



**Universiteti Politeknik i Tiranës
Fakulteti i Inxhinierisë Matematike dhe Inxhinierisë Fizike
Departamenti i Inxhinierisë Fizike**

DISERTACION

PËR MARRJEN E GRADËS SHKENCORE “DOKTOR”

**Eko Betoni - Studim mbi përdorimin e Hirit të TEC-it Kosovë (Fly Ash) si shtesë
në prodhimin e betonit, aspekti fizik, inxhinieriko-ekonomik dhe impakti mjedisor
në zvogëlimin e CO₂**

**Kandidati:
Mevlan Qafleshi**

**Udhëheqësi shkencor:
Prof.Dr. Lulezime Aliko**

Tiranë, 2016



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE**

DISERTACION

Paraqitur nga:

Mevlan QAFLESHI

për marrjen e gradës

“DOKTOR I SHKENCAVE”

TEMA:

Eko Betoni - Studim mbi përdorimin e Hirit të TEC-it Kosovë (Fly Ash) si shtesë në prodhimin e betonit, aspekti fizik, inxhinieriko-ekonomik dhe impakti mjedisor në zvogëlimin e CO₂

Udhëheqës:

Prof. Dr. Lulezime ALIKO

Tiranë, 2016



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE

DISERTACION

Paraqitur nga:

Mevlan QAFLESHI

për marrjen e gradës

“DOKTOR I SHKENCAVE”

TEMA:

Eko Betoni - Studim mbi përdorimin e Hirit të TEC-it Kosovë (Fly Ash) si shtesë në prodhimin e betonit, aspekti fizik, inxhinieriko-ekonomik dhe impakti mjedisor në zvogëlimin e CO₂

Mbrohet më datë: ____ / ____ / 2016, para Komisionit të përbërë nga:

- | | | |
|------------------------------------|-------|-----------|
| 1. Prof.Dr. Partizan MALKAJ | _____ | (Kryetar) |
| 2. Prof.Dr. Tatjana MULAJ | _____ | (Oponent) |
| 3. Prof.Dr. Teuta DILO | _____ | (Oponent) |
| 4. Prof.Dr. Fatos KLOSI | _____ | (Anëtar) |
| 5. Prof.Dr. Antoneta DEDA | _____ | (Anëtar) |

Përmbajtja

<i>Falënderime</i>	<i>viii</i>
<i>Abstrakt</i>	<i>ix</i>
<i>Lista e figurave</i>	<i>x</i>
<i>Lista e tabelave</i>	<i>xi</i>
<i>Hyrje</i>	<i>xii</i>

KAPITULLI 1 1

1 HIRI I TERMOCENTRALEVE 1

1.1 Hiri i Termocentralit si mbetje e ngurtë industriale, Rasti i Kosovës 1

1.2 Sasia e prodhimit të Hirit nga Termocentralet e Kosovës..... 6

2. Impakti i prodhimit të çimentos në Kosovë në emetimin e CO₂ 8

KAPITULLI 2 13

2 HISTORIKU I PËRDORIMIT DHE STANDARDIZIMI I HIRIT TË TEC-IT 13

2.1 Përdorimi dhe standardizimi i Hirit të TEC-it në SHBA 13

2.2 Përdorimi dhe standardizimi i Hirit të TEC-it në Europë 13

2.3 Gjenerimi dhe konsumi i Hirit të TEC-it në Kosovë krahasuar me vendet tjera
nëpër botë 16

KAPITULLI 3 18

3 ANALIZA KIMIKE-MINERALOGJIKE, VETITË DHE KLASIFIKIMI I HIRIT NGA TERMOCENTRALET E KORPORATËS ENERGJETIKE TË KOSOVËS (KEK)..... 18

3.1 Analiza kimike-mineralogjike e Hirit të Termocentralit Kosova B 23

3.1.1 Reaksioni i hidratimit të çimentos Portland 23

3.2 Klasifikimi i hirit sipas standardeve EN 450-1 dhe ASTM C618 24

3.3 Karakterizimi dhe analizimi i përbërjes kimike sipas standardit EN 450-1 25

3.3.1 Përmbajtja e karbonit në Hirin e TEC-it (Humbja në përcëllimë)..... 25

3.3.2 Oksidi i kalciumit 26

3.3.2.1 Oksidi i kalciumit në gjendje të lirë 26

3.3.2.2 Oksidi i kalciumit reaktiv..... 27

3.3.3 Sasia e përgjithshme e Silicas, Aluminas dhe oksidit ferrik..... 27

3.3.3.1 Dioksidi i silicit reaktiv..... 27

3.3.4 Përmbajtja e alkalieve të shprehur si ekuivalent i Na₂O 28

3.3.5 Oksidi i magnezit 28

3.3.6 Oksid sulfuri 29

3.3.7 Fosfatet e tretshme (P₂O₅) 29

3.3.8 Përmbajtja e klorureve (e shprehur si Cl-)	29
3.4 Konsistenca standarde dhe koha e lidhjes së brumit Çimento+Hi TEC-i.....	30
3.4.1 Përcaktimi i konsistencës së brumit të çimentos dhe çimento+hi TEC-I	30
3.4.2 Përcaktimi i kohës së lidhjes (ngrirjes)	32
3.4.2.1 Koha e fillimit së lidhjes.....	33
3.4.2.2 Koha e mbarimit së lidhjes.....	34
3.5 Vlerësimi i rezultateve të fituara eksperimentale	34
3.6 Përcaktimi i përhershmërisë vëllimore të përzierjes çimento-Hi TEC-i.....	36
3.6.1 Metoda e testimit dhe rezultatet.....	38

KAPITULLI 4..... 40

4 PROJEKTIMI DHE PËRGATITJA E PËRZIERJEVE TË BETONEVE TË ZAKONSHME DHE ATYRE ME HI TË TEC-IT SI ZËVENDËSUES I ÇIMENTOS PORTLAND	40
4.1 Përzierjet e betoneve dhe pjesëmarrja e përbërësve në betonet e projektuara	42
4.2 Raporti ujë-çimento i përzierjeve të betoneve	44
4.3 Përbërësit e përdorur në betonet e projektura dhe prodhuara	46
4.3.1 Agregati	46
4.3.2 Çimentoja	50
4.3.3 Shtesat superplastifikuese në përzierjet e betoneve- TKK Hiperplast 182.....	52
4.3.4 Hiri i TEC-it Kosova B dhe përqindja e zëvendësimit të çimentos në përzierjet provë të betonit.....	53

KAPITULLI 5..... 55

5 VETITË E BETONEVE ME HI TECI, KRAHASUAR ME ATO TË ZAKONSHME	55
5.1 Vlerësimi i ndikimit të hirit të TEC-it në punueshmërinë-konsistencën e betonit të njomë	55
5.1.1 Përshkrimi i aparaturës dhe metodës së testimit.....	58
5.1.2 Testimit i konsistencës të betonit SCC me anë të metodës së rrjedhjes.....	61
5.2 Densiteti betoneve të njoma me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it.....	62
5.3 Përgatitja, shënjimi, marrja dhe mirëmbajtja e mostrave për testimin e vetive të betonit të ngurtësuar.....	65
5.4 Vetitë e betonit të ngurtësuar.....	70
5.4.1 Përcaktimi i soliditetit në shtypje i betonit të prodhuar me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it.....	70
5.4.1.1 Procedura e përcaktimit të soliditetit sipas SK EN 12390-3.....	73
5.4.1.2 Komentet e rezultateve të matjeve	80
5.4.2 Soliditeti në tërheqje nga çarja te betonet me Hi TECI dhe ato te zakonshme.....	81
5.4.2.1 Procedura e ekzaminimit dhe percaktimi i soliditetit në tërheqje nga çarja ..	82
5.5 Moduli statik i elasticitetit (Ec) të betoneve me përbërje të ndryshme të Hirit të TEC-it.....	87
5.5.1 Faktorët që ndikojnë në modulin Ec të betonit dhe parashikimi i modulit elastik të betonit nga lloji i materialeve të përdorura dhe klasa e soliditetit në shtypje .	89

5.5.2 Përcaktimi eksperimental i modulit elastik statik E_c të përzierjeve të betonit me Hi TEC-i.....	90
5.5.2.1 Procedura e matjes së modulit të elasticitetit	95
5.5.3 Matja e shpejtësisë së ultrazërit në beton dhe përcaktimi i modulit dinamik të elasticitetit (E_d) me metodën UPV	98
5.5.3.1 Procedura e matjes	100
5.5.4 Moduli dinamik i elasticitetit dhe korrelacioni me modulin statik për beton me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it	103
5.5.5 Përcaktimi i thellësisë së depërtimit të ujit në shtypje në betonin me Hi TEC si një nga parametrat për parashikimin e jetëgjatësisë së betonit nga ndikimet e jashtme	111
5.5.5.1. Procedura e testimit dhe rezultatet.....	113
 KAPITULLI 6	117
 6 VETITË RADIOAKTIVE TE BETONEVE TË ZAKONSHME DHE ATYRE ME HI-TECI.....	117
6.1 Karakterizimi i përqendrimit të radionukleideve natyrore në beton dhe ndikimi i shtimit të Hirit të TEC-it në përqendrimin e rrezatimit radioaktiv	117
6.2 Materiali, përgatitja e kampioneve dhe metoda e testimit	119
6.3 Matjet me spektrometrinë me rreze gama me rezolucion të lartë (HPGe).	122
6.4 Përqendrimi i aktivitetit të radionukleideve	124
6.5 Indeksi i përqendrimit të aktivitetit të ACI	126
6.6 Vlerësimi i rrezikshmërisë radioaktive	127
6.7 Përfundime rreth vlerësimit të vetive radioaktive të betonit me dhe pa Hi TECI ..	130
 KAPITULLI 7	132
 7 PËRFUNDIME	132
 Referenca	138

Falënderime

Dua të shprehi mirënjohjen dhe falënderimin për udhëheqësin tim shkencor, Prof. Dr. Lulezime Aliko për përkrahjen dhe këshillimet shkencore gjatë tërë ciklit të studimeve të doktoraturës deri në përfundimin e këtij punimi. Mbi të gjitha e falënderoj për besimin dhe ngrohtësinë prindërore gjatë konsultave të çmuara.

I jam shumë mirënjohës dhe me gjithë zemër falënderoj C. PhD Driton R. Kryeziun për gjithë ndihmën dhe përkrahjen profesionale dhe morale gjatë tërë fazës teorike dhe eksperimentale në formësimin dhe përfundimin e punimit. Me njohuritë e thella dhe përvojën shkencore si ekspert i betoneve ishte baza më e mirë për garantimin e aspektit cilësor të përgatitjes, matjeve dhe testimeve të vetive të betoneve të studiuara në këtë punim.

Falënderoj z. Sefer Susurin dhe gjithë stafin e Laboratorit “Vëllezërit e Bashkuar”, Prizren, për mundësinë e realizimit të një pjese të çmuar të përgatitjes së mostrave dhe realizimit të matjeve dhe testimeve të betoneve për të përmbyllur sukseshëm pjesën eksperimentale të punimit.

Falënderoj për përkrahjen dhe për kontributin e tyre shkencor gjatë pjesës eksperimentale të realizimit të studimit Prof. Asoc. Misin Misini, Prof Asoc. Nebi Pllana, Prof. Asis. Hajdar Sadiku, si dhe gjithë stafin e Institutit për Projektim dhe Ekzaminime “Proing”, Prishtinë, të cilët më mundësuan çasje pa kufizim në shfrytëzimin e pajisjeve dhe hapësirave të laboratorit.

Mirënjohës i jam edhe Ph.D. Gerti Xhixha për mundësinë e realizimit të matjeve në Labororet e Departamentit të Fizikës dhe Shkencave të Tokës, Universiteti Ferrarës, Itali. Shumë e falënderoj për konsultat e çmuara për pjesën e vlerësimit të radioaktivitetit të betoneve dhe hirit të TEC-it.

Një falënderim shumë i veçantë është për Prof. Dr. Tatjana Mulaj, e cila në fillimet e mia në doktoraturë ishte personi që ishte përgjigja për çdo pyetje, motivimi dhe inkurajimi im në një mjedis të ri dhe krejt të panjohur.

Në fund, shprehi mirënjohjen dhe falënderimet për udhëheqësin e departamentit të fizikës, Prof. Dr. Partizan Malkaj, si dhe për koordinatoren e shkollës së doktoraturës, Prof. Dr. Pellumb Berberin. Këta bashkë, me kontributin e tyre profesional dhe shkencor gjatë tërë kohës të studimeve të doktoraturës ishin përkrahësit tonë në organizimin e leksioneve, seminareve dhe prezantimeve.

Abstrakt

Termocentralet (TEC) në Kosovë gjenerojnë në vit rreth 1.5 Mt mbetje të ngurtë: hi fluturues (Hi TEC-i) dhe hi fundërrues. Sektori i ndërtimit në Kosovë në vit konsumon rreth 1 Mt çimento. Impakti mjedisor i prodhimit të çimentos është emetimi i 1 Mt CO₂. Fokusi i këtij studimi është përdorimi i Hirit të TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos dhe zvogëlimi indirekt i emetimit të CO₂ nga prodhimi i çimentos. Për këtë qëllim janë bërë teste të vetive të betoneve me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it. Për të përcaktuar sasinë më optimale të Hirit të TEC-it në beton janë prodhuar dhe testuar katër përzierje të betoneve me përmbajtje të ndryshme të hirit. Betoni i njomë është testuar për densitetin dhe konsistencën. Betoni i ngurtësuar është testuar për veti fizike dhe mekanike: modulet e elasticitetit, soliditet në shtypje, tërheqje dhe çarje. Rezistenca e betonit ndaj permeabilitetit është testuar duke matur thellësinë e depërtimit të ujit nën shtypje hidrostatike. Rezultatet e fituara nga testimi i mostrave kubike dhe cilindrike të betoneve me Hi TEC-i janë krahasur me ato pa Hi TEC-i. Për të vlerësuar shkallën e rrezikshmërisë radioaktive që mund të shkaktojë shtimi i hirit të TEC-it në betone, është matur aktiviteti i përqendrimit i radionukleideve natyrore në kampionet e betoneve me Hi TEC-i. Ky përcaktim është kryer me metodën e spektrometrisë me rreze gama (HPGe). Rezultatet e matjeve të përqendrimeve të ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th si dhe llogaritjet e dozës të absorbimit dhe indeksit të përqendrimit të aktivitetit treguan se betonet me Hi TEC-i nuk paraqesin rrezik nga aspekti i rrezatimit radiokativ. Sasia 30% e zëvendësimit të çimentos me Hi TEC-i në mënyrë eksperimentale u dëshmuar si sasia maksimale optimale. Levërdia mjedisore do të jetë e dyfishtë: zvogëlim indirekt i 300,000 t CO₂ dhe shfrytëzimi i 300,000 t (125,000 m³) i mbetjes industriale.

Abstract

Thermal power plants (TPP) in Kosovo annually produce around 1.5 million tons of solid waste: fly ash and bottom ash. Kosovo's construction sector consumes annually around 1 million tons of cement. The environmental impact from cement production is emission of 1 million tons of CO₂. The focus of this study is to utilize the fly ash from TPP in concrete as cement replacement and to indirectly mitigate the CO₂ emission from cement production. Tests of concrete with fly ash were performed. To determine the proper quantity of fly ash in concrete, four concrete mixtures with different content of class C fly ash were tested. Density and consistence tests of fresh concrete with fly ash were performed as well as the tests for mechanical properties: compressive, tensile and splitting strengths, as well as elastic moduli of hardened concrete specimens. Concrete resistance to permeability was tested by measuring the depth of water penetration under pressure. The correlation between results of cube and cylindrical specimens with fly ash to those reference ones without fly ash was done. The characterization of activity concentration of natural radionuclides of concrete specimens was assessed by gamma-ray spectrometry (HPGe). The obtained results from concrete samples with fly ash showed that the activity concentrations of ⁴⁰K, ²²⁶Ra and ²³²Th were very low. In addition, absorption dose rates, as well as the activity concentration index of concrete samples with fly ash, comparing to concrete without fly ash, proved that concrete made with fly ash do not pose any radioactive hazard. A 30% cement replacement by fly ash showed experimentally to be reasonable. The environmental benefit would be twofold: indirect decrease of 300,000 tons of CO₂ and utilization of 125,000 cubic meter of industrial waste.

LISTA E FIGURAVE

Figura 1.1. Prodhimi vjetor i energjisë elektrike në termocentralet e KEK-ut dhe Hidrocentralet në Kosovë	3
Figura 1.2. Sasia totale e konsumit të linjtit në TEC Kosova A dhe Kosova B	5
Figura 1.3. Gjenerimi i hirit fluturues dhe të poshtëm në KEK8	
Figura 3.1. Reaksionet e hidratimit të Çimentos dhe Çimento+ Hi TEC-i	25
Figura 3.2. Testimi i përhershmerisë vëllimore të çimentos + hirit të TEC-it	39
Figura 4.1. Raportet ujë-çimento për të gjitha përzierjet	45
Figura 4.2. Shpërndarja granulometrike e agregateve të përzierjeve	48
Figura 4.3. Dukja e Hirit të TEC-it krahasuar me çimenton CEM I	54
Figura 5.1. Matja e konsistencës-uljes (mm)	59
Figura 5.2. Konsistenca e përzierjeve të betonit me Hi TEC-I	60
Figura 5.3. Përgatitja dhe shënjimi i ID të kampionit të njomë dhe ngurtësuar	68
Figura 5.4. Testimi i soliditetit në shtypje dhe leximi i rezultateve për forcë dhe soliditet	74
Figura 5.5. Soliditeti në shtypje i mostrave kubike në tri moshë	76
Figura 5.6. Soliditeti në shtypje $f_{c,cyl}$ në moshën 28 ditë	77
Figura 5.7. Forma e thyerjes së kampionëve kubike	80
Figura 5.8. Zhvillimi i rezistencës në tërheqje të betoneve të prodhuara me tipe të ndryshme të çimentove (lidhësve hidraulikë)	83
Figura 5.9. Testimi i rezistencës në çarje ($f_{ct,sp}$) dhe leximi i forcës maksimale	84
Figura 5.10. Rezistenca në tërheqje dhe çarje e betoneve me Hi TEC-I	86
Figura 5.11. Paraqitja e lakorës sforcim-deformim dhe përcaktimi i modulit sekant dhe tangjencial	89
Figura 5.12. Lidhshmëria mes klasës së soliditetit, modulit elastik E_c të agregatit E_{ag} , peshës specifike GS_{ag} dhe vlerës së E_c të betonit	90
Figura 5.13. Lidhshmëria mes modulit elastik E_c , klasës së soliditetit të betonit dhe llojit të agregatit	91
Figura 5.14. Moduli elastik statik i llogaritur i përzierjeve me hi TEC-i në moshën: 2, 7, 28 ditë ...	93
Figura 5.15. Matja e modulit elastik statik (leximi i deformimit gjatësor)	96
Figura 5.16. Moduli elastik statik i matur për betone me hi TEC-i	98
Figura 5.17. Vlerat e shpejtësisë të UZ në betone me sasi të ndryshme të hirit	102
Figura 5.18. Varësia e modulit dinamik te betoneve nga sasia e Hirit të TEC-it	105
Figura 5.19. Vlerat e E_d sipas metodës UPV dhe parashikimit të EN 12540-4	106
Figura 5.20. Raporti në mes modulit statik (E_c) dhe dinamik (E_d) të betonit me Hi TEC-I	108
Figura 5.21. Testi i matjes së penetrimit të ujit në beton	113
Figura 5.22. Varësia e thellësisë së depërtimit të ujit nga sasia e hirit të TEC-it	115
Figura 6.1. Sistemi MCA_Rad	123

