

8. KOKKUVÕTE

Näiliselt lihtsana tunduv vabaltseisev teraskorsten on detailidesse laskudes nüansirohke, keeruline ja nõudlik konstruktsioon, mille projekteerimisel peab läbi viima tuulejõu hindamise ning tugevusanalüüsi. Korstna projekteerimise teeb keeruliseks temale mõjuva tuulejõu dünaamiline iseloom, millega peab arvestama.

Vabalt seisvaid teraskorstnaid käsitlevad mitmed Eesti Vabariigi standardid, millest peab korstna projekteerimisel ja valmistamisel lähtuma. Teraskorstnale mõjuva tuulejõu hindamiseks kasutatakse standardit EVS-EN 1991-1-4, mille abil saab leida jõudusid, millega tugevusanalüüsil tuleb arvestada. Projekteerides ja tugevusanalüüsi tehes tuleb lähtuda standarditest EVS-EN 1993-3-1 ja EVS-EN 13084-1. Teraskorstnate valmistajatel tuleb alates juulist 2014 järgida standardis EN 1090 kirjeldatud nõudeid ning paigaldada korstnale vastav CE-märk.

Vabaltseisev teraskorsten on koost, mis võib olenevalt korstna suurusest ja keerukusest koosneda tuhandetest detailidest. Korsten kui konsooltala eeldab tugevat kinnitust, seetõttu kasutatakse vundamendi poldistikku, mis valatakse vundamendi sisse ja mille külge korsten kinnitub. Korstnale annab tugevuse kandevkest, mille paksus muutub kõrguse kasvades. Kandevkest koosneb kõrgemate korstnate korral mitmest osast. Korstna funktsiooni täidavad lõõrid, mida mööda suitsugaasid liiguvad. Lõõrid saavad kesta suhtes liikuda nii horisontaalselt kui ka vertikaalselt. Lõõrides liikuvat suitsugaasi tuleb analüüsida, selle jaoks on korstnad varustatud anduritega, mille paigaldamiseks ja hooldamiseks on vajalikud hooldusplatvormid ning milleni jõudmiseks on vaja redelit. Lisaks anduritele on kõrgemad korstnad varustatud lennutuledega, mis teevad korstnad nähtavaks lennuliiklusele.

Tuulejõud on dünaamilise iseloomuga ja mõjub kehale kui väline surve. Tuule poolt tekkivaid dünaamilisi efekte saab defineerida kui komplekti koosmõjuvatest jõududest, mille leidmist käsitleb standard EVS-EN 1991-1-4. Tuulejõu mõju konstruktsioonile sõltub konstruktsiooni geomeetriast ja suurusest, mis mõjutab turbulentsse voolamise ja keeriste-voolavuse tekkimise tõenäosust. Turbulentne voolamine ja konstruktsiooni taha tekkivad keerised mõjutavad konstruktsiooni dünaamiliste koormustega risti tuulesuunaga, mis võivad konstruktsiooni viia ohtlikku võnkumisse. Standard ei kirjelda dünaamilistest jõududest tekkiva võnkumise vastaseid meetmeid. Meetmete uurimiseks on töös simuleeritud ja võrreldud tuule voolamist sileda, tuuleribadega ning tuulespiraalidega korstna ümber. Simulatsioonide tulemuste hindamiseks on võrreldud standardiga leitud tuulesurvete ja simulatsiooniga leitud

tuulesurvete väärtusi. Need väärtused erinesid vähem kui 10%, mis tõttu võib simulatsiooni tulemusi pidada arvestatavateks.

Kui keeriste–voolavuse sagedus ühtib konstruktsiooni omavõnkesagedusega, tekib konstruktsiooni ohtlik võnkumine. Selline olukord tekib, kui tuulekiirus on võrdne kriitilise tuulekiirusega. Keeris-voolavuste sageduse leidmist käesolev lõputöö ei käsitlenud. Tuulemõju simulatsioonide tulemuste põhjal saab öelda, et tuuleribad ja tuulespiraalid kutsusid esile rõhu languse korstna külgedel. Väiksema rõhu korral korstna külgedel on tuulel, olenemata sagedusest, väiksem mõju korstnale. Oluline avastus oli tuulespiraalide tööd uurides asjaolu, et tuulespiraali samm muudab tulemust märgatavalt ning tuulespiraali samm väärtusega 1 töötas uuritud variantidest kõige paremini.

