



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**EHITUSPLATSI TÖÖOHUTUSE KAVANDAMINE JA
SELLE JUHTIMISE DIGITALISEERIMISE
PROTOTÜÜP VEERENNI KVARTALI
MONTAAŽITÖÖDE NÄITEL**

**CONSTRUCTION SITE OCCUPATIONAL SAFETY DESIGN
AND A DIGITISED PROTOTYPE OF ITS MANAGEMENT IN
THE EXAMPLE OF VEERENNI QUARTER ASSEMBLY
WORKS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mari Stepanjan

Üliõpilaskood 153945EAEI

Juhendaja: Eneli Liisma, lektor
Alan Väli, diplomeeritud
ehitusinsener

Tallinn 2020

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli anda ülevaade Eesti ehitussektori tööohutusest, kandekonstruksioonide ehitusetappide tööohutuse korraldusest ning peatöövõtja rollist selles Veerenni kvartali näitel. Monteerimistöörde analüüsi põhjal kaardistati vajalikud ohutusmeetmed loodi tööohutuse kavandamise digitaliseeritud prototüüp, mis valideeriti ehitusplatsi ülkontrollide abil.

Uurimuse käigus esines referentsobjektidel vajadus osutada bioloogilistele ohuteguritele tavapärasest rohkem tähelepanu. COVID-19 viiruse leviku ennetamiseks rakendati vajalikud ohutusmeetmed ehitusplatsil. Eriolukord näitas, et ettevõtte rakendatud juhtimissüsteemid peavad olema valmis reguleerima lisaks füüsikalistele, keemilistele ning füsioloogilistele ohuteguritele ka bioloogilisi ohutegureid.

Lõputöö üldkontrolli aktide märkustes võis märgata olulist kattumist Tööinspektsiooni sihtkontrollide tulemustega. 55% (67 122-st) referentsobjekti rikkumistest olid seotud kõrgustest töötamise ohutuse ning isikukaitsevahendite puudumisega. See näitaja toetab tööohutuse ülevaates toodud järeldust, et endiselt on kõrgustes töötamise isikukaitsevahendite kasutamise juhendamine puudulik.

Uuringu tulemusena selgus, et 13 vaatlusnädala jooksul toimus vähemalt üks õnnetusohtlik olukord nädalas avakatete või kukkumispirete puudumise tõttu. Seejuures selgus, et prototüüp kajastas kõiki redelitega, kukkumispirete ja avakatetega ning ajutiste treppidega seotud märkuseid. Need moodustasid koordinaatori tehtud tähelepanekutest ligikaudu 20%.

Neid rikkumisi võib kategoriseerida *near miss* intsidentidena ehk peaaegu juhtunud õnnetustena. Need on õnnetusohtlikud olukorrad, mis oleksid võinud lõppeda tööõnnetusega, ent tingimuste kokkulangemisel jäid toimumata. Peaaegu toimunud tööõnnetuste uurimine on õnnetuste ärahoidmiseks kriitilise tähtsusega, kuna nad jagavad tööõnnetustega samu kõrvalekaldeid ning põhjuseid.

Prototüübi valideerimisest võib järeldada, et ohtlikud projekti elemendid võivad olla tuvastatud BIM-mudelis. Projekteerijad saavad teha parandusi otse projekti ja teavitada muudatustest töövõtjaid, et parandada ehitustööde korraldust ning ennetada võimalikke tööõnnetusi. Samuti võib järeldada, et ehitusvaldkonna õppekava peaks sisaldama rohkem ehitusplatsi korralduse ning ehitussektorile keskenduvaid õppeained. Kõik ehitusega seotud osapooled sealhulgas ka projekteerijad ja arhitektid peaksid oskama hoomata ehitusprojekti tööohutust.

Tööohutuse BIM-mudel hõlmab teavet projekti iga komponendi kohta; see info on digitaliseeritud ja lihtsalt eraldatav ülejäänud ehitusprojektist. Ohutusmeetmed ehitusinfo mudelis on parametrizeeritud ehk kui muuta ühe komponendi üht näitajat, siis kõik sellega seotud parameetrid muutuvad automaatselt. See omadus lihtsustab ohtlike projektielementide muudatuste haldamist.

Antud magistritöö jätkuna võib täiendada loodud prototüüpi. Selleks võib ehitada ohutuseeskirjade süsteemi klassifitseerides ehitusohutuse alast teavet, ehitades ohutuseeskirjade süsteemi ja tõlkides ohutuseeskirju masinloetavasse keelde. Teabe hankimise hõlbustamiseks võib ohutuseeskirjad kodeerida vastavalt õnnetuse tüübile, õnnetuse subjektile ja muudele omadustele. Igale ohutusueeskirjale saab anda oma kood, millest arvuti saab aru.

