

D 0211

Generell information om fundamentanläggning

VINDKRAFTFUNDAMENT

Vindkraftverk förankras i marken med någon typ av fundament. Det finns olika metoder för utförandet. Fundamentens utformning beror dels på typen av vindkraftverk och dels på markförhållande. Naturligt har vindkraftverk med olika dimension olika behov av förankring men även övergången från själva tornet ned till markförankringen varierar beroende på typ av vindkraftverk. Även detta påverkar utförandet av fundamentet.

När ett vindkraftprojekt utvecklas sker många stegvisa aktiviteter. Inför byggnationen och den slutgiltiga exakta positionen utförs geoteknisk undersökning. Det innebär att positionen planerad för vindkraftverket genomgår en provborrning varpå markens förutsättningar avseende bärighet studeras. Med kunskap om de faktiska förutsättningarna kan sedan fundamentet dimensioneras på rätt sätt.

Fundament kan utformas på många olika sätt. Geometrierna varierar efter behov och koncept. Generellt finns dock två huvudtyper som används på olika sätt.

1 GRAVITATIONSFUNDAMENT

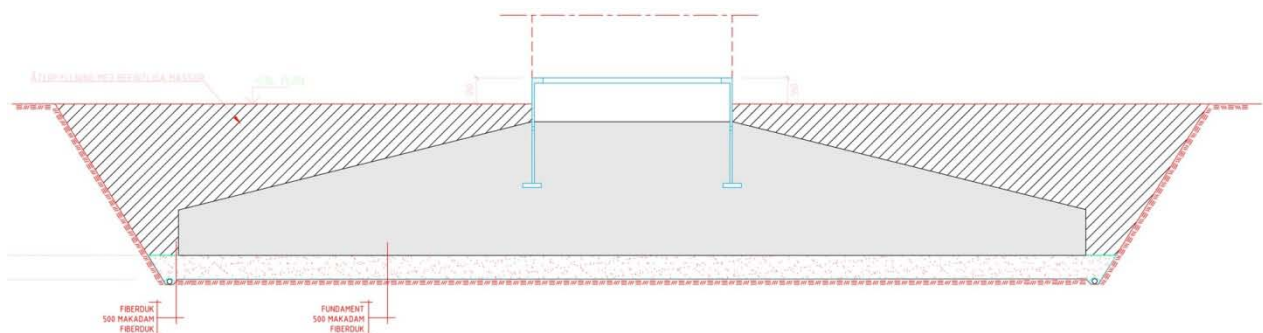
Ett gravitationsfundament fungerar som en motvikt mot de laster som från vindkraftverket verkar på förankringen. Nedan beskrivs ett exempel på process vid etablering av ett gravitationsfundament.

Steg 1 Geoteknisk undersökning

Markförutsättningarna utreds genom ett antal provborrningar. Markens beskaffenhet sonderas och resultatet överlämnas till den aktör som utför det exakta konstruktionen.

Steg 2 Konstruktion

Med vetskap om markens beskaffenhet och de laster som vindkraftverket kommer utgöra mot förankringen utarbetar konstruktören avsedd konstruktion för den specifika platsen. Nedan visas ett exempel på konstruktion för ett gravitationsfundament som är avsett för ett Vestas V90 2 MW.



Skiss av gravitationsfundament



Markberedning med utplanad och packad markbädd

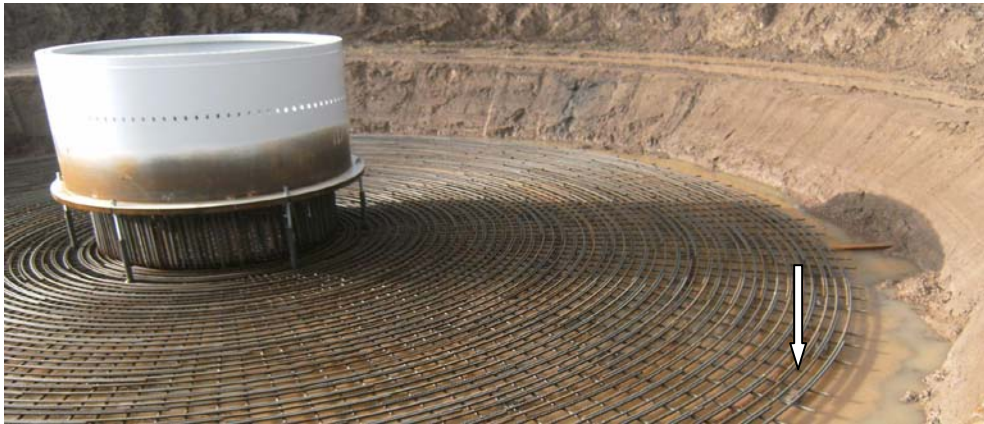
När marken beretts på korrekt sätt anläggs normalt en så kallad "grovbetong" eller "utjämningsbetong". Det är ett lager av betong om ungefär 5-15 cm som anläggs på markbädden. Lagret utgör således gränssnittet mellan marken och tillkommande armering och betong. Bilden nedan visar ett exempel på grovbetong.