Lõputöö käigus on Microsoft Exceli keskkonnas koostatud programm, mille abil saab korstna põhiparameetrite sisestamisel arvutada tuulejõust tingitud survet korstna pinnal. Kasutajaliides on ülesehitatud selliselt, et peale vajaliku info sisestamist oleks võimalik printida tuulejõu arvutuse raport, mis sisaldab tiitellehte, arvutatud parameetrite lehte, tulemuste tabelit ja korstna massi leidmise tabelit. Edaspidi on vaja tabelit täiendada tugevusarvutuste osaga, mille abil saaks dimensioneerida kandevkesta paksused, et vajadusel lõplike elementide meetodit kasutades kandevkesta simuleerida.

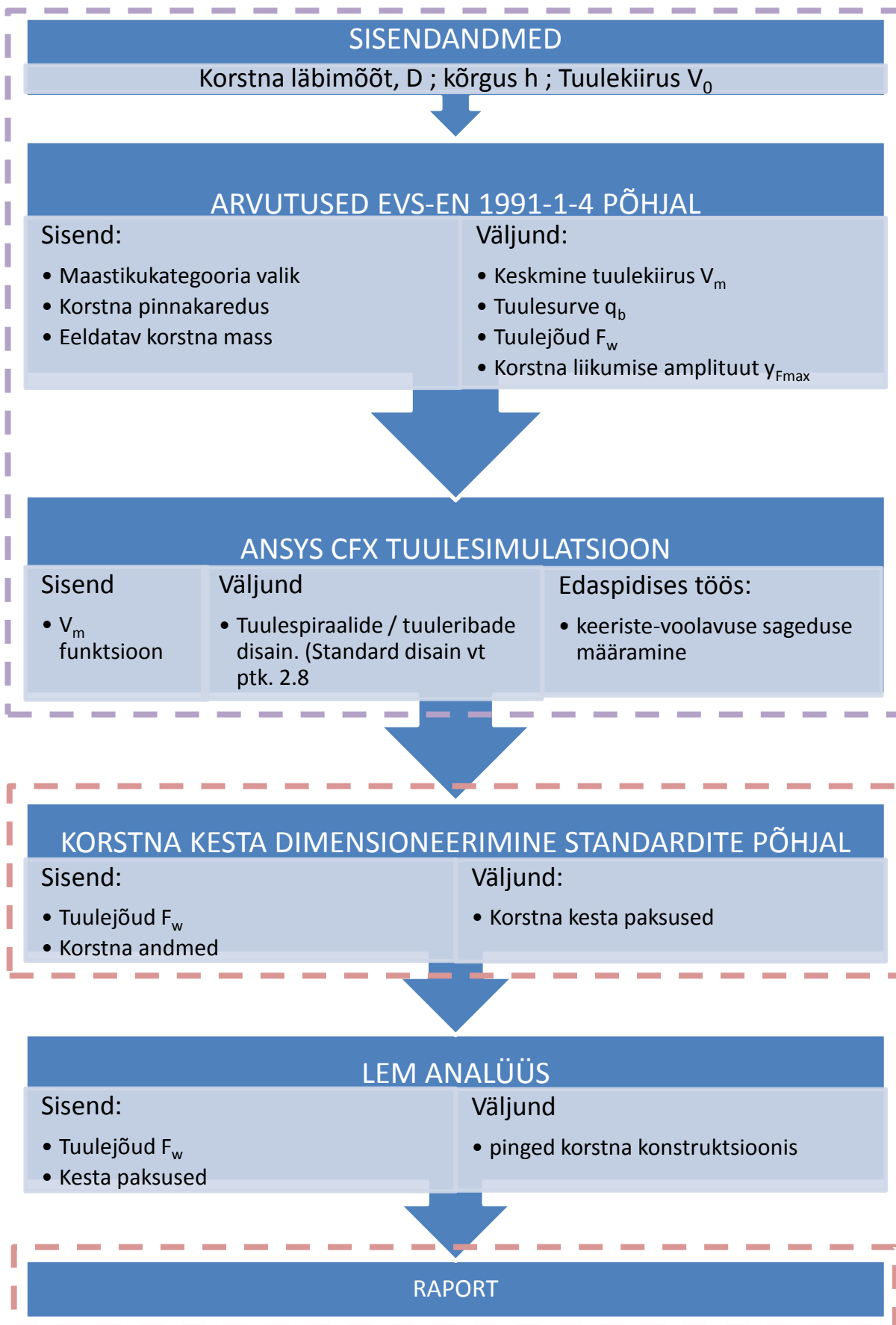
Lõplike elementide meetodit kasutades sooritatakse staatiline analüüs, milles kasutatakse mõjuvate jõududena eelnevalt mainitud programmi abil leitud tuulesurvet ning võetakse lähte paksused standardiga leitud andmetest. Lõplike elementide meetodit kasutades on kõige olulisem luua korrektne võrk, mis oleks piisavalt tihe, et analüüsi vastused oleksid arvestatavad. Ülesande teeb keeruliseks asjaolu, et võrgu tihedus mõjutab simulatsiooni arvutusaega. Võrgu loomisel kujult keerulisele ja mahukale konstruktsioonile nagu korsten, tuleb võrgu tihedus valida võimalikult suur kohtades, kus pinged on väikesed ja võimalikult väike kohtades, kus pinged on suured. Lisaks tihedusele on võimalik valida ka kahe võrgutüübi vahel: kolme- või kahemõõtmeline võrk. Korstna kuju tõttu on optimaalsem kasutada kahemõõtmelist võrku. Võrdluste põhjal annab täpsema tulemuse tihe kolmemõõtmeline võrk, kuid ajavahe kolme- ja kahemõõtmelise võrgu simuleerimise vahel on olenevalt korstna suurusest kümnekordne.

