

## BILAGA B

# TEKNISK BESKRIVNING

## HÖMOSSEN VINDPARK



*Foto från montering av vindkraftverk vid Råmmarehemmet Vindpark. (EnBW)*

## TEKNISK BESKRIVNING

Datum: 2024-12-20

Ansvarig konsult:

**Barman Consulting AB**

559020-7204

Jonas Barman

0702 87 88 37

[Jonas@barman-consulting.se](mailto:Jonas@barman-consulting.se)

Sökande:

**EnBW Sverige AB**

559132-8884

Violinvägen 1

311 76 Falkenberg

Tel: 010 – 454 08 84

# Innehåll

<b>1. INLEDNING OCH LÄSANVISNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2. VINDENERGI OCH VINDKRAFTVERKS UPPBYGGNAD</b> .....	<b>5</b>
2.1. VINDENERGI .....	5
2.2. VINDKRAFTVERKENS UPPBYGGNAD .....	5
2.3. TEKNIKUTVECKLING .....	7
2.4. FLYGHINDERMARKERING AV VINDKRAFTVERK .....	9
2.5. MONTERING AV VINDKRAFTVERKEN .....	9
<b>3. ENERGIPRODUKTION OCH ENERGIANVÄNDNING</b> .....	<b>11</b>
3.1. ENERGIPRODUKTION.....	11
3.2. ENERGIBEHOV OCH ENERGIANVÄNDNING.....	11
<b>4. UTFORMNING AV HÖMOSSEN VINDPARK</b> .....	<b>12</b>
4.1. PLACERING AV VINDKRAFTVERKEN .....	12
4.2. GRUNDLÄGGNING AV VINDKRAFTVERKEN - FUNDAMENT .....	13
4.3. VÄGNÄT.....	16
4.4. KRANPLANER VID VINDKRAFTVERKEN .....	19
4.5. ÖVRIGA ANLÄGGNINGAR UNDER BYGGTIDEN .....	20
4.6. INTERNT ELNÄT .....	20
4.7. EXTERN ELNÄTSANSLUTNING .....	21
<b>5. YT-, MATERIAL- OCH TRANSPORTBEHOV</b> .....	<b>23</b>
5.1. MATERIALÅTGÅNG FÖR VINDKRAFTVERKEN .....	23
5.2. MATERIALÅTGÅNG FÖR FUNDAMENTEN .....	24
5.3. MATERIALÅTGÅNG FÖR ANLÄGGNING AV VÄGAR OCH YTOR .....	24
5.4. ÖVRIGT MATERIALBEHOV .....	25
5.5. BETONGPRODUKTION.....	25
5.6. TRANSPORTBEHOV .....	26
5.7. YTBEHOV .....	27
<b>6. VINDPARKENS OLIKA FASER</b> .....	<b>27</b>
6.1. ANLÄGGNINGSFAS .....	27
6.2. DRIFTSFAS .....	27
6.3. AVVECKLINGSFAS.....	28
6.4. AVVECKLINGSKOSTNADER .....	28

# 1. Inledning och läsanvisning

Syftet med denna tekniska beskrivning är att med ett tekniskt perspektiv, på lättförståeligt sätt, beskriva vindkraft som energikälla, Hömossen Vindparks förutsättningar samt hur den kan tänkas vara utformad.

Den tekniska beskrivningen är framtagen av Barman Consulting AB. Den är upprättad utifrån allmän forskning från branschen och erfarenhet från pågående och tidigare byggda vindparker.

Vid sidan av den tekniska beskrivningen har det upprättats en miljökonsekvensbeskrivning för vindparken. Avsikten är att de två dokumenten ska bifogas ansökan om tillstånd enligt miljöbalken.

Den tekniska beskrivningen inkluderar:

- Kapitel 2 beskriver hur ett vindkraftverk är utformat och hur det använder vindens energi för att producera elektricitet.
- Kapitel 3 beskriver energiproduktionen.
- Kapitel 4 beskriver hur vindparken kan komma att utformas och de ingående delarna.
- Kapitel 5 beskriver yt-, material- och transportbehov.
- Kapitel 6 beskriver vindparkens olika faser, anläggningsfasen, driftsfasen och avvecklingsfasen.

## 2. Vindenergi och vindkraftverks uppbyggnad

Kapitlet beskriver hur ett vindkraftverk är utformat och hur det använder vindens energi för att producera elektricitet.

### 2.1. Vindenergi

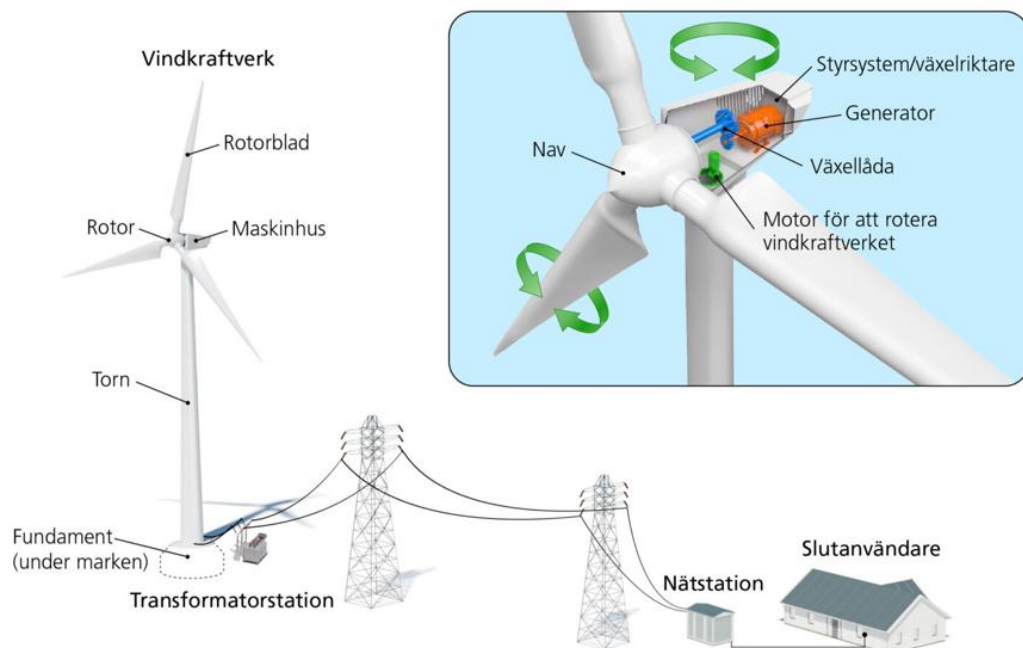
I ett vindkraftverk sätter vinden fart på rotorn, som är kopplad till en generator som alstrar elektricitet. Normalt är vindkraftverken i drift vid vindstyrkor mellan cirka 3 och 25 meter per sekund (m/s). Ett vindkraftverk kan då producera el upp till 6 000 av årets 8 760 timmar, med en effekt som varierar med vindstyrkan. Maximal effekt uppnås när vindstyrkan har ökat till mellan 12 och 14 m/s vid navhöjd.

Den tekniska utvecklingen har lett fram till allt större, tystare och effektivare verk. Ett stort vindkraftverk utvinmer mer energi, eftersom rotorbladen är längre med större svepyta och kommer upp på högre höjd där det blåser bättre och jämnare.

