

MiniWind



Småskalig vindkraft – en studie av förutsättningarna för etablering vid gården Åsen, Åseda

Som en del av projektet Rural Res skall ett antal platsers lämplighet för etablering av småskalig vindkraft studeras. Detta är en studie av förutsättningarna vid gården Åsen strax norr om samhället Åseda i Kronobergs Län.

September 2010

Energikontor Sydost

Lennart Tyrberg



Energikontor Sydost
Energy Agency for Southeast Sweden



Författarna har ensamma ansvaret för innehållet i detta dokument. Det företräder inte nödvändigtvis Europeiska unionens åsikter. Europeiska kommissionen eller EU:s byråer ansvarar inte för någon form av användning av information som finns i dokumentet.

Innehåll

1	SAMMANFATTNING	4
2	METOD	6
3	VINDLÄGET	11
4	VINDMÄTNING	12
5	PLACERING AV VINDKRAFTVERKET	13
6	RÅHETSKLASS	14
7	HINDER	15
8	ELANSLUTNING	15
9	VAL AV VINDKRAFTVERK OCH TORNHÖJD	17
10	VÄGANSLUTNING OCH PLATSENS ÅTKOMLIGHET	17
11	FUNDAMENT	17
12	INVESTERINGSKALKYL	17
13	REFERENSER	19

1 Sammanfattning

Strax norr om Åseda i Kalmar län ligger gården Åsen. Ägaren överväger att installera ett småskaligt vindkraftverk på fastigheten för att i första hand täcka sitt eget behov av elenergi.

Vindkartering indikerar drygt 6 m/s som årsmedelvind på 49 meters höjd. Gården ligger på en höjd och det talar för att vindläget bör vara bra trots att omgivningen huvudsakligen består av låg skog. Omgivningen har relativt hög råhetsklass och medelvinden minskar därför snabbt med minskad höjd över marken. För att ett småskaligt vindkraftverk skall bli en lönsam investering behövs en årsmedelvind på minst 5 m/s. Beräkningen indikerar att ett torn på minst 30 m krävs för att medelvinden skall bli drygt 5 m/s. Vindkarteringen har en relativt hög osäkerhet och den beräknade medelvinden måste därför ses som en indikering. En vindmätning rekommenderas för att verifiera medelvind och graden av turbulens på valda navhöjden.

Verket är tänkt att anslutas på abonnentsidan av elmätaren så att vindkraftsverkets produktion minskar behovet av inköpt el. Den producerade elenergin blir för ägaren på så sätt värd ca 1,25 kr/kWh d.v.s. det totala priset, inklusive skatter och avgifter. Vid försäljning av el blir inkomsten ca 0,50 kr/kWh. Elenergi producerad med vindkraft berättigar till elcertifikat som kan säljas för ca 0,30 kr/kWh.

Två investeringskalkyler har gjorts, dels för ett 11 kW och dels för ett 45 kW vindkraftsverk. Kalkylen indikerar en återbetalningstid på 12 respektive 10 år. Kalkylen indikerar att det större verket skulle vara en bättre investering men eftersom kapitalkostnaden inte ingår och flera av parametrarna har relativt stor osäkerhet bör offerter begäras in samt noggrann kalkyl göras för båda alternativen innan slutgiltigt investeringsbeslut.

Avståndet till närmaste granne är ca 500 m. Någon risk för konflikt med grannar eller andra intressen har inte kunnat identifieras.

Förutsättningarna bedöms totalt som goda men det krävas ett relativt högt torn för att nå upp till rimligt ostörd vind. Med nuvarande regler blir återbetalningstiden relativt lång men om verket håller 20 år, som alla tillverkare uppger, blir det totalt ändå en bra investering.

Det finns också några mer ”mjuka” aspekter som kan tala för en investering i egen produktion av förnyelsebar elenergi. Ett eget vindkraftverk kan ge; ett känt elpris under många år, ett gott miljösamvete och möjlighet att i framtiden ladda den egna elbilen. Det senare kallas ibland för att ha ”vind i tanken”.



Bild 1. Gården Åsen strax norr om Åseda samhälle. Uppe vänster; Bild tagen från den tänkta placeringen av vindkraftverket mot gula bostadshuset. Uppe höger; Pilen markerar den tänkta placeringen av vindkraftverket, bilden tagen från bostadshuset. Mitten; Bostadshuset, anslutningspunkt för el.
Underst; Terrängkarta

2 Metod

Denna förstudie baseras på information som vindkartering, kartor och flygfoto. Vidare har ägaren av gården Åsen, Ingemar Hugosson, intervjuats och den tänkta platsen fotograferats.

