I Alaska, där temperaturen kan gå ner mot -50°C , har installationer gjorts med denna teknik. Nederbörd kommer att frysa i gropen, vilket också händer i oljegropar av betong. Skillnaden är att det i betonggropar redan kan finnas en del vatten, beroende på när gropen senast tömdes, som då fryser och tar upp utrymme i gropen, medan TTL Miljöteknik AB:s invallning gör att gropen kontinuerligt töms på vatten via filtret tills isbildning sker.

BDT-vatten och latrinvatten bör kopplas till kommunalt avloppsnät eller samlas i en septiktank beroende på avstånd till och kostnad för att ansluta till kommunalt avloppsledningsnät.

12 Diskussion

Anläggningen i fokus har byggts i ett känsligt miljöområde. För att minska miljöpåverkan och andra konsekvenser bör Svenska kraftnät undvika att placera sina anläggningar i sådana områden. Det finns andra exempel på anläggningar som befinner sig i känsliga miljöområden inom Svenska kraftnäts verksamhet. I denna rapport rekommenderas det att marken på Svenska kraftnäts anläggningar bör täckas med Agent X, då tidigare haverier på mättransformatorer visat att olja spridit sig över stora områden. Alternativt skulle det kunna vara en nödvändig åtgärd att placera ut Agent X över hela stationsområdet om Svenska kraftnät väljer att bygga i ett känsligt miljöområde och är en diskussion som måste lyftas fram inom företaget. Vid tillfälliga arbetsplatser eller vid tillfällig uppställning av apparater och annan utrustning, som innehåller olja, skulle även Agent X kunna användas. Vidare bör anläggningar inte täckas med gräs som på anläggningen i fokus, då det blir svårt att upptäcka spridningen av olja vid ett haveri. Om Agent X används på området täcks denna matta med grus och oljespridningen skulle bli synlig.

I detta examensarbete har åtgärder för de miljöpåverkande ämnena begränsats till olja. Det finns även andra miljöpåverkande produkter på Svenska kraftnäts anläggningar som bör undersökas närmre på R&D-nivå, såsom byte av SF₆-gas. Det skulle på andra anläggningar också kunna finnas miljörisker som inte täcks av denna rapport, då denna rapport endast utgått från anläggningen i fokus. Detta bör tas i åtanke då åtgärderna som föreslås i denna rapport ska kunna appliceras på övriga anläggningar. Utöver detta finns det även arbetsmiljörisker som bör undersökas närmre, som skulle kunna åtgärdas samtidigt som denna rapport föreslagna åtgärder införs. Exempel på detta kan vara svårtillgängliga nivåmätare, som tidigare rapporterats i oljeavskiljningsanläggningen på anläggningen i fokus, se kapitel 7.1.3.

Då Vattenfall har en anläggning på mark som ägs av Svenska kraftnät på anläggningen i fokus, som också är kopplad till oljeavskiljningsanläggningen, måste även åtgärder införas för Vattenfalls anläggning. Vem som ska stå för dessa kostnader är en diskussion som Svenska kraftnät måste ta med Vattenfall. Om det finns fler liknande fall där ett annat företag har en anläggning på Svenska kraftnäts mark bör det diskuteras hur dessa företag ska hantera eventuella oljespill och om de förslag som föreslås i denna rapport ska appliceras.

Dokumentation på anläggningen i fokus har varit svår att få tag på och det är således inte helt klart om synkrongeneratorns betonggrop är kopplad till oljeavskiljningsanläggningen eller inte. Hur det faktiskt ser ut får undersökas genom att ta bort släckstenen om inte ritningarna hittas vid senare tillfälle. Generellt sett har dokumentation kring anläggningen i fokus varit spridd och olika personer vetat om olika dokument, då de en gång i tiden själva jobbat med dessa dokument. För en ny person är det svårt att veta vilka dokument som finns tillgängliga och det handlar mycket om att hitta rätt personer som vet och minns olika mycket.