Driften av vindkraftverket övervakas av en driftcentral samt ett automatiskt system för styrning och övervakning. När det blåser för mycket, ställs bladen om så att vinden släpps förbi och kraftverket inte överbelastas. Om något fel har upptäckts, när det blåser mer än cirka 25 m/s eller när vinden är för svag stängs vindkraftverket ofta av helt. Blåser det under 3–4 m/s räcker vinden inte till för att driva kraftverket.

### 2.2. Vindkraftverkens uppbyggnad

Vindkraftverk består av fundament, torn, nav med rotorblad och maskinhus (nacell), se Figur 1. Vindkraftverket har normalt vita eller grå nyanser.



Figur 1 Vindkraftverkets konstruktion

Tornet består som regel av cirkulära delar som monteras samman på plats. Det är normalt tillverkat i stål, men även betongtorn eller en blandning av betong och ståltorn förekommer. Forskning pågår kring alternativa material för tillverkning av torn, som exempelvis trä. I tornet finns stege och hiss som används vid service. Tornet grundläggs med ett fundament, se vidare i kapitel 4.2.

Rotorn består normalt av tre blad som är monterade på ett nav i maskinhuset. Maskinhuset rymmer bland annat generator, eventuell växellåda, bromsar, styrsystem och kraftelektronik.

Dagens vindkraftverk har avancerad automatik och kräver begränsad tillsyn. Vindkraftverken har variabelt varvtal och kan även vrida bladen så att effekten kan optimeras utifrån vindförhållandena.

Rotorns varvtal är beroende av vindhastigheten och vindkraftverkets rotordiameter, ju större rotordiameter desto lägre varvtal vid samma vindhastighet. Sammantaget innebär detta att energiutvinningen kan optimeras och vid behov även anpassas efter vad elnätet behöver. Vindkraftverken utrustas med givare som samlar in data för att övervaka maskinens olika komponenter samt uppgifter om yttre förhållanden, exempelvis vindhastighet, vindriktning och temperatur. Datainsamlingen görs för att upptäcka fel och möjliggöra automatisk styrning av vindkraftverket.

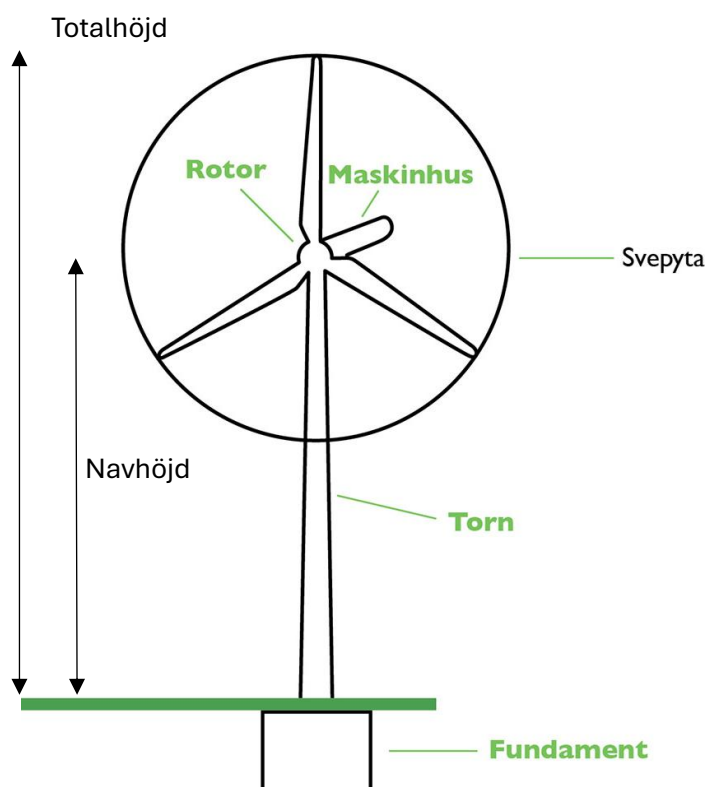
Styrsystemen kan också användas vid behov av en nedreglerad effekt vilket ger lägre källjud, och lägre ljudnivåer vid till exempel bostäder. Det kan vid behov användas för att leva upp till vindparkens ljudvillkor, se vidare i miljökonsekvensbeskrivningen. Styrsystemen används också i de fall det finns behov av reglering avseende rörliga skuggor från vindkraftverken, se vidare i miljökonsekvensbeskrivningen. Styrsystemen kan också användas för driftreglering av vindkraftverken för att vid eventuellt behov minska risken för påverkan på fladdermöss, se vidare i kapitel 6.5.4 i miljökonsekvensbeskrivningen.

Styrsystemen kan också användas för så kallad frekvensreglering av elnätet, vilket är en viktig del i ett hållbart energisystem med förnybar energiproduktion.

Vindkraftverken är utrustade med hinderbelysning, se vidare i kapitel 2.4.

Den el som genereras i ett vindkraftverk passerar en transformator som transformerar upp spänningen till rätt spänningsnivå för elnätet. Transformatorn kan placeras i vindkraftverkets maskinhus, i nedre delen av tornet eller i ett särskilt hus bredvid vindkraftverket. Det senare var vanligare förr. Från transformatorn leds elen till överliggande elnät via ett internt elnät inom parken, se vidare i kapitel 4.6 och 4.7.

Höjden på ett vindkraftverk kan anges med två olika mått, navhöjd och totalhöjd. Navhöjden är höjden från marken till själva maskinhuset. Totalhöjden anger vindkraftverkets totala höjd upp till bladspetsen då bladet är som högst. Rotordiametern är diametern på den cirkel vilken rotorbladen roterar inom. Se illustration i Figur 2.



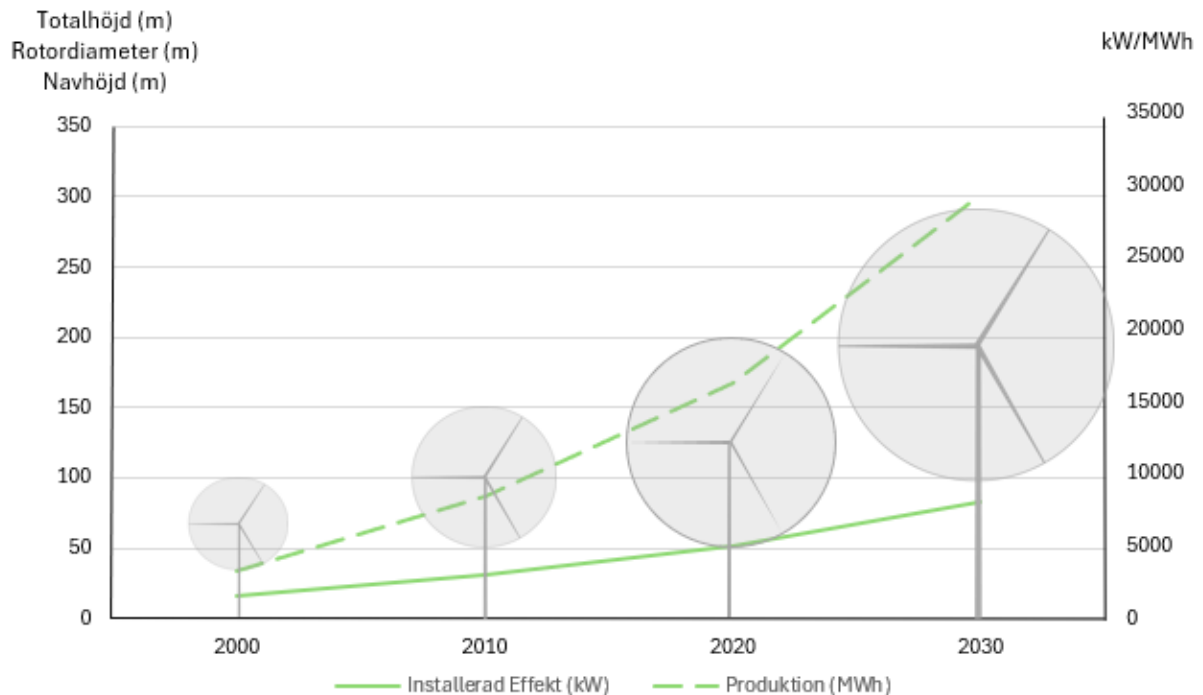
Figur 2 Illustration av ett vindkraftverk och dess olika mått (Vindkraftkurs.se, kompletterad av Barman Consulting AB).

