



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joonas Viita-aho

PÄÄURAKOINTI JA BETONITEKNISET TYÖT TUULIVOIMAHANKKEESSA

Case: Torkkolan tuulivoimapuisto

Tekniikan yksikkö
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joonas Viita-aho
Opinnäytetyön nimi	Pääurakointi ja betonitekniset työt tuulivoimahankkeessa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	53
Ohjaaja	Martti Laaja

Tämä opinnäytetyö tehtiin WasaCon Oy:lle. Kesällä 2014 toimin WasaCon Oy:ssä urakkalaskennassa, sekä olin mukana Torkkolan tuulivoimapuiston tuulivoimaloiden perustusten valuissa.

Opinnäytetyössä tutkittiin tuulivoimapuistohankkeen pääurakointia ja betonitekniisiä töitä. Työn esimerkkikohteena on Torkkolan tuulivoimapuiston rakentaminen Vähäänkyröön, Vaasaan.

Torkkolan tuulivoimapuisto on valmistuessaan Suomen suurin tuulivoimapuisto, käsittäen yhteensä 16 kappaletta 3,3MW tuulivoimalaa, jotka ylävät aina 200 metriin saakka. Tuulivoimapuiston kokonaishankehinta on 100M€.

Opinnäytetyö käsittää pääurakoitsijan roolin tuulivoimahankkeessa, ja sen eroavaisuuden tavanomaisen rakennushankkeen kulkuun, sekä perustusten valamisen kulun ja kehitysiedat.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

ABSTRACT

Author	Joonas Viita-aho
Title	The Tasks of Main Contractor and Concrete Work in a Wind Park Project
Year	2014
Language	Finnish
Pages	53
Name of Supervisor	Martti Laaja

This thesis was made to WasaCon Oy in Vaasa. In this thesis research was done about the primary contractor's tasks in a wind park and about the concreting work of wind turbine foundations. As an example case in this thesis is the Torkkola wind park in Vähäkyrö, Vaasa.

This thesis discusses the primary contractor's role in wind park project and the difference between conventional construction project and also the concreting of the foundation and development ideas. The research was made by interviewing contractors and subcontractors and using their plans and documents.

The Torkkola wind park is going to be Finland's largest wind park when it will be ready. There are 16 pieces of 3,3MW wind turbines which are rising to 200 meters. The total cost of the Torkkola wind park is 100M€. As a result from this thesis construction planning is easier in similar projects in future because wind park projects are increasing every year.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tavoitteet ja rajaukset.....	9
1.2	Työn tutkimusmenetelmät	9
2	RAKENNUSHANKKEEN URAKKAMUODOT	10
2.1	Suoritusvelvollisuuden mukainen jaottelu.....	10
2.1.1	Kokonais- ja kokonaisvastuu-urakka.....	11
2.1.2	Osaurakka.....	12
2.1.3	Jaettu urakka.....	13
2.2	Maksuperusteen mukainen jaottelu.....	13
2.2.1	Kokonaishintaurakka.....	14
2.2.2	Yksikköhintaurakka	14
2.2.3	Laskutyöurakka	14
2.2.4	Tavoitehintaurakka.....	15
2.3	Alistamissuhteen mukainen jaottelu	15
2.3.1	Pääurakka	15
2.3.2	Aliurakka.....	15
2.3.3	Sivu-urakka	16
2.3.4	Alistettu sivu-urakka	16
2.4	Urakoitsijan vastuut ja velvollisuudet.....	16
2.4.1	Vastuut	16
2.4.2	Velvollisuudet	17
3	RAKENNUSTYÖMAAN ORGANISAATIO.....	19
3.1	Yhteistoiminta.....	19
3.2	Tyypilliset tuulivoimahankkeen osapuolet	20
3.3	Pääurakoitsijan valinta	22
3.4	Työmaan johtovelvollisuus.....	22

3.5	Rakentamisen valvonta	24
3.5.1	1-luokan betonivalu.....	24
3.5.2	Tilaaajan valvonta.....	25
3.5.3	Viranomaisvalvonta	27
4	ESIMERKKIKOHTTEEN TOTEUTUS.....	31
4.1	Torkkolan tuulivoimapuisto.....	31
4.2	Hankkeen osapuolet ja organisaatio.....	32
4.3	Aikataulutus, logistiikka ja työjärjestys	34
4.4	Pohjatutkimus	35
4.5	Perustusten suunnittelu	36
4.6	Betonitoimittaja.....	39
4.7	Perustusten betonointi.....	40
4.8	Lämpötilan kehitys ja seuranta	46
4.9	Jälkityöt.....	47
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	50
5.1	Kehitysideat	50
5.1.1	Aikataulutus, logistiikka ja työjärjestys	50
5.1.2	Perustusten betonointi	50
5.1.3	Betonoinnin jälkityöt.....	51
5.1.4	Betonin lämpötilaseuranta.....	51
	LÄHTEET.....	53

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Kokonaisurakoinnin organisaatio.	s.12
Kuvio 2. KVR-urakoinnin organisaatio.	s.12
Kuvio 3. Osaurakoinnin organisaatio.	s.13
Kuvio 4. Rakennustyömaan organisaatio.	s.19
Kuvio 5. Työmaakokouksen osanottajat.	s.20
Kuvio 6. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio aluetyö- ja maanrakennusvaiheessa.	s.33
Kuvio 7. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio perustustyövaiheessa.	s.34
Kuvio 8. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio laiteasennustyövaiheessa.	s.34

KUVALUETTELO

Kuva 1. Tuulivoimalan pääkomponentit	s.21
Kuva 2. Torkkolan tuulivoimapuisto.	s.32
Kuva 3. Pulttikehikon pystytys.	s.36
Kuva 4. Puolivalmis raudoitus.	s.37
Kuva 5. Valmis raudoitus.	s.39
Kuva 6. Perustuksen betonoinnin työmaakuva.	s.40
Kuva 7. Betonoinnin aloittaminen.	s.42
Kuva 8. Betonoinnin tiivistäminen.	s.43
Kuva 9. Betonointi lähes valmis.	s.44

Kuva 10. Hiertoporukka työssä.	s.45
Kuva 11. Valmiiksi hierretty perustus.	s.46
Kuva 12. Lämpökäyrät.	s.47
Kuva 13. 20mm lämpömaton lämmönjakautumis simulaatio.	s.48
Kuva 14. Jälkihoitoaineella käsittely.	s.49
Kuva 15. Peitelty perustus.	s.49
Kuva 16. Valmis tuulivoimala.	s.52

1 JOHDANTO

Tuulivoima on tuulen eli ilman virtauksen liike-energian muuntamista tuuliturbiineilla sähköksi. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, mistä ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maahan. Tuulivoimalan sähköntuotanto poikkeaa perinteisestä sähköntuotannosta lähinnä sen tuotannon ajallisen vaihtelun vuoksi, sillä sähköntuotanto vaihtelee tuulisuuden mukaan. Tyynet päivät, joita Suomessa on harvoin, eivät ole ongelma silloin, kun tuulivoimalla tuotetaan vain osa sähköstä hajauttusti ympäri Suomea.

Tuulivoimalan kustannukset painottuvat rakentamisajalle, jonka jälkeen voimalat toimivat lähes omavaraisena, huoltoa lukuun ottamatta.

Suomessa tuulivoimakapasiteettia on mahdollista lisätä huomattavasti nykyisestä. Elokuussa 2012 Suomessa oli toiminnassa 145 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskapasiteetti on 234 MW. Ne tuottavat noin 0,7 prosenttia Suomessa kulutetusta sähköstä.

Nykyisin suurimpien laitosten koko on Suomessa 3,6 MW. Tulevaisuudessa yksittäisten tuulivoimaloiden koko etenkin merelle rakennettaessa kasvaa niin, että laitosten teho voi olla jopa kahdeksan megawattia.

Käynnistyäkseen tuulivoimalaitos vaatii 3,5 m/s tuulen. Laitoksen teho lisääntyy tuulen nopeuden kasvaessa, mutta saavuttaa tehohuippunsa jo noin 10m/s nopeudessa. Yli 22,55 m/s tuulen nopeuksissa laitos pysäytetään, jotta vältetään laitevaurioita. /2/

Laitokset rakennetaan automaattisiksi, joten työvoimaa tarvitaan lähinnä vikojen korjaukseen ja huoltoon. Tuulivoimalan mitoituksessa käytetty käyttöikä on 30 vuotta, jonka aikana voimaloita perushuolletaan.

Tuulivoimapuistohankkeet ovat lisääntyneet Suomessa suuresti, ja tulevaisuudessa niitä tullaan rakentamaan vielä enemmän. Tuulivoimapuistohankkeet tuovat töitä rakennustekniseen urakointiin ja infraurakointiin liittyen, joten hankkeet tarjoavat markkinoita alan urakointiliikkeille.

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on selkeyttää tulevien tuulivoimahankkeiden suunnittelua ja niiden toteutusta pääurakoitsijan näkökulmasta, jonka tehtäviin kuuluu työmaan pääurakoitsijan tehtävät ja betonitekniset työt, sekä arvioida rakennusliikkeen asemaa tuulivoimahankkeiden urakoinnissa.

1.2 Työn tutkimusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä olen tutkinut tuulivoimapuisto hankkeen pääurakointia ja sen betonitekniisiä töitä. Pääurakoinnin osalta olen tutkinut tuulivoimahankkeen pääurakoitsijan tehtävien eroavaisuuksia tavanomaiseen rakennushankkeeseen verrattuna. Betonitekniset työt tuulivoimahankkeessa liittyvät tuulivoimalan perustusten suunnitteluun ja toteutukseen.

Työ on luonteeltaan case-tutkimus, ja tutkimusta tehtäessä on käytetty asiantuntijoiden haastatteluja ja hankkeen aineistoa, kuten suunnitteluasiakirjoja ja erilaisia hankkeeseen liittyviä dokumentteja, kuten urakka-asiakirjoja sekä työmaa-asiakirjoja.

Työssä käyttämäni tiedot ovat peräisin WasaCon Oy:n tekemästä urakasta Etelä-Pohjanmaan Voima Oy:lle eli EPV:lle. WasaCon toimi pääurakoitsijana Torkkolan tuulivoimapuistohankkeessa, ja urakkaan kuului hankkeen pääurakointi, joka sisälsi tuulivoimaloiden perustusten betonoinnin. Olin itse mukana perustusten betonoinnissa.

