



Tulekindel ehitus

EPSiga

EUMEPS

EPS

EPS: expanding into a sustainable future



EPS: 98% ÖHK

Sissejuhatus	2
1 Tulekahju: mõjud ja ennetamine	3
1.1 Tulekahju staadiumid	3
1.2 Tulekahju tulemused: kannatanud ja materjali kahjud	4
1.3 Tulekahju vältimise üldpõhimõtted	4
1.4 Isolatsiooniga seotud ennetusmeetmed	6
1.5 CE märgistus	6
2 EPS isolatsioonitoodete käitumine tulekahju korral	7
2.1 EPS isolatsioonitoodete käitumine tulekahju korral	7
2.2 Kütteväärtus	8
2.3 EPSi põlemisel tekkiva suitsu toksilisus	8
2.4 Suitsu varjutusomadused	9
3 EPS isolatsioonitoodete tuleohutus ja kindlustus	10
3.1 Suurte tulekahjude analüüs	10
3.2 Isolatsiooni roll tulekahjus	11
4 EPS rakenduste tuleohutus	12
4.1 Tuleohutud põrandad ja vundamendid EPSi abil	12
4.2 Tuleohutud seinad EPSi abil	12
4.3 Tulekindlad EPS kihtpaneelid	12
4.4 EPSiga isoleeritud tulekindlad metallkarkassid	13
5. Järeldused	15
Viited	16

Sissejuhatus

Tulekahju on selles osalejate jaoks hävitav. Suurimaks mureks on suure kahju tekkimise tõenäosus ning kõrgenevad kindlustusmaksed. Käesolevas dokumendis pöörame tähelepanu isolatsioonimaterjali rollile hoonete tuleohutuses ning erilist tähelepanu pöörame EPSile. Näitame teile, et õigesti projekteeritud ja ehitatud hoones mängib isolatsioonimaterjal vaid väikest rolli tuleohutuses. Teisalt annab isolatsioonimaterjal palju juurde energiasäästlikkuse aspektist ehitiste jahutamisel ja soojustamisel. See säästab mitte ainult raha, vaid aitab vähendada ka süsinikdioksiidi eraldumist ning globaalse soojenemise ennetamist. EPSi unikaalsed omadused teevad materjalist paljude rakenduste jaoks ideaalse ja jätkusuutliku isolatsioonimaterjali.

Käesoleva dokumendi eesmärgiks on selgitada vahtpolüstireeni (EPS) tulekahjukäitumist isolatsioonimaterjalina. Dokument annab ülevaate tuleohutute hoonete faktidest, mille ehitamisel on kasutatud EPS ehitustooteid. Dokument on mõeldud toetava materjalina kõikidele huvitatud osapooltele – ehitiste omanikele, arhitektidele, projekteerijatele, tuletõrjujatele, kindlustusettevõtjatele, riskijuhtidele jne. EUMEPS liikmetele on keskseks teemaks asjassepuutuvate inimeste huvid mõistmine ning nendele tähelepanu pööramine, on selleks siis omanik, kes soovib mugavat, tervislikku, ohutut ja taskukohast kodu või ehitustööline, kes soovib usaldusväärset ja kindlat toodet. Või tuletõrjuja, kes soovib vähendada ohte, millega seisab silmitsi inimesi hädaohust päästes.

Miks on EPS eelistatuim isolatsioonimaterjal?

Tehnilised eelised:

- Väike mahukaal, suur survetugevus, suurepärase koormustaluvus
- Kõrge isolatsioonivõime, ajas püsivus (ei vanane ega kõdune ka kõrgeneva niiskussisalduse tõttu)
- Lihtne ja puhas, hõlpsalt käideldav
- Võimalus vabalt projekteerida, praktiliselt mis tahes mõõtu lõikamise või vormimise abil
- Suletud struktuuriga vaht, inertne, bioloogiliselt neutraalne
- Saadaval põlemist takistava lisandiga

Tervis ja ohutus:

- Ei ärrita nahka, silmi ega kopse eralduvate kiudude või tolmu
 - Isikukaitsevahendid ning kaitserõivastus ei ole vajalik
- Keskkonnasõbralik*
- Vastupidav, sest ei lagune niiskuse, pehkimise, hallituse, UV kiirguse või vibratsiooni tagajärjel
 - Madal keskkonnamõju tootmisel
 - Lihtsalt ja täielikult taaskasutatav
 - Ei sisalda formaldehüüde, (H)CFC'i ega muid osoonikihti kahandavaid aineid

Konkurentsivõimeline hind

- Kõige tasuvam soojusisolatsioon

1 Tulekahju: mõjud ja ennetamine

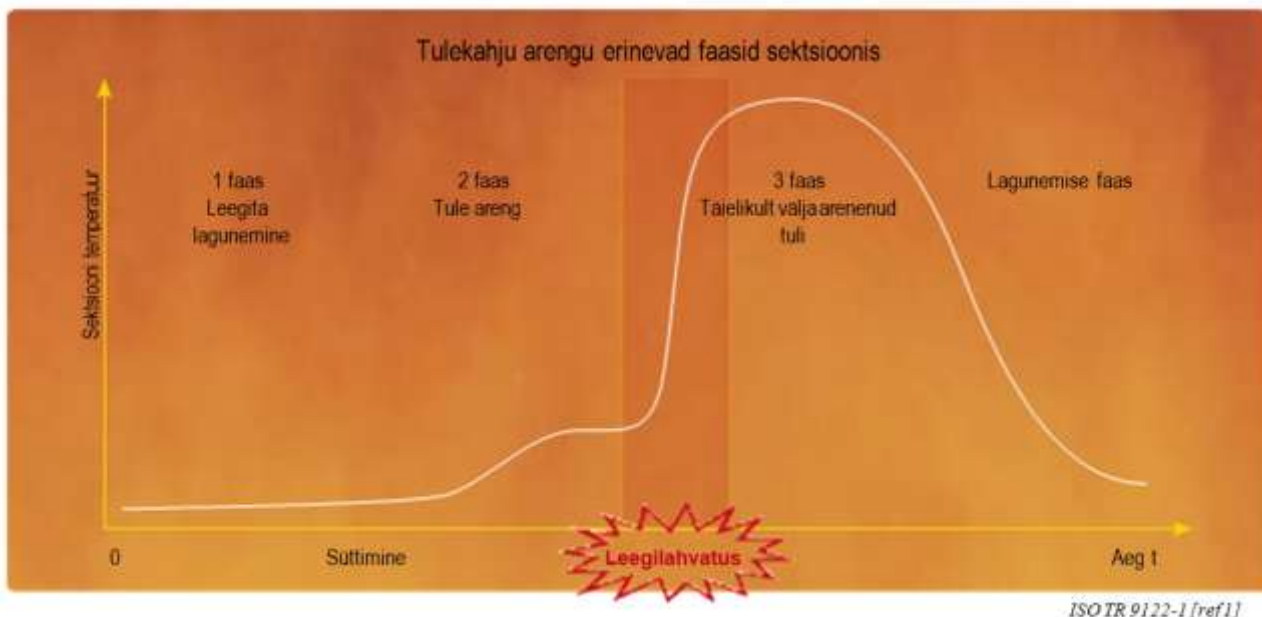
Tuli saab süttida ja põleda vaid juhul, kui on olemas kolm olulist faktorit. Nendeks kolmeks tulekahjukolmnurka moodustavaks faktoriks on põleva materjali, hapniku ja süttimisenergia olemasolu. Reeglina on põlev materjal ja hapnik alati olemas. Kolmanda faktori – süttimisenergia – võib tekitada tahtlikult või tahtmatult näiteks leegi, sädeme, sigareti või elektrijuhtmete lühisega.