Vindkraftverken vid Hömossen kan komma att ha en totalhöjd på upp till och med 290 meter. Val av vindkraftverk sker genom upphandling när tillstånd för vindparken vunnit laga kraft. Eftersom tillståndsprövningen tar flera år är det svårt att i nuläget förutse vilka vindkraftverk som finns på marknaden när det är dags för byggnation. Ett grovt antagande är att navhöjden kan vara cirka 150–210 meter och rotordiametern cirka 160–220 meter.

För att kunna göra beräkningar av produktion, ljud med mera har den exempellayout som tagits fram för ansökan baserats på ett vindkraftverk som finns på marknaden idag. Rotordiametern i exempellayouten är 162 meter och navhöjden har höjts till 209 meter för att stämma överens med den ansökta maximala totalhöjden.

### 2.3. Teknikutveckling

Den tekniska utvecklingen av vindkraftverk går snabbt och nya vindkraftverksmodeller blir allt högre med längre rotorblad och högre installerad effekt. Under senare år har rotordiametern och totalhöjden ökat i snabb takt, se illustration Figur 3.



Figur 3 Illustration över vindkraftverkens utveckling från år 2000 och bedömd utveckling fram till år 2030 (Barman Consulting AB).

Det innebär att nya vindkraftverk producerar mer förnybar el jämfört med tidigare modeller. Teknikutvecklingen leder därför till att allt större elproduktion kan uppnås med färre vindkraftverk.

Med större rotor, högre totalhöjd och högre installerad effekt förväntas teknikutvecklingen fortsätta i riktning mot vindkraftverk som producerar alltmer el. De kommersiella vindkraftverk som byggs idag har ofta en effekt på cirka 6 MW, mer än 150 meters rotordiameter och över 120 meters navhöjd.

När Hömossen Vindpark upphandlas kommer vindkraftverken med stor sannolikhet ha ännu högre effekt, större rotordiameter och högre torn än vad som byggs idag. Även om storleken på framtidens vindkraftverk är osäker och det finns indikationer på en inbromsning av de senaste årens kraftiga ökning i storlek är det viktigt att tillståndsansökan inte begränsar möjligheten till att optimera vindparken, därav söker EnBW för 290 meter höga vindkraftverk.



## 2.4. Flyghindermarkering av vindkraftverk

Idag regleras kraven på flyghindermarkering i TSFS 2020:88, Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan<sup>1</sup>. De nu gällande reglerna sammanfattas nedan. Inför uppförandet av Hömossen Vindpark kan dock reglerna ha ändrats, se vidare nedan.

Vindkraftverk ska hindermarkeras i enlighet med Transportstyrelsens föreskrifter. Enligt föreskrifterna ska vindkraftverk med en totalhöjd över 150 meter markeras med vit färg och förses med högintensivt vitt blinkande ljus och installeras på nacellen, med en ljusstyrka på 100 000 candela dagtid som får dimmas ned till 20 000 candela under skymning/gryning samt till 2 000 candela i mörker.

I en vindpark ska minst de vindkraftverk som utgör parkens yttre gräns markeras enligt ovan. De vindkraftverk som ingår i en vindpark och som inte utgör parkens yttre gräns ska markeras med vit färg och förses med minst lågintensiva röda ljus på nacellen.

När nacellen har en höjd över 150 meter ska tornet även markeras med minst tre lågintensiva röda ljus på halva höjden upp till nacellen.

De nu gällande reglerna skiljer sig från internationell standard, bland annat gällande behovet av högintensivt blinkande ljus. Transportstyrelsen har tagit fram en Remiss med förslag till nya föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten<sup>2</sup>. En del av förslaget syftar till att ändra flyghindermarkeringen från krav på högintensivt vitt blinkande ljus, till att vindkraftverk med en totalhöjd mellan 150 meter och 315 meter skall förses med medelintensivt rött blinkande ljus istället.

## 2.5. Montering av vindkraftverken

Vindkraftverkens olika delar produceras i fabriker i olika delar av världen och transporteras sedan via lämplig angränsningshamn och vidare till vindparken för montage. För transporter se vidare under kapitel 5.6. Vindkraftverket sätts samman på en anlagd kranplan vid varje vindkraftverk, se vidare i kapitel 4.4.

För att resa vindkraftverken krävs stora mobilkranar. Till huvudkranen krävs hjälpkranar för montering av huvudkranens lyftbom samt som hjälp vid lossning och montering av vindkraftverkens delar.

I Figur 4 nedan visas montage av vindkraftverk vid en av EnBW:s vindparker.

---

<sup>1</sup> Transportstyrelsen, [https://transportstyrelsen.se/TSFS/TSFS%202020\\_88.pdf](https://transportstyrelsen.se/TSFS/TSFS%202020_88.pdf)

<sup>2</sup> Transportstyrelsen, Remiss av förslag till nya föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten, <https://www.transportstyrelsen.se/sv/om-oss/dina-rattigheter-lagar-och-regler/lagar-och-regler/remisser/remiss-av-forslag-till-nya-foreskrifter-och-allmanna-rad-om-markering-av-foremal-som-kan-utgora-en-fara-for-luftfarten/>



Figur 4 Foto från montering av vindkraftverk. Foto: EnBW

## 3. Energiproduktion och energianvändning

### 3.1. Energiproduktion

Elproduktionen från vindparken beror av antal vindkraftverk som faktiskt byggs och val av vindkraftverk. Som beskrivits i kapitel 2.3 går teknikutvecklingen snabbt och elproduktionen per vindkraftverk ökar i snabb takt.

I Tabell 1 redovisas beräknad elproduktion från i ansökan redovisad exempellayout. Produktionen är baserad på beräkningsresultat för ett vindkraftverk som idag finns på marknaden, men med en förhöjd navhöjd som matchar den ansökta totalhöjden.

Tabell 1. Elproduktion från exempellayouten.

Antal vindkraftverk	8
Rotordiameter	162 meter
Generatoreffekt per turbin	7,2 MW
Årlig elproduktion från vindparken	Ca 270 GWh

### 3.2. Energibehov och energianvändning

Energibehovet för att tillverka, uppföra och driva en vindpark är generellt litet i förhållande till den energi som produceras under parkens livstid. Genererad energi är omkring 50 gånger högre än den energi som går åt för tillverkning och uppförande av vindparken enligt bland annat en livscykelanalys gjort av Vattenfall<sup>3</sup>.

Den primära energiåtgången går åt för råvaruutvinning av material och turbindelarnas förädlings- och tillverkningsprocesser. Det kommer idag till största del från fossila bränslen, men där pågår det en utveckling mot mer förnybar energi.

