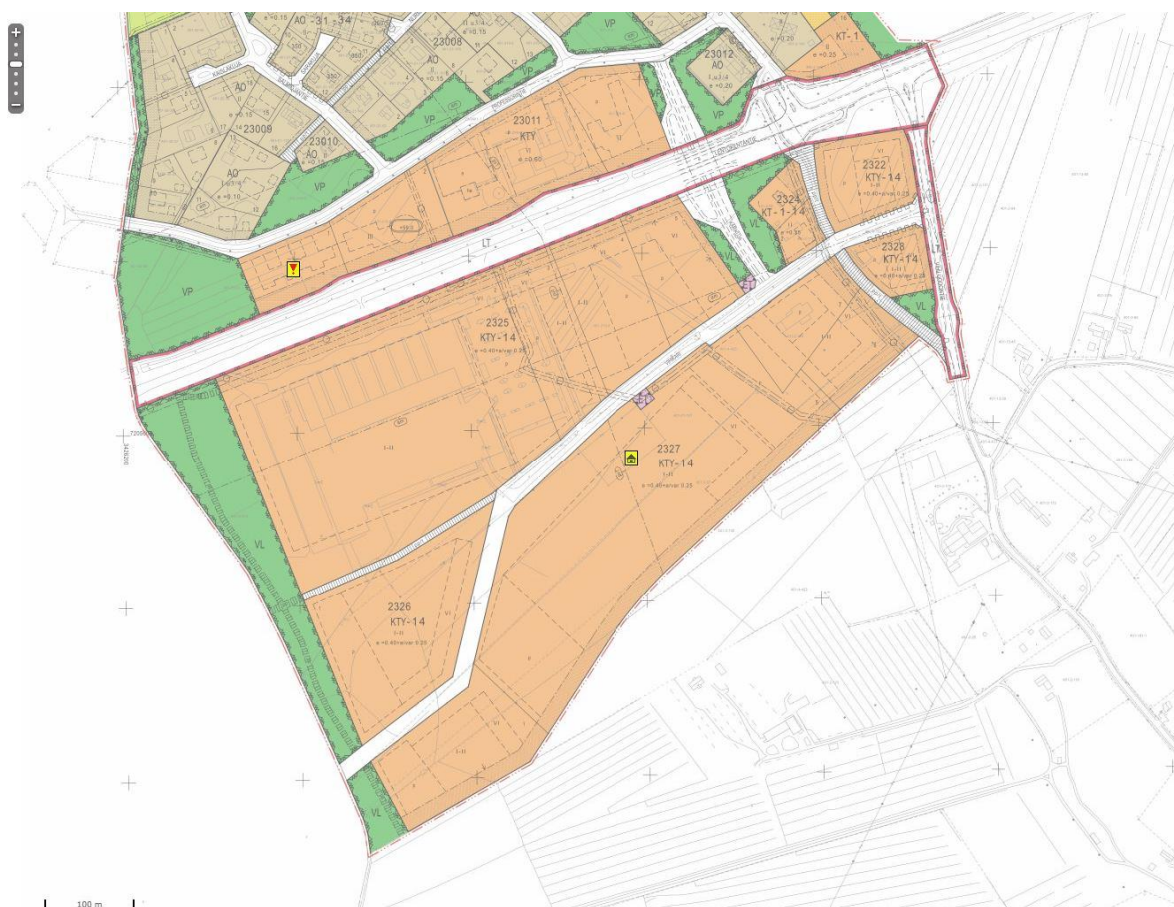


## KEMPELEEN KUNTA

## VIHILUODON YRITYSALUE



<b>Sisältö</b>	<b>sivu</b>
<b>1 TOIMEKSIANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TEHDYT TUTKIMUKSET</b>	<b>1</b>
2.1 Maasto- ja maalaboratoriotutkimukset	1
<b>3 PILAANTUNEISUUSSELVITYS</b>	<b>2</b>
3.1 Historia	2
3.2 Tutkimukset	2
3.3 Laboratoriotyöt	2
3.4 Analyysitulokset	2
3.5 Johtopäätökset	5
<b>4 POHJASUHTEET ALUEELLA</b>	<b>6</b>
4.1 Pinnanmuodostus	6
4.2 Pohjasuhteet	6
<b>5 RAKENNETTAVUUS</b>	<b>7</b>
5.1 Alueen rakennettavuus ja rakennettavuuteen vaikuttavat tekijät	7
5.2 Rakennettavuus	7
5.2.1 Alueen keskiosasosa	7
5.2.2 Alueen länsi- ja itäosa	8
<b>6 POHJARAKENTAMISEN YLEISOHJEET</b>	<b>8</b>
6.1 Routasuojaus	8
6.2 Paalutustyöt	9
6.3 Massanvaihto	9
6.4 Rakennuspaikan esikuormitus	9
6.5 Salaojitus	10
6.6 Piha- ja liikennealueet	10
6.7 Putkijohdot	10
6.8 Kuivatus	10
<b>7 JATKOTOIMET</b>	<b>11</b>

#### **Liitteet**

Laboratorion analyysitodistukset	Liite 1
Pilaantuneisuustutkimuksen pistetiedot ja putkikortti	Liite 2
Pilaantuneisuustutkimuspistekartta	Liite 3

#### **Piirustukset**

Pohjatutkimuskartta	1:5 000	101007016-001/GEO-1
Pohjatutkimusleikkaus A – A	1:1 000/1:100	101007016-001/GEO-2
Pohjatutkimusleikkaus B – B	1:1 000/1:100	101007016-001/GEO-3
Geobotnia Oy:n tutkimusleikkaukset D-D ja E-E	1:2 000/1:100	6796/2 (25.5.1990)

## 1 TOIMEKSIANTO

Kempeleen kunnan toimeksiannosta Pöyry Finland Oy on tehnyt Kempeleessä Vihiluodon yritysalueella asemakaavan muutoshankkeeseen liittyvän rakennettavuusselvityksen. Selvitettävän alueen laajuus on noin 13 ha.