Grovbetong, se pil

Steg 4 Armering

Armeringen utförssom att en förstärkande "bur" av kamjärn (även kallat armeringsjärn) konstrueras samman på grovbetongen. Armeringsarbetena kan utföras i sin helhet på platsen alternativt att större delkonstruktioner levereras och sätts samman på platsen.



Inledande armering med ingjutningsgods. I underkant kan förstärkande pålar skymtas, se pil



Pågående armering



Pågående armering



Slutförd armering med ingjutningsgods, se pil



Slutförd armering med ingjutningsgods

I samband med att armeringen utförs installeras även utrustning för potentialutjämning och åskskydd samt genomföringar för kraftkablar, signalkablar etc.



Potentialutjämning



Potentialutjämning (pil) och kabelgenomföring

Steg 4Gjutning

När samliga installationer är utförda gjuts fundamentet på platsen. Baserat på tillgång på betongstationer och material i området kan platsen för tillverkning variera. För mindre vindkraftprojekt med närhet till industri är det vanligt att betongtillverkningen sker i fabrik. I vissa fall och för större anläggningar kan det vara aktuellt att tillverka betongen på plats med mobil betongstation. Hur betongtillverkning och levereras sker kommer att upphandlas under en senare del i projektfasen och det är därmed inte möjligt att i nuläget med säkerhet fastslå förfarandet. Nedan visas pågående gjutningsarbeten med pumpande lastbil till vänster i bild.



Pågående gjutningsarbeten

Steg 5 Färdigställan

När betongen är gjuten vidtas åtgärder för att härdning skall ske på korrekt sätt. T.ex. är det viktigt att betongen inte "brinner" för fort med för hög temperatur som resultat. Procedur för processen varierar och beror bland annat på yttre förhållanden som väderlek.



Återfyllnad

2 BERGFÖRANKRINGSFUNDAMENT

Bergfundament kan användas när vindkraftverket placeras på fast berg. I det fallet består fundamentet av en adapter som monteras på berget. I det solida berget borraras hål i vilka stag för infästning till adaptern införes. Stagen fästs och fixeras i berget med expanderande betong. På adaptern monteras sedan tillhörande delar. Den stora skillnaden jämfört med gravitationsfundament är att åtgången av betong är mindre.

3 MARKFÖRHÅLLANDEN MED LÅG BÄRIGHET

Vid placeringar av vindkraftverk eftersträvas platser med hög bärighet vilket innebär ett minimum av åtgärder. Vid vissa tillfällen krävs att marken förstärks. Det finns olika sätt att utföra förstärkning och utformningen beror av rådande förutsättningar i marken, laster etc.

Om marken och slutligen schaktbotten uppvisar begränsad sämre bärighet kan förstärkning ske genom utbyte av material och anläggning med markförstärkningsduk. Om marken uppvisar än mer lösa förhållanden med t.ex. lera och lös silt krävs ytterligare markförstärkning.

En vanlig förstärkningsåtgärd är att schaktbotten pålas. Det finns flera olika sätt att påla och olika typer av pålar att nyttja. Bilden nedan visar pålning med betongpålar. Pålarna tränger ned genom ett marklager av lera och silt varpå de ansluter till underliggande berg. Därmed kommer merparten av lasterna att överföras från vindkraftverket genom pålarna mot berget.



Pålningssentreprenad



Justering av yttre pålråd som slås med vinkel för att öka lastupptagningen

När pålarna är nedslagna sker stötsvågsprov för att säkerställa tillräcklig bärrighet. Pålarna kapas därefter till korrekt längd så att krafterna från tillkommande fundament kan tas upp.