2 RAKENNUSHANKKEEN URAKKAMUODOT

Urakoitsijaksi kutsutaan työnsuorittajaa, eli rakentajaa, jonka tehtäviin kuuluu urakkasopimuksen mukaisten rakenteiden rakentaminen. Sen mukaan, millainen urakoitsijan asema on rakennuttajaan nähden, rakennushankkeen toteutustavat määräytyvät rakentajan ja rakennuttajan välisistä sopimussuhteista. Niiden perusteella urakkamuodot voidaan jaotella:

- urakoitsijalle maksettavan korvauksen maksuperusteen mukaan
- urakoitsijan suoritusvelvollisuuden mukaan
- alistamissuhteen mukaan
- korjausrakentamisen erityispiirteiden mukaan. /4,14;5,44/

Urakkamuoto määrittelee, minkälaisin ehdoin urakoitsijan kanssa toimitaan. Urakkamuotoja käsitellään suoritusvelvollisuuden laajuuden ja urakkahinnan maksuperusteen mukaan. Lisäksi urakkamuotoja voidaan tarkastella myös urakoitsijoiden välisten suhteiden perusteella jaoteltuna pää-, sivu-, ali-, osa- ja erillisurakoihin. Urakkamuoto ja -suhteet määritellään juridisten sopimusten kautta. Tärkeimmät ehdot, jotka määrittelevät urakkamuotoja koskevat:

- urakoitsijan suoritusvelvollisuuden laajuutta
- urakoitsijalle maksettavan korvauksen maksuperustetta
- tarjousten hankintatapaa
- suunnitelma-asiakirjojen valmiutta. /5,44/

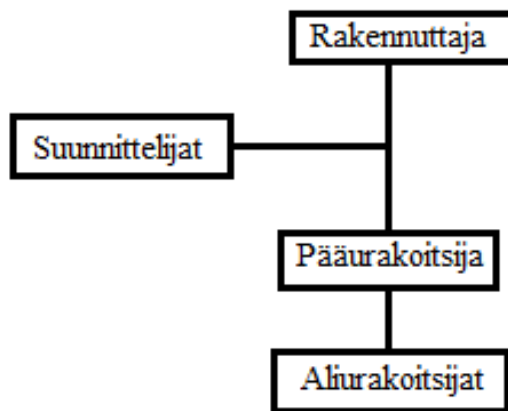
2.1 Suoritusvelvollisuuden mukainen jaottelu

Rakennuttajan ja urakoitsijan välisen suoritusvelvollisuuden ja -vastuun jakautumisen perusteella voidaan erottaa pääryhminä suunnittelun ja rakentamisen sisäl-

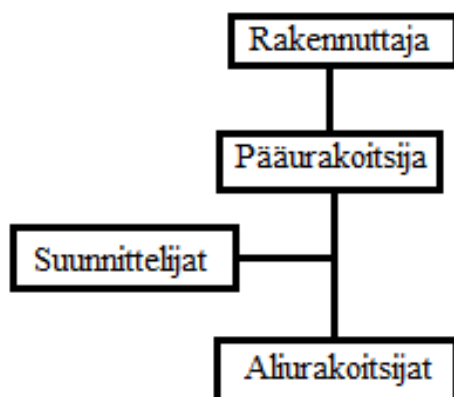
tävät urakkamuodot, perinteiset pääurakkamuodot ja osaurakkamuodot erilaisine projektinjohtomuotoineen. Suunnittelun sisältävissä urakoissa urakoitsija vastaa rakennustyön lisäksi kohteen suunnittelusta. Perinteisesti urakkamuotoa on kutsuttu kokonaisvastuurakentamiseksi (KVR-urakka, kuvio 2.). Suunnittelun laajuuden ja tarjousten arviointiperusteiden sekä ulkomaisen käytännön perusteella käytetään myös muita nimityksiä Design and build (D&B), Design and construct (D&C) ja teknisten ratkaisujen urakka. Perinteiset pääurakkamuodot ovat kokonaisurakka ja jaettu urakka, joille on ominaista, että rakennusurakoitsija toimii rakennustyön pääurakoitsijana. Rakennushankkeen organisaatio määräytyy sen mukaan, millainen toteutustapa valitaan. /4,15;7/

2.1.1 Kokonais- ja kokonaisvastuu-urakka

Rakennuttaja voi pyytää tarjoukset kokonaisurakasta, mikä edellyttää osapuolten välillä tarkkaa tehtäväjakoja ja etukäteen selviä suunnitelmia. Rakennuttaja valitsee itselleen edullisimman suorittajan urakkatarjouspyyntöjen ja niiden perusteella saatujen tarjousten pohjalta. Kohteen rakentamisesta on aina tehtävä kirjallinen urakkasopimus. Rakennuttajan tarvitsee tässä suoritustavassa asioida vain yhden ns. pääurakoitsijan kanssa. Kokonaisurakoinnissa yksi urakoitsija vastaa koko rakennuskohteen työsuorituksesta rakennuttajalle. Kokonaisvastuu-urakka on rakennustyön teettämismuoto, jossa urakoitsija vastaa työsuorituksen lisäksi kohteen esi- ja jatkosuunnittelusta (Kuvio 1.). /4,15–16/



Kuvio 1. Kokonaisurakoinnin organisaatio.



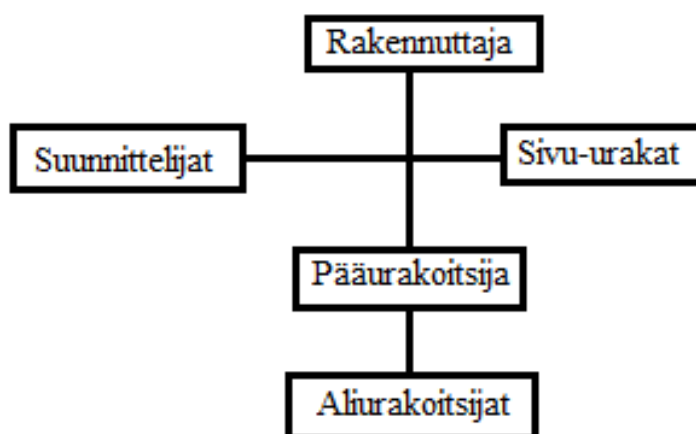
Kuvio 2. KVR-urakoinnin organisaatio.

2.1.2 Osaurakka

Osaurakka on rakennustyön teettämismuoto, jossa rakennuskohde on jaettu paikallisesti tai ajallisesti eri urakoihin ja jossa rakennuttaja vastaa omasta työsuorituksestaan ja töiden yhteensovittamisesta (Kuvio 3.).

Osaurakointi eroaa kokonaisurakoinnista siinä, että rakennuttaja itse hankkii useita urakoitsijoita, eli ns. sivu-urakoitsijoita. Hän on vuorovaikutussuhteessa näiden kaikkien kanssa ja järjestää suorittajien välisen yhteistoiminnan sujuvaksi. Laajassa työssä tällä menetelmällä saadaan yhden urakoitsijan vastuuta pienennettyä,

koska työ jakautuu usein monen urakoitsijan osalle ja näin myös riski pienenee. Suurissa rakennushankkeissa tällä menettelyllä saadaan syntymään parempi kilpailu, koska myös pienet urakoitsijat voivat vähäisemminkin voimavaroillaan osallistua tarjouskilpailuun, jolloin suurella todennäköisyydellä kokonaisurakkahinta jää alhaisemmaksi. /4,17/



Kuvio 3. Osaurakoinnin organisaatio.

2.1.3 Jaettu urakka

Jaettu urakka on rakennustyön teettämismuoto, jossa kukin urakoitsija vastaa omalta osaltaan rakennuskohteen työsuorituksesta rakennuttajalle. Rakennuttaja on tällaisessa urakassa vastuussa eri urakoitsijoiden hankkimisesta. /4,15/

2.2 Maksuperusteen mukainen jaottelu

Tilaaaja voi antaa työn toteutettavaksi eri maksuperusteella riippumatta siitä, toteutetaanko hanke KVR-, pää- tai osaurakkamuodolla. Urakkahinnan maksuperusteen valinta on osa urakkamuotoon liittyvää päätöksentekoa. Vaihtoehtoina ovat suoritusperusteiset hinnanmäärittäytävät, joita ovat kokonais- ja yksikköhintaurakka sekä kustannusperusteiset laskutyö- ja tavoitehintaurakka. Suoriteperusteisissa

määritystavoissa urakoitsijalle maksetaan työn kokonaissuorituksen tai suoritusyksikköjen lukumäärän perusteella. Kustannusperusteisissa määritystavoissa urakoitsija saa korvauksen todellisten työ- ja hankintakustannusten mukaan. /5,44–45/

2.2.1 Kokonaishintaurakka

Kokonaishintaurakassa tarjouksen antaja sitoutuu tekemään rakennustyön urakkaasiakirjojen mukaisesti valmiiksi laskemallaan kiinteällä kokonaishinnalla, joka maksetaan urakoitsijalle työn edistymisen mukaan vaiheittain. Tällöin jäävät useimmat rakentamiseen liittyvät riskit, kuten hintojen muutokset ja määrämittauksen virheet urakoitsijalle. Mahdolliset lisä- ja muutostyöt korvataan tai hyvitetään sopimusasiakirjoissa sovitulla tavalla. Kokonaishintaurakkaa tulisi käyttää ensisijaisesti, jos työ on suoritusyksiköltään ja laajuudeltaan etukäteen tarkasti rajattavissa ja määritettävissä. /4,14;5,45/

2.2.2 Yksikköhintaurakka

Yksikköhintaurakassa tilaaja tekee sopimuksen urakoitsijan kanssa täsmällisten yksiköihin jaettujen työsuoritusten perusteella, joista urakoitsija on antanut kiinteän tarjouksen. Yksikköhintaurakoinnissa työsuoritusten lopullisia määriä ei tarvitse tietää vielä tarjousvaiheessa, mutta suunnitelmista on käytävä ilmi tarkka tekotapa, yleiset olosuhteet ja arvioitu laajuus, jotta tarjoushinta voidaan antaa. Yksikköhintaurakkaa tulisi käyttää, jos suoritusyksiköt on määritelty, mutta niiden määrä selviää vasta rakentamistyön aikana. /4,14;5,45;7/

2.2.3 Laskutyöurakka

Laskutyöurakassa tilaaja sitoutuu maksamaan rakennustyöstä aiheutuvat todelliset kustannukset sitä mukaan, kun ne syntyvät, ja urakoitsijan velvollisuutena on työn johtaminen palkkiota vastaan. Riski kustannuksista on pelkästään tilaajalla, eikä kokonaishinnasta ole tarkkaa tietoa ennen kuin työ on valmis. Laskutyöurakkaa tulisi käyttää, jos suoritusyksiköitä ei voida etukäteen määritellä riittävällä tark-

kuudella. Laskutyöurakassa urakoitsija saa myös laskuttaa yleiskuluista YSE:ssä määritetyn 12% verran. /4,14;5,45;7/

2.2.4 Tavoitehintaurakka

Tavoitehintaurakassa urakoitsija rakentaa työkohteen ja tilaaja maksaa työsuorituksen aikaansaamiseksi kertyvät kustannukset samalla tavalla kuin laskutyöurakassaakin. Tämän lisäksi urakalle on määriteltävä tavoitehinta, jonka alittumisesta urakoitsijalle maksetaan tavoitehintapalkkio. Kokonaiskustannusten ylittäessä tavoitehinnan, urakoitsija joutuu vastaamaan ylittävistä kustannuksista tilaajalle sovitussa suhteessa. Urakalle voidaan määrittää myös kattohinta, joka on enimmäishinta, jonka tilaaja maksaa urakoitsijalle. Urakkahinnan alitus ja ylitys on määriteltävä urakkasopimuksessa, mutta usein urakkahinnan alitus jaetaan 50/50 urakoitsija/rakennuttaja, ja ylitys 60/40 urakoitsija/rakennuttaja. Tavoitehintaurakka vaatii osapuolilta suurta luottamusta ja rehellisyyttä toisiaan kohtaan toimiakseen. Tavoitehintaurakkaa käytetään yleensä silloin, kun rakennuttaja ja rakentaja tuntevat hyvin toisensa. /4,14;5,45;7/

2.3 Alistamissuhteen mukainen jaottelu

2.3.1 Pääurakka

Pääurakka on urakkamuoto, jossa valtaosa rakennuskohteeseen kuuluvista töistä suorittaakseen saanut, pääurakoitsijaksi määrätty urakoitsija, on sopimussuhteessa rakennuttajaan. Pääurakoitsijana toimii yleensä rakennusteknistentöiden suorittaja eli urakoitsija. /4,15/

2.3.2 Aliurakka

Aliurakka on urakkamuoto, jossa pää- tai sivu-urakkaan kuuluvia osatöitä suorittava urakoitsija on sopimussuhteessa pääurakoitsijaan tai sivu-urakoitsijaan. /4,15/

2.3.3 Sivu-urakka

Sivu-urakka on urakkamuoto, jossa pääurakkaan kuulumattomia rakennuskohteen töitä suorittava urakoitsija on sopimussuhteessa rakennuttajaan. Kun rakennustyöhön liittyy muusta urakkajaosta poikkeava rakennuttajalle suoraan vastuussa oleva osasuoritus, kutsutaan tällaista sivu-urakkaa erillisurakaksi. /4,15/