1.1 Tulekahju staadiumid

Igapäevaselt normaalsel temperatuuril kasutatava ehitise puhul eksisteerib loomulik tsakaal põleva materjali ja hapniku vahel. Kui aga põlev materjal puutub kokku piisavas koguses energiaga, on see tasakaal moonutatud. Tuli võib süttida ning läbida mitmeid faase: süttimine, kasv/areng, täielikult väljaarenenud tuli ning lagunemine. Tahke materjal ei põle ise otseselt, vaid tekitab kuumenemisel süttivaid gaase. Gaasid on need, mis põlevad. Tulekahju esimeses faasis tekivad ning akumulereuvad süttivad gaasid suhteliselt madalal temperatuuril. Mõne aja pärast võib tulekahju kiiresti edasi areneda: tekkida leegilahvatus. Üha suurenev arv elemente jõuab oma süttimistemperatuurini, seejärel tõuseb temperatuur kiiresti umbes 100°C juurest 750°C kraadini. Akumulereunud gaasid süttivad ning tuli levib üle kogu ruumi. Inimestele põhjustavad temperatuurid üle 45°C ebamugavust, pikaajaline viibimine temperatuuri juures üle 50°C võib kahjustada kopse ning veelgi kõrgematel temperatuuridel ei suuda inimesed kaua vastu pidada.

Peale leegilahvatust jõuab tulekahju oma täissuuruseni ning edasist arengut piirab hapniku olemasolu läbi ventilatsiooni. Peale leegilahvatuse tekkimist on inimeste või ruumis olevate esemete päästmise võimalused minimaalsed tänu temperatuurile, hapniku puudumisele ning kuumuse ja tahma poolt tekitatud materjalikahjustusele. Tuli laguneb lõpuks tänu põleva materjali puudumisele.

EPS hakkab pehmenema temperatuuril ~100°C. See on temperatuur, mille juures on inimesel minimaalne võimalus ellu jääda. Selles tulekahju faasis ei ole hapnikku enam praktiliselt alles ning õhk on mürgine tänu süsihappegaasi ja vingugaasi kõrgele tasemele. Tulekahju kiire arengu faasis, leegilahvatuse ajal, toimub puidu iseeneslik süttimine temperatuuril ligikaudu 340°C ning EPS süttimine temperatuuril ligikaudu 450°C



	Holland	Uus-Meremaa	Lääne-Euroopa	USA	Taani
Hukkunuid (miljoni elaniku kohta)	6,4	9,6	13,3	25,0	14,6
Kahjud (% RKT)	0,20	0,11	0,27	0,35	0,39
Ennetuskulud (% RKT)	0,30	0,18	ei ole teada	0,39	0,49

Kannatanud ja kahjud regiooniti. [viide 2,3]

Seega on inimeste ja materjalide päästmise aeg piiratud tulekahju esimese staadiumiga ning seda sõltumata isolatsioonimaterjalist. Peale leegilahvatust ei ole võimalik tulle jäänud inimesi päästa ning ruumi materiaalne väärtus kaob tõenäoliselt täielikult. Leegilahvatusest alates on kahjude kontroll saavutatav vaid võimaliku tulekahju isoleerimise teel. EPSil on ehitiste sektsioonideks jagamiseks kasutatavate tulekindlate konstruktsioonide juures oma piiratud roll. EPSi võib kasutada kombineerituna teiste tuletõkkematerjalidega vaid sellistes konstruktsioonides, mis täidavad tuletõkkeülesandeid.

1.2 Tulekahju tulemused: kannatanud ja materiaalne kahju

Tulekahju ei ole võimalik täielikult vältida. Ühiskond otsib alati optimaalset tasakaalu ennetavate meetmete maksumuse ning tulekahju tulemuste vahel. Ehitismäärused on selle protsessi peegelduseks. Tänapäevastel ehitismäärustel on tendents liikuda tulemuslikkusel põhinevate määruste poole. Seda on tunnustanud ka Euroopa Liit oma 1988ndal aastal algatatud Ehitustoodete Direktiiviga (CPD), milles mängivad peamist rolli tulemuslikkusel põhinevad kriteeriumid.

Kõrge kahjutaseme põhjused

- Ebapiisavad tulekahjuennetuse meetmed
- Äritegevuse jätkusuutlikkuse kahjude suurenemine seoses tootmisruumide ja varustuse kontsentratsiooniga
- Kallimad ja kaitsetumad tootmisrajatised
- Kergemad, kuid samas suuremad ja keerulisemad, ehitised
- Suuremad tuleseksioonid
- Tulekahjusektsioonide meetmete ja tulekindlate uste ebaõnnestumine
- Kõrge tulekoormus
- Kindlustus ja nõudekäitumine: madalam omarisk ja suurem kate
- Mittevastavus kehtivatele määrustele

Mõned vanemad määrused sisaldavad siiani kirjeldavaid seletusi. Selle näiteks võiks olla isoleermaterjali tulekindluse nõue. Tulemuslikkusel põhinevaks alternatiiviks on tulekahju kriteeriumid ehituselementide puhul, näiteks põranda, seinte, lae või katuse puhul. Tulemuslikkusel põhineva lähenemisviisi tulemuseks on reeglina suurem tuleohutus madalama hinnaga. Selle tõestuseks võib lugeda näiteks Hollandi ja Uus-Meremaa, kus määrused on peamiselt tulemuslikkusel põhinevad. Hollandis on tulekahjudes hukkunud inimeste arvuks 6,4 ning Uus-Meremaal 9,6 inimest ühe miljoni elaniku kohta võrreldes 13,3 inimesega miljoni kohta Euroopas ning 25,0 inimesega USA, kus määrused on peamiselt kirjeldavad.