Vissa av dessa personer har bytt jobb, bytt företag, är entreprenörer till Svenska kraftnät eller har gått i pension. Det är således viktigt att dokumentationen struktureras och samlas på ett och samma ställe. Det är också oklart hur pass väl entreprenörerna och underentreprenörerna följer sina miljöplaner, då Svenska kraftnät sällan följer upp entreprenörernas miljöarbeten.

Då synkronmaskiner fasats ut och det krävs mycket underhåll med synkrongeneratoren på anläggningen i fokus bör det diskuteras om denna ska bytas ut mot reaktorer och kondensatorbatterier. Synkronmaskinen läcker olja och vätgas och dessa måste regelbundet fyllas på. Svenska kraftnät bör även se över förvaringen av vätgastuberna, som idag står utanför synkrongeneratoren.

Även om oljan fångas upp av TTL Miljöteknik AB:s produkter är inte miljöproblemen borta. De mättade filtrena måste transporteras vidare för omhändertagande och destruktion, vilket också har sin miljöpåverkan. Dock sker detta på ett kontrollerat sätt. Ser man till helheten minskar miljökonsekvenserna, då mindre olja släpps ut direkt i naturen med hjälp av TTL Miljöteknik AB:s produkter, samt att koldioxidutsläppen minskar på grund av mindre transportvikt till deponi, då tung släcksten byts ut Qlean Scandinavia AB:s plåtraster.

Gotlands Energi AB (GEAB) är först i Sverige med att bygga en oljegrop med TTL Miljöteknik AB:s produkter. Bygget var inte helt komplikationsfritt och mycket fick lösas på plats. Det finns många referenser och mycket hjälp att få ifrån USA, men det bör ha i åtanke att byggen skulle kunna ta något längre tid än planerat på grund av detta. Om de problem som uppstod vid bygget var specifikt i just GEAB:s fall kan inte avgöras. Huruvida kommuner skulle acceptera denna nya teknik är ytterligare en fråga. Man skulle kunna ta hjälp av GEAB och diskutera hur de resonerat med Gotlands kommun och även vända sig till TTL Miljöteknik AB, som har mycket stöd och många referensanläggningar i USA att vända sig till.

13 Slutsatser/rekommendationer

Som ett resultat av detta examensarbete bör Svenska kraftnät införa ett antal åtgärder för att miljösäkra sina anläggningar i känsliga miljöområden.

För att hantera oljespill rekommenderas det att Svenska kraftnät använder sig av tjänster och produkter som Qlean Scandinavia AB och TTL Miljöteknik AB erbjuder.

Från Qlean Scandinavia AB rekommenderas deras skonsamma rengöringmetod med ultrarent vatten, deras gummiliknande betongmaterial Stocrete för tätning av gropar samt plåtraster, som ska ersätta den konventionella släckstenen. Plåtraster är idag en nyligen införd standard på Svenska kraftnät.

Från TTL Miljöteknik AB rekommenderas ett flertal produkter med det patenterade, amerikanska granulatet som är deras huvudprodukt. Detta granulat finns insytt i olika typer av filter och reagerar endast med kolväten och låter vatten passera tills filtret blivit mättat. Det rekommenderas att mark täcks med Agent X, en typ av matta, som sedan täcks över med grus. Befintliga oljegropar installeras med ett stationärt HFF-filter, som ser till att gropen blir självtömmande på vatten. Vattnet släpps ut utanför gropen. För anläggningen i fokus utnyttjas dock rörsystemet och det rena vattnet transporteras vidare genom detta. Detta innebär att övriga anslutningar till rörsystemet, så som brunnar, måste täppas igen. För nybyggnationer rekommenderas en invallning med en polyvinylduk i botten och en barriärbom med granulatet insytt på kanterna. Gropen blir då självunderhållande, då vattnet fritt passerar barriärbommen.