Korstna hinda mõjutab korstna mass ja keerukus. On selge, et põhjalikumalt analüüsitud korstna tugevuse korral saab korstna kesta paksuste õigustatud vähendamistel raha kokku hoida, mistõttu on täpsed ja kontrollitud analüüsid tähtsad. Tuuleribide ja tuulespiraalide

paigaldamine teeb keerulisemaks keevitamise, koostamise ja värvimise protsessid. Koostamise seisukohalt on tuuleribad paigaldatavad väiksema aja kuluga ning seetõttu tootmisele eelistatud variant. Tuuleanalüüs näitab, et tuulisemas piirkonnas on soovitatav kasutada tuulespiraali, mis töötab efektiivsemalt.

Lõputöös välja töötatud tarkvara ja meetodid on esimene etapp korstna tugevusanalüüsi protsessis, edaspidi tuleks arendada tarkvara, mille abil saaks standardi põhjal sooritada korstna kandevkesta analüüsi, millest saadud kesta disaini saaks kontrollida lõplike elementide meetodil. Tuulest tingitud dünaamiliste jõudude paremaks mõistmiseks ja hindamiseks tuleb välja töötada meetod keeriste-voolavuse sageduse leidmiseks, peale mida on võimalik paremini hinnata tuulekeeriste ja tuulespiraalide tööd.

Alloleval seel on kirjeldatud vabaltseisva teraskorstna tugevusanalüüsi metoodikat, millest esimene punktiirjoonte sees olev osa on lõputöös käsitletud teraskorstnale mõjuva tuulejõuhindamise metoodika. Oranži kasti sees olevad tegevused kuuluvad edaspidiseks väljatöötamiseks.



Sele 43 Tuulejõu hindamise ja korstna tugevusanalüüsi meetodika