Lisaks näitab statistika, et tulemuslikkusel põhinevad määrused on efektiivseks lähenemisviisiks tulekahjudest tulenevate kahjude vähendamisel. 0,2% RKTst (RKT-rahvuslik kogutoodang) Hollandis ning 0,11% Uus-Meremaal võrrelduna Euroopa keskmise 0,27 %ga. Ennetuse maksumus Hollandis on ligikaudu 0,3% ning Uus-Meremaal 0,18% RKTst. Sellises riigis nagu Saksamaa, kus tuleohutust puudutavad määrused on peamiselt kirjelduspõhised, kulutatakse 60% rohkem tulekahjude ennetamisele samas, kui esineb 95% rohkem kahjusid ning 128% rohkem tules hukkunud inimesi, kui tulemusliku lähenemisviisiga Hollandis. [viide 2 ja 3]

1.3 Tulekahju vältimise üldpõhimõtted

Kõige suuremat tulekahjust tekkivat finantskulu maailmas tekitavad suured tulekahjud, mille hävitustöö on suurim. See on nii mitmel põhjusel.

Arvestades võimalikke tuleohutusmeetmeid, võib käesolev põhjuste nimekiri aidata kahjusid vähendada:

- **Moodustage sektsioone!**

Arvestage sektsioonide suurust ning sektsioonide sisu väärtust, samuti selle tähtsust jätkusuutlikuks äritegevuseks. Näiteks võib eraldada tootmisruumid nendest, kus hoitakse kaupa. Kontrollige regulaarselt sektsioonideks jagamise meetmete funktsionaalsust. On olemas risk, et sektsioonide seintesse tehakse auke (näiteks ventilatsioonitorude või elektrikaablite jaoks) või tuletõkkeused enam ei sulgu.

- **Professionaalne kvalifikatsioon**

Hea projekteerimine ja üksikasjalik kirjeldus on esimeseks sammuks, kuid professionaalne kvalifikatsioon on vajalik tulemuslikkuse kindlustamiseks. Halb ettevalmistus, ebaõiged materjalid ja tööde ebakvaliteetne teostamine on paljude probleemide allikaks.

- **Vähenda tulekoormust!**

Ehitise tulekoormus koosneb kahest komponendist: staatiline ja muutuv tulekoormus. Ehitamiseks kasutatavate ehitustoodete tulekoormust nimetatakse staatiliseks tulekoormuseks. Tavaliselt on kõige olulisemaks faktoriks muutuv tulekoormus, mis koosneb ehitise sisust. Tulekoormuse vähendamisel tuleb kõigepealt üle vaadata esimesed kaks - ehitise sisu ja ruumi pinnakattematerjalid. Isolatsioonimaterjalid kaetakse tavaliselt pinnakattematerjalide, näiteks kipsi, kivi või terasega ning need aitavad tulekahjule vaid kaasa siis, kui pinnakate on hävinenud. Selleks ajaks on toimunud leegilahvatus ning sektsioon on täielikult kaotatud.

- **Kasutage aktiivseid tuleohutusmeetmeid!**

Suur hulk tulekahjust on süütamise tulemus, seega tuleb mõelda mitte ainult suitsuandurite ja sprinklerite, vaid ka signalisatsiooni, piirdeaedade ja pääspla kaitse süsteemide peale.



Isolatsioonimaterjali tüüp ei ole kõige tähtsamaks faktoriks, - nt 2008nda aasta tulekahju Gamma DIY poes (Holland), mille isolatsioon oli mittepõlevast materjalist.



Detailid on tähtsad! Katusemeistrite hoiatustele vaatamata valiti kõige odavam katusedetail. Tulemuseks – puudust struktuur siittis.

- **Ennetage tuletõkkeuste rikkeid!**

Vastavalt ülemaailmse kindlustusettevõtte Factory Mutual uuringule, mängivad tuletõkkeused negatiivset rolli kahes kolmandikus tulekahjustest. Sektsioonide moodustamine kukub läbi, sest tuletõkkeused on avatud, nt hoiavad kiilud raskeid uksi lahti.

- **Muud ennetavad meetmed**

- Elektripaigaldiste hooldamine. Lühiühendused põhjustavad palju tulekahjusid ning neid on võimalik efektiivselt avastada regulaarse infrapunatermograafilise kontrolli abil.
- Järgige „kuuma töö luba“ poliitikat. Need load sisaldavad reeglina selliseid meetmeid, nagu käsitlekustutid, mobiiltelefonide kättesaadavus ning piirkonna kontrollimine iga tunni aja tagant.
- Vältige süttivate materjalide hoidmist vastu ehitise välisseina. Sellised kaubad on sageli süütamise objektideks ning võivad põhjustada kogu ehitise hävinemise tulekahjus.

1.4 Isolatsiooniga seotud ennetusmeetmed

Kuiigi isolatsioonimaterjal ei ole tulekahju korral harilikult esimene süttiv materjal, on siiski võimalik järgida mõningaid juhtnööre.

- **Kasutage alati kattematerjali.**

Isolatsioonimaterjali tuleb kaitsta mitte ainult tulekahju, vaid ka mehaaniliste kahjustuste, niiskuse ja hallitussente või hõõguva tule eest. Isolatsioonimaterjalide vastupidavus on oma rolli täitmiseks tähtis.

- **Detailid**

Ehitise kvaliteeti mõjutab suuresti arhitekti poolt projekteeritud detailide kvaliteet. Detailide lahendused, erinevate ehituselementide ühenduskohad, on ehitise kvaliteedi elutähtsad faktorid mitte ainult ehitise tulekindluse osas, vaid ka paljude tähtsate ehitustehniliste omaduste jaoks.

- **Mittepõlev EPS**

Enamik Euroopas müüdavatest EPS isolatsioonitoodetest on valmistatud tuld tõkestava lisandiga. Selle peamiseks eesmärgiks on täita määruste ja turu poolt kehtestatud nõudeid. Tulekindel EPS tõmbub süttimisenergia kätte sattudes kuumusest eemale. Soojusallika poolt süüdatuna kustub materjal ise kohe, kui soojusallikas eemaldatakse. Seetõttu ei moodusta tulekindel EPS teed, mida mööda tuli võiks ehitises levida.



Normatiivsed nõuded on riigiti erinevad, kuid paljudel juhtudel on katmata toote tulele reageerimise nõuded vaid formaalseks kohustuslikuks kriteeriumiks. Kui määrus on valdavalt tulemuslikkusele põhinev, nagu CPD, baseeruvad nõuded ehitisel või konstruktsioonelementidel. Hiljutised arengud Euroopa Liidus pööravad tähelepanu just sellele arusaamale ning võimaldavad teostada tulekahjule reageerimise teste standardiseeritud laienemise abil, simuleerides lõppkasutaja rakendusi. Tootjad saavad nii deklareerida klassifikatsiooni tulele reageerimise osas, simuleerides lõpprakendusi, tootesiltidel väljaspool ametlikku CE kasti. EUMEPSi poolt tehtud uuring näitab, et tulele reageerimise klassifikatsioon EPS toodetel standardiseeritud laienemise korral kipsi taga on Euroclass B-s₁d₀. Klassifikatsiooni samad tulemused olid ka EPS puhul profiilterase taga, kus kasutatakse standardiseeritud laienemist simuleerides EPS lõpprakendusena profileeritud terasega sileda katuseplekiga konstruktsioonis. Mõlemal juhul on tulemuseks sama klassifikatsioon, nagu identsel ehitisel mineraalvilla või PIR isolatsiooniga.