LISTA E TABELAVE

Tabela 1.1. Kapaciteti instalues dhe i disponueshëm i termocentraleve Kosova A dhe Kosova B	1
Tabela 1.2. Rezervat e eksploatueshme të linjtit në Kosovë dhe në disa vende të Europës	2
Tabela 1.3. Prodhimi i energjisë elektrike nga TEC e KEK-ut dhe Hidrocentalet	2
Tabela 1.4. Konsumi vjetor i linjtit në Termocentralet Kosova A dhe Kosova B	5
Tabela 1.5. Vetitë dhe parametrat e cilësisë së linjtit të Kosovës.....	6
Tabela 1.6. Gjenerimi i hirit të TEC-it nga konsumi i linjtit gjatë procesit të gjenerimit të energjisë elektrike në TEC Kosova A dhe B.....	7
 Tabela 2.1. Prodhimi vjetor dhe shkalla e përdorimi të Hirit të TEC për disa vende të botës dhe Kosovë në vitin 2010.....	17
 Tabela 3.1. Përmbajtja kimike e hirit të termocentralit Kosova B	22
Tabela 3.2. Përbërja mineralogjike e çimentos Portland	23
Tabela 3.3. Reksionet e hidratimit të çimentos Portland.....	23
Tabela 3.4. Koha mpiksjes (ngrirjes) për brumin Çimento dhe Çimento+Hi TEC-i	35
Tabela 3.5. Rezultatet e matura për përhershmëri vëllimore (metoda Le Chaterlier)	39
 Tabela 4.1. Përmbajtja e përzierjeve të betonit me Hi TEC-i dhe referente.....	43
Tabela 4.2. Raportet ujë-çimento, ujë efektiv-çimento, ujë-çimento+hi TEC-i, ujë-lidhës.....	45
Tabela 4.3. Shpërndarja e madhësisë së kokërrzave	47
Tabela 4.4. Indeksi i formës së aggregateve	48
Tabela 4.5. Densiteti i grimcave dhe absorbimi i ujit.....	49
Tabela 4.6. Kripëra- klorure të tretshme në ujë me potenciometri	50
Tabela 4.7. Përbërja e vlerësuar sasiore mineralogjike (vol. %)	50
Tabela 4.8. Përbërja kimike e çimentos CEM I 52.5 N (Sharrcem)	51
Tabela 4.9. Disa veti fiziko-mekanike të çimentos CEM I 52.5 N (Sharrcem).....	51
Tabela 4.10. Përbërja kimike e Hirit të TEC-it (Kosova B) krahasuar me çimenton CEM I	54
 Tabela 5.1. Klasët e konsistencës sipas EN 206-1	57
Tabela 5.2. Konsistenca e betonit të njomëpër përzierjet me Hi TEC-I	59
Tabela 5.3. Klasët e konsistencës së sipas testit ulje me rrjedhje (Slump Flow-SF)	61
Tabela 5.4. Densiteti i projektuar i përzierjeve të betonit me Hi TEC-i dhe referente	63
Tabela 5.5. Densiteti i betoneve me hi TEC-i në gjendje të njomë	65
Tabela 5.6. Shënjimi i mostrave të kampioneve të betoneve me dhe pa hi TEC-i.....	68
Tabela 5.7 Identifikimi i kampioneve të betonit të ngurtësuar	69
Tabela 5.8. Klasët e betonit sipas soliditetit në shtypje (EN 206-1).....	72
Tabela 5.9.. Soliditeti në shtypje ($f_{c,cube}$) i mostrave kubike për tri moshë, forca deri në thyerje dhe rritja e soliditetit me kohën	75
Tabela 5.10. Soliditeti në shtypje ($f_{c,cyl}$) në moshën 28 ditë	76
Tabela 5.11. Zhvillimi i soliditetit të betonit	77
Tabela 5.12. Zhvillimi i soliditetit në shtypje për përzierjet me Hi TEC-i	78
Tabela 5.13. Klasët e soliditetit të përzierjeve me Hi TEC-I krahasuar me klasën e projektuar C25/30.....	79
Tabela 5.14. Vlerat e forcës maksimale, rezistenca në çarje dhe në tërheqje	85
Tabela 5.15. Vlerat e parashikuara të (f_{ct}) dhe ($f_{ct,sp}$) bazuar në klasën e fortësisë sipas Eurocode 2.....	87
Tabela 5.16. Vlerat e llogaritura të modulit elastik statik E_c bazuar soliditetin në shtypje në tri moshe. Rritja e E_c dhe f_c , $cube$ gjatë moshës	92
Tabela 5.17. Vlerat e matura të modulit elastik statik për betone me hi TEC-I.....	97
Tabela 5.18. Shpejtësia e ultrazërit në betone me Hi TEC- dhe betone të zakonshme.....	102
Tabela 5.19. Vlerat e llogaritura të modulit dinamik i elasticitetit me metodën UPV për betone me Hi TEC-i.....	104

Tabela 5.20. Vlerat standarde të parashikimit të modulit Ed në bazë të shpejtësisë së UZ.....	105
Tabela 5.21. Vlerat e llogaritura të modulit dinamik (Ed) bazuar në metodën UPV dhe vlerat e parashikuara sipas EN 12504-4.....	106
Tabela 5.22. Krahasim në mes modulit elastik dhe dinamik të betoneve me Hi- TEC-i.....	107
Tabela 5.23. Moduli static (Ec) i betoneve me Hi TEC-i i llogaritur sipas raportit ndaj (Ed).....	109
Tabela 5.24. Llogaritja e modulit dinamik në bazë të korrelacionit me solidetin në shtypje	110
Tabela 5.25. Thellësia e depërtimit të ujit në betonet me Hi TEC-i.....	115
 Tabela 6.1. Përbërja, ID e mostrave të përzierjeve të betonit.....	121
Tabela 6.2. Përqendrimi i aktivitetit: mesatarja dhe rangu i vlerave për betonin e zakonshëm dhe me HI TEC-i.....	125
Tabela 6.3. Vlerat mesatare dhe rangu i përqendrimit të aktivitetit të ⁴⁰ K, ²²⁶ Ra and ²³² Th për disa materiale në Kosovë dhe krahasimi me disa rezultate të materialeve nga Shqipëria dhe Europa	125
Tabela 6.4. Indeksi i përqendrimit të aktivitetit (ACI).....	126
Tabela 6.5. Kriteret për ACI të definuara sipas rekomandimeve të KE, RPP 112	127
Tabela 6.6. Shkalla e dozës së absorbimit të brendshëm D ^{indoor} dhe shkalla e dozës efektive ekuivalente vjetore (AEDE), doza e absorbimit të jashtëm të rrezatimit gama D (nGyh ⁻¹) dhe doza efektive vjetore AEDR (μSvy ⁻¹)	129

Hyrje

Të dhënat e vërtetuara në mënyrë shkencore vërtetojnë se një nga shkaktarët e ngrohjes globale është rritja e përqëndrimit të dioksidit të karbonit (CO₂) si pasojë e aktivitetit njerëzor. Industri dhe sektorë të ndryshëm ndikojnë në sasi të ndryshme të emetimeve të CO₂. Përpjekjet e shkencëtarëve, dhe jo vetëm, janë të orientuara që të zvogëlojnë emetimet e CO₂. Të dhënat shkencore tregojnë se vetëm industria e prodhimit të çimentos kontribuon me 5% në emetimet e gjithmbarshme globale të CO₂. Edhe pse prodhuesit mund të përdorin teknologji të ndryshme të prodhimit të çimentos, emetimi specifik i CO₂ për ton të çimentos është në rangun nga 0.8 ton deri 1 ton CO₂ për çdo ton çimentoje të prodhuar. Në një pjesë të këtij studimi është analizuar dhe llogaritur emetimi specifik i CO₂ nga fabrika Sharrcem, e vetmja në Kosovë.

Në Kosovë, mbi 97% e gjenerimit të energjisë elektrike prodhohet nga termocentralet me lëndë djegëse linjtit. Rezervat e linjtit në Kosovë vlerësohen të jenë rreth 14 miliardë tonë. Duke u bazuar në faktin se energjia e elektrike e gjeneruar nga hidrocentrale në Kosovë nuk arrin 3% të prodhimit të gjithmbarshëm të energjisë elektrike, atëherë orientimi i politikave për zhvillim të qëndrueshëm energjitik bazohet në prodhim të energjisë nga djegia e linjtit. Konsumi vjetor i linjtit në TEC-et e KEK-ut është rreth 9 Mt. Ky konsum i linjtit gjatë djegies krijon edhe bashkëprodukte të ngurta në formë hiri që në vit arrin sasinë rreth 1.5 Mt. Rreth 80% e hirit ngrihet lart me gazet dhe para daljes kapet nga elektrofiltrat. Nga aty bartet deri në sillose dhe duhet të gjuhet si mbetje, d.m.th. nuk trajtohet ndryshe.

Qëllimi i këtij studimi është trajtimi i Hirit të TEC-it dhe mundësia e përdorimit në beton si zëvendësues i çimentos. Janë bërë analizat kimiko-mineralogjike dhe mbi bazën e tyre është konstatuar se i takon klasës C të hirit që ka veti pucolanike dhe çimentuese, d.m.th. shfaq veti lidhëse që nëse vjen në kontakt me ujin i nënshtrohet procesit të hidratimit sikurse çimentoja. Kështu, mbi këtë bazë janë përgatitur përzierje të betoneve me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it duke zëvendësuar sasinë përkatëse të çimentos. Rezultatet e matjeve për veti të ndryshme të betoneve kanë vërtetuar se Hiri i TEC-it mund të zëvendësojë çimenton deri në sasinë 30%, që është edhe sasia më lartë e përdorimit në testimet e këtij studimi.

Kështu, duke patur rezultatet për veti fizike, mekanike dhe inxhinierike të betoneve të prodhuara me Hi TEC-i është përdorur një qasje ndryshe e zvogëlimit të emetimeve të CO₂ nga çimentoja: Zëvendësimi i çimentos me Hi TEC-i do të ndikojë në uljen e konsumit, respektivisht prodhimin e çimentos. Atëherë, sa më pak çimento e prodhuar do të thotë më pak CO₂ të emetuar. Nga ana tjetër bëhet zgjidhje mjedisore edhe për Hirin e TEC-it; nga mbetja industriale fitojmë një material ndërtimor. Betoni i prodhuar me më pak çimento dhe me sasi të hirit lirisht quhet ECO beton; prodhimi i tij është më miqësor ndaj mjedisit pasi prodhohet me më pak CO₂ të emetuar dhe përmban mbetjen e patrajtuar (deri më tash) industriale Hirin e TEC-it. Pa dyshim se inkorporimi i mbetjes në beton rezulton me ulje të kostos së betonit sepse zëvendëson përbërësin më të shtrenjtë të betonit-çimenton.

Punimi është i ndarë në shtatë kapituj:

Në **Kapitullin 1** paraqitet problemi mjedisor në Kosovë i shkaktuar nga prodhimi i hirit nga TEC-et e Kosovës dhe emetimet e CO₂ nga prodhimi i çimentos nga i vetmi prodhues- Sharrcem. Këtu, në mënyrë sasiore, jepen vlerat vjetore, respektivisht specifike të gjenerimit të hirit për MWh nga djegia e linjitit në TEC-e, si dhe emetimi i CO₂ nga procesi i prodhimit të çimentos gjatë procesit të kalcinimit të gurit gëlqeror dhe procesit teknologjik të prodhimit në tërësi.

Në **Kapitullin 2** është paraqitur historiku i përdorimit të Hirit të TEC-it në beton, së pari në SHBA dhe pastaj edhe në vendet europiane përmes procesit legal të standardizimit të mbetjes industriale në produkt ndërtimor. Gjithashtu janë paraqitur të dhëna mbi sasi të prodhimit dhe konsumit të hirit në vende të ndryshme duke krahasuar me sasi specifike të gjenerimit dhe konsumit për banor. Në Republikën e Kosovës hiri i TEC-eve ende ka statusin mbetje.

Në **Kapitulli 3** paraqiten bazat shkencore për mundësinë e përdorimit të hirit edhe në Kosovë. Është bërë përshkrimi i vetive kimike, mineralogjike, fizike dhe mekanike të hirit të TEC Kosova B. Sasia e secilit përbërës kimik-mineralogjik është përcaktuar, vlerësuar dhe krahasuar në pajtueshmëri me vlerat e rekomanduara dhe kufitare të standardit europian EN 450-1, amerikan ASTM C 618 dhe kosovar SK EN 450-1. Mbi bazën e këtyre testimeve dhe standardeve është bërë edhe klasifikimi i hirit në tipin C me veti pucolanike dhe çimentuese që hap mundësinë e përdorimit në beton.

Kapitullin 4 përmban procedurat e projektimit dhe prodhimin e përzierjeve të betoneve me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it. Në mënyrë të detajuar janë dhënë sasi të vetitë e përbërësve të përzierjeve të betoneve: agregateve, çimentos, hirit të TEC-it, ujit dhe superplastifikuesit. Në bazën e projekteve janë prodhuar katër përzierje të betoneve me sasi 15, 20, 25 dhe 35% të hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos; gjithashtu edhe dy përzierje referente-pa hi TEC-i.

Kapitulli 5 paraqet kapitullin ku janë përshkruar rezultatet e testimit të betonit në gjendje të njomë dhe ngurtësuar. Betoni është testuar për disa nga vetitë më të rëndësishme mekaniko-fizike. Të dhënat nga testimet e betoneve me përbërje të hirit janë krahasur me vlerat e matura nga kampionet e betoneve referente pa hi TEC-i. Në këtë bazë krahasimi është studiuar ndikimi i shtimit të hirit në vetitë fizike, mekanike dhe inxhinierike të betonit.

Në **Kapitullin 6** paraqiten rezultatet për testimin e vetive radioaktive të betonit në përgjithësi, si dhe ndikimin e mundshëm të hirit në rritjen e përqendrimit të elementeve radioaktive në beton. Përqendrimet e ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th janë matur me metodën e spektrometrisë të rezolucionit të lartë me rreze gama (HPGe). Në bazë të përqendrimeve të matura është llogaritur indeksi i përqendrimit të aktivitetit (ACI) për të gjitha përzierjet. ACI është tregues për sasinë e lejuar të mundshme për një material ndërtimor që të jetë i sigurt në aspektin radioaktiv.

Kapitulli 7 prezanton në mënyrë të përmbledhur të gjitha rezultatet e matjeve dhe analizave për ndikimin e shtimit të hirit në beton dhe aspektin e impaktit mjedisor dhe ekonomik të këtij përdorimi.

KAPITULLI 1

1 HIRI I TERMOCENTRALEVE

1.1 Hiri i Termocentralit si Mbetje e Ngurtë Industriale-Rasti i Kosovës

Prodhimi i energjisë elektrike në Republikën e Kosovës varet kryesisht nga termocentralet të cilat gjenerojnë rreth 97% të prodhimit të gjithmbarshëm. Më pak se 3% e prodhimit të energjisë bëhet nga disa hidrocentrale të kapacitetit të vogël. Nga burimet e energjiave alternative, si e erës apo tjera, nuk ka asnjë gjenerim; në Kosovë janë të instaluar vetëm tri turbina të erës me kapacitet total të instaluar rreth 1.36 MW të cilat e filluan gjenerimin në vitin 2010 ([Qaflehi et al, 2015](#)). Për fat të keq, për shkaqe të mospajtimeve me Zyrën e Rregullatorit të Energjisë rreth tarifave nxitëse, këto turbina ndaluan gjenerimin ([GIZ, 2012](#)). Në anën tjetër, burimet e vogla hidrike të Kosovës pamundësojnë politikat zhvillimore të sektorit energjetik që të bazohen në këtë prodhim që është miqësor ndaj mjedisit. Kështu që prodhimi i energjisë elektrike, si tash ashtu edhe në të ardhmen është i destinuar të orientohet me politika për gjenerim të qëndrueshëm vetëm nga prodhimi nga termocentralet me lëndë djegëse fosile-linjitin.

E vetmja kompani për gjenerim të energjisë elektrike nga linjiti është Korporata Energjetike e Kosovës, sh.a. (KEK sh.a.), e cila është në pronësi shtetërore. KEK-u është i përbërë nga dy divizione: Divizionin e Mihjeve dhe Divizionin e Gjenerimit. Divizioni i gjenerimit përbëhet nga dy njësi: Kosova A dhe Kosova B. Njësia e parë e prodhimit të energjisë nga linjiti, termocentrali Kosova A1 filloi operimin në vitin 1962. Gjatë viteve vazhdoi procesi i ndërtimit dhe futjes në operim edhe të njësive tjera të termocentralit Kosova: A2, A3, A4 dhe A5, si dhe dy njësive të Kosovës B: B1 dhe B2 (Tabela 1.1). Pesë njësitë gjeneruese të Kosovës A dhe dy të Kosovës B të KEK-ut gjendet në pjesën qendrore të Kosovës, në afërsi të kryeqendrës së Kosovës.

Tabela 1.1. Kapaciteti instalues dhe i disponueshëm i termocentraleve Kosova A dhe Kosova B (ZRRE, 2011)

TEC	Njësia	Viti i fillimit të gjenerimit	Kapaciteti i instaluar (MW)	Kapaciteti i disponueshëm (operativ) (MW)		Ngarkesa minimale teknike (MW)	
				Gjenerator	Hyrje	Gjenerator	Hyrje
Kosova A	A1	1962	65	0	0	0	0
	A2	1965	125	0	0	0	0
	A3	1970	200	135	110	110	100
	A4	1971	200	135	110	110	100
	A5	1975	210	135	110	100	97

Total Kosova A			800	405	330	320	297
Kosova B	B1	1983	339	290	265	200	182
	B2	1984	339	280	265	200	182
Total Kosova B			678	570	530	400	364

Përpjekjet e R. të Kosovës për të pasur një prodhim të qëndrueshëm të energjisë elektrike detyrimisht janë të orientuara vetëm kah shfrytëzimi i rezervave të bollshme të linjitit, e që vlerësimet tregojnë për 14 miliardë tonë rezerva të eksploatueshme (KPMM, 2015). Kjo sasi e linjitit e rendit Kosovën në vendin e tretë në Europë, pas Gjermanisë dhe Polonisë (EU-PISG, 2005). Depozitat e linjitit të Kosovës dhe disa nga vendet më të pasura Europiane janë paraqitur në Tabelën 1.2.

Tabela 1.2. Rezervat e eksploatueshme të linjitit në Kosovë dhe në disa vende të Europës

Vendi	DE	PL	KS	HU	TR	GR	CZ	RO	BG	MK	SK	BiH	SI	ES
Linjiti (Bt)	42.8	16	14	7.8	5.9	4.2	3.5	3	2.5	1.7	0.38	0.31	0.15	0.04

Që nga fillimi i gjenerimit të rrymës elektrike, viti 1962 deri në vitin 2015, nga njësitë e termocentraleve të Korporatës Energjetike të Kosovës (KEK) janë prodhuar rreth 175,995,841 MWh (KEK, 2015). Konsumi vjetor i linjitit, tashmë flitet për njësitë që janë në operim, arrin rreth 7-9 milionë tonë (MZhe, Qeveria e Kosovës, 2015).

