



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för datavetenskap och samhällsbyggnad

GIS-baserad multikriterieanalys för placering av små modulära reaktorer i Sveriges fjärde elområde

Hugo Johnson
hugo.johnson96@outlook.com

Axel Langerbeck
axellangerbeck@gmail.com

2023

Examensarbete, Grundnivå (kandidatexamen), 15 hp
Lantmäteri teknik
Lantmätarprogrammet, teknisk inriktning

Handledare: Nancy Joy Lim
Examinator: Goran Milutinovic

Sammanfattning

Med den nuvarande situationen med ökade oroligheter i Europa, bristande elproduktion och en utveckling mot mer elektrifierade samhällen så har ett behov för hållbara energikällor uppstått. Många länder har börjat satsa på små modulära reaktorer (SMR) istället för storskaliga kärnkraftverk då de kan serietillverkas och är enkla att bygga vilket gör dem kostnadseffektiva. Denna studie fokuserade på var den mest optimala placeringen av SMR är inom elområde 4 om man bortser från 17 kap 6a§ miljöbalken. Elområde 4 valdes då det är det elområdet som producerar allra minst och har störst underskott av el. Detta gjordes med hjälp av en multikriterieanalys (MKA) och en efterföljande känslighetsanalys med totalt sex restriktionskriterier och nio faktorer med anvisningar hämtade från svensk lagstiftning, tidigare studier och internationella atomenergiorganet (IAEA). För att bedöma placeringen genomfördes en viktsättning med hjälp av intervjuer och enkäter med fyra olika personer med olika expertisområden inom kärnkraft. För att relatera faktorernas vikter till varandra användes Analytisk Hierarki process (AHP)-metoden vid skapandet av den genomsnittliga viktsättningen. En MKA-karta gjordes för att ta reda på vart den mest optimala platsen är utifrån den genomsnittliga viktsättningen samt en egen karta för de olika experternas egna viktsättningar. Det följdes upp av en känslighetsanalys med en faktor i taget (OAT) metoden och genom att eliminera en faktor i taget för att avgöra ifall den mest optimala platsen ändras och procentuellt hur mycket som arean ändras mellan de olika modellerna. Resultatet visar att den mest optimala platsen att placera en SMR är runtom Barsebäck, där det har stått ett storskaligt kärnkraftverk sedan tidigare. Man kan dra slutsatsen att känslighetsanalysen är robust och att den inte påverkas mycket av förändringar.

Nyckelord: MKA, SMR, AHP, känslighetsanalys

Abstract

With the current situation of increased tension in Europe, inadequate electricity production, and a move towards more electrified societies, there has arisen a need for sustainable energy sources. Many countries have started investing in small modular reactors (SMR) instead of large-scale nuclear power plants as they can be mass-produced and are easy to build, making them cost-effective. This study focused on the most optimal location for SMRs within the fourth electrical bidding zone, disregarding section 17-chapter 6a§ of the Swedish Environmental Code. Bidding zone four was chosen as it produces the least amount of electricity and has the largest deficit. This was done using a multicriteria analysis (MCA) and a subsequent sensitivity analysis with a total of six restriction criteria and nine factors considering guidelines taken from Swedish legislation, previous studies on the subject, and the International Atomic Energy Agency (IAEA). To evaluate the placement interviews and questionnaires with four different people with different areas of expertise in nuclear power were carried out as a basis for the average weighting. The Analytic Hierarchy process (AHP) where used to evaluate the factors relative weights to each other. An average MCA map was made to determine the most optimal location based on the average weighting and a separate map for the different experts' own weightings. This was followed by a sensitivity analysis using one factor at a time (OAT) method, and by eliminating a factor to determine how the most optimal location changes, and the percentage of how much the area changes between the different models. The results show that the most optimal site to place an SMR is around Barsebäck where there was a large-scale nuclear power plant previously. One can conclude that the sensitivity analysis is robust and is not significantly impacted by changes.

Keywords: *MCA, SMR, AHP, Sensitivity analysis*

Förord

Med detta examensarbete avslutar vi vår utbildningstid på lantmätarprogrammet teknisk inriktning på högskolan i Gävle. Vår tid på utbildning har varit lärorik och tidvis hektisk. Vi vill tacka våra lärare som genom solfyllda fältövningsdagar och kalla corona-distans-dagar varit muntra och lyckats hålla en grymt bra utbildning. Vi vill också tacka våra familjer och klasskamrater för att de varit med och stöttat oss genom utbildningen och gjort tiden på högskolan helt ovärderlig.

Ett extra stort tack till Nancy Joy Lim som varit en utmärkt handledare genom studiens gång. Hennes idéer om att intervjua experter, genomföra känslighetsanalys och omarbete frågeställningen gjorde examensarbetet möjligt.

Vi vill även tacka, Jan Blomgren, Janne Wallenius, Martin Darelius och Ted Lind, för deras kloka respons.

Terminologi

AHP - Analytisk hierarkiprocess

AMR - Avancerade modulära reaktorer

EEZ - exklusiv ekonomisk zon

EPZ - Beredskapszon

EU - Europeiska unionen

GIS - Geografiskt informationssystem

IAEA - Internationella atomenergiorganet

KTH - Kungliga tekniska högskolan

LKAB - Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag

MKA - Multikriterieanalys

MB - Miljöbalken

MCDA - Multikriteriebeslutsfattningsanalys

NRC - Amerikanska strålsäkerhetsmyndigheten

OAT- En faktor i taget

OKG - kärnkraftsanläggningen Oskarshamnsverket

SMR - Små modulära reaktorer

SSM - Strålsäkerhetsmyndigheten

SVK - Svenska kraftnät

SVT- Sveriges television

VLIZ - Flanders Marine Institute

WLC - Viktad linjär kombination

Innehållsförteckning

Sammanfattning	ii
Abstract	iv
Förord	vi
Terminologi	viii
Innehållsförteckning	x
1 Introduktion	1
1.1 Syfte	2
1.2 Avgränsningar	3
1.2.1 Kyltorn	3
1.2.2 Områdesavgränsning	3
2 Teori	5
2.1 Små modulära reaktorer	5
2.2 Nuvarande lagrum och nya lagförslag	6
2.2.1 Nuvarande lagrum	6
2.2.2 Nya lagförslag	7
2.3 GIS- baserad MKA för att hitta optimal placering av Kärnkraft	7
2.4 Faktorer för SMR	7
2.5 AHP och Känslighetsanalys	9
3 Metod	12
3.1 Området för studien	12
3.2 Data	12
3.3 Dialog med experter	14
3.3.1 Intervjuer	15
3.3.2 Enkäter	15
3.4 Restriktionskriterier	16
3.4.1 Flygplatser	18
3.4.2 Militära anläggningar	19
3.4.3 Våtmarker & sjöar	19
3.4.4 Skyddade områden	19
3.4.5 Städer och tätorter	20
3.4.6 Hav	20
3.4.7 Övergripande restriktionskarta	20
3.5 Faktorkriterier	21
3.5.1 Närhet till väg	24
3.5.2 Närhet till hav	24
3.5.3 Närhet till städer	24
3.5.4 Närhet till Industrier	24

3.5.5	Existerande elnätet	24
3.5.6	Avstånd till Landgränser	24
3.5.7	Lutning	25
3.5.8	Berggrund	25
3.5.9	Hamnar	25
3.6	Experternas viktning & AHP	25
3.6.1	Faktorkarta	27
3.7	Multikriterieanalys	28
3.8	Känslighetsanalys	29
3.8.1	Klassificering	30
4	Resultat	31
4.1	Resultatet från intervjuerna och litteraturen	31
4.1.1	Jan Blomgren, kärnkraftsentreprenör och tidigare professor inom tillämpad kärnfysik	31
4.1.2	Janne Wallenius, professor i reaktorfysik vid kungliga tekniska högskolan	31
4.1.3	Martin Darelus, senior rådgivare i kärnkraftsteknologi vid Vattenfall AB	32
4.1.4	Ted Lind, affärsanalytiker inom kärnteknisk strategi, Uniper Sverige	33
4.1.5	Vikt från litteraturen	36
4.2	Genomsnittlig MKA	37
4.2.1	MKA utan restriktioner	40
4.3	Känslighetsanalys	41
4.3.1	OAT metoden	41
4.3.2	Eliminering av en faktor i taget	46
5	Diskussion	47
5.1	Intervjuer	47
5.2	MKA resultat	47
5.3	Tidigare studier	49
5.4	Känslighetsanalys	49
5.5	Data	50
5.6	Hållbar utveckling	51
6	Slutsatser	52
7	Framtida studier	52
	Referenser	53
	Bilagor	58
	Bilaga A. Personlig kommunikation	58
	A. Generella frågorna som ställdes till respondenterna	58

B. Enkät som skickades ut till experterna:	59
Bilaga C. Intervjuer eller liknande (Intervjutrascript)	64
C1. Intervju med Jan Blomgren, Kärnkraftsentreprenör och professor inom tillämpad kärnfysik.	64
C2. Intervju med Janne Wallenius, Professor i reaktorfysik vid kungliga tekniska högskolan.	69
C3. Intervju med Martin Darelus, senior rådgivare i kärnkraftsteknologi Vattenfall AB.....	72
C4. Intervju med Ted Lind, affärsanalytiker inom kärnteknisk strategi, Uniper Sverige.	75

1 Introduktion

Människor världen över har alltid varit beroende av energi. Den första formen av energi som vi människor drog nytta av var eldning av ved, vind för transport och djurens starka muskler vid jordbruket. Allt detta möjliggjorde att människans chans för överlevnad och fortplantning ökade. Med allt fler metoder för att utvinna energi så har Sverige kunnat gå från ett jordbrukssamhälle till ett postindustriellt samhälle. I dagens Sverige så handlar inte debatterna enbart om just överlevnad och fortplantning. Det handlar om miljön, sociala såväl som den ekonomiska aspekten. Målet är att tillfredsställa dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov (Blomgren, 2021a).

Sveriges totala elproduktion år 2022 låg på 170 terawattimmar (TWh) och konsumtionen låg på 137 TWh (Energimyndigheten, 2023). Men även om elkonsumtionen understiger elproduktionen under ett år så har Sverige fortfarande elbrist. I vissa områden och på vissa dagar under året så har Sverige brist på el. Sverige har därmed en undermålig elkapacitet (Blomgren, 2021a).

Energifrågan i Sverige har varit mycket omtalad, det har alltid diskuterats om för och nackdelar med olika metoder för att utvinna energi. Olika länder har valt olika tillvägagångssätt beroende på landets förutsättningar. Sverige är ett av de få länder som faktiskt har valt att fasa ut sin fossila elproduktion och ersatt den med kärnkraft (Blomgren, 2021a). Men efter Harrisburgolyckan 1979 så började svenska folket tvivla på att utvinna energi från egna kärnkraftverk i Sverige. Det startade då en folkkampanj som fick folkligt stöd och agerade som en motståndsrörelse mot kärnkraft i kärnkraftsomröstningen 1980. Sedan dess så har trenden gått emot utbyggnaden av kärnkraft och för nedstängning av flertalet kärnkraftreaktorer för att satsa på mer förnybar energi (Björk, 2007). Med ökade oroligheter runtom Europa så har vissa länder haft svårigheter att fylla sina elbehov och detta har lett till att samtliga länder i Europeiska unionen (EU) har fått en ökad elkostnad (vattenfall, 2023b). Sveriges riksdag har dessutom ställt sig bakom motion 2017/18:2106 att införa ett förbud mot nyförsäljning av fossildrivna bilar år 2030. För att Sverige ska kunna klara av deras satsning mot ett mer fossilfritt samhälle så behövs också en större elproduktion (Motion 2017/18:2106). Den 11:e Januari 2023 gick Sveriges regering ut med att de vill se över regelverket för placering av kärnkraftverk. Enligt Regeringen (2023) så togs ett förslag ut på remiss, både om att förbudet mot att bygga kärnreaktorer på andra platser än där det redan finns sen förut skulle tas bort, och att maxantalet av 10 reaktorer skulle tas bort från miljöbalken. Denna fråga stöddes av de fyra partierna som ingår i regeringsunderlaget och är även enligt Sveriges televisions (SVT) intervjuer med partierna en väldigt viktig fråga för 3 av partierna (SVT, 2022).

Opinionen om nedmontering av kärnkraft har också på de senaste åren svängt, och i en undersökning av Novus (2022) tyckte 56% av deltagarna att det bästa sättet att lösa energibristen var att bygga nya eller starta upp befintliga kärnkraftverk. Enligt Regeringen (2023) vill de även möjliggöra optimal placering av så kallade små modulära reaktorer (SMR). Strålskyddsmyndigheten kommer också analysera lämpligheten för SMR i Sverige. Detta visar på hur aktiv kärnkraftsfrågan är och hur viktigt det är att ta fram underlag på var SMR bör placeras.

En geografiskt informationssystem (GIS)-baserad multikriterieanalys (MKA) kommer att genomföras, med olika kriterier och faktorer tagna från bland annat internationella Atomenergiorganet (International Atomic Energy Agency [IAEA]), svenska institutioner och olika vetenskapliga studier, för att hitta den optimala placeringen för SMR i elområde 4. Studien bygger på antagandet att miljöbalkens regelverk rörande antalet kärnreaktorer som finns i Sverige inte längre finns och att kärnkraftsreaktorer får placeras på andra ställen än de som regleras i 17 kap. 6 a § (Miljöbalken [MB], SFS 1998:808). En GIS-baserad MKA går ut på att bedöma olika platser beroende på olika faktorer till exempel hur långt platsen är från en väg. För att bedöma vilka av faktorerna som är viktigast i relation till varandra så kommer intervjuer med experter att genomföras. Vilka som anses vara experter är till exempel kärnfysiker, representanter för energibolag, men även representanter för företag som utvecklar SMR i Sverige. En litteraturstudie över olika vetenskapliga artiklar kommer även skrivas för att hitta relevanta kriterier.

1.1 Syfte

Syftet med den här studien är att undersöka var den mest optimala placeringen av SMR är inom elområde 4 med av hjälp av MKA och en känslighetsanalys.

Frågeställningarna som kommer att besvaras är följande:

- a) Hur ska de olika experternas viktsättning kombineras för att komma fram till ett gemensamt resultat för placering av små modulära reaktorer i Sveriges fjärde elområde?
- b) Hur skiljer sig de olika experternas resultat mellan varandra och hur känsligt är resultatet av MKA:n när viktsättningen ändras?

1.2 Avgränsningar

Att genomföra en multikriterieanalys över kärnkraftverk är komplicerat. Det finns många politiska, etiska och ekonomiska frågor som måste besvaras och finnas med i studien. Därför kommer det vara svårt att besvara alla frågor, speciellt med tanke på den geodata som vi har till förfogande. Experterna M. Darelus (personlig kommunikation, 17 april 2023) och J. Blomgren (personlig kommunikation, 4 april 2023) ansåg att man bör ta lokal acceptans i åtanke vid placeringen. Men att en egen undersökning för att se vilka kommuner som är positivt inställda till kärnkraftverk kommer inte heller att genomföras då förmågan att under dessa 10 veckor nå ut till ett så stort urval av människor i vardera kommuner saknas.

Seismisk aktivitet är väldigt viktigt att ta hänsyn till. Majoriteten av de tidigare studierna har med seismisk aktivitet som faktor i någon form, eftersom jordbävningar kan ha förödande effekt på kärnkraftverk. I denna studie kommer dock lagret inte vara med, eftersom Sverige inte har lika frekventa och starka jordbävningar eller några förkastningslinjer att tala om. De källorna som har ett svenskt perspektiv trycker på att det inte skall användas, till exempel Wollberg och Morast (2020) som nämner att det inte är applicerbart i Sverige. I intervjuerna ger tre av fyra experter seismisk aktivitet den lägsta vikten. Seismisk aktivitet är viktigt nära kontinentalsprickor men inte i Sverige.

1.2.1 Kyltorn

Kärnkraftverken i Sverige använder havsvatten som kylning, eftersom vattencirkulationen i mindre sjöar skulle vara omöjligt (Morast & Wollberg, 2020). Om kärnkraftverk istället skulle köras med kyltorn kan storleken på vattensamling minskas, då kärnkraftverket har möjlighet att kyla det förbrukade vattnet. Detta skulle dock medföra stora kostnader och är inte heller lika relevant för en ensam SMR, och kommer därmed inte att beröras i denna studie.

1.2.2 Områdesavgränsning

För att avgränsa arbetet så kommer enbart elområde 4 att analyseras. Det är Sveriges sydligaste elområde och innefattar Blekinge län, Hallands län, Jönköpings län, Kronobergs län, delar av Kalmar län, Skåne län och Västra Götalands län. Det fjärde elområdet är det elområde som har störst underskott av el och producerar minst el av samtliga elområden (Svenska kraftnät, 2021). Redan när elområdena infördes räknade man med att det fjärde elområdet skulle få problem med kapacitet och överförsel av el från de andra elområdena. En anledning till detta är att Elområde 4 är det elområde som är närmast kontinenten och den delen som exporterar el till centrala Europa (Blomgren, 2021). Med anledning av Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Actions (2023) beslut att stänga samtliga tyska kärnkraftverk så kommer Tysklands elproduktion att minska vilket kan leda till att Sverige kommer behöva exportera mer el.

Blomgren (2021a) tar upp risken med Tysklands import av el i och med “Merkels plan” att stänga av kolkraftverk. Han säger att elområde 4 kommer att ha en ökad elkostnad. Därav kommer studien att genomföras inom elområde 4.

2 Teori

Teorin kommer ge en översikt av tidigare arbeten, lagar och fakta inom ämnet för att ge en bakgrund till studien och sätta resultatet i rätt kontext.

2.1 Små modulära reaktorer

IAEA (2021a) beskriver SMR som kärnreaktorer som har en effekt på mindre än 300 Megawatt (MW). Som referens så har Forsmarks första reaktor en kapacitet på 1014 MW (Vattenfall, 2023a), alltså ungefär 3 gånger så hög effekt. Överlag så är förnybara energikällor som vind och vatten de mest ekonomiska energikällorna (Chatzimouratidis et al., 2009), men kombinationen av flera olika energikällor är bättre, då man inte förlitar sig på väder- eller regnförhållanden. Enligt Blomgren (2021a) så hade Sverige elbrist under 1970 och 80-talet på grund av torra år där vattenkraftverken inte kunde generera el med full effekt. Han skriver också om hur den varierande vindstyrkan påverkar det svenska elnätet. Vindkraftverk är inte konstruerade för att klara av kraftiga vindar av ekonomiska skäl då det skulle innebära kraftigare och tyngre vingar. Detta gör att om vinden blir för stark, så vinklas vingarna upp så man släpper förbi vinden. Ett av de största elavbrotten i Europas historia berodde just på detta då den varierande vindstyrkan gjorde att man gick från maximal produktionen till en mycket lägre produktion på kort tid, vilket resulterade i att reglersystemet inte hängde med i de drastiska ändringarna och ett elavbrott uppstod. Detta visar vilken betydelse planerbara energikällor har på elproduktionen.

Den här studien använder sealer-55 som ett exempel på en prototyp till reaktor. Sealer-55 har en effekt på 55 MW och en livslängd på 25 år (IAEA, 2021b). Syftet med Sealer-55 var enligt IAEA (2021b) att kunna producera ström i avlägsna områden som inte är ihopkopplade med elnätet. Därför har sealer-55 som mål att inte behöva tillföra mer kärnbränsle under sin livslängd och dessutom ha ett passivt kylsystem för att minska på mängden kompetens och underhåll som krävs. Fördelarna med Sealer-55 finns även hos andra modeller av SMR (Devanand et al., 2019).

Enligt T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) som representerar kärnkraftverksutvecklaren Uniper, kräver Sealer-55 en area på minst 50x80 m. Men enligt M. Darelus (personlig kommunikation, 17 april 2023) som representerar det statligt ägda energiföretaget Vattenfall AB, så är det osannolikt att ett energibolag endast skulle placera en reaktor på den utvalda platsen, eftersom det är svårt att hitta platser utifrån det lagliga perspektivet i Sverige. J. Blomgren (personlig kommunikation, 3 april 2023) förstärker åsikten och jämför storleken på området vid ett större industriområde.

2.2 Nuvarande lagrum och nya lagförslag

De nuvarande lagrummen som behandlar placeringen av kärnkraft är MB (17 kap. 6 a §, SFS 1998:808) som beskriver att kärnkraftverk endast får placeras på en plats där kärnkraftsreaktorer efter en 31 maj 2005 har varit i drift för att utvinna kärnenergi. Lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (LKV) 5b § (SFS 1984:3) säger att vid uppförandet av en ny kärnkraftsreaktor måste MB (2 kap. och 5 kap. 3–5 §, SFS1998:808) följas, samt vid prövning för tillstånd att uppföra en ny kärnkraftsreaktor måste även MB (17 kap. 6a §, SFS1998:808) att följas.

De nya förslagen vill ändra på dessa lagrum så att 17 kap. 6 a § (MB, SFS1998:808) ska upphöra vilket innebär att det kan bli aktuellt att hitta nya platser som passar för ett kärnkraftverk.

2.2.1 Nuvarande lagrum

I Miljöbalken (SFS 1998:808) och Kulturmiljölagen (SFS 1988:950) så står de nuvarande lagrummen som påverkar kärnkraftverk följande:

7 kap. 4 § (MB, SFS 1998:808)

Ett mark- eller vattenområde får av länsstyrelsen eller kommunen förklaras som naturreservat i syfte att bevara biologisk mångfald, vårda och bevara värdefulla naturmiljöer eller tillgodose behov av områden för friluftslivet.

Ett område som behövs för att skydda, återställa eller nyskapa värdefulla naturmiljöer eller livsmiljöer för skyddsvärda arter får också förklaras som naturreservat.

2 kap. 2 § (KML, SFS 1988:950)

Till en fornlämning hör ett så stort område på marken, sjö- eller havsbotten som behövs för att bevara fornlämningen och ge den ett tillräckligt utrymme med hänsyn till dess art och betydelse. Detta område benämns fornlämningsområde.

17 kap. 6 a § (MB, SFS 1998:808)

Regeringen får tillåta en ny kärnkraftsreaktor endast om den nya reaktorn är avsedd att

1. ersätta en kärnkraftsreaktor som efter den 31 maj 2005 har varit i drift för att utvinna kärnenergi och som kommer att vara permanent avstängd när den nya reaktorn tas i kommersiell drift, och

2. uppföras på en plats där en kärnkraftsreaktor efter den 31 maj 2005 har varit i drift för att utvinna kärnenergi. Med en permanent avstängd kärnkraftsreaktor avses detsamma som i 2 § 4 lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

Lag (2010:945).