1.5 CE-märgistus

Alates 2003nda aasta maikuust on isolatsioonitoodete CE märgistus Ehitustoodete Direktiivi (CPD) järgi kohustuslik. CE märgistust võib vaadata kui „passi” ehituskaupade vabaks liikumiseks Euroopa Liidus. CE märgistuse üheks osaks on toote tulekahjule reageerimise klassifikatsiooni deklareerimine. See klassifikatsioon kehtib katmata toote puhul nii, nagu see on turule tulnud. Katmata EPS puhul on klassifikatsiooniks Euroclass D või E juhul, kui tegemist on tulekindla materjaliga, ning Euroclass F juhul, kui tegu on mittetulekindla materjaliga (kasutatakse sageli pakendamiseks). Tegelikuses näitab see klassifikatsioon vähe selle ehituselemendi käitumise kohta tulekahju puhul, milles isolatsioonitoodet kasutatakse.

Iseloom	Tulekindla EPSi temperatuur	Mittetulekindla EPSi temperatuur
Pehmenemine, kahanemine, sulamine	alates 100°C	alates 100°C
Süttimistemperatuur süüteleegiga	370°C	350°C
Ise süttimistemperatuur	500°C	450°C

2 EPS isolatsioonitoodete käitumine tulekahju korral

Katmata EPS isolatsioonimaterjali käitumine tulekahju korral ei ole eriti tähtis. Reeglina kaetakse materjal muu materjaliga, mis otsustab käitumise tulekahju korral. Isolatsioonimaterjali mõjutab tulekahju vaid siis, kui kattmaterjal vastu ei pea ning selle aja peale ei ole võimalik ehitist või sektsiooni täielikust hävimisest enam päästa. Siiski eksisteerib isolatsioonimaterjali rolli, EPSi tulekahjukäitumise ning suitsu ja selle mürgisuse kohta mitmeid negatiivseid vaeleusaamu.

2.1 EPS isolatsioonitoodete käitumine tulekahju korral

Polüstüreenvaht on tuleohtlik, nagu ka enamused teisi orgaanilisi materjale. Siiski sõltub selle käitumine praktikas materjali kasutustingimustest ning algsetest omadustest. Algsed omadused sõltuvad sellest, kas vaht on tehtud tulekindlast materjalist või mitte. Enamikke EPS isolatsioonitooted on juba aastakümneid tehtud tulekindla kvaliteediga. See on saavutatud materjalile väga väikeses koguses (<1%) tuleaeglusti lisamise teel. Tuleaeglusti polümeriseeritakse molekulaarse struktuurini ning see ei lahustu vees, mis kindlustabki selle, et ükski tuleaeglusti ei imbu materjalilt keskkonda. Uuringud näitavad, et tuleaeglustusefekt toimib aastakümneid [viide 10].

Tulekindla EPSi käitumine tulekahju korral on oluliselt erinev mittetulekindla EPSi omast. Kuuma käes kahaneb tulekindel EPS soojusallikast eemale. Materjali süttimise tõenäosus on märkimisväärselt väiksem ning keevitamisel tekkivad sädemed või sigaretid materjali reeglina ei süüta. Tuleaeglusti teiseks efektiks on see, et lagundained põhjustavad leegi sumbumist: leek kustub kohe, kui eemaldada tuleallikas.

Mõju illustreerib selgelt demonstratsioon, mille käigus põletatakse põleti abil auk suure EPS ploki sisse. Leek kustub kohe, kui põleti eemaldatakse.

Reageerimist tulekahjule tuleb hinnata mitte materjali või toote järgi, vaid ehituselemendi või konstruktsioonelemendi tasemel (arvestades ka tööde teostust). Peamiseks projekteerimisreeglis EPS ja teiste isolatsioonimaterjalide puhul on mitte kunagi kasutada katmata materjali. Kuna EPS ei tohi kunagi olla materjal, mille pealispind on tule poole, siis on materjali või katmata EPS toote tuleklassifikatsioon vaid formaalse tähtsusega. Tulekahjukäitumist otsustavaks kihiks on konstruktsiooni pinnakiht, mis on tule suunas ning katab EPS isolatsioonimaterjali. EPS isolatsiooni ja spetsiifiliste katekihtide kombinatsiooni kasutamisega on võimalik alati projekteerida tuleohutusnõudeid täitev konstruktsioon. Õigesti kasutatud ja paigaldatud EPS ei mõjuta tulekahju esinemist ja arengut ehitises.

EPSi suurepärasest käitumisest ehitises kinnitavad ka hiljutised EUMEPS uuringud. Testid vastavalt standardile EN 13501-1 andsid kipsi ja terasega kaetud EPS lahenduste kohta ansid tulemuseks B-s₁d₀ klassifikatsiooni. Selle klassifikatsiooni suitsu osa s₁ on parim võimalik klassifikatsioon konstruktsiooni jaoks, mis tähendab, et tekkinud suitsu kogus on vähene või puudub üldse.





2.2 Kütteväärtus

Põleva materjali poolt toodetud kuumus on üheks faktoriks, mis otsustab tulekahju arenemise. Seetõttu on tulekoormus sageli üheks määruse kriteeriumiks, mida tuleb projekteerimise faasis arvestada. EPS kütteväärtus ühe kilogrammi kohta on 40 MJ/kg, so. kaks korda kõrgem, kui puidu 20 MJ/kg. Tüüpilise kasutustiheduse 15-20 kg/m³ korral koosneb 98% EPSi mahust õhust, ning selle tulemuseks on vähene panus üldisesse tulekoormusesse. EPS on soodne ka teiste isolatsioonimaterjalidega võrreldes [viide 4]. EPSi panus bituumenkattega kõige tavalisema lamekatuse konstruktsiooni tulekoormusesse on ligikaudu 10 % [viide 4]. Juhtumiuuring näitas, et toidukaupluste keti laohoone puhul oli EPSi lamekatusepaigalduse üldiseks tulekoormuseks 3% [viited 6 ja 12]. EPSi väljavahetamine teise isolatsioonimaterjali vastu ei anna tulekoormuse osas mingeid muid tulemusi.