Në Tabelën 1.3 dhe në Figurën 1.1 është paraqitur prodhimi i energjisë elektrike nga TEC-et Kosova A dhe Kosova B si dhe nga hidrocentralet që nga viti 2012 deri në 2015.

Tabela 1.3. Prodhimi i energjisë elektrike nga TEC e KEK-ut dhe Hidrocentralet

Viti	Energjia elektrike e prodhuar në TEC		Energjia elektrike e prodhuar në HC		TEC+HC (GWh)
	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	
2002	3152	97.52	80	2.48	3232

2003	3221	98.44	51	1.56	3272
2004	3481	96.88	112	3.12	3593
2005	3999	97.32	110	2.68	4110
2006	3970	97.54	100	2.46	4071
2007	4310	97.88	93.2	2.12	4403
2008	4506	98.35	75.7	1.65	4582
2009	5260	98.34	88.7	1.66	5349
2010	5481	97.94	115.5	2.06	5597
2011	5696	98.69	75.4	1.31	5772
2012	5847	98.90	65.0	1.10	5912
2013	5864	98.3	99.3	1.7	5963
2014	5324	97.2	151.0	2.8	5475
2015	5979	97.6	141.6	2.4	6120

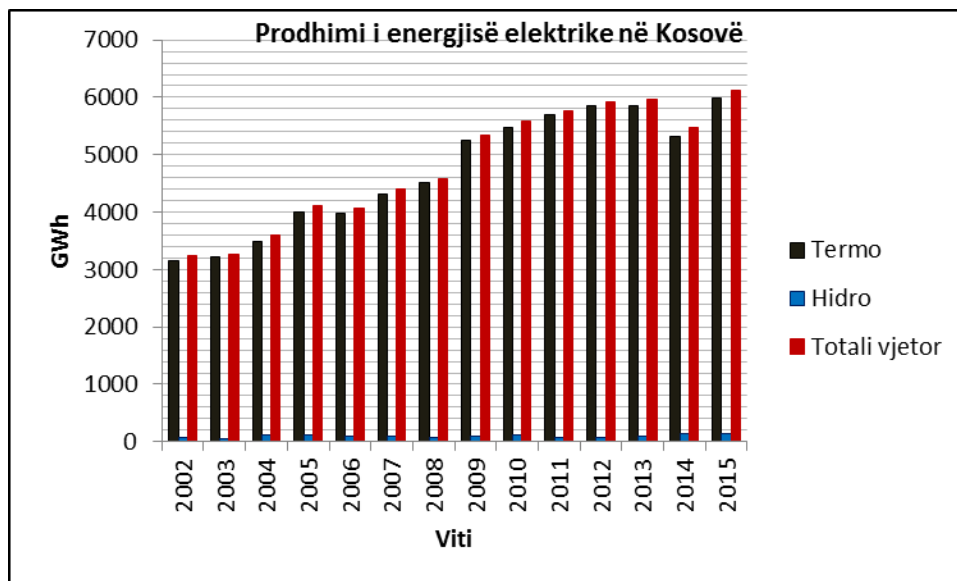


Figura 1.1. Prodhimi vjetor i energjisë elektrike në termocentralet e KEK-ut dhe Hidrocentralet në Kosovë

Nga të dhënat për prodhimin e energjisë elektrike të paraqitura si në Tabelën 1.3 ashtu edhe grafikun e Figurës 1.2, shihet se mbi 97% e rrymës është gjeneruar nga TEC-et dhe vetëm më pak se 3% nga hidrocentralet. Kjo është përcaktuese pse

Kosova është e varur nga prodhimi i energjisë duke djegur linjitin si lëndë fosile. Njësia e fundit e ndërtuar dhe e futur në funksion në vitin 1984 ishte njësia Kosova B2. Me këtë edhe kapaciteti instalues i gjithmbarshëm i të gjitha njësive arriti në 1478 MW. Kapacitetet e instaluara të termocentraleve janë 1478 MW, mirëpo për shkak të vjetërsisë së tyre, aktualisht kapaciteti operativ i tyre sillet rreth 915 MW. Për shkak të vjetërsisë, joefikasitetit dhe mospërbushjes së parametrave mjedisor, termocentrali Kosova A parashihet të përfundojë gjenerimin në vitin 2017.

Nga të dhënat për energji shihet se gjatë viteve ka pasur një rritje të gjenerimit. Rritja e kërkesës për energji elektrike dhe funksionimi joefikas i njësive të tanishme të termocentraleve, sidomos të njësive të Kosovës A, ka shtyrë përpjekjet e Qeverisë së Kosovës për ndërtimin e një termocentrali të ri të quajtur "Kosova e Re". Në fillim të planifikimeve dhe projekteve ishte paraparë që kapaciteti i instaluar i gjeneratorëve në termocentralin Kosova e Re të ishte 1000 MW, në fazën e parë dhe mandej edhe me 1000 MW tjerë në fazën e dytë (Sofiu et al., 2013). Mirëpo, ndryshe nga kjo, në vitin 2015, Qeveria e R. së Kosovës kontrakttoi një kompani amerikane për ndërtimin e këtij termocentrali me kapacitet të tërësishëm të instaluar vetëm 500 MW. Kostoja e ndërtimit parashihet rreth 1 miliard Euro dhe do të përkrahet financiarisht nga Banka Botërore, Banka Europiane për Rindërtim dhe Zhvillim dhe Qeveria e SHBA-ve. Sipas marrëveshjeve që bëri Ministria e Zhvillimit Ekonomik e R. së Kosovës pritet që ndërtimi të fillojë nga fundi i vitit 2016 ose fillimi i 2017. Pritjet e fillimit të gjenerimit janë që nga viti 2021 ose 2022 (MZHE, Qeveria e Kosovës, 2015). Edhe pse ndërtimi i termocentralit Kosova e Re ka qenë parashikur të fillonte operimin që në vitin 2016, siç u cek ende është vetëm në fazën kontraktuale të projektit dhe pritet të merret miratimi përfundimtar. Sido që të jetë, Kosova patjetër ka nevojë të ndërtojë termocentral të ri kur dihet se burime tjera nuk ka. Përveç termocentralit të propozuar Kosova e Re janë planifikuar edhe riparime për të përmirësuar kapacitetin gjenerues në TEC Kosova B; është vlerësuar se vendosja e rotorëve të ri në të dy njësitë B1 dhe B2 do të sigurojë opsione për prodhim të energji të qëndrueshëm për Kosovën. Është parashikuar që këto njësi do të rehabilitohen deri në vitin 2016 - 2017, përfshirë edhe investimet e nevojshme për të përbushur standardet e emetimeve të kërkuara nga Direktiva e Bashkimit European për Centrale Elektrike me Djegie të Lartë (ZRRE, 2014).

Siç u cek edhe më lartë, duke pasur rezerva të eksploatueshme të linjtit prej rreth 14.7 Bt, Kosova është një nga pesë vendet në botë me rezerva më të larta të linjtit, kurse në nivel european është e treta. Kryesisht depozitat e linjinit janë në pjesën qendrore të Kosovës (këtu si rajon), pellgun e Dukagjinit dhe Drenicës. Këto miniera, në fakt mihje sipërfaqësore janë të favorshme për t'u operuar sepse sipas kushteve gjeologjike, shtresa e dheut që duhet gërryer dhe larguar

është shumë e hollë si dhe trashësia mesatare e depozitës së linjtit është rreth 40 m. Cilësia e linjtit konsiderohet mjaftë e mirë pasi ka vlerë neto kalorifike rreth 7.8 MJ/kg dhe kjo e bën mjaftë të përshtatshëm për përdorim në termocentrale si lëndë djegëse dhe me kosto të ulët të ekstraktimit (KPM, 2015).

Tashmë është e qartë se e vetmja mënyrë për të prodhuar energji elektrike në mënyrë të qëndrueshme është linjiti. Njësitët e ndryshme të termocentraleve Kosova A dhe Kosova B kanë konsumin specifik të linjtit të ndryshëm për gjenerimin e 1MWh energji elektrike. Në rastin e njësive të termocentralit Kosova A konsumi është rreth 1.8 ton linjit për gjenerimin e 1 MWh, kurse njësitë e Kosovës B kanë rendiment më të lartë, rreth 1.4 ton linjit/MWh. Të dhënat për konsumin vjetor të linjtit nga të dy termocentralet janë paraqitur në Tabelën 1.4 dhe Figurën 1.2 ku edhe shihet se ka pasur një rritje të konsumit të linjtit gjatë viteve, rreth 60% krahasur vitin 2012 me 5.528 Mt dhe 2015 me 8.241Mt (KEK, 2015; ASK, 2013).

Tabela 1.4. Konsumi vjetor i linjtit në Termocentralet Kosova A dhe Kosova B (KEK, 2015).

Viti	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Konsumi vjetor (Mt)	5.528	6.646	5.658	6.391	6.532	6.715	7.842	7.87	7.958	8.212	8.028	8.219	7.204	8.241

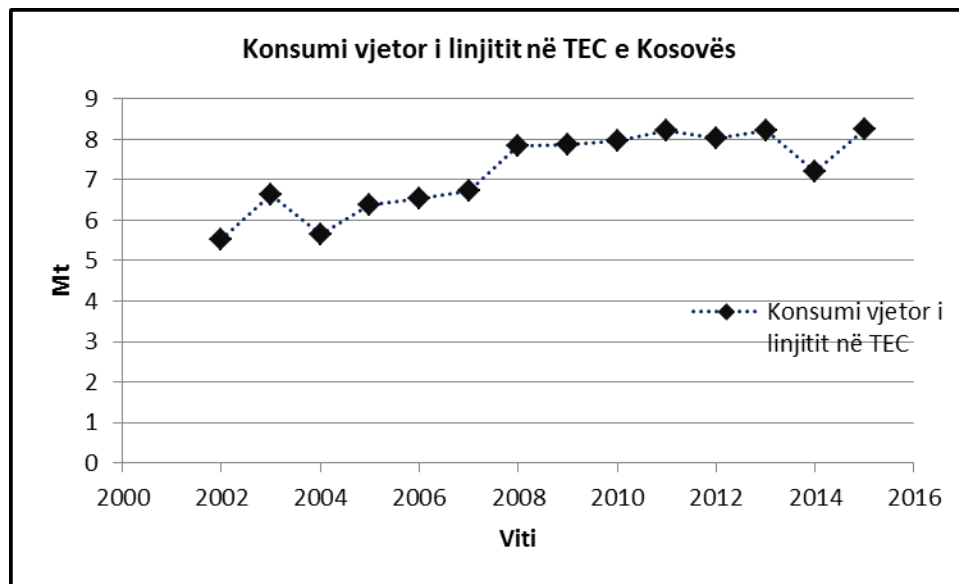


Figura 1.2. Sasia totale e konsumit të linjtit në TEC Kosova A dhe Kosova B

Më poshtë, në Tabelën 1.5 jepen disa të dhëna për vetitë dhe disa karakteristika të linjtit të Kosovës i cili shfrytëzohet si lëndë djegëse në TEC-e. Këto veti janë të

rëndësishme për t'u njohur sepse shumë ndikojnë edhe në procesin e djegies, dhe mandej edhe në llojin dhe sasinë e mbetjeve të ngurta apo gazta nga procesi i djegies.

Tabela 1.5. Vetitë dhe parametrat e cilësisë së linjtit të Kosovës (EU-PISG, 2005)

Përmbajtja e hirit	12-21%. Vlera mesatare 14-17%		
Përmbajtja e lagështisë	35-50%		
Vlerat energjetike	Bardh -Mirash	7800 KJ/kg	
	Sibovc	8100 KJ/kg	
	Rezervat totale	29%	> 8.4 MJ/kg
		43%	7.7-8.4 MJ/kg
		25%	5.8-7.7 MJ/kg
Përmbajtja e Sulfurit	1 % Në të gjitha depozitat/minierat. Sasia mesatare e sulfurit të djegshëm është 0.35%		
Gëlqere (CaO)	Përqendrimi i gëlqeres është i mjaftueshëm për të absorbuar gazrat SO _x të emetuar gjatë djegies-nuk ka nevojë për desulfizimin e gazeve që lirohen gjatë djegies.		

1.2 Sasia e Prodhimit të Hirit nga Termocentralet e Kosovës

Procesi i djegies përveç anës pozitive të sigurimit të energjisë termike për të venë në lëvizje turbinat, shoqërohet edhe me krijimin dhe emetimin e bashkëprodukteve të djegies. Është fjala për emetime të dioksidit të karbonit, oksideve të azotit, oksideve të sulfurit etj. Një problem tjetër shumë i madh që vjen nga djegia e linjtit është sasia e madhe e mbetjes së ngurtë në formë hiri. Kjo sasi e hirit varet drejtpërdrejt nga sasia e linjtit të harxhuar në gjenerim të rrymës elektrike si dhe nga sasia e hirit në linjit. Nga analizat e linjtit të Kosovës është konstatuar sasia e hirit në linjit prej 12-21%, me vlerë mesatare rreth 14-17%.

Në këtë seksion të këtij kapitulli shqyrtohet aspekti sasior dhe cilësor i hirit të mbetur nga djegia e linjtit. Llogaritja e sasisë së hirit bazohet në harxhimin specifik të linjtit për MWh dhe duke pasur parasysh sasinë e konsumit vjetor gjatë gjenerimit të energjisë elektrike nga njësitë e termocentraleve të KEK-ut. Këtë sasi të linjtit të konsumuar/djegur e shumëzojmë me sasinë mesatare të hirit në linjit që është rreth 14-17% (EU-PISG, 2005). Kështu që fitohet vlera e llogaritur e sasisë së gjeneruar të kësaj mbetje të ngurtë industriale. Një sasi e hirit, rreth 80-85% nga djegia e linjtit në kalldatë fluturon së bashku me gazet tjera nëpër oxhak, dhe para se të del kapet nga elektrofiltrat. Për këtë arsye ky hi ndryshe njihet si hiri

fluturues. Në punim është i referuar is Hiri i TEC-it. Nga këtu mandej përmes sistemit transportues grumbullohet deri te vendi për shkarkim. Pjesa tjetër e hirit rreth 15-20% mbetet në oxhak dhe pasi është me i rëndë bjer poshtë dhe quhet hiri i poshtëm. Nga aspekti i përdorimit të dy këto lloje të mbetjes së ngurtë nuk kanë ndonjë trajtim-riqarkullim dhe paraqesin një ndotës miliontonësh si për prodhuesin ashtu edhe për rrethinën dhe mjedisin përgjithësisht. Të dhënat e sasive specifike të prodhimit të hirit konform sasisë së linjitit të shpenzuar për MWh gjatë gjenerimit të energjisë elektrike në termocentralet Kosova A dhe Kosova B, për periudhën kohore 2002-2015 janë paraqitur në mënyrë tabelare në Tabelën 1.6 dhe Figurën 1.3.

Tabela 1.6. Gjenerimi i hirit të TEC-it nga konsumi i linjitit gjatë procesit të gjenerimit të energjisë elektrike në TEC Kosova A dhe B

Viti	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energjia (GWh)	3151	3221	3841	3999	3970	4309	4505	5260	5481	5696	5847	5864	5324	5978
Linjiti (Mt)	5.528	6.646	5.658	6.391	6.532	6.715	7.842	7.87	7.958	8.212	8.028	8.219	7.204	8.241
FA (Mt)	0.75	0.90	0.77	0.87	0.89	0.91	1.07	1.07	1.08	1.12	1.09	1.12	0.98	1.12
BA (Mt)	0.13	0.16	0.14	0.15	0.16	0.16	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.20	0.17	0.20
Hiri total (FA+BA) (Mt)	0.88	1.06	0.91	1.02	1.05	1.07	1.25	1.26	1.27	1.31	1.28	1.32	1.15	1.32

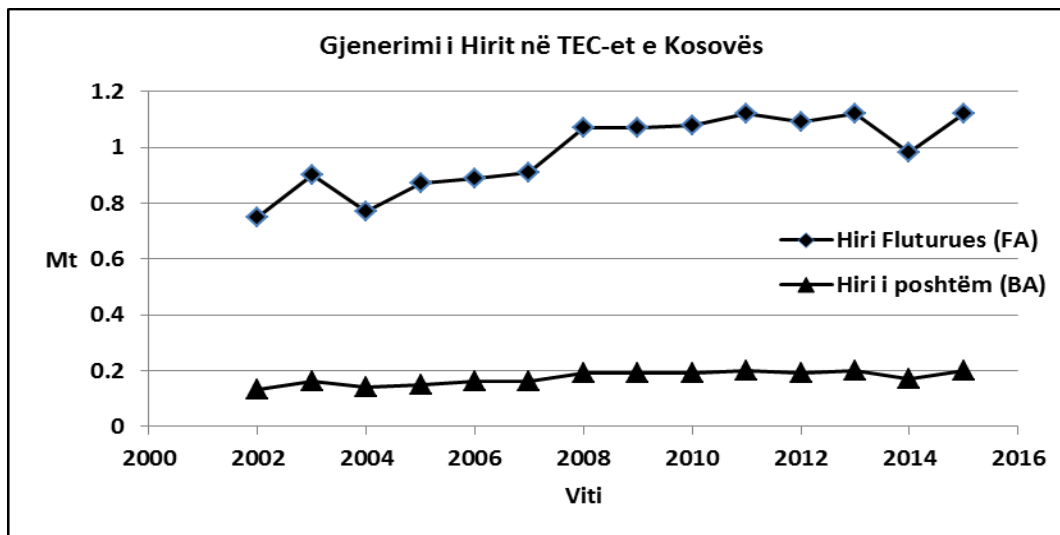


Figura 1.3. Gjenerimi i hirit fluturues dhe të poshtëm në KEK

Po të merret parasysh fakti se kjo mbetje nuk ka patur ndonjë përdorim sistematik që nga fillimet e operimit të termocentraleve, del se sasia e grumbulluar në

deponi është disa dhjetra milionë tonë. Nga të dhënat tabelare kuptohet se vetëm në një vitë sasia e gjithmbarshme e hirit fluturues dhe të poshtëm tejkalon sasinë mbi një milion ton në vit. Problem mjedisor i prodhimit të energjisë elektrike nuk janë vetëm emetimet e gazrave (serrë) por edhe sasia e madhe e hirit, qoftë atij të kapur në elektrofiltrat-hiri fluturues (deri në 100 mikrona) qoftë hiri i cili është më kokërrmadh dhe ngjitet për muret e bojlerit dhe bjerë poshtë - hiri i poshtëm fundërrues. Këtu është fjala për një sasi vjetore prej rreth 1.5 Mt. Për të pasur pasqyrën më të qartë të kësaj mbetjeje të ngurtë, llogarisim sasinë totale të hirit të grumbulluar në Kosovë që nga fillimi i gjenerimit të rrymës elektrike nga TEC-et që nga viti 1962. Deri në vitin 2015 nga njësitë e termocentraleve të Korporatës Energjetike të Kosovës (KEK) janë prodhuar rreth 175,995,841 MWh. Duke marrë në llogaritje një vlerë mesatare të konsumit të linjtit për MWh, vlerën nga mesatarja 1.8 t/MWh për TEC Kosova A dhe 1.4 t/MWh për TEC Kosova B, një vlerë mesatare për të dy njësitë e TEC Kosova 1.6 t/MWh dhe këtë e shumëzojmë me vlerën energjisë prej 175,995,841 MWh të prodhuar në Kosovë nga TEC Kosova A dhe Kosova B, atëherë del vlera totale prej 281.5933456 Mt linjit të shpenzuar. Si vlerë mesatare përfaqësuese të sasisë së hirit në linjtin e Kosovës është marrë mesatarja 16%, atëherë nga kjo sasi e linjtit del se gjenerimi i terësishëm i mbetjes në formë hiri është rreth 45.5 Mt. Duke ditur, përmes analizës se masa vëllimore e hirit të kosovës është 2400 kg/m³, atëherë llogaritja tregon se mbetja në metër kub është 18.8 milionë m³ hi. Gjatë viteve, kësaj mbetjeje i shtohen edhe miliona tonelata tjera, gjë që edhe më shumë e përkeqëson gjendjen mjedisore përreth termocentraleve, vendbanimeve dhe mjedisit në përgjithësi.

