Vaade Hiiumaa põhjarannikult.
Kõpu looduskaitseala, Ohami skv.

ETTEPANEKUD

KESKKONNAMINISTEERIUMILE

LOODE-EESTI RANNIKUMERE TUULEPARGI KESKKONNAMÕJU HINDAMISE ARUANDELE

1. INFRAHELI

KMH aruandest saame teada järgmist:

5.11.2. Infraheli ja madalsageduslik müra
Lisa 8 (1510023010_hiiumaa_wind_farm_lfn_report_2016-11-151.pdf)

Infraheliks nimetatakse helilaineid, mille sagedus on alla 20 Hz.
Elektrituulikute puhul tekib infraheli peamiselt allatuult elektrituulikute rootori laba möödumisel mastist, aga ka pealetuult, kui horisontaalteljega tuulikud tekitavad rootori labade pöörlemisel ebaühtlast madalsageduslikku heli.
Infraheli ja madala sagedusega helid levivad peaaegu nõrgenemata hoonetesse erinevalt kõrgema sagedusega helidele.
Infraheli on võimalik kuulda juhul, kui helirõhutase on piisavalt kõrge.
G-kaalutud helirõhu tase alla 90 dB või 85 dB ei ole inimesele üldjuhul kuuldav.
Infraheli uuringus käsitletud tuulepark koosneb 29 tuuleturbiinist, nimivõimsusega 2,1 MW.
Jõutakse tõdemuseni, et kui infraheli pole kuuldav, siis puudub sel ka igasugune mõju inimese tervisele ja heaolule.

On teada, et infraheli võib levida kaugele, sealjuures väga vähe nõrgenedes.
Low frequency sounds can travel for long distances with very little attenuation and can be detected hundreds of miles away from their sources.
Kreithen, M. L.; D. B. Quine (1979). "Infrasound detection by the homing pigeon: A behavioral audiogram". Journal of Physiology A. 129: 1–4. doi:10.1007/bf00679906
Langbauer, W. R.; K. B. Payne; R. A. Charif; E. M. Thomas (1990). "Responses of captive African elephants to playback of low-frequency calls". Canadian Journal of Zoology. 67: 2604–2607. doi:10.1139/z89-368
https://en.wikipedia.org/wiki/Perception_of_Infrasound

Hiljutine uuring jõudis järeldusele, et infraheli (mida inimene ei kuule) mõjub ärritajana tehnilisele personalile, kes töötavad suurte kaasaegsete tuulegeneraatorite läheduses.
Therefore, the infrasound (e.g., low frequency and inaudible for human hearing) was considered to be an annoyance to the technicians who work in close proximity to a modern large-scale wind turbine.
Inagaki, T., Li, Y. & Nishi, Y. Int. J. Environ. Sci. Technol. (2015) 12: 1933. doi:10.1007/s13762-014-0581-4
http://link.springer.com/article/10.1007/s13762-014-0581-4

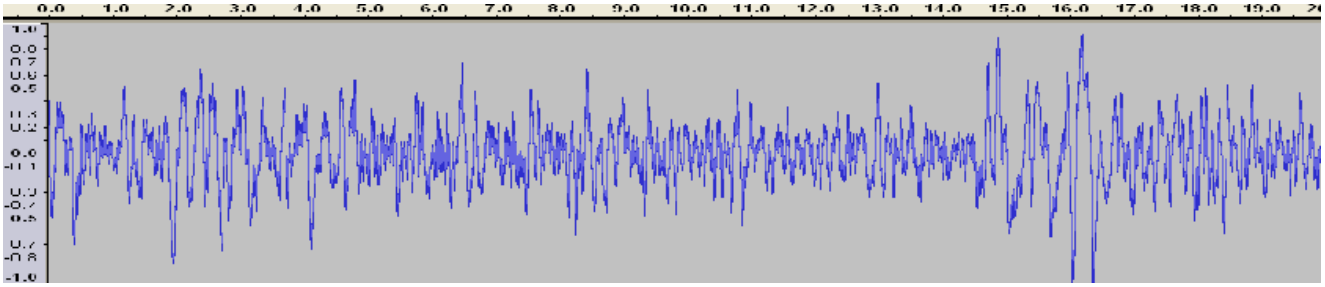
Tuuletöösturid on asunud seisukohale, et kui infraheli pole kuuldav, siis see inimest ei mõjuta. Selle seisukohaga ei saa mitte mingil juhul nõustuda, tuginedes teaduslikule arusaamale sellest, kuidas inimese kõrv töötab.
The wind industry has taken the position that if you cannot hear the infrasound, then it cannot affect you. As you can see above, we disagree strongly based on our understanding of how the ear works.
allikas:
http://oto.wustl.edu/saltlab/Wind-Turbines