5 b § (LKV, SFS 1984:3)

Vid prövning av ärenden enligt denna lag ska 2 kap. och 5 kap. 3–5 §§ miljöbalken tillämpas. Vid prövning av tillstånd att uppföra, inneha och driva en ny kärnkraftsreaktor ska även 17 kap. 6 a § miljöbalken tillämpas.

2.2.2 Nya lagförslag

Förslag på ändring enligt Klimat- och näringslivsdepartementet (2023):

17 kap. 6 a § (MB, SFS 1998:808)

Häri genomföreskrivs att 17 kap. 6 a § miljöbalken ska upphöra att gälla vid utgången av februari 2024.

5 b § (LKV, SFS 1984:3)

Vid prövning av ärenden enligt denna lag ska 2 kap. och 5 kap. 3–5 §§ miljöbalken tillämpas

2.3 GIS- baserad MKA för att hitta optimal placering av Kärnkraft

Morast och Wollberg (2020) har gjort en studie om placeringen av kärnkraftverk i Sverige med hjälp av GIS-baserad MKA. De använde AHP för att bedöma faktorernas viktning relativt varandra. Faktorerna och den initiala viktningen kom från deras litteraturstudie. Resultatet av studien var att Forsmark bedömdes som den bästa redan befintliga platsen att placera kärnkraftverk på och att de nya platserna som bedömdes som placerbara var Vanneberga, Mariefred och Sjötorp.

Abudeif et al. (2015) skrev en studie om hur de använde multikriterieanalys baserat på AHP och viktad linjär kombination (WLC) för att hitta den mest optimala platsen för ett kärnkraftverk i Egypten. Metoden bestod av tre faser där de först införde 6 restriktionskriterier sedan beräknade värdet på areorna och till sist jämförde de högst rankade areorna. Deras slutsats var att en optimal placering bör vara nära hav, elnät och relevant infrastruktur.

2.4 Faktorer för SMR

Tidigare studier som behandlar placering av kärnkraft har använt olika faktorer och kriterier beroende på vilket typ av kärnkraftverk det är och vilka förutsättningar som platsen har.

Salsabila et al. (2021) gjorde en GIS baserad multikriterieanalys i Kalimantan Barat, Indonesien för att finna en optimal plats att bygga ett kärnkraftverk på.

De använde uteslutande kriterier på områden som var 8000 m ifrån vattenkällor med nog mycket vatten för att kunna kyla ner ett kärnkraftverk, områden som var lokaliserade på magmatiska bergarter och områden med flackt och böljande landskap. De menar att områden som är utanför dessa gränser är för problematiska och associerade med faror, olyckshändelser och inte har några möjliga tekniska lösningar vilket gör det omöjligt att placera ett kärnkraftverk på.

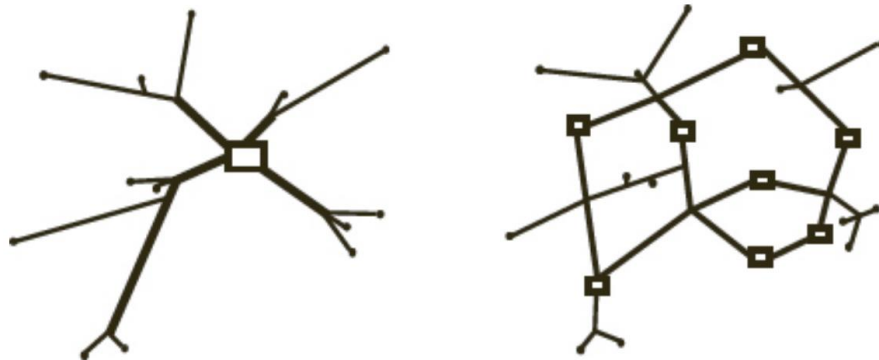
De menar att kärnkraftverk helst ska placeras så nära vatten som möjligt för att undvika den tekniska utmaningen att transportera vatten en lång sträcka. Områden med magmatiska bergarter ska användas då de ger en väldigt stabil grund för ett kärnkraftverk att stå på. Områden med flackt och böljande landskap bör användas då de inte innehåller några stora lutningar som kan ge upphov till erosion som kan skada ett kärnkraftverk i längden. IAEA (2015) skriver att man inte bör placera ett kärnkraftverk på områden som påverkas av erosion då marken anses vara geotekniskt olämplig. Enligt J. Blomgren (personlig kommunikation, 4 april 2023) så är det fullt möjligt att bygga en SMR på alla sorters marktyper vi har i Sverige även fast magmatiska bergarter så som granit är fördelaktigt när det gäller att placera en SMR. Salsabila et al. (2021) använde även också ett godtyckligt kriterie i sin studie för vägar, då man vill placera det i närhet av vägar men inte ett uteslutande kriterie då det enbart är en kostnadsfråga att bygga ut vägnätet.

Jansson (2008) beskriver flertalet kärnkraftverk och deras mellanstatliga effekter. Studien tog upp en av Sveriges tidigare kärnkraftverk Barsebäck i Öresund mellan Malmö och Landskrona. Vid planeringsstadiet 1965 så hade Sverige informerat Danmark om att bygga ett kärnkraftverk nära dess landsgräns. Danmark uppmuntrade Sverige till detta beslut då det kärnkraftverket också kunde nyttjas av elkonsumenterna i Köpenhamn. Efter kärnkraftverket hade satts i bruk började opinionen efter flertalet kärnkraftverkshaverier gå emot kärnkraft. Sveriges val av plats för just detta kärnkraftverk började då istället få skarp kritik av Danmark i rädsla för att Barsebäck skulle råka ut för samma öde som till exempel olyckan i Harrisburg eller Tjernobyl. Jansson (2008) menar att placering av kärnkraftverk kan leda till försvårade relationer mellan länder.

Devanand (2019) förklarar att närheten till konsumenter är viktig eftersom längre distanser till konsumenter späder på problemen med överföringskapacitet. De föreslår att SMR ska placeras som ett nät runt en hel region som lösning. Ett annat kriterie är att placera SMR på stora industrier, eftersom dessa kan placeras utanför städer och i så fall inte sätter elnätet under stress. Detta är även rimligt i hänseende till kravet på befolkningstäthet, där SMR av säkerhetsrisker inte skall placeras inom en radie av 10 km från närliggande städer.

Blomgren (2021a) skriver att det finns ett problem med att sprida elproduktionen runtom en region, då det leder till ett ökat distribuerat system. Problemet med detta är att det finns många olika anläggningar som samtliga anläggningar producerar relativt lite el. Med en sådan lösning måste ett stort antal ledningar placeras ut. Det leder till att det blir dyrare av två skäl. Det första är att det blir dyrare att bygga fler anläggningar som producerar lika mycket el som en stor anläggning. Det andra är kostnaden att bygga upp nätet blir mycket dyrare när man behöver bygga fler ledningar samt kan det vara svårt att få byggstillstånd.

Blomgren (2021a) menar att det bästa systemet är ett centraliserat system som man kan se i figur 1, där det finns fåtal platser där de producerar mycket el i vardera anläggningen som senare grenar ut sig i mindre ledningar. Det är både en billigare lösning att bygga och kommer producera billigare el.



Figur 1. Visar skillnaden av strukturen för centraliserat nät till vänster och ett distribuerat nät till höger (Blomgren, 2021b, s. 40). Strecken ska föreställa elledningar, punkter är konsumenter och fyrkanterna är producenter.

I studien av Macintosh (2007) beskrev de hur viktigt det är att placera ett kärnkraftverk i närheten av infrastruktur för att underlätta och minska på kostanden för transport av material och kärnbränsle. Exempel på infrastruktur som kan nyttjas för att transportera import och export av en sådan stor last är hamnar och väldigt stora vägar. Enligt Darelius (personlig kommunikation, 17 april 2023) så har frakten av delar till Sveriges kärnkraftverk historiskt skett primärt via havet då delarna för ett storskaligt kärnkraftverk har varit så stora att man inte vill störa det omgivningen till lands med stora lastbilstransporter.

2.5 AHP och Känslighetsanalys

I studien av Kordi och Brandt (2012) beskriver de hur man kan använda sig utav AHP och känslighetsanalys i en spatial multikriteriebeslutsfattningsanalys (MCDA) för att minska på osäkerheten på vikterna. AHP börjar med att lista upp många tillvägagångssätt och väljer de sätten som kommer ha den bästa effekten på slutresultatet. De beslutsfattande rankar vardera kriterier på skalan 1–9, där 1 stod för likvärdig betydelse och 9 stod för extremt mycket mer betydelse. Sedan görs en parvis jämförelse mellan olika kriterier för att få ut den relativa vikten mellan varandra.

Susiati et al. (2022) gjorde en studie för att lokalisera det bästa stället att placera ett kärnkraftverk med tanke på dess biologiska, socioekonomiska och katastrofrelaterade aspekter. För att göra detta lät de fyra oberoende domarpaneler med fyra olika expertisområden göra sin egen bedömning utifrån vilka kriterier de ansåg vara viktigast. Resultatet av deras prioriteringar går att läsa av i tabell 1 där de hade delat summan av kolumnen med antalet domarpaneler för att få ut ett genomsnittligt avrundat svar och sen ranking utifrån vilken prioritet de hade. Sedan gjorde de en parvis jämförelse där vardera kriterie visar sin prioritet mot de andra faktorerna för att sedan få normaliserade värden. Zabihi et al. (2015) beskriver normaliseringsteget i sin studie med att värdet för vardera observation divideras med summan av respektive kolumn och ett medelvärde bildas för dess rad. Det är dessa medelvärden som fungerar som en uppskattning av den relativa vikten och är resultatet av normaliseringen.

Tabell 1. Prioriteten och rangordningen som bestämdes av fyra domarpaneler (Susiati et al. 2022).

Parameter	Domarpanel 1	Domarpanel 2	Domarpanel 3	Domarpanel 4	Medelvärde	Prioritet
Fysiografisk	7	6	7	9	7	3
Landslutning	7	7	7	9	8	2
Grundvatten	4	3	5	9	5	5
Jordtyp	3	5	3	9	5	5
Regnfall	1	1	3	7	3	6
Klimat	5	2	3	7	4	3
Markanvändning och marktäcke	6	8	6	5	6	4
Landsystem	9	6	5	9	7	3
Avstånd till bosättning	9	9	9	9	9	1
Tillgänglighet	7	8	7	5	7	3
Centrala affärsdistrikt	9	8	9	5	8	2
Livsviktig och farlig infrastruktur	7	9	9	5	8	2
Geologisk struktur	9	7	7	9	8	2
Katastrofrisk	8	8	8	9	8	2

Studien av Yagmahan och Yilmas (2023) använde sig av känslighetsanalys för att göra en slutsats av vardera scenarios påverkan i en MKA. Resultaten från vardera scenario sammanfogades med resultatet från bas AHP viktningen för att göra en analys över likheter och skillnader mellan olika viktsättningar. Enligt Haddad och Sanders (2018) så kräver olika studier olika metoder för att analysera resultatet, det finns ingen metod som passar in på alla studier. Ett trovärdigt resultat är ett resultat som är konsekvent och inte påverkas så mycket av mindre förändringar i viktsättningen.

Därav bör man analysera robustheten av de olika utgångarna som olika viktsättningarna ger. Ifall inkonsekvensen blir för hög kan det betraktas som tvivelaktigt.

3 Metod

I studien genomfördes flera MKA för att hitta den optimala placeringen av SMR i elområde 4. För att bestämma vikterna för MKA:n genomfördes intervjuer med experter som sedan jämfördes mot litteraturen.

3.1 Området för studien

Elområde 4 är Sveriges sydligaste elområde och innefattar Blekinge län, Hallands län, Jönköpings län, Kronobergs län, delar av Kalmar län, Skåne län och Västra Götalands län. Kartan över området kan ses i figur 2a och 2b.



Figur 2a. Visar en översikt och terräng över elområde 4.



Figur 2b. Visar terrängen i elområde 4

3.2 Data

Data över de olika lagerna kommer från lantmäteriets översiktskarta samt Sveriges geologiska undersöknings (SGU) bergrundskarta, Lantmäteriets höjdmodell 50+, Lantmäteriets fastighetskarta och Flanders Marine Institute (2019) havsgränskarta. De individuella lagernas data är redovisade i tabell 2. Det finns ingen öppen geodata tillgänglig på internet för att lokalisera elområde 4. För att digitalisera gränsen för elområde 4 användes därför bilder från sidan Nätområden.se, som är utgiven av svenska kraftnät och Lantmäteriet.

För att georeferera bilderna användes liknande former i terräng, som till exempel vägar eller strandkanter för att skapa stödpunkter. Punkterna utjämnades med *first order polynomial*-metoden, som kräver minst 3 punkter, men i detta fall användes 10 punkter för att minska residualerna i georefereringen. Efter att linjen för elområde 4 hade digitaliserats användes den för att klippa i Lantmäteriets landkarta så att endast de landområden som tillhör elområde 4 kvarstod. Denna karta användes som referens för hela arbetet, och användes för att minimera mängden data som beräknades.

Tabell 2: Visar information om geodatan som använts i lagren.

Lager	Typ av lager	Namn på geodata	Publicerat datum	Upphovsrätt
Våtmarker & sjöar	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-01	©Lantmäteriet
Militära anläggningar	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-02	©Lantmäteriet
Städer & tätorter	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-03	©Lantmäteriet
Flygplatser	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-04	©Lantmäteriet
Skyddade områden	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-05	©Lantmäteriet
Hav	Restriktion	GSD-Översiktskarta	2021-10-06	©Lantmäteriet
Lutning	Faktor	GSD-Höjds-karta 50+	2020-02-25	©Lantmäteriet
Berggrund	Faktor	BERGGRUND 1:50 000	2017-12-20	©SGU
Hamnar	Faktor	GSD-Fastighetskarta	2019-07-02	©Lantmäteriet
Industrier	Faktor	GSD-Fastighetskarta	2019-07-03	©Lantmäteriet
Vägar	Faktor	GSD-Översiktskarta	2021-10-05	©Lantmäteriet
Landsgränser	Faktor	Exclusive Economic Zone (200NM)	2021-01-14	©Flanders Marine Institute
Elnätet	Faktor	GSD-Översiktskarta	2021-10-05	©Lantmäteriet
Städer	Faktor	GSD-Översiktskarta	2021-10-06	©Lantmäteriet
Hav	Faktor	GSD-Översiktskarta	2021-10-07	©Lantmäteriet

3.3 Dialog med experter

För att kunna göra en bedömning om vilka kriterier som ansågs vara av största vikt gällande placering av SMR i elområde 4 så fick experterna frågorna i förväg och sedan delta i en personlig intervju som spelades in efter ett godkännande av deltagaren. De fyra experterna valdes ut eftersom de har olika bakgrunder och expertisområden för att få så många olika synvinklar som möjligt på en och samma bedömning

Den första intervjun som genomfördes var med Jan Blomgren, professor i kärnfysik och författare till boken "Allt du behöver veta om Sveriges elförsörjning". Blomgren bedriver även företaget INBex som jobbar med rådgivning och utbildning inom kärnkraftsbranchen samt varit föreståndare för svenskt kärntekniskt centrum där han forskat om kärntekniska områden. Den första konversationen med Blomgren skedde genom mejl för att få reda på ifall han ville ställa upp på en personlig intervju och ifall han ansåg sig själv vara en expert inom området. Den personliga intervjun ägde rum den 4:e april år 2023 genom ett telefonsamtal.

Den andra intervjun som genomfördes var med Janne Wallenius, professor i reaktorfysik och har forskat inom fjärde generationens reaktorer. Wallenius är även en av grundarna till företaget Blykalla som har tagit fram den konceptuella designen för SMR:en SEALER 55 som Uniper satsar på att bygga i Sverige. Först hade en konversation startat på mejl med en annan professor på Kungliga Tekniska högskolan (KTH) om ämnet och en potentiell intervju, innan professorn rekommenderade att vi skulle vända oss till Wallenius istället då han hade större kompetens inom ämnet. Den personliga intervjun ägde rum den 12:e april år 2023 genom ett videosamtal.

Den tredje och fjärde intervjun med Martin Darelius och Ted Lind genomfördes både genom videosamtal där båda hade svarat på en enkät i förväg som inte krävde några utvecklande svar. Det gav respondenterna en inblick i ämnet och gjorde det möjligt att fokusera mer på utvecklande svar under intervjuerna som ägde rum den 17:e och 18:e april år 2023.

Martin Darelius är senior rådgivare inom kärnkraftverk på Vattenfall som är ett energiföretag som ägs av svenska staten. Målet som Vattenfall har satt upp är att modernisera vårt sätt att leva genom att leverera fossilfri el till nästa generations elkonsumenter. Efter en konversation på mejl genom vattenfalls kundcenter så rekommenderade de att ta kontakt med Darelius för en personlig intervju då han hade kompetens inom ämnet.

Ted Lind är affärsanalytiker på Uniper Sverige inom kärnteknisk strategi. Efter en konversation med presschefen på Uniper Sverige så fick vi kontakt med Lind för att kunna genomföra en personlig intervju.

Intervjuerna var semi-strukturerade. Beroende på respondenten ställdes lite olika frågor då de har lite olika yrken och specialistområden. Det möjliggjorde en bättre förståelse kring placering av SMR och vilka kriterier man bör beakta vid placering av en SMR. Det var några frågor som samtliga respondenter fick svara på som man kan se i bilaga A. De användes för att samtliga respondenter skulle få en så jämlig intervju som möjligt utan att leda respondenten till att svara på ett visst vis.

3.3.1 Intervjuer

Intervjuer är en användbar metod för att samla in information och kan vara särskilt värdefulla när man försöker förstå faktorer som påverkar beslutsprocesser. De tidigare studier som primärt har använts har genomförts i andra länder som har olika tekniska förhållanden som kan påverka deras relevans i Sverige. Därför kan intervjuer vara särskilt värdefulla för att bestämma relevant viktsättning som ska användas för multikriterieanalysen i den specifika kontexten.

Intervjuerna genomfördes i semistrukturerad form, vilket innebär att intervjuaren hade en viss struktur för frågorna, men även utrymme för att ställa följdfrågor eller fördjupande frågor baserat på den intervjuades svar.

För att genomföra intervjuerna i denna studie skickades kriterierna som deltagarna skulle rangordna till dem i förväg, så att de kunde förbereda sig på bästa möjliga sätt. Innan intervjuerna påbörjades fick deltagarna också information om att de skulle spelas in och att deras namn skulle användas i studien. De fick möjlighet att godkänna detta och inga intervjuer genomfördes utan samtycke från deltagarna.

Efter varje intervju transkriberades materialet noggrant för att dokumentera vad som sagts under intervjun. Detta möjliggjorde en mer detaljerad förståelse av intervjuerna. Transkriberingen kan ses i bilaga C1, C2, C3 och C4.

3.3.2 Enkäter

För att underlätta och effektivisera intervjuerna så fick de fyra experterna chansen att svara på en enkät. Där kunde de få läsa in sig i frågorna i förväg för att sedan utveckla sina svar ytterligare i en intervju. I studien valdes en webbaserad enkätundersökning med förhandsdefinierade svar för att göra enkäten snabb och tydlig. Samtliga frågor var ställda på så vis att de kunde svara på en gradskala som sträckte sig mellan 1–10 där högre siffror betyder att de bör ha större inverkan på den slutgiltiga placeringen av en SMR i elområde 4. AHP vikterna är baserade på siffrorna som kan ses i tabell 3.

Varje fråga hade också en möjlighet att svara öppet ifall respondenten ansåg frågan var för komplex för att svara numeriskt i en skala. Frågeformuläret kan ses i bilaga B.

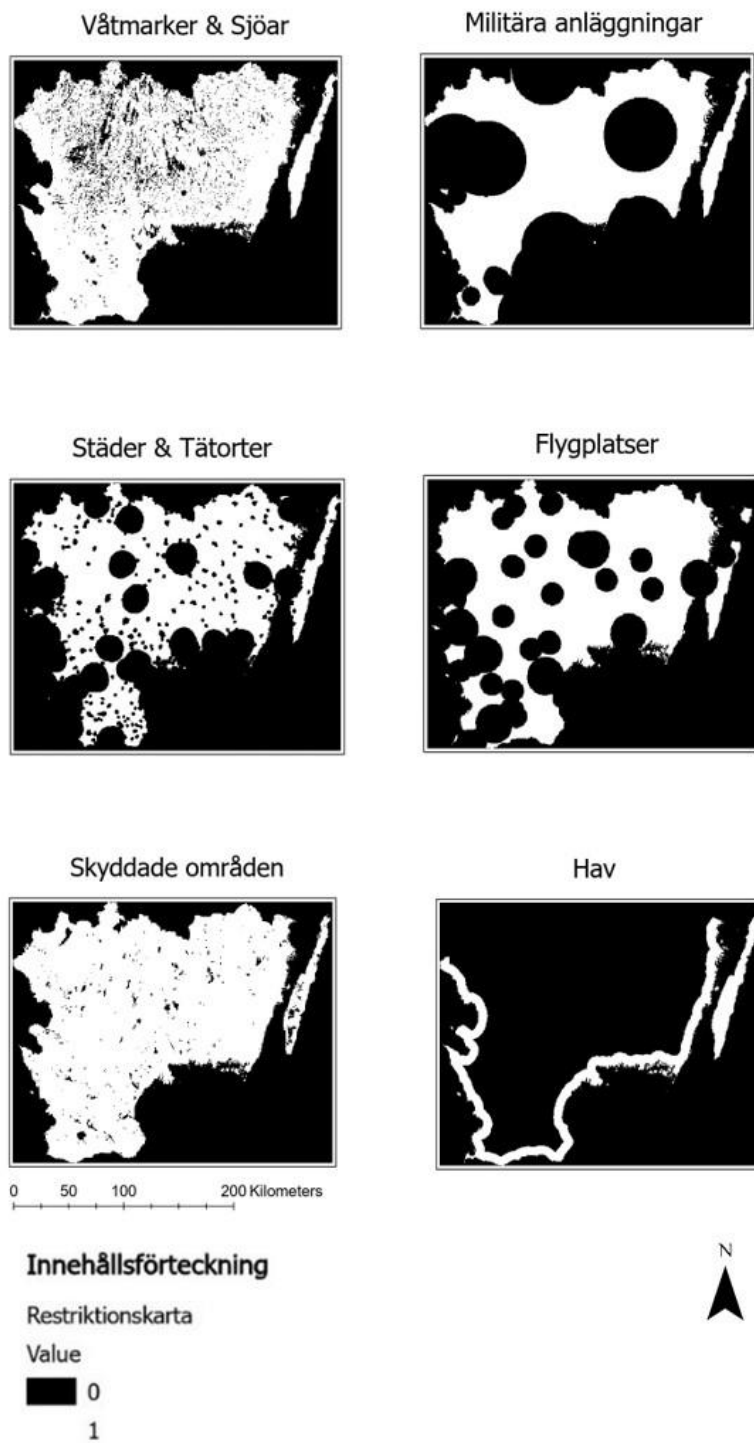
Tabell 3. visar AHP vikterna som användes.