Me qëllimin e fillimit të zgjidhjes së këtij problemi, ky studim është fokusuar në studimin e mundësisë së shfrytëzimit të mbetjes së ngurtë që krijohet nga djegia e e përditshme e linjtit gjatë procesit të gjenerimit të energjisë elektrike në TEC-et e KEK-ut. Më konkretisht synohet që hiri i TEC-it, apo siç njihet edhe si hi fluturues (ang. fly ash), të përdoret në industrinë e betonit duke provuar zëvendësimin e sasisë së caktuar të çimentos portland me sasinë respektive të hirit. Testimi i vetive kimike, fizike dhe mekanike të hirit dhe betonit me sasi të hirit janë pjesa qendrore e tezës së doktoraturës.

2. Impakti i Prodhimit të Çimentos në Kosovë në Emetimin e CO₂

Procesi i prodhimit të çimentos konsiston në përzierjen e materialeve me origjinë natyrore si guri gëlqeror, argjila, rëra etj. të cilat i nënshtrohen procesit teknologjik të prodhimit, përmes pjekjes në furrë rrotulluese nga i cili proces këta përbërës marrin formë më komplekse. Pasi të jetë përgatitur tërësisht, çimentoja përdoret si material lidhës kryesor në industrinë e ndërtimit për përfitimin e tipeve të

ndryshme të betoneve dhe llaçeve. Si material ka vetinë që kur vjen në kontakt me ujin i nënshtrohet procesit të hidratimit. Gjatë hidratimit të çimentos, komplekset përbërëse bashkëveprojnë me ujin prej nga dhe fillon lidhja e përbërësve që gjenden në përzierje (beton) si rëra, zalli duke formuar një fazë tjetër në fillim plastike me punueshmëri të madhe e që me kalimin e kohës vjen duke u ngurtësuar dhe shndërrohet në fazë të ngurtë.

Kosova, vend me popullsi prej afër 2 milionë banorë, ka vetëm një fabrikë që prodhon çimento, është fabrika Sharrcem e Titan grup në Han i Elezit. Si e fillë, fabrika është themeluar relativisht herët, që në vitin 1936 dhe kishte prodhimin vjetor rreth 4000 tonë. Zhvillimi jo edhe aq i madh i vendit, si dhe duke pasur parasysh edhe zhvillimet e përgjithshme politike, duke qenë në pronësi shtetërore, ndikoi edhe në moszhvillimin e duhur të sektorit të industrisë së ndërtimit. Me këtë nënkuptohet edhe në mosritjen e kapaciteteve prodhuese të fabrikës së vetme të çimentos në Han të Elezit. Kështu që kërkesat e konsumit të çimentos për industrinë e ndërtimit plotësoheshin nga importet, në atë kohë nga viset tjera të ish-Jugosllavisë, kurse më vonë edhe nga vende tjera të rajonit në veçanti nga Republika e Shqipërisë, Serbia etj.

Duke pasuar si tranzicionin shtetëformues edhe shoqëror të Kosovës, edhe kompania Sharrcem i nënshtrohet procesit të privatizimit. Në fillim të vitit 2000 kalon në pronësi të Holcim, një kompani me bazë në Zvicër, pastaj në 2010 te TITAN Group dhe tashmë dhe me kapacitet më të lartë të prodhimit. Në bazë të raportit vjetor për vitin 2013 raportohet për prodhim vjetor të çimentos prej 543,500.7 t ([Sharrcem CSR, 2014](#)). Bazuar në të dhënat nga sektori i ndërtimit për prodhim vjetor të betonit prej afër 3 milionë metër kub dhe duke ditur se mesatarisht për prodhimin e një metër kub betoni të klasës të fortësisë mesatare, d.m.th. betoni i zakonshëm, nevojiten afërsisht 300 kg çimento, që është se në një metër kub beton mesatarisht ka rreth 12% çimento. Atëherë përfundimi është se prodhimi vendor i çimentos është i mjaftueshëm vetëm për prodhimin e gjysmës së sasisë së betonit në Kosovë. Pjesa tjetër e nevojave për çimento plotësohet nga importet. Nga të dhënat e Doganës së Kosovës, importi i çimentos në vitin 2014 ka qenë 542341.9 t, kurse eksporti i çimentos, kryesisht për në Serbi ka qenë rreth 33249.845 t ([MF, 2015](#)). Konsumi i përgjithshëm vjetor i çimentos në Kosovë ka qenë 1052593 t. Nga këto të dhëna shihet se 50% e çimentos sigurohet nga prodhimi vendor, ndërsa pjesa tjetër (50%) është nga importi. Nga këto të dhëna llogaritet se në Kosovë gjatë vitit 2014 u shpenzuan afërsisht 1 milion tonë çimento, e që me shifra i bie që çdo kosovar shpenzon afërsisht 500 kg çimento në vit.

Bazuar në të dhënat se për të prodhuar 1 m³ beton të zakonshëm duhen afërsisht 300 kg çimento, rezulton se me konsumin e 1 milion tonëve çimento në

Kosovë prodhohen rreth 3 milionë m³ beton. Nga këto, diku rreth 1.5-2 milionë metër kub beton të gatshëm dhe pjesa tjetër harxhohet për prodhimin e blloqeve të betonit, trarezave (tregerave) dhe llaçeve për muratim. Betoni, afërsisht mbi 40 % përdoret për objekte të larta banimi (banesa/blloqe/ objekte të shërbimeve publike, shkolla, spitale etj.), 30% për infrastrukturë rrugore (rrugë, ura, viadukte etj.) dhe pjesa tjetër rreth 30% për ndërtim tradicional, është fjala për shtëpi banimi (shtëpi private).

Në shkallë botërore, çdo banor i planetit përdor rreth 3 tonë beton. Kështu që kjo nevojë e betonit rrit edhe konsumin e çimentos. Referuar vitit 2006 prodhimi botëror i çimentos ka qenë 2.55 Bt, në 2010 ishte 3.3 Bt dhe në 2015 ishte 4 Bt. Duke pasur parasysh shkallën e rritjes vjetore të prodhimit të çimentos prej 2.5%, atëherë parashikimi i prodhimit botëror të çimentos në 2050 do të duhej të ishte rreth 3.7-4.4 Bt ([Armstrong, 2013](#)). Duke qenë një material mjaftë i konsumuar dhe nga fakti se prodhimi i tij shoqërohet me emetime të larta në atmosferë, kryesisht CO₂, është e rëndësishme të merren në studim mënyrat shkencore të zvogëlimit të emetimeve të dioksidit të karbonit nga kjo industri.

Bazuar në faktet se prodhimi i çimentos nuk është një proces i thjeshtë por është produkt i një procesi teknologjik me konsum të lartë të energjisë, ajo paraqet edhe komponentet më të kushtueshme të betonit. Lënda e parë themelore për prodhimin të çimentos është guri gëlqeror, të cilit mandej gjatë procesit teknologjik i shtohen edhe argjilë dhe shtesa tjera. I tërë ky proces kërkon konsum të lartë të energjisë. Vet aspekti i pjekjes së gurit gëlqeror është i kushtueshëm në aspektin e konsumit të energjisë, por edhe konsumi i energjisë elektrike të shënuar gjatë prodhimit është mjaft i lartë. Për krahasim, për të prodhuar një ton çimento janë të nevojshme rreth 4958762 kJ energji, e që është ekuivalente me energjinë e 180 kg të thëngjillit ([Rubenstein, 2012](#)). Procesi kimiko-teknologjik që ndodh gjatë pjekjes së gurit gëlqeror në furrën rrotulluese shoqërohet me sasi të lartë të emetimit të dioksidit të karbonit, kështu që si industri e veçantë, vetëm industria e prodhimit të çimentos emeton rreth 5% të emetimeve të gjithmbarshme botërore të këtij gazi me ndikim në efektin serrë, d.m.th. në ngritjen e temperaturës së tokës ([Rubenstein, 2012](#)). Duke qenë se betoni është materiali industrial më i përdorshëm nga njeriu, zhvillimi përgjithshëm industrial është i shoqëruar me rritje të kërkesës për çimento dhe kjo patjetër ndikon në rritjen e emetive të gazeve serrë.

Edhe një herë analizojmë bazën e procesit të emetimit të dioksidit të karbonit nga industria e çimentos. Niveli i dioksidit të karbonit në atmosferë po rritet. Kontributi prej 5% nga industria e çimentos në rritjen e sasisë së CO₂ është domëthenës pasi vjen nga aktiviteti njerëzor ([Rubenstein, 2012](#)). Procesi i teknologjik i prodhimit të çimentos kërkon sasi të madhe të energjisë, qoftë në

formë të nxehtësisë nga djegia e biofosileve qoftë edhe nga energjia elektrike. Vet procesi i pjekjes dhe përpunimit të gurit gëlqeror si një nga lëndët bazë të përfitimit të çimentos shoqërohet me emetime direkte dhe indirekte të dioksidit të karbonit.

Emetimi direkt i CO₂ është nga procesi i pjekjes së gurit gëlqeror në furrën rrotulluese, që njihet edhe si procesi i kalcinimit që në formën e reaksionit kimik paraqitet me ekuacionin:



Kështu që duke kaluar ky material (guri gëlqeror) nëpër furrën rrotulluese ku temperatura në faza të ndryshme është e rendit 850-1340°C, nga ky material do të fillojnë të fitohen materialet më komplekse duke u bashkuar për të formuar klinkerin. Klinkeri në fakt është edhe vetë çimentoja. Sipas udhëzimeve të Panelit Ndërqeveritar për Ndryshime Klimatike (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)), me qëllim të llogaritjes së sasisë së emetimit të CO₂ nga procesi i prodhimit të klinkerit, faktori i emetimit të CO₂ për klinker jepet me ekuacionin (IPPC, 1997):

$$EF_{\text{klinker}} = \text{fraksioni CaO} \times 0.785$$

Në bazë të metodës Tier 1 dhe vlerës të paraqitur nga IPCC për vlerën e fraksionit të CaO në klinker merret vlera 64%. Kështu që ekuacioni i mësipërm shkruhet:

$$EF_{\text{klinker}} = 0.64 \times 0.785 = \mathbf{0.507}$$

Nga ky ekuacion në mënyrë të llogaritur shihet se për çdo ton të klinkerit të prodhuar në atmosferë emetohen rreth 0.507 tonë CO₂. Në rastin e prodhimit të çimentos në Kosovë, po të merret parasysh ekuacioni i mësipërm do të kemi pasqyrën e emetimit të sasisë së CO₂ vetëm nga procesi i kalcinimit.

Nga procesi teknologjik i prodhimit të çimentos, respektivisht prodhimit të klinkerit, dihet se kërkohet sasi e madhe e energjisë në formë të nxehtësisë për të nxehur furrën rrotulluese prej nga edhe përfitohet klinkeri i çimentos. Ky proces, që është endotermik, kërkon që për të prodhuar një ton klinker shpenzohen rreth 3160 MJ të nxehtësisë (Mejeoumov, 2007). Në rastin e prodhuesit kosovar Sharrcem, si lëndë djegëse përdoret lënda e ngurtë (petkoku). Nga djegia e petkokut për 1MJ të nxehtësisë lirohen rreth 97g CO₂ (Mejeoumov, 2007). Pasi bëhet një llogaritje e sasisë së përgjithshme të emetimit të CO₂ nga djegia e petkokut vetëm për procesin e kalcinimit të gurit gëlqeror del se për një ton CaO emetohet rreth **0.306 t** të CO₂ (AFPM, 2015).

Sasi tjetër e dioksidit të karbonit të emetuar nga procesi i prodhimit të çimentos është emetimi indirekt që vjen nga konsumi i energjisë elektrike për të operuar me makineritë, mullinjtë, etj. Në këtë aspekt, hulumtimet përgjithësisht duke iu referuar metodës së thatë të përfitimit të klinkerit tregojnë se për një ton çimento shpenzohen rreth 110 –120 kWh energji elektrike (Rubinstein, 2012). Këtu si rast studimor është çimentoja e Kosovës dhe dihet se gati 97% e energjisë elektrike prodhohet nga termocentralet me lëndë djegëse linjitin. Nga të dhënat e KEK-ut për harxhim specifik të linjtit për MWh, emetimi specifik i CO₂ nga djegia e linjtit është **0.0013** t CO₂ për 1 KWh të energjisë elektrike. Kështu që llogaritjet tregojnë që vetëm nga energjia elektrike e shpenzuar për të prodhuar një ton çimento emetohen rreth **0.15** ton CO₂ (Qaflehi et al., 2013).

Duke marrë në llogaritje totalin e të tri emetimeve që shoqërojnë procesin e prodhimit të çimentos konstatohet se prodhimi i një ton çimentoje emeton rreth një ton CO₂. Duke u bazuar në të dhënat nga Sharrcemi, prodhimi vjetor i çimentos tejkalon 543,500.7 tonë dhe po aq tonë do të jetë edhe emetimi i gazit serrë CO₂ në atmosferë. Kjo e dhënë për emetim specifik të CO₂ për ton të çimentos në fakt nuk dallon nga emetimet e prodhuesve tjerë botërorë që si industri përgjithësisht është mjaftë e zhvilluar bazuar në kërkesat e larta për çimento. Ky prodhim vendor mbulon vetëm gjysmën e konsumit të çimentos. Po aq është edhe sasia e çimentos që importohet. Kështu që nga ky konsum shihet se vetëm nga shpenzimi i çimentos në Kosovë do të emetohen rreth 1 milion ton CO₂, gjysma në Kosovë nga fabrika e prodhimit të çimentos dhe gjysma tjetër në vendet e rajonit prej nga importohet çimentoja. Vendet në fakt mund të jenë të ndryshme, por planeti është i njëjti i përbashkët.

KAPITULLI 2

2 HISTORIKU I PËRDORIMIT DHE STANDARDIZIMI I HIRIT TË TEC-IT

2.1 Përdorimi dhe Standardizimi i Hirit të TEC-it në SHBA

Përgjithësisht hiri i TEC-it është pluhur i përbërë nga grimca të formës sferike me përmbajtje themelore kimiko-mineralogjike të njëjtë sikurse çimentoja. Karakterizohet si material pucolanik i cili kur përzihet me hidrooskididin e kalciumit shfaq veti çimentuese. Në SHBA kjo mbetje grimcore/pluhur nga procesi i djegies së thëngjillit ishte njohur se ishte “material pucolanik i përshtatshëm” që nga viti 1914 ([ARTBA-TDF, 2011](#)). Kjo veti ishte bazë se mund të përdorej në beton. Në SHBA për të parën herë sasia më e madhe e përdorur e Hirit të TEC-it në beton ishte nga “Bureau of Reclamation” për riparimin tunelit në Hoover Dam në vitin 1942. Diga Hungry Horse në Montana ishte nga të parat diga ku ishte përdorur Hiri i TEC-it në vitin 1949. Kompania e parë formale e Hirit të TEC-it, The Chicago Fly Ash Company ishte themeluar në dhjetor të 1946 ([Manz et al., 2005](#)).

Në vitin 1968 American Coal Ash Association (ACAA) themelohet si National Ash Association. Synimi kryesor i këtij asociacioni ishte përdorimi i mbetjes nga djegia e thëngjillit dhe mbrotja e mjedisit ([ACAA, 2015](#)). Një raport i ACAA (2006) tregoi se deri në vitin 2005 rreth 150 Mt të Hirit të TEC-it qenë përdorur në beton. Sa më shumë që njihet Hiri i TEC-it, përmes kërkimeve studimore, aq më shumë rritej sasia e përdorimit nëpër vite. Në vitet 1990-ta, përqindja e përdorimit të Hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos u rrit nga 15% deri në 40%. Udhëzimet dhe kërkesat për veti të caktuara për përdorimin e Hirit të TEC-it në industrinë e betonit u përmbledhën në formën e standardizuar në standardin ASTM C311 ([ASTM C311, 2007](#)) dhe ASTM C618 ([ASTM C618:12-a, 2012](#)), sepse Hiri i TEC-it njëjtë si dhe pucolanet natyrore duhet të ishte në konformitet me kërkesat e përkufizuara sa i përket përbërjes kimike dhe fizike ([ASTM C618:12-a, 2012](#)). Siç shihet, SHBA-të qenë vendi udhëheqës në përdorimin e Hirit të TEC-it.

2.2 Përdorimi dhe Standardizimi i Hirit të TEC-it në Europë

Në Europë, vetëm në vendet anëtare të Bashkimit Europian (BE), sektori i prodhimit të energjisë elektrike nga termocentralet prodhon bashkëproduktin-mbetjen e djegies së thëngjillit (Hi TEC-i) në sasi rreth 100 Mt në vit ([EURELECTRIC WG Waste & Residues, 2012](#)).

Vendet europiane filluan të përdorin këtë bashkëprodukt të djegies së thëngjillit (CCP-coal-combustion-byproduct) pak më vonë, në vitet 1960-ta. Me përdorimin e tij, përveç që zëvendësohej një sasi e caktuar e çimentos, përdorimi i tij tregoi se përmirësonte edhe disa veti të betonit, qoftë në gjendje të njomë qoftë betonit në gjendje të ngurtë. Kështu që vendet si Britania e Madhe, Austria, Gjermania, etj. filluan të përdornin Hirin e TEC-it në sasi më të mëdha (Thamm, 2010).

Sipas Kornizës së Direktivës Europiane për Mbetje (European Waste Framework Directive (WFD)) të vitit 1991 dhe pastaj të modifikuar (EC Directive 2008/98/EC, 2008) ky bashkëprodukt i djegies së thëngjillit, në aspektin ligjor njihet si mbetje pasi që është bashkëprodukt që gjenerohej nga procesi industrial. Konventa e Bazelit e përkufizon mbetjen si "Substanca ose objekte të cilat hidhen ose janë të destinuara që të hidhen ose duhet të hidhen sipas kërkesave të ligjeve nacionale" (UNEP, 2014). Kjo kornizë ligjore e klasifikimit të Hirit të TEC-it në atë kohë paraqiste një problem për përdorimin e tij; duhej të ndryshohej klasifikimi nga Mbetje në Produkt. Pasi që prodhuesit e betonit tashmë kishin filluar me përdorimin ata bëhen "fabrika të përpunimit të mbetjes" (ang. waste handling plant) (Winkel, 2010). Në janar të 2001 Komisioni European (CE) aprovoi një listë të klasifikimit të mbetjeve me klasifikimin si të rrezikshme apo jo të rrezikshme në të ashtuquajturin Katalogu European i Mbetjeve (European Waste Catalogue EWC). Në këtë katalog, çdo mbetje është e identifikuar me një kod gjashtëshifror. Në rastin e hirit nga djegia e thëngjillit, kodi i hirit të TEC-it është 10 01 17. Ku, 10 është për mbetje nga proceset termike; 10 01- është për mbetje nga centralet elektrike dhe fabrika tjera djegëse. Hiri i poshtëm/fundërrues që gjithashtu është një mbetje e djegies së thëngjillit konsiderohet si mbetje jo e rrezikshme dhe ka kodin 10 01 15 (EPA, 2002). Në rast se mbetja do të ishte e klasifikuar si e rrezikshme do ta kishte edhe shënjen e yllit (*) (Winkel, 2010). P.sh. kodi 10 01 16* është kodi për mbetje nga djegia e klasifikuar si e rrezikshme sepse hiri i TEC-it, në këtë rast një mbetje nga procesi i bashkëdjegies të materialeve me përmbatje rrezikshme gjithashtu do të kishte statusin mbetje i rrezikshëm.