2.1 Bedömning av vindresurser

Utan goda vindresurser saknas förutsättningar för ett lyckat vindkraftsprojekt!

Vindresurserna bedöms baserat på medelvind enligt vinkartering, omgivningens råhet samt ev. hinder som påverkar vindens energiinnehåll. Medelvinden för den studerade platsen hämtas från vindkarteringen (1) som gjorts av Uppsala Universitet på uppdrag av Energimyndigheten. Vindkartering finns för 49, 72 och 103 meter över justerat 0-plan. För småskalig vindkraft är karteringen för 49 meter den mest intressanta.

Om medelvinden är känd på en viss höjd kan den beräknas även för andra höjder enligt nedan (2).

$$v/v_0 = (h/h_0)^\alpha$$

v_0 är den kända vindhastigheten på den kända höjden h_0 .

v är den sökta vindhastigheten på höjden h

exponenten α beror av omgivningens råhet

Råhetsklass 0 (öppet vatten):	$\alpha = 0,1$
Råhetsklass 1 (öppet platt landskap):	$\alpha = 0,15$
Råhetsklass 2 (landsbygd med dungar och gårdar):	$\alpha = 0,2$
Råhetsklass 3 (mindre tätorder och låg skog):	$\alpha = 0,3$

Med hjälp av ovanstående formel kan minskningen av vindhastigheten illustreras i ett diagram, en så kallad vindgradient. Som exempel visas i bild 2 hur medelvinden 7 m/s på 50 meters höjd minskar beroende på omgivningens råhet.

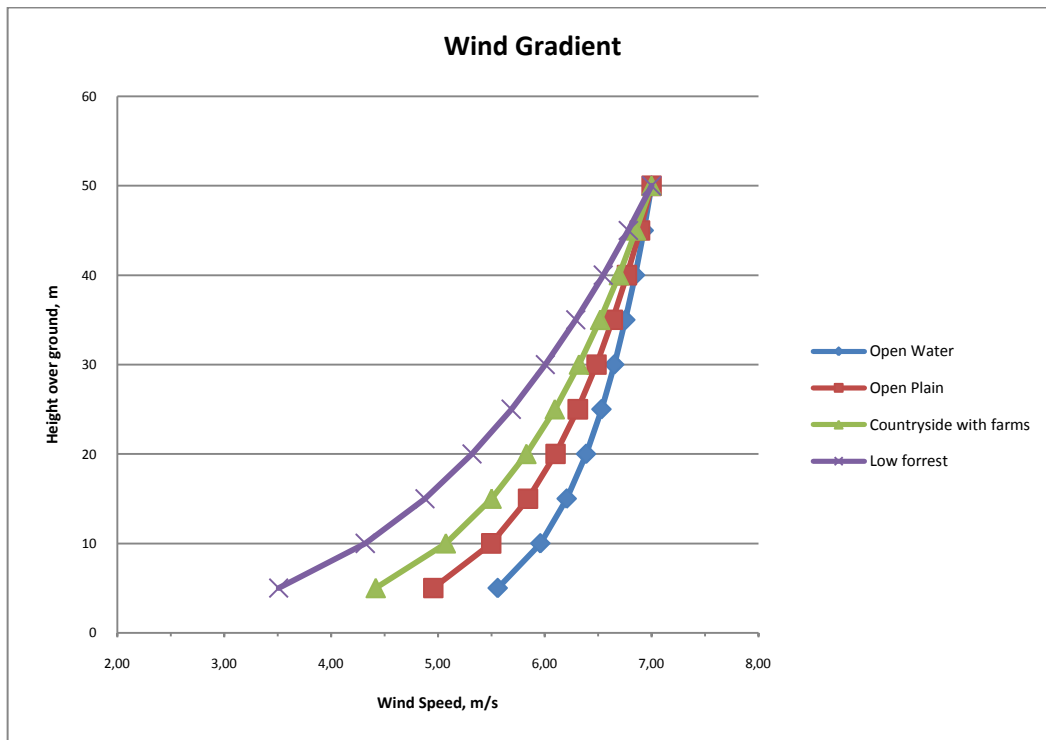


Bild 2, Vindens medelhastighet minskar med höjd över marken och omgivningens råhet

Baserat på vindkarteringen för 49 och 72 meter samt omgivningens råhet görs en beräkning som redovisas i ett vindgradient diagram för den aktuella platsen, se kapitel 3. Osäkerheten i diagrammet är relativt hög då det baseras på vindkarteringen (1) som för en viss plats kan ha en osäkerhet på +/- 20 %. Trots osäkerheten visar diagrammet hur vindhastigheten minskar med höjd över marken och vikten av att välja tillräckligt högt torn för att nå upp till vind med högt energiinnehåll.