2.3.4 Alistettu sivu-urakka

Alistettu sivu-urakka on urakkamuoto, jossa pääurakkaan kuulumattomia rakennuskohteen töitä suorittava urakoitsija on sopimussuhteessa rakennuttajaan, mutta on maksusuorituksia lukuun ottamatta alistettu pääurakkaan erityisellä, kaikkien kolmen osapuolen hyväksymällä alistamissopimuksella. /4,15/

2.4 Urakoitsijan vastuut ja velvollisuudet

2.4.1 Vastuut

Urakoitsija vastaa:

- tarvitsemastaan paikalleenmittauksesta ja asettamistaan mitoista lakien ja asetusten sekä niihin rinnastettavien julkisoikeudellisten määräysten noudattamisesta oman suorituksensa osalta
- laatimistaan suunnitelmista
- tekemistään töistä ja hankkimistaan rakennustavaroista sekä rakennusosista
- hankkimistaan ja ilmoittamistaan tiedoista ja tutkimustuloksista
- antamistaan määräyksistä ja ohjeista
- toiselle sopijapuolelle toimittamistaan aineettomista hyödykkeistä, kuten tietoteknisessä muodossa olevista järjestelmistä ja tiedoista

- työturvallisuudesta. /5,71/

Urakoitsijan vastuu sisältää velvollisuuden korvata tilaajalle kaikki ne vahingot, mitkä aiheutuvat siitä, että urakkasuoritus jossain suhteessa jää täyttämättä. Urakoitsijan korvattavia ovat myös ne vahingot, jotka tilaajaa kohtaavat urakoitsijan vastuuseen kuuluvien seikkojen aiheuttamina. Urakoitsijalla tulee olla myös toiminnan vastuu vakuutus, eli vakuutus mikä kattaa 3. osapuolille aiheutuvat vahingot. /5,71/

2.4.2 Velvollisuudet

Urakoitsijan pääsuoritusvelvollisuutena on aikaansaada sopimusasiakirjojen mukainen työtulos ja luovuttaa se sovittuna ajankohtana tilaajalle. Urakoitsijan kaikkia yksittäisiä velvollisuuksia on mahdotonta luetella yksityiskohtaisesti. Yleisissä sopimusehdoissa pääsuoritusvelvollisuus on määritelty näin:

- urakoitsijan suoritusvelvollisuus kytkeytyy tilaajan maksamaan sovittuun hintaan
- urakoitsijan on tehtävä työ ammattitaitoisesti, voimassa olevien rakentamista koskevien säädösten ja hyvän rakentamistavan mukaan
- urakoitsijan työtulos määritellään sopimusasiakirjoissa
- urakoitsija ei ole velvollinen toteuttamaan tilaajan vaatimuksia, jotka eivät perustu sopimusasiakirjoihin tai yleiseen käytäntöön
- urakoitsijan suoritusvelvollisuus perustuu sopimusasiakirjoissa ilmeneviin tehtäviin.

Urakoitsijalle kuuluvat kaikki suoritukset, jotka ovat välttämättömiä sovitun työtuloksen aikaansaamiseksi. Määräys korostaa, että työtuloksen määrittämisellä urakoitsijan velvollisuudetkin tulevat määritetyiksi ja, että kaikkia urakoitsijan velvollisuuksia ei ole tarpeen sopimuksessa luetella. Kuitenkin pääsäännöstä poi-

keten yleisissä sopimusehdoissa on rajattu suoritusvelvollisuuden ulkopuolelle ne tilaajan vaatimukset, jotka eivät perustu sopimusasiakirjoista ilmeneviin määräyksiin ja joita huolellinen urakoitsija ei ole urakkahinnassa voinut rakennusalalla yleisesti noudatettavan käytännön perusteella ottaa ennakkoon huomioon. Urakoitsijalta edellytetään huolellisuutta ja sitä, että hän noudattaa rakennusalalla yleisesti vallitsevaa käytäntöä.

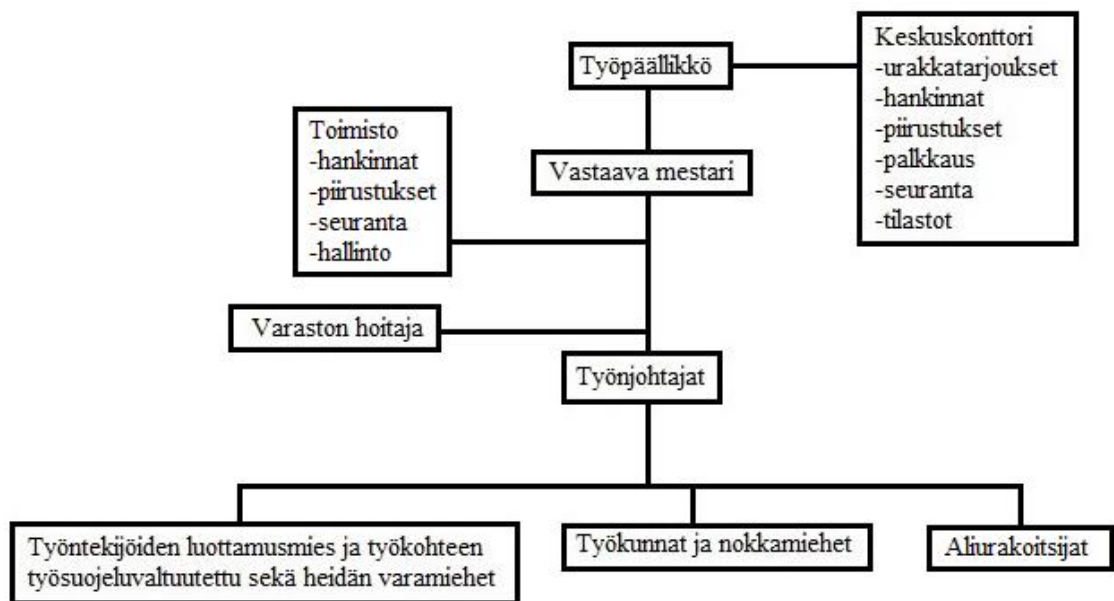
Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen mukaan urakoitsija on velvollinen huolehtimaan, että rakentamisessa noudatetaan säädöksiä ja hyvää rakentamistapaa. Kuitenkin jos tilaajan toimittamat suunnitelmat eivät vastaa säädöksiä, urakoitsija on pääsääntöisesti oikeutettu lisäkorvaukseen jos määräysten täyttäminen aiheuttaa sellaisia kustannuksia, joita tarjouslaskenta-asiakirjoista ei ole voitu havaita. Sama pätee, jos rakentamista koskevat säännökset muuttuvat työn aikana ja tästä aiheutuu, ettei urakoitsija selviydykään urakasta alun perin laskemillaan kustannuksilla. Urakoitsijalle suoritettava korvaus määräytyy näissä tapauksissa muutostöitä koskevien sääntöjen mukaan. Sen seikan todistaminen, että urakoitsijan olisi pitänyt havaita sopimusta tehtäessä, etteivät suunnitelmat vastaa viranomaismääräyksiä, on tilaajan vastuulla. /5,67–68/

3 RAKENNUSTYÖMAAN ORGANISAATIO

Hankkeen toteutus työmaalla edellyttää useiden eri tekijäryhmien yhteistoimintaa, suunnittelua ja valvontaa. Ryhmien suuruuteen ja määrään vaikuttaa työn suoritusorganisaatio ja laajuus (Kuvio 4.).

Tämän lisäksi työmaalla vaikuttavat työsuojelulainsäädännön edellyttämä organisaatio sekä työehtosopimusten valvontaa hoitava luottamusmiesorganisaatio, jotka pitävät yhteyttä työmaan ylimpään johtoon ja toisaalta oman alan viranomaisiin.

/4,17/



Kuvio 4. Rakennustyömaan organisaatio. /4,18/

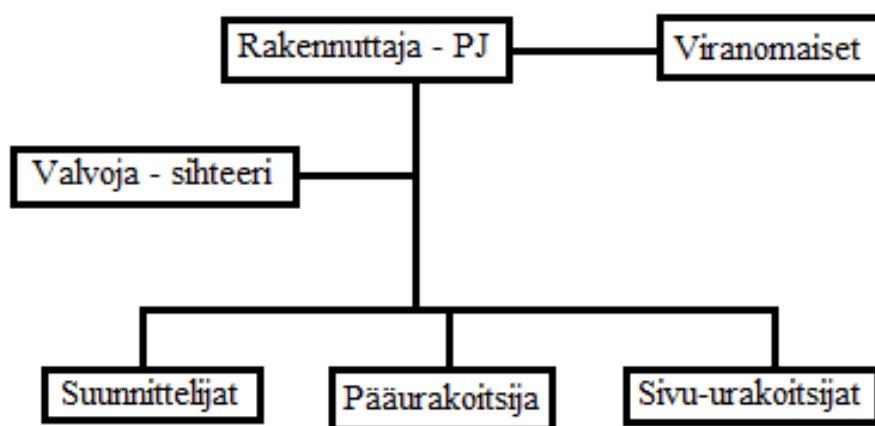
3.1 Yhteistoiminta

Toteuttaminen edellyttää useiden osapuolten yhteistyötä. Näitä osapuolia ovat rakennuttaja, rakentaja, suunnittelijat ja viranomaiset.

Yhteistyö viranomaisten kanssa toteutuu näiden suorittamissa työmaan tarkastuksissa ja katselmuksissa sekä alustavasti jo suunnitelmien hyväksymisvaiheessa.

Tarkastuksia suoritetaan, kun jokin osapuoli niitä pyytää, ja niistä tehdään pöytäkirjaan tarpeelliset merkinnät työn jatkamista varten.

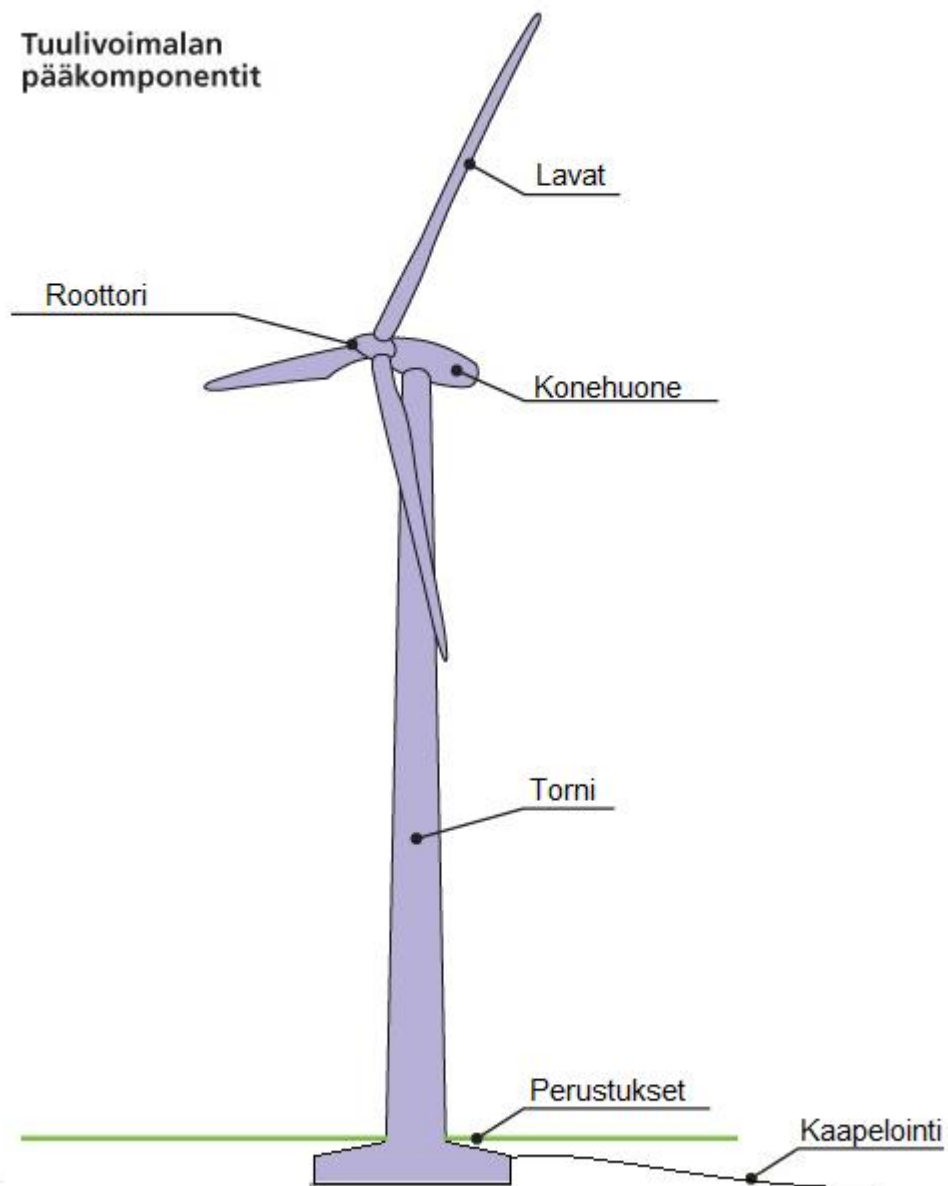
Muiden osapuolten kesken yhteistyötä toteutetaan ns. työmaakokouksissa, joita pidetään määräajoin ja joissa selvitetään kaikki työn aikana vastaan tulevat joko rakennuttajan tai rakentajan kannalta selvitystä vaativat asiat. Kokoukseen osallistuu rakennuttaja edustajien lisäksi kaikkien urakoitsijoiden edustajat (Kuvio 5.). Kokouksessa sovitaan asioiden ratkaisutavasta ja sen mahdollisesti aiheuttamista lisäkustannuksista. Kokouksessa pidetään pöytäkirjaa, josta jäljennös toimitetaan kaikille osapuolille, myös niille, jotka eivät olleet läsnä kokouksessa. /4,18/