Alec Salt, PhD
Professor
Washington University School of Medicine
Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery
660 S. Euclid Ave., Campus Box 8115
St. Louis, MO 63110
B.Sc. Biology, University of East Anglia, Norwich, UK (1973);
M.Sc. Neurocommunications, University of Birmingham, Birmingham, UK (1974);
Ph.D. Cochlear Physiology, University of Birmingham, Birmingham, UK (1977)
http://oto.wustl.edu/saltlab
http://oto2.wustl.edu/cochlea/

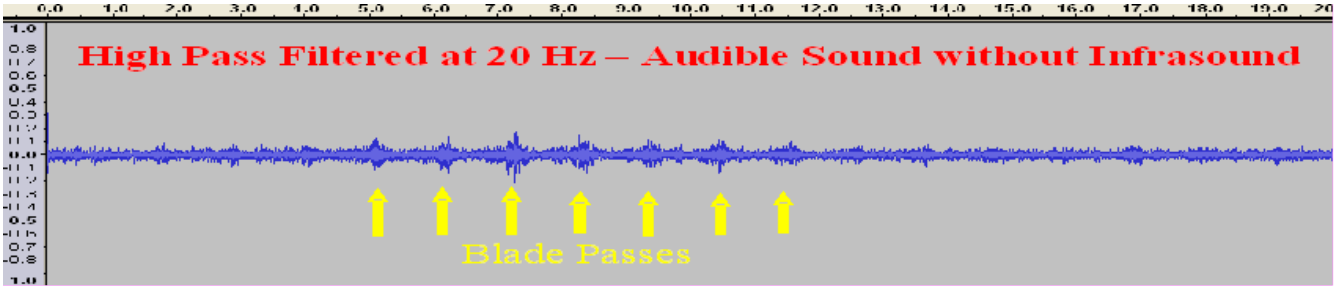
Tuulegeneraatori poolt tekitatav infraheli (alla 20 Hz) sõltub generaatori tüübist, väljundvõimsusest ja samuti sellest, kui palju neid lähikonnas on. Mida rohkem on tuulegeneraatoreid, seda rohkem võimendub ka tekkiv infraheli. Infraheli ei ole kuuldav ja see ei ole seotud kuuldava heli tugevusega.
The amount of infrasound depends on many factors, including the turbine manufacturer, wind speed, power output, local topography, and the presence of nearby turbines (increasing when the wake from one turbine enters the blades of another). The infrasound cannot be heard and is unrelated to the loudness of the sound that you hear. Infrasound can only be measured with a sound level meter capable of detecting it (and not using the A-weighted scale). Video cameras and other recording devices are not sensitive to infrasound and do not reproduce it.
allikas:
http://oto2.wustl.edu/cochlea/wind.html
http://oto.wustl.edu/saltlab/Wind-Turbines

Tuulegeneraatorid tekitavad infraheli. Seda kinnitab ka KMH aruanne ja lisa 8.
KMH aruandes toodud infraheli mõõtmistulemused on saadud 29 tuuleturbiinist koosnevast tuulepargist, kus ühe tuuliku nimivõimsus on 2,1 MW. Planeeritavas tuulepargis on 160+ tuulegeneraatorit nimivõimsusega 6 MW või isegi rohkem. Vahe on märkimisväärne. Infraheli mõõtmisi Hiiumaa rannikul ja sisemaal, et tuvastada looduslik foon, pole teostatud. Samuti puudub info, millisel tasemel genereerib infraheli tänapäevane suur meretuulik. Samuti on ebaselge, kui palju see võimendub, kui tuulikuid on rohkem kui üks.