Graden av turbulens påverkar vindhastighet och därmed energiinnehållet i vinden. Hög grad av turbulens ger också stora påkänningar på vindkraftverket och kan förkorta dess livslängd. Graden av turbulens är svår att bedöma och höjden på torn bör därför väljas så att det med god marginal kommer över omgivande hinder. En vindmätning på tänkt navhöjd ger förutom medelvind också information om graden av turbulens.

2.2 Beräkning av energiproduktion

Vindens effekt beräknas med följande formel (2)

$$P_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

P_{kin} = kinetisk effekt (W)

ρ = luftens täthet (kg/m³), 1,25 kg/m³ vid temperaturen +9°

A = arean (m²)

v = lufthastigheten (m/s)

Eftersom vindens effekt är proportionell mot vindhastigheten i kubik ger även ett litet fel i vindhastigheten ett stort fel i effekten och energiproduktionen.

Det finns verktyg för att mer noggrant beräkna bl.a. energiproduktion för planerade vindkraftverk. WindPro från danska EMD är något av standard för projektering av storskaliga vindkraftverk i Sverige. Att göra en beräkning med hjälp av WindPro innebär en kostnad som normalt inte är försvarbar för småskalig vindkraft i synnerhet som resultatet i vissa lägen kan ha en relativt stor osäkerhet.

För småskalig vindkraft är vindmätning på aktuell navhöjd oftast den bästa metoden för att få fram tillförlitliga vinddata och därmed ett bra underlag för produktionsberäkning. Även en enkel vindmätning innebär en kostnad men den går ofta att motivera då den ger ett bra underlag för beslut om investering i ett vindkraftverk. Förstudien ger en rekommendation om att vindmätningar bör göras före investeringsbeslut. Om medelvinden är osäker eller vinden misstänks ha hög grad av turbulens rekommenderas alltid vindmätning.

2.3 Vindmätning

För att kunna beräkna årsmedelvärdet på vindhastigheten behöver vinddata samlas in under en relativt lång period. Vinden bör mätas på den tänkta navhöjden. En mätperiod på 12 månader krävs för att osäkerheten skall bli några få % -enheter. Kortare period ger högre osäkerhet men ger ändå en bra indikation. Graden av turbulens går att bedöma redan efter några veckors eller någon månads mätning. Vid hög grad av turbulens bör annan placering eller högre torn övervägas.

Vindmätning används regelmässigt vid projektering av storskalig vindkraft då vindläget är osäkert t.ex. i skog men det är en dyr aktivitet. Dock finns det idag på marknaden vindmätare anpassad för projektering av småskalig vindkraft i ett prisläge som gör att vindmätning borde bli en vanlig aktivitet även vid projektering av småskalig vindkraft.

En vindmätare bör mäta både vindhastighet och vindriktning samt lagra tidstämplade data med kort intervall t.ex. 10 minuter. Varje post skall innehålla datum, tid, vindriktning, medel- och maxhastighet under perioden (10 minuter). Med hjälp av en sådan mätserie kan vindens energiinnehåll i olika riktningar beräknas. Skillnaden mellan medel- och maxvindhastighet ger en indikator på graden av turbulens i vinden.

Vinddata bör samlas in regelbundet samt analyseras minst 1 gång per månad. Skulle kvalitén på vinden inte räcka till för en bra produktion kan plats och måthöjd behöva ändras så att optimal höjd och placering kan hittas.

2.4 Val av vindkraftverk och tornhöjd

För att produktionen skall bli bra kräver de flesta verk en medelvind i storleksordning 5 m/s. Höjden på tornet bör därför väljas så att rotern kommer upp i ostörd vind med medelvinden minst 5 m/s. Valet av tornhöjd underlättas betydligt om vindmätning, enligt ovan genomförs. Utan vindmättningsdata bör tornhöjden väljas så att vindhastigheten 5 m/s uppnås med god marginal.

Inför det slutgiltiga valet av tornhöjd behöver kostnaden för den extra tornhöjden jämföras med den högre energiproduktionen som förväntas p.g.a. höjningen av tornet. Ofta ger en höjning av tornhöjden så stor produktionsökning att återbetalningstiden förkortas för den totala investeringen.