Kuvio 5. Työmaakokouksen osanottajat.

3.2 Tyypilliset tuulivoimahankkeen osapuolet

Tuulivoimahanke toteutetaan usein osaurakkana tai jaettuna urakkana, jolloin rakennuttaja hankkii urakoitsijat eri osa-alueille, kuten maanrakennus, suunnittelu, laitevalmistus, sekä pääurakointi. Rakennuttaja palkkaa myös konsultin, joka valvoo työn kulkua, jollei sitä itse osaa valvoa. Sivu-urakat alistetaan alistamissopimuksella pääurakan alaisuuteen. Pääurakoitsija hoitaa teknisen ohjauksen töissä.



Kuva 1. Tuulivoimalan pääkomponentit.

Laitevalmistaja ottaa usein hoitaakseen perustuksista ylöspäin olevan osan, eli tornin pystytyksen, konehuoneen, lapojen ja roottorin asennuksen (Kuva 1.). Maanrakennusurakoitsija hoitaa alueen raivaus- ja tietyöt, sekä perustamispaikkojen pohjatyöt. Perustus urakoitsija hoitaa perustusten raudoituksen sekä perustusten betonoinnin. Tuulivoimalan liittämisen sähköverkkoon ja muut tarvittavat sähkökytkennät hoitaa sähköurakoitsija.

3.3 Pääurakoitsijan valinta

Rakennuttaja selvittää ennen tarjouspyyntöjen lähettämistä, mahdolliset urakoitsijat, joilla on kokemusta ja taitoa suorittaa kyseinen urakka. Urakoitsijan valintaperusteina on joko hinnaltaan edullisin tai tilaajalle kokonaistaloudellisesti edullisin tarjous. Käytettäessä suunnittelua sisältäviä urakkamuotoja muodostaa suunnitteluratkaisu ja sen laatu myös osan urakoitsijan valintaperustetta.

Kokonaistaloudellista edullisuutta käytettäessä urakkaohjelmassa on ilmoitettava, mitkä ovat ne osatekijät ja niiden painoarvot, joilla edullisuutta arvostellaan. Samoin suunnitteluratkaisun arviointikriteerit ja painoarvot on ilmoitettava jo tarjouspyyntövaiheessa, jotta tarjoajat voivat kohdistaa erityistä huomiota niihin seikkoihin, joita tilaaja pitää tärkeänä

Tarjousten keskinäistä asemaa vertailtaessa laaditaan usein taulukko, jossa esitetään mm. urakoitsijoiden hinta, hintaerittelyt, mahdolliset poikkeamat urakkaohjelmasta, yksikköhintaerittelyt jne. Tarjousten käsittelyn yhteydessä on viimeistään selvitettävä tarjouksen tekijän tekninen suorituskyky sekä taloudellinen asema. Käytettäessä tarjousten hankinnassa ns. rajoitettua menettelyä, tarjoajien tekninen ja taloudellinen tilanne on syytä selvittää jo ennen tarjouspyynnön lähettämistä. /5,57/

Rakennuttaja voi urakoitsijan valinnassa käyttää myös pisteyttämisjärjestelmää. Pisteyttämisjärjestelmässä urakoitsijat laitetaan järjestykseen esimerkiksi luotto-
luokituksen, referenssien, organisaation henkilökohtaisten referenssien ja laatujärjestelmien (RALA) mukaisesti. Jokaisesta aihealueesta saa esimerkiksi 10 pistettä maksimissaan, ja eniten pisteitä saanut urakoitsija valitaan.

3.4 Työmaan johtovelvollisuus

Työmaan johtovelvollisuus tarkoittaa toimintaa, jolla ohjataan ja koordinoidaan työmaalla olevien osapuolten työskentelyä kokonaisvaltaisesti.

Työmaan johtovelvollisuus on pääsääntöisesti pääurakoitsijalla. Johtovelvollisuus voi vaihtoehtoisesti kuulua urakkasopimuksen kaupallisissa asiakirjoissa mainitulle muulle urakoitsijalle tai tilaajalle. Pääurakoitsijan johtovelvollisuus koskee vain niitä urakoita ja hankintoja, jotka on nimetty kaupallisissa asiakirjoissa. Näin ollen tarjouspyyntöasiakirjoissa ei riitä yleisluonteinen maininta johtovelvollisuudesta, vaan asiakirjoissa on yksilöitävä mitä sivu-urakoita ja hankintoja velvollisuus koskee.

Tilaaja vastaa työmaan johtovelvollisuuksista siinä tapauksessa, että johtovelvollisuuksista vastaavaa pääurakoitsijaa ei ole nimetty ja lisäksi niiden urakoiden osalta, joista ei ole mainintaa tarjouspyynnön kaupallisissa asiakirjoissa. Mikäli pääurakoitsija joutuu hoitamaan nimeämättömien sivu-urakoiden ja hankintojen työmaan johtovelvollisuudet, on kyseessä lisätyö.

Työmaan johtovelvollisuuteen kuuluvat asiat on lueteltu kaupallisissa asiakirjoissa ja rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa. Kaupallisissa asiakirjoissa johtovelvollisuuksien lisäykset ja täsmennykset löytyvät yleensä urakkaohjelman kohdista suoritusvelvollisuudet ja työmaan hallinto. Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen mukaan työmaan johtovelvollisuuksiin kuuluvat seuraavat velvollisuudet:

- työmaan hallinto, yleisjohto ja vastaavan työnjohtajan asettaminen
- lainsäädännön tarkoittamat päätoteuttajan velvollisuudet
- työmaan työaikataulujen laatiminen
- työmaan töiden järjestely ja yhteensovitus
- työmaan vakuuttaminen
- työmaan työturvallisuussuunnitelman laatiminen.

Keskeisin työmaan johtovelvollisuuksiin liittyvä asia on vastaavan työnjohtajan (vastaavan mestarin) asettaminen. Työmaan yleisjohtamisen lisäksi johtovelvollisuuksista vastaavalle urakoitsijalle kuuluu mm. erityislainsäädännön tarkoittamat päätoteuttajien velvollisuudet. Kyse on tällöin erityisesti työsuojelulainsäädännön ja ympäristölainsäädännön asettamien velvollisuuksien täyttämisestä.

Työmaan johtovelvollisuus liittyy läheisesti perinteiseen eri urakoitsijoiden väliseen alistamissopimukseen (RT 80271). Eri urakoitsijoiden vastuuta täsmennetään usein lisäksi urakkarajaliitteessä. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot velvoittavat sivu-urakoitsijan noudattamaan työmaan johtovelvollisuuksista vastaavan urakoitsijan antamia sellaisia töiden järjestelyä ja yhteensovitusta koskevia ohjeita, jotka tähtäävät rakennustyön sujuvuuteen, turvallisuuteen ja häiriöttömyyden varmistamiseen. /5,70/

3.5 Rakentamisen valvonta

3.5.1 1-luokan betonivalu

Ensimmäisen luokan rakenteiden erityisvaatimuksia on esitetty betoninormeissa. 1-luokkaan kuuluvan rakenteen valmistajalla tulee olla kirjallisesti kuvattu laadunvarmennusjärjestelmä, jolla varmistetaan, että kapasiteettia pienentävät raudoituksen ja betonipoikkileikkauksen mittapoikkeamat ovat enintään 30mm massiivisessa valussa. Jokaista valua varten tehdään yksityiskohtainen betonityösuunnitelma, josta tulee ilmetä vähintään:

- muotit ja niiden tukirakenteet
- raudoitus
- betoniosien jako
- perustiedot betonin ominaisuuksista

- betonointimenetelmä, betonin siirrot, tiivistäminen, betonointinopeus, työsaumat
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus, työvuorot, varautuminen häiriöihin, kokeiden vaatimat toimenpiteet
- jälkihoito, lujuuden ja muiden ominaisuuksien kehityksen seuranta, muutosten ja tukirakenteiden purkaminen
- talvityöhön, lämpökäsittelyyn ja erityismenetelmiin liittyvät toimenpiteet.

Kaikista työvaiheista pidetään pöytäkirjaa, johon kirjataan betonityösuunnitelman mukaiset laadunvalvontatoimenpiteet. Paikalla valettujen rakenteiden raudoituksen tarkastamisesta laaditaan myös erillinen pöytäkirja. /6,136,148/

3.5.2 Tilaajan valvonta

Hyvään lopputulokseen pääsemiseksi tulee jokaiseen rakennushankkeeseen luoda toimiva valvontaorganisaatio. Organisaation muodostamiseen vaikuttavat ennen kaikkea urakkamuoto ja urakkaohjelman erityismääräykset sekä urakan laajuus- ja vaikeusaste, aikataulu ja urakoitsijan oma laadunvalvonta. Tilaaja voi tehdä valvonnan omana työnä tai teettää osittain tai kokonaan ulkopuolisella konsulttiyrityksellä.

Tilaaajaorganisaation tehtävänä on ratkaista työn aikana urakkaa koskevat asiat omien valtuuksiensa puitteissa. Nämä valtuudet eli tilaajaa sitovien päätösten teko-oikeus tulee ilmoittaa kirjallisesti urakoitsijalle. Tärkeimmät valtuutusta koskevat asiat liittyvät taloudelliseen päätöksentekoon kuten lisä- ja muutostöihin. Lisä- ja muutostöiden tilaamisesta onkin urakkasopimuksessa yleensä omat erilliset maininnat.

Tilaaja asettaa urakkasuoritusta valvomaan tähän tehtävään pätevät valvojat. Valvonnan ensisijaisena tarkoituksena on varmistua, että urakoitsijan suoritus vastaa työn lopputulokselle asetettuja vaatimuksia ja sopimuksessa sovittuja asioita ja

että urakoitsija noudattaa hyvää rakennustapaa, viranomaismääräyksiä, lakeja ja asetuksia. Lisäksi valvonnan avulla pyritään ennalta ehkäisemään virheiden ja ongelmien syntyä antamalla suunnitelmia täydentäviä ja täsmentäviä ohjeita.