2.3 EPSi põlemisel tekkiva suitsu toksilisus

EPSi panus suitsu ja toksiliste gaaside tekkimisse sõltub isolatsioonimaterjali kogusest ja selle tihedusest. Selle panuse suhtelise tähtsuse määrab EPSi osa tule kogukoormuses. Nagu eelnevalt mainitud, on EPSi ja teiste isolatsioonimaterjalide panus tulekoormusesse üldjuhul väga madal, umbes 3% laohoone uuringu järgi [viide 6].

Veelgi enam, EPS isolatsioon on tavaliselt kaetud mõne pinnakattematerjaliga (kips, kivi, puit või teras), mis kaitsevad EPSi tulekahju esimeses faasis. Konstruktsiooni pind kuumeneb peale tulekahju süttimist. Seejärel voogab kuumus läbi konstruktsiooni. Kui kuumus jõuab selles konstruktsioonis oleva EPSini, ei lähe materjal mitte põlema, vaid kahaneb kuumusest eemale ning lõpuks sulab. EPS panustab tulekahjusse ning toodab suitsu ja põlemisgaase vaid siis, kui pinnakattematerjal täielikult läbi põleb ning sulanud EPS satub otsesesse kokkupuutesse leekidega. Harilikult tarbib tuli ära vaid osa sulanud EPS materjalist jättes peale tulekahju ülejäänud tahkestunud vaiguks.

1980ndal aastal uuris TNO EPSi põlemissuitsu toksilisust. Tulemused näitasid, et EPS tootis oluliselt vähem toksilisi aineid, kui sellised naturaalsed materjalid, nagu puit, vill või kork [viide 13]. EPS on puhas süsivesinik (C₈H₈), mille lagunemisel tekib CO, CO₂ ja H₂O.

EPSis kasutatava tuletõkesti mõju on äärmiselt vähene, sest soovitud mõju saavutatakse koormusel kõigest 0,5 kuni 1,0% aine lisamisega. Samas on mõne muu materjali puhul vaja tuletõkesti sisaldust kuni 30%. Tuletõkesti mõju toksilisusele on seetõttu EPS puhul minimaalne.

Materjal	Soojusjuhtivus λ (W/mK)	Tihedus ρ (kg/m ³)	Kütteväärtus H (MJ/kg)	Tulekoormus/m ³ Q_v (MJ/m ³)	Tulekoormus/m ² identne R-väärtusega Q (MJ/m ²)
EPS	0,035	20	39,6	792	92
XPS	0,040	32	39,6	1.267	169
MW	0,045	170	4,2	714	107

Prager [viide 8] näitab mitme enamlevinud isolatsioonimaterjali panust tulekoormusesse.

EPSi ja erinevate „looduslike” materjalide suitsuaurude toksilisus.

Näidis		Eraldunud fraktsioonid (v/v) ppmides erinevatel temperatuuridel			
		300°C	400°C	500°C	600°C
EPS (standardne toode)	Suitsugaas tulekahjus	300°C	400°C	500°C	600°C
	Süsinikoksiid	50*	200*	400*	1,000**
	Monostüreen	200	300	500	50
	Muud lõhnaühendid	fraktsioonid	10	300	10
	Vesinikbromiid	0	0	0	0
EPS-SE (tulekindel toode)	Süsinikoksiid	10*	50*	500*	1,000*
	Monostüreen	50	100	500	50
	Muud lõhnaühendid	fraktsioonid	20	20	10
	Vesinikbromiid	10	15	13	11
Kuuse- või männipuit	Süsinikoksiid	400*	6,000**	12,000**	15,000**
	Lõhnaühendid	-	-	-	300
Laastplaat	Süsinikoksiid	14,000**	24,000**	59,000**	69,000*
	Lõhnaühendid	fraktsioonid	300	300	1,000
Paisutatud kork	Süsinikoksiid	1,000*	3,000**	15,000**	29,000**
	Lõhnaühendid	fraktsioonid	200	1,000	1,000

Märkused: Testimise tingimused spetsifitseeritud standardis DIN 53 436; õhu voolukiirus 100 l/h; 300mm x 15mm 20mm testnäidiseid võrreldi tavapärasest lõppkasutuse tingimustes. * miilamine/höögumine ** leegina – ei avastatud

APME uuring vastavalt standardile DIN-53436

APME laiaulatuslik uuring, mis teostati vastavalt DIN-53436 standardile, temperatuuridel 330 – 600 °C näitas, et tuletakistusega EPS eraldab vähem toksilisi gaase, kui looduslikud materjalid ning ei eralda selliseid gaase, nagu kloor ja tsüaniid [viide 11]. EPS põleb suhteliselt puhtalt.

2.4 Suitsu varjutusomadused

Suitsu üheks mõjaks on toksilisus ja valguse neelamine. Valguse puudumine muudab ruumist väljumise tulekahju ajal raskeks. Suitsu tekkimine on kindla tähtsusega materjalide puhul, mida kasutatakse väljapääsuteedel. Standardsetes ehitistes on evakuatsiooniaeg umbes pool tundi. Konstruktsiooni käitumine suitsu eraldamise suhtes ei ole peale selle aja möödumist reeglina enam olulise tähtsusega. Tavaline on, et EPS on kaetud sellise pinnakatematerjaliga, nagu kips, kivi, puit või teras. Need materjalid kaitsevad EPSi

tulekahju faasis. Vastavalt EN 13501-1 standardile teostatud testides saavutavad paljud konstruktsioonid B-s₁d₀ klassifikatsiooni. Suitsu eraldamise puhul on s₁ klassifikatsioon parim võimalik. Vahetult põledes eraldab EPS märkimisväärses koguses rasket tumedat suitsu, mille hulk on otseses seoses kasutatud massiga.

Seega, soovitatud lahendustes õigesti kasutamise korral ei panusta EPS tulekahju levikuisse ning tekitab vähe suitsu ja mürgiseid gaase. Isolatsioonimaterjali valik ei mõjuta märkimisväärselt tulekahjus tekkivate mürgiste gaaside ja suitsu kogust.



3 EPS isolatsioonitoodete tuleohutus ja kindlustus

Mõned kindlustusettevõtted pakuvad erinevat ehitise kindlustusmaksset sõltuvalt kasutatavatest isolatsioonimaterjalidest. Sellisel praktilisel puudub statistiline alus. Kindlustusettevõtete otsused peaksid põhinema kindlatel faktidel ja tõenditel. Faktid kõnelevad enda eest ise.

3.1 Suurte tulekahjude analüüs (kahju suurem kui 1 miljon eurot)

Väikeste ja suurte tulekahjude puhul spekulieritakse palju nende põhjuste üle. See on subjektiivne ning sõltub tulekahjuga seotud inimeste arusaamadest, asjatundlikkusest või ärihuvidest.