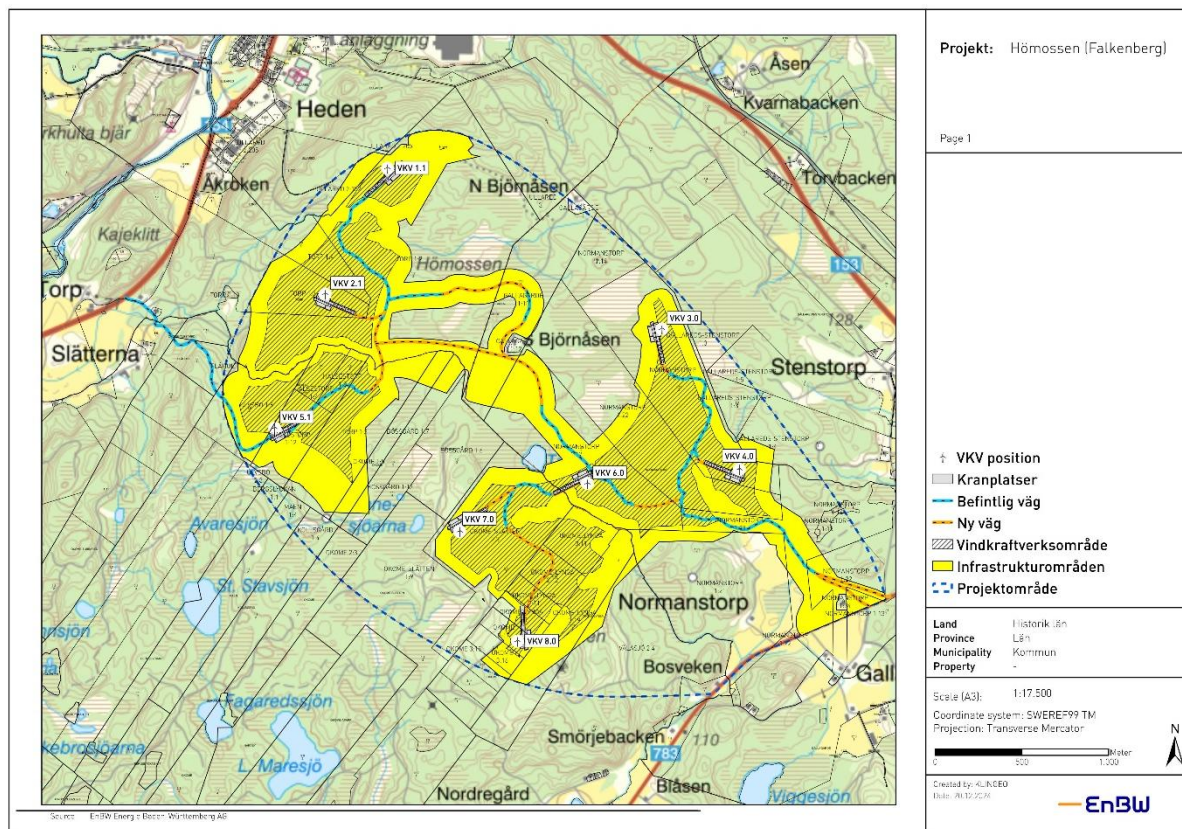
Energien som används på plats (för uppförande, drift och nedmontering) är väldigt begränsad.

---

<sup>3</sup> Vattenfall AB, EPD® of Electricity from Vattenfall's Wind Farms, Vattenfall AB, EPD® of Electricity from Vattenfall's Wind Farms, <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/487ba9dd-8cca-4c17-cd8a-08d9df0ea78f/Data>

## 4. Utformning av Hömossen Vindpark

Baserat på de förutsättningar som beskrivs i ansökan och tillhörande miljökonsekvensbeskrivning har EnBW tagit fram en utformning av Hömossen Vindpark som visar hur vindkraftverk och tillhörande anläggningar skulle kunna placeras i projektområdet, se Figur 5. Exempellayouten innehåller 8 vindkraftverk.



Figur 5 Exempellayout som visar möjlig placering av vindkraftverk, kranplatser och vägnät inom det ansökta vindkraftverksområdet och infrastrukturområdet. Notera att infrastrukturområdet även inkluderar vindkraftverksområdet.

### 4.1. Placering av vindkraftverken

Den optimala placeringen av vindkraftverk beror på en rad faktorer, bland annat platsspecifika vindförhållanden, modell av vindkraftverk, terrängförhållanden, ljud och skuggutbredning samt natur- och kulturvärden. För att kunna nyttja området på ett optimalt sätt och med den för tidpunkten bästa möjliga tekniken finns stora fördelar med att tillåta en flexibel placering av vindkraftverken inom *vindkraftverksområdet*. På så vis kan positionerna anpassas vid detaljprojekteringen av vindparken när vindkraftverksmodell och dess specifikationer är kända. Även vägdragningar kommer sannolikt att justeras, se vidare i kapitel 4.3.

Vid utformning av layouten har hänsyn tagits till motstående intressen, se kapitel 3.3 i miljökonsekvensbeskrivningen.

## 4.2. Grundläggning av vindkraftverken - Fundament

Vindkraftverken grundläggs med hjälp av fundament. Det finns i huvudsak två typer av fundament som används i vindparker på land, gravitationsfundament och bergsförankrade fundament, vilka beskrivs mer nedan. Om det är möjligt används bergsförankrade fundament med fördel i stället för gravitationsfundament både av miljöhänsyn och av ekonomiska skäl.

Det är framför allt jordlagrets mäktighet och bergets kvalitet som avgör vilken typ av fundament som väljs. Baserat på de geotekniska undersökningar som normalt sker i samband med detaljprojekteringen inför byggnation av vindparken.

Baserat på kartmaterial från SGU och erfarenheter från tidigare byggnationer i liknande områden bedöms det kunna användas en hög andel bergsförankrade fundament. Beskrivning av uppskattade storlekar och materielmängder beskrivs i avsnitt 5.2.

### 4.2.1. Gravitationsfundament

Gravitationsfundament består av en stor armerad betongkonstruktion som med sin tyngd håller vindkraftverket stabilt. Bultkorgen som tornet spänns fast i gjuts in i betongkonstruktionen. Gravitationsfundament är lämpliga där jordlagret är mäktigt eller där berget är av dålig kvalitet. Vid dåliga markförhållanden kan fundamentet grundläggas på pålar, men det är ovanligt att det behövs.

Fundamentets storlek beror främst på vindkraftverkets tyngd och höjd, men också möjligheten för dränering. Det finns också olika former på fundamenten.

De större vindkraftverk som byggs idag, med totalhöjd kring 240 meter, har ett fundament med diameter om cirka 25 meter och djup på cirka 4 meter. De vindkraftverk som kommer att bli aktuella att uppföra i Hömossen Vindpark kommer sannolikt att vara större och kommer därmed kräva större fundament, och en något djupare grundläggning kan bli nödvändigt.

I Figur 6 visas ett exempel på gravitationsfundament under uppförande i Råmmarehemmets Vindpark.



Figur 6 Gravitationsfundament under uppförande i Råmmarehemmets Vindpark. Foto EnBW.

Efter gjutning återfylls och återställs ytan kring fundamentet och enbart den del som vindkraftverket monteras på syns, se Figur 7.



Figur 7 Fundament efter återfyllnad och montage av vindkraftverk. Foto Jonas Barman

#### 4.2.2. Bergsförankrade fundament

Bergsförankrade fundament kan användas där jordlagret ner till berggrunden är tunt och där bergets kvalitet är bra. Denna typ av grundläggning bygger på att ett mindre betongfundament inklusive bultkorgen som tornet fästs i, förankras och spänns fast i berggrunden med flera (10-20) långa stag som borrar cirka 10-15 meter ner i berget.