Om storleken på vindkraftverket väljs så att årsproduktionen blir något mindre än den egna förbrukningen kan en stor del av produktionen användas för att minska behovet av inköpt el och blir då värd ca 1,25 kr/kWh. Som tumregel kan 75 % av verkets produktion räknas som minskat behov av inköpt el. Övriga 25 % blir överskott som levereras till elnätet och kan säljas men värdet blir då knappt 0,50 kr/kWh. För att sälja el krävs vidare timmätning. Den kostar 1500 per år i fast avgift d.v.s. det krävs ett överskott på minst 3000 kWh för att täcka den fasta kostnaden. Vid lägre överskott är det bättre att skänka bort överskottet. Inget är ännu beslutat men olika regelförändringar för att göra det mer lönsamt för små producenter att sälja sitt elöverskott diskuteras. Förslaget om att införa så kallad nettodebitering skulle göra det möjligt att kvitta egen förbrukning mot överskott levererat till elnätet. Hela verkets produktion skulle då kunna räknas som besparing och återbetalningstiden för de mindre verken förkortas med 1–2 år.

Då det krävs ett högt torn för att nå upp till god vind kan tornet bli så dyrt att totalkostnaden ger en oacceptabelt lång återbetalningstid. Ett alternativ i detta läge kan vara att välja största möjliga verk. Stort verk på högt torn ger hög produktion och investeringen per producerad kWh blir därmed lägre. Kapitalbehovet blir större men totalt kan detta bli den bästa investeringen.

I förstudien finns två investeringskalkyler, en för ett mindre verk som täcker den egna förbrukningen och ett för ett stort verk, se kapitel 13.

2.5 Hinder

Störande hinder bör undvikas, i synnerhet i den förhärskande vindriktningen. Bild 4 illustrerar hur vinden påverkas av ett hinder. Av bilden framgår också att störningen når upp till 2 * hindrets höjd och har en utsträckning på 20 gånger hindrets höjd.

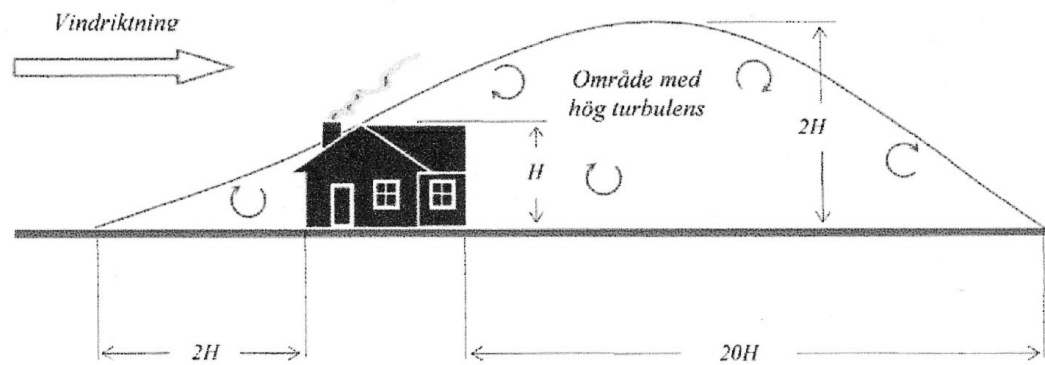


Bild 3. Hinders påverkan på vinden (2)

3 Vindläget

Vindkarteringen (1) gjord vid Uppsala Universitet på uppdrag av Energimyndigheten indikerar att årsmedelvinden är 6,1 m/s på 49 m och 6,8 m/s på 72 m vid gården Åsen.

Med hjälp av formel i kapitel 2.2 ovan kan konstateras att råhetsklass 3 skulle ge den skillnad i medelvind som vindkarteringen anger. Råhetsklass 3 används för låg skog och flygbilder visar att det stämmer väl med omgivningarna.