Vihiluodon asemakaavan muutoksen ja laajennuksen alue sijaitsee pääosin jo kaavoitetulla alueella. Asemakaavoitetulle alueelle on tehty rakennettavuusselvitys (25.5.1990, Geobotnia Oy). Kaava-alue laajentuu etelään ja itään asemakaavassa osoitettavan Lentokentätien ohikulkutien aluevarauksen johdosta.

Vihiluodon alueella on viime vuosisadan puolella toiminut saha, minkä johdosta on selvitetty suunnittelualueella mahdollisesti olevat pilaantuneet maa-alueet.

Rakennettavuusselvityksen tavoitteena on ollut selvittää alueen pohjaolosuhteet ja alueen soveltuvuus rakentamiseen, sekä antaa yleispiirteiset perustamistapaesitykset erityyppisille rakenteille ja rakennuksille. Lisäksi pilaantuneisuustutkimuksella selvitettiin maaperän mahdollinen pilaantuneisuus entisen sahan alueella.

## 2 TEHDYT TUTKIMUKSET

### 2.1 Maasto- ja maalaboratoriotutkimukset

Maastotutkimuksina rakennettavuus-alueelle on tehty painokairauksia, häiriintyneiden maanäytteiden ottoa ja pohjavesihavaintoja. Maanäytteille on määritetty vesipitoisuuksia ja tehty rakeisuusmäärittämiä maalajien, maalajiominaisuuksia ja maakerrosjaon selvittämiseksi.

Tutkimuksia on tehty seuraavasti:

- painokairaukset	8 tutkimuspistettä,
- häiriintyneiden maanäytteiden otto	4 tutkimuspistettä,
- pilaantuneisuustutkimuksia	4 tutkimuspistettä,
- pohjavesipinnan havaintoputket	3 + 1 kpl,
- häiriintyneet maanäytteet	19 kpl,
- rakeisuusmäärittäminen	3 kpl.

Tutkimuspisteet on sidottu koordinaattijärjestelmään ETRS-GK26 ja korkeusjärjestelmään N2000.

Tutkimuskartalla on lisäksi esitetty Geobotnia Oy:n vuonna 1990 ja PSV-Maa ja Vesi Oy:n vuonna 1999 alueella ja alueen pohjoispuolella tekemiä pohjatutkimuksia.

Pohjatutkimusten yhteydessä on tehty vanhan saha-alueen ympäristössä pilaantuneisuustutkimus, ks. kohta 3.

Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty pohjatutkimuskartalla 101007016-001/GEO-1 ja pohjatutkimusleikkaukset piirustuksissa 101007016-001/GEO-2 ja GEO-3. Vuonna 1990 Geobotnia Oy:n tekemiä tutkimuksia on esitetty piirustuksessa 6796/2.

### **3 PILAANTUNEISUUSSELVITYS**

#### **3.1 Historia**

Tutkimuskohteessa on toiminut pieni saha. Tarkempaa tietoa toiminnasta ei ollut saatavilla, mutta todennäköisesti alueella ei ole käsitelty kloorifenoleja tai kyllästysaineita.

Alueella on tehty pilaantuneisuustutkimus vuonna 2008, mutta se koski pääosin kohdealueen pohjoispuolista, jo nyt rakennettua aluetta (Pöyry Environment Oy 2008). Ko. tutkimuksissa ei havaittu maaperässä eikä pohjavedessä pilaantuneisuutta. Tutkimuspisteet ja tutkimustulokset on esitetty karttaliitteestä 3. Kohdealueella ei ole merkintää ympäristönhallinnon maaperän tilan tietojärjestelmässä (MATTI). Tietojärjestelmässä on tietoja alueista, joiden maaperään on voinut päästä haitallisia aineita tai joiden tilaa on selvitetty tai jotka on jo puhdistettu.

#### **3.2 Tutkimukset**

Kohteessa suoritettiin maaperänäytteenotto 4 tutkimuspisteessä monitoimikairalla ns. auger-tekniikalla, jolloin maaperästä saadaan jatkuva näytesarja. Pisteitä sijoitettiin eri puolille kohdetta historia- ja toimintatietojen perusteella. Maanäytteet otettiin ohjeellisesti seuraavilta tasoilta: 0,0- 0,5 m, 0,5- 1,0 m, 1,0- 1,5 m, 1,5- 2,0 m jne. pohjavesipinnan alapuolelle saakka. Yhteen pisteeseen asennettiin myös pohjavesiputki vesipinnan korkeuden mittausta ja näytteenottoa varten. Tutkimuspistetiedot ja putkikortti on esitetty liitteestä 2.

Kairausten yhteydessä ei maaperässä havaittu poikkeavaa hajua eikä silmämääräisesti pilaantuneisuutta.