Valvojan valtuudet urakoitsijan suuntaan määritetään urakka-asiakirjoissa. Valvojan oikeuksiin ei kuulu ilman erillistä valtuutusta, määrätä tai sopia muutoksia urakkaan. Tilaajan valvojalla on oikeus tehdä tarkastuksia työsuorituspaikoissa ja rakennustarvikkeiden ja -osien valmistuspaikoissa. Valvonta voi olla luonteeltaan tarkastavaa ja kokeisiin ja mittauksiin perustuvaa. Valvontatyössä valvoja voi lisäksi käyttää apuna urakoitsijan omia mittaus- ja tarkastustietoja.

Valvojan valvontaa täydentää suunnittelijoiden tekemä valvonta, joka on luonteeltaan asiantuntija valvontaa. Suunnittelijan valvontatehtäviin kuuluu yleensä suunnitelmien toteutumisen seuranta ja suunnitelmia täydentävien ja tulkitsevien teknisten ohjeiden anto. Suunnitelmien muuttamisoikeutta suunnittelijalla ei ole ja mallitöiden hyväksyminen edellyttää erillistä valtuutusta.

Rakennustyön valvojalle ei ole lakiin eikä viranomaisvaatimukseen perustuvia pätevyysvaatimuksia mutta rakennusurakan yleiset sopimusehdot edellyttävät, että hänellä on tehtävän edellyttämä ammattipätevyys. Valvontatyön menestyksellä suoritus edellyttää valvonnalta seuraavien periaatteiden noudattamista:

- Valvojan tulee perehtyä hyvin urakka-asiakirjoihin saadakseen selkeän käsityksen halutusta työn lopputuloksesta.
- Valvojan tulee suunnitella valvontatyönsä tehokkaaksi ja taloudelliseksi.
- Valvojan tulee toimia työmaalla yhteistyötä edistävästi ja pyrkiä luomaan hyvä yhteishenki hankkeen eri osapuolten välille.
- Valvojan tulee ilmoittaa havainnoistaan ajoissa urakoitsijalle virheiden minimoimiseksi ja ennalta ehkäisemiseksi. Asioihin tulee pyrkiä puuttamaan ennen työsuorituksen aloittamista, eikä vasta virheitä havaittaessa.

- Valvojan tulee antaa valtuuksiensa puitteissa urakoitsijoille sopimusasiakirjojen selventämistä koskevia ja työnsuoritukseen liittyviä ohjeita. Valvoja ei kuitenkaan saa johtaa työtä urakoitsijan puolesta.

Tilaaajan valvonta ei rajoita eikä vähennä urakoitsijan sopimuksenmukaista vastuuta, paitsi jos tilaaja on laiminlyönyt vakavaa laatuvirhettä koskevan huomautuskanteon. Todistamisvelvollisuus vastuun siirtymisestä tilaajalle on kuitenkin urakoitsijalla. Havaitessaan virheen tilaajan valvojan on huomautettava asiasta urakoitsijalle ja urakoitsijan on korjattava virhe viipymättä. /5,61/

3.5.3 Viranomaisvalvonta

Rakentamisen yleinen ohjaus perustuu lain, asetusten ja rakentamismääräysten säännöksiin. Maankäyttö- ja rakennuslaissa ja asetuksessa ovat rakentamista koskevat vaatimukset, joiden tarkoitus on varmistaa rakentamiselta edellytetty vähimmäistaso. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ovat näitä koskevat tarkemmat määräykset. Viranomaisvalvonta koskee vain sellaista rakentamista ja muita toimenpiteitä, jotka edellyttävät rakennuslupaa tai hyväksyntää. Valtaosa maa- ja vesirakentamisesta on siten viranomaisvalvonnan ulkopuolella.

Kunnallisia rakennusvalvontaviranomaisia ovat rakennuslautakunta ja rakennustarkastaja. Rakennuslautakunta on kunnallinen lakisääteinen lautakunta, jota koskevat kunnallislain säännökset. Varsinaisen rakennustyön valvonta kuuluu kokonaisuudessaan rakennusvalvontavirastolle, minkä lisäksi virasto huolehtii ns. jatkuvasta valvonnasta. Pakkokeinojen käyttö kuuluu rakennuslautakunnalle. Virasto saa keskeyttää myös säännösten vastaisen rakennustyön. Rakennuslautakunnan ja rakennusvalvontaviraston keskinäinen työnjako määräytyy tarkemmin kunnallisten johtosäännösten perusteella.

Rakennusvalvonnan viranomaistehtävät voidaan jakaa varsinaisiin rakennusvalvontatehtäviin ja neuvontatehtäviin. Kunnan rakennusvalvontaviranomaisten tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan lainsäädännön määräyksiä. Lisäksi rakennus-

valvonnan tarkoituksena on ennalta ehkäistä rakennusvirheitä sekä tukea sellaisia käytäntöjä, joilla edistetään hyvää rakennustapaa.

Viranomaiset valvovat rakentamista sekä rakennuslupamenettelyn että rakennusaikaisen valvonnan avulla. Rakennustyön aikana viranomaiset tekevät pohja-, vesi-, ja ilmanvaihtolaitteiden katselmuksia. Näiden lisäksi rakennusluvassa voidaan määrätä suoritettavaksi muitakin katselmuksia. Viranomaisten tarkastukset ja katselmukset eivät sinänsä osoita kohteen olevan urakkasopimuksen mukaisessa kunnossa, sillä näiden tarkastusten tarkoituksena on varmistua siitä, että rakennustyöt on tehty viranomaisten määräyksiä ja turvallista rakennustapaa noudattaen. Rakennusluvassa voidaan määrätä pidettäväksi myös erillisen aloituskokous.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennusvalvontaviranomainen voi hakemuksesta sopia tietyn osan viranomaisvalvontaa rakennuttajan itsensä hoidettavaksi ns. rakennuttajavalvontana. Edellytyksenä on, että rakennuttaja esittää valvonta suunnitelman, jossa esitetään selvitys rakennushankkeesta, rakennuttajasta, tämän käyttämästä valvontaorganisaatiosta ja asiantuntijoista sekä rakennustyön suorittajista ja vastuullisesta työnjohdosta siltä osin kuin nämä ovat hakijan tiedossa. Hyväksyessään rakennuttajavalvontaa koskevan hakemuksen rakennuslaitakunta päättää, miltä osin viranomaisvalvontaa ei suoriteta. Rakennuttajavalvontaa ei kuitenkaan sallita asuinrakennuskohteissa. Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisesti seurata rakennuttajavalvontaa työn aikana. Hyväksyty rakennuttajavalvontaa ei supista rakennusvalvontaviranomaisen toimivaltaa tarvittaessa puuttua luvanvastaiseen tai epätyytyttävään rakentamiseen. /5,62/

Rakennuttaja palkkaa edustajakseen rakennustyömaalle oman valvojansa, jonka tehtävänä on valvoa urakoitsijoiden työsuorituksia ja olla muutenkin rakennuttajan edustajana ja edunvalvojana työmaalla. Valvojalle on annettu tietyissä rajoissa oikeus hyväksyä muutoksia ja antaa ohjeita niin, että työt voivat jatkua saumattomasti. Niissä tapauksissa, joihin valvojan valta ei riitä, hänen on viipymättä haettava päätös muutoksien tai lisätöiden tekemiseen. Valvojan tehtävänä on todeta urakka-asiakirjan liitteenä olevan maksuerätaulukon mukaisien työsuorituksiin

sidottujen maksupostien maksukelpoisuus ja hyväksyä niiden maksaminen urakoitsijalle. Lisäksi valvoja toimii linkkinä suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja rakennuttajan välillä.

Rakennuttajan ja rakentajan välisen yhteistoiminnan lisäksi suorittavat eri viranomaiset työn aikana tarkastuksia ja katselmuksia. Niiden tarkoituksena on varmistaa, että rakennustyö suoritetaan lupaehtojen ja rakentamisesta annettujen erilaisten määräysten mukaan. Tällaiset tarkastukset on työmaan vastaavan mestarin tilattava asianomaiselta viranomaiselta rakennustyön edistymisen mukaan.

Yleisimpiä näistä tarkastuksista ovat:

- pohjakatselmus
- sijaintikatselmus
- perustuskatselmus
- rakennekatselmukset
- hormikatselmus
- raudoituskatselmus
- loppukatselmus
- koneteknillisten töiden tarkastukset.

Suunnittelijoiden suorittamia oman alansa valvontaa tapahtuu työmaakokousten ja rakennuspaikalla suoritettavien tarkastusten avulla siten kuin niistä sovitaan.

Tavallisimmat rakennustyöhön osallistuvat suunnittelijat ovat:

- pääsuunnittelija (arkkitehti)
- rakennesuunnittelija (insinööri)

- LVI-töiden suunnittelija
- sähkötöiden suunnittelija.

Suunnittelija on yleensä vastuussa siitä, että tehdyt suunnitelmat ovat voimassa olevien määräysten mukaisia ja että työmaalla tehdään työtä suunnitelmien mukaan. Hänellä on oikeus omalta osaltaan antaa määräyksiä virheellisyyksien korjaamiseksi, mutta ei suunnitelmien muuttamiseksi. /4,19/

4 ESIMERKKIKOHTTEEN TOTEUTUS

4.1 Torkkolan tuulivoimapuisto

Valmistuessaan Torkkolan tuulivoimapuisto on yksi Suomen suurimmista energiantuottokyvyllä mitattuna. Torkkolan tuulivoimapuiston valmistuminen lisääkin Suomen tuulivoimatuotantoa viidenneksellä. Tuulivoimapuisto tuottaa 150 000 MWh sähköä vuodessa, mikä vastaa lähes 10 000 sähkölämmitteisen omakotitalon vuosikulutusta.

Tuulivoimapuiston pinta-ala on noin 1000 hehtaaria ja se koostuu yli 200 palstasta. Lähin asutus sijaitsee noin 1,6 kilometrin päässä tuulivoimala-alueesta. Alueella on noin 130 maanomistajaa, joista suurimman osan kanssa on tehty vuokrasopimukset turbiinipaikoista ja tuulenottoalueista.

Tuulivoimapuisto sijaitsee Kyrönjoen eteläpuolella Vähässäkyrössä (Kuva 2.). Tuulivoimapuistossa on 16 voimalaa, jotka ovat teholtaan 3,3MW. Voimaloiden kokonaisteho on 52,8 MW ja vuosituotanto on 150 000 MWh. Tuulivoimaloiden napakorkeus on 137 metriä ja roottorin halkaisija 126 metriä. Tuulivoimapuiston arvioitu valmistumisaika on 2015 kesään mennessä.

Tuulivoimaloiden perustusten raudoitustoimittajana on Peikko Oy, joka on yhteistyössä Ramboll Oy:n kanssa suunnitellut perustukset ja raudoitukset. Itse raudoitustyöt on tehnyt BH-Infra Oy aliurakkana Peikko Oy:lle. WasaCon toimi perustusten betonoijana ja SSTH Lattiat Oy toimi WasaConin aliurakoitsijana ja hoiti perustusten pinnan hierron ja perustuksen käsittelyn jälkihoitoaineella.

Maanrakennustyöt Torkkolassa on tehnyt Risberg Oy, ja sähkötyöt Ravera Oy. Laittevalmistaja Vestas Oy, hoiti tuulivoimaloiden pystytyksen ja asentamisen käyttökuntoon. Laitteiden kytkennän sähköverkkoon suorittaa Fingrid Oyj, joka on valtion sähköverkon suunnittelija, ylläpitäjä ja kehittäjä. EPV oli myös palkannut ulkopuolisen konsultin Botnicon Oy:n, hoitamaan työmaan yleistä valvontaa.