Hollandis tehtud uuring suurte tulekahjude põhjuste kohta viis järgmistele tulemustele:

- **Ehitise tüüp**

Enamik tulekahjudest leidis aset koolides, tööstuslikes ja avalike kokkusaamiste jaoks mõeldud ehitistes. Hiljutiste määruste kohaselt ehitatud tänapäeva hooned kipuvad vanadest hoonetest olema marginaalselt vähem tuleohtlikud. Enam kui pooli hooneid ei ole kolme viimase aasta jooksul tuletõrje poolt inspekteeritud, kuigi 87% juhtudest soovitati inspekteeritud hooneid parendada.

- **Sektsioonid**

Kõikidel hoonetel olid mingis koguses sektsioonid, kuid vaid 62% juhtudest oli see tuletõrjajatele teada, kes seejärel said vastavalt ka oma tulekustutustaktikat kohandada. 30% juhtudest ei olnud sektsioonide tekitamine õnnestunud ning sellest 50% seoses isesulguvate tuletõkkeuste riketega.

- **Tulekahju tekkimise aeg**

Enamik tulekahjudest süttisid väljaspool hoone tavapäraseid lahtiolekuaegu: kella 18:00 ja 09:00 vahel.

- **Tulekahju kustutamine**

Tuletõrjujad saabusid sündmuskohale aktsepteeritava aja jooksul peale tulekahjust teatamist. Umbes 5% juhtudest esines probleeme tulekahjuni jõudmisega ning 5% oli probleemiks vee kättesaadavus tulekahju kustutamiseks. 13% juhtudest ei õnnestunud tuletõrjajatel vältida tule levikut naaberhoonetele. Kahel kolmandikul juhtudest püüdsid tuletõrjujad esmalt tulega võidelda hoone seestpoolt.

- **Tulekahju põhjus**

Paljude tulekahjude põhjuseks oli rike seadmetes või seadmete vale kasutamine (25%) või süütamine (23%). Tegelikuses on mõlema põhjuse protsentuaalne osakaal ilmselt palju suurem, sest 40% tulekahjude põhjused on jäänud selgusetuks.



3.2 Isolatsiooni roll tulekahjus

Objektiivne analüüs näitab, et isolatsioonimaterjali mõju tulekahju tekkimisele ja arengule on marginaalne. KPMG poolt valideeritud sõltumatu uuring isolatsioonimaterjali rollist rohkem kui 40ne suure Hollandi tööstusliku tulekahju põhjustes ja arengus teostati hästituntud Hollandi instituutide TNO ja BDA poolt (viited 15, 16, 17, 18). Uuringut alustati aastal 2002 ning see käib siiaani. Järelduseks on, et EPS ei panusta nende tulekahjude tekkimisse ega arengusse. On selge, et puudub tõestatud suhe isolatsioonimaterjali tüübi ning tulekahjus tekkinud kahjude vahel. Soodustavad faktorid on identifitseeritud ning nende hulgas on: hooletus tuletöödel, puuduvad tulekustutusvahendid ning ehitise sisu tuleomadused.

Berliini Filharmoonia tulekahju 2008ndal aastal kirjeldab hästi, kuidas hooletus tuletöödel võib põhjustada tulekahju sõltumata kasutatud isolatsioonimaterjali tüübist. (Vt. fotod paremal ja detailid all)



4 EPS RAKENDUSTE TULEOHUTUS

Käesolevas peatükis kirjeldame mitmeid tuleohutuid EPS rakendusi. Õigesti kasutatud ja paigaldatud EPS ei mõjuta tulekahju tekkimist ega arengut ehitises. Pinnakattematerjaliga kaetuna ei ole EPS kunagi kihiks, mis on otseselt tule poole ning ta ei mõjuta tule käitumist ehitises. Peaaegu alati on võimalik projekteerida konstruktsioon, kus EPS täidab kõik nõuded, kaasa arvatud tuleohutusnõuded.

4.1 Tuleohutud põrandad ja vundamendid EPSi abil

EPSi kasutatakse sageli isolatsioonina betoonpõrandate all või vundamendis hallituse vältimiseks. EPS isolatsioon tõstetud põrandate all, näiteks esimese korruse kasutamisel parklana, ei ole soovitatav juhul, kui EPS on katmata. Katmata kasutus on aktsepteeritav madala keldriruumi korral.

4.2 Tuleohutud seinad EPSi abil

Seinakonstruktsioonid on ideaalseks näiteks selle kohta, miks toote või materjali nõuded peaksid baseeruma ehituselemendi vastupidamisel ning mitte kirjeldusel. EPS on suurepärase isolatsioonimaterjali sein sisepindade jaoks, seinakonstruktsioonide sisemiste osade isoleerimiseks, välise termoisolatsioonisüsteemide (ETICS), või selliste eeltöödeldud komposiitpaneelide jaoks nagu struktuuralsed isolatsioonipaneelid (SIPS) või terasest kihtpaneelid.

Kõikide nende näidete puhul on EPS isolatsioon kaetud mitteorgaanilise või metallist pinnakattekihiga. Need kihid võimaldavad täita kõik nõuded

tulepüsivuse ja vastupidavuse osas sõltuvalt kasutatud materjalist. EUMEPSi poolt teostatud testid näitavad, et vaid 9 mm kipsikihiga seinakonstruktsiooni klassifikatsioon on B-s₁d₀ [viide 21]. Tavaliselt ei ole kihilise seinakonstruktsiooni puhul, mille sisesein on kivist, testid nõutavad [viide 20].

Austria katseinstituutide, tulepolitsei ning Austria linna Grasi tuletõrjajate poolt teostatud testid tõestasid, et EPS ETICS jaoks toimib suurepäraselt. ETICS võib tulereaktsiooni klassifikatsiooniks saavutada tulemuse B-s₁d₀ ning täiemahulised testid kinnitavad neid tulemusi [viide 25]. Poola tuletõrjeorganisatsiooni poolt teostatud 175 tulekahju laiaulatuslik statistiline uuring näitas, et EPSi kasutava ETICSi puhul oli tulekahju esinemissagedus proportsionaalne EPSi turuosaga, sama kehtis ka mineraalvilla puhul [viide 26].

4.3 Tulekindlad EPS kihtpaneelid

Laiaulatuslikud uuringud on läbi viidud ka metallist sandwich-paneelide tuleklassifikatsiooni kohta [viited 19 ja 20]. Need selgitavad, et klassifikatsiooni ei määra mitte põhimaterjalid, vaid metalli välispinnal olev kattematerjal. See kattematerjal kaitseb metalli korrosiooni eest ning annab hoonele värvi. Näiteks, kui pinnakihiks on 50 mikroni paksune polüesterkate (andes metallplaadile vaid kerge kaitse), on klassifikatsiooniks tõenäoliselt Euroclass B. Kui aga kasutatakse paksemat ja paremat kaitset pakkuvat 200 mikronilist plastisol katet, on klassifikatsiooniks tõenäoliselt Euroclass C. Neid tulemusi kinnitavad "Eraldi asetseva ruumi nurgatestid" (analoogne ISO 13784-ga). Testid näitasid, et leegilahvatust ei esine EPS sisuga metallist sandwich-paneelide puhul, mille ühendusdetail on hästi projekteeritud [viide 23].