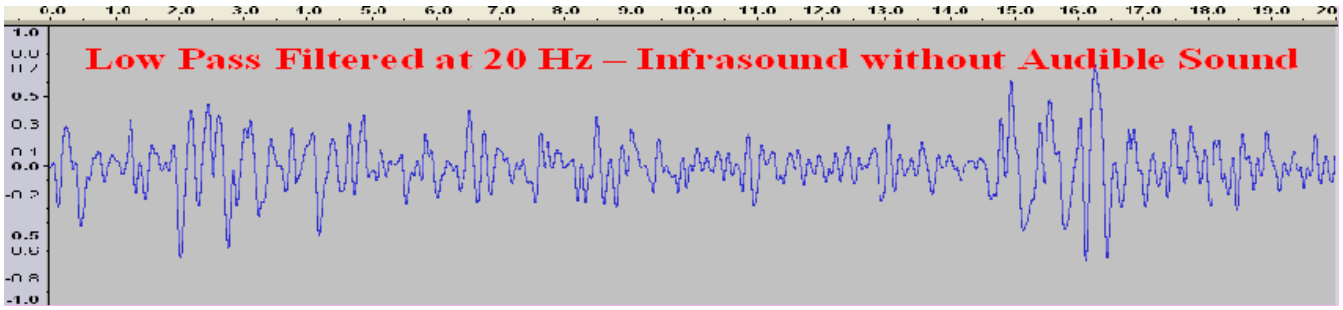
Katses salvestati tuulegeneraatori poolt tekitatud heli mikrofoniga, mis detekteerib heli alates 1 Hz sagedusest. Tavalised, nö kodukasutuses olevad salvestusseadmed ei ole võimelised infraheli salvestama.
Salvestuse pikkus 20 sek.



Järgnevalt salvestuselt on välja filtreeritud infraheli ja alles on kuuldav komponent helist, mida tuulegeneraator tekitab.
Selgelt on näha tiivikulabade pöörlemine.
Inimene kuuleb neid kahte salvestust täpselt üht moodi.



Kolmandal salvestusel on välja filtreeritud inimese poolt kuuldav komponent ja järel ainult infraheli. Nagu näha on heli eriti tugev 2-4 sek ja 15-17 sek ja samuti puudub seos kuuldava heliga.
Seda salvestust taasesitades, ei kuule inimene midagi.



Mõõtes üldist kuuldavat helitugevust, ei ole võimalik määrata ega võrrelda samast allikast pärinevat infraheli. Samuti on näha, et võrreldes kuuldava heliga, on infraheli selgelt domineeriv.
Võrdluseks on toodud hamburger, mille vahel leidub nii ketšupit kui sinepit. Mõõtes ketšupi kogust, pole võimalik teada saada, kui palju on saiakese vahel sinepit. Teisisõnu, mõõtes üldist helitugevust (A-weighted levels), pole võimalik teha järeldust, et samas suurusjärgus on ka infraheli. See vajab eraldi mõõtmist.
It is therefore impossible to judge the infrasound level from the sound that is heard or from A-weighted measurements. Quantifying the sound with A-weighted measurements is analogous to having mustard and ketchup on a hamburger and trying to estimate the amount of mustard present by measuring the amount of ketchup. In order to know how much infrasound is present you have to measure the infrasound itself and not how loud the acoustic component of the sound is with A-weighted levels.
allikas:
http://oto2.wustl.edu/cochlea/wt1.html
http://oto2.wustl.edu/cochlea/SaltKaltenbachAuthorManuscript.pdf

KMH aruandele lisatud mürakaardid kajastavad ainult üldist helitugevust. (A-weighted levels)
KMH aruandes on selgelt öeldud, et infraheli levib peaaegu nõrgenemata hoonetesse erinevalt kõrgema sagedusega helidele. Infraheli levib ka väga kaugele, sealjuures väga vähe nõrgenedes.
Samuti pole arvestatud võimaliku stsenaariumiga, kus Kõpu poolsaar jääb kahe megatuulepargi vahele. (arendusala PT7)