Vikt	Namn
1	Likgiltig
3	Någorlunda viktigt
5	Måttligt viktigt
7	Stor vikt
9	Mycket stor vikt
10	Extremt viktigt
2,4,6,8	Mellanting mellan de satta vikterna

3.4 Restriktionskriterier

Det första steget i denna studie var att eliminera platser som räknades som restriktionskriterier. Generellt var datan i vektorformat vilket gjorde det enkelt att klassificera polygonerna från geodatan som restriktionskriterier. Om det var nödvändigt skapades buffrar för att definiera området som skulle uteslutas från analysen. Storleken på buffrarna återfinns i tabell 4.

När Restriktionskriterierna var definierade och givits vikt, sammanslogs datan med ett bakgrundslagret och gav de booleska vikterna 1 där det var möjligt att placera en SMR och 0 där det inte var möjligt att placera en SMR. Därefter rasteriserades samtliga kartor med rasterstorlek på 50 m för att de skulle vara jämbördiga vid rasterkalkylen som man kan se i figur 3. Vid sammanfogning av restriktionslagret användes Ekvation 1 där R_1 , R_2 , $R_3 \dots$ är restriktionskriterierna och m är det samlade restriktionslagret.



Figur 3. Samtliga restriktionslager. Samtliga kartor är gjorda i referenssystemet SWEREF 99 TM, kartorna baseras på © Lantmäteriet: GSD-Översiktskarta, Vägkarta och Fastighetsindelingskarta.

$$R_n = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \quad (1)$$

Tabell 4. Sammanställning av samtliga olämpliga områden att placera en SMR på och dess buffer som användes i studien.

Ej lämpliga områden	Minsta avstånd från (km)	<u>Motivering</u>
Små flygplatser	10	Minimera risk för olyckor och incidenter för små flygplatser (IAEA, 2015)
Stora flygplatser	16	Minimera risk för olyckor och incidenter för stora flygplatser. Större flygplatser anses vara mer riskfyllda då de är mer frekvent använda (IAEA, 2015).
Ammunitionslager	8	Minimera risken för olyckor och incidenter för militära anläggningar (IAEA, 2015)
Skjutfält	30	Minimera risken för olyckor och incidenter för militära anläggningar. Skjutfält anses vara extra riskfyllda och har därmed ett större avstånd (IAEA, 2015)
Våtmarker & Sjöar	0	Våtmarker & Sjöar har ett stort ekologiskt värde (IAEA, 2012)
Skyddade områden	0	Naturreservat har syfte att bevara biologisk mångfald enligt 7 kap. 4 § MB (SFS 1998:808). fornlämningar måste lämnas hänsyn till dess art och betydelse enligt 2 kap. 2 § KML (SFS 1988:950).
Städer	10	För att säkerställa människors säkerhet vid potentiella olyckor (strålsäkerhetsmyndigheten, 2019)
Tätorter	1	För att säkerställa människors säkerhet vid potentiella olyckor (IAEA, 2015)

3.4.1 Flygplatser

Samtliga flygplatsers anläggningar som var stora nog för att påverka elområde 4 identifierades med att hjälpa av lantmäteriets fastighetskarta och vägkarta. Beroende på flygplatsens användning så angavs två olika buffer storlekar. Om man ska placera ett kärnkraftverk enligt IAEA (2015) så bör det inte ske inom 10 km ifrån en mindre flygplats och 16 km ifrån en större flygplats. Detta är för att säkerställa kärnkraftverkets säkerhet genom att minimera riskerna för olyckor och incidenter.

De flygplatser som hade speciella restriktioner (Dronechart, 2023) angående flygvägar ansågs som stora flygplatser och fick en buffer på 16 km, medan resterande flygplatser i fastighetskartan angavs med en buffer på 10 km (figur 3).

3.4.2 Militära anläggningar

Militära anläggningar identifierades med hjälp av översiktskartan. På grund av säkerhetsrisken så ligger inte alla militära anläggningar ute på denna karta, men kartan ansågs ändå vara den mest trovärda. När anläggningarna väl identifierats var det viktigt att klassificera dem enligt deras funktion och riskpotential.

Det fanns två huvudtyper av militära anläggningar som kartlades, de som innehöll ammunition och de som var skjutfält. För att minimera riskerna för olyckor och incidenter krävdes en buffer.

Enligt IAEA (2015) anses ammunitionslagren vara mindre riskfyllda och fick därför en buffer på 8 km från sig. Skjutfälten ansågs ha en högre riskpotential och fick därför en större buffer på 30 km från sig. Geodatan över skjutfälten anger även en area i vatten som skjutfält, detta sker på grund av att möjliga missar kan hamna i dessa områden, med andra ord så är dessa vattenområden buffrar. För att undvika att "dubbelbuffra" togs därför dessa befintliga buffrar bort och ersattes med den 30 km buffer som skapades i lagret (figur 3).

3.4.3 Våtmarker & sjöar

Inom områden med våtmarker och sjöar bör man inte placera ett kärnkraftverk enligt IAEA (2012) eftersom de har viktigt ekologiskt värde och man vill minimera det ekologiska avtrycket. Världsnaturfonden (2023) skriver att våtmarker är väldigt viktiga för djurlivet då många fågelarter, grod- och kräldjur är beroende av dem för sin överlevnad. De har också en förmåga att rena naturen så inte för mycket näringsämnen hamnar i våra vattendrag, sjöar och hav. För att identifiera våtmarker och sjöar inom elområde 4 så användes översiktskartan (figur 3).

3.4.4 Skyddade områden

Skyddade områden är både naturreservat och kulturlämningar. Enligt 7 kap. 4 § MB (SFS 1998:808) är ett naturreservat och ett område med "syfte att bevara biologisk mångfald, vårda och bevara värdefulla naturmiljöer eller tillgodose behov av områden för friluftslivet". Enligt 2 kap. 2 § KML (SFS 1988:950) om fornlämningar står det "*Till en fornlämning hör ett så stort område på marken, sjö- eller havsbotten som behövs för att bevara fornlämningen och ge den ett tillräckligt utrymme med hänsyn till dess art och betydelse*". Därav är det inte lämpligt att bygga en SMR på dessa platser.

I studien av Damoom et al. (2019) så beskriver de att det inte behövs någon buffer, därav applicerades även det i denna studie. Alla naturreservat och kulturlämningar hämtades ifrån översiktskartan (figur 3).

3.4.5 Städer och tätorter

Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten (2019) skall kärnkraftverk inte placeras nära städer. För säkerheten skall bör en buffert på minst 10 km finnas mellan kärnkraftverket och närliggande städer. En stad definieras som en tätort med över 10 000 invånare (Helmfrid et al., 1991). För att identifiera dessa tätorter användes översiktskartan. Därefter filtrerades tätorterna så att endast de som hade över 10 000 invånare kvarstod.

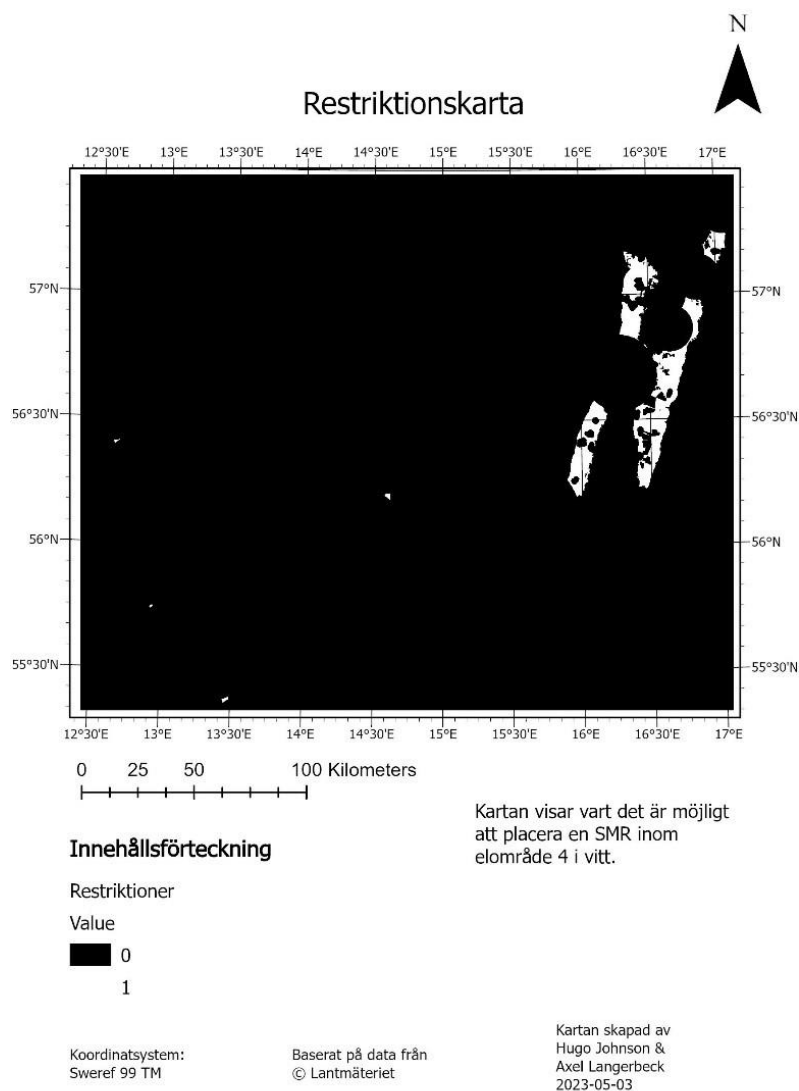
De överblivna tätorterna som fanns med i översiktskartan fick en buffer på 1 km för att undvika att parker och idrottsplatser som är delar av tätorter men inte räknas som det i lantmäteriets karta inte blev placerade på. Detta gjordes för att implementera IAEA:s (2015) krav på att kärnkraft inte får placeras i områden med en hög befolkningstäthet (figur 3).

3.4.6 Hav

Lagret för vattentillgång utnyttjar endast hav som vattenkälla. Eftersom sjöar och vattendrag i Sverige ansågs vara för små så riskerar de att höja temperaturnivån av och på så vis förstöra naturens ekosystem enligt experten M. Darelus (personlig kommunikation 17 april 2023) och T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) då de använder stora mängder vatten vid upphettning av turbin och släpper ut varmare vatten än vad som släpps in. För att det ska vara tekniskt möjligt att använda vattnet från havet så användes från Salsabila et al. (2021) rekommendation att den ska vara lokaliserad inom 8 km från vattenkällan. Datan hämtades från översiktskartan och kan ses i figur 3.

3.4.7 Övergripande restriktionskarta

För att sammanfoga restriktionskriterierna till ett lager som kan användas vid den slutgiltiga MKA:n där samtliga lager multiplicerades med varandra. Eftersom J. Blomgren (personlig kommunikation, 3 april 2023) hävdar att arean som krävs för att bygga SMR bör vara likna ett stort industriområde med en area på minst 500 x 500 m² så elimineras de områden som var för små från restriktionskartan som kan ses i figur 4.



Figur 4. Visar den övergripande restriktionskartan

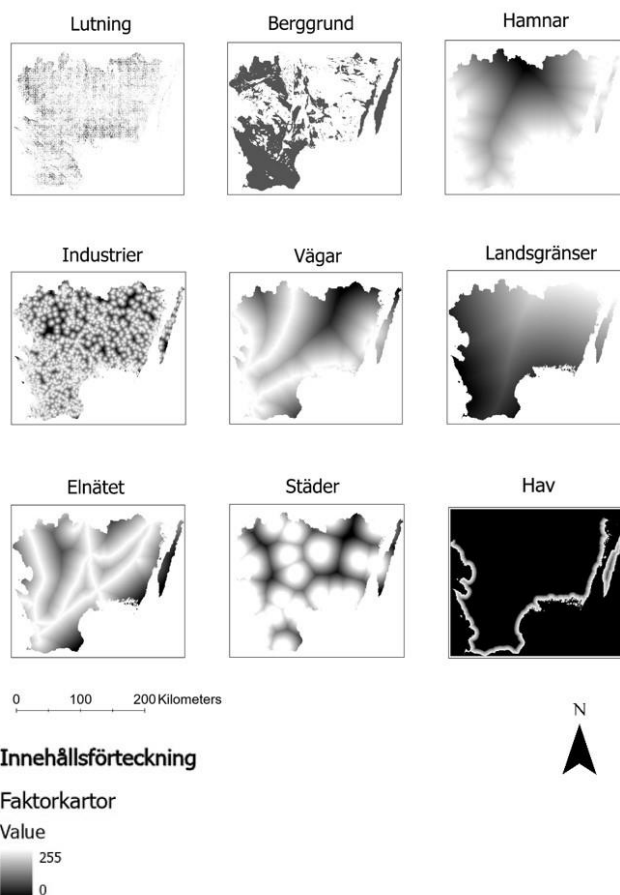
3.5 Faktorkriterier

För att hitta den mest optimala platsen för en SMR måste man även skapa faktorkriterier som visar vardera cells lämplighet på en angiven faktor. I studien har faktorkriterierna använts för att representera kriterier som vill vara så nära eller så långt ifrån vissa områden som möjligt eller för att visa exempelvis den föredragna terrängen. Till skillnad från restriktionskriterier som är helt booleska så har faktorkriterier ett mycket längre spann. För att göra en analys tillsammans med alla de andra kriterierna så normaliserades alla olika faktorer till samma spektrum för att respektive faktor skulle ha lika mycket inverkan vid rasterkalkyleringen.

Samtliga faktorer normaliserades till spektrumet 0–255 med ekvation 2 där N_i är resultatet av det nya pixelvärdet, P_i är originalpixelvärdet, P_{min} och P_{max} är det minsta respektive det största värdet i originalrastret, N_{min} och N_{max} är det minsta respektive maximala värdet i det nya rastret. De lägre siffrorna i spektrumet står för att det skulle vara väldigt låg lämplighet och de höga siffrorna står för att det är väldigt hög lämplighet. För de faktorer som behövde inverteras så pixelvärdet 255 hamnade på de mest lämpliga platserna och 0 på de minst lämpliga platserna användes Ekvation 3. Rastercellerna på samtliga faktorkriterier hade en upplösning på 50×50 m och kan ses i figur 5.

$$N_i = N_{max} - [(P_i - P_{min}) \times ((N_{max} - N_{min}) / (P_{max} - P_{min}))] \quad (2)$$

$$N_i = ((P_i - P_{max}) \times -1) + P_{min} \quad (3)$$



Figur 5. Visar samtliga faktorkriterier. Samtliga kartor är gjorda i referenssystemet: Sweref 99 TM. Kartorna baseras på © Lantmäteriet: GSD-Översiktskarta, GSD-Fastighetskartan, GSD- Höjdkarta 5+, ©SGU Berggrundskarta: 1:50 000, och ©Flanders Marine Institute: Exclusive Economic Zone (200NM).

Intervjusvaren och den komplimenterande enkäten gav vikter från ett svenskt perspektiv och jämfördes med annan litteratur i form av Susiati et al. (2022). Utifrån de fyra experternas svar beräknades ett medelvärde som sedan sattes i relation till varandra i programvaran AHP_v2 och fick ut en basvikt som man kan se i Tabell 6, denna basvikt användes sedan för att utföra multikriterieanalysen. För att upptäcka och jämföra skillnaderna i MKA:n mellan de olika experternas vikter så analyserades även experternas egna vikter var för sig. Motivering för de olika faktorlagrena kan ses i tabell 5.

Tabell 5: Visar typ av faktor och motivering för varje lager.

Lager	Typ av faktor	Motivering
Vägar	Ju närmre desto bättre	Vägar är viktiga ur ett transportperspektiv (Macintosh., 2007).
Hav	Ju närmare desto bättre	SMR behöver vatten, därför är det bra att ligga så nära det så möjligt (Devanand et al., 2019).
Städer	Ju närmre desto bättre	Att vara nära elkonsumenter är bättre (IAEA, 2012).
Industrier	Ju närmre desto bättre	Industrier är stora förbrukare av el precis som städer (Devanand., 2019)
Elnätet	Ju närmre desto bättre	Att vara nära elnätet är viktigt eftersom utvidgandet av elnätet är ekonomiskt och administrativt jobbigt (IAEA, 2012).
Landsgränser	Ju längre desto bättre	Landsgränser är viktiga för att undvika försvårade relationer mellan länder (Jansson., 2008).
Lutning	Ju mindre desto bättre	Att bygga på platt mark är bättre ur erosionsynpunkt (IAEA, 2015).
Berggrunder	Booleska	Magmatiska bergarter är bättre att placera SMR på en icke-magmatiska eftersom de är stabilare (Salsabila et al., 2021).
Hamnar	Ju närmre desto bättre	Hamnar är värdefulla ur ett transportperspektiv (J. Blomgren, personlig kommunikation 4 april 2023).

3.5.1 Närhet till väg

Lagret med närhet till väg skapades genom att hämta data från vägkartan. Vägarna markerades genom att göra ett urval där endast motorvägar som var sammanhängande i motorvägsnätet fick vara med i kartan. Det resulterade i höga värden i närhet till vägarna och låga värden långt ifrån vägarna. Kartan kan ses i figur 5.

3.5.2 Närhet till hav

Lagret med närhet till hav skapades genom att hämta data ifrån översiktskartan. Eftersom M. Darelius (personlig kommunikation 17 april 2023) och T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) hävdar att de enda sjöarna som går att använda inom Sveriges gränser är Vänern och möjligtvis Vättern (beroende på anläggningens storlek) så användes enbart havet som vattenkälla då ingen av dessa är inom elområde 4. Vid normaliseringen gavs en högre vikt närmare vattnet och lägre vikter längre ifrån havet med ett maximalt avstånd på 8km (figur 5).

3.5.3 Närhet till städer

I denna studie definieras elkonsumenter som både städer och stora industrier. Enligt studien bör kärnkraftverk placeras så nära städer som möjligt, dock utanför en 10 kilometersgräns. För att uppnå detta beräknades den Euklidiska distansen på stadsbufferlagret från restriktionskriterierna för att ge högre vikt nära staden och lägre vikt bort från staden (figur 5).

3.5.4 Närhet till Industrier

Enligt Sundlöf (2003) så är kemisk industri, massa- och pappersindustrin, järn- stål och metallverk de tre industrierna som har den största andelen elanvändning. Så dessa tre industrier hämtades från fastighetskartan och så höga vikter hamnade i närhet till industrierna och låga vikter långt ifrån industrierna (figur 5).

3.5.5 Existerande elnätet

Data över det befintliga elnätet hämtades från översiktskartan. Endast stamnätet användes, medan övriga delar av elnätet sällades bort. Höga vikter hamnade i närhet till elnätet och låga långt ifrån elnätet (figur 5).

3.5.6 Avstånd till Landgränser

Lagret för landsgränser hämtades från Flanders Marine Institute (VLIZ) via utgivaren Marineregions. "Gränsen" definieras som omfattningen av Danmarks ekonomiska zon, som korrelerar med formerna av Danmark. Höga värden hamnade långt ifrån landsgränsen och låga värden i närhet till gränsen (figur 5).

3.5.7 Lutning

Markens lutning i beräknades med hjälp av data från höjdkartan. Alla områden med en lutning på över 20° fick värdet 0 då de anses vara olämpliga på grund av erosionsrisken. För att områden med lägre lutning skulle få en högre vikt och områden med hög lutning skulle få en låg vikt inverterades spektrumet med ekvation 3 och kartan kan ses i figur 5.

3.5.8 Berggrund

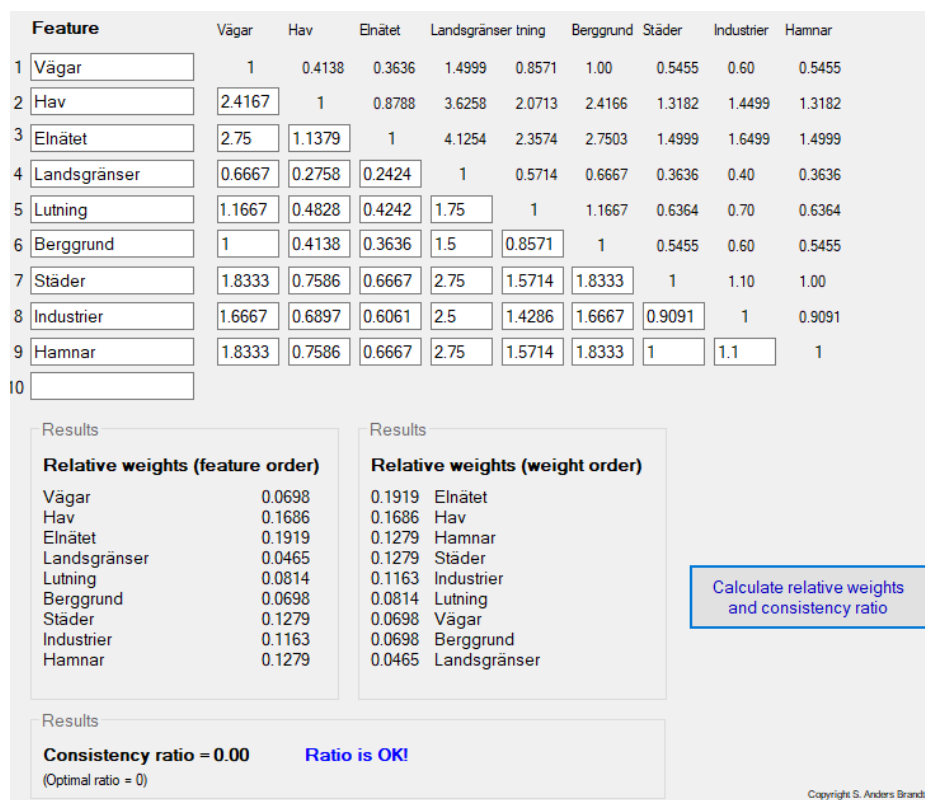
Det är en fördel att placera kärnkraftverk på magmatiska bergarter. Därför sällades data ut från SLU:s berggrundskarta så att ickemagmatiska bergarter fick värdet 127,5 medan de magmatiska bergarterna fick värdet 255 (figur 5).