/1;3;9/



Kuva 2. Torkkolan tuulivoimapuisto

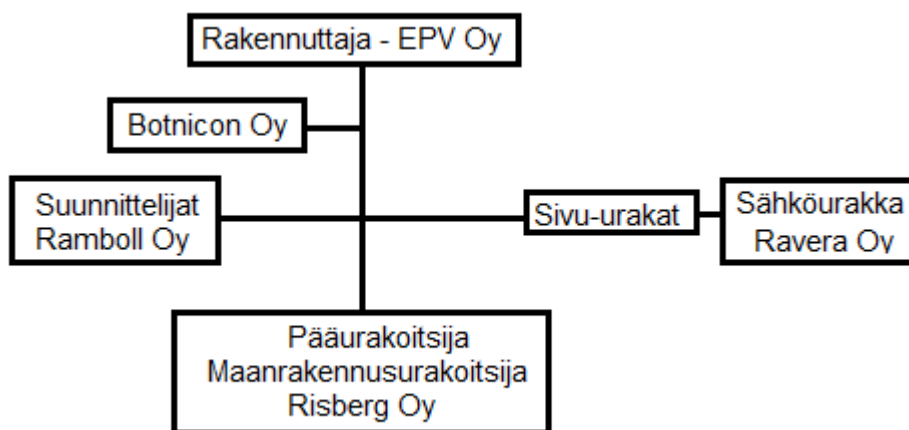
4.2 Hankkeen osapuolet ja organisaatio

Hankkeen rakennuttajana on EPV Oy, WasaCon Oy sai pääurakoitsijan urakan urakkakilpailun perusteella, mikä järjestettiin 2014 alkuvuodesta.

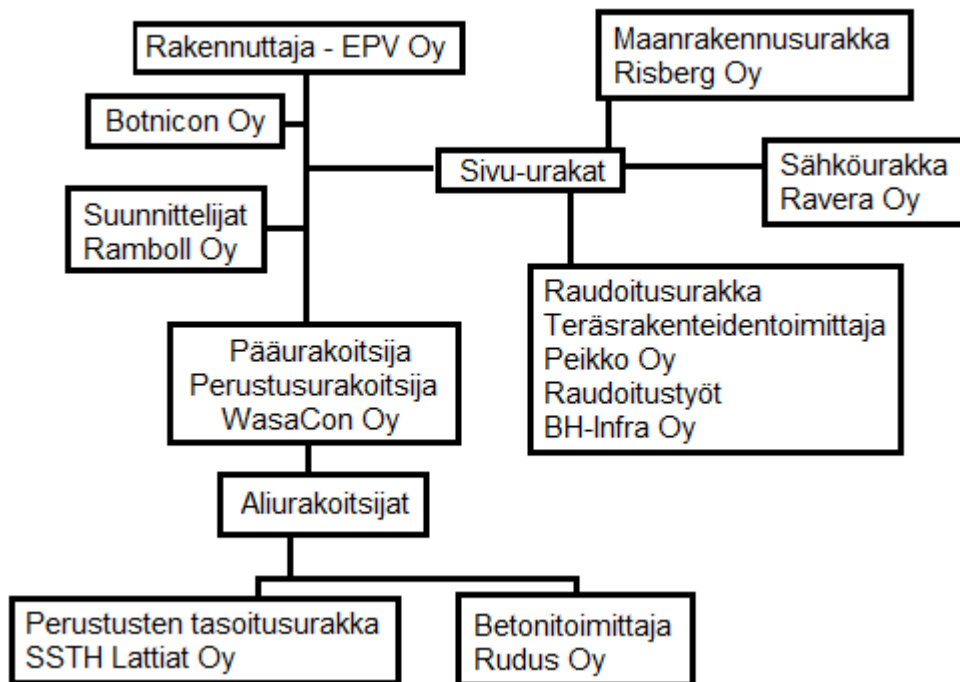
Tämä tuulivoima hanke eroaa tavanomaisesta rakennushankkeesta, sen organisaation osalta suuresti. Maanrakennusurakoitsija toimi aluksi hankkeen pääurakoitsijana, suorittaessaan maanrakennusurakan ensimmäistä vaihetta (Kuvio 5.). Tämän jälkeen WasaCon saapui työmaalle, ja otti pääurakoitsijan roolin itselleen, mihin sisältyi valu-urakan lisäksi: työmaan johtovelvollisuudet, joihin kuului työmaan hallinto ja johto, vastaavan työnjohtajan asettaminen ja velvollisuudet, päätoteuttajan velvollisuudet, kuten työmaakokouksien järjestäminen, työmaapäiväkirjan ylläpitäminen, sekä omien työntekijöiden työturvallisuudesta huolehtiminen, työaikataulun tekeminen yhteistyössä tilaajan, suunnittelijoiden sekä muiden urakoitsijoiden ja hankkijoiden kanssa, töiden järjestely koordinoiminen ja yhteensovittaminen. WasaConin ottaessa pääurakoitsijan roolin työmaalla, maanrakennusurakka ja sähkötyöt alistettiin pääurakan alle. Urakkaneuvotteluissa sovittiin, että kaikki urakoitsijat vastaavat omasta laadunvalvonnastaan, toteutuksestaan ja työturvallisuudestaan (Kuvio 6.).

Hankkeen töiden ollessa tuulivoimaloiden pystytystä vaille valmiita, laitevalmistaja Vestas Oy otti pääurakoitsijan roolin ja vastuut itselleen. Vestas Oy:n asentajat pystyttivät ja asensivat tuulivoimalat käyttökuntoon (Kuvio 7.).

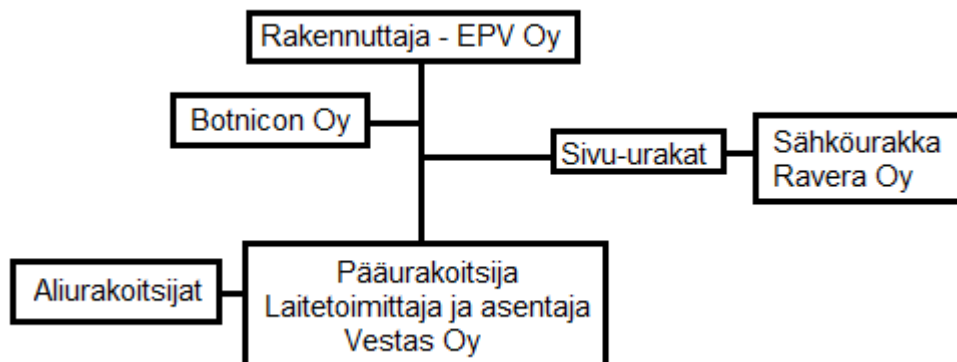
Monien eri urakoitsijoiden toimiessa samalla työmaalla eri urakoissa, urakoiden väliset rajat tulee olla hyvin kaikille selvillä. Torkkolassa urakoitsijoiden välisiä katselmuksia ja kohteiden luovutuksia ja vastaanottoja suoritettiin, jokaisen kohteen osalta aina kun se oli ajankohtaista. WasaCon vastaanotti perustuspaikan, kun pohjatyöt oli tehty, pohja oli suora ja oikeassa korossa. Luovutus eteenpäin tapahtui, kun perustus oli jälkitöiden jälkeen peitelty. Rakennuttajan velvollisuuteen kuului ainoastaan tarkemittaukset ja peruspulttien paikkojen mittaukset. /8;9;13/



Kuvio 5. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio, aluetyö- ja maanrakennusvaiheessa.



Kuvio 6. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio, perustustyö-
vaiheessa.



Kuvio 7. Torkkolan tuulivoimapuistohankkeen organisaatiokaavio, laiteasennus-
vaiheessa.

4.3 Aikataulutus, logistiikka ja työjärjestys

Aikataulutukseen ja työjärjestykseen vaikuttivat suurimmalta osalta maanrakennusurakoitsijan pohjatöiden tekeminen. Maanrakennusurakoitsija optimoi työsuo-

rituksensa ja louhi toisilta perustamispaikoilta louhetta, ja kuljetti sitä tarvittaviin perustuspaikkoihin. Maanrakennusurakoitsija oli laatinut oman aikataulunsa ja työjärjestyksensä toteuttaessaan urakkaa. Tilaajan aikataulu- ja työjärjestyssuunnitelma erosi täysin maanrakennusurakoitsijan aikataulusta, joten WasaCon laati uuden aikataulun ja työjärjestyksen, yhteistyössä tilaajan, muiden urakoitsijoiden ja hankkijoiden kanssa. Hankkijoiden osalta tärkein seikka oli, että teräsvalmistaja Peikko Oy sai tiedon työjärjestyksestä vähintään 6 viikkoa ennen raudoitusten toimituspäivämäärää, jotta oikeat raudoitteet ovat oikeassa paikassa, oikeaan aikaan. Peikolla oli alkuperäinen tilaajan suunnittelema aikataulu, joten heidän työjärjestyksensä muuttui myös täysin. Aikataulua saatiin lopulta kiristettyä alkupe- räisestä, sillä työt ja hankinnat saatiin kaikkien osapuolten osalta synkronoitua yh- teen paremmin kuin oli ajateltu.

4.4 Pohjatutkimus

Pohjatutkimuksella selvitetään maaperän ominaisuudet, jotta saadaan suunniteltua juuri oikeanlaiset perustukset ko. paikalle. Pohjatutkimuksella selvitetään tarvi- taanko paikka paaluttaa vai voidaanko valaa maanvaraisella laatalalla.

Tuulivoimalan perustuksia suunnitellessa on suotavaa, että on tehty hyvä pohja- tutkimus. Pohjatutkimus käsittää 5 pistettä; yksi keskelle tulevaa perustusta ja 4 perustuksen kehälle. Pohjatutkimus toteutetaan painokairauksella tai heijarikaira- uksella, kun tiedetään kantavan pinnan olevan syvällä. Kairaus tehdään riittävän syvälle eli n.5metriin kantavaan moreeniin. Kallion ollessa lähellä pintaa kairaus tehdään porakonekairauksella noin 5 metriin kallioon.

Tämän lisäksi tehdään 1 tai 2 kairausta tulevalta nostopaikalta, jotta tiedetään nos- topaikan kantavuus. Myös mahdollisilta teiltä voidaan tehdä kairauksia, jotta var- mistutaan teiden kantavuudesta.

Pohjatutkimuksessa voidaan selvittää myös maaperän kimmo-ominaisuudet, mut- ta tämä on yleensä vain tarkistusseikka, sillä se ei vaikuta oleellisesti perustuksen kokoon tai muuhun mitoituseseen. /11;13/

4.5 Perustusten suunnittelu

Ramboll on suunnitellut Peikko Groupin kanssa yhteistyössä Torkkolan perustukset ja niiden teräsraudoitukset. Peikko on valmistanut ja toimittanut teräsrakenteet mutta laitevalmistaja Vestas on toimittanut pulttikehikot, jotka on suunniteltu paikalle tuleviin tuulivoimaloihin (Kuva 3.). Raudoitteen runko koostuu ankkurointipulteista, ankkurointi- ja asennusrenkaista, sekä pulttikehikosta (Kuva 4.).



Kuva 3. Pulttikehikon pystytys.



Kuva 4. Puolivalmis raudoitus.

Perustuksen optimimuoto on suunniteltu siten, että betonia on juuri siellä, missä sitä tarvitaan. Momentin kapasiteetti on suuri kehän reunalla, kun taas momentti on suurin kehän keskellä. Tästä johtuu, että betonin paksuus on suurin kehän keskellä ja pieni kehän ulkoreunalla. Pääasia on se, että betonia ja betonipaksuutta on siellä, missä sitä eniten tarvitaan.

Kehän keskellä on pääraudoite, joka koostuu kahdesta kehälevystä ja niitä yhdistävästä pulttikehikosta. Pulttikehikko koostuu 32mm teräspulteista, joita on 216 kpl/perustus. Pultit yhdistävät kehäraudoitteet perustuksen ylä- ja alaosassa (Kuva 5.).

Optimimuodon suunnittelussa tärkeä seikka on ollut myös, että muottia tarvittaisiin mahdollisimman vähän. Perustuksen muoto on alun perin peräisin Amerikasta, ja sitä on sovellettu Peikon suunnitelmissa.