I Figur 8 visas foton från ett bergsförankrat fundament under uppförande.



Figur 8 Bergsförankrat fundament under uppförande. Det vänstra fotot visar montage av bultkorg och början av montering av armeringen. Det högra fotot visar ett gjutet fundament Foton: Jonas Barman

Det finns också en variant av bergsförankrat fundament där den nedersta torndelen förankras direkt ner i berget med flera stag via en metallring med enbart en tunnare avjämningsgjutning i betong under metallringen.

### 4.3. Vägnät

Inom vindparken behövs vägar för att kunna transportera material, delar till vindkraftverken och andra anläggningsdelar under byggfas. Under vindkraftsanläggningens driftsfas används vägarna vid service- och underhåll av vindkraftverken. Under avvecklingsfasen används vägarna för att transportera bort anläggningen och återställning.

#### 4.3.1. Befintliga vägar i området

Inom projektområdet för Hömossen Vindpark finns ett antal befintliga skogsvägar. Befintliga skogsbilvägar kan kräva förstärkningar och andra åtgärder såsom breddning samt rätning av kurvor och krön för att kunna användas av de tunga, långa och breda transporterna som behövs vid byggnation av vindparken.

Befintliga vägar kommer att nyttjas i de fall det är lämpligt. Kraven på vägar som används för vindparker är dock högre än vad som krävs för enklare skogsbilvägar. Därmed kan det ibland vara lämpligare att anlägga nya vägar än att exempelvis använda slingrande vägar där de långa transporterna skulle kräva averkning av mer skog för att klara de långa transporterna.

Strax öster om projektområdet löper länsväg 153, i nordväst länsväg 154 och sydost om området löper länsväg 783, vilka är tänkta att användas för transporter till projektområdet. Samtliga av dessa vägar håller hög bärighetsklass och bedöms lämpliga för transport av vindkraftverk.

Då vägarna breddas behöver ofta nya, längre vägtrummor ersätta de befintliga. Nya vägtrummor krävs även vid breddning av befintliga vägar där erforderliga vägtrummor saknas. Sådana åtgärder kan inom ansökansområdet bidra till miljöförbättringar för såväl hydrologi som för passager av vattenlevande djur om de befintliga trummorna är felaktigt anlagda. Byte och anläggande av trummor i vattendrag är anmälningspliktiga åtgärder enligt 11 kap. miljöbalken, vilket därmed kommer anmälas och hanteras separat i behörig ordning enligt gällande lagar och regler.

#### 4.3.2. Byggnation av vägar

Förutom att förstärka, bredda och nyttja befintliga vägar kommer nya vägar behöva anläggas.

Den totala röjda ytan som krävs för byggnation av vägen, eventuell kabelförläggning, diken, slänter och det område intill som behöver röjas för att klara de långa transporterna varierar. Till exempel behövs en bredare korridor i kurvor för att klara svepytorna. Det behövs också en bredare väggata vid passage över svackor och krön, där vägen behöver byggas upp eller sänkas för att klara kraven på vertikalradier från de långa transporterna.



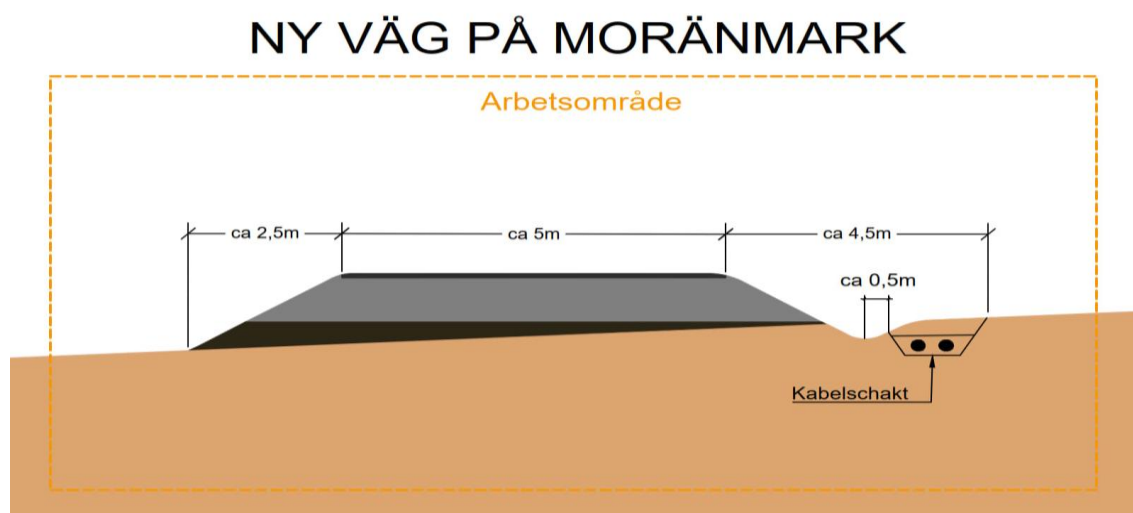
I starkt kuperad terräng kan vägprofilen behöva justeras med flera meter. Bredden varierar också beroende på hur många kablar som förläggs i bredd längs vägen.

Normalt kan den röjda korridoren för anläggande av väggatan vara omkring 20 meter längs enklare raka partier, medan den kan vara över 30 meter i mer komplexa sektioner. EnBW eftersträvar alltid att hålla nere avverkningsområdet, framför allt vid identifierade värden. Efter byggnation av vägarna och förläggning av kablarna återställs det kringliggande avverkade området och vegetationen kan återigen etablera sig utanför vägen.

Längs vägarna behövs mötesplatser, korsningar och vändplatser för att få logistiken att fungera under byggtiden.

Väggroppen kan byggas på olika sätt beroende på terräng och markförhållanden. Vegetation och organiskt material tas bort och vägterassen jämnas ut. Ofta används morän eller bergkross från området för att skapa en bra vägterass som utgör grunden för vägen. På detta läggs ett förstärkningslager av stenkross. Ovanpå detta läggs ett bärlager av finare material och sist läggs ofta ett slitlager med ännu finare material som gör att vägen får en jämn yta.

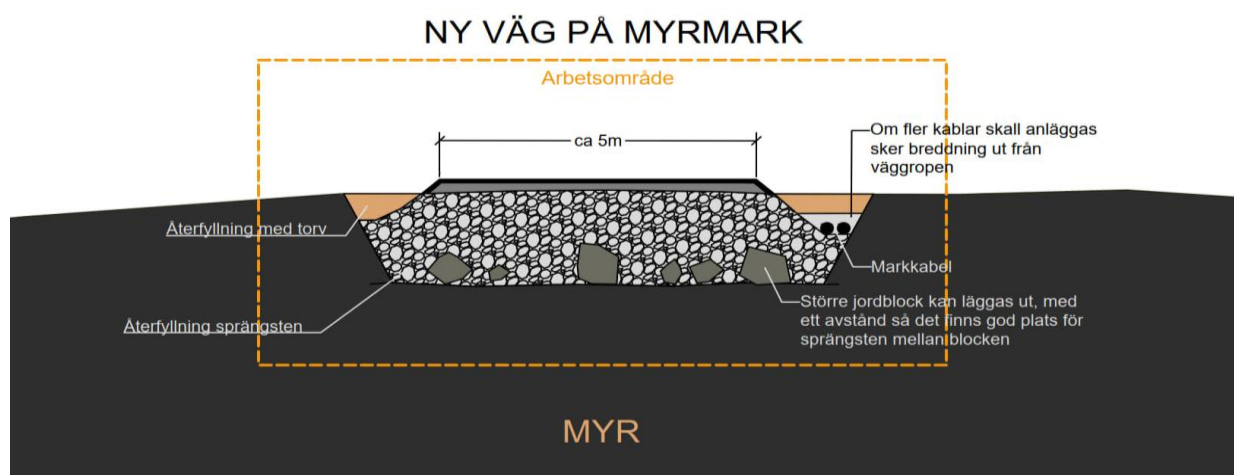
Beroende på om vägen anläggs på fast mark eller våtmark används olika anläggningstekniker. För illustration av en väg på fast mark se Figur 9 och för illustration av vägpassage på våtmark/myrmark se Figur 10.