#### **3.3 Laboratoriotyöt**

Pisteistä 9, 10, 11 ja 12 otetuista maanäytteistä mitattiin kannettavalla Innov-X - röntgenfluoresenssianalysaattorilla alkuaineiden suuntaa-antavat pitoisuudet 0,0-0,5 m, 0,5-1,0 m, 1,0-1,5 m ja 1,5-2,0 m syvyyksiltä (taulukko 2). Koska alueella ei havaittu täyttöjä, syvemmillä ei mittauksia ollut tarve suorittaa. Mittaustulosten, pisteiden sijainnin ja kairaushavaintojen perusteella valittiin näytteet laboratorioanalyysiin.

Laboratoriossa määritettiin kolmesta maanäytteestä öljyhiilivetyjen, yhdestä PAH-yhdisteiden ja kahdesta metallien (ns. pima-metallit, VNa 214/2007) pitoisuudet. Kahdesta pisteestä määritettiin kloorifenolien ja yhdestä kokoomanäytteestä dioksiininen ja furaanien pitoisuudet. Kokoomanäyte koostui pisteiden NP10, NP11 ja NP12 pintakerosnäytteistä (0-0,5 m). Lisäksi pisteestä PVP12 otetusta vesinäytteestä analysoitiin öljyhiilivetyjen ja kloorifenolien pitoisuudet. Analysoinnit suoritettiin SGS Oy:n laboratoriossa. Laboratorio on akkreditoitu laboratorio. Analyysitulokset ovat liitteenä 1.

#### **3.4 Analyysitulokset**

Maanäytteiden todettuja pitoisuuksia on verrattu Valtioneuvoston ns. PIMA-asetuksen (214/2007) arvoihin. Kynnysarvo edustaa haitatonta pitoisuustasoa tai taustapitoisuutta. Ylemmän ohjearvon ylittävä pitoisuus edustaa yleensä pilaantunutta maata, kun kyseessä on teollisuus-, varasto- tai liikennealue. Muilla kuin em. alueilla (esim. toimisto-,

asuin-, puisto- ja virkistysalueet) maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, jos alempi ohjearvo ylittyy. Tutkimuskohde sijaitsee pohjavesialueella. Alueella sovelletaan alemmaa ohjearvotasoa. Kunnostustavoite on mahdollista määrittää joko ohjearvojen perusteella tai soveltamalla kohdekohtaista riskinarviointia sekä riskinlaskentaa.

### Öljyhiilivedyt

**Maanäytteiden** haihtuvien hiilivetyjen (C5-C10) kokonaispitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle analyysitarkkuusrajan (<5 mg/kg), samoin keskitisleiden pitoisuudet (<20 mg/kg). Raskaita hiilivetyjä havaittiin hyvin pieniä pitoisuuksia (23-33 mg/kg). Kaikki havaitut pitoisuudet alittavat valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuudesta puhdistustarpeen arvioinnista annetun asetuksen (214/2007) mukaiset kynnsarvot sekä alemmat ohjearvot (taulukko 1).

**Taulukko 1. Maa- ja vesinäytteiden analyysitulokset. Täydelliset tulokset ovat liitteenä 5.**

Tunnus	Syvyys	Haihtuvat hiilivedyt (C5-C10)	Keskitisleet (C11-21)	Raskaat öljyhiilivedyt (C22-C40)	PAH	Kloorifenolit	Dioksiinit ja furaanit
	m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	WHO-TEQ ng/kg
Kynnsarvo				300 <sup>1)</sup>	15	-	
Alempi ohjearvo		100	300	600	30	-	
Ylempi ohjearvo		500	1000	2000	100	-	
<u>Maanäytteet:</u>							
Kok1 <sup>2)</sup>	0,0-0,5	<5	<20	27	<3,0	<0,05	0,058-2,6
NP9	0,0-0,5	<5	<20	23	-	<0,05	-
NP12/PVP12	0,5-1,0	<5	<20	33	-	-	-
<u>Vesinäytteet:</u>		µg/l	µg/l	µg/l	-	µg/l	-
PVP12		<200	<20	<30	-	<0,05	-

1) Kynnsarvo öljyjakeille >C10-C40. 2) Kok1= NP10+NP11+NP12 (0-0,5m).

Pisteestä PVP12 otetussa **vesinäytteessä** ei havaittu öljyhiilivetyjä eikä liuottimia. Pitoisuudet olivat kaikilta osin analyysitarkkuusrajat alittavia.

### PAH-yhdisteet

Polyaromaattisten hiilivetyjen eli PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus oli näytteessä Kok1 alle analyysitarkkuusrajan (<3,0 mg/kg). Esimerkiksi PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuden kynnsarvo on 15 mg/kg ja alempi ohjearvo 30 mg/kg.

PAH-yhdisteitä havaitaan yleisesti esimerkiksi jäteöljyissä ja tuhkissa. PAH-yhdisteitä muodostuu aina epätäydellisessä palamisessa, joten niitä esiintyy ympäristössä myös luonnostaan (esim. metsäpalot). PAH-yhdisteet ovat heikosti kulkeutuvia ja hitaasti hajoavia.

### Metallit

Maanäytteistä mitattiin kannettavalla Innov-X-röntgenfluoresenssi-analysaattorilla alkuaineiden suuntaa-antavat pitoisuudet. Mittauksissa ei havaittu kohonneita pitoisuuksia. Arseenin osalta kynnsarvotaso ylittyi kahdessa pisteessä ja elohopean pitoisuus ylitti ylempään ohjearvotason kahdessa näytteessä. Innov-X –mittausten tulokset on esitetty taulukossa 2. Pitoisuustaso varmistettiin vielä laboratoriossa.