Även om det finns för lite underlag för att dra slutsatser från tidigare reaktor- och transformatorhaverier tyder det på att de flesta olyckor sker efter cirka 20 år. Det rekommenderas därför att anläggningar i känsliga miljöområden som är äldre än 20 år ses över först, innan vidare åtgärder på andra anläggningar görs.

Om möjligt bör BDT-vatten och latrinvatten anslutas till kommunalt avlopp, i annat fall bör en septiktank installeras. Vidare rekommenderas det att inte bygga nya anläggningar i känsliga miljöområden och att Svenska kraftnät följer upp sina entreprenörers miljöarbeten oftare.

14 Förslag på framtida arbete

Det föreslås att Svenska kraftnät jobbar vidare med att följa upp entreprenörernas miljöarbeten. Vidare bör dokumentation kring anläggningar samlas på ett och samma ställe för att förhindra att information inte upptäcks eller förs vidare till nya kollegor. Arbetsmiljörisker bör åtgärdas samtidigt som de föreslagna rekommendationerna verkställs.

Fortsättning på detta examensarbete blir att implementera de olika teknikerna Qlean Scandinavia AB och TTL Miljöteknik AB erbjuder i en pilotanläggning. Även en plan för hur barkfiltret i oljeavskiljningsanläggningen ska bytas ut bör göras. Till dess bör igensatta brunnar, galler och dylikt rensas för att kunna uppfylla sina funktioner.

15 Litteraturförteckning

1. **Svenska Kraftnät.** Om oss: Vår verksamhet. [Online] 2013. [Citat: den 26 September 2013.] <http://www.svk.se/Om-oss/Var-verksamhet/>.
2. **Svenska kraftnät.** Om oss. [Online] [Citat: den 6 April 2014.] <http://svk.se/Om-oss/>.
3. **Svenska Kraftnät.** *Anläggningsförvaltning Stationer*. [Intern webbplats] Sundbyberg : Svenska kraftnät, 2013.
4. **ABB.** Om ABB: Teknik: Så funkar det: Faskompensering. [Online] [Citat: den 5 April 2014.] <http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/faskompensering>.
5. **Esselte Studium AB.** *Elkraft teknisk handbok 3 Elanläggningar*. 1:a. Falköping : Gummessons Tryckeri AB, 1984.
6. **Engman, Per-Olov.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 8 4758065, per-olov.engman@svk.se.
7. **Wikipedia.** Ljusbåge. *Wikipedia*. [Online] Wikipedia, den 4 Oktober 2013. [Citat: den 7 Oktober 2013.] <http://sv.wikipedia.org/wiki/Ljusb%C3%A5ge>.
8. **Persson, Gert-Ove.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 8 4758174, gert-ove.persson@svk.se.
9. **ABB.** *ABB. SF6 eller vakuum?* [Online] 2000. [Citat: den 18 September 2013.] [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/F734BF377E2B53ACC1256DDD003470C3/\\$File/26-34%20M564ASE.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/F734BF377E2B53ACC1256DDD003470C3/$File/26-34%20M564ASE.pdf).
10. **Esselte Studium AB.** *Elkraft teknisk handbok 2 Elmaskiner*. 1:a. Uppsala : Esselte Herzogs, 1986.
11. **ABB AB.** Om ABB: Teknik: Så funkar det: Transformatorer. *ABB*. [Online] 2014. [Citat: den 28 Januari 2014.] <http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/transformatorer>.
12. **Med tillstånd av Canadian Electricity Forum.** [Online] 2014. <http://www.electricityforum.com/images/electrical-transformer-design.jpg>.
13. **Svensk Energi.** Energilexikon, sökord: märkdata. [Online] 2011. [Citat: den 20 September 2013.] <http://energilexikon.svenskenergi.se/wiki/M%C3%A4rkdata>.
14. **The Electricity Forum.** Product Info Centres: Electrical transformers. [Online] 2013. [Citat: den 20 September 2013.] <http://www.electricityforum.com/products/trans-s.htm>.
15. **Lund, Willy.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 8 4758412, willy.lund@svk.se.
16. **ABB.** Nyhetsrum: Pressmeddelanden: Silikonsmittad transformatorolja renad. *ABB i Sverige*. [Online] ABB, 2012. [Citat: den 18 September 2013.] <http://www.abb.se/cawp/seitp202/1209db77de05c904c1257aa2002faf38.aspx>.
17. **Svenska kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer: TR09 Fysiskt skydd : TR09-15. *Svenska kraftnät*. [Online] den 1 September 2012. [Citat: den 31 Januari 2014.] http://svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR9-15-utgava-5.pdf.
18. **Svenska Kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer, TR13 Miljö, TR13-01. [Online] den 1 Maj 2009. [Citat: den 27 September 2013.] <http://www.svk.se/Tekniska-krav/Tekniska-riktlinjer/Miljo/>.
19. **Remelin, Jörgen.** *Personlig kommunikation*. 2013. +46 8 4758567, jorgen.remelin@svk.se.
20. **Med tillstånd av Svenska kraftnät.** [Online] 2014. http://svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR9-15-utgava-5.pdf.
21. **ABB AB.** Om ABB: Teknik: Så funkar det: Synkronmaskiner. *ABB*. [Online] 2014. [Citat: den 27 Januari 2014.] <http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/synkronmaskiner>.