Infraheli, mida tuulegeneraatorid tekitavad ei ole kuuldav, kuid inimkõrv detekteerib ja reageerib sellele. Kõrva osa, mis detekteerib madalsageduslikke helisid, on äärmiselt tundlik infrahelile ja reaktsioon impulsina võib olla kuni neli korda tugevam, kui kuuldavale helile samal tugevusel.
Eriti võimendub infraheli olukorras, kus kuuldava heli taust on väga vaikne või pea olematu. Seega mõjutab infraheli inimest eelkõige kodus, kus maja seinad blokeerivad üldise kuuldava helitausta. Eriti tundlikuks muutub kõrv infrahelile magades, kui pea toetub padjale, mis summutab kogu kuuldava heli, kuid mitte infraheli.
You cannot hear the infrasound at the levels generated by wind turbines, but your ears certainly detect and respond to it. The picture shows the enormous electrical potentials that infrasounds generate in the ear. The potentials (18.7 mV pk/pk amplitude in this case) are about 4 times the amplitude of sounds in the normal frequency range that are heard. These measurements show that the low frequency part of the ear is extremely sensitive to infrasound.
Our measurements show the ear is most sensitive to infrasound when other, audible sounds are at low levels or absent. That is why homes and pillows probably contribute to the problem. To clarify, maximum stimulation of the ear with infrasound will occur inside your home, because the audible sound of the turbines is blocked by the walls of the house, but infrasound readily passes through any tiny openings. Similarly, sleeping with one ear on a pillow will block audible sound to that ear but will not block the infrasound. In either case, the infrasound will be strongly stimulating the ear even though you will not be able to hear it.
allikas:
http://oto2.wustl.edu/cochlea/wind.html
http://oto.wustl.edu/saltlab/Wind-Turbines

Alljärgnevalt võimalikud tervisehäired, mis võivad tekkida, viibides tuulepargi infraheli mõjusfääris:
Causing Amplitude Modulation (pulsation) of heard sounds.
We know that infrasound affects the sensory cells of the ear in a way that changes their sensitivity (like turning the volume control of the stereo up and down repeatedly). This is a biological form of amplitude modulation that cannot be measured with a sound level meter. The people who are measuring amplitude modulation of heard sounds with sound meters are looking at something completely different. Biological amplitude modulation can be much more powerful, with the volume cycling from going from "off" to "full", rather than just changing a few dB. So, to investigate amplitude modulation without considering the infrasound-induced component is probably not going to explain the true nature of the problem.
Symptoms: Pulsation, annoyance, stress
Stimulating "subconscious" pathways.
We know that activity in many nerves of the ear does not result in "hearing". If the nerves from the utricle or semi-circular canals are stimulated, you may get eye movements and changes in tension of neck muscles, but you don't hear it. The pathway of conscious hearing is very well established. It goes from the inner hair cells of the cochlea, through type I auditory nerve fibers, to the fusiform cells of the cochlear nucleus in the brain, and so on. This pathway has been well-studied. The outer hair cells of the ear (the ones that are sensitive to infrasound) do not connect to this conscious pathway. They connect to the type II nerves (which make up 5% of the nerve fibers), then to granule cells in the brain, then to cartwheel cells and to a host of other pathways in the brain. The cartwheel cells are known to be inhibitory to hearing which may explain why the stimulation is not heard. It is known that granule cells are connected into circuits related to attention and alerting. It is not unreasonable to think that stimulation of this pathway could wake you up, and you wouldn't even hear what had actually woken you.
Symptoms: Sleep disturbance, panic, with chronic sleep deprivation leading to blood pressure elevation, memory dysfunction and more.
Causing Endolymphatic Hydrops.
The endolymph is a fluid filled compartment in the ear, like a balloon, surrounded by delicate membranes. In some conditions, such as in people with Meniere's disease, a swelling of this compartment occurs. These patients suffer from repeated vertigo spells, fluctuating low frequency hearing loss, tinnitus and a sensation of fullness or pressure in the ear. Low frequency sounds, at levels that are not damaging and do not affect hearing, have been shown to cause endolymphatic hydrops. This can occur quickly, but also recovers quickly so there are minimal consequences. This effect has been demonstrated with tones as low as 50 Hz, but has never been studied with lower sound frequencies or with infrasound. There is no reason to believe that lower frequency sounds will not generate hydrops, as we know that endolymphatic responses to infrasound are larger than those to heard sounds. As hydrops develops, endolymph moves and expands the weakest part of the balloon, which is the saccule. The saccule is the body's gravity receptor, so if it is disturbed you will feel "off balance", dizzy (subjective vertigo) and nauseaous, especially if only one ear is affected (maybe the one you had on the pillow?- see above). Studies so far have only studied this for brief exposures of a few minutes. Effects are likely to increase with prolonged exposure to the sound. Furthermore, when the endolymphatic hydrops reaches a degree where the helicotrema of the cochlea is occluded, this makes the ear about 20 dB more sensitive to the low frequency sound and will undoubtedly exacerbate the problem.
Symptoms: Unsteadiness, dysequilibrium, vertigo, nausea, "seasickness", tinnitus, sensation of pressure or fullness in the ear
Possibly Potentiating Noise-Induced Hearing Loss
Animals were exposed to damaging noise, with and without low frequency sound present. When very low frequency sound was present, animals had greater hearing losses and larger areas of hair cell loss. So, if you are doing anything noisy (mowing the yard, using a chainsaw) the damage to your ears could be greater if low frequency or infrasound levels are high. It is therefore important to wear hearing protection when pursuing noisy pastimes near sources of infrasound (that you can't even hear). As a side-note, hearing protectors, especially the over-the-ear cup type, will not protect against infrasound even though they do reduce the audible, damaging sounds you can hear.
allikas:
http://oto2.wustl.edu/cochlea/wind.html
http://oto.wustl.edu/saltlab/Wind-Turbines