**Taulukko 2. Maanäytteiden metallien kenttämittaustulokset (Innov-X).**

Tunnus		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Kynnysarvo		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Tunnus	Syvyys, m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
NP9	0,0-0,5	5,2	ND	ND	29	ND	ND	ND	5	ND	45	20
	0,5-1,0	ND	ND	ND	34	ND	ND	ND	7,1	ND	29,5	8,4
	1,0-1,5	ND	ND	ND	30	ND	ND	ND	6,9	ND	33,2	11,5
	1,5-2,0	ND	ND	ND	24	ND	ND	ND	7,4	ND	21,2	8
NP10	0,0-0,5	ND	ND	ND	35	ND	ND	ND	5,8	ND	39	18,4
	0,5-1,0	ND	ND	ND	28	ND	ND	ND	8,6	ND	37	13,4
	1,0-1,5	ND	ND	ND	23	ND	ND	14	5,9	ND	37	14,5
	1,5-2,0	ND	ND	ND	14	10	ND	11	9,3	ND	32	12,7
NP11	0,0-0,5	ND	ND	ND	15	ND	ND	15	7,8	ND	31	10,9
	0,5-1,0	ND	ND	ND	15	ND	ND	ND	6,7	ND	32,6	11,2
	1,0-1,5	4,1	ND	ND	50	13	ND	27	5,9	ND	37	17,9
	1,5-2,0	ND	ND	ND	35	ND	ND	ND	8,3	ND	28,1	12,1
NP12	0,0-0,5	ND	ND	ND	48	ND	ND	15	9,7	ND	47	28
	0,5-1,0	ND	ND	ND	45	15	5,5	29	7,4	ND	53	35
	1,0-1,5	8,3	ND	ND	66	25	ND	39	7,8	ND	67	50
	1,5-2,0	ND	ND	ND	61	20	5,4	40	9,8	ND	72	44

**Taulukko 3. Maanäytteiden metallien laboratorioanalyysitulokset.**

Tunnus	Syvyys	Metallit										
		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Luontainen pit.		1	0,03	8	31	22	0,005	17	5	0,02	38	31
Kynnysarvo		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
NP9	0,0-0,5	2,0	<0,3	5,1	23,0	7,2	<0,2	6,2	2,1	144	29,7	12,1
NP12//PVP12	0,5-1,0	1,2	<0,3	9,2	31,1	12,0	<0,2	12,9	3,4	<1	38,6	27,3

Laboratorioanalyseissä pitoisuudet alittivat kynnysarvotasot ja asuinalueilla sovellettavat alemmat ohjearvotasot lukuun ottamatta antimonia (Sb), jonka pitoisuus ylitti ylempään ohjearvotason (taulukko 3).

**Antimoni** on puolimetalli ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan arseenin kaltainen. Suomen kallio- ja maaperässä antimonia esiintyy hyvin vähän ja sen alueellinen jakautuminen seuraa arseenin esiintymistä. Antimonisulfidit hajoavat hyvin happamissa ja hapettavissa oloissa sulfidimineraalien rapautuessa. Maaperän humus, alumiini- ja rautahydroksioksidit sekä fosfaatit sitovat herkästi antimonia ja säätelevät siten sen kulkeutuvuutta. Antimoni voi olla maaperässä hyvin kulkeutuvaa ja päätyä pohjaveteen. Antimonin yhdisteistä terveys- että ympäristövaaran perusteella on luokiteltu mm. antimonitri- ja pentakloridi (C; R34; N; R51-53) sekä syöpävaaralliseksi arvioitu antimonitrioksidi (Carc. Cat. 3; R40). Tietty antimoniyhdisteet luokitellaan erittäin myrkyllisiksi vesieliöille. Antimonia käytetään mm. erilaisissa metalliseoksissa, kuten lyijyluodeissa. Siten antimonia löydetään usein maaperässä ampumaradoilla (Reinikainen 2007).

### Kloorifenolit

**Maanäytteissä** kloorifenolien pitoisuudet olivat kaikilta osin alle analyysitarkkuusrajojen. Kloorifenolien kokonaispitoisuudelle ei ole viitearvoa. Yksittäisten komponenttien



pitoisuudet (di-, tri- ja tertakloorifenolit, pentakloorifenoli) alittavat kaikilta osin valtioneuvoston asetuksen mukaiset kynnsarvotasot (0,5 mg/kg).

Pisteestä PVP12 otetussa **vesinäytteessä** ei havaittu kloorifenoleja. Esimerkiksi talousvesinormi kloorifenolien yhteispitoisuudelle on 10 µg/l.

Kloorifenoleja sisältävää on puunsuojausainetta (Ky5) käytetty aikoinaan sahoilla puutavaran sinistymisen suojaukseen. Ky5-valmiste sisälsi epäpuhtautena dioksiineja ja furaaneja.

### **Dioksiinit ja furaanit**

Dioksiinien ja furaanien kokonaispitoisuus oli kokoomanäytteessä Kok1 0,058-2,6 ng WHO-TEQ/kg. Pitoisuus on hyvin pieni, taustapitoisuuden tasoa (liite 1). Esimerkiksi valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukainen kynnsarvo on 10 ng WHO-TEQ/kg.

Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja –furaanit (PCDD/F) ovat orgaanisia klooriyhdisteitä, joita kutsutaan tavallisesti yleisnimellä dioksiinit. Ne kuuluvat ns. POP-yhdisteisiin. Dioksiineja ei ole valmistettu teollisiin tarkoituksiin, vaan niitä syntyy orgaanisten aineiden ja kloorin reagoitessa poltto- ja teollisuusprosesseissa. Lisäksi niitä esiintyy epäpuhtauksina muissa kemikaaleissa. Dioksiineilla on 75 ja furaaneilla 135 eri isomeeriä. Eri dioksiini-isomeerien ominaisuuksissa ja myrkyllisyydessä on suuria eroja. Dioksiinien kokonaismyrkyllisyys ja pitoisuudet ilmoitetaan tavallisesti ns. toksisuusekvivalenttina ryhmän myrkyllisimpään yhdisteeseen 2,3,7,8-tetraklooridibentsodioksiiniin (TCDD) suhteutettuna, käyttämällä esim. WHO:n esittämiä kertoimia (WHO-TEQ).

## **3.5 Johtopäätökset**

Nyt suoritettujen tutkimusten perusteella tutkimuspisteiden alueilla öljyhiilivetyjen, PAH-yhdisteiden, kloorifenoleiden sekä dioksiinien ja furaanien pitoisuudet olivat pääosin alle analyysitarkkuusrajojen tai hyvin pieniä. Em. yhdisteiden pitoisuudet alittivat valtioneuvoston asetuksen (214/2007) mukaiset kynnsarvot ja asuinalueilla sovellettavat alemmat ohjearvot.

Metallien osalta kynnsarvotasot alittuivat lukuun ottamatta **antimonia**, jonka pitoisuus pisteessä NP9 ylitti ylemmän ohjearvotason. Ylemmän ohjearvon ylittävä pitoisuus edustaa yleensä pilaantunutta maata, kun kyseessä on teollisuus-, varasto-, tai liikennealue. Muilla kuin em. alueilla (esim. toimisto-, asuin-, puisto- ja virkistysalueet) maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, jos alempi ohjearvo ylittyy. Tutkimuskohde sijaitsee pohjavesialueella, jossa sovelletaan yleensä alemmaa ohjearvotasoa.

Tutkimustulosten perusteella pisteen NP9 alueella olisi tarve suorittaa maaperän kunnostustoimenpiteitä. Kohteen alueella kannattaa ennen mahdollisia jatkotoimenpiteitä varmentaa pilaantuneisuuden taso ja laajuus lisätutkimuspisteillä. Mahdolliset kunnostustoimenpiteet kannattaa suorittaa siinä vaiheessa kun alueella tehdään rakentamistoimenpiteitä.

## 4 POHJASUHTEET ALUEELLA

### 4.1 Pinnanmuodostus

Selvitettävä Vihiluodon yritysalue on rakentamaton pelto- ja metsäaluetta. Alue rajautuu pohjoisesta PKC Croup Oyj:n toimitiloihin ja Lentokentäntiehen, idästä Vihiluodontiehen, etelästä rakentamattomaan pelto- ja metsäalueeseen ja lännestä Oulunsalontiehen ja Salmiojaan.

Maanpinta on alueella yleisesti tasovälillä +2...+3, ja paikallisesti alueen eteläreunalla ja keskiosalla maanpinta on tasolla +4...+5.

Alueen kuivatus tapahtuu yleisesti kuivatusojien kautta länsireunalla kulkevaan Salmiojaan, sekä imeytymällä pohjamaahan.

### 4.2 Pohjasuhteet

Vihiluodon alue sijoittuu vanhalle jokisuistoalueelle, ns. Muhoksen savikivimuodostuman reuna-alueelle. ”Muhosmuodostumalle” ovat tyypillisiä paksut hienojakoiset sedimentoituneet silttikerrokset, jotka peittävät materiaaliltaan ja topografialtaan vaihtelevaa tiivistä ja moreenimaista pohjakerrostumaa ja sen alla olevaa savikivimuodostumaa.

Silttikerrostumat muuttuvat voimakkaasti hyvinkin lyhyellä matkalla. Lisäksi jokisuistoalueella jäätiköt ja tulvavedet ovat tuoneet alueella esiintyviin silttikerroksiin rakeisuudeltaan karkeampia ja tiiviydeltään tiiviimpiä hiekkaisia välikerroksia.

Selvitettävällä alueella maakerrosjako on maanpinnasta alkaen yleisesti seuraava:

- pintamaakerrokset, humus
- löyhä ja keskitiivis, routiva hiekka ja silttinen hiekka 0...5 m,
- löyhä, routiva laiha savi, savinen siltti ja siltti 0...10 m,
- alueen itäosassa löyhä, routiva siltti, hiekkainen siltti ja silttinen hiekka 9...17 m,
- keskitiivis ja tiivis silttinen hiekkamoreeni ja hiekkamoreeni.

Pintahumusten alla esiintyvä yläosan hiekka on yleisesti hienojakoista routivaa hiekkää. Paikallisesti alueen keskiosan eteläreunalla on tiiviimpiä ja karkeampia hiekkakerrostumia. Tutkittavan alueen eteläosassa ei esiinny yläosan hiekkakerrostumaa ollenkaan.

Tehtyjen tutkimusten perusteella alueella voidaan erottaa kaksi erityyppistä löyhää silttikerrostumaa. Lähempänä maanpintaa oleva kerros on yleensä humuksista, hienojakoisempaa ja sulfidipitoista, sekä voimakkaasti kokoonpuristuvaa laihaa savea ja savista silttiä. Tämän ns. yläosan silttikerrostuman alla, usein karkeampirakeisen ja tiiviimmän välikerroksen erottamana on toinen silttikerros, joka on yleensä väriltään harmaata tai punertavaa ja kerrallista. Alemman silttikerrostuman kokoonpuristuvuus on selvästi pienempi kuin humuksisella ja sulfidipitoisella yläosan siltillä. Alueen itäosassa ns. alemmassa löyhässä kerrostumassa on myös hiekkaisia kerrostumia.