22. **ABB AB.** Om oss: Teknik: Så funkar det: Shuntreaktorer. *ABB*. [Online] 2014. [Citat: den 28 Januari 2014.] <http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/shuntreaktorer>.
23. **Jansson, Jonas.** *Personlig kommunikation*. 2013. +46 8 4758112, jonas.jansson@svk.se.
24. **Dahl, Bertil.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 8 55085367, bertil.dahl@vattenfall.com .
25. **Nationalencyklopedin.** Knallgas. [Online] 2013. [Citat: den 16 September 2013.] <http://www.ne.se/knallgas>.
26. **Svenska kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer, TR01 Stationsanläggningar, TR01-18. *Svenska kraftnät*. [Online] den 25 Februari 2013. [Citat: den 11 Februari 2014.] http://www.svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR01-18-utg2-20130225.pdf.
27. **Nationalencyklopedin.** Vätgas. *Nationalencyklopedin*. [Online] [Citat: den 30 Januari 2014.] <http://www.ne.se/lang/väte/347979>.
28. **Jones, Loretta och Atkins, Peter.** *Chemistry: molecules, matter and change*. 4:e. New York : W.H. Freeman and Company, 2002.
29. **Deimer, Andreas.** *Risikanalyt av vätgas och vätgasfabriken vid Ringhals*. Lund : Lunds universitet, 2000.
30. **ABB.** Om ABB: Hållbar utveckling. [Online] 2012. [Citat: den 14 September 2013.] <http://www.abb.se/cawp/seabb361/931306cc1f321d98c12572520047a8ef.aspx>.
31. **Concorde Speciality Gases.** SF6: SF6, Sulfur Hexafluoride. [Online] 2011. [Citat: den 14 September 2014.] [http://www.concordegas.com/SF6/Concorde-Gas-\(4\).aspx](http://www.concordegas.com/SF6/Concorde-Gas-(4).aspx).
32. **Nationalencyklopedin.** Koldioxid. *Nationalencyklopedin*. [Online] [Citat: den 30 Januari 2014.] www.ne.se.
33. **Naturvårdsverket.** Stöd i miljöarbetet: Vägledning & Lagar, PCB. [Online] 2012. [Citat: den 27 September 2013.] <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/PCB/>.
34. **Nationalencyklopedin.** PCB. *Nationalencyklopedin*. [Online] [Citat: den 30 Januari 2014.] www.ne.se.
35. **Naturvårdsverket.** Stöd i miljöarbetet: Vägledning & lagar, PCB, PCB i utrustning. [Online] 2013. [Citat: den 27 September 2013.] <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/PCB/PCB-i-produkter/>.
36. **Persson, Per Olof och Nilsson, Lennart.** *Kompendium i miljöskydd, del 2 - Miljöskyddsteknik*. 6:e. Stockholm : Edita Nordstedts Tryckeri, 2002. ISBN/ISSN.
37. **Energimyndigheten.** Faktabasen: Fossila energikällor. [Online] 2009. [Citat: den 27 September 2013.] <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fossil-energi/>.
38. **Sweco.** Tjänster: Vatten- och miljöteknik: Produkt- och kemikalietjänster: Besök Oljejouren: Miljöeffekter. [Online] [Citat: den 14 April 2014.] <http://www.sweco.se/sv/sweden/Temp/Oljejouren/Miljoeffekter/>.
39. **Nationalencyklopedin.** Tungmetall. *Nationalencyklopedin*. [Online] [Citat: den 30 Januari 2014.] www.ne.se/tungmetall.
40. **Nationalencyklopedin.** Övergödning. [Online] [Citat: den 5 April 2014.] <http://www.ne.se/lang/overgodning>.
41. **Lidström, K-M.** *Konsult*. Stockholm : Intern rapport, 2006.
42. **Eriksson, Örjan och Johansson, Olof.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 771222324, orjan.eriksson@infratek.se, olof.johansson@infratek.se.