Me këtë emërtim/kod, respektivisht klasifikimi se Hiri të TEC-i nuk është mbetje e rrezikshme, duhej të ndryshohej edhe statusi përmes një procedure të quajtur kriteri i përfundimit të statusit mbetje dhe të regjistrohet sipas rregulloreve të REACH (akronim në ang. për Registration, Authorisation, Evaluation and Restriction of Chemicals- Regjistrim, Autorizim, Vlerësim dhe Kufizimi i Kimikate). REACH është Regullorja e Komisionit European për kimikate dhe përdorimin e sigurt të tyre që hyri në fuqi më 1 qershor 2007 (EC REACH, 2006).

Neni 6-Përfundimi i statusit mbetje i Direktivës së Kornizës për Mbetje ([EC, 2008/98/EC](#)) vendos kriteret se si një mbetje të ndryshojë statusin nga mbetje në produkt. Bazuar në këtë, vendet anëtare në veçanti duhet të vendosin në baza individuale për përfundimin e statusit të ndonjë mbetje të vaçantë. Shumë vende kanë përparuar me ndjekjen e procedurave respektive për të përdorur Hirin e TEC-it si material ndërtimor në industrinë e betonit. Standardi i parë europian EN 450- Hiri fluturues për beton- Përkufizime, specifikime dhe kontrolli i cilësisë, ishte publikuar në vitin 1995 nga CEN (European Committee for Standardization), që është organizatë e pranuar ligjërisht nga BE, dhe është asociacion që bashkon Trupat Kombëtarë Standardizues të 33 vendeve anëtare. Pas kësaj, ky edicion i parë, bazuar në mandatin M128, në vitin 2005 pasohet me standardin e harmonizuar EN 450-1: 2005, dhe standardin e dytë EN 450-2:2005: Vlerësimi i konformitetit ([Berg, 2010](#)).

Vendet e vaçanta europiane kanë adoptuar këtë standard. Identifikimi i këtij standardi karakteristik për çdo vend specifikohet me initiale karakteristike për atë vend dhe pasohet me EN që është nga standardin europian, p.sh. BS EN 450 është standardi britanez për Hirin e TEC-it. Autoritetet e Republikës së Kosovës, edhe pse Kosova nuk është vend anëtar i BE-së, kanë ndërmarrë iniciativën për të adoptuar standardet europiane për produkte të ndryshme dhe metoda testuese. Në rastin e Kosovës Hiri i TEC-it është standardizuar përmes Ministrisë së Tregtisë dhe Industrisë të R. së Kosovës që nga 2008 dhe ka kodin identifikues SK EN 450-1. Ky është një tregues i mirë se edhe pse nuk ka zhvillime, iniciativa për të futur në përdorim këtë mbetje industriale, së paku në aspektin ligjor ekziston korniza ligjore që hap mundësi për të filluar me përdorimin e hirit në beton si material ndërtimor me veti lidhëse, dhe jo vetëm. Kontribut i këtij studimi-disertacioni të doktoraturës është që bazuar në studimin teorik, eksperimental dhe në pajtueshmëri me kornizën ligjore të hapet horizonti i përdorimit të Hirit të TEC-it të Kosovës duke arsyetuar shkencërisht përmes matjeve eksperimentale aspektin cilësor të betonit me sasi të caktuar të Hirit të TEC-it. Pra qëllimi është që të jepet kontributi shkencor që përmes studimit teorik dhe eksperimental të bëhet adoptimi i standardeve europiane EN 450-1 dhe EN 450-2 ashtu që përveç standardizimit si bazë ligjore, të krijohet mundësia e aprovimit të kësaj mbetje në produkt ndërtimor. Ky punim, sigurisht se është nga punimet e para më të thelluara të mbështetura në kërkime dhe përvojat shkencore edhe të vendeve tjera që tashmë kanë një infrastrukturë si ligjore ashtu edhe logjistike të përdorimit të kësaj mbetje që tashmë më tej në studim do të të trajtohet si produkt-material ndërtimor. Përfundimi i rezultateve të matjeve dhe testeve do të vendosë sigurisht edhe mundësinë e përdorimit cilësor dhe sasior të Hirit të TEC-it. Këtu studimi është i fokusuar vetëm në vetitë pucolanike dhe çimentuese të Hirit të TEC të Kosovës për përdorim si zëvendësues i pjesshëm i çimentos portland. Sigurisht, rezultatet do të inkurajojnë edhe sektorë dhe trupa të cilët merren me

materialët ndërtimore si dhe ato të çeshtjeve mjedisore. Përndryshe, deri më tani, në Kosovë nuk ka ndonjë të dhënë zyrtare se Hiri i TEC-it ka gjetur ndonjë përdorim qoftë si shtesë në beton, çimento ose mbushës. Në këtë nivel paraqet një mbetje që çdo vit grumbullohet mbi 1.5 Mt dhe hidhet si mbetje e ngurtë në sipërfaqe tokësore me pasoja mjedisore dhe shëndetësore për banorët dhe rrethinën e TEC-eve si dhe në nivelin kombëtar.

2.3 Gjenerimi dhe Konsumi i Hirit të TEC-it në Kosovë Krahasuar me Vendet tjera nëpër Botë

Bazuar në të dhënat nga Konferenca e WOCA (World of Coal Ash 2013, SHBA) prodhimi vjetor global i bashkëprodukteve nga procesi i djegies së thëngjillit në vitin 2010 ishte 780 Mt. Raportimi në këtë konferencë ishte se vendet me gjenerim më të madh të CCP (shkurtesa për bashkëprodukte të djegies së thëngjillit) ishin Kina me 395 Mt, Amerika Veriore 118 Mt, India 105 Mt, Europa (EU15) me 52.6 Mt, Afrika 31.1 Mt, Japonia me 11.1 Mt. Nga tërë kjo sasi e prodhuar e CCB, vetëm 53%, respektivisht rreth 415 Mt përdorej si material në disa sektorë, kryesisht në beton. Shfrytëzuesi më i madh, në përqindje, ishte Japonia me 96, 4%, respektivisht 10.7 Mt. Përdorimi i CCP në vendet europiane ishte 90.9%; SHBA-të 42.1%, Kina 67%, Australia 45.9% dhe pjesa tjetër e Azisë 66%. Bazuar në këto të dhëna, edhe pse në disa vende mbetet një sasi e madhe e CCP pa u përdorur, megjithatë Hiri i TEC-it si produkti me sasinë më të madhe në klasifikimin si CCP përdoret mjaftueshëm. Po të krahasohet sasia e prodhimit të hirit të TEC-it të Kosovës në vitin 2010, viti referent për krahasim me këto vende, që ishte 1.5 Mt, asnjë kilogram i tij nuk është i raportuar se ishte përdorur në ndosnjë sektor, d.m.th. përdorimi i hirit në Kosovë është 0%. Kjo është brengosëse si për aspektin mjedisor ashtu edhe zhvillimin e qëndrueshëm energjetik ([Heidrich et al., 2013](#)).

Bazuar në raportin e ([Heidrich et al., 2013](#)), të dhënat për sasinë (në Mt) të prodhimit të produkteve-mbetjeve të djegies nga thëngjilli, sasisë së përdorur (Mt) dhe (%), si dhe prodhimin për banor, dhe krahasimi më të dhënat për Kosovën, janë paraqitur në Tabelën 2.1.

Tabela 2.1. Prodhimi vjetor dhe shkalla e përdorimi të Hirit të TEC për disa vende të botës dhe Kosovë në vitin 2010

Vendi/rajoni	Prodhimi i CCP (Mt)	Përdorimi i CCP (Mt)	Përdorimi (%)	Prodhimi i CCP për banor (t)	Përdorimi i CCP për banor (t)
Kina	395.0	265	67.1	0.29	0.20
SHBA	118.0	49.7	42.1	0.37	0.16
India	105.0	14.5	13.8	0.09	0.01
Europa EU (15)	52.6	47.8	90.9	0.11	0.10
Federata Ruse	26.6	5.0	18.8	0.19	0.04
Japonia	11.1	10.7	96.4	0.09	0.08
Australia	13.1	6.0	45.8	0.60	0.27
Kosova	1.5	0	0	0.86	0

Nga tabela shihet se në Kosovë vetëm në vitin 2010 nga djegia e 9.4 Mt linjit janë gjeneruar rreth 1.5 Mt Hi TEC-i. Bazuar në regjistrimin e fundit të popullsisë, në Kosovë në vitin 2011 ka pasur 1,739,825 banorë ([ASK, 2013](#)). Duke pasur parasysh këto të dhëna, del se gjenerimi i Hirit të TEC-it si CCP ishte rreth 860 kg për banor. Nga tabela shihet se, edhe pse në dukje sasia e Hirit të TEC-it është e vogël në krahasim me vendet dhe rajonet tjera, për banor Kosova ka gjenerimin më të lartë të hirit. Gjendja del edhe më keq kur shihet se nuk ka ndonjë shifër që tregon se ekziston ndonjë kilogram i Hirit të TEC-it të jetë përdorur. Nga të dhënat tabelare shihet se Kosova ka sasinë më madhe të gjenerimi së çdo vend tjetër dhe asnjë kilogram të përdorur. Në SHBA nga 118 Mt të Hirit të TEC-it të prodhuar, 42.1% e kësaj sasie raportohet e përdorur. Shumë më mirë qëndrojnë vendet anëtare të BE: me gjenerim prej 52.6 Mt, që është rreth 190 kg/banor, sasia e përdorur e hirit është më e larta nga të gjitha vendet dhe rajonet, rreth 91% e kësaj sasie është e përdorur. Në Gjermani, në vitin 2010 janë gjeneruar rreth 10 Mt hi TEC-i dhe nga të dhënat raportohet se 97% e kësaj sasie është përdorur në industrinë e betonit, çimentos dhe si mbushës ([Feuerborn, 2010](#)). Në Poloni, në vitin 2012 nga djegia e thëngjillit dhe linjtit janë gjeneruar rreth 6 Mt mbetje hi TEC-i. Nga kjo sasi, të dhënat tregojnë se mbi 4 Mt e kësaj mbetje është ripërdorur: material ndërtimor (1.8 Mt), lëndë e parë në çimento (1Mt) dhe përdorime tjera (1.2 Mt) ([Bocheńczyk et al., 2015](#)). Kjo është bazë që edhe R. e Kosovës duhet të zhvillojë politika dhe strategji për përdorimin shkencor të kësaj mbetje përmes procesit të standardizimit si produkt ndërtimor.

KAPITULLI 3

3 ANALIZA KIMIKE-MINERALOGJIKE, VETITË DHE KLASIFIKIMI I HIRIT NGA TERMOCENTRALET E KORPORATËS ENERGJETIKE TË KOSOVËS (KEK)

Linjiti është lëndë djegëse themelore në termocentralet e KEK-ut për gjenerimin e energjisë elektrike. Përveç benefitit për prodhimin e energjisë elektrike, kuptohet se sasia e madhe e konsumit të tij gjatë djegies krijon edhe sasi të mëdha të mbetjes së ngurtë në formë të hirit. Kjo mbetje në fakt është mbetje industriale që gjenerohet gjatë procesit industrial nga aktiviteti njerëzor gjatë djegies së lëndës së parë në formë natyrore. Si e tillë, kjo mbetje synohet të trajtohet në aspektin shkencor për mundësinë e largimit përmes përdorimit në industrinë e betonit si një material përbërës i betonit apo si shtesë mineralogjike për të përfutur betone me veti të caktuara konform kërkesave të projektuara paraprakisht.

Vetë fakti se burimet e depozitave të linjtit në Kosovë janë të bollshme, është edhe një fakt tjetër që e bën të favorshëm përdorimin e linjtit për gjenerim të energjisë: linjiti i Kosovës është shumë i përshtatshëm për ekstraktim sepse shtresa "mbuluese" e dheut që duhet të hiqet për të eksploatuar linjtin është relativisht shumë e hollë, si dhe trashësia mesatare e depozitës së linjtit është rreth 40 m. Këto parakushte të lëvërdisshme për eksploatim mundësojnë që linjiti, direkt me sistem të shiritave transportues, të bartet deri në njësitë e termocentraleve. Aty fillon procesi i tharjes dhe grimcimit deri në formë pluhuri me madhësi deri në 200 µm. Në këtë formë, ky linjit "pluhur" në formë spreji-vrushkull derdhet në kalldajën e termocentralit. Aty është vendi ku lirohet energjia e linjtit në formë të nxehtësisë e cila e nxen ujin për të krijuar shtypjen nga avulli për të lëvizur turbinat, gjeneratorët për gjenerim të rrymës elektrike. Këta gjeneratorë janë të lidhur në rrjetin e transmisionit dhe distribucionit. Kjo është ana e lëvërdisshme e djegies së linjtit.

Përveç lirimit të nxehtësisë, procesi i djegies në mënyrë të paevitueshme shoqërohet edhe me krijimin e bashkëprodukteve të djegies:

- ◆ Emetimin e produkteve të gazta: dioksid karboni (CO₂), oksid sulfuri (SO_x), okside azoti (NO_x) etj.
- ◆ Krijim të mbetjes së ngurtë (materje grimcore): Hirin fluturues dhe hirin e poshtëm

Synimi i kryesor i këtij punimi është studimi i vetive kimike, fizike dhe mekanike të hirit si një mbetje me mundësi shfrytëzimi në industrinë e ndërtimit duke e shtuar në beton si zëvendësues i çimentos portland. Sasia e hirit të krijuar nga djegia varet nga vet sasia e hirit në linjit dhe operimi i bojlerëve në termocentrale. Emetimi-gjenerimi i materies së ngurtë nga linjiti me sasi të lartë të hirit më shumë varet nga sasia e hirit në linjit (thëngjill) se sa nga efienca e djegies (Isufi, 2010), përderisa për linjite me sasi të vogël të hirit, sasia e hirit të prodhuar varet më shumë nga efienca e djegies. Hiri i poshtëm, i cili paraqet 15-20% të sasisë së gjithmbarshme të hirit të krijuar është hi kokërmadh me madhësi diametri prej (1-10) mm, dhe është pra, kuptohet, pjesë e padjegshme e linjtit (Sahu, 2010). Ky quhet hiri i poshtëm sepse gjatë procesit të djegies në temperatura të larta, një sasi e hirit shkrihet dhe akumulohet në muret e bojlerit ku ndodh djegia.

Hiri fluturues gjithashtu paraqet pjesën e padjegshme të linjtit dhe është hiri më i imët (1-150 μm , mesatarisht 40 μm në diametër) që në sasi paraqet 80-90% të sasisë së gjithmbarshme të hirit të krijuar gjatë djegies (Sahu, 2010).

Kontrolli i pluhurit (materies grimcore), në këtë rast hirit, në shumicën e termocentraleve bëhet me anë të elektrofiltrave, apo siç njihen edhe fundërrues elektrostatikë (ang. Electrostatic precipitators (ESP)). Efienca e projektuar e ESP në TEC-et e Kosovës B është 99.14 %, kurse për Kosovën A 98% (Gjurgjeala, 2007). Hiri fluturues bartet, "fluturon" me gazet tjera dhe tymin dhe aty kapet nga elektrofiltrat dhe grumbullohet në sillose.

Kjo mbetje industriale, bazuar në analizën kimike-mineralogjike që ka ngjashmëri me atë të çimentos, do të duhej të shfaqte veti çimentuese. Kjo është veti e materialeve që në prani të ujit të ngurtësojnë. Gjithashtu do të shfaq edhe veti pucolanike (vetia e materialit që në prani të ujit hyn në reaksion me hidrooksidin e kalciumit, në temperaturë të zakonshme duke formuar komplekse me veti çimentuese). Pritjet për këto dy veti janë të arsyeshme sepse hiri fluturues sipas përkufizimit të dhënë në EN 450-1 (EN 450-1, 2012), e që është standardi europian për hirin në beton (nga ang. Fly ash in Concrete), është " pluhur i imët kryesisht i formës sferike që ka veti pucolanike me përbajtje të SiO_2 and Al_2O_3 " (EN 450-1, 2012).

Vetitë e hirit fluturues që ndikohen nga përbërja e tij kimike/mineralogjike e bëjnë atë të rëndësishëm (mundshëm) për përdorim në beton, qoftë si shtesë mineralogjike qoftë si zëvendësues direkt i çimentos. Kjo inkurajohet nga fakti, ashtu siç do të paraqitet më vonë, se për nga përbajtja kimike-mineralogjike hiri i TEC-it është i njëjtë me çimenton portland, me dallim në përqindjen e pjesëmarrjes së komplekseve mineralogjike. Gjithashtu studimet dhe përvojat nga vende tjera kanë treguar se në sasi të caktuara mund të përdoret edhe si agregat, që mund të jetë një temë tjetër studimi.

Shumë vende të botës e përdorin këtë hi fluturues të TEC-it edhe si zëvendësues i çimentos në prodhimin e betonit edhe si shtesë për të përfituar betone me veti të caktuara në përdorime të caktuara në ndërtime; ose si material mbushës në ndërtimin e rrugëve; në industri si mbushës në plastikë, materialet ngjyrosëse për mbyllje, etj. Por, një praktikë e tillë mungon në Kosovë. Një sasi e vogël, jo edhe në formë aq zyrtare spekulohet të harxhohet nga prodhuesi vendor i çimentos si shtesë në çimento, edhe aty më shumë është në pyetje interesi ekonomik i prodhuesit se sa ai mjedisor ose inxhinierik. Kështu që në aspektin e shfrytëzimit, hiri i termocentralit paraqet vetëm një mbetje industriale të papërdorshme me kërcënimin për shëndetin e banorëve përreth dhe mjedisit në përgjithësi duke degraduar sipërfaqe të mëdha të tokës. Kjo mbetje është çështje e më shumë se një milion tonëve në vit, dhe fillimi i "grumbullimit" është që nga viti 1962.

Pasi pjesa qëndrore dhe kryesore e disertacionit është mundësia e inkorporimit të hirit në industri, d.m.th. shfrytëzimi i mbetjes si material ndërtimor, atëherë e para detyrë është aspekti i klasifikimit dhe standardizimit të hirit, si në aspektin kimik ashtu edhe fiziko-mekanik për përdorim në beton. Në Europë është i aprovuar standardi EN 450-1 dhe EN 450-2 për hirin fluturues për përdorim në beton. Amerikanët e kanë ASTM C618. Edhe Republika e Kosovës ka adoptuar standardin europian në tërësi me kodin SK EN 450-1. Kështu që të gjitha vlerësimet dhe analizat do të bëhen sipas kornizave të këtij standardi në të cilin janë përshkruar në mënyrë shkencore vetitë që duhet t'i ketë si dhe metodat për testimin e vetive të caktuara; gjithashtu edhe kërkesat kufitare për veti/vlera të caktuara kufitare të vetive ose përbërësve të caktuar.