Raudoitteita mitoittavia seikkoja ovat myllyn koko ja siitä tuleva momentti sekä maaperän kantavuus. Tuulivoimalasta tuleva momentti ja maaperän kantavuus määräävät perustuksen halkaisijan, ja pulttiryhmän korkeus ja myllyn tyyppi määräävät perustuksen korkeuden.

Tuulivoimalan napakorkeus on suoraan verrannollinen momenttiin, mitä korkeampi voimala – sitä suurempi momentti.

Suunnittelussa tarkastetaan perustuksen jäykkyys, tornin taivutusmomentti, leikkausvoima, halkeamaleveydet, betonin ja raudoituksen rasituskestävyydet, kaatumisvarmuus sekä putkitusten ym. vaikutus perustukseen.

Torkkolassa tuulivoimaloiden paikoilla maaperän lujuuksia on kolmea erilaista, mikä johtuu pohjaveden korkeasta tasosta. Pohjaveden korkea taso keventää perustusta, joten näissä paikoissa perustukset ovat suuremmat. Perustusten koot Torkkolassa ovat 595, 624 ja 704 m³. Perustusten tilavuus sisältää betonin, raudoituksen ja putket kaapeloinneille. Betonointisuunnitelmissa ei betonimäärästä ollut vähennetty raudoituksia eikä putkia, joka kävi WasaConin hyödyksi, kun betonia kului vähemmän.

Valussa betonin maksimi lämpötilaksi on asetettu 60 C°, mikä määräytyy sementin sideaineiden lämpötilakestosta, joka perustuu betoninormiin. Sideaineilla on erisuuret lämpötilankestävyydsarvot, eli mistä sideaineista betoni koostuu, niin pysytään määrittämään betonin lämpötilankestävyys. Lämpötilan ylitys kasvattaa lujuuskadon riskiä. Jos kovettuvan betonin lämpötila nousee 80C° asteeseen, se tarkoittaa 20–30% lujuuskatoa. /6;11;13/



Kuva 5. Valmis raudoitus.

4.6 Betonitoimittaja

Rudus Oy toimi Torkkolan tuulivoimapuiston perustusten betonitoimittajana. Betonityön aikana valussa oli mukana 2kpl pumppuautoa kuskeineen, ja 16–18 betoniautoa toimittivat betonia paikalle kolmelta eri betoniasemalta. Vaasan betoniasema toimi päätoimittajana ja toimitti betonia valun alusta loppuun tehden aluksi K45-betonia ja lopuksi K55-betonia. Seinäjoen ja Kauhajoen betoniasemat toimivat Vaasaa tukevinä asemina ja toimittivat betonia kolme kierrosta, eli kolme kertaa noutivat uuden betonikuorman. Yhteen kierrokseen aikaa kului n. 3 tuntia/auto. Kauhajoelta ja Seinäjoelta autoja oli 5 molemmista, ja Vaasasta 6–8 autoa.

Betoniasemien toiminta koostuu monesta eri vaiheesta. Ennen kuin betonia saadaan asemalta ulos, on betoniasemalle toimitettava betonin rakenneaineita kuten soraa, sementtiä ja lisä-aineita. Valun tapahtuessa yöllä, tarvitaan myös rakenneaineita täydennyksenä yöllä. Betoniasemalla täytyy olla yksi kauhakuormaaja lisäämässä rakenneaineita betonimyllyyn ja lisäksi tarvitaan betonimyllyä hallinnoiva henkilö.

Betonitoimitusten varmistamiseksi ja mahdollisten betoniasemien käyttökatojen vuoksi, tulee tehdä varasuunnitelma, mikäli betonia ei jostain syystä saada asemalta ulos. Betonivara-asetat tulee määrittää jo betonointisuunnitelmassa. Torkkolan tapauksessa Seinäjoen betoniasema oli vara-asetana.

Ennen kuin Torkkolassa käytetty betoni on päässyt tuotantoon asti, on sitä testattu betoniasemalla pienoismallien avulla, missä on pyritty testaamaan lämpötilankehitystä.

Betonista otetaan näytteitä ja koekuutioita, sekä betoniasemalla että työmaalla. WasaCon ottaa koekuutiot, huolehtii säilytyksestä, ja tilaaja testauksesta. Tilaaja suoritti myös omaa valvontaa, ja otti omia koekappaleita.

Ulkolämpötilan noustessa kesän edetessä, betonin suhteutusta muutettiin kuona-aineiden osalta, millä saatiin maksimilämpötilaa alennettua. /12;13/



Kuva 6. Perustuksen betonoinnin työmaa.

4.7 Perustusten betonointi

Perustusten koot Torkkolassa ovat kooltaan 595, 624, ja 704m³. Lujuusluokka ja perustuksen massiivisuus määrää betonityön 1-luokkaan. 1-luokan valua tehdessä,

paikalla pitää olla 1-luokan betonityönjohtaja, joka Torkkolassa oli WasaConilta, sekä varalle tulee olla nimettynä toinen 1-luokan työnjohtaja. Valutyössä tarvitaan pumppukuskien lisäksi kokeneet työryhmät 1+1 ohjaamaan massan levitystä, sekä 3+3 miestä tiivistämään massaa. Muotin ollessa täynnä tarvitaan 4 henkilöä pinnan hiertoon ja 3 henkeä jälkitöihin. Betonoinnissa käytetään sulkulaitteella varustettua valuputkea tai letkua, jotta saadaan säännöstelltyä massaa, ja vältetään betonin roiskumista perustuksen yläpinnan teräksiin. Massan levittäjä huolehtii siitä, että putki on riittävän syvällä raudoituksessa, ettei betoni erotu liian suuren pudotuskorkeuden seurauksena (Kuva 6.).

Ennen betonityön aloitusta, edellisellä viikolla pidetään betonityön aloituspalaveri, johon urakoitsijat toimittavat vuorolistat miehistä. Listasta tulee ilmetä miesten tehtävät ja vastuut valun aikana.

Betonointi aloitetaan pumppaamalla molemmilla pumpuilla muotin keskustaan niin paljon, että massaa saadaan kuljetettua kunnolla teräskehikon alimman kehän alitse, jotta kehän alaosa tiivistyy huolellisesti (Kuva 7.). Keskiosaa ja pulttikehikon ulkopuolta noin 3 metriä pulttikehästä ulos kasvatetaan kerroksittain symmetrisesti täyttäen 300–400mm kerroksin, 2–2,5 metrin korkeudelle samanaikaisesti tiivistäen kerroksia huolellisesti ja tasaisesti pulttiryhmän molemmin puolin. Tässä vaiheessa kerroksen ulointa reunaa ei tiivistetä, jottei kerros lähde liikkumaan sivusuunnassa. Pulttikehän ulkopuolista rinnettä, muotin ulkoreunasta metrin ulospäin kasvatetaan perustusta kerroksittain, symmetrisesti kiertäen ja nauhamaisesti täyttäen. Tässä vaiheessa huolehditaan, että täyttö tapahtuu perustuksen yläpinnan suunnan mukaisesti. Samanaikaisesti tiivistetään huolellisesti kerroksittain, ja tässä vaiheessa myös tiivistetään keskialueen ja reuna-alueen liitos huolellisesti. Kehän viimeinen betonitäyttö tehdään rakenteen ulkoreunasta kerroksittain täyttäen ylös ja sisällepäin, niin että betoni täytetään pintaterästen tasalle ja vähän ylikin. Keskustan kauluksen ollessa n. 600 mm oikeasta tasosta, vaihdetaan toiseen pumppuun K55-massa ja kauluksen, muotin, ja pulttikehän kohtaa aletaan aktiivisesti nostaa, jotta kaulusmuotin juuri saadaan pitämään. Kun kaulusmuotin juuri

pitää, voidaan kauluksen keskiosaa täyttää kerroksittain ja pulttikehän alapinnan betoni tiivistetään ja kuljetetaan tiivistämällä keskeltä ulospäin, jotta pulttikehän varausympäristö on huolellisesti tiivistetty. Viimeiseksi keskiosa ja kaulus täytetään betonilla, ja kauluksen pinnan tekeminen voidaan aloittaa. Kun yläpinta on hierretty, pinta suojataan jälkihoitoaineella ennen seuraavaa työvaihetta. Viimeisenä työvaiheena betonipinnan teko aloitetaan ylhäältä alaspäin ketjumaisesti 3–4 ketjussa kiertäen.



Kuva 7. Betonoinnin aloittaminen.

Työn edessä tarkkaillaan muotin pitävyyttä, sähköputkien paikalla pysyvyyttä, pulttikehikoiden muodonmuutoksia, sekä raudoituksen suojaetäisyyttä ja tuentaa. Pintaa nostetaan tällä tavoin ylöspäin ja viistot yläpinnat betonoidaan täyteen valun loppuvaiheessa. Betonityön edessä on tärkeää, ettei massa pääse kierrosten välillä liiaksi jähmettymään, että massa pysyy yhtenäisenä. Betoni tiivistetään erityisen huolellisesti raudoitusten ympäriltä (Kuva 8.).

Tiivistäminen vaatii jatkuvaa seuranta ja tarkkailu työn aikana. On tärkeää, että letkumies laskee betonia vain, kun tiivistäjät ovat paikalla, ja pitävät hanan muuten kiinni. Letkumiehen on myös tarkkailtava, ettei tule liian korkeita täyttökerroksia. Kerrokset tulee olla symmetrisiä ja tasaisia, sekä ulkoreunan tulee olla mahdollisimman jyrkkä. Betonin sitoutumisen alku on n. 190–300 min sekoituksesta, mikä on betonin työstöaikaa (Kuva 9.).



Kuva 8. Betonoinnin tiivistäminen.

Koska valupaikka on haasteellisessa paikassa, eikä paikalla ole sähköverkkoa, tarvitaan paikalla sähkögeneraattori tuottamaan sähköä valaistukseen, sauvatärytimiin, sekä muihin paikalla tarvittaviin sähkölaitteisiin. Paikalla tarvitaan myös riittävän suuri vesitankki, mistä saa veden sauvatäryttimien, työkalujen ja varusteiden pesuun.



Kuva 9. Betonointi lähes valmis.

Valunopeus on parhaimmillaan $70 \text{ m}^3/\text{h}$ ja loppuvaiheessa $35 \text{ m}^3/\text{h}$. Perustusten betonoinnit aloitettiin klo 18.00 ja hierto aloitettiin klo 03.00 ja se oli valmis klo 06.00. Valut on suoritettu yöllä, sillä silloin on viileämpää ja sitä kautta betonin sitoutuminen on hitaampaa ja työstöaika on pidempi. Yöllä myös betonivalmistajien koko kapasiteetti oli käytössä näitä valuja varten. /8;13/



Kuva 10. Hiertoporukka työssä.

Betonointi voidaan suorittaa, kun rakenteen ovat sulat. Lämpötila rajoittaa enemmänkin betonin valmistusta, kuin itse betonointia. Ulkolämpötilan noustessa yli 25 asteen, betonin valmistusvaiheessa rakenneaineita on jäähdytettävä, ettei massan lämpötila nousisi liian suureksi. Tästä syystä valuja ei tehty yli 25 °C ulkolämpötilassa.

Voimakkaan sateen tullessa perustus tulisi peitellä pahimman sateen ajaksi, jolloin betonin eri aineosat eivät sateen vuoksi pääsisi erottumaan. Sääennustusta tulee seurata hyvin ennen valua, ja sateen todennäköisyys pitää olla hyvin pieni valun suunniteltuna ajankohtana. Sateen todennäköisyyden ollessa suuri, valupäivää siirretään tarpeen mukaan.

Perustusten betonoinnin ollessa 15cm vajaa pinnasta, hiertoporukka aloitti pinnan hierron ja jälkityöt (Kuva 10, Kuva 11).



Kuva 11. Valmiiksi hierretty perustus.