43. **Gebrael, Mark.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 706921524, mark.gebrael@infratek.se.
44. **Schönborg, Niclas.** *Personlig kommunikation*. 2014. +46 8 4758235, niclas.schonborg@svk.se .
45. **Svenska kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer, TR01 Stationsanläggningar: TR01-18. [Online] den 25 02 2013. [Citat: den 4 Februari 2014.] http://www.svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR01-18-utg2-20130225.pdf.
46. **Sohlberg, Vanja.** *Personlig kommunikation*. 2013. +46 8 4758247, vanja.solberg@svk.se .
47. **Svenska kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer, TR01 Stationsanläggningar: TR01-08. [Online] 2011. [Citat: den 4 Februari 2014.] http://www.svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR01-08-utg-3.pdf.
48. **Svenska transorfilter.** Utrustning för SF6. [Online] 2013. [Citat: den 14 September 2013.] <http://www.transorfilter.se/utrustning-sf6/>.
49. **Vattenfall Service Syd AB / Erik Huss.** *Intern rapport: Sammanställning - inventerad PCB*. Sundsvall : u.n., 2008.
50. **Kvarnefalk, Per.** *Brev från Svenska kraftnät till Salems kommun: PCB i byggnader*. 2008.
51. **Persson, Per Olof och Nilsson, Lennart.** *Kompendium i miljöskydd, del 2 - Miljöskyddsteknik*. 6:e. Stockholm : Edita Nordstedts Tryckeri, 2002. s. 32. ISBN/ISSN.
52. **Persson, Per Olof och Nilsson, Lennart.** *Kompendium i miljöskydd, del 2 - Miljöskyddsteknik*. 6:e. Stockholm : Edita Nordstedts Tryckeri, 2002. s. 35. ISBN/ISSN.
53. **Persson, Per Olof och Nilsson, Lennart.** *Kompendium i miljöskydd, del 2 - Miljöskyddsteknik*. 6:e. Stockholm : Edita Nordstedts Tryckeri, 2002. ss. 49-52. ISBN/ISSN.
54. **Persson, Per Olof och Nilsson, Lennart.** *Kompendium i miljöskydd, del 2 - Miljöskyddsteknik*. 6:e. Stockholm : Edita Nordstedts Tryckeri, 2002. s. 45. ISBN/ISSN.
55. **Lindquist, Tommie.** *Personlig kommunikation*. 2014. +46 8 4758160, tommie.lindquist@svk.se.
56. **Eriksson, Roger.** *Personlig kommunikation*. 2014. +46 70 6651490.
57. **Basel Basa, Siemens Energy.** *Intern rapport. Incident med strömtransformator 2014-03-18*. 2014.
58. **ABB Power Technology Products.** *80 Mvar 140 kV Shuntreaktor, Inspektion efter elektrisk skada*. 2002. Intern rapport.
59. **Qlean Scandinavia AB.** Företaget: Om Företaget. [Online] [Citat: den 5 Mars 2014.] <http://www.qleanscandinavia.com/index.php/foretaget/om-foretaget>.
60. **Qlean Scandinavia AB.** Tjänster: Qlean-metoden. [Online] [Citat: den 5 Mars 2014.] <http://www.qleanscandinavia.com/index.php/tjanster/qlean-metoden>.
61. **Hammarstedt, Michael.** *Personlig kommunikation*. 2014. +46 13 130041, michael@qleanscandinavia.com.
62. **Qlean Scandinavia AB.** Tjänster; Qlean Construction; Trafogropar. [Online] [Citat: den 28 Mars 2014.] <http://www.qleanscandinavia.com/index.php/trafogropar>.
63. **Qlean Scandinavia AB.** Tjänster; Qlean Construction; Plåtraster. [Online] [Citat: den 28 Mars 2014.] <http://www.qleanscandinavia.com/index.php/platraster>.
64. **Enzymex Solutions.** Om oss. *Enzymex Solutions-webbplats*. [Online] [Citat: den 5 Februari 2014.] <http://www.enzymex.se/om/>.
65. **Jagenburg, Lars.** *Personlig kommunikation*. 2014. +46 31 7608877, lars@miljoeteknik.se.
66. **Sköld, Lars.** *Personlig kommunikation*. 2013-14. +46 73 9410032, lars.skold@enzymex.se.