Tuleb nõustuda, et tuulikute poolt genereeritud heli mõju inimestele on uuritud vähe ja jätkuvad uuringud on vajalikud. Infraheli, mida genereerivad suured tuulikud, on looduses ebaharilik ja puuduvad süsteemsed ja pikaajalised uuringud, kuidas selline heli mõjutab inimesi ja teisi elusolendeid, kes viibivad püsivalt heliväljas.
We agree that the effects of wind turbine noise on humans are largely unexplored and more research is needed. We are convinced that infrasound levels generated by some large wind turbines are unusual in the environment and that there have been no systematic long-term studies of prolonged exposure to such sounds on humans or other animals.
allikas:
http://oto2.wustl.edu/cochlea/wind.html
http://oto.wustl.edu/saltlab/Wind-Turbines

Vähimagi põhjendatud kahtluse korral, kus võib tekkida oht inimese tervisele, ei saa seda probleemi ignoreerida. Sellest tulenevalt ka **esimene ettepanek:**

Viia läbi täiendavad infraheli uuringud ja modelleerimine, kanda infraheli mürakaartidele (G-kaalutud helirõhu tase), arvestades ka looduslikku fooni ja tuulikute arvust tingitud võimendust, analüüsides põhjalikult ka infraheli võimalikku mõju inimese ja teiste elusolendite tervisele.

2. VISUALISEERINGUD

Visualiseeringud on KMH aruande väga tähtis osa:

5.12.5. Visuaalne mõju
Visuaalne mõju on meretuuleparkide rajamisel üks olulisemaid mõjusid, kuna see on kõige nähtavam ja kõige kaugemale ulatuv. Seega on visuaalne mõju hästi tajutav.
Loode-Eesti rannikumere tuulepargi keskkonnamõju hindamise aruanne lk. 237 / 267

Lisa 9. Visualiseeringud
On antud juhised, kuidas peab visualiseeringute väljatrükki vaatama, et näha pilti nii, nagu see reaalsuses paistma hakkaks. (recommended observation distance)
- pdf file in the windPRO format of the photomontage in full page in A3. On this page the details of the calibration as well as the recommended observation distance are given; the recommended observation distance depends on the printing format (A4, A3...) from the printer setup; when printed, the page can be hold at the recommended observation distance to give a realistic size of the projected wind turbines. In case of panorama with a wide angle the recommended observation distance get very small (about 10 cm).