Figur 9 Exempel på vägsektion för anläggning på fast mark. Måtten är exempel och varierar från fall till fall. I kurvor är arbetsområdet bredare för att möjliggöra transport av bland annat vindkraftverkens blad. Illustration: Barman Consulting AB

Anläggning av väg på våtmark undviks men kommer sannolikt behövas på begränsade sträckor. Väggroppen för väg på våtmark utgörs normalt av sprängsten som förläggs mot fast botten för att få en bra bärighet. Detta gör att väggroppen är genomsläpplig för vatten. Mot sprängstenen läggs sedan geoduk och ett bärlager/slitlager på samma sätt

som för fast mark. Om väggroppen inte kan byggas av sprängsten, exempelvis om inte fast botten kan nås, är geonät tillsammans med geoduk möjligt att använda för att få bärighet. Dessa läggs direkt på våtmarken med väggroppen ovanpå. Metoden kallas ofta för flytande väg. Denna metod är dock osäkrare att använda då den kräver en viss bärighet i våtmarken och tillräcklig bärighet kan vara svårare att uppnå.



Figur 10 Exempel på vägsektion för anläggning på våtmark/myrmark. Måtten är exempel och varierar från fall till fall. I kurvor är arbetsområdet bredare för att möjliggöra transport av bland annat vindkraftverkens blad. Illustration: Barman Consulting AB

Inom projektområdet finns registrerade sumpskogobjekt. Sumpskogar är skogar som växer på blöt eller fuktigare mark med torv av varierande mäktighet. För vägpassage genom sumpskog används tekniken för våtmark som beskrivs ovan.

#### 4.3.3. Väglayout Hömossen

För Hömossen Vindpark har ett exempel på utformning av vägnätet, baserat på exempellayouten i ansökan och identifierade restriktioner, tagits fram, se Figur 5. Enligt exempellayouten skulle cirka fem kilometer befintliga skogsvägar behöva breddas och förstärkas. Cirka fem kilometer ny väg skulle behöva anläggas.

Vid detaljprojekteringen kommer väglayouten anpassas efter slutlig layout för vindkraftverken, resultat av geotekniska undersökningar och andra undersökningar av markförhållanden, krav i tillståndet samt förutsättningar kopplade till de vindkraftverk som väljs. Vägar kommer därför med stor sannolikhet justeras gentemot den väglayout som visas, framförallt med hänsyn till var vindkraftverken placeras och hur många som blir aktuella. En del av skogsvägarna som är kurviga och kuperade kan vara olämpliga att använda, varför ny rakare väg kan behöva anläggas.

I enlighet med utformningsprinciperna som anges i kapitel 3.3 i miljökonsekvensbeskrivningen kommer vägar och övrig infrastruktur anpassas efter motstående intressen i samråd med biologisk expertis.



vindkraftverkspositionen. Att anlägga ytor är kostsamt och det pågår en hel del utveckling av kranar och installationsmetoder för att hålla nere behovet.

#### 4.5. Övriga anläggningar under byggtiden

Utöver vägar och kranplatser invid vindkraftverken behövs en del övriga anläggningar och logistikytor.

Under byggfasen kommer platskontor, normalt bestående av byggmoduler, samt ytor för bland annat parkering att etableras inom eller i närheten av projektområdet och upptar normalt omkring 2 000 m<sup>2</sup>. Platskontor är oftast i behov av vatten och avlopp. Platskontor är normalt bygglovspliktiga.

Det vanligaste är att komponenterna för vindkraftverken lagras vid respektive kranplan. Det kan bli aktuellt att anlägga en central logistikyta för mellanlagring av delar till vindkraftverken. Om en central logistikyta anläggs minskar generellt behovet av yta för kranplanerna.

Det kan också bli aktuellt att anlägga en eller flera ytor för betongproduktion och täktverksamhet inom vindparken. Detta kommer vid behov att ansökas och hanteras i behörig ordning enligt gällande lagar och regler.

#### 4.6. Internt elnät

För att ansluta vindkraftverken inom vindparken och överföra elproduktionen till överliggande nät anläggs ett internt elnät. Det interna elnätet följer ofta IKN-förordningen vilket gör att det undantas från kravet på nätkoncession.

Det interna elnätet utgörs normalt av markkablar som företrädesvis anläggs längs vägnätet. Figur 12 visar kabelschakt intill befintlig väg. Kabeln förläggs i schaktet, cirka 0,5 meter ner och täcks vanligen över med sand och kabelmarkeringar för att skydda kabeln. Slutligen täcks sanden över med det uppgrävda materialet och vegetationslagret läggs tillbaka överst. Det kan också vara aktuellt med förläggning i skyddsror, exempelvis vid passage av väg.



Figur 12 Pågående kabelförläggning. I kabelschakten finns två kablar, optorör och jordlina. Foto: Barman Consulting AB

Vid vägars passage över vattendrag kan kabeln anläggas vid sidan av vägen under vattendraget eller dras in i vägkroppen och läggas ovan vägtrumman.

Det kan vara lämpligt att på begränsade sträckor förlägga kablarna separat från väg, till exempel för att undvika onödigt långa kabelsträckningar. Normalt behöver då endast en smal gata avverkas så att en grävmaskin kan ta sig fram för grävning av kabelschakt och förläggning av kabel.

Det kan också vara aktuellt att för vissa passager använda hängkabel, där markkabeln går upp i stolpar och hänger i luften.

#### 4.7. Extern elnätanslutning

Vindparken och det interna elnätet behöver anslutas till regionnätet för distribution av elen. För detta ansöks om en nätanslutning hos nätägaren, vilken söker koncession för eventuellt behov av utbyggnad av regionnätet. Koncessionen är ett separat ansökansärende.

E. ON Energidistribution är regionnätsägare i området och dialog pågår om lämplig anslutningspunkt.

Det kan anläggas ett nytt ställverk med tillhörande transformatorstation inom eller i närheten av projektområdet. Här transformeras spänningen från det externa

regionnätets spänningsnivå till det interna elnätets spänningsnivå. Från stationen byggs en ledning som kopplas samman med regionnätet.

Ställverk finns både som inomhus- och utomhusställverk. Vanligast är utomhusställverk med en byggnad för kontrollutrustning och inkommande fack för det interna elnätet samt ett så kallat SCADA-rum för fibernätet. Byggnaden kan också förses med enklare personalutrymme för driftpersonal. I Figur 13 visas ett utomhusställverk under uppförande av den storlek som kan bli aktuellt för Hömossen Vindpark.