Siltin alapuolella on yleisesti tiiviydeltään keskitiiviitä ja tiiviitä hiekkaisia moreenikerrostumia, rakeisuudeltaan siltistä hiekkamoreenia ja hiekkamoreenia.



Alueella tehtyjen tutkimusten perusteella arvioitu löyhän silttikerrosten alapinnan syvyys maanpinnasta on esitetty syvyyskäyrityksenä pohjatutkimuskartalla 101007016-001/GEO-1.

Tutkimusten yhteydessä ei määritetty mahdollista kallion pintaa.

Tutkittavalla alueella pohjavesipinta oli (14.9.2017) yleisesti alueen länsiosassa lähes maanpinnassa, ja muualla noin 1,5 m syvyydessä maanpinnasta, tasolla +1,6. Eteläreunalla, tutkimuspisteen 4 kohdalla pohjavedenpinta oli tasolla +3.

## **5 RAKENNETTAVUUS**

### **5.1 Alueen rakennettavuus ja rakennettavuuteen vaikuttavat tekijät**

Tehtyjen pohjatutkimusten perusteella tutkittava Vihiluodon yritysalue voidaan jakaa rakennettavuudeltaan kahteen erityyppiseen alueeseen.

Tutkimusten perusteella alueen keskiosassa ei ole merkittäviä rajoituksia rakennettavuuden suhteen. Yläosan hiekka on yleisesti rakeisuudeltaan routivaa hiekkaa, joka on tiiveydeltään löyhässä tilassa. Hiekan alla pohjamaa, silttinen hiekkamoreeni ja hiekkamoreeni, on yleisesti tiivistä, kantavaa ja routivaa.

Tutkimusten perusteella alueen länsi- ja itäosan rakennettavuuteen vaikuttavat merkittävimmän 3...22 m syvyyteen maanpinnasta ulottuvien löyhien silttikerrosten painumat, jotka syntyvät alueen rakentamisen yhteydessä ja sen jälkeen.

Pohjavesiolosuhteiden puolesta maanalaisten tilojen rakentaminen edellyttää pysyvää pohjaveden alentamista.

### **5.2 Rakennettavuus**

#### **5.2.1 Alueen keskiosasosa**

Alueen keskiosalla löyhää silttiä ei esiinny, tai löyhän silttikerrostuman alapinta on korkeintaan 3 m syvyydessä maanpinnasta. Alueen keskiosa on pääosin rakentamiseen hyvin soveltuvaa aluetta. Rakennukset ja rakenteet voidaan perustaa maanvaraisesti anturaperustuksilla tiiviin hiekan, moreenin tai massanvaihdon varaan. Massanvaihto tehdään löyhän silttikerroksen alapintaan asti. Maanvarainen perustaminen löyhän hiekan varaan edellyttää rakennuksen ja rakenteen painumatarkastelua.

Tehtyjen tutkimusten perusteella on pohjatutkimuskartalla esitetty ilman harmaata rasteria keskiosan alue, jossa löyhän silttikerrosten alapinnan syvyys maanpinnasta on alle 3 m, ks. pohjatutkimuskartta 101007016-001/GEO-1.

Pintamaakerrokset ja vanhat täytöt on poistettava rakennuskäyttöön osoitettavilta alueilta. Leikkauspohjilla esiintyviä maakerroksia voidaan yleisesti pitää routivina, joten perustukset on routaeristettävä matalaperustamista käytettäessä.

Rakennusten salaojitustarve riippuu perustamistasosta. Kaikkien maanalaisten tilojen kuivanapysyminen varmistetaan salaojituksella.

Kenttä- ja katurakenteiden, sekä kunnallistekniikan rakentaminen on yleensä mahdollista ilman erityisiä pohjanvahvistustoimenpiteitä.

### 5.2.2 Alueen länsi- ja itäosa

Alueen länsi- ja itäosa soveltuu yleisesti rakentamiseen kohtalaisesti. Silttikerrostumista johtuen rakennusten ja rakenteiden perustaminen edellyttää alueilla pääsääntöisesti esirakennustoimenpiteitä tai pohjavahvistusta. Tutkimusten perusteella arvioitu siltin esiintymisalue (harmaa rasteri, siltin alapinta yli 3 m syvyydessä maanpinnasta) ja silttikerrostuman alapinnan syvyys maanpinnasta on esitetty pohjatutkimuskartalla 101007016-001/GEO-1.

Pintamaakerrokset ja vanhat täytöt on poistettava rakennuskäyttöön osoitettavilta alueilta. Leikkauspohjilla esiintyviä maakerroksia voidaan yleisesti pitää routivina, joten perustukset on routaeristettävä matalaperustamista käytettäessä.

Lähtökohtaisesti kaikki rakennukset salaojitetaan. Rakennusten lopullinen salaojitustarve riippuu perustamistasosta. Kaikkien maanalaisten tilojen kuivanapysyminen varmistetaan salaojituksella.

Painumille arat rakennukset, rakennukset joissa on suuret jännemitat ja suuret perustuskuormat, tiiliverhoilut rakennukset, sekä useampikerroksiset rakennukset perustetaan pääsääntöisesti paaluilla. Tällöin myös rakennusten alapohja perustetaan lähtökohtaisesti paaluilla. Ko. rakennusten alapohjan tai rungon perustaminen maanvaraisesti esikuormitusta apuna käyttäen edellyttää tarkempia silttikerrostuman painumaominaisuuksien tutkimuksia ja painuma-analyysyjä, niin painuman suuruuden, kuin painuma-ajan suhteen.