Association of British Insurers (ABI, *Briti Kindlustajate Assotsiatsioon*) poolt väljastatud raportis teadvustatakse, et toiduainetetööstuse või külmuhoonete puhul tuleb hügieeni silmas pidades eelistada muudele lahendustele plastiksiga vahtu. Ühtlasi öeldakse raportis, et „kihtpaneelid ei süüta tulekahju” ning õigete tuleohutusmeetmete abil on võimalik rahuldavalt kontrollida toiduainetetööstusega seotud riske. Tuletööde piirkonnas (praepannid jms) tuleb tarvitusele võtta erilised meetmed ning erilist ettevaatust tuleb rakendada seal, kus elektri kaablid kulgevad läbi paneelide, sest metallkorpused võivad kaablite elektriisolatsiooni rikkuda (sõltumata isolatsiooni tüübist!).

EPS metallist kihtpaneelide tulekahjukäitumise kohta võib teha järgneva kokkuvõtte:

- Ei sõltu põhimaterjalist, kõikide plastisol kattega metallist kihtpaneelide Euroclass on sama: B.
- Võrdlev uuring näitab, et SBI testide tulemused on täielikus kooskõlas suurema ning seetõttu kallima ruumi nurgatega, ISO 9705 [viide 19].
- Erinevused testitulemustes metallist kihtpaneelide puhul EPS sisuga on minimaalsed, kui võrrelda neid muude sisumaterjalidega,
- Kihtplaatide tulekahjustuste tulemuste puhul on äärmiselt tähtsad ühendusdetailid ning paigaldus- ja kinnitusedetailid.

4.4 EPSiga isoleeritud tulekindlad metallkarkassid

Tuletööd katustel on märkimisväärse arvu tulekahjude põhjusteks. Nende katusekahjude analüüs viis järelduseni, et peamised tulekahjude tekkimise põhjused on lahtiste põletite kasutamine detailide lähedal. Lamekatuse ja vertikaalse seina ühenduskohas puudub katuseehitajal selge teave seinas kasutatavate materjalide kohta. Renoveerimise ajal võib kogunenud tolm hõlpsalt süttida. Detailid veeäravoolude või ventilatsioonikanalite ümber on samuti kurikuulsad tulekahjude põhjustajad. Mitmed muutused aitavad tulekahjude arvu vähendada. Kindlustusettevõtted nõuavad üha rohkem tuletööde lube ning sedalaadi töödega on seotud ranged protseduurid. Samuti arendatakse edasi soovitusi muuta detaile ning isekleepuvate membraanide kasutamist põletiga paigaldatavate membraanide asemel, mille puhul esineb märkimisväärne tuleoht

[viide 27]. Seega on peamiseks mureks tuletööd kombineerituna detailidest tuleneva ohuga, mitte isolatsioonimaterjalid. Mõlemad saab ja tuleb tööstuste poolt lahendada selleks, et muuta lamekatused ohutumaks kohaks.

Euroopa välitulekahjude klassifikatsioonisüsteem EN 13501-5 viitab neljale erinevale ENV 1187 standardi nimetatud meetodile. Iga meetodi jaoks on võimalik lihtsalt projekteerida tuleohutusnõuetele vastav konstruktsioon EPS isolatsiooniga. Harilikult on ehitusse täiendavalt lisatud klaasvilla kiht. Katusekonstruktsiooni testimine on reeglina katusekattematerjali tootja ülesandeks. Praktiliselt kõik tänapäeva veekindlad katusematerjalid on testitud kombinatsioonis EPSiga, sest katusematerjali tootja soovib ära kasutada EPSi suurepärase kvaliteeti lamekatuse isoleerimismaterjalina tänu selle vastupidavusele, käimiskindlusele, mitte vananemisele ja hinnale.

Paljud tänapäevased tööstushooned valmistatakse vähekaaluvatest teraskonstruktsioonidest. Mõnikord on selliste ehitiste tuleohutus küsimuse all ning isolatsioonimaterjalist saab üks vaidluse osa. Reaalses elus on sageli eesmärgiks ehitada võimalikult suur hoone võimalikult vähesel rahal eest ning tugevaks argumendiks saab hind versus tuleohutus. Teraskonstruktsioon ilma igasuguse kaitsva pinnakattematerjalita täidab selle kriteeriumi. Kui tuli puhkeb sellise ehitise sektsioonis ning areneb välja tulekahjuks, on ehitise see osa täielikult kaotatud. Kümne-kahekümne minutiga võib teraskonstruktsioon kokku kukkuda ning tuletõrjujad ei saa hoonesse siseneda. Milline on selle stsenaariumi puhul isolatsioonimaterjali roll? Aus vastus on, et roll on suhteliselt ebaoluline.



EPS tööstus on käivitanud uuringu, et selgitada välja erinevate isolatsioonimaterjalide käitumine sellistes kergetes teraskonstruktsioonides [viide 12]. Selle uuringu järeldusena selgus, et EPS puhul levib tuli ehitise seest katuse pinnale ligikaudu 20 minutiga. Teiste isolatsioonimaterjalide puhul võib see aeg olla 10 - 20 minutit pikem. Arvestades, et konstruktsioon peab harilikult vastu 10-20 minutit enne, kui leegid läbi katuse levivad, on selle asjakohasus küsitav. Veelgi enam – kui katus ei ole täies mahus projekteeritud vastavalt tõestatud tulekindlusele, ei ole selle kõik detailid tulekindlad. Praktilised kogemused näitavad, et tulekahju ei levi katusele läbi konstruktsioonide, vaid läbi selliste detailide, nagu katusevalgustus, veeäravool, ventilatsioonitoru, aken seinas jne. Kui tuli on juba katusele jõudnud, näitavad intsidendiraportid tule edasist levikut kiirusega kuni 4 m/min sõltuvalt ilmastikuoludest.

On fakt, et EPS termoplastikust isolatsioonil on positiivne kõrvalmõju tulekahju korral. EPS kahaneb soojusest eemale ning taastab oma algse tahke graanulivormi kaotades sellega oma isoleerivad omadused. Seetõttu jõuab tule poolt eraldatav kuumus välja läbi katuse. Tänu sellele on leegilahvatuse aeg ning aeg enne teraskonstruktsiooni kokkuvarisemist pikem. Seega on tuletõrjujatel rohkem aega kaitsta naaberseksioone [viide 12].