3.1 Analiza Kimike-Mineralogjike e Hirit të Termocentralit Kosova B

Hiri fluturues si mbetje nga procesi i djegies së linjtit gjatë procesit të gjenerimit të energjisë elektrike përbëhet nga grimca të imëta që ngriten lartë së bashku me gazet dhe tymin. Këto grimca para daljes nga oxhaku tërhiqen nga elektroftrat, grumbullohen dhe mandej barten deri në sillose. Si i tillë, ky hi në sasi të madhe hidhet duke u deponuar në mënyrë të njëjtë si mbetjet tjera. Për të mundësuar përdorimin në beton, hapi i parë që është bërë ishte analiza kimike-mineralogjike e hirit. Bazuar në ato që u tha për të kërkuar mundësinë e përdorimit në industrinë e betonit, janë marrë mostra nga termocentrali Kosova B dhe janë analizuar vetitë kimike, fizike dhe mineralogjike. Marrja dhe përgatitja e mostrave të hirit të TEC-it Kosova B është bërë në përputhje me standardin EN 450-1:2012 (E), pika 7-marrja e mostrave, kur për marrje të mostrave udhëzohet: *"Për qëllimin e kryerjes së të gjitha analizave dhe testeve që nevojiten për të treguar konformitetin ose jokonkonformitetin ndaj kërkesave të Klauzolës 5, kërkohet që mostra përfaqësuese laboratorike e hirit të tharë të mos jetë më pak se 0.5 kg. Kjo mostër duhet të merret duke e ndarë, kuarteruar, mostrën me masë 2 kg"* (EN 450-1:2012 (E)) dhe EN 196-7 (EN 196-7,

2008). Tri mostra të marrura në tri ditë të ndryshme gjatë një periudhe njëmuajore janë analizuar në aspektin kimik-mineralogjik në laboratorin ZAG, Departamenti i materialeve, Laboratori i çimentos, Ilaçit dhe qeramikës, Lubjanë, Slloveni. Analizat janë bërë në konformitet me standardin EN 450-1:2012, pika 5.2 dhe 5.3 (EN 450-1, 2012). Përcaktimi i përmbajtjes kimike-mineralogjike është bërë përmes teknologjisë së kombinuar me metodën e fluoreshencës me rreze X (XRF) dhe difraktometrisë së rrezeve X (XRD). XRF mundëson vetëm njohjen përbërjes së elementeve të veçanta, kurse në kombinim me metodën XRD është mundësuar edhe njohja e përmbajtjes së fazave të mineraleve të veçanta si CaO e lirë etj. Sipas EN 196-2- Metoda e testimit të çimentos - Pjesa 2: Analiza kimike e çimentos, analiza me metodën e fluoroshencës me rreze X (EN 196-2, 2013) mund të përdoret si metodë direkte për analizën kimike të hirit të TEC-it. Në përputhje me këtë metodë standarde EN 196-2, respektivisht pika 3.1 e këtij standardi, për çdo veti të matur janë bërë dy testime. Përbërja kimike-mineralogjike e hirit fluturues e përcaktuar me analizën sipas metodës XRF-fluoreshenca e rrezeve X dhe difraktometri me rreze X (XRD) është paraqitur në Tabelën 3.1.

Siç edhe është cekur më lartë standardi EN 450-1: Hiri fluturues për beton, për të parën herë është publikuar më 1995. EN 450-1 përshkruan përkufizimet dhe kriteret e konformitetit, kurse EN 450-2 vlerësimin e konformitetit të hirit fluturues në beton. Vlerësimi mbi konformitetin e hirit të Kosovës është bazuar në publikimin e fundit të EN 450-1:2012, i cili edhe paraqitet me disa amendamente krahasuar me versionet paraprake EN 450-1:2007 (Vieira et al., 2010; Papayianni, 2010).

Sipas EN 450-1 hiri fluturues i TEC-it përkufizohet si pluhur i imët kryesisht me kokërriza të formës sferike, grimca jokristaline (amorfe) të krijuara nga procesi i djegies së thëngjillit në formë pluhuri, me ose pa materiale djegëse, që ka veti pucolanike dhe kryesisht përbëhet nga dioksidi i silicit (SiO₂) dhe oksidi aluminut Al₂O₃.

Sipas standardit amerikan ASTM C618 12a (ASTM C618:12-a, 2012) bazuar në përbërjen kimike të hirit të TEC-it, sipas kriterit për sasinë e oksidit të kalciumit ka dy klasë të hirit:

- ◆ Klas F: përmbajtja e oksidit të kalciumit (CaO) është më e vogël se 20%
- ◆ Klasa C: përmbajtja e oksidit të kalciumit (CaO) është më e madhe se 20%.

Në formën të përmbledhur tabelare, përbërja kimike dhe mineralogjike e hirit të TEC-it, si edhe metodat testuese dhe kërkesat e standardit EN 450-1 janë paraqitur në Tabelën 3.1.

Tabela 3.1. Përmbajtja kimike e hirit të termocentralit Kosova B

Përbërësit	(%)/ masë	Kërkesat sipas standardit EN 450-1-5.2	Metoda testuese
SiO ₂ (total)	29.7	≥75%	EN 196-2, 13.6
SiO ₂ (i tretshëm)	0.27		EN 196-2, 13.8
Al ₂ O ₃	10.65		EN 196-2, 13.11
Fe ₂ O ₃	6.18		EN 196-2, 13.10
CaO	32.92	-	EN 197-1, 3.1
CaO (i lirë)	6.49	≤1.5%	EN 451-1
CaO (reaktiv)	24.62	≤ 10.0 %	
MgO	5.93	≤ 4.0%	EN 196-2, 13.13
SO ₃	9.98	≤ 3.0%	EN 196-2, 8
Na ₂ O	0.74	-	EN 196-2, 17
K ₂ O	0.61	-	EN 196-2, 17
Na ₂ O (ekuivalent)	1.14	≤5.0%	E llogaritur
Mbetje e patretshme	5.65	-	EN 196-2, 10
SiO ₂ (reaktive)	26.30		EN 197-1, 3.2
Cl ⁻	0.019	≤0.10 %	EN 196-2, 14
P ₂ O ₅ (e tretshme), mg/kg	0.00	≤100 mg/kg	
ml NaOH (e shtuar) (1 mol/l)	0.00	-	EN 450-1, Aneksi C
Humbje në përcellimë	2.09	≤ 5.0%; kategoria A	EN 196-2, 7

3.1.1 Reaksioni i hidratimit të çimentos portland

Çimentoja është material themelor në gjendje pluhur me ngjyrë hiri për përfitimin e betonit. Është material lidhës hidraulik që nënkupton, që në prani të ujit bashkëvepron kimikisht duke formuar brumin/pastën e çimentos e cila brenda një kohe të caktuar ngurtësohet. Përbërja kimike dhe mineralogjike çimentos portland është paraqitur në Tabelën 3.2, kurse e çimentos CEM I 52.5 N e prodhuesit Sharrcem të përdorur në këtë studim është e paraqitur në **Tabelën 4.8** në **Kapitullin 4**. Të dhënat për veti kimike, fizike dhe mekanike për çimenton CEM I 52.5 N janë paraqitur në seksion të veçantë të Kapitullit 4.

Tabela 3.2. Përbërja mineralogjike çimentos Portland

Përbërësit	Shkurtesa	(%)/masës
CaO	C	60-65
SiO ₂	S	17-22
Al ₂ O ₃	A	3-7
Fe ₂ O ₃	F	3
MgO	M	2
Na ₂ O +K ₂ O	N+K	0,6 +0, 4

Kur çimentoja vjen në kontakt me ujin, fillojnë reaksionet e përbërësve të saj duke formuar komponime komplekse. Gjatë këtij proces që njihet si proces i hidratimit, komplekset e formuar kanë veti lidhëse që mundësojnë lidhjen e zallit dhe rërës së përzierjes. Komplekset e çimentos si silikatet (C3S dhe C2S) dhe aluminatet në reaksion me ujin formojnë hidrosilikatet, respektivisht hidroaluminatet. Kët e quajmë brum/xhel i çimentos me veti adezive që mundëson lidhjen e rërës dhe zhavorit. Skema e reaksionit të hidratimit të komplekseve të çimentos është paraqitur në Tabelën 3.3.

Tabela 3.3. Reaksionet e hidratimit të çimentos portland

2(3CaO·SiO ₂) Silikati trekalcik (C3S)	+11 H ₂ O Uji	=3CaO·2SiO ₂ ·8H ₂ O Hidrosilikiati i kalciumit (C-S-H)	+3(CaO· H ₂ O) Hidrooksid kalciumi
2(2CaO·SiO ₂) Silikati dykalcik (C2S)	+9 H ₂ O Uji	=3CaO·2SiO ₂ ·8 H ₂ O Hidrosilikiati i kalciumit (C-S-H)	+ CaO· H ₂ O Hidrooksid kalciumi
3CaO·Al ₂ O ₃ Aluminati Trekalcik (C3A)	+3(CaO·SO ₃ ·2H ₂ O) Gjipsi	+26 H ₂ O Uji	=6 CaO·Al ₂ O ₃ ·3SO ₃ ·32H ₂ O Etringiti

$2(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)$ Aluminati trekalcik	$+6\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SO}_3\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ Etringiti	$+4\text{H}_2\text{O}$ Uji	$=3(4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O})$ Monosulfoaluminati i kalciumit
$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ Trekalcium aluminati	$+\text{CaO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ Hidrooksid kalciumi	$+12\text{H}_2\text{O}$ Uji	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ Hidrati tetrakalcium aluminatit
$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ Ferroaluminati trekalcik (C4AF)	$+10\text{H}_2\text{O}$ Uji	$+2(\text{CaO}\cdot\text{H}_2\text{O})$ Hidrooksid kalciumi	$6\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Hidrati kalcium aluminoferritit

3.2 Klasifikimi i Hirit sipas Standardeve EN 450-1 dhe ASTM C618

Hiri i gjeneruar nga djegia e linjtit kryesisht përbëhet nga dioksidi i silicit, oksidi i aluminit, sasi të vogla të oksidit të magnezit, hekurit, kalciumit dhe elementeve tjera. Klasifikimi i hirit kryesisht bëhet bazuar në përqindjen e oksidit të kalciumit (CaO), i cili gjithashtu përcaktohet nga lloji i lëndës djegëse, d.m.th. përbërësve të linjtit. Analiza XRF për përbërjen kimike të hirit të Kosovës B tregon se përqindja e oksidit të kalciumit (CaO) në hi është rreth 32.92 %. Përcaktimi i sasisë së oksidit të kalciumit është testuar me metodën e paraparë me standardin EN 197-1, pjesa 3.1. Duke u bazuar në ASTM C618 ([ASTM C618:12-a, 2012](#)) hiri i TEC-it klasifikohet në dy klasë: Klasë F dhe Klasë C. Ky klasifikim është bazuar në sasinë e përmbajtjes së oksidit të kalciumit në hirin e TEC-it. Në rastin e hirit të termocentralit Kosova B, pasi që sasia e CaO është më lartë se 20% të masës së hirit, kështu që klasifikohet në hi të Klasës C, d.m.th. është hi gëlqeror me veti pucolanike dhe çimentuese. Karakteristikë e kësaj klase të hirit është se përveç vetive pucolanike ka edhe vetinë çimentuese. Vetë çimentuese është vetia e materialit, në këtë rast hiri fluturues që në prani të ujit të ngurtësohet duke formuar fazën e ngurtë pa patur nevojë për ndonjë agjent tjetër si çimento, gëlqere ose gëlqere të hidratuar, për të reaguar kimikisht dhe shfaqur veti çimentuse (Figura 3.1).

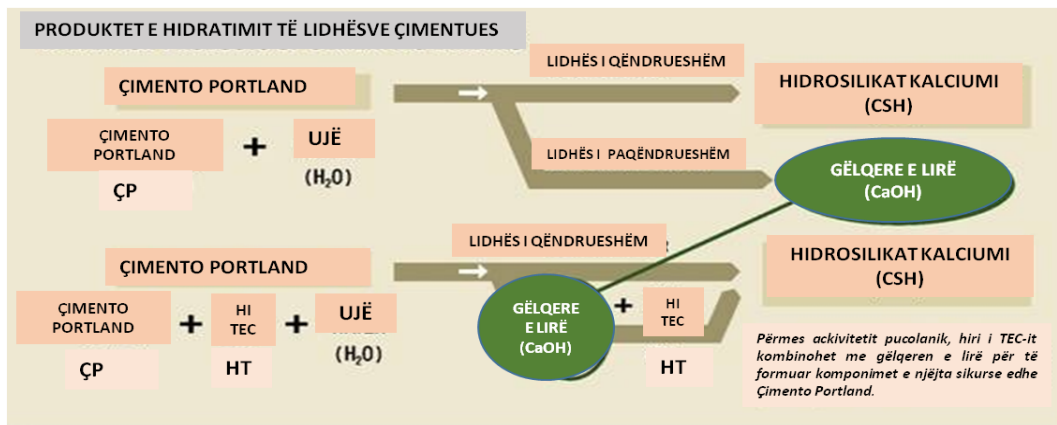


Figura 3.1. Reaksionet e hidratimit të Çimentos dhe Çimento+ Hi TEC-i

Burimi: <http://flyashbricksinfo.com/flyash-concrete.html>

Kimikisht të dy klasët e hirit, sikurse edhe çimentoja Portland, i nënshstrohen të njëjtit reksion kimik: reaksioni me hidrooksidin e kalciumit gjatë të cilit reaksion formohet hidrosilikati i kalciumit (CHS), i njëjti lidhës-kompleks sikurse edhe të çimentoja (Headwaters Resources, 2013). Këto veti të hirit të termocentralit Kosova B, që janë të përcaktuara nga përmbajtja kimike, e bëjnë të mundur bazën mbi të cilën hiri fluturues i TEC-it mund të analizohet si material lidhës si zëvendësues i çimentos në industrinë e ndërtimit.

3.3 Karakterizimi dhe Analizimi i Përbërjes Kimike sipas Standardit European EN 450-1

3.3.1 Përmbajtja e karbonit në Hirin e TEC-it (Humbja në përcëllimë)

Sasinë e karbonit në hirin e TEC-it që përdoret si zëvendësues i çimentos është mjaftë e rëndësishme për ta njohur. Për të karakterizuar këtë sasi të karbonit, përdoret termi humbje në përcëllimë, ose humbje në kalcinim (ang. LOI- loss on ignition). Humbja në përcëllimë paraqet në mënyrë indirekte sasinë e karbonit të padjegur, sasinë e mbetur në hirin e linjtit. Humbja në përcëllimë është një parametër i rëndësishëm për hirin fluturues të TEC-it pasi që në mënyrë të drejtpërdrejtë tregon sasinë e karbonit që gjendet në hi. Si i tillë, karboni në përbërjen e betonit ka ndikim të theksuar në sasinë e ajrit të futur në beton përkatësisht ndikon në zvogëlimin e efektit të shtesave aerante në beton. Kështu që sigurisht do të rrit edhe koston e betonit po qe se hiri i përdorur si zëvendësues i çimentos ka sasi të lartë të karbonit. Sasia e ajrit dihet se është e rëndësishme në beton sepse ndikon në qëndrueshmërinë e betonit ndaj cikluseve të ngrirje-shkrirjes.

Mesatarisht, në një përzierje standarde të betonit me çimento portland ka më pak se 3% ajër në vëllimin e betonit të njomë. Prania e hirit me sasi karboni do të zvogëlojë sasinë e ajrit për 0.5-1% (Lane et al., 1981). Karboni për shkak të madhësisë (sipërfaqes specifike) absorbon aerantin e përzierjes që për pasojë do të ulë sasinë e ajrit dhe me këtë edhe qëndrueshmërinë e betonit ndaj cikluseve ngrirje-shkrirje. Kështu që betoni do të ketë jetëgjatësi më të vogël.

Standardi evropian EN 450-1,5.2, respektivisht kosovar SK EN 450-1, 5.2 (SK EN 450-1, 2008) ka si vlerë kufitare për humbjen në përcëllimë (sasinë e karbonit) vlerën maksimale të lejuar 5.0%. Testimi i hirit të Kosovës i kryer konform metodës testuese EN 196-2 (EN 196-2, 2013) ka rezultuar me vlerë 2.09 %, që është më e ulët se maksimumi i lejuar i standardit EN 450-1. Kjo vlerë është plotësisht në pajtueshmëri me kërkesën e standardit evropian edhe atij amerikan ASTM C618, dhe në këtë aspekt hiri i Kosovës nuk ka kufizime në përdorimin në betone. Dhe ky është një tjetër fakt pozitiv në lidhje me aspektin e përmbajtjes kimike të hirit që i plotëson kushtet për përdorim në beton pa patur dyshime se mund të dëmtojë aspektin e prodhimit, ngjyrën si dhe qëndrueshmërinë e betonit përgjithësisht.

3.3.2 Oksidi i kalciumit (CaO)

Nga analiza kimike e hirit me metodën XRF, siç është paraqitur në Tabela 3.1 dhe Figurën 3.1 shihet se sasia totale e oksidit të kalciumit në hirin e TEC-it është 33%. Kjo vlerë sipas standardit amerikan ASTM C618 është më lartë se sa vlera 20%. Sipas ASTM C618 kjo tejkalon vlerën kërkesë të standardit prej 20%, nga edhe hiri klasifikohet në klasë C që manifeston si veti pucolanike ashtu edhe veti çimentuse, d.m.th. veti hidraulike (Koukourzas et al., 2005).

3.3.2.1 Oksidi i kalciumit në gjendje të lirë

Nga asia e përgjithshme e oksidit të kalciumit në hirin e TEC-it Kosova B (32.92%), 24.62% është gëlqere reaktive, kurse 6.49 % është gëlqere e lirë. Asnjë nga këto përqindje nuk janë në pajtueshmëri me vlerat e kërkesave të standardit EN 450-1:2012 sa i përket CaO. Vlera e lejuar për sasinë e gëlqeres reaktive në hirin e fluturues të TEC-it është të mos tejkalojë vlerën 10 %; për oksidin e kalciumit të lirë është të mos kalojë 1.5%. Nga këto të dhëna shihet se hiri i Kosovës ka sasi më të lartë të CaO. Kështu që standardi EN 450-1 obligon, që si e vetmja mënyrë për ta futur në përdorim në beton, kjo mbetje duhet të jetë në pajtueshmëri me kërkesat e standardit për çimento EN 197-1 (EN 197-1, 2011). Ky standard obligon kryerjen paraprake të testimit për atë që njihet si përhershmëri vëllimore. Më tej në punim, ky testim është kryer dhe rezultati është në favor të përdorimit. Në

dukje të parë hiri me sasi të lartë të kalciumit duket si problematik në përdorim, por hiri me sasi të lartë të kalciumit paraqet veti më të lartë çimentuese që drejtpërdrejt ndikon në arritjen e hershme të fortësisë.