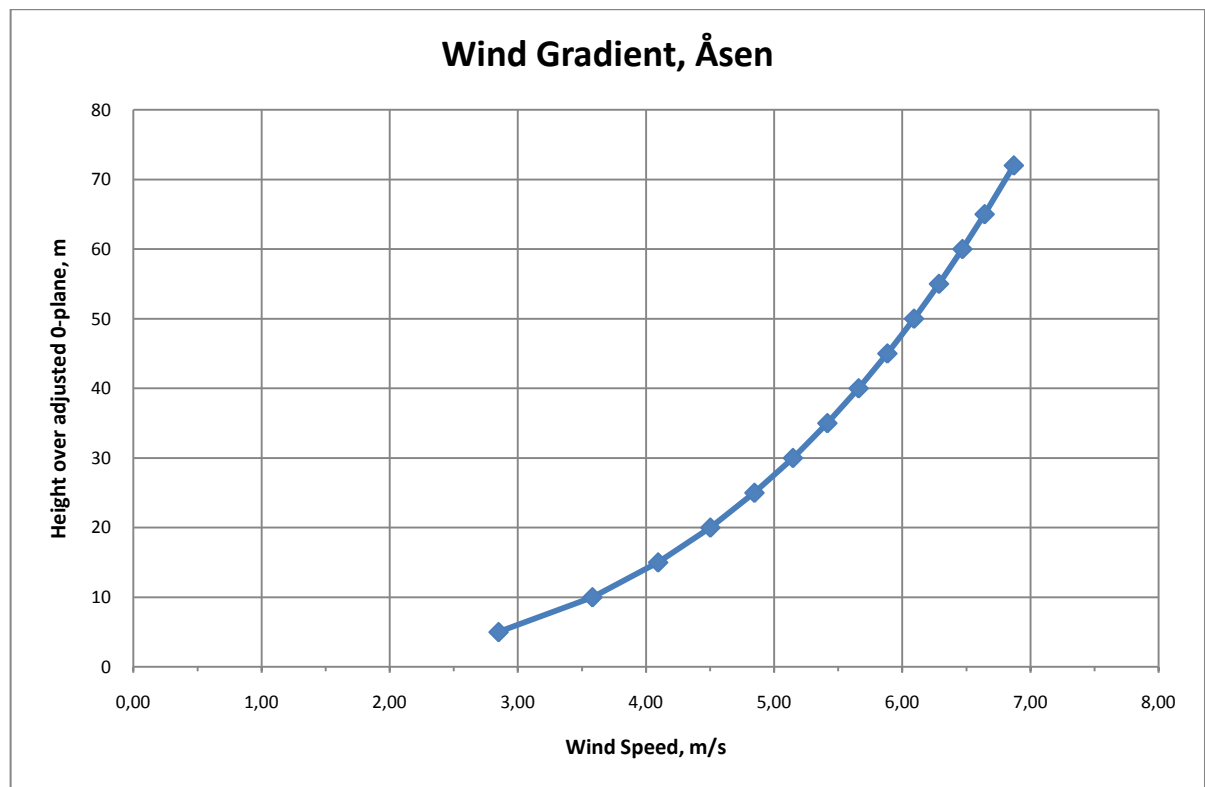


Bild 4. Vinhastighet - höjd över marken. Baserat på medelvinden 6,8 m/s på 72 m och 6,1 på 49 m över justerat 0-plan. Kurvan motsvarar råhetsklass = 3 d.v.s. låg skog

För att produktionen skall bli bra kräver de flesta vinkraftverk en medelvind i storleksordning 5 m/s. Bild 4 indikerar att ett torn på ca 30 meter krävs för att medelvinden skall bli minst 5 m/s. Vindens energiinnehåll beror förutom av medelvinden också av graden av turbulens. Då omgivningarna utgörs av skog med varierande ålder och höjd är vinden på lägre höjd troligen ganska turbulent. Detta talar också för att ett högt torn är att föredra.

Som nämnts i kapitel 2.1 har vindkarteringen för en viss plats en relativt hög osäkerhet. Vindgradienten i bild 4 får därför inte läsas som en exakt beskrivning av vindläget.

Ofta ger en höjning av tornet en så pass stor produktionsökning att kostnaden för det högre tornet mer än väl uppvägs.

4 Vindmätning

Som nästa steg rekommenderas en vindmätning för att verifiera vindläget. Bäst resultat uppnås om mätningen görs på den valda navhöjden. Enligt föregående kapitel borde därför vindmätningen göras på 30 m höjd. Mätdata bör samlas in och analyseras månadsvis. Att månadsvis analysera data är viktigt för att så tidigt som möjligt upptäcka om vindläget på den valda platsen och höjden är sämre än förväntat. Om analysen indikerar för hög grad av turbulens bör ny plats och/eller mätthöjd väljas.

En 30 m hög vindmättningsmast innebär en relativt hög kostnad. I stället för att helt avstå från vindmätning är en mätning på lägre höjd ett bra alternativ t.ex. 20 m. En sådan mätning kan tillsammans med den framräknade vindgradienten (bild 4) användas för att verifiera vinden på den valda platsen.