Figur 13 Utomhusställverk i vindpark. Foto Jonas Barman

Transformatorer i aktuell storlek är normalt oljekyllda. Oljan försluts i ett slutet system av transformatorhöljet, en tank. För att förhindra risken att olja kan spridas till omgivande i naturen vid ett eventuellt läckage finns alltid en uppsamlingsgrop under transformatorn. Utformningen skall uppfylla gällande krav.

Det kan också bli aktuellt med en enklare kopplingskiosk utan transformering inom projektområdet från vilken en anslutningsledning anläggs till en ny eller befintlig transformatorstation i närområdet. En sådan kopplingsstation består normalt av en mindre prefabricerad byggnad där det interna nätet kopplas samman, se exempel i Figur 14. Här kan också utrymme för driftövervakning och enklare personalutrymme anläggas.



Figur 14 Kopplingsstation i vindpark (Foto: Jonas Barman)

Val av slutgiltig utformning görs i samråd med nätägaren då vindparkens utformning är fastställda. Ställverket eller kopplingsstationen kan komma att ägas och drivas av verksamhetsutövaren eller av nätägaren.

## 5. Yt-, material- och transportbehov

Vid uppförande av en vindpark åtgår material främst för tillverkning av vindkraftverken och elanläggningarna samt vid anläggande av fundament, vägar, kranplatser och övriga ytor. En mindre mängd material såsom bränsle till fordon går också åt för själva byggnationen. Det krävs transporter för leverans av materialet, se kapitel 5.6, och det åtgår relativt stora ytor, se kapitel 5.7.

### 5.1. Materialåtgång för vindkraftverken

I avsnitt 2.2 beskrivs vindkraftverkets olika delar på en generell nivå. I vindkraftverk med ståltorn består verken av 80–90 procent stål och resterande 10–20 procent av vindkraftverket är vanligtvis fördelade på polymermaterial, glas och kompositer, aluminium, koppar, elektronik samt olja och kylmedel. Ett vindkraftverk med totalhöjd på cirka 290 meter bedöms väga över 1 000 ton.

Vindkraftverk med rena betongtorn eller hybrida betong/ståltorn väger mer och mängden stål och betong varierar mellan olika modeller.

## 5.2. Materialåtgång för fundamenten

För gravitationsfundament åtgår mer material än för bergfundament, se avsnitt 4.2. För större vindkraftverk med en totalhöjd om 240 meter som installeras idag åtgår omkring 150 ton armeringsjärn och 800 m<sup>3</sup> betong per gravitationsfundament.

Bergsförankrade fundament är mindre beroende av vindkraftverkens storlek eftersom bergets vikt nyttjas. Bergförankrade fundament varierar i utformning och storlek. De typer som inkluderar bultkorg består av i storleksordningen cirka 50 ton stag och armering samt cirka 300 m<sup>3</sup> betong.

Direktförankrade bergsfundament kräver bara omkring 10 ton armering och stag samt cirka 50 m<sup>3</sup> betong.

Eftersom vindkraftverken i Hömossen Vindpark med stor sannolikhet kommer att bli högre och tyngre än de större vindkraftverk som byggs idag kommer det följaktligen krävas större fundament. Mängden varierar utifrån de slutliga lasterna från vindkraftverken, de geotekniska förutsättningarna samt möjligheten att dränera fundamenten.

Som nämnts tidigare i avsnitt 4.2 bedöms det kunna anläggas en hög andel bergförankrade fundament för Hömossen Vindpark. Materialbehovet uppskattas grovt då till omkring 1 000 ton armering och stag samt 5 000 m<sup>3</sup> betong för de åtta vindkraftverken. Skulle det behövas gravitationsfundament på alla positioner bedöms det åtgå omkring 2 000 ton armering och 10 000 m<sup>3</sup> betong.

## 5.3. Materialåtgång för anläggning av vägar och ytor

Vid anläggande av vägar och ytor jämnas terrängen företrädesvis ut med befintliga massor. Överbyggnadslagren består mestadels av bergkross. Naturgrus från någon kommersiell täkt kommer inte användas för anläggande av vägar och ytor då detta är en begränsad naturtillgång.

Finns det ytligt berg längs vägarna samt vid kranplatser och fundament, kan det förutom att användas för uppfyllnad även krossas på plats för att kunna användas som överbyggnadsmaterial. Genom anpassning av vägprofilen och kranplanernas nivå kan därmed massbalans inom området eftersträvas och mängden material som behöver köpas in och fraktas från kringliggande täkter kan minskas.

Baserat på överslagsberäkningar som genomförts och erfarenheter från tidigare byggda vindparker med liknande förutsättningar uppskattas åtgången av bergkross för överbyggnadsmaterial till vägar, uppställningsplatser samt kran- och fundamentplatser för Hömossen Vindpark till cirka 100 000 ton.

En del av detta kommer sannolikt komma från det överskott av massor från den bergschakt som krävs för anläggande av fundament samt utjämning av terrängen för vägar och kranplaner, vilket kan krossas till rätt fraktioner och nyttjas som



överbyggnadsmaterial. Resterande tas från närliggande bergtäkter. Det finns ett antal kommersiella täkter i områdets närhet.

#### 5.4. Övrigt materialbehov

För anläggande av det interna elnätet kommer kablar förläggas. De flesta kablar är tillverkade av aluminium eller koppar med ett hölje av polyten. Kablarna är tillverkade för att enkelt kunna återvinnas. Utöver kablarna anläggs några mindre kabelkiosker, ett fibernät och jordlinor.

Som beskrivits tidigare i avsnitt 4.7 kan det bli aktuellt att anlägga ett nytt ställverk med tillhörande transformator. Material som används i ställverket och tillhörande elanläggningar är koppar, järn och keramiska material. Batterier som finns i anläggningarna innehåller olika typer av kemiska ämnen och finns till övervägande del i slutna utrymmen. Transformatorer innehåller olja. Vid eventuellt läckage samlar oljebehållare och oljegrop upp oljan.

Svavelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) är en gas med betydande växthuseffekt som idag används i ställverk. Det pågår utveckling för alternativa material och diskuteras förbud användande av gasen.

#### 5.5. Betongproduktion

Den betong som åtgår vid uppförandet av vindparken kommer till övervägande del användas till fundamenten, vilket beskrivs i kapitel 5.2. Om det blir aktuellt med hybridtorn kommer betong även användas för tornen.

Betong tillverkas av ballast (sten i olika kornstorlek), cement, vatten och tillsatsmedel. Tillsatsmedel i betong används för att ge betongen önskvärda egenskaper. Tillsatsmedel bundna i betong är inte farliga för hälsa eller miljö. Härdad betong ger heller inte ifrån sig några miljöfarliga emissioner<sup>4</sup>.

Det pågår mycket forskning och utveckling för att minska klimatpåverkan från betongproduktionen. Användning av så kallad grön betong eller Eco-betong där en del av cementen ersätts med slaggprodukter för att minska klimatpåverkan har ökat kraftigt under senare år.

Betong kan tillverkas i närliggande befintliga betongstationer och transporteras till vindparken med lastbilar.

En temporär betongstation kan också etableras inom området, men det bedöms i nuläget inte så troligt då mängden betong som behövs är begränsad och det finns stationära stationer i närheten, till exempel i Varberg.

---

<sup>4</sup> Svensk betong, Tillsatsmedel för betong, <https://swe.sika.com/dms/getdocument.get/cce2b785-5f98-350d-a475-84960bfbbb99/Tillsatsmedel%20f%C3%B6r%20betong.pdf>

En annan typ av mobil betongframställning består i att blanda betongen direkt i speciella betongblandarlastbilar direkt vid fundamenten. Denna typ av lösning kräver oftast ett flertal lastbilar som levererar material och en eller ett par lastbilar som blandar betongen för att komma upp i nödvändig produktionstakt. Ballast och cement transporteras med lastbil till området. Vatten kan tas från ett närliggande uttag och transporteras dit i tankbil.