Samuti võib täiendada uuringut erinevate digitaliseerimise viiside, tööohutuse uudsete tarkvarade rakendamise ning tööohutusse investeeringute kasumlikkuse analüüsiga. Euroopa Liidu komisjoni uuringud on näidanud, et iga tööohutuse peale investeeritud euro toob töandjale tagasi üle kahe euro. Tööohutuse korraldamise kasu väljendub sealhulgas haiguspuhkuste ning töövahendite ja ettevõtte maine kahjustamise ärahoidmises.

Tööohutuse tagamine on ehitamise üks osa, mida on mõistlik integreerida ehitustööde juhtimise kui terviku toimimisse. Head ohutusnäitajad loovad hea maine nii ettevõttele kui ka tervele valdkonnale, mis on oluliseks aspektiks töötajate motiveerimisel ning uute töötajate ja investorite leidmisel. Ettevõtte edukus sõltub oluliselt tööõnnetuste haiguspäevade arvust.

BIM-mudel on visualiseeritud ehitusprojekt – see aitab projekteerijatel ja ohutuskoordinaatoritel tuvastada ja parandada ohutust lihtsamini. Prototüübi eesmärgiks on muuta käitumismudelit ning edendada positiivset ohutuskultuuri. Antud prototüübiga hinnatakse töökoha riske. Tööohutuse tagamises ning õnnetuste ennetamises on riskide hindamisel ning visualiseerimisel juhtiv roll.

SUMMARY

This thesis aims to provide an overview of occupational safety in the Estonian construction sector, management of safety during load-bearing construction works and analysis of the main contractor's role in this process in the example of Veerenni quarter. Based on the analysis of the assembly works, the necessary safety measures were defined and a digital prototype of occupational safety was created. It was validated through site inspections.

In the course of the study, it appeared that the reference construction site needed to pay more attention than usual to biological risk factors. The necessary safety measures were taken on-site to prevent the spread of COVID-19. The emergency showed that the management systems implemented by the company must be ready to regulate not only physical, chemical and physiological risk factors but also biological risk factors.

The remarks of the safety inspection reports used in dissertation showed a significant match with the results of the targeted inspections of the Labour Inspectorate. 55% (67 out of 122) of the site's violations were related to the safety of work at heights and personal protective equipment. Those figures support the conclusion made in the occupational safety review chapter that there is still a lack of guidance for the use of personal protective equipment for working at heights.

The study revealed that at least one accident-prone situation per week occurred during the 13 weeks of observation due to the lack of opening covers or fall barriers. It turned out that the prototype reflected all notes related to ladders, fall barriers, opening covers and temporary stairs. They accounted for about 20% of the coordinator's observations.

These violations can be categorised as near-miss incidents. These are situations, which could have lead to an accident if conditions were different. Investigation of near-miss incidents is critical to accident prevention, as they share the same root causes as accidents.

From the validation of the prototype, it can be concluded that hazardous design elements can be identified in the BIM model. Designers can make improvements directly into the project and notify contractors of the changes to improve construction management and prevent potential accidents. It can also be concluded that the curriculum in the field of construction should include more subjects related to

construction site management and the construction sector. All parties involved in construction, including designers and architects, should be able to understand the concept of occupational safety of the construction project.

The occupational safety BIM model includes information of each component of the project; this information is digitised and easily separable from the rest of the project. The safety measures in the construction information model are parameterised, ie if one parameter of one component is changed, all the related parameters change automatically. This feature simplifies the management of changes to hazardous project elements.

As a continuation of this master's thesis, the created prototype can be supplemented. To this end, a system of safety rules can be built by classifying construction safety information, building a system of safety rules and translating the safety rules into a machine-readable language. To facilitate the collection of information, safety rules may be coded according to the type of accident, the subject of the accident and other characteristics. Each safety rule can be assigned its code that the computer understands.

The study can also be complemented by an analysis of the different ways of digitisation, the implementation of innovative occupational safety software and the profitability of investments in occupational safety. Studies by the European Commission have shown that every euro invested in occupational safety returns more than two euros to the employer. The benefits of occupational safety management include the prevention of sick leave and damage to work equipment and the company's image.

Occupational safety is one part of the construction and it is reasonable to integrate it into the operation of construction management as a whole. Good safety indicators create a good reputation both for the company and the industry as a whole, which is an important aspect in motivating employees and finding new employees and investors. The success of a company depends significantly on the number of sick days at work.

The BIM model is a visualised construction project - it helps designers and safety coordinators to identify and improve safety more easily. The prototype aims to change the pattern of behaviour and promote a positive safety culture. This prototype assesses the risks of workplace. Risk assessment and visualisation play a leading role in ensuring the safety of employees and in accident prevention.