3.5.9 Hamnar

Lagret för hamnar hämtades från fastighetskartan. Enligt (J. Blomgren, personlig kommunikation 4 april 2023) och T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) så är hamnar väldigt viktiga ur en transportsynpunkt, då det underlättar väldigt mycket att transportera delar till reaktorn till havs. Det resulterade i en högre vikt närmare hamnar och en lägre vikt långt ifrån hamnar (figur 5).

3.6 Experternas viktning & AHP

Vissa av experterna valde att inte svara med nummer på en skala i enkäten utan att enbart muntligt kommunicera vilka av faktorerna som de tyckte var viktigast. För dessa svar tolkades vikterna utifrån vad de ansåg vara viktigt eller oviktigt. Den genomsnittliga vikten är medelvärdet av de fyra experterna som intervjuades. Av medelvärdet gjordes en parvis jämförelse för att räkna ut AHP genom programvaran AHP_v2 Brandt (2006). Ifall en expert meddelade att de inte ansåg sig själva vara kunniga nog för att svara om en vikt så togs vikten bort från deras viktsättning och i den genomsnittliga viktsättningen så utgjordes medelvärdet av de resterande experterna. Basvikten i AHP beräknades genom att jämföra de fyra experternas medelvärde mot varandra. De fyra experternas viktsättning fick en egen AHP viktning där de enskilda experternas vikter jämfördes mot varandra. AHP vikten för Susiati et al. (2022) beräknades genom att jämföra viktsättningen mellan varandra för de faktorer som var översättbara till vår studie. I den parvisa jämförelsen blev konsistensförhållandet 0 vilket betyder att förhållandet mellan de olika faktorerna överensstämmer med varandra. Den parvisa jämförelsen och konsistensförhållandet kan ses i figur 6. Experternas egna viktsättningar och dess AHP viktsättning går att läsa av i tabell 6.



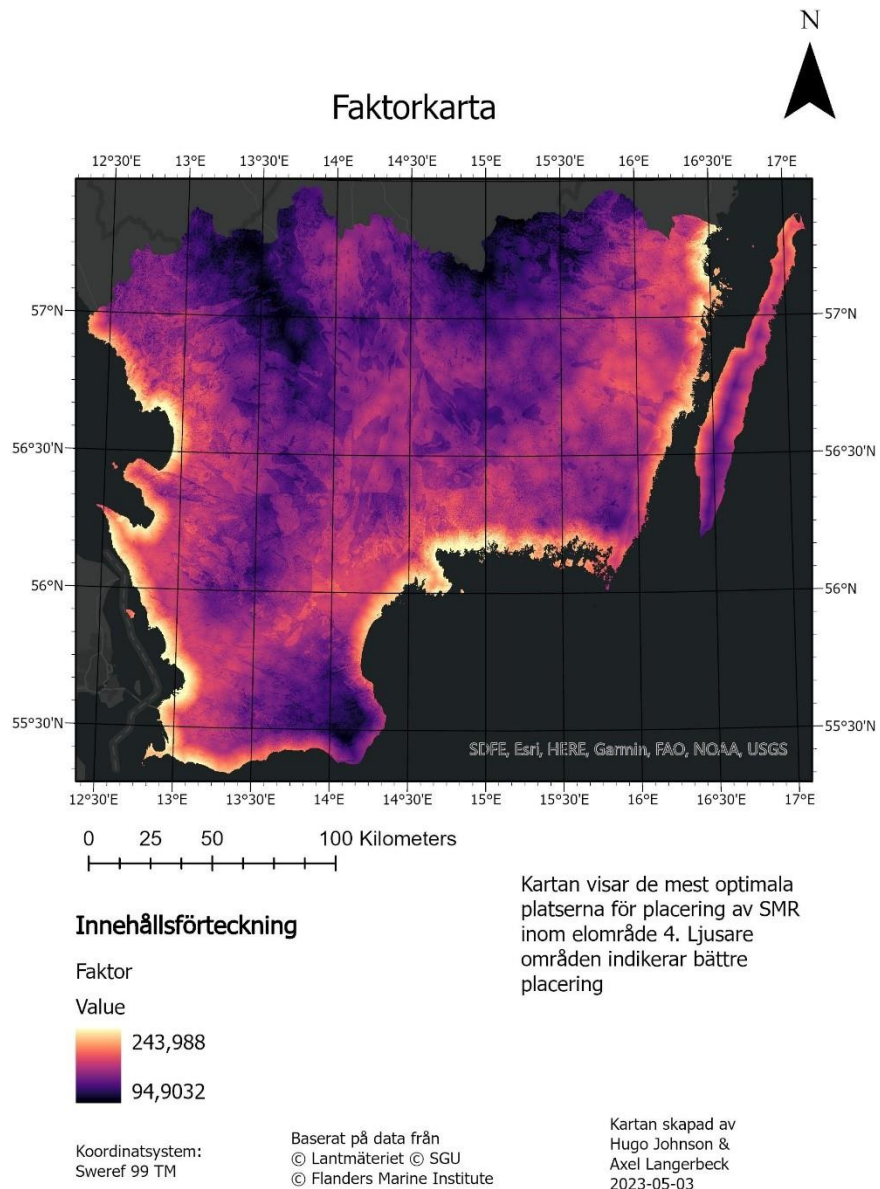
Figur 6. Visar den parvisa jämförelsen och konsistensförhållandet.

Tabell 6. Visar viktningen som bestämdes av de fyra experterna och från tidigare vetenskapliga studie. Streck betyder att experten inte ansåg sig vara kunniga nog för att ge ett svar eller att de inte använt detta kriterie i sin studie. Jan Blomgren (JB), Janne Wallenius (JW), Martin Darelus (MD), Ted Lind (TL), Genomsnittet för de fyra experterna som intervjuades ($\bar{x}$), Susiati et al. (2022) (S et al.). Basvikten i AHP-värden (B-AHP), Susiati et al. (2022) AHP-värde (S et al.-AHP)

Namn	Vägar	Hav	Städer	Industrier	Elnätet	Landsgränser	Lutning	Berggrund	Hamnar
JB	2	9	6	5	9	1	1	2	9
JW	2	6	4	7	8	2	1	2	2
MD	7	8	6	2	8	3	7	5	3
TL	1	6	6	6	8	2	5	-	8
$\bar{x}$	3	7,25	5,5	5	8,25	2	3,5	3	5,5
S et al.	8	5	9	-	-	-	8	8	8
B-AHP	0,0686	0,1686	0,1279	0,1163	0,1919	0,0465	0,0814	0,0698	0,1279

3.6.1 Faktorkarta

För att sammanfoga faktorlagren (F_N) till ett lager som kan användas vid den slutgiltiga MKA:n användes ekvation 4 där $F_1, F_2, F_3...$ är de olika faktorerna, medan $V_1, V_2, V_3...$ är vikterna. Kartan kan ses i figur 7.



Figur 7. Visar den övergripandefaktorkartan.

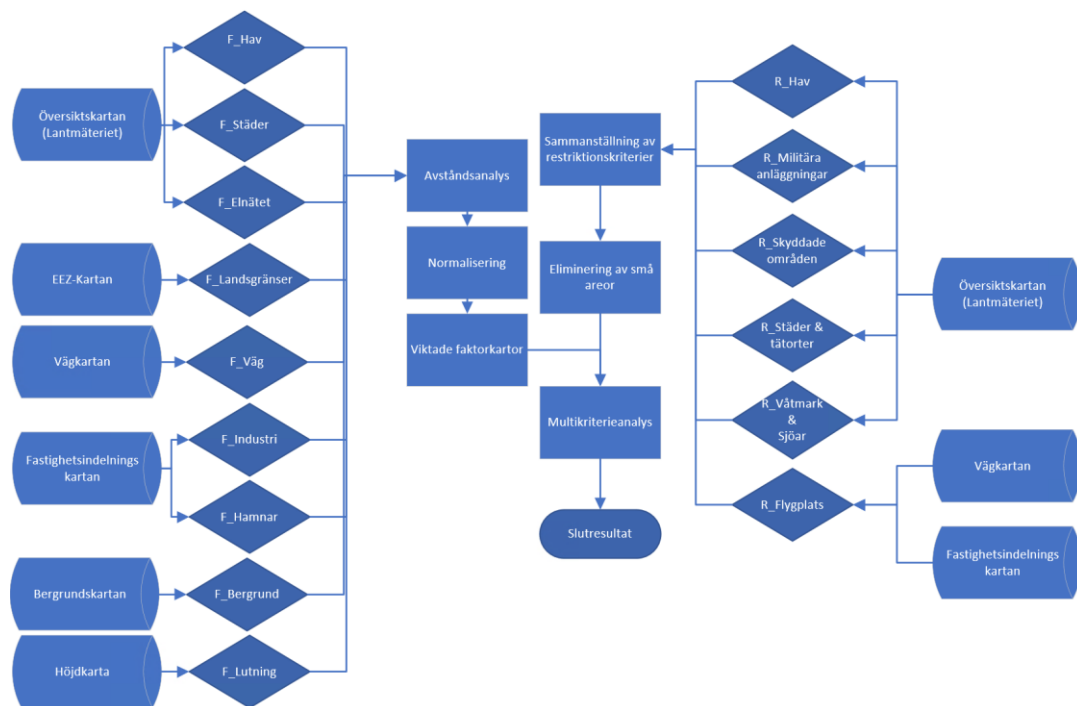
$$F_N = (F_1 \times V_1) + (F_2 \times V_2) + (F_3 \times V_3) + (F_4 \times V_4) + (F_5 \times V_5) \quad (4)$$

3.7 Multikriterieanalys

Ekvationen som användes för att kombinera den sammanlagda faktorkartan och den sammanlagda restriktionskartan redovisas i ekvation 5, där den samlade faktorkartan multipliceras med den samlade restriktionskartan för att få fram resultatet S av MKA:n.

$$S = \text{Samlade faktorkartan} \times \text{samlade restriktionskartan} \quad (5)$$

Tre olika beräkningar genomfördes i multikriterieanalysen (figur 8). I den första beräknades faktorlagret genom att använda vikter som bestämdes från de fyra experterna och multiplicera dem med sina faktorlager. I den andra sattes restriktionskriterierna samman till ett gemensamt lager som visade samtliga restriktioner. Den tredje kalkylen kombinerade både kriterierna och faktorlagret till ett gemensamt lager som blev resultatet av multikriterieanalysen.



Figur 8. Visar arbetsflödet för MKA:n där F står för faktor medan R står för restriktion.

För att jämföra skillnaderna för de olika intervjuvarerna, genomfördes fem separata multikriterieanalyser. multikriterieanalys genomfördes för varje enskild intervjuviktning, och en MKA gjordes utifrån medelvärden.

3.8 Känslighetsanalys

Enligt Kordi och Brandt (2012) så kan man använda känslighetsanalys i en MKA för att visa resultatets pålitlighet, då basvikterna kan ha en stor osäkerhet på grund av en subjektiv domarpanel. Olika domarpaneler har oftast olika preferenser och prioriteringar. Detta leder till att en viss osäkerhet och olika kartor som inte är helt konsekventa.

För att analysera resultatet av MKA i denna studie så genomfördes en känslighetsanalys med två olika metoder. Den första metoden är En-Faktor-I-Taget metoden (OAT) och den andra metoden gick ut på att eliminera en faktor i taget.

OAT metodens mål är att testa hur robust basvikterna är. Därav så ändrades samtliga faktorer med $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$ för att procentuellt se hur stor area som ändrades ifrån basviktens resultat. Denna studie använde sig av en OAT metod där vardera faktors vikt justerades proportionellt så att de stämde överens med ekvation 6 som är utvecklad av Chen et al. (2010). I ekvationen ska summan av alla faktorer vara lika med 1. Variabeln $w(c_i, pc)$ är vikten av kriteriet c med åtagande för i med en viss procentuell förändring. Variabeln $w(c_m, pc)$ är den huvudsakliga förändringen med kriteriet c_m som vikt med en viss procentuell förändring. Variabeln $w(c_i, 0)$ är vikten för av kriteriet c med åtagande för i med den ursprungliga basvikten. Variabeln $w(c_m, 0)$ är den huvudsakliga förändringen med kriteriet c_m som vikt vid den ursprungliga basvikten.

$$w(c_i, pc) = (1 - w(c_m, pc)) \times w(c_i, 0) / (1 - w(c_m, 0)); \quad i \neq m; 1 \leq i \leq n \quad (6)$$

Den andra metoden att eliminera en faktor i taget går också ut på att testa hur robust basvikterna är genom att kontrollera hur många procentavvikelser de olika modellerna får gentemot basviktens modell. Detta gjordes genom att subtrahera en modells vikt och addera den uteblivna vikten till de resterande modellernas vikt så summan var lika med 1. Denna metod används för att kunna ge ytterligare trovärdighet till resultatet och OAT metoden.

De båda metoderna gick ut på att finna den viktuppsättning som gav den mest robusta resultatet eftersom Yagmahan och Yilmas (2021) beskriver att resultatet där faktorerna är minst känsliga är det resultatet som är mest tillförlitligt. Resultatet av studien kommer även att kontrolleras mot tidigare placeringar av kärnkraftverk inom elområde 4 för att bekräfta resultatets validitet.

3.8.1 Klassificering

För att analysera resultatet från känslighetsanalysen klassades rastercellerna in i grupper, baserade på vilket värde de fick i analysen. Sedan beräknades känsligheten av analysen genom att mäta hur cellerna rörde sig mellan de olika grupperna.

Eftersom spektrumets på analysen var 0–255 så delades de in i klasserna (k): k1 oplacerbart ($k1 \leq 100$), k2 lägst placerbarhet ($100 < k2 \leq 150$), k3 låg placerbarhet ($150 < k3 \leq 200$), k4 medelhög placerbarhet ($200 < k4 \leq 225$), k5 hög placerbarhet ($225 < k5 \leq 255$).

För att visa vilket område som fick högst rankning utan restriktionskriterierna klassificerades resultatet av den kartan om till spektrumet på ($k1 \leq 238$) och ($238 < k2 \leq 255$) så att det endast visade det bästa hypotetiska området.

4 Resultat

4.1 Resultatet från intervjuerna och litteraturen

Intervjuerna från experterna Jan Blomgren, Janne Wallenius, Martin Darelius, Ted Lind sammanfattas i detta avsnitt. Transkriberingen av intervjuerna återfinns i bilaga C1, C2, C3 och C4.

4.1.1 Jan Blomgren, kärnkraftsentreprenör och tidigare professor inom tillämpad kärnfysik

Jan Blomgren gav insikt till Sveriges drivande av kärnkraftverk och hur placeringen förmodligen skulle se ut. Han ansåg att det var bättre att placera flera SMR:er på en plats än att hitta många små platser. Därför ansåg han att en större plats var att föredra, även utav den anledningen att SMR fortfarande kräver stödjande infrastruktur. När det gällde kriterierna var han positiv till de flesta av dem, han ansåg att seismiska kriteriet inte var ett problem i Sverige då det inte finns någon jordsbävningsszon.

I rankningen ansåg han att de viktigaste kriterierna var närhet till hamn, nära stamnätet och tillgång till vatten. Mellankriterierna var: acceptans från lokalbefolkningen, närhet till industri och närhet till städer. De lägsta kriterierna var: lutning i terrängen, närhet till vägar och berggrund.

J. Blomgrens (personlig kommunikation, 3 april 2023) viktningmodell skilde sig lite från det slutgiltiga resultatet. Placeringarna var likadana men arean som ansågs ha medelhög placerbarhet eller bättre blev större. Ett exempel är att Barsebäck-placeringen hade enstaka celler som var lägre än hög placerbarhet i det slutgiltiga resultatet, medan J. Blomgrens (personlig kommunikation, 3 april 2023) viktning visade att alla celler hade hög placerbarhet. Områdena som hade hög placerbarhet var Barsebäck och små delar av Mönsterås. Alla 11 områden behåller sin rank. Medelvärdet bland cellerna i 2, 3, 4, och 5:e klassen var 3,17. Statistik över arealfördelning återfinns i figur 10.

4.1.2 Janne Wallenius, professor i reaktorfysik vid kungliga tekniska högskolan

Janne Wallenius svarade på frågor om SMR generellt men även specifika frågor om Sealer-55. Han nämnde även att SMR:er som Sealer-55 inte behöver påfyllning av kärnbränsle under sin livstid, vilket leder till ett mindre behov av hamn. Han föreslog även att hitta en plats där en SMR skulle kunna grävas ner i marken.

Han ansåg att platser som påverkas av jordbävningar och vulkaner inte är lämpliga för placering av SMR, men att man kan bortse från detta i Sverige där fenomenen inte existerar.

I rankningen ansåg han att det viktigaste var närhet till elnätet, närhet till vatten och industri. Mellankriteriet var närhet till stad. Han ansåg att tillgång till hamn, närhet till landsgränser, lutning i terrängen och vägar inte var viktigt.

J. Wallenius (personlig kommunikation, 12 april 2023) viktning gav färre celler med hög placerbarhet, där endast delar av Barsebäck får hög placerbarhet och Mönsterås blev degraderad till enbart medelhög placerbarhet. Solsidan blir även degraderad till låg placerbarhet. Därför behåller enbart 9 av 11 områden sin rank. Medelvärde för J. Wallenius viktning var 2,930, statistik över areafördelning återfinns i figur 10

4.1.3 Martin Darelius, senior rådgivare i kärnkraftsteknologi vid Vattenfall AB

Martin Darelius gav oss insikt i stora energibolags strategier kring placeringen. Han förstärkte Jan Blomgrens åsikt om att man hellre placerar flera SMR på en plats än att sprida ut dem på många olika platser. Han bedömde även att en plats för kärnkraft måste ha så pass mycket tillgång till vatten att endast havet, Väner och möjligtvis Vättern skulle vara nog. Han tog även upp kyltorn som ett alternativ för att göra mindre vattensamlingar möjliga, men berättade även att dessa aldrig har använts i Sverige.

I rankningen ansåg han att närhet till vägar, vatten, elnät och områden med liten lutning var viktiga. Han valde ut berggrund och närhet till städer som mellanviktiga. De lägst viktiga kriterierna för honom var: närhet till hamn, industrier och landsgränser. Han argumenterade emot att närhet till hamnar var viktiga eftersom det var enklare att bygga en hamn på platsen som man hittat istället för att använda en allmän hamn. Samma tankesätt placerades även på industrier där industrier etablerar sig i närheten av kärnkraftverk snarare än tvärt om.

M. Darelius (personlig kommunikation 17 april 2023) viktning gav inga celler med hög placerbarhet. Barsebäck hade fortfarande det högsta värdet i klassen men blev fortfarande degraderad till medelhög placerbarhet. Båda områdena Mellböda och Solsidan blev degraderade till låg placerbarhet. Därför behåller 9 av 11 områden sina rankningar. Medelvärde för M. Darelius (personlig kommunikation 17 april 2023) viktning var 3,076, statistik över areafördelning återfinns i figur 10.

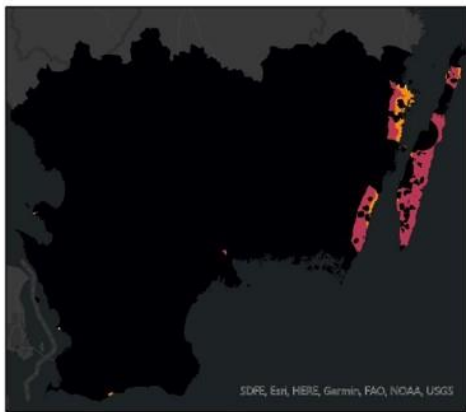
4.1.4 Ted Lind, affärsanalytiker inom kärnteknisk strategi, Uniper Sverige

Ted Lind svarade på generella frågor om placeringen. Han svarade på att själva reaktorbyggnaden för en Sealer-55 SMR är 50x80 meter, men att detta inte innefattar övriga byggnader och skyddsområdet. Den lokala opinionen var något som Ted Lind ansåg vara extremt viktigt eftersom det kommunala vetot kan sätta stop för all kärnkraftsverksamhet. Han tar också upp att flertalet länder har börjat investera i SMR som till exempel Ryssland, Frankrike, Estland och Kanada.

Ted Lind valde närhet till hamn och elnätet som de viktigaste faktorerna. Mellanfaktorerna var närhet till städer, industri, vatten och lutning i terrängen. De lägst värderade var närhet till vägar och avstånd från landsgräns. Ted Lind ansåg att han inte kunde svara på hur mycket berggrunden spelade in. Han ansåg att Hamnar var mycket viktigare än vägar eftersom det är enklare att leverera en reaktor med fartyg. Han tyckte även att det inte var rimligt att bygga en hamn för en SMR och föredrog därför en redan befintlig hamn.

T. Linds (personlig kommunikation 18 april 2023) viktning förstorar arean som har hög placerbarhet i Mönsterås medan Barsebäck degraderas till medelhög placerbarhet. Ekenäs och Pataholm förlorar stora delar av sin medelhöga placerbarhet. Mörbylånga och Solsidan degraderas till låg placerbarhet, därför behåller 8 av 11 områden sina rankningar. Cellernas medelvärde för T. Linds (personlig kommunikation 18 april 2023) viktning var 3,078. Statistik över arealfördelning återfinns i figur 10. Kartorna för de individuella viktningarna återfinns i figur 9 och genomsnittet på cellvärdena i tabell 7.