4 MILJÖPÅVERKAN

Miljöpåverkan från anläggning av fundament och kan delas upp i två delar. En typ av påverkan uppstår under den faktiska byggnationen. En annan typ av påverkan uppkommer mer långverkande under driftskedet under stadigvarande drift, se nedan.

4.1 BYGGSKEDET

Under byggskedet kommer påverkan vara knuten till den faktiska byggverksamheten och de transporter som är förknippade med denna. Det innebär att mänsklig närvaro, maskiner och verktyg kommer att orsaka buller.

Naturligt är att vilda djur kommer att uppfatta byggskedet som störande och med all sannolikhet kortvarigt avlägsnar sig från platsen. I samband med att byggskedet avslutas upphör störningarna och djuren återkommer om de vistades på platsen

ursprungligen. Även närboende kommer sannolikt uppmärksamma byggskedet genom att aktiviteten generellt ökar i omnejden.

Entreprenadarbetena kan förutom buller även orsaka vibrationer och damning. Påverkan som uppkommer knyts främst till följande delmoment:

- Grävning
- Forsling av fyllnadsmaterial
- Forsling av betong
- Packning av material
- Eventuell sprängning
- Eventuell pålning

Grävning

För att anordna schaktbotten samt återfyllnad efter gjutning sker naturligt grävarbeten. Ett tillfälligt markintrång utgörs av att material från fundamentsgropen förvaras runt gropen under anläggningstiden. När fundamentet är färdiggjutt används materialet i möjligaste mån till återfyllnad. Selektion av material kommer att ske eftersom det inte är önskvärt att stora fraktioner ligger an mot betongytan med eventuella skador som följd. Eventuella överskottsmassor kan användas för annan anläggnings som väg och hårdgjorda ytor. När återfyllnaden efter gjutning är klar upphör grävarbetena.

Forsling av fyllnadsmaterial

Beroende på de faktiska förutsättningarna på den aktuella platsen kan överskottsmassor bildas. Om hanterade massor inte lämpas för återfyllnad kan tillförsel av andra massor komma att ske¹. I och med detta uppkommer materialtransporter. Normalt flyttas massor i närområdet varför en stor del av dessa transporter är begränsade till just närområdet. När tillförsel av nya massor förekommer kan detta komma att ske från platser utom anläggningsområdet.

För vissa delmoment kräver konstruktionen nyttjande av specifika massor. T.ex. anläggs schaktbotten normalt med ett utjämnande och dränerande material (makadam).

Forsling av betong

Betong kan tillverkas i befintlig betongstation och därmed forslas till anläggningsområdet. Alternativt tillverkas betongen i mobil betongstation som etableras i närområdet.

En betongbil lastar normalt 6-8 m³ betong. Ett fundament till ett vindkraftverk av typen Vestas V90, 2 MW kräver normalt 450 m³ betong. Det innebär cirka 65

¹ Det är viktigt att rätt material förläggs mot nya betongytor. Känsligheten minskar en bit från betongytan. På så sätt är nyttjas oftast allt eller merparten av allt material från fundamentsgropen till återfyllnad.

betongtransporter per fundament. Om betongen tillverkas i mobil betongstation kommer betongtransporterna endast ske i närområdet. Givet tillför betongens råmaterial området i form av sand/grus och cement. Om betongen tillverkas i befintligt betongstation krävs erforderliga transporter för att forsla betongen till avsedd plats.

Normalt gjuts ett betongfundament under en dag eller ett dygn. Således är transportbehovet tidsmässigt begränsat till korta intensiva perioder.

Packning av material

Schaktbotten och dess ytlager packas normalt för att erhålla rätt förutsättningar. Det är även brukligt att massorna aktuella för återfyllnad packas. All typ av packning orsakar buller och vibrationer. Packning är i tiden förhållandevis korta delmoment. Tidsåtgången (effektiv tid) för att packa en schaktbotten bedöms till några mantimmar. Att packa återfyllnad på ett fundament kan vara mer tidsödande eftersom det är betydligt lösare massor som skall kompakteras. Således är jordmånen, väderleken, tillgång på teknikpark etc. begränsande för utförandet. Tidsåtgången för att packa en återfyllnad bedöms till 1-3 mandagar med erforderlig maskin.