Kevyiden ja matalien puu- ja teräsrunkoisten, sekä puu- ja peltiverhoiltujen rakennusten maanvarainen perustaminen voidaan tehdä luotettavan geoteknisen selvityksen perusteella mm. seuraavin edellytyksin:

- tehdään rakennuspaikalle osittainen massanvaihto tai esikuormitus
- rakenteet tehdään kevyinä ja vältetään painumille arkojen runkorakenteiden, sekä pinta- ja verhoilumateriaalien käyttöä
- tehdään rakennuksen alustäytöt ja vierustäytöt mahdollisimman aikaisessa vaiheessa valmiiksi
- rakennukselle tai rakenteelle voidaan sallia esirakennustoimenpiteidenkin jälkeen 50...100 mm kokonaispainuma

Kenttä- ja katurakenteiden, sekä kunnallistekniikan rakentaminen on yleensä mahdollista ilman erityisiä pohjanvahvistustoimenpiteitä.

## 6 POHJARAKENTAMISEN YLEISOHJEET

### 6.1 Routasuojaus

Routasuojaus ja routasuojauksen mitoitus, katso Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet RIL 261-2013. Mitoittavana pakkasmääränä käytetään kerran 50 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää, joka on alueella  $F_{50}=55\ 000\ \text{Kh}$ .

Alueella pohjamaa on yleisesti routasyvytydessä routivaa. Mikäli rakennusten ja rakenteiden perustukset jäävät roudattoman perustussyvyyden yläpuolelle, tulee perustuksen routaeristää, tai perustusten alle tulee tehdä routimaton massanvaihto roudattomaan syvyyteen kohdan 6.3 mukaisesti.

Piha- ja liikennealueet tulee mitoittaa routanousulle. Sallittu routanousu ja laatuluokat mitoitetaan ”RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet Suunnittelu- ja rakentamishojeet” mukaan. Kenttä- ja katurakenteet mitoitetaan routanousulle InfraRYL 2010 ja Liikenneviraston ohjeiden mukaan.

## **6.2 Paalutustyöt**

Paaluina on suositeltavaa käyttää teräsbetonisia lyöntipaaluja. Teräsbetoniset lyöntipaalat lyödään tukipaaluiksi tiiviiseen pohjamaakerrokseen. Paalutuksen mitoituksessa tulee huomioida laaja-alaisista täytöistä ja mahdollisesta pohjaveden alenemisesta syntyvä maapohjan painuma, ja siitä johtuva paalujen kapasiteettia (puristuskestävyyttä) vähentävä ns. negatiivinen vaippahankaus.

Paalutustyössä noudatetaan paalutusohjetta 2011 (PO-2011) RIL 254-2011 ja paalumateriaalin valmistajan ohjeita. Paalutustyöluokka on PO-2011 mukainen PTL2. Paalujen lopullinen kantavuus ja tavoitetaso on varmistettava puristinheijarikairauksilla hankekohtaisesti.

## **6.3 Massanvaihto**

Massanvaihto ulotetaan kaivutasossa rakennuksen tai rakenteen perustuksen ulkopuolelle vähintään anturan reunasta kaltevuudella 1:1 mitattavan alueen reunaan. Katualueilla massanvaihtoalueen rajaukset tehdään InfraRYL 2010 ja Liikenneviraston ohjeiden mukaan. Kaivannon reunat luiskataan kaltevuudella 1:1,5...1:2, ja kaivantojen pohjaveden alentaminen tulee suunnitella erikseen. Massanvaihtotyöt tehdään routimattomasta hiekasta, murskeesta tai louheesta kerroksittain tiivistäen.

Yli 3...4 m syvän massanvaihdon tekeminen pohjavesipinnan alapuolelle ei yleisesti ole teknisesti ja taloudellisesti perusteltua.

## **6.4 Rakennuspaikan esikuormitus**

Rakennuspaikan esikuormitus tehdään kitkamaalla, esim. hiekkapenkereellä, jonka taso nostetaan 1...2 m suunnitellun rakennuksen lattiataso yläpuolelle. Penkereen yläreunan tulee ylittää sivusuunnassa 2...3 m rakennuksen seinälinjojen ulkopuolelle. Esikuormitusajan jälkeen penkereen ylijäämämassoja voidaan käyttää esim. piha-alueen täytöihin. Katualueilla esikuormitus tehdään InfraRYL 2010 ja Tiehallinnon ohjeiden mukaan.

Vaadittu esikuormitusaika riippuu ko. kohdassa olevan painuvan silttikerroksen paksuudesta. Rakennusalueen esikuormittamisesta ja esikuormitusajasta päättää ao. hankkeen pohjarakennussuunnittelija hankekohtaisten täydentävien pohjatutkimusten yhteydessä.

## 6.5 Salaojitus

Salaojitus, katso Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus RIL 126-2009.

Rakennukset ja rakenteet suositetaan salaojitettavan, mikäli pohjavedenpinnan etäisyys lattiatasosta on alle 2 m. Kaikki maanalaiset tilat salaojitetaan. Pohja- ja orsivesien kappilaarinen nousu rakenteisiin on estettävä riittävän karkeilla täytöillä.

Salaojitustason tulee sijaita vähintään 0,4 m alapohjan lämmöneristeiden alapuolelle ja matalaan perustettaessa vähintään 0,2 m perustustason alapuolella. Salaojien ympärille asennetaan salaojitusmateriaalia vähintään 0,2 m.