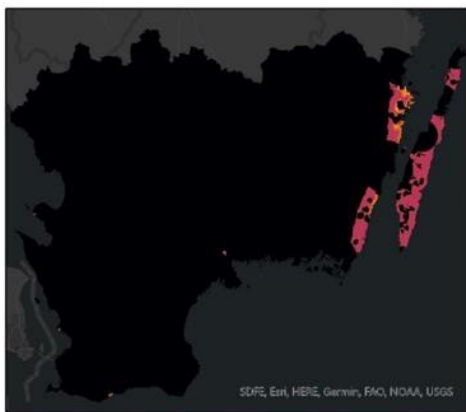
Jan Blomgrens MKA



Janne Wallenius MKA



Martin Darelus MKA



Ted Linds MKA



0 25 50 100 Kilometers

Innehållsförteckning

Experter

Value

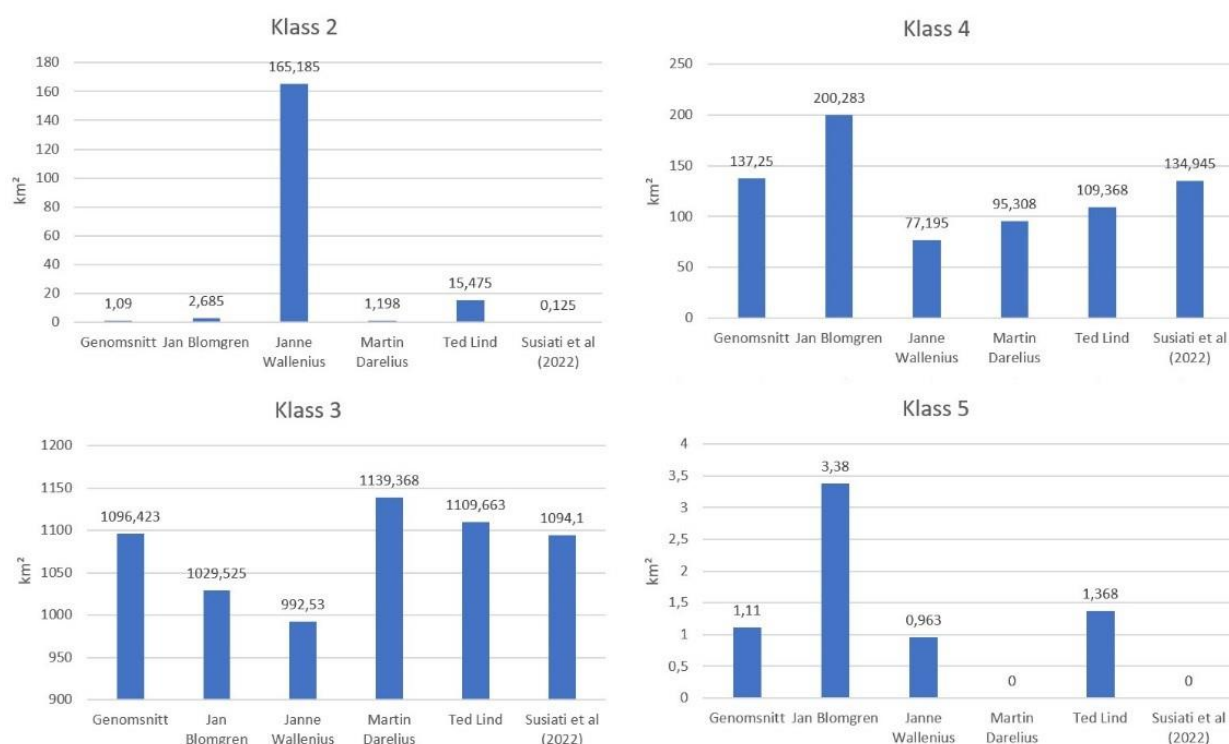
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Figur 9. Visar kartorna utifrån experternas egen viktsättning.

Tabell 7. Visar genomsnittet på cellvärdena i de olika modellerna och bas-AHP på skalan 1–5 där högre värden visar en högre övergripande placerbarhet.

Viktsättning	Medelvärde
Bas-AHP	3,11
J. Blomgren	3,17
J. Wallenius	2,93
M. Darelius	3,08
T. Lind	3,08
Susiati et al	3,11

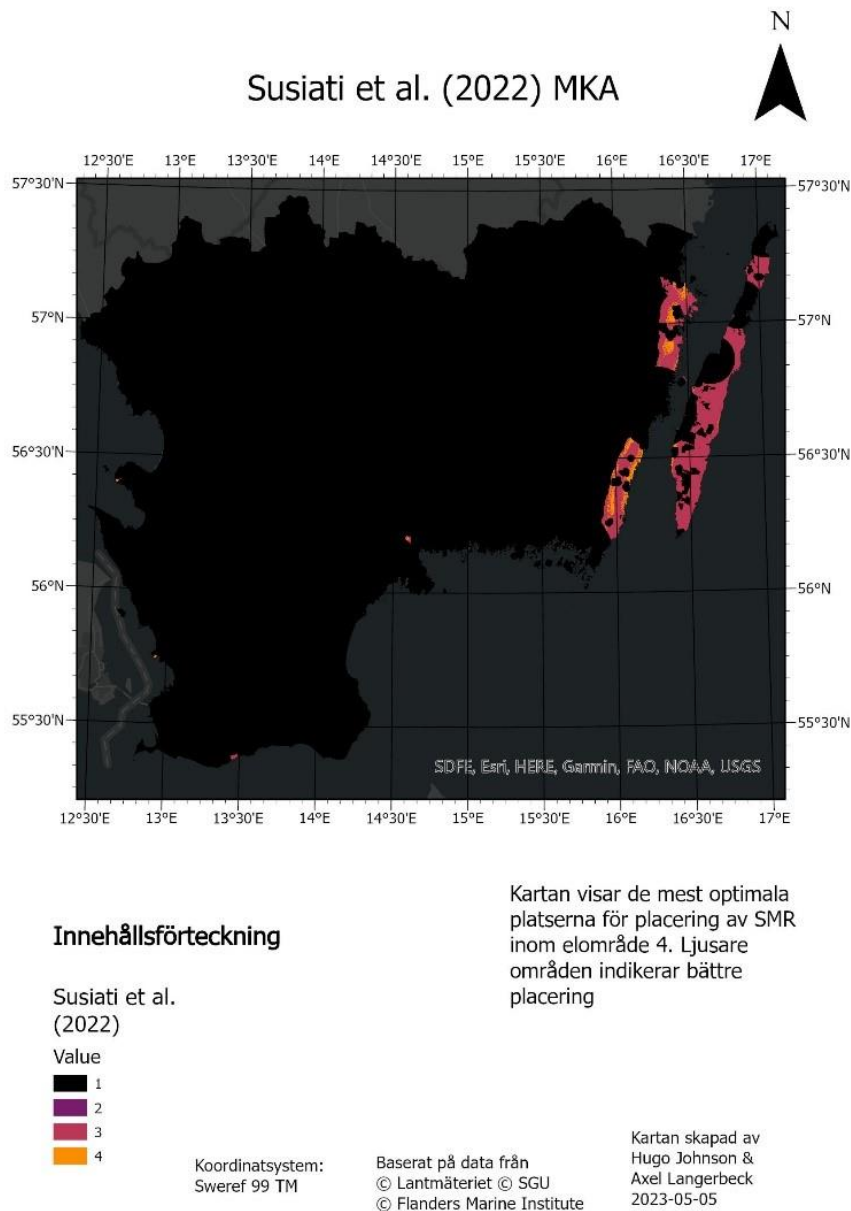


Figur 10. Visar statistik över arealfördelning i klasserna 2, 3, 4 och 5. Celler som klassas som oplacerbara är borttagna för bättre visualisering.

4.1.5 Vikt från litteraturen

När domarpanelernas vikter från Susiati et al. (2022) applicerades i studien degraderades Barsebäck och delar av Mönsterås ned till medelhög placerbarhet.

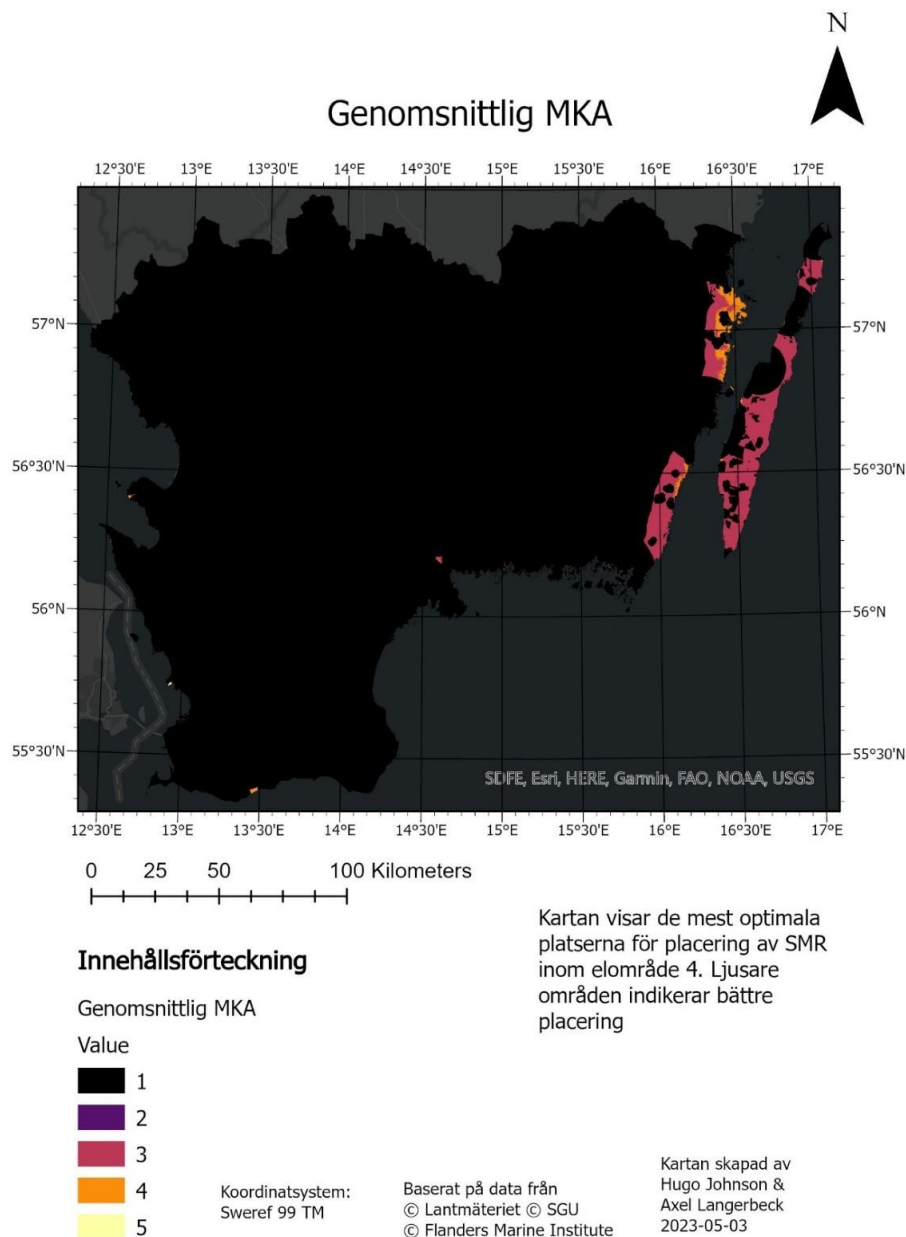
Men även resterande områden får förminskad area som klassas till hög placerbarhet, och även ett nytt område med medelhög placerbarhet kring Hagby-Bläsinga på Öland. Medelvärde för Susiati et al (2022), viktning var 3,11, statistik över areafördelning återfinns i figur 10, och kartan återfinns i figur 11.



Figur 11. Visar resultatet av viktsättningen från Susiati et al. (2022).

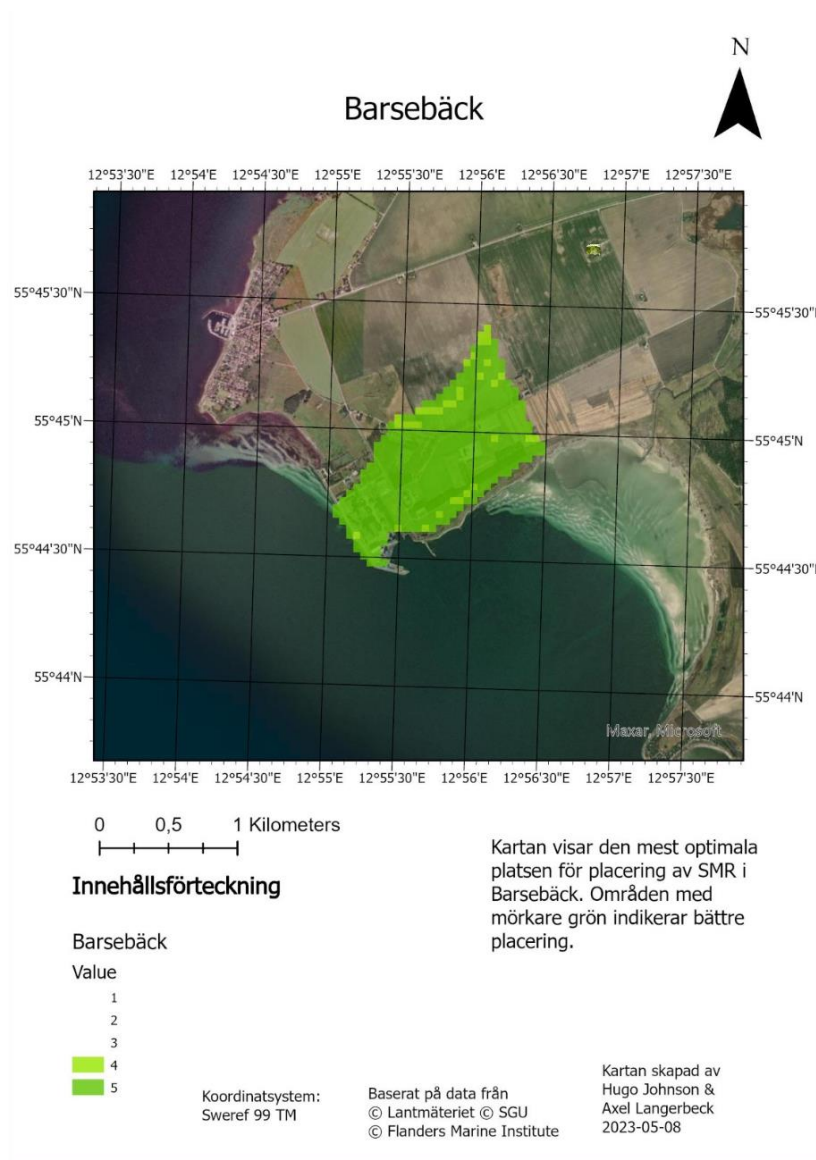
4.2 Genomsnittlig MKA

I figur 12 så kan man se den bästa placeringen av SMR utifrån den genomsnittliga viktsättningen. Det allra bästa området är Barsebäck som är beläget på Skånes västkust, följt utav Mönsterås beläget på Smålandskusten. Dessa är de två områdena som har fått en area som har klassificerats som hög placerbarhet. Resterande områden som enbart nådde låg placerbarhet till medelhög placerbarhet var Skateholm, Solsidan, Ekenäs, Mörbylånga, Stora rör, Revsudden, Mellböda, Pataholm och Kylinge. Medelvärde bland cellerna i klasserna 2,3,4 och 5 blev 3,110.

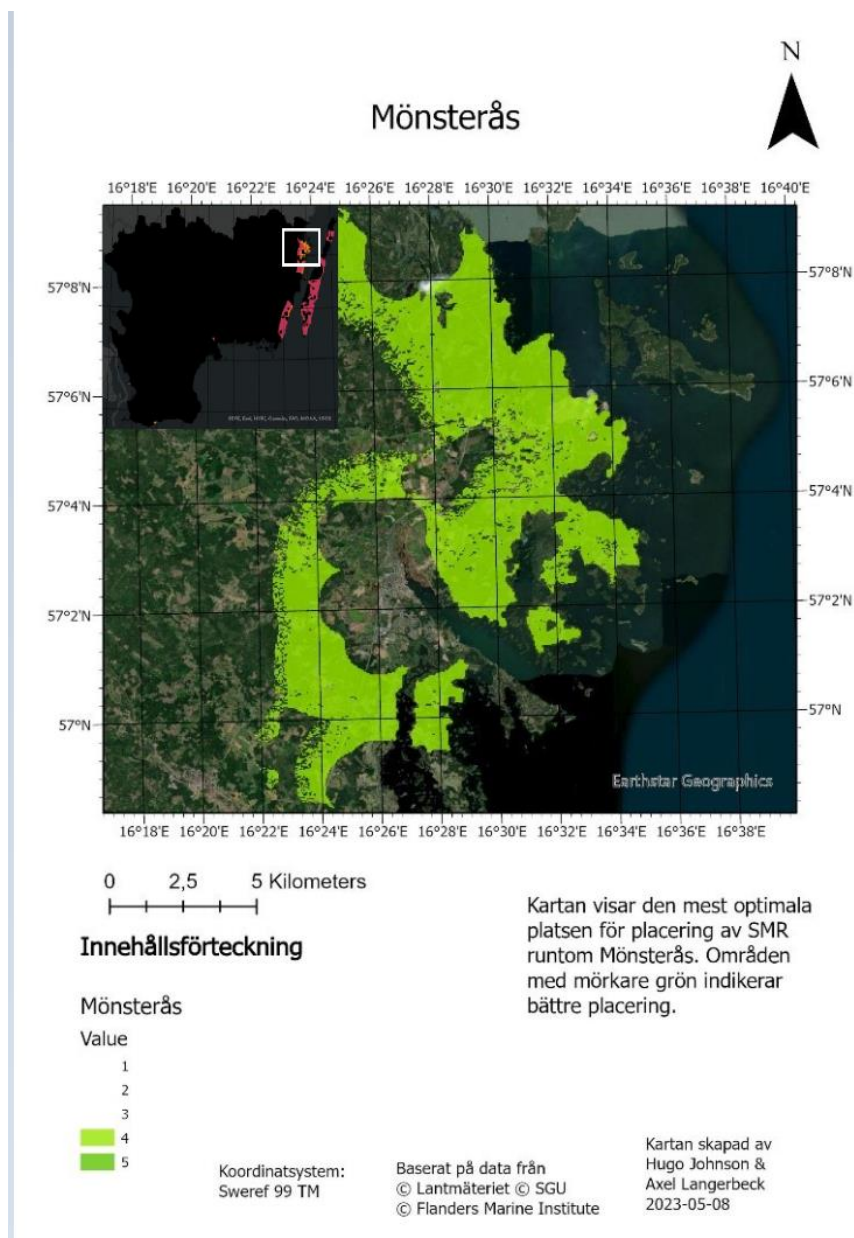


Figur 12. Visar resultatet av den genomsnittliga viktsättningen.

De två områden som hade areor med hög lämplighet och medelhög lämplighet var Barsebäck (figur 13) och Mönsterås (figur 14). Arean för dessa platser kan ses i tabell 8 där man kan se att den totala arean för Mönsterås var betydligt högre med en area på 81,873 km² mot Barsebäcks area på 1,16 km². Arean för k5 var däremot högre vid Barsebäck som hade en area på 1,073 km² mot Mönsterås med en area på 0,038 km². Det visar att Barsebäcks totala area som är passande är mindre än Mönsterås, och består mestadels utav area med klassen k5 (hög placerbarhet). Mönsterås är tvärtom, det är mycket större total area men består nästan enbart utav area med klassen k4 (medelhög placerbarhet).



Figur 13. Visar Barsebäcks lämplighet.



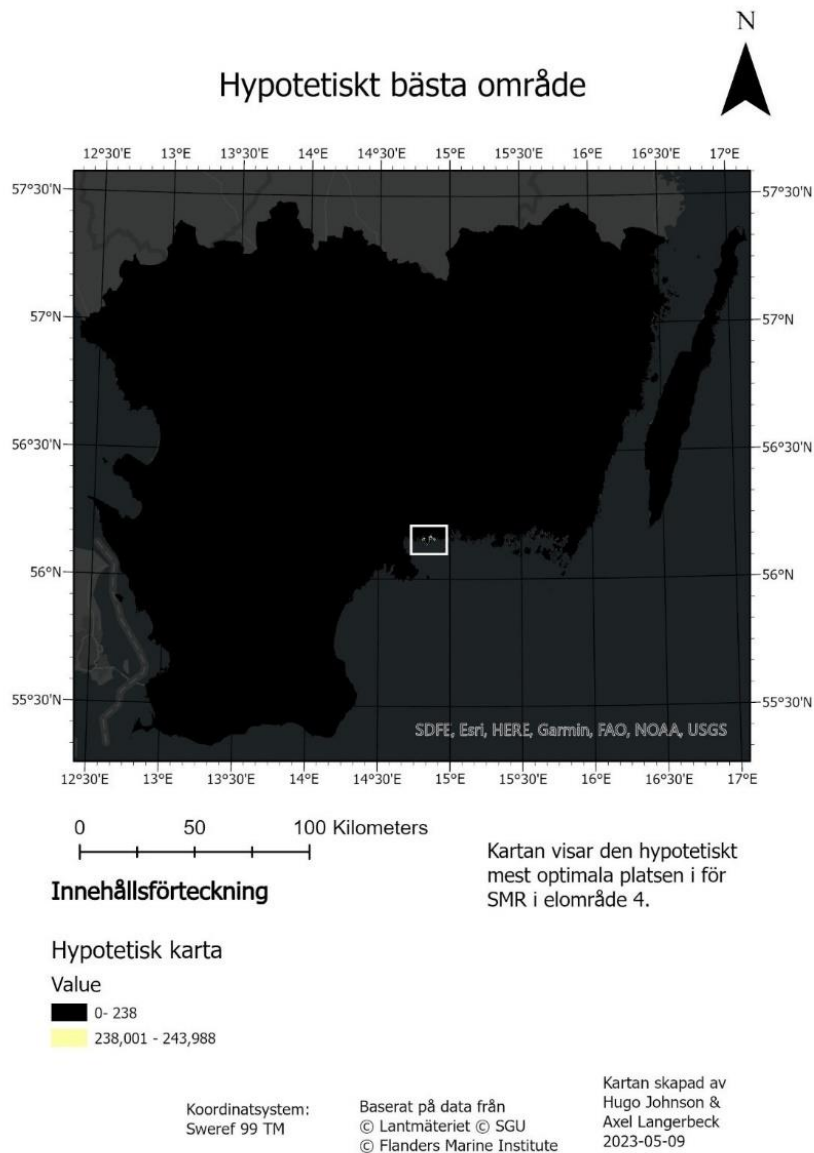
Figur 14. Visar lämpligheten runtom Mönsterås.

Tabell 8. Visar arean (km^2) på de två bästa klasserna för Barsebäck och Mönsterås. Celler som klassas som oplacerbara är borttagna för bättre visualisering.