Näiteks lk. 10 on recommended observation distance 9 cm ja lk.32 5 cm. Väljatrüki originaalsuurus on mõlemil puhul A3 formaadis.
Visualiseeringust on pilte ilmunud ka meedias ning sinna on samuti lisatud: Fotot tuleks vaadelda väga ligidalt - 5 cm kauguselt, et saada ettekujutust, kuidas tuulikud looduses paistaks.
(Maaleht 9.märts 2017. lk.14)

Kokku on visualiseeringus 26 pilti. Et saada ettekujutust, kuidas tuulikud looduses paistaks, peab neid vaatlema järgneval kaugusel inimsilmast:

2 pilti - 28 cm
8 pilti - 23 cm
2 pilti - 15 cm
2 pilti - 14 cm
3 pilti - 11 cm
2 pilti - 9 cm
1 pilt - 8 cm
2 pilti - 5 cm
4 pilti - info puudub

Teatavasti loetakse terveks ja korrigeerimist mittevajavaks nägemiseks seda, kui inimene näeb eset teravana alates 25 cm kaugusel silmadest. Lähemal kui 25 cm olevad objektid on udused ja ähmased. See on normaalne nägemistaju eripära. Peale 40 eluaastat hakkab see nö. teravuspunkt veelgi kaugemale nihkuma kuni appi tuleb võtta lugemisprillid.

Akommodatsioon.
Akommodatsioon on silma kohanemine eri kaugusel asuvate esemete teravaks nägemiseks.
allikas: Eesti Entsüklopeedia
Akommodatsioonimehhanism seisneb järgmises: silmas tekivad närviimpulsid olenevalt vaadeldava objekti kaugusest, nende mõjul toimuvad ripslihase kokkutõmbed ja läätse kapslile kinnitunud Zinni sidemete lõtvumine. Selle tagajärjel läätse kapsel lõdveneb ja lääts muutub oma elastsuse tõttu kumeraks. Sealjuures suureneb läätse, järjelikult ka kogu silma murdejõud. Mida lähemal on vaadeldav ese, seda rohkem peab silm akommodeeruma. Kui inimene, sulgenud ühe silma, hakkab teise silmaga lugema oma nägemisteravusele vastavat peent rifti, tuues seda pidavalt silmale lähemale, saabub moment, mil tähed valguvad laiali ja edasisel lähemale toomisel ei ole lugeda enam võimalik. Väikseimat kaugust, kust on peent rifti maksimaalse pingutuse korral ühe silmaga veel võimalik lugeda, nimetatakse lähimaks terava nägemise punktiks (PP - *Punctum proximum*).
allikas: Tartu Ülikooli Kliinikum
Näiteks kui 10-aastane laps näeb selgelt silmadest umbes 7 cm kaugusel asuvaid esemeid ja 20 aastane nooruk 15–20 cm kaugusel asuvaid, siis 40-aastane täiskasvanu näeb selgelt alles 30 cm kaugusel paiknevaid esemeid.
Akommodatsioonivõime vähenemine pole haigus, vaid ealine muutus, mida pole võimalik ravida.
allikas: Tervise ABC ISBN 9789985682388 Ingeborg Trofimova, silmaarst

Seega, ka eeldusel, et visualiseering on matemaatiliselt täpne, ei ole inimesel seda vaadates võimalik saada ettekujutust, kuidas tuulikud looduses paistaks. Inimese füsioloogia seda ei võimalda. 5 cm kaugusel silmadest on kõik tuulikud laiali valgunud ja neid näha ei ole enam võimalik.

Eelnevast tuleneb ka meie **teine ettepanek:**

Täiendada visualiseeringut piltide ja vaadetega, mida inimene saab vaadata normaalselt kauguselt, saades sealjuures ettekujutuse, kuidas tuulikud looduses paistaks.

Arvestades asjaolu, et visualiseeringud on mõeldud väljatrükiks, siis on kujunenud standardid, millele pilt peaks vastama, et väljatrükk oleks kvaliteetne.
Elementaarne on, et pildi (rastergraafika) resolutsioon (pikslit ruuttollil) peaks olema sama, mis vastab trükis rastritihedusele (punkti ruuttollil, tavaliselt 300 dpi). Pilt peab olema kompresseerimata formaadis.