4.8 Lämpötilan kehitys ja seuranta

Lämpötila kehittyi erilailla perustuksen eri osissa. Lämpötilaa seurattiin 3 lämpötila-anturilla; kehän ulkoreunalla, keskellä kauluksen pinnassa, sekä keskellä pulttiryhmän puolenvälin syvyydessä (Kuva 12.).

Tilajaalla oli myös oma mittari keskellä perustusta pulttikehikon puolessavälissä.

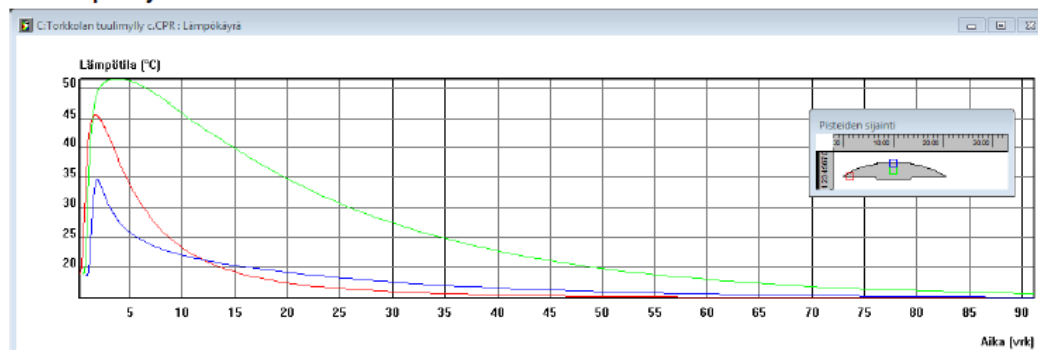
Lämpötilaero lämmön kehityksen aikana on maksimissaan 20 astetta perustuksen eri osissa. Lämpötilan maksimiarvo on määrätty betoninormissa.

Perustuksen muoto tuo haasteita asetetulle maksimiarvolle, sillä perustuksen muoto on hoikka ulkokehältä ja massiivinen keskeltä. Oleellinen seikka lämpötilan seurannassa on, että lämpötila-anturit on asetettu oikeisiin paikkoihin.

Betonin lämpötilan noustessa yli 60 asteen, säänkestävän massan ominaisuudet heikkenevät. Rakennesuunnittelija määrittää maksimiarvot lämpötilalle ja lämpötilaerolle perustuksen eri osissa.

Betoninormissa on sanottu massiivivalusta ainoastaan seuraavaa: ”Massiiviset rakenteet betonoidaan käyttäen tarkoitukseen sopivaa sementtiä sekä sellaista betonin koostumusta ja sellaisia valmistusmenetelmiä, että rakenteen ominaisuuksille asetetut vaatimukset saavutetaan ja haittavaikutuksilta, mm. betonin halkeilulta vältytään.” /6/

2.0 Lämpökäyrät

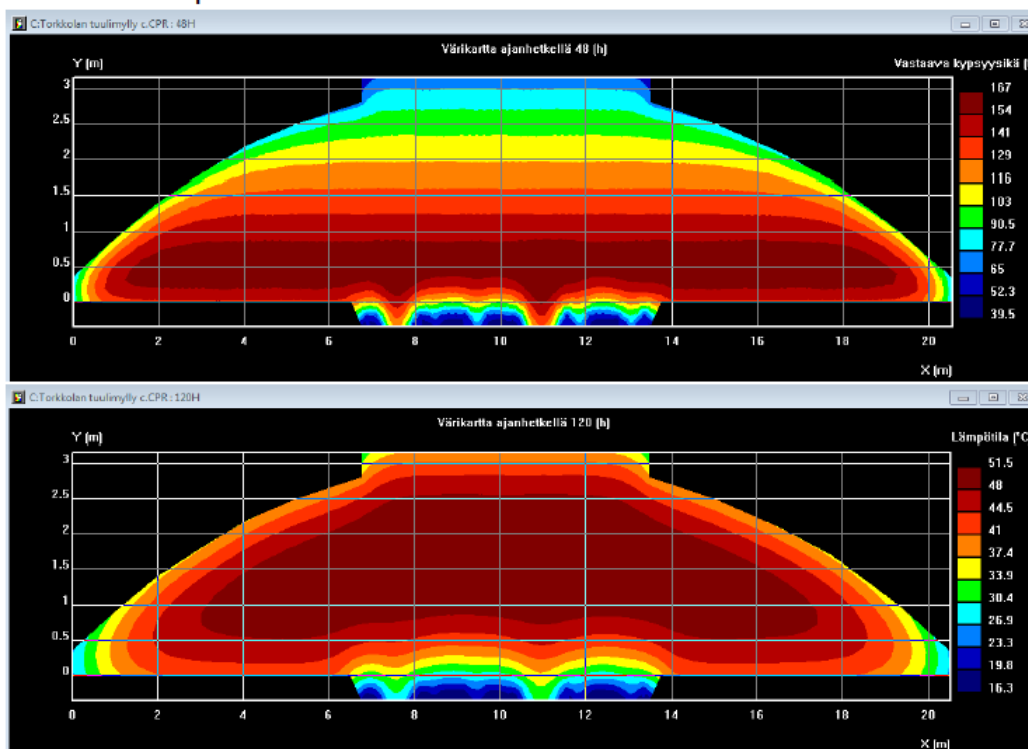


Kuva 12. Lämpökäyrät.

4.9 Jälkityöt

Betonoinnin jälkitöihin sisältyy perustuksen käsittely jälkihoitoaineella (Kuva 14.), peittäminen, sekä myöhemmin mahdollisten halkeamien injektointi. Peittäminen tehdään kosteudenhaihtumisen ja lämpötilaerojen tasaamisen vuoksi. Peittäminen oli etukäteen suunniteltu. Ruduksen tekemien lämpötilan kehityslaskelmien ja lämpötilasimulaatioiden perusteella (Kuva 13.).

4.0 Värikartta lämpötilasta



Kuva 13. 20mm lämpömaton lämmönjakautumissimulaatio.

Ensimmäisissä valuissa peittely tehtiin kauttaaltaan 20 mm lämpömatolla ja pressulla. Lämpötila kehittyi epätasaisemmin kuin oli suunniteltu. Keskellä perustusta lämpötila nousi nopeasti huippuunsa ja laski hitaasti, reunoilla lämpötila nousi nopeasti huippuunsa ja laski nopeasti. Tämän seurauksena muutettiin peittelyä seuraaviin perustuksiin. Perustus peiteltiin reunoilta 30 mm lämpömatolla n. 2 metrin korkeuteen, ja muulla osuudella pelkällä pressulla (Kuva 15.). Kesän kuumimpina päivinä aurinko lämmitti perustuksen yläosan niin kuumaksi, että sitä jäähdytettiin pumpaamalla perustuksen yläkaulus täyteen vettä. Jälkihoidon kesto, eli peitteen päälläoloaika määräytyi laskennallisen lujuuden saavuttaessa 70% eli n. 21 vrk, ja sitä seurattiin koekappaleiden puristuskokeilla. /10/



Kuva 14. Jälkihoitoaineella käsittely.



Kuva 15. Peitelty perustus.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Torkkolan tuulivoimapuiston perustukset saatiin tehtyä ajallaan hyvin suunnitellun toteutuksen avulla. Perustukset olivat valmiina aikataulun mukaisesti, ja tuulivoimaloiden pystytykset voitiin aloittaa suunnitellun mukaisesti ajallaan. Ongelmakohtat saatiin ratkaistua hyvien vuorovaikutussuhteiden ja toimivan informaatiovirran avulla eri osapuolten välillä. Pääurakoinnin tehtävät saatiin toteutettua hankkeen kannalta edullisesti, kaikkia osapuolia tyydyttävästi.

WasaCon aikoo myös jatkossa osallistua tuulivoimapuistohankkeiden urakkakilpailuihin.

5.1 Kehitysideat

Kehitysideoita on ideoitu ajatellen jatkossa tulevia samantyyppisiä hankkeita. Ideoiden tarkoituksena on saada tulevien hankkeiden työnkulun selkeäksi eri osapuolten välillä ja pyrkiä vielä tehokkaampaan tuotantoon.

5.1.1 Aikataulut, logistiikka ja työjärjestys

Pääurakoitsijana pysyy sama taho koko hankkeen ajan, jolloin pääurakoitsija hoitaa aikataulusuunnittelun ja työjärjestyksen suunnittelun. Hyvä vaihtoehto olisi, että rakennuttajan edustaja/projektijohtaja toimisi itse vastaavana työnjohtajana. Tässä tapauksessa tilaajalla olisi koko ajan hallinta kaikkeen, mitä työmaalla tapahtuu. Rakennuttaja muutenkin on hankkeessa mukana alusta loppuun. Tällä tavoin ei tule sekaannuksia eri urakoitsijoiden aikataulujen välillä. Tärkeä seikka on, että informaatiovirta toimii eri urakoitsijoiden ja rakennuttajan välillä.

5.1.2 Perustusten betonointi

Kuitumassaa voisi käyttää perustuksen pinnassa, mikä ehkäisisi halkeamisten syntymistä. Kuitumassassa mikrokuitua tai teräskuitua, mutta mikrokuitu on mahdollisesti parempi vaihtoehto, koska teräskuitu hankaloittaisi hiertämistä.

5.1.3 Betonoinnin jälkityöt

Valujen edetessä jälkitöitä muutettiin suurimmaksi osaksi ainoastaan peittelyn osalta, mikä jatkossa toteutettaisiin samalla tavalla kuin viimeisimmissä valuissa, eli reunoilla 30mm eristematto kahden metrin korkeuteen, ja keskellä pelkkä pressu.

5.1.4 Betonin lämpötilaseuranta

Rakennesuunnittelijan ja tilaajan kanssa pitäisi sopia yhteistyössä mittauspisteiden paikat ennakkoon. Hyvä olisi myös päättää, millä matkalla lämpötilaeron maksimiarvo saa olla, sillä perustus on muodoltaan sellainen, että lämpöä syntyy enemmän perustuksen keskellä ja vähän reunoilla.



Kuva 16. Valmis tuulivoimala

LÄHTEET

- /1/ WasaCon Oy:n verkkosivut. Viitattu 1.3.2015 www.wasacon.fi
- /2/ Tuulivoimayhdistyksen verkkosivut. Viitattu 1.3.2015.
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima>
- /3/ EPV tuulivoiman verkkosivut. Viitattu 1.3.2015.
<http://www.epvtuulivoima.fi/>
- /4/ Kyyrönen, K. 2005. Talonrakennus. 2, Rakennushanke ja sen toteutus, kosteuden- ja vedenpaineeneristykset, lämmöneristystyöt, ääneneristystyöt, mittastyöt. uud.painos. Helsinki., Otava
- /5/ Kankainen, J., Junnonen, J-M.2001. Rakennuttaminen., Helsinki., Rakennustieto
- /6/ Betoninormit., 2012., Suomen betoniyhdistys., Helsinki., BY-Koulutus, 2011 (Lahti : Esa Print) Sarja:BY.
- /7/ RT 16-10768 Urakkamuodot ja –asiakirjat. YSE 1998 asiakirjaohje. 2002
- /8/ Perustuksen Betonointisuunnitelma, Torkkola Vähäkyrö, D13, Martti Sillanpää 25.8.2014.
- /9/ EPV Vähäkyrö, Torkkolan tuulivoimapuisto, Urakkasisällöt, Jaettu urakkalistamishdoin 14.4.2014.
- /10/ Rudus Oy, Ennuste Torkkola c 20mm lämpömattopeitto 18.5.2014.
- /11/ Kallio, J., Rakennesuunnittelija, Ramboll Oy, Haastattelu 15.10.2014
- /12/ Mäki-Saari, H., Yksikön päällikkö, Pohjanmaa, Tuotanto, Myynti, Tekninen neuvonta, Rudus Oy, Haastattelu 16.10.2014
- /13/ Sillanpää, M., Työpäällikkö, WasaCon Oy