## 5.6. Transportbehov

Byggnation av en vindpark kräver transporter, främst för vindparkens byggskede, men också under driftskedet och senare under anläggningens avveckling. Nedan redovisas exempel på transporter:

- Maskin- och persontransporter
- Massor för schaktning och utfyllnad, det vill säga lokalt material som flyttas inom området för att jämna ut marken
- Bergkross för byggnation av vägar, kranplatser och andra uppställningsytor, vilket antingen kan krossas lokalt från överskottsmassor eller transporteras dit från närliggande täkter
- Betong, armeringsjärn och ingjutningsgods till fundamenten
- Elkomponenter och kablar
- Delar till vindkraftverken
- Kranar och hjälpkranar

Byggnation av vägar och kranplatser kräver en stor mängd transporter av material, men inom korta avstånd. Baserat på det uppskattade materielbehovet i kapitel 5.3 behövs omkring 3 000–4 000 lastbilar med släp för leverans av vägmaterial.

Transportbehoven för byggnation av fundament beror på fundamentens storlek och på vilken typ av fundament som används. Om en större del bergförankrade fundament kan användas bedöms omkring 1 200 betongleveranser behövas. Kan inte bergförankrade fundament användas bedöms behovet bli ungefär det dubbla. Om betongproduktionen sker inom området minskar transportsträckan för den färdiga betongen, men de ingående materialen behöver fortfarande transporteras dit.

Transportväg för delar av vindkraftverken beror på var vindkraftverkens delar tillverkas och vilket eller vilka transportmedel som är mest ekonomiskt fördelaktigt. Det är dock sannolikt att transporten av vindkraftverken kommer att ske med båt till närliggande hamn på västkusten och vidare med lastbil till Hömossen Vindpark. Mer detaljerad transportplanering görs vid detaljprojekteringen. Det kommer krävas modifieringar av exempelvis korsningar för att möjliggöra transport av de större delarna, exempelvis vindkraftverkens blad och torndelar. Transportdispenser och modifieringar av vägar ska godkännas av Trafikverket. Hur många transporter av vindkraftsdelar som behövs beror främst på tornens uppbyggnad, men det bedöms minst krävas ett par hundra specialtransporter.

Under driftsfasen sker transporter i betydligt mindre utsträckning än under byggnation av vindparken och mestadels är det med mindre transportbilar. Det kan dock bli aktuellt med större och mer omfattande transporter om det till exempel blir nödvändigt med större reparationer.

I avvecklingskedet ökar åter transportbehovet. Transportbehovet vid återställandet bedöms mindre än vid etablering av vindparken då bland annat vägarna och en stor del av fundamenten vanligtvis lämnas kvar.

## 5.7. Ytbehov

I kapitel 4 beskrivs utformningen av vindparken. Hur stora ytor som exakt kommer åtgå går i nuläget inte fastställa eftersom det beror av en rad parametrar så som vilket vindkraftverk som upphandlas, hur det monteras, exakt utformning av parken etcetera. En grov bedömning är att omkring 10 hektar hårdgjord överyta kommer behövas. Det totala röjningsbehovet för dessa ytor, kringliggande slänter, kabelschakter, röjning för svep av de långa transporterna etcetera bedöms uppgå till omkring 30 hektar.

## 6. Vindparkens olika faser

### 6.1. Anläggningsfas

Det är normalt en anläggningsentreprenör som ansvarar för markarbeten (vägar, kranplatser, fundament, internt elnät etcetera). Detta bedöms pågå under ungefär ett år och vanligen görs detta klart innan vindkraftverken levereras.

Vindkraftverken upphandlas vanligen från en leverantör som ansvarar för leverans, montage och idrifttagning, detta bedöms pågå under några månader.

Naturvårdsverkets riktvärden för buller från byggplatser kommer att innehållas under anläggningsfasen<sup>5</sup>.

### 6.2. Driftsfas

Som beskrivits i kapitel 2.2 övervakas vindkraftverken via kommunikationsnätet och kan fjärrstyras från centrala övervakningscentraler. Detta sköts antingen av vindkraftverksleverantören eller av ett driftansvarigt företag.

Vindparken kräver också kontinuerligt service- och underhållsarbete på plats. Detta innebär i regel ett till två större planerade servicetillfällen per år och vindkraftverk. Utöver detta tillkommer felavhjälpande underhåll. Ofta samordnas driften av flera vindparker inom ett större område och resurser i driftorganisationen kan vara stationerade på centrala driftkontor.

---

<sup>5</sup> Naturvårdsverket, (NFS 2004:15).

### 6.3. Avecklingsfas

När vindkraftverken är tekniskt uttjänta, eller när miljötillståndet upphör att gälla, kommer vindparken att avvecklas. Alternativt kommer en ny tillståndsprocess inledas för en ny vindpark, repowering. Vindkraftverk har tidigare haft en livslängd på upp till cirka 20–25 år. Teknikutvecklingen går dock framåt och moderna vindkraftverk kan ha cirka 25–40 års livslängd. Om vindkraftverkens livslängd ökar förbättras kostnadseffektiviteten. Samtidigt minskar vindkraftverkens miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Vid rivning av vindkraftverk monteras alla delar ned för att möjliggöra återanvändning eller återvinning. Idag säljs vindkraftverk som monterats ner i vissa fall vidare efter större renovering och återanvänds på en annan plats. Om så inte sker kan metall i tornen samt en stor del av övrigt material återvinnas. Vindkraftverk återvinns i dagsläget upp till 85–90 procent. Glasfiber från bladen har historiskt ofta lagts på deponi, men det pågår forskning och utveckling för återvinning och energiutvinning och det finns redan idag tekniker för detta.

Återställning gällande elkablar görs i samråd med tillsynsmyndigheten enligt vid avvecklingstidpunkten gällande bestämmelser. Kablar brukar vanligtvis lämnas kvar men kan också grävas upp. Vad som bedöms vara lämpligast beslutas i samråd med tillsynsmyndigheten. Detsamma gäller annan övrig elutrustning. Ställverk och andra elektriska anläggningar kan demonteras och mark återställas.

Betong från torn och fundament kan återanvändas bland annat som fyllnadsmaterial. Ur miljösynpunkt är det tveksamt om nedbilning eller uppgrävning av hela fundamenten är motiverat. Om så sker åtgår stora energimängder och omfattande transporter krävs. Vanligt är att fundamenten bilas bort till en bit under marknivå för att sedan återställa marken för återetablering av vegetation.

Vid avveckling kommer omgivningspåverkan i form av till exempel buller uppstå på samma sätt som när vindkraftsanläggningen anläggs.

### 6.4. Avecklingskostnader

Att avveckla en vindkraftsanläggning är förknippat med kostnader. I tillstånd enligt miljöbalken för vindparker krävs enligt praxis att säkerhet ställs för återställningskostnader, se ansökan för vidare detaljer.

Eftersom nedmontering av vindparken sannolikt ligger mer än 30 år fram i tiden är det idag mycket svårt att bedöma hur stora kostnaderna kommer att bli. Hur stora kostnaderna blir beror av flera olika faktorer, bland annat:

- Typ och storlek av vindkraftverk
- Nedmonteringsmetod och krankostand
- Hur mycket och vad av övrig infrastruktur och kringanläggningar som ska återställas