Kui võtta näiteks foto visualiseeringu lk. 33, siis pildi resolutsioon on ainult 108 dpi ja lisaks on pilt tugevalt kompresseeritud ja silmapiir koos tuulikutega koosnebki peamiselt JPG artefaktidest (kvaliteedi kadu tänu kompressioonile).

fragment kompresseerimata fotost
@32 dpi

fragment samast fotost kompresseerituna
tekivad JPG artefaktid
@32 dpi

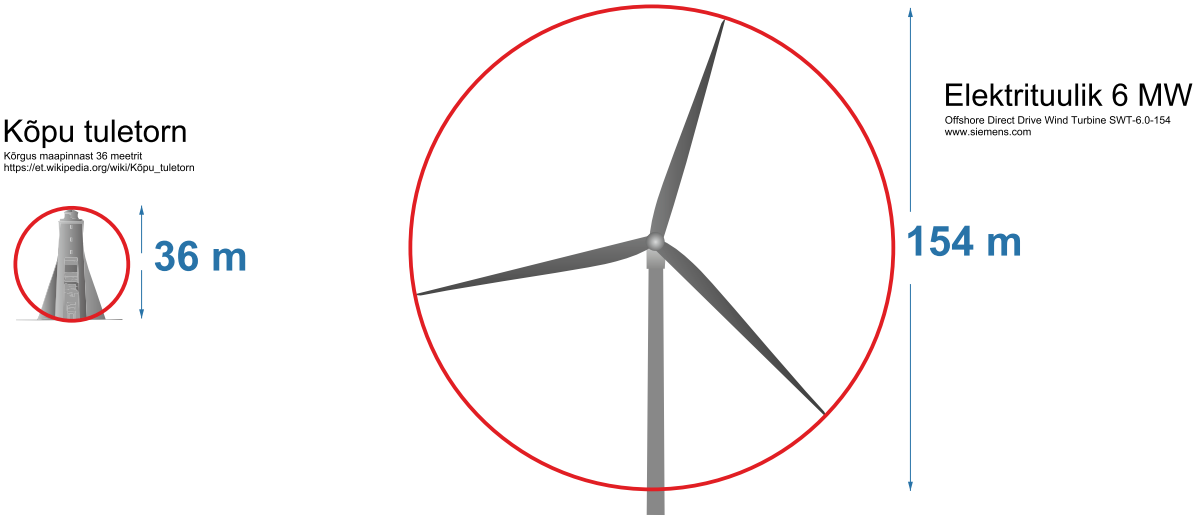
fragment visualiseeringust lk. 33
Selgelt on näha tugev
kompressioon ja JPG artefaktid
@32 dpi

On arusaadav, et trükikvaliteedi standardile vastav kvaliteetsete piltidega pdf fail tuleb mahult väga suur, kuid sellegi poolest peaks olema võimalus visualiseeringus olevaid pilte ka kvaliteetselt välja trükkida. Tegemist on ju ikkagi visualiseeringuga, mis peaks andma võimalikult tõelähadase ettekujutuse tulevikus avaneda võivatest merevaadetest.

Siit tuleneb meie **kolmas ettepanek:**

Koos KMH aruandele lisatud visualiseeringuga (pdf-fail) lisada ka pildid, mis võimaldavad kvaliteetset väljatrükki.

Kuivõrd visuaalne mõju on meretuuleparkide rajamisel üks olulisemaid mõjusid, peavad visualiseeringud olema erakordselt täpsed ja üheti arusaadavad.
Et inimesed visualiseeringut paremini tajuks, peaks visualiseering sisaldama ka võrdlust kõigile teada-tuntud objektiga kõrvuti tuulepargiga. See annab hea ettekujutuse tegelikest mõõtmetest, et visualiseeringut paremini tajuda.
Alljärgnevalt proportsionaalne võrdlus:



neljas ettepanek:

Lisada visualiseeringule proportsionaalne võrdlus, kuidas paistaksid tuulikud võrreldes kõigile tuntud ehitistega 12 km kaugusel rannikust.

Andres Kurik, Elen Kurik
allkirjastatud digitaalselt

17.03.2017