67. **C.I.Agent Solutions.** 2014 Catalog of Products. 2014.
68. **Tjörns kommun.** Oljeutsläppet. [Online] [Citat: den 28 Mars 2014.] <http://www.tjorn.se/sidorutanformenyn/oljeutslappet.4.419ccd6e1327f1defd880005.html> .
69. **Fogelberg, Axel.** *Personlig kommunikation.* 2013-14. +46 498 285076.
70. **Blide, Andreas.** *Personlig kommunikation.* 2014. +46 31 809556, andreas.blide@industriarmatur.se.
71. **Andersson, Jonas.** *Personlig kommunikation.* 2014. +46 10 4456351, jonas.andersson@stenarecycling.se.
72. **Med tillstånd av Particon Teknik AB.** [Online] 2014. <http://www.particon.com/system/visa.asp?FID=470&HID=425&HSID=5596&ActMenu=6853&ActSubMenu=6866>
73. **Esselte Studium AB.** *Elkraft teknisk handbok 1 Allmän del.* 1:a. Solna : Esselte Studium, 1982.
74. **Blomberg, Hans.** *Personlig kommunikation.* 2014. +46 8 4548871, hans.blomberg@storstockholm.brand.se.
75. **Eriksson, Krister.** *Personlig kommunikation.* 2014. +46 8 50640526, krister.eriksson@dafo.se.
76. **Fomtec.** *Säkerhetsdatablad Fomtec ARC Miljo 3x5.* den 26 Juni 2013.
77. **Holm, Gisela och Solyom, Peter.** *Skumvätskors effekter på miljön.* Karlstad : Statens räddningsverk, 1995.
78. **Svenska kraftnät.** Tekniska krav: Tekniska riktlinjer, TR01 Stationsanläggningar: TR01-11E. [Online] den 24 10 2012. [Citat: den 4 Februari 2014.] http://www.svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/TR01-11E-utg7-20121024.pdf.
79. **Hammarstedt, Michael.** *Personlig kommunikation.* 2014. +46 13 130041, michael@qleanscandinavia.com.
80. **Enzymex Solutions.** Om oss. [Online] 2014. [Citat: den 28 Mars 2014.] <http://www.enzymex.se/om/>.