Kjo sasi është përcaktuar në përputhje me metodën e përshkruar sipas standardit evropian EN 451-1, ashtu siç është përshkruar në EN 197-1, 3.1 (EN 197-1, 2011). Rezultati i testimit lidhur me këtë përbërës të hirit tregon sasinë prej 6.49 % për masë. Nga kërkesa e standardit EN 450-1, pika 5.2 që sasia e kalciumit të lirë të mos kalojë vlerën prej 1.0%, rezultati i matur për rastin e hirit fluturues të këtij studimi është i lartë. Kështu që kjo nënkupton, ose më drejt detyron po ashtu sipas standardit të bëhen testimet paraprake të brumit të përziejres çimento plus hi fluturues lidhur me vetinë e përhershmërisë vëllimore sipas klauzolës 5.3.3 të standardit EN 450-1.

3.3.2.2 Oksidi i kalciumit reaktiv

Sasi e oksidit të kalciumit është e përcaktuar sipas EN 197-1, 3.1, ku është përcaktuar vlera kufitare për oksid të kalciumit reaktiv të mos jetë më e madhe se 10% të masës. Nga analiza kimike sasia e oksidit të kalciumit reaktiv ka dalë të jetë 24.2% që qartë duket të jetë më lartë se kërkesa kufitare e standardit. Për këtë vlerë të tepërt, standardi rekomandon që për të vazhduar me shfrytëzimin e hirit në beton, duhet të testohet përhershmëria vëllimore e brumit të çimentos me hi sipas klauzolës 5.3.3 të EN 450-1.

Në rastin e hirit të Kosovës që i takon klasës C, d.m.th. hi gëlqeror, dhe se shuma e dioksidit të silicit, oksidit të aluminit dhe oksidit të hekurit është gati 50%, sasia e oksidit të kalciumit reaktiv edhe ashtu nuk duhet të pritej të dilte më e vogël se 10% (NTPC Limited, 2010).

3.3.3 Sasia e përgjithshme e Silicas (SiO₂), Aluminas (Al₂O₃) dhe Oksidit ferrik (Fe₂O₃)

Shuma e këtyre oksideve e shprehur në përqindje të masës së hirit është përcaktuar sipas EN 196-2, 13.6 (SiO₂), EN 196-2, 13.11 (Al₂O₃) dhe EN 196-2, 13.10 (Fe₂O₃). Kërkesa sipas EN 450-1:2012, cl. 5.2 është që shumën e këtyre tri oksideve të jetë më e lartë se 75%. Por, sipas standardit amerikan ASTM C618 për klasën C të hirit përcaktohet të jetë e barabartë ose më e madhe se 50% të masës. Vlerën prej 70%, standardi EN 450-1 e ka kërkesë për klasën F të hirit. Me këtë synohet të provohet që kjo shumë e oksideve të matura nuk devijon edhe aq nga vlera kërkesë e standardit. Në rastin e hirit të TEC-it Kosova B kjo shumë e këtyre oksideve është 46.8% që d.m.th. është gati në kufirin e standardit ASTM C618.

3.3.3.1 Dioksidi i silicit reaktiv

Përbërës i rëndësishëm në aspektin e përbërjes kimike të hirit është edhe dioksidi i silicit reaktiv. Ky është një parametër kyç për përcaktimin e aftësisë pucolanike të hirit të TEC-it. Ky është përbërësi që i jep vetinë hirit të TECit, hiri fluturues, të shfaq vetinë e bashkëveprimit me hidrooksidin e kalciumit të disponueshëm për të formuar produkte të hidratimit që kanë veti lidhëse ([Antiohos et al., 2006](#)).

Vlera kufitare për këtë përbërës sipas standardit është që të mos jetë më e vogël se 25% për masë. Analiza XRF e hirit të Kosovës B për këtë komponent tregoi të ishte 26.30%, kështu që kjo është plotësisht në pajtueshmëri me vlerën e standardit EN 450-1:2012. Ky përbërës i hirit është i rëndësishëm sepse në mënyrë direkte ndikon në zhvillimin e fortësisë së betonit. Silica reaktive i nënshtrohet procesit të hidratimit; reagon me hidrooksidin e kalciumit dhe formon të ashtuquajturin hidrosilikatin e kalciumit (CHS). Ky është materiali-burimi nga edhe betoni fiton fortësinë ([Antiohos et al., 2006](#)).

3.3.4 Përmbajtja e alkalieve e shprehur si ekuivalent i Na_2O

Alkaliet që gjenden në hi (më vonë edhe në beton) reagojnë me dioksidin e lirë të silicit nga agregati, që njihet si reaksioni ASR dhe si rezultat formohet xheli alkalini silikat me veti të "kapjes" së ujit nga edhe shkaktohen ekspansione lokale të betonit që pastaj shoqërohen me plasaritje, gjegjësisht shkatërrim të parakohshëm të betonit. Kështu që është e rëndësishme të dihet sasia e alkalieve në hi. Ky përcaktim është bërë në përputhje me EN 196-2, pika 17 dhe llogaritja shprehet si ekuivalent i Na_2O . Kërkesa e standardit EN 450-1, 5.2 është vlera të jetë më e vogël se 5%. Analiza kimike tregoi se në rastin e hirit të TEC-it të Kosovës ishte 1.14% që është në përputhje me vlerën e standardit.

3.3.5 Oksidi i magnezit

Sasia e oksidit të magnezit është përcaktuar sipas EN 196-2, 13.13 dhe bazuar në kërkesën e standardit EN 450-1:2012, 5.2 që është $\leq 4.0\%$. Në rastin e hirit të Kosovës sasia e MgO ishte 5.93% dhe nga shihet se është vlerë që tejkalon kërkesën kufitare të standardit. Kjo vlerë është pak më e lartë se vlera kufitare e standardit dhe kjo sasi në beton mund të shkaktojë efekte të dëmshme duke patur paraysh se edhe ky oksid shkakton ekspansion të betonit që do të shoqërohej me plasaritje. Për klasën C të hirit, kjo vlerë është pothuajse në kufijtë e standardit. Vlera kufitare standarde e MgO në disa standarde të vendeve tjera është më e lartë; vlera e lejuar për oksid të magnezit është vendosur 5% ([Malhotra et al., 1994](#)). Metoda testuese sipas ASTM C151-74 ([ASTM C151, 2005](#)) për testimin e përhershmërisë vëllimore të shkaktuar nga oksidi i kalciumit dhe magnezit tregoi se ekspansioni i betonit të shkaktuar nga prania e këtyre dy oksideve është më i vogël se ekspansioni vetiak që ndodh në kushte të kryerjes së punimeve ([Alonso et al., 2005](#)). Edhe për këtë sasi të tepërt të këtij oksidi me

pasoja të mundshme ekspanduese të betonit, standardi rekomandon testin e përhershëmrisë vëllimore. Ky test është kryer dhe përshkruar si test i veçantë dhe rezultoi me rezultat inkurajues për përdorimin e hirit, d.m.th. brumi i çimentos me Hi TEC-i nuk ka kaluar vlerën standarde kufitare të ekspansionit vëllimor.

3.3.6 Oksid sulfuri (SO₃)

Kërkesa e standardit EN 450-1, 5.2 për SO₃ në Hirin e TEC-it është të jetë më e vogël se 3%. Sasia e oksidit të sulfurit të hirit të Kosovës doli të ishte shumë më e lartë se kërkesa standard (9.98%). Bazuar në standardin amerikan ASTM C618 për të dy klasët C dhe F të hirit, këtë e kufizon në maksimum 5%. Dihet se hiri në beton shkakton reaksion ASR, dhe SO₃ është një nga faktorët për të shkaktuar këtë reaksion. Kështu që rekomandimi është se kjo duhet të merret shumë seriozisht kur përdoret hiri i TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos (Klieger et al., 1987).

3.3.7 Fosfatet e tretshme (P₂O₅)

Kërkesa e standardit EN 450-1, 5.2 për pentoksidin e fosforit në hirin e TEC-it është vlera ≤100 mg/kg dhe analiza e hirit të Kosovës tregoi se ky oksid nuk është fare i pranishëm. Sipas EN 450-1, version më i ri, sasia totale e fosfateve (P₂O₅) duhet të përcaktohet sipas EN 196-2 dhe nuk duhet të tejkalojë 5% të masës. Hiri i gjeneruar nga djegia e thëngjillit pluhur duhet të plotësojë këtë kërkesë. Edhe pse realisht nuk dihen efektet negative të fosfateve në beton, megjithatë vlera e lejuar maksimale e fosfateve nuk duhet tejkalojë këtë 5% për masë (EN 450-1, 2010).

3.3.8 Përmbajtja e klorureve (e shprehur si Cl⁻)

Përmbajtja e klorureve është përcaktuar sipas EN 196-2, 14 dhe vlera e matur prej 0.019 % është shumë më e vogël se vlera e lejuar 0.10 % e standardit, që në fakt është kërkesë e EN 450-1, 5.2. Kështu që hiri i TEC-it të Kosovës që përmban këtë sasi të klorureve është i përshtatshëm për përdorim në industrinë e betonit.

3.4 Konsistenca Standarde dhe Koha e Lidhjes së Brumit Çimento+Hi TEC-i

Brumi i çimentos portland, si dhe brumi i çimentos me hi TEC-i ose shtesa tjera mineralogjike formohet duke përzier materialet lidhëse çimento, çimento+hi TEC-i etj. me ujin e përzierjes. Fillimisht, pas kontaktit të lidhësit me ujin, në tri orët e para (1-3h) fitohet brumi i cili ka shkallë të lartë të plasticitetit dhe karakterizohet me konistencë/punueshmëri të lartë për t'u punuar, ngjeshur, formësuar në kallëp (strukturë). Këtë fazë të brumit e quajmë faza e lidhjes fillestare. Me kalimin e kohës, gjithashtu ndodh edhe avullimi i ujit, brumi fillon të ngrijë ku njëkohësisht fillon humbja e plasticitetit duke kaluar nga faza fluide ose gjysmëfluide në fazë të ngurtë. Deri në këtë fazë brumi ende nuk shfaq ndonjë qëndrueshmëri për të përballuar ngarkesa të jashtme. Kur të ketë përfunduar procesi i lidhjes që njihet si lidhja përfundimtare, brumi fillon të ngurtësohet dhe është në gjendje të ketë qëndrueshmëri (mekanike) ndaj ndikimeve të jashtme. Kjo fazë e përfundimit të lidhjes dhe kalimi në fazë të ngurtë zgjatë deri në dhjetë orë. Ngurtësimi mandej zgjatë me muaj, madje edhe vite (Kadiu et al., 2013).

Sapo të përzihet çimentoja me ujin fillon reaksioni kimik i komplekseve të çimentos me ujin që njihet si procesi i hidratimit. Kështu që me formimin e komponimeve komplekse të hidratimit fillon edhe procesi i ngrirjes dhe ngurtësimit. Për një tip të caktuar të çimentos, si dhe në këtë rast studimi të përzierjes së çimentos me hiri të TEC-it (hiri fluturues), është e rëndësishme të njihet koha kur fillon dhe mbaron ngrirja (mpiksja) si dhe koha e ngurtësimit. Ngrirja (mpiksja) e çimentos paraqet procesin e kalimit të brumit-pastës së çimentos nga gjendja fluide në të ngurtë, por jo edhe me rezistencë aq të lartë sa për të përballuar ngarkesat mekanike. Ngurtësimi paraqet rritjen e rezistencës së brumit të çimentos të ngrirë (lidhur) (Kadiu et al., 2013). Këto kohë janë të rëndësishme për t'u ditur sepse drejtpërdrejt mundësojnë të njohim edhe shkallën e punueshmërisë së betonit dhe aspektet tjera inxhinierike të vënies në punë për raste të veçanta konform kërkesave dhe kushteve të punimeve.

3.4.1 Përcaktimi i konsistencës së brumit të çimentos dhe çimento+hi TEC-i

Për tipe të caktuara të çimentos, respektivisht klasët/brended e ndryshme e kanë të deklaruar edhe kohën e lidhjes fillestare (ngrijes) edhe të ngurtësimit. Por, pasi në këtë studim në përzierjet e betonit përdoret hiri i TEC-it, atëherë sigurisht do të ketë një ndryshim në këto kohë. Për këtë edhe janë studiuar dhe përcaktuar këto kohë. Paraprakisht, për të caktuar kohën e ngrirjes dhe ngurtësimit duhet të caktohet konsistenca e çimentos, si dhe çimentos + hi TEC-i si parametër i rëndësishëm për të caktuar sasinë e nevojshme të ujit për të patur brumin e çimentos, çimentos + hiri me punueshmërinë e duhur me sasinë më të vogël të ujit.

Sasia e ujit të përzierjes është parametër kryesor në përcaktimin e soliditetit të çimentos, respektivisht betonit (Neville, 2006). Kjo është caktuar në përputhje me standardin EN 450-1, pika. 5.3.5. Pajisja e përdorur për të caktuar konsistencën e brumit të çimentos dhe brumit të çimentos + hi TEC-i sipas standard EN 450-1, e cila lejon përdorimin e metodës testuese EN 196-3, pjesa 3 (EN 196-3, 2008) ishte aparatura Vikat. Testimi është kryer në kushte standarde laboratorike, temperaturë (20-27)°C dhe lagështi relative të laboratorit jo më pak se 50%. Si pjesë përcjellëse të pajisjes janë kallëpi i formës së konit të prerë me dimensione Ø70/80x40mm, shufra me diametër 10 mm. Së pari janë matur rreth 400 g çimento (në rastin e konsistencës së çimentos) ose 400 g përzierje çimento+hi TEC-i (për konsistencë të brumit çimento + hi TEC-i në raport 75% CEMI dhe 25% Hi TEC-i) dhe i është shtuar ujë afërsisht 25-30% të masës së çimentos, çimento + hi TEC-i. Koha e përfitimit të brumit, respektivisht të përzierjes së çimentos + hirit TEC-it dhe ujit nuk duhet të kalojë 3-5 minuta. Është mbushur kallëpi konik me brumin e caktuar, që paraprakisht është vendosur në pllakë qelqi dhe e tëra vendoset nën shufër të aparaturës Vikat. Shufra lëshohet lehtë deri sa të prek sipërfaqen dhe lëshohet shpejt të depërtojë nëpër brumin e konit me thellësi 40 mm. Pasi të ketë depërtuar, është matur thellësia e depërtimit dhe kjo regjistrohet. Procedura ka vazhduar duke shtuar-zvogëluar sasinë e ujit të përzierjes deri sa shufra me diametër 10 mm të arrijë 33-35 mm nga pjesa e sipërme e kallëpit konik, apo të ketë distancën 5-7 mm nga fundi i pllakës mbi të cilën është vendosur kallëpi konik me brumin çimentos. Kur është arritur kjo, atëherë konsiderohet se brumi i çimentos kishte konsistencën standarde (Berg, 1981). Sipas EN 196-3 të amendamentuar me verzionin EN 196-3:2005+A1:2008 (E) (EN 196-3, 2008), për konsistencë normale kërkesa paksa është ndryshuar: largësia mes pllakës së poshtme të kallëpit dhe shufrës të jetë (6 ± 2) mm. Matjet për ujin e konsistencës normale të brumit të çimentos së përdorur në punim (çimento CEM I e prodhuesit kosovar Sharrcem,) tregoi të jetë në pajtueshmëri me standardin. Sasia e ujit të përzierjes për konsistencë normale ishte 30 % e masës së çimentos CEM I 52.5 N.

Mandej, pasi edhe objektivi kryesor i punimit është përdorimi i hirit fluturues të TEC-it në beton duke zëvendësuar sasi të caktuar të çimentos, kujdes i është kushtuar edhe studimit të konsistencës standarde të brumit të përzierjes çimento + hi TEC-i. Kjo u përcaktua në përputhje me standardin EN 450-1, pika 5.3.5. Nga rezultati i testimit të CEM I + Hiri TEC-it doli se sasia e ujit të konsistencës standarde ishte 31.8%, kurse vetëm e pastës së CEM I ishte 30% e masës së çimentos. Megjithatë standardi europian EN 450-1:2012 nuk paracakton ndonjë vlerë kufitare të sasisë së ujit për klasën N të imtësisë së hirit, sipas analizave dhe praktikave sasia e shtuar e hirit në përzierjen çimento + hi TEC-i do të duhej të zvogëlonte sasinë e ujit për të arritur konsistencën e njëjtë sikur të pasta vetëm me çimento (Berg, 1981). Në rastin e testimit të konsistencës së brumit çimento+hi

TEC-i janë përdorur sasi të ndryshme të hirit duke zëvendësuar çimenton. Sasitë më standarde të zëvendësimit kanë qenë 75% çimento CEM I dhe 25% hi fluturues, si dhe në rastin tjetër ka qenë 70% CEM I dhe 30% hi fluturues. Raportin e parë të perzierjes 75% CEM I dhe 25% Hi TEC-i e përcakton kërkesa e metodës testuese EN 450-1, 5.3.5 për kohën e lidhjes, dhe të dytën EN 450-1, 5.3.3 për përhershmërinë vëllimore të testuara me metodën sipas EN 196-3.

Vetëm sipas EN 450-1, pika 5.3.6 për sasi të ujit ka kërkesë për kategorinë S të imtësisë, d.m.th. për këtë klasë imtësie të hirit të TEC-it, duhet caktuar sasia e ujit për konsistencë standarde. Kjo sasi duhet të caktohet sipas metodës të përshkruar në Aneksin B të EN 450-1: 2012, dhe nuk duhet të jetë më e madhe se 95% nga ajo për testim të çimentos pa shtesa. Analiza e imtësisë e kryer me metodën e sitjes së njomë, e kryer në përputhje me metodën testuese EN 451-2 (EN 451-2, 1995), doli të ishte 35, 9% që është më e vogël se vlera kufitare 40% e kërkesës së standardit EN 450-1: 2012, pika 5.3. Nga kjo matje dhe pajtueshmëria me standardin del se hiri i TEC-it të Kosovës sa i përket imtësisë i takon klasës N, d.m.th. më shumë se 60% e kokërrzave të hirit të TEC-it kanë madhësi (diametër) më të vogël se 45 μm .

3.4.2 Përcaktimi i kohës së lidhjes (ngrirjes)

Kur çimentoja vjen në kontakt me ujin fillon procesi i hidratimit. Gjatë këtij procesi të hidratimit të çimentos formohen komplekset hidrate të C3S, C2S, C3A, C4AF. Ky proces është i gjatë; dihet se për 28 ditë kryhet 80% e procesit. Mirëpo qëllimi i përdorimit të çimentos është të formojë, së bashku me ujin dhe agragatin fazën e ngurtë-betonin ose llaçin që pas një kohe t'iu përballojë ngarkesave mekanike dhe/ose depërtimit të materieve të lëngta apo gazta nëpër të. Kështu që është e rëndësishme të studiohet dhe testohet koha kur fillon brumi i çimentos, si dhe në rastin studimor këtu brumit të perzierjes çimento + hi TEC-i, të fillojë ngrirjen-lidhjen si fazë e parë para procesit të ngurtësimit. Gjatë procesit të hidratimit të çimentos, C3A është produkti i parë në renditje kohore që bashkëvepron me ujin dhe si i tillë është kryesori për procesin e ngurtësimit-lidhjes së çimentos dhe çimentos + hi TEC-i. Në aspektin e fortësisë ky produkt i çimentos nuk luan ndonjë rol të përfillshëm. Në fortësi të rëndësishme janë komponimet C2S dhe C3S që kur të bashkëveprojnë me ujë formojnë silikatet hidrike respektive dhe janë "kontribueset përgjegjëse" për fortësinë e brumit/betonit. Duke ditur se tipet e ndryshme të çimentos kanë përqindje të ndryshme të këtyre përbërësve, atëherë do të ndryshojnë edhe koha e lidhjes fillestare dhe përfundimtare e tipeve përkatëse.