Klasser	Barsebäck	Mönsterås
$200 < k_4 \leq 225$	0,088	81,84
$225 < k_5 \leq 255$	1,073	0,038
Total area	1,16	81,873

4.2.1 MKA utan restriktioner

Utan restriktionskriterierna är den bästa platsen för placering av kärnkraftverk enligt den genomsnittliga faktorkartan, ett område i närheten av Karlshamn. Området visas upp i figur 15.



Figur 15. Visar Faktorkartan när den har blivit omklassad så graderingen 0–238 är svart och graderingen 238,001–243,988 är gul. Området i gult ligger väster om Karlshamn.

4.3 Känslighetsanalys

4.3.1 OAT metoden

Viktförändringarna som användes i denna känslighetsanalys var $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, och $\pm 30\%$ från de genomsnittliga AHP-värdena. Anledningen till att just dessa vikter användes var för att kunna se på en större skala hur vikterna förändras och om den slutgiltiga placeringen behåller sin plats.

Som man kan se i tabellerna 9–17 så står den största förändring i modellerna när stadslaget fick en ändrad vikt på -20% där den genomsnittliga förändringen låg på $818,48\%$. Överlag låg den procentuella genomsnittsförändring för alla klasser på $88,61\%$. Detta visar på att vissa faktorer är ganska känsliga när de utsätts för höga viktfuktuationer. Om vi enbart kollar på klasserna k4 och k5 ser vi istället att den absolut högsta genomsnittsförändringen i en modell var när vattenlagret fick en ändrad vikt på $+30\%$, där var genomsnittet 86% , medan det gemensamma genomsnittet låg på $16,30\%$. Vilket visar på att klasserna med högre placerbarhet inte ändras i samma utsträckning. Platsen som samtliga 54 modeller i OAT metoden hade som bästa plats var området runt Barsebäck.

Tabell 9. Förändringar i vägviktningen.

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Vägar - 30%	37673,065	2,595	1099,3575	132,7875	1,1325	35,90	2,64
Vägar - 20%	37673,065	1,985	1098,8425	133,9425	1,1025	21,35	1,54
Vägar - 10%	37673,065	1,4625	1097,7525	135,5475	1,11	8,88	0,62
Vägar +10%	37673,065	0,78	1094,925	139,0625	1,105	7,59	0,89
Vägar +20%	37673,065	0,5475	1093,0325	141,1825	1,11	13,24	1,43
Vägar +30%	37673,065	0,37	1090,8	143,5825	1,12	18,02	2,76

Tabell 10. Förändringar i vattenviktningen.

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Vatten - 30%	37673,065	2,7425	1137,9875	94,7975	0,345	63,81	49,92
Vatten - 20%	37673,065	0,935	1126,8575	107,37	0,71	18,70	28,90
Vatten - 10%	37673,065	0,395	1111,735	122,7525	0,99	21,63	10,69
Vatten +10%	37673,065	8,9025	1110,2575	115,5725	1,14	184,13	9,25
Vatten +20%	37673,065	5,935	1067,575	160,6125	1,75	130,45	37,34
Vatten +30%	37673,065	11,765	1048,22	173,1475	2,74	289,19	86,50

Tabell 11. Förändringar i elnätsviktningen.

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Elnät -30%	37673,065	0,2075	1109,3975	126,2225	0,045	46,53	51,99
Elnät -20%	37673,065	0,3675	1106	129,12	0,385	34,60	35,62
Elnät -10%	37673,065	0,625	1101,67	132,7	0,8775	16,85	12,13
Elnät +10%	37673,065	22,6475	1128,2525	84,0275	0,945	508,57	26,82
Elnät +20%	37673,065	5,265	1080,8775	148,475	1,255	101,42	10,62
Elnät +30%	37673,065	12,15	1061,3775	160,96	1,385	264,98	21,02

Tabell 12. Förändringar i landsgränsviktningen.

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Landsgränser -30%	37673,065	1,0325	1093,9175	139,7325	1,19	3,63	4,51
Landsgränser -20%	37673,065	1,0525	1094,755	138,8925	1,1725	2,60	3,41
Landsgränser -10%	37673,065	1,0725	1095,58	138,0625	1,1575	1,64	2,44
Landsgränser +10%	37673,065	1,1	1097,4925	136,2225	1,0575	1,62	2,74
Landsgränser +20%	37673,065	1,1225	1098,615	135,1975	0,9375	5,05	8,52
Landsgränser +30%	37673,065	1,165	1099,655	134,315	0,7375	10,72	17,85

Tabell 13. Förändringar i lutningssviktningen.

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Lutning - 30%	37673,065	8,3975	1114,595	111,8875	0,9925	175,28	14,53
Lutning - 20%	37673,065	4,5	1110,1725	120,1675	1,0325	83,38	9,71
Lutning - 10%	37673,065	2,2425	1102,74	129,82	1,07	28,83	4,51
Lutning +10%	37673,065	0,535	1089,6825	144,525	1,13	14,66	3,55
Lutning +20%	37673,065	0,27	1080,335	154,0875	1,18	23,82	9,29
Lutning +30%	37673,065	0,145	1071,705	162,7875	1,235	29,70	14,93

Tabell 14. Förändringar i berggrundsviktningen

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Berggrund -30%	37673,065	1,12	1092,605	141,0125	1,135	2,02	2,50
Berggrund -20%	37673,065	1,1	1093,9175	139,735	1,12	0,96	1,36
Berggrund -10%	37673,065	1,0925	1095,285	138,3775	1,1175	0,46	0,75
Berggrund +10%	37673,065	1,0975	1097,6425	136,04	1,0925	0,81	1,23
Berggrund +20%	37673,065	1,115	1098,885	134,8	1,0725	1,92	2,58
Berggrund +30%	37673,065	1,155	1099,99	133,6725	1,055	3,46	3,78

Tabell 15. Förändringar i stadsviktningen

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Städer -30%	37673,065	23,12	1127,515	84,5925	0,645	526,05	40,13
Städer -20%	37673,065	35,3075	1135,495	64,83	0,24	818,48	65,57
Städer -10%	37673,065	3,8375	1111,59	119,43	1,015	68,75	10,77
Städer +10%	37673,065	2,3575	1118,8725	113,7275	0,915	38,26	17,35
Städer +20%	37673,065	0,5375	1102,2425	132,06	1,0325	15,50	5,38
Städer +30%	37673,065	0,0875	1084,2125	150,4275	1,145	26,46	6,38

Tabell 16. Förändringar i industriviktningen

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Industrier - 30%	37673,065	6,825	1123,89	104,3325	0,825	144,58	24,83
Industrier - 20%	37673,065	4,0225	1116,0125	114,885	0,9525	75,33	15,24
Industrier - 10%	37673,065	2,1575	1106,7875	125,8875	1,04	28,37	7,29
Industrier +10%	37673,065	0,51	1085,31	148,8925	1,16	16,80	6,49
Industrier +20%	37673,065	0,22	1073,8925	160,565	1,195	26,63	12,32
Industrier +30%	37673,065	0,0775	1061,5925	172,94	1,2625	33,95	19,87

Tabell 17. Förändringar i hamnviktningen

	(k1 ≤ 100)	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)		
Input	km²	km²	km²	km²	km²	$\bar{x}(v1, v2, v3, v4, v5)\%$	$\bar{x}(v4, v5)\%$
Bas-AHP	37673,065	1,09	1096,4225	137,25	1,11	0,00	0,00
Hamnar - 30%	37673,065	19,1425	1128,05	88,0325	0,6475	434,15	38,76
Hamnar - 20%	37673,065	8,4775	1122,595	103,93	0,87	181,51	22,95
Hamnar - 10%	37673,065	3,595	1110,775	120,4875	1,015	62,97	10,39
Hamnar +10%	37673,065	0,2125	1080,145	154,33	1,185	25,30	9,60
Hamnar +20%	37673,065	0,0175	1062,8975	171,6375	1,32	36,36	21,99
Hamnar +30%	37673,065	0	1044,025	190,1475	1,7	49,12	45,85

4.3.2 Eliminering av en faktor i taget

Eliminering av en faktor i taget visar vilken faktor som har störst påverkan på placeringen. I tabell 18 ser vi att städer står för den största genomsnittliga förändringen i MKA:n, med hamnar och erosion på 2:a respektive 3:e plats. De faktorer som har minst påverkan är landsgränser och magmatiska bergarter.

Den största genomsnittliga förändringen för k4 medelhög placering och k5 hög placering är elnätet följt utav infrastruktur och vatten på 2:a respektive 3:e plats. De som hade minst påverkan i denna klass var landsgränser, industrier och bergarter.

Tabell 18. Visar den genomsnittliga förändringen i MKA:n beroende på klass och lager som tas bort i procent.

Borttaget lager	(100 < k2 ≤ 150)	(150 < k3 ≤ 200)	(200 < k4 ≤ 225)	(225 < k5 ≤ 255)	Genomsnittlig förändring
Vägar	753	5	35	356	287
Hav	1610	14	99	110	458
Elnätet	100	37	291	740	292
Landsgränser	59	2	18	12	23
Lutning	6528	3	29	8	1642
Bergarter	57	4	31	5	24
Städer	11934	5	54	50	3011
Industrier	2257	1	22	11	573
Hamnar	8776	3	48	47	2218

5 Diskussion

5.1 Intervjuer

Syftet med intervjuerna var att få ett svenskt perspektiv i frågor om placeringen av SMR, eftersom de flesta studier över placering av kärnkraft genomförs utanför Sverige. Dessa intervjuer genomfördes i ett semi-strukturerat format, vilket hjälpte oss att ställa följdfrågor och förtydliga svar som hjälpte oss i studien (Cachia & Millward, 2011). Utan vissa följdfrågor hade vi inte kunnat bestämma hur stort område som behövdes för att placera en SMR eller ta reda på hur stora vattensamlingar som behövdes för att uppnå tillräcklig konsumtionen av vatten. Experterna fick de faktorer som ansågs vara viktiga skickade till sig innan intervjun, samt en generell förklaring över vad examensarbetet handlade om. Efter intervjun med Jan Blomgren visade sig snabbt att det var svårt för respondenterna att viktsätta alla nio faktorer mot varandra, och ännu svårare att tolka för viktning. Därför skickades ett formulär till resterande respondenter så att de kunde svara på viktningen i lugn och ro. Ett problem med intervjuerna var att de gav mycket kunskap och därmed ännu mer fler frågor. Något som M. Darelus (personlig kommunikation, 17 april 2023) sa sin intervju hade varit av stort intresse att fråga J. Blomgren (personlig kommunikation, 4 april 2023) och vice versa. Lyckligtvis kunde några av dessa frågor besvaras genom email i efterhand.

Experterna som intervjuades valdes beroende på jobbtitel och variation. Experterna är antingen företrädare för universitet, energibolag, entreprenörer inom kärnkraft, utvecklare av reaktorer, eller analytiker för kärnkraftsstrategi. Det är ett bra urval från ett tekniskt och svenskt perspektiv. Problemet är att faktorn: avstånd till landsgräns, inte är till för att skydda svenska intressen utan danska intressen. Därför får faktorn en lägre vikt än om man frågat internationella experter, vilket kan ge områden nära landsgränser en något högre rankning. I övrigt så var experterna objektiva och avstod från frågor de ansåg sig vara okunniga i. I jämförelse med de internationella studierna om ämnet så är det passande att ha 4 experter, med tanke på att Susiati et al. (2022) använder 4 domarpaneler.

5.2 MKA resultat

Resultatet från den genomsnittliga MKA:n säger att Barsebäck är den mest optimala platsen att placera SMR på då 92% av Barsebäcks område består av klass 5 (hög placerbarhet) och 8% med klass 4 (medelhög placerbarhet). Dessutom hade Barsebäck en area på 1,16 km² vilket gör att de har en bra möjlighet att expandera långt över minimumgränsen på 500 X 500 m som valdes i denna studie.

Detta är positivt med hänseende till att det ges möjligheten att bygga flertalet reaktorer på en och samma plats som både J. Blomgren (personlig kommunikation, 3 april 2023) och M. Darelus (personlig kommunikation, 17 april 2023) tryckte lite extra på när det gällde val av plats. Den procentuella fördelningen av klass 5 var 97% i Barsebäck och övriga 3% hamnade i området runt Mönsterås. J. Blomgren (personlig kommunikation, 17 april 2023) sa att det är väldigt rimligt att placera en SMR är på en befintlig tomt som redan har haft kärntekniskt verksamhet som Ringhals, Oskarshamn, Forsmark och Barsebäck. T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) och J. Wallenius (personlig kommunikation, 12 april 2023) förstärker detta påstående genom att säga att det är fördelaktigt att bygga på ett område där det redan finns kärntekniskt tillstånd. Värt att nämna är att Barsebäcksområdet hade ett aktivt kärnkraftverk mellan 1975 och 2005.

T. Linds (personlig kommunikation 18 april) viktning gav ett unikt resultat då Barsebäck inte fick den högsta viktningen. Detta beror förmodligen på att han inte angav viktning för Berggrund, vilket har gjort att vikten fördelas i en annan relation. Det som sticker ut mellan Mönsterås och Barsebäck är bland annat att vägnätet är närmare Barsebäck. Därför blir skillnaden mindre när vägfaktorn får lägre vikt, vilket T. Lind (Personlig kommunikation 18 april) anger i sin viktning.

I övrigt verkar det som experternas viktsättningar korrelerar med varandra, men att medelvärdena på cellvärdena antingen stiger eller sjunker. När de stiger så blir områdena med hög placerbarhet större och vice versa. Barsebäck och Mönsterås är väldigt bra. Detta kan tyda på att faktorerna håller sina graderingar relativt varandra, detta kan man se i tabell 7.

Enligt T. Lind (personlig kommunikation, 18 april 2023) så är det nuvarande regelverket skrivet för storskaliga kärnkraftverk och ger inga undantag för SMR:er när det gäller beredskapszoner. Men i USA har de kommit ut med betydligt mindre beredskapszoner för SMR:er och det är en stor chans att svenskt regelverk ändrar sig så de bli mer likt USA:s. Om detta skulle implementeras så skulle det kunna komma nya potentiella platser eftersom det skulle finnas mindre restriktioner. Den hypotetiskt bästa platsen för att placera en SMR i elområde 4 är i utkanten av Karlshamn som man kan se i figur 15. Denna plats begränsas av att det är för nära staden Karlshamn i den genomsnittliga MKA:n vilket gjort det omöjligt att placera en SMR.

om det Svenska regelverket ändrar sig i framtiden så kan alltså Karlshamns utkant bli det mest optimala platsen att placera en SMR på. J. Blomberg (personlig kommunikation, 17 april 2023) sa i sin intervju att en av de mest optimala platserna för placering av SMR i elområde 4 var just i närheten av Karlshamn. Han tyckte detta eftersom området hade närhet till hamn, stad, vatten, motorväg och framför

allt elnät, eftersom elledningen mellan Sverige och polen går genom Karlshamnsområdet.

T. Lind (personlig kommunikation, 10 maj 2023) samtyckte till J. Blombergs spekulationer genom att säga att både Barsebäck och Karlshamn är ypperliga ställen att placera en SMR på. Denna studien ger validitet till deras påståenden eftersom både Barsebäck och Karlshamn pekas ut som mycket lämpliga platser att placera SMR på.

5.3 Tidigare studier

Resultatet Från Morast och Wollbergs (2020) studie om placering av kärnkraftverk har ett mycket liknande syfte till denna studie, därför är det värt att kommentera skillnaderna i resultat mellan denna studie och deras. Det område som de anser vara bäst inom elområde 4 är kusten utanför Vanneberga, Kristianstad kommun. Detta område existerar inte i det slutgiltiga resultatet i vår studie. Delvis tar den 10 kilometer stora buffern runt Åhus bort delar av området men även det militära skjutfältet 3 km från området utesluter denna placering. Anledningen till att skjutfältet har missats är eftersom deras studie utgått från sökningar på Google maps, vilket kan ha givit en ofullständig geodata över området. Utan restriktionslagret i vår studie får Vannebergaområdet medelhög placerbarhet.

Kartan med viktsättning från den vetenskapliga artikeln Susiati et al. (2022) skapades för att jämföra mot en studie utomlands. Denna viktsättning var problematisk, eftersom många faktorer som den studien använde inte var direkt översättbara till vår studie. De använde faktorer som till exempel katastrofrisk, regnfall och jordtyp med mera som inte alls användes i vår studie på grund av tidsbrist. Däremot stämde resultatet väldigt bra överens eftersom de kom fram till att de bästa placeringarna var längs kusten, vilket vår faktorkarta utan restriktioner också säger. Abudeif et al. (2015) resultat skiljer sig inte heller så mycket från vårt resultat, eftersom båda resultaten visar att närhet till vatten, elnät och infrastruktur är viktigt.

5.4 Känslighetsanalys

Med OAT metoden fick 54 av 54 modeller att det bästa området för placering av SMR är på Barsebäckområdet. Den genomsnittliga förändringen för samtliga klasser låg 88,61% och hade en median på 27,5%. Anledningen till den stora förändringen var på grund av några stora uteliggare som drog upp den procentuella förändringen som står på -30%, -20% och elnät på +10% där de hade en procentuell förändring på 526,05%, 818,48% och 508% som man kan se i tabell 11.

Denna studie använder dock högre viktfluktuationer än normalen, ett exempel är Mygmartseren et al. (2017) som använde viktfluktuationer på +6%, 12% och 18%, vilket gör att förändringen också är högre. Men det gör det också enklare att se förändringar analysen (Nasef, 2021).

För k4 (medelhög placerbarhet) och k5 (hög placerbarhet) så har de en genomsnittlig förändring på 16,3% och en median på 10,05%. Dessa två klasserna hade några uteliggare som låg på vattnets, elnätets, städernas och hamnars lager (+30) på upp emot 86,5% förändring som drog upp medelvärde. Anledningen till att genomsnittliga förändringen var så mycket högre var för att k2 (lägst placerbarhet) hade en så liten area som var väldigt känsligt. Den hade en total area på 1,09 km² i bas-AHP:n som förändrades till areor mellan 0–35,308 km² vilket resulterade i procentuella förändringar upp till 3139,22%. Men eftersom k4 (medelhög placerbarhet) och k5 (hög placerbarhet) är de klasser som vi är mest intresserad av då de är de klasserna som en SMR rimligtvis skulle kunna placeras på så spelar det inte så stor roll att klass 2 visade sig vara känslig eftersom den klassen inte ger så mycket information om vart man bör placera en SMR. Med tanke på att den genomsnittliga förändringen var så lågt för k4 och k5 så man dra slutsatsen att multikriterieanalysen var robust.

Med eliminering av en faktor i taget så kunde man se i tabell 18 att genomsnittet för samtliga klasser var störst påverkat av städer och minst av landsgränser och berggrunder. I OAT metoden var det samma samband att där städer hade den största och näst största genomsnittliga avvikelsen på 818,48% och 526,05% på enskilda modeller. Även landsgränser och bergarter hade de två minsta genomsnittliga förändringarna i OAT metoden där de hade många modeller på enbart ett fåtal procents avvikelse. Genomsnittet för k4 (medelhög placerbarhet) och k5 (hög placerbarhet) för eliminering av en faktor i taget var högst påverkat av elnätet och lägst utav landsgränser, industrier och berggrunder. Elnätet var även en av de faktorer som hade störst genomsnittligt avvikelse vid OAT metoden för k4 och k5 och landsgränser, industrier och bergarter var tre av de lägsta. Man kan alltså se att metoden eliminering av en faktor i taget följer i stora drag samma mönster som OAT metoden vilket stärker slutsatsen att vår analys är robust.

5.5 Data

Datan som vi använder är till stor del tagen från svenska myndigheter som är väldigt bra och betrodda källor. Problemet är att viss information om till exempel militära anläggningar inte är så ingående av säkerhetsskäl. Detta kan påverka studien drastiskt eftersom det militära restriktionslagret är en av de mest exkluderande restriktionslagrena i relation till area. På grund av den enorma datamängden användes cellstorleken 50x50m, vilket är en låg upplösning.

Vissa områden som bestäms som hög placerbarhet kan ha till exempel höjdskillnader som inte upptäcks i en så låg resolution, vilket försämrar resultatet. För att förbättra resultatet skulle en analys inom endast de areor som hade hög placerbarhet genomföras, där resolutionen är högre, men detta är utanför ramen av arbetet.

5.6 Hållbar utveckling

Till år 2030 ska FN:s globala hållbarhetsmål vara avklarade. Denna studie kommer hjälpa FN:s medlemsländer att uppnå vissa av målen. Det 7:e målet är: hållbar energi för alla, vilket är centralt för studien, eftersom kärnkraft uppfyller FN:s kriterier för en hållbar och planerbar energikälla (Brook et al, 2014).

Brook et al. (2014) argumenterar även för att energikällor som sol, vind och vatten inte är planerbara och vid underskott av elproduktion måste backas upp av en planerbar, vilket i detta fall täcks av kärnkraft. Att hitta optimala platser för kärnkraft, så att den är hållbar både ekonomiskt och tekniskt är därmed i linje med FN:s hållbarhetsmål.

Säkerheten kring kärnkraft är även en hållbarhetsfråga eftersom kärnkraft kan ha förödande och varande effekter på dess omgivning vid en olycka. Därför är det viktigt att följa IAEA:s riktlinjer på till exempel avstånd från städer och militära anläggningar, så att påverkan vid extremfall hålls nere till minimum. Vad det gäller det radioaktiva avfallet så finns det idag inget slutförvar för använt svenskt kärnbränsle även om regeringen har godkänt en ansökan om slutförvar (regeringen, 2022). Detta examensarbete hanterar dock fortfarande frågan om radioaktivt avfall genom att försäkra att god infrastruktur finns på plats för att transportera avfallet från kärnkraftverket.