Sprängning

Se separat bilaga.

Pålning

Eventuell pålning innebär normalt att pålningsmaskin och assisterande maskin orsakar buller. Vid slagning av pålar uppkommer normalt lågfrekvent hamrande buller. Vibrationerna uppkommer lokalt. Främst kan vibrationer noteras vid stoppålning, dvs när pålen slås till berggrunden. Kraften från det eller de sista slagen per påle fortplantas ned till berggrunden. I närområdet kan markvibrationer således uppfattas och verka störande. Tidsåtgången att i goda förhållande utföra pålning för ett fundament (cirka 100 pålar, längd=5-10) beräknas till ungefär en (1) manvecka. Därtill kommer pålkapning om ungefär 2 mandagar per fundament.²

Sammanfattning delmoment

Entreprenadåtgärder som grävning, packning, transport, sprängning etc orsakar buller. De vibrationer som kan uppstå noteras endast lokalt och verkar under mycket begränsad tid.

I och med arbetena kan mindre vattendrag och vattenansamlingar kortvarigt grumlas. Grumlingen upphör i samband med att arbetet avslutas.

²Notera att pålning är endast tillämpligt i specifika och i enstaka fall. Beslut om pålning tas efter utförande och utvärdering av geoteknisk undersökning för respektive fundamentsposition.

4.2DRIFTSKEDET

Markintrånget från fundamentets yta anses försumbart t.ex. jämfört med vägnät. För att inte påverka markområden i omnejd krävs att de hydrologiska förhållandena hålls opåverkade. För att inte påverka tillrinning eller avrinning och på så sätt störa de rådande förhållandena placeras fundamenten så att sådan störning inte sker.

Normalt dräneras fundamentet. Det innebär att direkt anliggande mark till fundamentet sålunda kan förorsakas, om ändock mycket begränsat, dränering i de till betongen närliggande återfyllnadsmassorna. Figuren nedan visar exempel på dränerande slang av kokos-typ.



Kokoslang för dränering av fundamentet

I övrigt tillåts växtlighet i merpart återkomma runt om och på återfyllnadsmassor till fundamentet.

5 FÖRSIKTIGHETSÅTGÄRDER

Byggnationen av fundamenten kommer utföras av externa entreprenörer. Upphandlingen sker konkurrensutsatt. De försiktighetsåtgärder som anges i detta dokument kommer att delges leverantör / entreprenör för att säkerställa medvetenheten och handlingsplan i hela utförandekedjan- "från beställare till grävmaskinist". Upphandlad aktör kommer att delges informationen i detta dokument med krav på spridning inom den egna organisationen och till eventuella underentreprenörer.

3.2.2 FÖRSIKTIGHETSÅTGÄRDER NÄRBOENDE, ALLMÄNHET ETC.

Ett informationsmöte kommer att hållas med närboende innan eller i samband med att byggnationerna påbörjas³. Avsikten med informationsflödet är att skapa

³ Alternativt kommer information skickas ut till de som kan anses vara berörda.

dialog, lösning och reglering runt eventuellt störmoment som byggnationerna kan medföra. Informationen kommer även innehålla kontaktuppgifter vart det går att vända sig med synpunkter på pågående verksamhet.

I samband med byggnationen kräver lagstiftningen att "arbetsmiljöansvarig" anlitas. Denne eller annan i dennes ställe kommer att ges uppdraget att fortlöpande övervaka moment som allmänhet, närboende etc. kan uppfatta som störande.

3.2.3 BULLER OCH VIBRATIONER

I det fall som buller och vibrationer från anläggningsarbetena väsentligt kan antas störa närboende kommer arbetstiderna att regleras och förläggas till lämpliga tidpunkter på dygnet utifrån specifikt störmoment.

3.2.5 HYDROLOGI

Alla typer av våtmarker undviks då det av tekniska skäl är olämpligt att bygga fundament på denna typ av mark. Små vattenpölar eller ansamlingar av vatten kan komma att grumlas under byggskedet. Detta upphör när arbetena upphör. Baserat på detta kommer vindkraftverken med fundament inte orsaka hydrologirubbningar för omkringliggande marker. Risken för påverkan av de hydrologiska förhållandena samt eventuell oacceptabel grumligt bedöms så liten att skyddsåtgärder annat än normal verksamhet bedöms onödigt.