## 6.6 Piha- ja liikennealueet

Alueilla, missä yläosan hiekkakerrostuma ulottuu maanpinnasta vähintään siirtymäkiilasyvyyteen 1,9 m, piha- ja liikennealueet voidaan mitoittaa routivalle hienojakoiselle hiekalle. Ohjeen ”Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet RIL 261-2013” mukaan routivan hienon hiekan kelpoisuusluokka on H3...H4, jolloin routaturpoama  $t=12\%$  (märkä) ja E-moduuli 20...35 MN/m<sup>2</sup>.

Alueilla, missä yläosan hiekkaa on alle 1,9 m maanpinnasta, piha- ja liikennealueet voidaan mitoittaa routivalle siltille. Ohjeen ”Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet RIL 261-2013” mukaan voimakkaasti routivan siltin kelpoisuusluokka on U1, jolloin routaturpoama  $t=16\%$  (märkä) ja E-moduuli 20 MN/m<sup>2</sup>.

Alueellisista täytöistä muodostuvat painumat on otettava huomioon piha-alueiden sekä viemäreiden yms. kaltevuuksia ja korkeustasoja suunniteltaessa.

Kadut, kenttäalueet ja piha-alueet voidaan perustaa maanvaraisena täyttökerrosten varaan ilman pohjanvahvistustoimia. Pinnan kaltevuuksia suunniteltaessa on otettava huomioon laadultaan vaihtelevien maakerrosten erilainen routiminen.

Katualueilla, kenttäalueilla, sekä piha- ja liikennealueilla on suositeltavaa tehdä kaivutason muuttuessa 1:5 siirtymäkiilaus routimattomasta hiekasta tasaamaan painumia ja routanousuja.

## 6.7 Putkijohdot

Putkijohdot perustetaan roudattomaan syvyyteen, tai ne eristetään.

Putkijohtojen vierelle on suositeltavaa tehdä 1:5 siirtymäkiilaus routimattomasta hiekasta siirtymäkiilasyvyydestä 1,9 m alkaen tasaamaan painumia ja routanousuja.

## 6.8 Kuivatus

Yleisperiaatteena on, että lämpimien rakennusten 1. kerroksen lattiataason tulee sijaita vähintään 0,4 m lopullisen ympäröivän maanpinnan ja vähintään 0,7 m viereisen kadun pinnan yläpuolella, sekä vähintään 1 m pohjavesipinnan yläpuolella siten, että perustamistaso on pohjavesipinnan yläpuolella. Mikäli lattiataso jää alemmaksi, kuin 0,3 m

maanpinnasta, tulee rakenteiden vedeneristys varmistaa RakMk C2, kohdan 3.1 mukaisesti.

Rakennusten kattovedet ohjataan kattovesijärjestelmällä pintavesiviemäriin.

Piha- ja liikennealueella maanpinta kallistetaan rakennuksista pois päin viettäväksi rakennuksen vieressä 3 m matkalla vähintään kaltevuudella 1:20 ja kauempana kaltevuudella 1:50. Katu- ja rakennusalueilla alueellinen kuivatus ja tasaus suunnitellaan erikseen.

## 7 JATKOTOIMET

Lopullisen perustamistapa, sallittu pohjarasitus, yms. määritetään jokaisessa hankkeessa hankekohtaisesti tehtävien täydentävien pohjatutkimustulosten perusteella ja valinnan tekee aina ao. hankkeen pohjarakennussuunnittelija.

Katu-, kenttä- ja piha-alueilla perustaminen ja päällysrakenteet, sekä putkikaivannoissa kaivuluiskat ja tarvittava pohjaveden alentamisen, sekä kaivannon tukeminen varmistetaan lisätutkimuksilla ja mitoituslaskelmilla rakennussuunnittelun yhteydessä.

Viimeistään rakennussuunnitteluvaiheessa on tehtävä täydentävät pohjatutkimukset hankekohtaisesti. Kussakin rakennushankkeessa tulee olla mukana pohjarakennussuunnittelija. Geotekninen suunnittelija antaa tarvittaessa lisäohjeita maankäytön suunnitteluun liittyviin geoteknisiin erityiskysymyksiin.

Kohteen pilaantuneisuustutkimuksissa ei havaittu kohenneita haitta-aineiden pitoisuuksia lukuun ottamatta **antimonia**, jonka pitoisuus ylitti yhdessä pisteessä ns. pima-asetuksen (VNa 2014/2007) ylemmän ohjearvotason. Tutkimuskohde sijaitsee pohjavesialueella, jossa sovelletaan yleensä alemmaa ohjearvotasoa. Mahdolliset kunnostustoimenpiteet kannattaa suorittaa siinä vaiheessa kun alueella tehdään rakentamistoimenpiteitä. Sitä ennen kannattaa maaperän pilaantuneisuuden taso varmentaa lisänäytteenotoin. Pilaantuneisuuden johdosta kannattaa olla yhteydessä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskukseen, joka päättää onko kohteessa tarpeen suorittaa nykyisessä maankäytössä maaperän kunnostustoimenpiteitä.

Oulussa 13.10.2017



Heikki Hekkala  
dipl.ins., osastopäällikkö



Pekka Keränen  
FM, maaperägeologi

Pöyry Finland Oy, Ympäristötekniikka Pohjoinen  
Elektroniikkatie 13  
FI-90590 OULU  
Tel. +358 10 33 33280  
www.poyry.fi