6 Slutsatser

Det bästa området att placera SMR på med våra kriterier och dagens riktlinjer när man bortser från 17 kap 6a§ (MB, SFS 1998:808) är Barsebäcksområdet, följt av Mönsterås. Barsebäck är bra med tanke på närhet till motorväg, hamn, elnät, städer, hav, industrier, och lutning. Med regeringens (2023) förslag kommer även vissa regelverk att ses över. Därmed kan vissa restriktioner i MKA:n förändras. Som svar på detta genomfördes en MKA utan restriktioner, där ett område i närheten av Karlshamn fick det högsta resultatet. Området i sig har som restriktion att den är för nära Karlshamn, vilket kan komma att ändras när svenska riktlinjer, lagar och regler ses över för att kunna inkludera SMR. Vad det gäller faktorer och kriterier var de högst rankade faktorerna: elnät, vatten, städer och hamnar. De mellerst rankade var: industrier och lutning. De lägst rankade var i nedåtgående riktning: berggrund, vägar och landsgränser. Dessa värden var baserade på medelvärdet utav de fyra olika experterna som intervjuades och AHP för att få ut en gemensam hierarkisk bedömning. Beräkningen med känslighetsanalysen visar att klasserna 4 och 5 (medelhög placering och hög placering) är robusta, att de inte påverkas så mycket av förändringar i viktsättningen. Resultatet mellan de intervjuade experterna skiljde sig inte så mycket mellan varandra angående placering, då samtliga hade Barsebäck som bästa område. Men det skiljde sig angående placerbarhet då Martin Darelius viktsättning inte hade någon area med hög placerbarhet medan de andra experterna fick hela eller delar av Barsebäck som hög placerbarhet.

7 Framtida studier

Denna studie har tagit fram den optimala platsen och visat upp vilka kriterier som bör vara med vid placering av SMR i Sveriges fjärde elområde med hänsyn till de restriktioner och anvisningar som finns i Sverige idag. En framtida studie när svenskt regelverk har ändrats är lämplig, eftersom detta kan ändra spelreglerna dramatiskt för placering av SMR.

Eftersom faktorlagrena inte är bundna till det svenska regelverket så kan faktorkartan användas för att bedöma platsers lämplighet oavsett lagstiftning. Därför bör en ingående studie över de områden med högst lämplighet göras, där åsikter från kommunerna tas i åtanke och lägre rasterupplösning används för att få ett säkrare resultat. Ett annat lager som förslagsvis bör tas med är närhet till teknisk utbildning. Man behöver också se över möjligheten till att använda kyltorn, eftersom det kan möjliggöra placering av SMR vid mindre vattensamlingar än havet, Vätern och Vättern.

Referenser

- Abudeif, A. M., Abdel Moneim, A. A., & Farrag, A. F. (2015). Multicriteria decision analysis based on analytic hierarchy process in GIS environment for siting nuclear power plant in Egypt. *Annals of Nuclear Energy*, 75, 682–692. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2014.09.024>
- Björk, U. (2007). *En legitimitetsanalys av kärnkraften i Sverige*. [Kandidatuppsats, Luleå tekniska universitet]. DIVA. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-44492>
- Blomgren, J. (2021a). *Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning*. Timbro.
- Blomgren, J. (2021b). *Allt du behöver veta om: Sveriges elförsörjning* [Bild]. Timbro.
- Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Blees, T., & van Erp, J. B. (2014). Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. *Sustainable Materials and Technologies*, 1–2, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.11.001>
- Brandt, A. (2006). AHP_v2 (2.0) [Skrivbordsapp]. Anders Brandt.
- Cachia, M. & Millward, L. (2011). The telephone medium and semi-structured interviews: A complementary fit. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 6(3), 265–277. <https://doi.org/10.1108/17465641111188420>
- Chatzimouratidis, A. I., & Pilavachi, P. A. (2009). Technological, economic and sustainability evaluation of power plants using the Analytic Hierarchy Process. *Energy Policy*, 37(3), 778–787. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.009>
- Chen, Y., Yu, J., & Khan, S. (2010). Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental Modelling & Software*, 25(12), 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.06.001>
- Damoom, M. M., Hashim, S., Aljohani, M. S., Saleh, M. A., & Xoubi, N. (2019). Potential areas for nuclear power plants siting in Saudi Arabia: GIS-based multi-

criteria decision making analysis. *Progress in Nuclear Energy*, 110, 110–120.
<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2018.09.018>

Devanand, A., Kraft, M., & Karimi, I. A. (2019). Optimal site selection for modular nuclear power plants. *Computers & Chemical Engineering*, 125, 339–350.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.03.024>

Dronechart. (15 maj 2023). *Dronechart*.
<https://dronechart.lfv.se/?x=1762739.78829&y=8705045.75154&z=6&r=0&l=0111111111>

Energimyndigheten. (17 maj 2023). *Minskad elanvändning under 2022*. Energimyndigheten.
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/minskad-elanvandning-under-2022-i-sverige/>

ESRI (2022). Arcgis Pro (3.0.2) [Skrivbordsapp]. ESRI.
<https://www.arcgis.com/index.html>

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. (17 maj 2023). *Germany brings era of nuclear power to an end*. <https://www.bmuv.de/PM10553-1>

Flanders Marine Institute. (25 maj 2023). *Marineregions.org*.
<https://www.marineregions.org/>

Haddad, M., & Sanders, D. (2018). Selection of discrete multiple criteria decision making methods in the presence of risk and uncertainty. *Operations Research Perspectives*, 5, 357–370. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.10.003>

International Atomic Energy Agency. (2015). *Site survey and site selection for nuclear installations* (No. SSG-35). Vienna: International Atomic Energy Agency.

International Atomic Energy Agency. (2021a). *What are Small Modular Reactors*. IAEA. <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>

- International Atomic Energy Agency. (2021b). *Benefits and Challenges of Small Modular Fast Reactors* (IAEA-TECDOC-1972). IAEA.
- International Atomic Energy Agency. (2012). *Managing siting activities for nuclear power plants* (No. NG-T-3.7). Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Jansson, T. (2008). *Kärnkraftverk i Europa : effekter på mellanstatliga relationer*. [Magisteruppsats, Södertörns högskola]. DIVA. <http://sh.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A324956&dswid=-4046>
- Kordi, M., & Brandt, S. A. (2012). Effects of increasing fuzziness on analytic hierarchy process for spatial multicriteria decision analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(1), 43–53.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.07.004>
- Kärnavfallsrådet. (2016). *Många men svaga jordbävningar i Sverige*. (SOU 2016:2). Kärnavfallsrådet.
- Macintosh, A. (2007). *Siting Nuclear Power Plants in Australia* (40). Australia institute.
- SFS 1998:808. *Miljöbalken*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svenskforfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808
- SFS 1984:3. *Lag om kärnteknisk verksamhet*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-19843-om-karnteknisk-verksamhet_sfs-1984-3
- SFS 1988:950. *Kulturmiljölag*. Stockholm: Kulturdepartementet.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svenskforfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808
- Morast, E., & Wollberg, D. (2020). *Investigation of the siting process of Swedish nuclear power plants using GIS*. [Kandidatuppsats, Kungliga tekniska högskolan]. Digitala vetenskapliga arkivet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-278531>

- Motion. 2017: MP2620. *Förbud mot försäljning av nya fossildrivna bilar år 2030.*
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/forbud-motforsaljning-av-nya-fossildrivna-bilar_H5022106
- Myagmartseren, P., Buyandelger, M., & Brandt, S. A. (2017). *Implications of a Spatial Multicriteria Decision Analysis for Urban Development in Ulaanbaatar, Mongolia. Mathematical Problems in Engineering*, 2017, 1–16.
<https://doi.org/10.1155/2017/2819795>
- Nasef, O. (2021). *Walkability assessment using GIS-MCDA : A case study of two counties Gävle and Uppsala in Sweden.* [Masteruppsats, Höskolan i Gävle]. DIVA.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hig:diva-36752>
- Regeringen. (17 maj 2023). *Regeringen föreslår ändrad lagstiftning om kärnkraften.* Regeringen.se.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/01/regeringen-foreslar-andrad-lagstiftning-om-karnkraften/>
- Regeringen. (17 maj 2023). *Slutförvaret för använt kärnbränsle.* Regeringen.se.
<https://www.regeringen.se/artiklar/2022/01/slutforvaret-for-anvant-karnbransle/>
- Salsabila, K., Saraswati, R., Shidiq, I. P. A., & Susiati, H. (2021). GIS-based multi-criteria analysis for nuclear power plant site selection in West Kalimantan. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 623(1), 012049.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012049>
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2019). *Avståndsberäkningar kring svenska kärnkraftverk* (2019:28). Strålsäkerhetsmyndigheten.
- Sundlöf, C. (2003). *Energianvändning i industrin. Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien.*
- Susiati, H., Dede, Moh., Widiawaty, M. A., Ismail, A., & Udiyani, P. M. (2022). Site suitability-based spatial-weighted multicriteria analysis for nuclear power plants in Indonesia. *Heliyon*, 8(3), e09088.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09088>

Svenska kraftnät. (2021). *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, rapport 2021* (2021/1042). Svenska kraftnät.

Sveriges television. (17 maj 2023). *Val 2022 VALKOMPASS*.
<https://valkompass.svt.se/2022/riksdag/fraga/karnkraften-ska-byggas-ut>

Vattenfall. (17 maj 2023a). *Forsmarks produktion och driftläge*. Vattenfall.se.
<https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/forsmark/produktion>

Vattenfall. (17 maj 2023b). *Därför är elpriserna så höga*. Vattenfall.se.
<https://www.vattenfall.se/fokus/tips-rad/varfor-ar-elpriset-sa-hogt/>

Världsnaturfonden. (17 maj 2023). *Våtmarker i Sverige*.
<https://www.wwf.se/projekt/vatmarker-i-sverige/>

Wastenson, L., Sprigfield, p., Öberg, S., (1991). *Befolkningen – Sveriges nationalatlas*. Bra böcker.

Yagmahan, B., & Yilmaz, H. (2023). An integrated ranking approach based on group multi-criteria decision making and sensitivity analysis to evaluate charging stations under sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 96–121. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02044-1>

Zabihi, H., Ahmad, A., Vogeler, I., Said, M. N., Golmohammadi, M., Golein, B., & Nilashi, M. (2015). Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 114–126.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.014>

Bilagor

Bilaga A. Personlig kommunikation

A. Generella frågorna som ställdes till respondenterna

Fråga 1: Anser du att du har nog kunskap för att svara på frågor om placering av SMR?

Fråga 2: Anser du att det finns några nackdelar med SMR?

Fråga 3: Hur stor area behövs för att placera en SMR?

Fråga 4: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till infrastruktur, för att minska kostnaden på export och import av kärnbränsle?

Fråga 5: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till vatten, för att minska kostnaden att frakta vatten?

Fråga 6: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till konsumenterna (större samhällen och industrier), för att minska på förlusten och kostnaden av att transportera elen?

Fråga 5: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till det existerande elnätet, för att minska på kostnaderna att bygga ut elnätet och riskerna att inte få tillstånd att bygga ut elnätet?

Fråga 7: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR med långt avstånd från landsgränser, för att minska riskerna för konflikt mellan länder?

Fråga 8: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR med långt avstånd från platser med seismiska aktiviteter, för att minska riskerna att en SMR tar skada?

Fråga 9: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR på platser med så liten lutning som möjligt för att minska riskerna för erosion?

Fråga 10: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR på platser med magmatiska bergarter för att få en så stabil berggrund som möjligt?

B. Enkät som skickades ut till experterna:

Viktsättning för placering av SMR i Elområde 4

Svaren i detta formulär kommer användas till en viktsättning i en multikriterieanalys för ett examensarbete. Ni kan svara 1–10 beroende på hur viktigt ni anser kriteriet vara eller svara i svarsrutan nedan ifall ni vill svara genom egna ord. Detta är ingen rangordning så de olika kriterierna kan anses vara lika viktiga. Samtliga frågor handlar om Elområde 4.

Fråga 1: Vad är ditt namn?

(Eget svar)

Fråga 2: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till infrastruktur, för att minska kostnaden på export och import av kärnbränsle?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 3: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till vatten, för att minska kostnaden att frakta vatten?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 4: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till konsumenterna (större samhällen och industrier), för att minska på förlusten och kostnaden av att transportera elen?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 5: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR i närhet till det existerande elnätet, för att minska på kostnaderna att bygga ut elnätet och riskerna att inte få tillstånd att bygga ut elnätet?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 6: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR med långt avstånd från landsgränser, för att minska riskerna för konflikt mellan länder?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 7: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR med långt avstånd från platser med seismiska aktiviteter, för att minska riskerna att en SMR tar skada?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 8: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR på platser med så liten lutning som möjligt för att minska riskerna för erosion?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Fråga 9: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR på platser med magmatiska bergarter för att få en så stabil berggrund som möjligt?

1 - Likgiltig

2

3 - Någorlunda viktigt

4

5 - måttligt viktigt

6

7 - Stor vikt

8

9 - Mycket stor vikt

10 – extremt viktigt

Annat - (eget svar)

Bilaga C. Intervjuer eller liknande (Intervjutrascript)

C1. Intervju med Jan Blomgren, Kärnkraftsentreprenör och professor inom tillämpad kärnfysik.

Utfördes 4 april 2023 via telefonsamtal och kompletterande frågor som ställdes via mejl 13 april 2023.

Fråga 1: Har du någon erfarenhet kring samhällsplaneringen när det gäller kärnkraftverk?

Jag har ingen egen erfarenhet av det enkla skälet att jag knappt var född när de planerade. Däremot så har jag haft offert inne på att jobba i Kenya med saken men vi fick inte jobbet eftersom vi var för lite korrumperade. De ville ha några korrupta typer som man kunde köpa resultatet för i styrelsen sitter det korrupta politiker som vill ha kärnkraftverket i sin valkrets.

Då upptäckte de att det kommer svenskar, finnar och tyskar att göra jobbet. De går ju inte att muta, så vi förlorade den upphandlingen. Det är den närmsta jag kommit att själv vara inblandad i, platsval och liknande. Däremot har jag rätt bra koll på historiken, hur det har gått till och sådär.

Fråga 2: Ser du några nackdelar med SMR gentemot andra kärnkraftverk i Sverige?

Tekniskt är svaret nej. Det är ingen jätteskillnad tekniskt. Det är ekonomiska hänsyn som gör att jag är lite skeptisk. Det är ganska mycket fysikaliska utmaningar, det är rätt mycket som är enklare att göra med en mindre reaktor än med en stor. Men prislappen per Kilowattimme blir högre med än liten än med en stor, och det är närmast omöjligt att undvika. Det betyder inte att dörren är stängd för de små rackarna, för det beror på hur stor skillnaden är. Om skillnaden är ganska liten, då kan det ju ändå finnas andra goda skäl att göra, och om skillnaden är väldigt stor i pris. Ja då är det ju lite svårare att motivera så att ja, där någonstans ligger det.

Följdfråga 2a: Kommer SMR bidra till ett mer distribuerat nät?

Teoretiskt sett ja, i praktiken tror jag inte det. Därför att, nu kommer så tråkigt akademikersvar, det beror på. Poängen med små modulära reaktorer är ju att de ska vara så pass små att du kan tillverka tekniken på ett ställe och byggnaden på ett annat ställe. Stora reaktorer måste du bygga tekniken och byggnaden tillsammans. De är så stora så de måste byggas på plats och varje anläggning blir ett unikt projekt och sådär. Och det finns problem med det.

Men tanken är att man bygger de tillräckligt små så att du kan bygga dem på löpande band på ett skeppsvarv borta i Amerika eller någonting sånt och sen tar du och fraktar hela på en pråm över Atlanten och under tiden så bygger du betonghus som heter Ringhals 5,6,7,8 och så vidare på Hallandskusten. Då kan du få ner byggtiden. Jag säger till folk att om du skall bygga en liten reaktor, bygg då en så stor liten reaktor som du kan. Om vi tittar på den som jag bedömer vara den enda realistiska i Sverige att byggas inom rimlig tid så är det en kokarreaktor på 300 megawatt.

Det ska jämföras då med att de två reaktorerna Ringhals, idag är på nästan 1000, Forsmark 3 på 1200 och Oskarshamn 3 på 1430. Det här är alltså ungefär en fjärdedel stor reaktor. Det är ingen liten anläggning, men den är fortfarande mindre än om man platsbygger alltihop. Med en så stor reaktor så är det rimligt att den är med och stabiliserar elnätet. Det är också rimligt att du lägger ett antal sådana på en befintlig tomt, dvs. Ringhals, Oskarshamn eller varför inte Barsebäck? Barsebäck är ju den bästa tomten i det här sammanhanget. 4st sådana reaktorer skulle ersätta det gamla Barsebäcksverket för att det var två gånger 600, då får du fyra gånger 300 istället.

Fråga 3: hur stor area kommer behövas för att placera en SMR?

Ja, det blir inte mycket mindre än en fullskalig reaktor. Därför att om du tittar på ett kärnkraftverk, själva reaktorn och turbinen, det är ju inte en stor del av byggnaden, sen är det massvis med byggnad runt omkring. Det blir ingen dramatisk minskning av anläggningarna. Industriområden som är så små, så att lite större tomt ska du nog leta efter om du vill bygga. Det är inget jätteproblem i Sverige.

Följdfråga 3a: tror du att ett område på 500x500 meter skulle vara stort nog?

Det känns lite litet faktiskt. Du behöver ju också ett fysiskt skydd runt anläggningen, en massa paketvakter och allt. Det här är ju ett industriområde. Det är ganska få industriområden som är så små. Så lite större tomt ska du nog leta efter om du vill bygga. Det är inget jätteproblem i Sverige, vi har gott om plats. Det är mer en fråga om att få lov att lösa ut några sommarstugeägare eller så.

Fråga 4: Vilka kriterier anser du vara viktigast?

Det är alltid en fördel att ha en hamn. Det ska transporteras stora tunga grejer när man bygger skiten.

När man kör anläggning ska det transporteras skitradioaktivt använt bränsle. Man kan göra det med båt istället för att köra på landsväg direkt. Nummer två, du vill ha massor med kallt kylvatten. Det pekar också mot kustförläggning. Det går i princip att göra det vid en sjö eller en flod. Men havsvatten är bäst. Du vill vara på en bra punkt när det gäller elektriska stamnätet. Någonstans där det går att mata in några trevliga gigawatt in i stamnätet utan att det storknar. Och det beror på att det tar längre tid att bygga elnäten än att bygga kärnkraftverk. Det där är tre tunga. Sen tar vi några till som spelar roll i sammanhanget. Nej, jag skulle säga att de där är högsta kategorin.

Sen i nästa kategori, och nu tänker jag högt här, det kommer sånt där som acceptans från omgivningen. Man vill inte i alla lägen kämpa mot att lokalbefolkningen hatar en. Det är mycket trevligare att folk älskar en och kysser en på båda kinderna. Så att vara i en region där de vill ha den etableringen, det är ju alltid intressant. Det skadar inte att ha ett rimligt avstånd till ett större befolkningscentrum och gärna teknisk utbildning.

Följdfråga 4a: Så du menar att det är bättre att det finns en närhet till städer?

Ja, du vill ju inte ha ett kärnkraftverk i Göteborgs hamn. Men däremot att ha det i Ringhals, sex mil från Göteborg är ett rimligt dagpendlingsavstånd. Det betyder att det finns gott om folk att rekrytera, och du kan stå upp för någon annan industri. Åh andra sidan förlorar du till andra industrier också. Och det är nära en utbildningsort, för då kan nybakade civilingenjörer och liknande få jobb där. Det vet vi av erfarenhet att det är en fördel. Att bygga ett nytt stort kärnkraftverk i Sorsele skulle nog inte vara så lätt att få folk till.

Fortsättning på fråga 4

Ja, sen kan vi ta de låga kriterierna i sammanhanget då och ett av dem när det gäller Sverige. Så är det geologi. Det vill säga internationellt så vill vi ju inte att Kärnkraftverket ska stå i jordbävningszon. Nu har vi inte några sådana i Sverige och den berggrund vi har i Sverige, i stort sett vilken plats som helst där berggrund är lämplig att bygga på. Jag menar granit är ju alltid trevligt och sådär. Men även kalksten och det går att bygga på jordbruksmark om man känner för det och så vidare, och vi har inga sådana riktiga kriser. För det kanske inte ska byggas i slutningen, där du kan få lerskrev och sånt där. Men det är ju en väldigt liten del av Sveriges yta, där vi har den sortens knep i geologin. Så geologin där är ett litet problem i sammanhanget.

Fråga 5: Tycker du att man inte ens behöver ta hänsyn till seismisk aktivitet i Sverige?

Jag känner inte till att det någonstans i Sverige finns något område där det skulle vara olämpligt av seismiska skäl. Sen får du fråga en geolog om den saken. De brukar ju naturligtvis överdriva för att få lite mer uppmärksamhet och sånt där. Vi kan ju se att man har byggt kärnkraftverk på områden där det faktiskt är riktiga, rejäla jordbävningar och verken har överlevt. I Japan var det ju så att samtliga verk i Japan har överlevt flera stora jordbävningar. Sen att det gick som det gick i Fukushima, det var ju då en tsunamieffekt. Men själva jordbävningen, det klarade verket. Och sådana jordbävningar lär vi knappast få någonstans i Sverige.

Fråga 6: Tror du att placering av kärnkraftverk har påverkan på internationella relationer? Till exempel Sveriges relation till Danmark med tanke på Barsebäck?

Med den motiveringen ska man lägga ner alla kärnkraftverk i hela världen och bygga säkra och trygga kolkraftverk i stället ungefär. Så att det kan vi släppa.

Skälen till Barsebäcks nedläggning, det var ju då, som sagt, det fanns en opinion i Danmark mot det hela, och ni har också fattat helt rätt, att danska regeringen bad ju Sverige att bygga kärnkraftverk i Barsebäck på 60-talet. Så att tiderna förändras.

Fråga 7: Hur tror du att faktorerna skulle skilja sig om man placerar en avancerad modulär reaktor (AMR) gentemot en SMR.

Vad gäller kriterierna för placering så gör det ingen skillnad. Däremot så är det ju rätt olika långt till att faktiskt kunna göra det i verkligheten också. Men om du bara tittar på kriterierna, ja, en blykyld snabbreaktor, den kommer också att trivas bäst med någon hamn i närheten, lagom långt till en storstad med teknisk utbildning och "you name it". Så det förändrar inte saken.

Fråga 8: Finns det någon fördel att placera det nära stora industrier också?

Ja, det gör det ju. Jag har ju konstaterat när det gäller de här diskussionerna om att göra vätgastål uppe i Norrland.