Konstruktsioonide tulekahjukäitumise analüüsid ei arvestata sageli niiskustõkete ning korrosioonikaitsekihtidega. Siiski soovitatakse sageli kasutada bituumenist niiskustõkkeid, sest need on kõige efektiivsemad ja usaldusväärsemad niiskustõkked. Muud kerged niiskustõkked, nagu PE kile, on hõlpsalt rebenevad ja lahtitulevad. Ebausaldusväärne niiskustõke võib lamekatustel viia selliste tõsiste probleemideni,



nagu isolatsiooniväärtuse vähenemine niiskuse tõttu, survetugevuse kadu ja lekked tänu mehaanilise kinnitite katuseläbistusele siis, kui katusel kõnnitakse. Niiskustõkked ning korrosioonikaitssed mõjutavad olulisel määral katuse tulekäitumist.

Sageli ei pöörata tähelepanu ka sellele, et termoplastist isolatsioonimaterjal võib kahaneda ning peale tõsist tulekahju kasutuks muutuda, kuid muud isolatsioonimaterjalid tuleb samuti täies mahus välja vahetada. Miks? - Sest suitsu läbiimbunud lõhna ei ole võimalik eemaldada. Võite õhutada kui tahes kaua – see ei aita!

Seega võib järeldada, et isolatsioonimaterjal ei mängi otsustavat rolli tulekahju arengus teraskonstruktsiooniga kergehitistes. Kui tulekahju saab alguse mõnes sellises sektsioonis, võib kogu sektsiooni reeglina kaotatuks lugeda ning seda kui mitte tule tõttu, siis suitsu ja hõljuva terava lõhna tõttu.



Ehitusprojekt on tähtis, et leida õige tasakaal suurte sektsioonide kasu- ja kahjutegurite vahel. Ühelt poolt on suuremad sektsioonid odavamad ehitada ning neil on logistiline kasutegur, kuid samuti on suuremad riskid ning kindlustusmaksed. Teisalt on väiksemad sektsioonid ebamugavad ning ennetuse maksumus on kõrgem. Sektsioonide tegemine on tuleohu haldamise juures võtmeteguriks. Tule- ja suitsukindluse maksimeerimiseks tuleb kasutada end tõestanud konstruktsioone ja detaile. Projekt on tähtis, kuid tähelepanu tuleb pöörata ka ehituse ja hoolduse faasidele.

EUMEPSi poolt ülesandeks tehtud ja TNO/Efectis ning Warrington Fire Gent poolt teostatud uuring puudutas EPSi reageerimist tulekahju korral metallkarkassides

vastavalt standardile EN 13501-1. Uuringu tulemuseks oli Euroclass B-s₁d₀ klassifikatsioon. Vaatamata d₀ klassifikatsioonile, mis on parim võimalik klassifikatsioon arvestades põlevate tilkade tekkimist, tekib siiski küsimus sulava EPSi tilkade kukkumisest alla mööda metallkarkassi ühenduskohti tulekahju ajal. Kas sellised tilgad võivad viia tule levikuni? Kui tulekindel EPS satub tule kätte, kahaneb see eemale. Materjali veelgi soojendades hakkab see sulama ning võib tilkuda. Need tilgad aga kustuvad kohe, kui need puudutavad maapinda ning jahtuvad. Testid näitavad, et need tilgad ei süüta isegi tualettpaberit. Kui tilgad kukuvad piirkonda, mis juba põleb, ei jahtu need maha ning põlevad edasi. Võimalus, et tuletõrjuja või mõni teine isik saab EPS tilkade kukkumise tulemusel vigastada, on äärmiselt väike.

5 Järeldused

Tuleohutus on hoone projekteerimisel üheks tähtsaimaks nõudeks ning seda ei tohi ohtu seada. Tuleohutust silmas pidades on isolatsioonimaterjali roll sageli üle hinnatud. Käesolev dokument näitab, et on täiesti võimalik projekteerida hoonet EPSi kui isolatsioonimaterjaliga ning täita ühtlasi kõik tuleohutust puudutavad isolatsiooninõuded.



VIITED

- [1] *International Standardisation Organisation (ISO), Technical Report 9122-1*
- [2] 3231, *World fire Statistics, GAIN, nr 19, 2003*
- [3] 3232, *VIB, "Aktuelle Brandschutzkonzepte", Schneider e.a., TU Wien, april 2000*
- [4] 3157, *ROOFS, "De vuurbelasting van een dak", Appels, Chr., september 2002*
- [5] 3230, *"Impact on Insurance", Battrick, P. FM Global, presentatie oktober 2001 Luxemburg*
- [6] 3172, *ASPO presentatie 26-01-2001, Las, H.E.*
- [7] 3204, *EUMEPS APME TR 01/2000 "testing naked EPS", november 2000*
- [8] 2839, *"Research in the causes of fire", Prager, F.H., Cellular Polymers nr. 20-3 / 2001*
- [9] 3184, *"Omsetting Euroklassen", Mierlo, R. van, TNO, augustus 2001*
- [10] 2719, *"Long term fire behaviour of EPS B1 and B2", APME TD 99/01, februari 1999*
- [11] 3167, *Fire behaviour of EPS, APME september 2002*
- [12] 0110, *"Brandgedrag geïsoleerde stalen daken", TNO, Sorgman, H., februari 1987*
- [13] 0514, *"Gifigheid van gassen bij verbranding EPS", Sorgman, H., TNO, juni 1980*
- [14] 2010 t/m 2013, *"Rookproductie EPS 15/20, -N/-SE", TNO, januari 1998*
- [15] 2798 t/m 2959, *casuïstiek I, BDA, 2001-2002*
- [16] 3055, *TNO, o.a. 2004/CVB-B0336/RNP/TNL*
- [17] 3210, *TNO, o.a. 2004/CVB-B0833/NSI/TNL*
- [18] 3414, *2004 TNO-CVB-R0310*
- [19] 3189, *Euroclasses of EPS/Gypsum, "doublage", APME/EUMEPS, september 2004*
- [20] 2965, *"Onderzoek sandwichpanelen", Langstraat, W., TNO, maart 2002*
- [21] 2966, *2001 TNO-CVB-B04432*
- [22] 3166, *ABI, Fire performance of sandwich panels*
- [23] *TNO rapport 2004-CVB-R0076, Paap, F., maart 2004*
- [24] 0857, *"Bevordering brandveilig werken", BDA/SBR rapport, november 1990*
- [25] *Grossbrandversuch der Graser Feuerwehr, september 2007*
- [26] *Analysis of the response of thermal insulation to fire, fire hazard identification office, Poland, march 2004*
- [27] *NVN6050 Eisen aan ontwerp en detaillering voor brandveilig werken aan daken, september 2006*



Weertersteenweg 158
B - 3680 Maaseik
Belgia
www.eumeps.org