5 Placering av vindkraftverket

Förstahandsvalet har fallit på kullen strax väster om fritidshuset (västra sidan av vägen). Skälet är att kullen ger den högsta placeringen och det därmed troligen också bästa vindläget. Avståndet till anslutningspunkten för el blir rimligt med den placeringen, se även kapitel 8. Vidare är avståndet till vägen kort och tillfällig väg går enkelt att ordna. Denna plats är den mest lämpliga om det valda vindkraftverket har en produktion i samma storleksordning som gårdens förbrukning d.v.s. ett mindre verk med effekten 10–15 kW..

Alternativ placering skulle kunna vara den skogklädda kullen 250 meter norr om gården. Om ett verk på 45 kW väljs skulle denna plats mycket väl vara bästa valet. Det som talar för platsen är att den ligger ca 10 meter högre och tillsammans med ett 35 meter högt torn kommer verket då så högt att medelvinden borde bli ca 0,5 m/s högre. För ett 45 kW verk innebär den ökningen av medelvind en ökad intäkt i storleksordningen 10–15 000 kr/år. På minussidan finns ökade kostnader för elanslutning och väg. En noggrann beräkning behöver göras för att avgöra om den ökade intäkten uppväger de ökade kostnaderna.



Bild 5. Den tänkta placeringen är på en liten bergstopp

6 Råhetsklass

Som flygfotona nedan visar är landskapet väldigt variationsrikt. Vanligast är område med råhetsklass 2 och råhetsklass 3. I den för energiproduktion viktiga riktningen sydväst uppskattas medeltalet av råhetsklassen till ca 2,5. Reduktionen av vindkarteringens (1) medelvind på 72 m till 49 m motsvarar råhetsklass 3, låg skog. Detta stämmer väl men kan ev. vara något för högt eftersom det också finns område med klass 2 i omgivningen. En överskattning av råhetsklassen ger en något för låg medelvind i vindkarteringen d.v.s. medelvinden skulle kunna vara något bättre än vindgradienten i bild 4 indikerar.

Den planerade avverkningen närmast gården kommer att minska råheten och därmed förbättra vindläget.



Bild 6. Flygfoto över Åseda, tänkta placeringen är vid A. Hämtat från Google.

7 Hinder

Största störningen kan förväntas från partiet med höga träd i söder. Höjden på skogen, dess utsträckning samt avståndet 150 m gör att vindar från söder kan förväntas tappa en hel del av sitt energiinnehåll. Högre torn borde ge markant höjning av energiinnehåll (lägre grad av turbulens) i vindar från söder.

200 m åt väst-sydväst finns ett stråk med lite högre träd. Avståndet är relativt långt och om en tornhöjd på minst 25 m väljs bör störningen bli måttlig.



Bild 7. Flygfoto över Gården Åsen, Åseda. Hämtat från Google.

8 Elanslutning

Verket skall anslutas på abonnentsidan av elmätaren. Fastigheten har en årlig förbrukning på 15 000–20 000 kWh och huvudsäkringens är idag 20 A.

Avståndet från den valda placeringen till anslutningspunkten för el blir ca 120 m. Verket står på västra sidan av vägen medan anslutningspunkten finns på gula bostadshuset på östra sidan av vägen. Elkabeln kan troligtvis grävas ner men det finns risk att viss sprängning kan behövas då marken är bergig. Under vägen finns redan tomrör som kabeln kan dras i.