Att LKAB:s planer för att göra järnsvamp skulle göra av med 70 terawattimmar. Det är ju enormt mycket el. Om man nu behöver så mycket el, att köpa det på marknaden och hoppas att någon bygger det kan man ju inte göra. Då måste man ju ta ansvar för att bygga elproduktionen. I det läget så vore det ju en synnerligen god idé att du har ditt järnsvampverk ner i Luleå, en bit söder om Luleå och utkanten av stan nere i hamnen. Och sen bygger du ett kärnkraftverk bredvid med 4–5 monsterstora reaktorer och sen drar du en kopparskena in på tomten där du fläskar in flera gigawatt för det är det handlar om här. I det läget så är det ju oerhört mycket smartare att lägga produktionen granne med användningen istället för att vara tvungen att frakta strömmen 10–100 mil. Det är ju extremt dyrt att bygga kraftöverföring. Så att i sådana sammanhang, ja där finns det en fördel. Men det här handlar mer om att om du ska bygga ny elintensiv industri, då är det smart. Däremot om du tittar på befintlig elintensiv industri, typ pappersbruk och sådant där, de har ju redan ledningarna dragna. Så att ur den synen gör det inte någon jätteskillnad. Men det är klart att om du behöver 300 megawatt och det byggs en SMR inom ett par mil därifrån, då är ju du mindre sårbar för problem i elnätet än om du ska köra genom hela Sverige först.

Efterföljande förtydligande email

Fråga: Hur viktigt är kriteriet att bygga en SMR på platser med så liten lutning som möjligt för att minska riskerna för erosion?

Det låter inte viktigt. Det kan knappast vara ett problem att schakta runt lite jord för att skapa en plan yta.

C2. Intervju med Janne Wallenius, Professor i reaktorfysik vid kungliga tekniska högskolan.

Utfördes 12 april 2023 via Zoom och enkät.

Fråga 1: Har du någon erfarenhet kring samhällsplaneringen när det gäller kärnkraftverk?

Nej det kan jag inte påstå, men jag har varit med i lokala sammanhang som folkvald politiker.

Följdfråga 1a: Känner du att du kan svara på frågor om placering av SMR?

Ja, jag kan svara på frågor.

Fråga 2: Ser du några nackdelar med SMR?

Dels finns det den direkta nackdelen i att du har en högre personaltäthet för du behöver ha vissa typer av personalkategorier som du alltid måste ha i ett kärnkraftverk oavsett hur litet det är. Det gäller framförallt till exempel säkerhetspersonal. Detta innebär att det inte blir lönsamt att bygga en enstaka SMR ute på landet. Det har en direkt inverkan på tillämpbarheten av konceptet när det gäller att producera el lokalt. Det här kanske inte är vad som framgår i den allmänna diskussionen om SMR där man ibland säger att det är jättebra att kunna bygga SMR i närheten av en stad eller så. Det är inte sant. Därför att du har höga personalkostnader. Vilket gör att det inte blir lönsamt att bygga en enstaka SMR för att försörja till exempel en medelstor svensk stad med el.

Fråga 3: Är det viktigast att placera en SMR nära en stad eller nära en industri?

Nej, Det finns två tillämpningsplatser vilket är platser där det redan finns kärnkraft eller på industrier som konsumerar så pass mycket el att det blir lönsamt att bygga, då de har ett behov av, åtminstone 500 megawatt elektricitet. Då kan det bli ekonomiskt rimligt att ta fram ett tillstånd för att driva SMR på en sådan plats.

Fråga 4: Behöver placeringen för Sealer-55 vara i närheten av vatten?

Ja, man behöver ju ha tillgång till en värmesänka. Så du behöver lägga de någonstans där du har tillgång till vatten. Du behöver inte samma mängder, men du behöver åtminstone en sjö eller en flod.

Fråga 5: Vilka faktorer är viktigast vid placering av SMR?

finns det ett existerande kärntekniskt tillstånd. Det är det nummer ett. Finns det ett existerande överföringskapacitet? det är nummer två. nummer tre då är att möjligheten att placera den till en industri och en stad.

Om industrin konsumerar mer än 500 megawatt då är det nära industrin som är ett intresse. Det är samma sak, är det så att staden konsumerar mer än 500 megawatt så kan man tänka sig att det skulle vara intressant att lägga den nära staden. 500 megawatt då pratar vi om en stad med en storlek på en halv miljon människor. Ja, det är bra att gräva ner dem under jord. Det är inte ett absolut krav, det ligger väl lägre ner på rankingen. Men det är där ett plus i kanten. En sak som är fundamental är att det inte får finnas geologiska aktiviteter, jordbävningar, vulkanismen, det ska man undvika. Det är omöjligt att placera dem på den platsen.

Följdfråga 5a: Behöver man ta hänsyn till seismisk aktivitet ur svenskt perspektiv, där vi varken har vulkaner eller större jordbävningar?

Nej.

Fråga 6: Kan man bygga kärnkraftverk i lutande terräng?

Nej, det går alldeles utmärkt. Det finns reaktorer byggda i Bergen i Schweiz.

Fråga 7: Är det viktigt att placera kärnkraft långt från internationella gränser?

Inte ur ett tekniskt perspektiv, utan det är en ren politisk fråga.

Fråga 8: Tycker du att vi borde ha hög prioritet på att sätta det nära hamnar?

Det finns ju SMR som har det behovet. Den modell vi utvecklar laddar man ju aldrig något bränsle, utan det installeras med bränsle och sen kör du i 25 år. Det finns inget särskilt behov av att ligga nära en hamn.

C3. Intervju med Martin Darelius, senior rådgivare i kärnkraftsteknologi Vattenfall AB

Utfördes 17 april 2023 via teams.

Fråga 1: Känner du att du har mycket kunskap kring samhällsplanering med kärnkraft?

Ja, det kan jag tycka att jag har. Absolut.

Fråga 2: Hur tror du att de här faktorerna kommer att kunna skilja sig åt beroende på om det handlar som en AMR eller en SMR?

Ja, du kommer ha helt andra logistikutmaningar på en advanced, än vad du har för en SMR skulle jag säga. Det kommer jag tro att ha en helt annan utmaning, väl, än lokal acceptans. Det kommer vara någonting helt nytt. Du ska ha andra transportlösningar och lite annat sånt där. Det blir ju en utmaning på det, att du behöver ett helt annat bränsle som inte är tillåtet att transportera i dagsläget.

Fråga 3: Hur stor area behövs för att placera en SMR?

Det beror väldigt på vilken leverantör det är. Så det går inte att säga riktigt och det är också så att en SMR tar en yta, men det är inte så att två SMR tar dubbel så stor eller att fyra tar fyra gånger så stor, utan de kan vi oftast samlokalisera de här. Du kan utnyttja samma kylvattenkanaler eller kyltorn. Det blir lite svårt att säga vad en tar. Om du hittar en sajt för kärnkraft så bygger du så mycket som du bara kan där också får industrin och ledningarna komma dit istället. Ibland har jag svårt att se att vi skulle få 30 platser med en reaktor på. Jag kan inte se hur den lokala acceptanshanteringen skulle se ut. Du ska drifta de här anläggningarna i 80 år eller 25 år för sealer-55. Med en annan anläggning så vill du ha synergier från annan verksamhet där.

Fråga 4: Hur viktigt är tillgången till vatten? Hur mycket vatten behövs?

Det får du snarare koppla till hur stor effekt du har på din reaktor. Det går ju, men Vätern och vätten skulle nog fungera. Men det är ju också en effektbegränsning. Hur mycket varmare får det bli i Vätern och Vättern i slutändan? I grova drag kan man säga att vattentemperaturen på en stor reaktor till exempel Riyadh 5 är 10 grader högre när det kommer ut än när det kommer in när en kyler reaktorn på en klassisk konventionell reaktor. Då kan man börja räkna vattenvolym och omsättning och sådär. Och så ser man hur stor effekt man kan ha i Vätern och Vättern.

Jag har inte räknat på det för det är inte aktuellt. Men det görs jättestora analyser på det, för det får en ganska stor påverkan på faunan.

Följdfråga 4a: när du pratar om sjöar, då är det framförallt Vänern och Vättern som fungerar?

Det beror på vilken effekt vi pratar om. Men du kommer snart till det där problemet som jag sa innan, att hitta en sajt och bygga en reaktor på. Ja, det kan du göra, men du kommer dra med dig en massa andra kostnader under driftperioden.

Du kommer bli slagen av det där stället där du kan bygga flera. Då behöver du mer kylvatten, eller så får du bygga kyltorn, kan vi alltid bygga. Det är ju ett alternativ att bara ta vatten från något vattendrag och så gör du kyltorn istället. Det går ju absolut att göra. Det finns ju gott om erfarenhet runt om i världen. Där du ligger vid en flod, där kan du inte heller kyla. Du kan inte ta in hela floden och släppa ut 10 grader varmare vatten på andra sidan. Det är ju inte precis det man skulle göra. Det funkar ju inte. Men du behöver ju tillgång till vatten på ett eller annat sätt. Beroende på hur mycket vatten du har så får du köra kyltorn. I princip är det bara när du har ett hav eller en riktigt stor sjö som Vänern. Jag tror knappt att Vättern är stor nog. Som du kan kyla och släppa ut vattnet i. Risken är ju annars att om du inte har tillräckligt bra rulljangs på vattnet så tar du snart in varmare och varmare vatten. Då tappar du ganska fort Verkningsgrad. Då blir det inte så bra heller.

Fråga 5: Är det bättre att placera SMR när till städer eller till industrier?

Det beror helt på vad du har för produkt. Är produkten el, då är det viktigast att det är så nära som möjligt en stark punkt i elnätet. Sen så vill jag inte vara längst ut i Ingenstans, för då får jag inte någon personal. Jag ska ju ändå ha ganska mycket personal till en anläggning på 80 år som kommer, skulle vilja bo där och kunna driva anläggningen. Så tillgång till kompetens är viktig, men då behöver jag kanske inte vara precis där. Folk kan tänka sig att pendla en liten bit i alla fall, det skulle jag göra. Men det är viktigare då att ha tillgång till ett starkt elnät.

Ska jag däremot leverera vätgas eller kanske då värme till en industri, då måste industrin vara i närheten inom ett område kanske tre fyra kilometer, för att vi inte ska få stora förluster. Men då är frågan; Vad ska flytta på sig om jag ska lägga kärnkraftverk? Vad är enklast att lokalisera? Det är kanske just nu i den här elektrifieringsfasen som vi har den här typen av diskussioner. När vi tänker på blykalla så är deras idé att de ska kunna leverera väldigt hög temperatur. Då måste de ligga i närheten av en industri, annars får de inget case.

De kan inte leverera värme över hur långt som helst. Då tror jag att vi ska hålla med den argumenten som jag hade innan. Då får du acceptans att lägga ett kärnkraftverk där.

Då kommer fler industrier att flytta dit och så bygger du fler kärnkraftverk och du bygger upp ett industrikluster. Det kommer vi säkert att se några runt om i landet. Ett sådant här kluster där man samlar ett kärnkraftverk och så kommer industrin dit. Här hittade vi ett ställe där vi kunde bygga kärnkraft, där vi hade en välbyggd kommun. Låt oss börja bygga här. Eller; Vi hade redan en kärnkraftskommun så får industrin flytta dit då. Det var så enormt fördelaktigt att flytta industrin dit eller bygga upp den nya industrimöjligheten där.

Fråga 6: Är det fördelaktigt att placera SMR nära en hamn?

Nej, men när vi byggde anläggningen så pekade man ju då, här ska kärnkraftverket ligga. Vi behöver en hamn, då bygger vi en hamn. Hamnen är ju en förhållandevis liten kostnad i förhållande till vad kärnkraftverket är. Återigen, det här hittar du ställen du får bygga. Ja just det, det ingår. Vi behöver bygga en hamn också. Då har vi tagit den. Men vi har ju nu hittat ett ställe där vi får bygga. Låt oss bygga så mycket som det bara går där då. Hamnkostnaden är ju liksom den lilla kostnaden i det sammanhanget, om man bygger storskalig kärnkraft eller många SMR, det är ju det som kommer att bli väldigt utmanande. Den typen av infrastruktur behöver ju en avancerad reaktor ha tillgång till ändå. Den har naturligtvis mycket mindre megawatt. De behöver ju fortfarande vatten. De är ju mycket mer kopplade till att få tillgång till den här infrastrukturen. När man får tillgång då är det liksom en hamn ju inte det stora problemet. Eller när man byggde baracker nere i emiratet, fyra stora reaktorer för totalt 250 miljarder, 300 miljarder. Det var liksom hamnen var inte det som drog iväg det där projektet. Men om man ska ta 40 megawatt, ja men då är det klart att om du vill ha en hamn då får du bara titta på den typen av grejer.

C4. Intervju med Ted Lind, affärsanalytiker inom kärnteknisk strategi, Uniper Sverige.

Utfördes 17 april 2023 via teams.

Fråga 1: Känner du dig nog kunnig för att svara på frågor om placering av SMR?

Det är inte mitt expertområde så kan jag väl säga. Men jag har koll på kraftsystemperspektiv och hur allt mer eller mindre hänger ihop.

Fråga 2: Ändras faktorerna för placering mellan att placera en AMR och en SMR?

Ja, en SMR som är lättvattenkyld har fortfarande stora fördelar om den har tillgång till att placera den vid havet. Det blir ur en kylsynpunkt, då får du kyla med vanligt vatten. AMR är i vissa fall kylda, så det är en stor fördel med de typerna att du kan placera dem var som helst. Du behöver ingen vattenåtgång, du behöver inte bygga något vattentorn eller så, vilket du skulle behöva göra om du har en vattenkyld som inte står vid ett naturligt vattendrag. På sådant sätt skiljer de sig absolut.

Fråga 3: Är det viktigt att ha tillgång till vatten vid placering av Sealer-55 i hänsyn till att värma vatten och köra turbin?

Jo, någon brås måste man ha, och vattenånga är lämpligt. Det behöver väl ändå vara en viss del. Det är jättesvårt att säga hur stor vattenkälla som behövs. Det är något som noga regleras i både vattendomar och lagkrav. Du får ju bara höja temperaturen med några grader. Exakt hur mycket det skulle påverka, det är ju en omfattande utredning för att få sina miljötillstånd och allt sådant där.

Följdfråga 3a: Så om vi säger så här att det skulle bli mycket mer lagliga problem om man skulle bestämma sig för att placera det vid sjöar än om man placerade det vid hav och stora sjöar som Väneren och Vättern?

Med största sannolikhet ja.

Fråga 4: Finns det någon fördel med att placera SMR i närheten av lärosäten med relevanta utbildningar?

Det är en fördel att placera det nära utbildningar. Sen om det är en fördel som är så stor så att det väger upp andra eventuella nackdelar med att placera det. Det är svårt att säga men det är klart att det är en fördel att placera ett kärnkraftverk i deras kommun.

Fråga 5: Är det viktigt att ta den lokala opinionen i åtanke vid placering av kärnkraftverk?

Som det ser ut med lagstiftningen med kommunala veton så är det ju ett måste.

Fråga 6: Är det någon skillnad mellan att placera det vid industrier eller städer?

Med största sannolikhet så kommer det ju vara det. Man har ju något som kallas emergency planning zone som är hur stort område man måste räkna med att man ska vid en katastrofal olycka utrymma och sånt där som påverkar hur man ska placera kärnreaktorer. De större har ju mer material i härden och större planeringszoner och sånt som gör att man enligt lagkraven inte kan befinna sig hur nära som helst. Det leder ju till förluster. Alltså, ska man ha det bara för att producera el så är ju en kostnadsfråga absolut. Det är dyrt att bygga kablar. Men det blir ännu större problem om du ska använda processvärme och sånt där. Alltså gas som kyls ner. Då vill du ha ganska nära produktion. vätgas är samma sak där. Men det är väl inte orimligt att anta att de kommer kunna ligga närmare konsumenterna. Det är ju en fördel.

Fråga 7: Är det en fördel att placera SMR i närheten av en hamn?

Det beror lite på vilken reaktordesign man pratar om. Just Sealern är ju rätt så liten, men jag tror ändå att fraktkostnaderna och framförallt planeringen blir tydligt billigare och enklare. Eller i alla fall något billigare. Definitivt enklare. Om det är nära en hamn. Så det är absolut en fördel.

Sen behövs då kanske inte en sådär djup hamn. Men det räcker med en småbåtshamn. Det är absolut en fördel.

Det kan sänka kostnaderna ganska mycket. Kanske då på andra, inte så mycket på sealern, nu gissar jag lite här, inga faktiska siffror, med Andra något större SMR: er, så kan det ju ha en vändbar effekt, absolut.

Följdfråga 7a: Skulle det vara fördelaktigt att bygga hamnar vid SMR?

Det vågar jag inte svara på faktiskt. Man har ju i de svenska kraftverken nu byggt hamnar för att det behövs. Det finns ju väldigt många SMR designer. Så det är mycket möjligt att det kanske är bättre att välja en som inte behöver en hamn. Jag vågar inte uttala mig om det. Det är det i alla fall. De är lättare att hantera utan en djuphamn. Med en stor så är det väldigt fördelaktigt. Det är såklart inte nödvändigt heller, för du har ju många kärnkraftverk som ligger inåt land i andra länder. Det är en avvägning du får göra vid varje byggnation, en hamn kostar ju väldigt olika mycket att bygga också beroende på var den ligger.

Fråga 8: Kan man placera Sealer-55 på öar utanför kusten?

Allt är möjligt, vill jag säga. Det kommer behöva ha en viss infrastruktur, men absolut det är det sant som står där. Den här Sealer-varianten, första iterationen var den ännu lite mindre. Tanken var att den ska vara 55 megawatt direkt ut. När man började hitta på det här så var det ännu mindre. Jag kommer inte ihåg exakt. Det var 12 Megawatt eller något sånt där. Då var det, precis som du var inne på, ett av de stora användningsområdena, liksom remote areas, där du nu kör med dieselgeneratorer, så kan du bygga en sån här istället. Så du behöver absolut inte ha en landbaserad SMR. Du kommer ju ha lite vägar runt omkring, men du måste inte ha en landförbindelse nödvändigtvis.

Fråga 9: Hur stor area krävs för placering av Sealer-55?

Det är en emergency planning zone på en kilometer ungefär i radie. Men själva byggnaden är ju typ 80 gånger 50 meter eller något sånt där.

Följdfråga 9a: Förstorar svenska regler denna emergency planning zonen?

Just som det är nu så behöver det utredas om man kan göra avsteg från ett flertal. Lagstiftningen är utformad för de stora konventionella reaktorerna. Så det finns inget rum för det. I USA har det kommit beslut för en sån här SMR att de kommer att ha från deras motsvarighet till SSM som kallas för NRC. De har gett godkänt för SMR att ha en betydligt mindre emergency planning zone. Så det är mycket mer brytande att vi i Sverige kommer att komma fram till det också. Men det vet man inte än.

Följdfråga 9b: Vi talade med en representant från vattenfall (Martin Darelius) som sa att han hade svårt att se att man vid finlandet av en lämplig plats bara skulle placera en SMR, håller du med om det?

Det är jätteprouver med att få tillstånd till allting. Det är nog precis som han säger. Så som byråkratin är nu så kommer det bli att man väljer där det redan finns Kärnkraftverk nu, alltså Ringhals, Forsmark, Oskarshamn. De ligger bra till, för det finns det ju redan både en del infrastruktur och Ringhals har ju plats, eftersom de har lagt ner sina två reaktorer så är det lika bra att det kommer samma saker, eller Oskarshamn. För även att bli inkopplad på stamnätet, det är ju en superprocess. Du har väntetider på typ tio år, om det blir så här illa. Så jag tror absolut som så. Sen är det ju också som så att bygger du en på ett ställe så blir det lättare att bygga den andra på samma ställe. Det har man ju sett med de konventionella reaktorerna också.

Om man tar till exempel Abu Dhabi, där de byggde fyra APR-1450 vanliga reaktorer. Priset för den fjärde var ungefär hälften så högt som för den första. Man har ju en så "steep Learning curve". man har många stora fördelar att bygga många på samma ställe. Men sen är det också, precis som Martin är inne på, att det är brötigt att söka tillstånd, och få tillstånd, särskilt.

Fråga 10: Ser du några nackdelar med att placera SMR distribuerat i elnätet gentemot centraliserat i elnätet?

Det gäller ju ändå att man är smart när man placerar dem så att man inte behöver bygga mycket nät. För det är en kostnad och det är miljöpåverkan och hela den där biten. Så av den anledningen finns det absolut fördelar att placera dem på bra ställen. SVK som har ansvar för det här nu, Svenska Kraftnät, de har ju fått nya direktiv från regeringen här och göra en översyn så att elnätet är mer robust. Och det ser man nu i deras remissvar att polletterna verkligen trillat ner där innan det har varit lite vilda västern och man får tycka sig lite slarvigt. Man har haft en möjlighet att koppla in sig lite varstans. När det kommer till allmän el- och kärnkraftsproduktion. I kärnkraftsbranschen har man ju dock aldrig fått välja sina egna platser. Men när kärnkraften byggdes en gång i forntiden så gjorde man ett gediget arbete för att placera ut de här på optimala platser utefter hur samvetet såg ut och vad man trodde att restriktioner bör befinna sig. Det tror jag är bra att SSM börjar göra på liknande sätt. Det gäller att se till att de hamnar på rätt ställe. Så att man kan minska klimatpåverkan så mycket som möjligt.

Efterföljande konversation med Ted Lind via LinkedIn

Författare: Vi är precis klara med resultatet och kommit fram till att med dagens regler så är Barsebäck det mest optimala platsen att placera SMR på inom elområde 4. Men om svenskt regelverk ändrar sig så de är mer likt USA:s regelverk med mindre emergency planning zones så kommer området i Karlshamns utkant vara den mest optimala placeringen inom elområde 4. Tycker du att det verkar som ett rimligt resultat vi har kommit fram till?

Ted Lind: Med dagens regler så får det ju bara byggas kärnkraftverk på OKG, Ringhals eller Forsmark men regeringen driver ju på för att tillåta byggnationer på fler ställen. Men sedan finns det ju också problem med att nuvarande reglering från SSM inte har någon flex i emergency/planning zones precis som ni säger. Både Barsebäck och Karlshamn är ypperliga ställen att bygga SMR: er på rent tekniskt men lite intresserad av hur ni tänker att Karlshamn är bättre än Barsebäck?

Författare: Precis, vi menade att vår studie bygger på ifall regeringen tillåter byggnationer på flera ställen än OKG, Ringhals eller Forsmark. Med de kriterier som vi har valt att använda i vår multikriterieanalys så har vi kommit fram till att både Barsebäck och Karlshamn skulle vara ypperliga platser. Men Karlshamn är längre ifrån landsgränser, står på en bättre berggrund och aningen närmare en stad än Barsebäck vilket gjort att det är hypotetiskt sett en lite bättre placering.

Ted Lind: Låter klokt, lycka till med presentationen