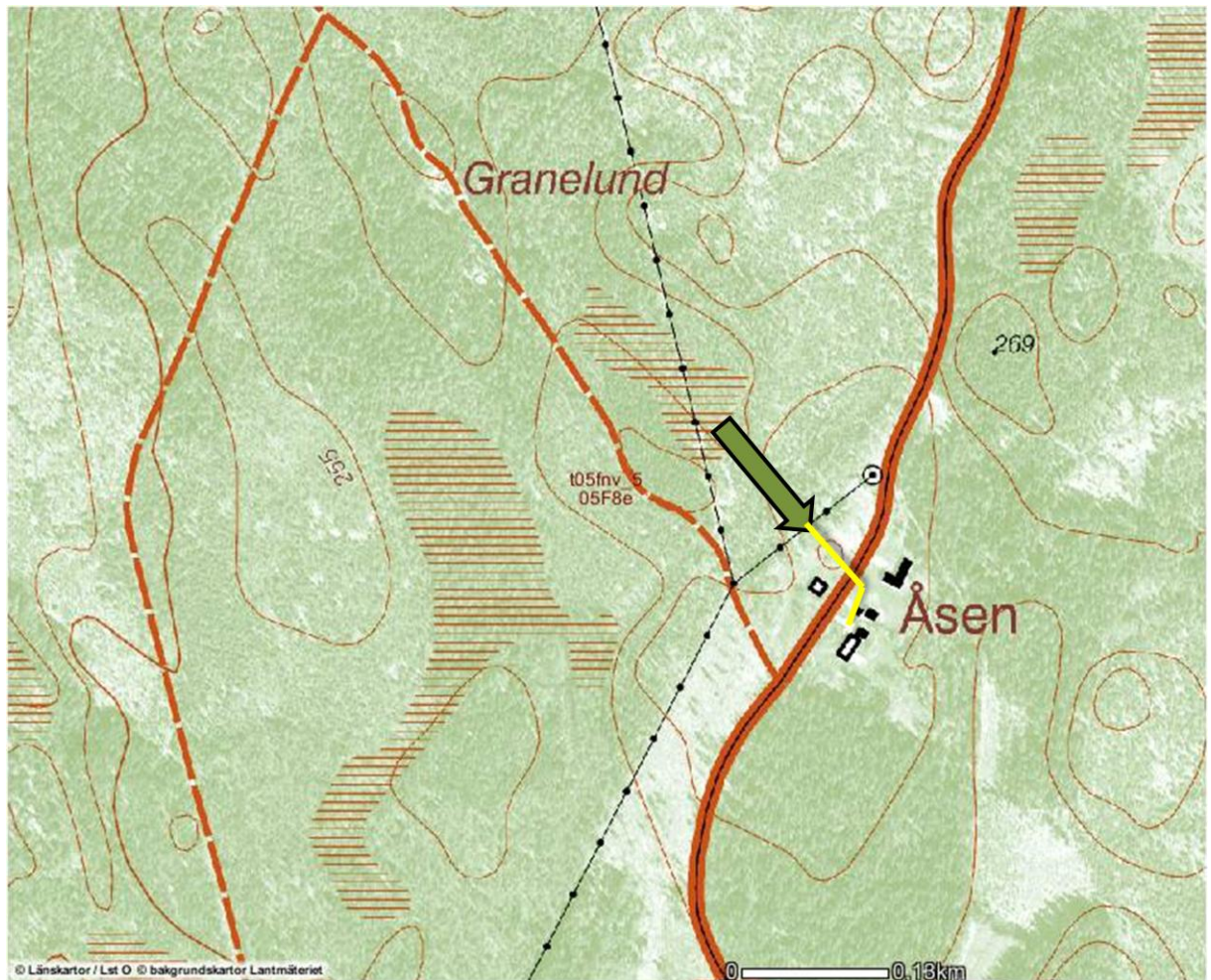


Bild 8. Flygfoto över gården Åsen, Åseda. Hämtat från Google.

Som nämnts i kapitel 5 finns en alternativ placering ca 250 m norr om gården. Den placeringen medför högre kostnad för kabel och grävning. Denna högre kostnad kan vara motiverad om den platsen ger en högre elproduktion som därmed uppväger kostnaden.

9 Val av vindkraftverk och tornhöjd

Då omgivningen har en relativt hög råhetsklass är det viktigt att välja ett högt torn. Den framräknade vindgradienten, bild 4, indikerar att en tornhöjd på minst 30 meter krävs för att medelvinden skall bli drygt 5 m/s.

Efter principen att välja ett verk som ger en årsproduktion strax under årsförbrukningen blir lämplig storlek 10–15 kW då årsförbrukningen är 15 000–20 000 kWh. Som överslagsberäkning antas ett vindkraftsverk producera motsvarande 1800 fulleffekttimmar. För ett 10 kW verk ger det en produktion på 18 000 kWh per år.

Alternativt väljs ett stort verk på högt torn. Överproduktionen kan säljas och på så sätt generera intäkter som gör att detta alternativ i vissa fall ger bästa totala avkastningen. Lämplig storlek blir då 40–45 kW. Investeringskostnaden per producerad kWh blir normalt lägre med ett större verk. Med en hög produktion blir kostnaden för ett högt torn lättare att motivera. Nackdelen är att ett stort verk kan upplevas som dominerande och längre avstånd till bostadshus och grannar krävs för att inte ljud och skuggor skall bli störande.

10 Väganslutning och platsens åtkomlighet

I första fallet är avståndet till befintlig väg är ca 40 m. Tillfällig väg kan relativt lätt byggas genom att bärlag bestående av 10–20 m³ bergkross läggs ut. Vägen behöver ha bärighet för lastbil med kran och mobilkran som kan resa ett 30–35 meter högt torn.

Den alternativa placeringen norr om gården ligger på en skogklädd kulle. Avståndet till befintlig väg är längre. En befintlig skogsväg finns men den kan behöva förstärkas och ny väg behöver byggas mellan skogsvägen och platsen där vindkraftverket skall byggas. En del träd behöver fällas för att ge plats för vindkraftverket och den nya vägen. Merkostnaderna för detta alternativ har inte undersökts i detalj vilket självklart måste göras om ett verk på 40–45 kW allvarligt övervägs.

11 Fundament

På den första platsen kan vindkraftverket placeras på berg i dagen. Ett antal hål behöver borrar i berget och fästbultar gjutas fast i hålen. Plintar kan behöva gjutas för att tornets ben skall få stöd på samma nivå. Kabelskydd behövs för att skydda kabeln då den dras över berget.

För platsen norr om gården är förhållandena inte undersökta i detalj men troligen kan tornet även här förankras i berg.

12 Investeringskalkyl

En investeringskalkyl som visar återbetalningstid har gjorts dels för ett 11 kW och dels för ett 45 kW vindkraftverk. Kalkylerna är baserade på ett antal antaganden och resultatet skall

därför ses som en indikering. Inför slutgiltigt investeringsbeslut måste offerter begäras in för vindkraftverk, elanslutning, fundament, väg, kranbil m.m. och kalkylbladet uppdateras.

Någon kapitalkostnad har inte tagits med i kalkylen vilket främst gynnar det dyrare 45 kW verket.

Verkens årliga produktion har antagits motsvara 1800 fulleffekttimmar. Med en medelvind mellan 5 och 5,5 m/s är 1800 timmar ett rimligt värde. Verkets produktion har mycket stor påverkan på resultatet och beror av verkets effektkurva, vindens medelhastighet och vindens frekvensfördelning. En uppmätt effektkurva skall begäras i offertförfrågan. Vindens medelhastighet och frekvensfördelning kan verifieras med hjälp av vindmätning. Vindens frekvensfördelning överstämmer väl med en Weibull-fördelning som beror av en formfaktor och en skalfaktor (2). Faktorena kan vara olika trots att medelvinden är den samma och energiinnehållet kan därför inte beräknas enbart med hjälp av medelvinden. Ofta används formfaktorn = 2 vilket ofta ger en överskattning av energiproduktionen. På den höjd som är aktuell för småskalig vindkraft ger ofta formfaktorn 2,4 eller 2,6 en mer korrekt beräkning av energiproduktionen.

Inflationen har antagits bli 4 % i genomsnitt. Även om elpriset just nu är lågt har genomsnittliga elprisökningen senaste åren varit närmare 10 % per år. En känslighetsanalys med 2, 4 och 6 % inflation ger en god bild av hur inflationen påverkar resultatet. Vilken inflation som skall väljas i kalkylen beror på vilken förväntning köparen har på elprisökningar.

De elpriser som antagits är något högre än vad som gäller just nu. Inför investeringsbeslut bör priserna ses över och justeras.

Kalkylerna baseras på nu gällande regler. Om nettodebitering införs eller den fasta avgiften för försäljning försvinner kommer återbetalningstiden att bli kortare. Dessa förändringar är mest positiva för det mindre 11 kW verket.

Kalkylen för ett 11 kW verk



Kalkyl 11 kW.xlsx

Återbetalningstiden blir 12 år. 75 % av verkets produktion antas kunna användas för att minska behovet av inköpt el. Försäljning av elöverskott ger i detta fall endast ett litet positivt bidrag på grund av den fasta avgiften för timmätning på 1500 kr.

Med nettodebitering förkortas återbetalningstiden med ca 2 år förutsatt att hela överskottet kan ersätta förbrukning.

Kalkylen för ett 45 kW verk



Kalkyl 45 kW.xlsx

Återbetalningstiden blir 10 år. Försäljning av elöverskottet ger i detta fall den största inkomsten. Nettodebitering eller slopade fasta avgifter ger i detta fall endast en mindre positiv påverkan. Hur investeringen skall finansieras påverkar återbetalningstiden och måste därför tas med i kalkylen för att totala avkastningen skall kunna bedömas.

13 Referenser

1. Uppsala Universitet, Vindkartering enligt UMII modellen, hämtat 2010-01-20 från www.energimyndigheten.se
2. Tore Wizelius, Vindkraft i teori och praktik, Studentlitteratur, 2007