Synimi i studimit është që të inkorporohet mbetja nga procesi i djegies së linjtit, d.m.th. hiri i TEC-it si zëvendësues i çimentos. Kutpohet se do të ndryshojë edhe pjesëmarrja në përqindje e mineraleve të caktuara të lidhësit çimento + hi TEC-i. Dhe kjo bën që testi për kohën e lidhjes (mpikjes dhe ngurtësimit) fillestare dhe përfundimtare të kryhet në përputhje me standardin EN 450-1 pika 5.3.5.

Koha e ngrirjes fillestare të brumit të çimentos, ose çimento + Hi TEC-i paraqet kohën që nga përzierja e çimentos + hirit të TEC-it me ujë deri sa brumi i fillë të fillojë ngurtësimin e konsiderueshëm si rezultat i procesit të hidratimit të çimentos+hirit të TEC-it. Si standardi për çimento EN 197-1 ashtu edhe standardi për hirin fluturues të TEC-it paraqesin vlerat kufitare, më të vogla dhe më të gjata të kohës së ngrirjes fillestare. Për shembull, sipas standardit për çimento EN 197-1, pjesa 7.2.1, për tipet e çimentos të klasës së fortësisë 32.5; 42,5 dhe ne rastin e përdorur në këtë punim CEM I 52.5N (me fortësi standarde 32.5, 42,5 dhe 52.5 MPa në 28 ditë) kohët fillestare të lidhjes duhet të jenë ≥ 75 ; ≥ 60 dhe ≥ 45 minuta.

Për përcaktimin kohës fillestare dhe përfundimtare është përdorur procedura konform EN 450-1, 5.3.5 ku përshkruhet rregulli i përgjithshëm për përcaktimin e kohës së ngrirjes(lidhjes) fillestare të çimentos + Hirit fluturues të TEC-it. Bazuar në këtë standard, është përgatitur brumi me një përzierje 75% CEM I (çimento testuese) dhe 25% Hi TEC-i. Këta janë përzierje me sasinë e ujit, sipas asaj të paracaktuar për konsistencë standarde. Metoda testuese me aparaturën "Vikat" kryhet sipas standardit EN 196-3 ([EN 196-3, 2008](#)).

3.4.2.1 Koha e fillimit të lidhjes

Siç u theksua më lartë paraqet kohën nga moment i përzierjes së çimentos+Hi TEC-i me ujin deri sa brumi i fillë të arrijë një ngurtësim të konsiderueshëm. Kjo kohë përcaktohet me aparaturën Vikat, në të cilën vendoset gjilpëra me seksion tërthor 1mm², d.m.th. diametër Ø1.13 mm ashtu siç kërkon standardi europian EN 196-3. Gjilpëra me gjatësi 50 mm vendoset afër sipërfaqës së brumit në konin e prerë dhe lëshohet lirshëm. Njëkohë e kemi të regjistruar-kohën kur është përzier uji me çimenton+hirin e TEC-it dhe koha e fundit që do të shënojë kohën kur gjilpëra me diametër 1.13 mm depërton nëpër brumin e çimentos +Hirit të TEC-it deri në distancën (6 ± 3) mm mes pllakës së poshtme të konit. Kjo kohë do të regjistrohet. Që nga vendosja e kallëpit në vikat, janë bërë disa shpime brenda afatit 10 minuta derisa gjilpëra 1 mm² të ketë arritur depërtimin e përcaktuar nga standardi (6 ± 3) mm. Mënyra e shpimit është bërë në atë mënyrë ashtu shpimi të jetë 5 mm larg nga shpimi paraprak dhe 10 mm larg nga pjesa e brendshme e kallëpit konik.

3.4.2.2 Koha e mbarimit të lidhjes

Kjo kohë paraqet kohën që nga moment i përzierjes së ujit me çimenton+Hirin e TEC-it deri sa gjilpëra me diametër 5 mm nuk ka lënë ndonjë gjurmë të dukshme në brumin e çimentos. Procedura e matjes së kohës përfundimtare vazhdon me të njëjtin brum si edhe te koha fillestare dhe tashmë ndërrohet gjilpëra me diametër 1.13 mm dhe vendoset ajo me diametër 5 mm. Kjo gjilpërë (unazore) e ka në brendi edhe një gjilpërë 1 mm² dhe thellësi 1mm. Procesi fillon me lëshuarjen e gjilpërës dhe matet koha derisa sa gjilpëra 1mm lë gjurmë kurse ajo 5 mm nuk lë gjurmë të dukshme në sipërfaqën e fortësuar të brumit i cili tashmë më ka humbur vetinë e plasticitetit dhe arrin gjendjen kur mund të përballojë ngarkesë mekanike në një masë të caktuar.

3.5 Vlerësimi i Rezultateve të Fituara Eksperimentalisht

Njohja e kohës së lidhjes fillestare dhe përfundimtare është e rëndësishme sepse duke njohur kohën e lidhjes mund të planifikohet koha e nevojshme për të kryer përzierjen e betonit, mandej të planifikohet koha për transportin për rrugë me gjatësi të ndryshme, koha e vënies në vepër të betonit përfshirë punimin, ngjeshjen dhe rrafshimin në kushte të ndryshme (atmosferike) të vendosjes. Ka raste, madje në shumicën e rasteve duhet që koha e lidhjes fillestare të jetë më e gjatë ashtu që fitohet në kohë për të përzier përberësit e betonit, llaçit dhe më më pak punë dhe më lehtë vendoset betoni në vepër.

Qëllimi i testit ishte të vërtetohet në mënyrë eksperimentale se Hiri i TEC-it të Kosovës në aspektin e konsistencës dhe kohës së lidhjes fillestare dhe përfundimtare përmbush kërkesat e parapara të standardit EN 450-1:2012. Njëherë është matur koha fillestare e brumit të çimentos së pastër/të vetme sipas EN 196-3, dhe mandej ashtu siç e parasheh standardi EN 450-1 respektivisht pika 5.3.5 edhe të përzierjes së brumit çimento+ Hi TEC-i. Çimentoja e përdorur në testim ka qenë CEM I 52.5 N e prodhuesit Sharrcem, Kosovë. Koha e lidhjes fillestare për brumin 100% çimento ka dalë të ishte 180 minuta, kurse me matje me të njëjtën procedurë EN 196-3 për brumin 75% CEM I dhe 25% Hi TEC-i u regjistrua koha e lidhjes fillestare prej 235 minutave. Nga kjo shihet se brumi CEM I + Hi TEC-i ka kohë më të gjatë të lidhjes. Por, ashtu siç përcaktohet me standardin EN 450-1, koha fillestare e lidhjes së brumit çimento+Hi TEC-i nuk duhet të tejkalojë dyfishin e kohës së brumit të çimentos së vetme që në këtë rast nuk tejkalon vlerën 360 minuta. Pra matja e kohës së lidhjes nuk tejkalon kufirin e standardit, që sipas rastit studimor do të ishte p.sh. më e lartë se 360 minuta. Kështu që në këtë aspekt Hiri i TEC-it të Kosovës është në pajtueshmëri të plotë me EN 450-1.

Po ashtu koha e lidhjes së Hirit të TEC-it të Kosovës B është testuar edhe me CEM I 42, 5 R. Në rastin e këtij tipi të çimentos koha e lidhjes fillestare CEM I 42.5 R+ Hi TEC-I doli 260 minuta, kurse e çimentos së vetme CEM I 42.5 R ishte 185 minuta. Po ashtu edhe kjo kohë e lidhjes e hirit me këtë tip çimentoje nuk e kalon kufirin prej 370 minuta si dyfish i 185 min.

Sa i përket kohës së lidhjes përfundimtare (ngurtësimit) për brumin e çimentos+Hi TEC-i, në përzierjen 75% CEM I + 25% Hi TEC-i, standardi EN 450-1 nuk ka kërkesë kufitare. Në rastin çimentos CEM I 52, 5 N koha e regjistruar përfundimtare ishte 315 minuta, kurse e përzierjes 75% CEM I + 25% Hi fluturues ishte 423 minuta. Për CEM I 42.5 R ishte 230 minuta, kurse për 75% CEM I + 25% hi, koha e lidhjes përfundimtare ishte 290 minuta.

Testimi i kohëve të lidhjeve është bërë edhe me përqindje të ndryshme të pjesëmarrjes së hirit për të parë ndikimin e sasisë së hirit në kohë të lidhjes së brumit çimento+Hi TEC-i. Të gjitha këto vlera të kohëve janë paraqitur në Tabelën 3.4.

Tabela 3.4. Koha mpiksjes (ngrirjes) për brumin Çimento dhe Çimento+Hi TEC-i

Lidhësi	Koha fillestare (minuta)	Koha përfundimtare (minuta)
CEM I 52.5 N	180	315
CEM I 52,5 N+25% Hi	235	430
CEM I 52.5N+15% Hi	170	360
CEM I 52.5N+20% Hi	150	420
CEM I 52,5N+30% Hi	230	405
CEM I 42.5 R	185	230
CEM I 42.5 R + 25% Hi	260	290

3.6 Përcaktimi i Përhershmërisë Vëllimore të Përzierjes Çimento-Hi TEC-i

Sipas (Brown et al., 1976) përhershmëria vëllimore definohet si "aftësi e brumit të çimentos, llaçit ose betonit që t'iu përballojë sforcimeve të brendshme të krijuara gjatë procesit të hidratimit të çimentos, pa plasaritje". Po të flitet për të kundërtën e kësaj, atëherë ndryshueshmëria vëllimore, apo më drejtë ekspansioni vëllimor i brendshëm, është dukuri e cila paraqitet në brumin/llaçin e çimentos ose në beton pasi të ketë përfunduar procesi i ngrirjes. Gjatë procesit të hidratimit të çimentos, çimento+Hi TEC-i, oksidet CaO dhe MgO gjatë bashkëveprimit me ujin formojnë hidrooksidet përkatëse Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 të cilat kanë vëllim më të madh molekular se oksidet paraprake anhidrite. Kjo rritje vëllimore e shkaktuar nga procesi i formimit të komponimeve përkatëse do të shkaktojë sforcime të brendshme në beton pasi të ketë përfunduar procesi i ngrirjes (Alonso et al., 2005). Për të mundësuar shfrytëzimin e hirit të termocentralit si zëvendësues i çimentos, duhet të kihet parasysh edhe përmbajtjet e këtyre oksideve me potencial të shkaktimit të rritjes vëllimore të betonit. Duke ditur qëllimin kryesor të studimit shtimin e hirit fluturues të TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos, atëherë mbi këtë bazë është testuar edhe efekti i mundshëm i hirit në ndryshimin (apo mosndryshimin) e vëllimit të brumit të çimentos dhe më këtë të betonit përgjithësisht.

Sasia e përgjithshme e oksidit të kalciumit në hirin e termocentralit të Kosovës B sipas analizës XRF është 32.92% e masës së përgjithshme. Nga kjo sasi 24.62% është oksid kalciumi reaktiv dhe 6.49% është sasia e oksidit të kalciumit të lirë. Sipas kërkesës së standardit EN 450-1:2012 për sasinë e gëlqerës së lirë dhe asaj reaktive, të dy vlerat tejkalojnë vlerën kufitare të standardit. Asnjëra nga këto përqindje nuk janë në pajtueshmëri me vlerat e kërkesave të standardit EN 450-1:2012 sa i përket CaO. Për sasinë e CaO reaktive kufiri është të mos jetë më i madh se 10%, kurse për CaO të lirë, sipas EN 450-1:2012, pika.5.2 vlera kufitare është që të mos tejkalojë 1.5%. Sasia e CaO të lirë është caktuar sipas metodës testuese EN 451-1. Nga këto të dhëna shihet se hiri i termocentralit Kosova B ka sasi më të lartë të CaO. Lidhur me këtë standardi EN 450-1 obligon që, për ta futur në përdorim në beton këtë mbetje industriale tashmë të standardizuar përmes studimit dhe analizave, duhet të jetë edhe në pajtueshmëri me kërkesat e standardit EN 197-1, që është standardi për çimento. Realisht ky standard obligon kryerjen paraprake të analizës që njihet si testi i përhershmërisë vëllimore i brumit çimento+ Hi TEC-i. Në dukje të parë hiri me sasi të lartë të kalciumit duket si problematik në përdorim, por hiri me sasi të lartë të kalciumit paraqet veti më të mirë çimentuese që drejtpërdrejt ndikon në arritjen e hershme të fortësisë së betonit (McCarthy et al., 1984). Nga të dhënat e matjeve për hi të TEC-it me sasi më të ulët se 1.5% të CaO të lirë, është konstatuar se ekspansioni vëllimor

është i papërfillshëm. Por, kur kjo vlerë kalohet brumi çimento+ Hi TEC-i duhet të testohet për përhershmërinë vëllimore ([Caldas-Vieira et al., 2013](#)).

Sasia e oksidit të magnezit (MgO) është përcaktuar sipas 196-2, pika 13.13 ([EN 196-2, 2013](#)) dhe bazuar në kërkesën e standardit EN 450-1:2012 pika 5.2 që sasia maksimale në hirit të TEC-it të jetë 4.0%, në rastin e hirit të Kosovës analiza kimike tregoi vlerën 5.93%, dhe nga shihet se është vlerë që tejkalon kërkesën e standardit. Kjo sasi e MgO mund të shkaktojë efekte dëmtimi në beton duke patur paraysh se edhe ky oksid shkakton ekspansion të betonit që do të shoqërohej me plasaritje. Për klasën C të hirit, kjo vlerë është pothuajse në kufijtë. Në disa vende të botës vlera kufitare më e lartë e lejuar për oksid të magnezit është vendosur të jetë 5% , që d.m.th. se nuk është edhe aq lartë krahasuar me këto vlera ([Malhotra et al., 1994](#)). Metoda testuese sipas ASTM C151-74 për përcaktimin e ndryshimit vëllimor të shkaktuar nga oksidi i kalciumit dhe magnezit tregon se ekspansioni i betonit të shkaktuar nga prania e këtyre dy oksideve është më e vogël se ekspansioni vetiak që ndodh në kushte të kryerjes së punimeve ([Alonso et al., 2005](#)). Megjithatë, testimi dhe analizimi është bërë konform standardit europian EN 450-1, respektivisht kosovar SK EN 450-1 dhe duhet t'i përmbahemi standardit tonë kombëtar.

Standardi EN 450-1 për përdorimin në beton të hirit të TEC-it me sasi të gëlqeres së lirë më të lartë se 1.5% rekomandon testin e përhershmërisë vëllimore të brumit çimento+Hi TEC-i duke testuar shkallën e ekspansionit në përputhje me standardin EN 450-1, pika 5.3.3. Testimi i përhershmërisë vëllimore me metodën Le Chatelier, të përzierjes standarde 30% Hi TEC-i dhe 70% CEM I tregoi se nuk tejkalon vlerën maksimale 10 mm të ekspansionit sipas standardit. Rezultatet dhe metoda e testimit është kryer dhe paraqitur në mënyrë të veçantë pasi është shumë e rëndësishme për prodhimin e betonit të qëndrueshëm.

Për përcaktimin përhershmërisë vëllimore është zbatuar procedura konform EN 450-1, 5.3.3 ku përshkruhet rregulli i përgjithshëm për përcaktimin e mosndryshimit/ndryshimit vëllimor të brumit të çimentos+hi TEC-i. Bazuar në këtë standard, është përgatitur brumi me një përzierje 70% CEM I (çimento testuese) dhe 30% Hi TEC-i që është përdorur në të gjitha përzierjet e betonit. Këto përzihen me sasinë e ujit, sipas asaj të paracaktuar për konsistencë standarde. Metoda testues me aparaturën Le Chaterlier, si një nga metodat e standardizuara, është kryer sipas standardit EN 196-3 ([EN 196-3, 2008](#)). Qëllimi i testimit ishte vërtetimi që përhershmëria vëllimore/ekspansioni të mos kalojë vlerën kufitare të zgjerimit që sipas kërkesës së EN 450-1, pika 5.3, d.m.th. të mos kalojë ekspansionin në aparaturë prej 10 mm. Testimi është kryer sipas metodës testuese konform standrdit EN 196-3 ([EN 196-3, 2008](#)).

3.6.1 Metoda e testimit dhe rezultatet

Në fillimim, për të kryer testin me metodën Le Chatelier, është kryer testi i konsistencës së brumit të çimentos dhe hirit të TEC-it me përqindje të pjesës marrjes 70% CEMI, respektivisht 30% Hi TEC-i me qëllim të përcaktimit të sasisë e ujit për këtë përzierje-ujit të konsistencës normale.

Pjesë përbërëse madje edhe kryesore për këtë metodë janë kallëpët metalikë të formës cilindrike që nuk korrodohen me diametër 30 mm dhe lartësi po ashtu 30 mm. Në cilindrin me masë 30 g, ekziston një çarje 0.5 mm duke e ndarë atë nga njëra anë në dy gjysma. Në po ato anë janë të ngjitura dy gjilpëra të gjata me gjatësi 150 mm. Cilindri vendoset sipër një pllake xhami që gjithashtu është pjesë e pajisjes testuese, dhe pastaj cilindri mbushet me brumin e çimentos+Hirit të TEC-it deri në sipërfaqe. Mbi këtë sipërfaqe të cilindrit të mbushur me brumin çimento+Hi TEC-i vendoset pllakë qelqi dhe i vendoset sipër një derhemë/peshë 100 g. I tërë ky material, natyrisht se mbushen disa cilindra për testim, është vendosur në mjedis-vaskë me lagështi 90% -100% ku temperatura është mbajtur e kontrolluar konstante $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$. Në këtë gjendje janë mbajtur për 24 orë. Pas 24 orëve janë nxjerrë cilindrato dhe është matur distanca ndarëse mes gjilpërave të gjata 150 mm të kallëpit cilindrik tashmë me brumin e ngurtësuar brenda. Kjo distancë regjistrohet (L_1). Këto mostra mandej janë futur në një sistem të vaskës me ujë për vluarje. Në këtë enë temperaturua e ujit arrin për 25-30 minuta temperaturën e valimit. Kështu, tërë mostrat mbahen në ujë që valon në temperaturë 100°C për tri orë. Pasi të kalojë kjo kohë, i tërë sistemi është lënë të ftohet deri në temperaturën normale të dhomës, janë nxjerrë kampionet dhe përsëri është matur distanca ndarëse mes gjilpërave dhe shënohet (L_2).

Tashmë kemi dy distanca të gjilpërave që si pasojë e pranisë të oksideve të kalciumit dhe magnezit në paste të përzierjes çimento + Hi TEC-i do të duhej të ishin ndryshe: pas kohës së vluarjes do të ishin më të hapura si pasojë e rritjes së presupozuar vëllimore të brumit të ngurtësuar. Ndryshimi mes (L_2-L_1) do ta shprehte atë ekspansion vëllimor të mundshëm.

Kërkesa e standardit EN 450-1 5.3.3 është që ekspansioni i brumit të çimentos CEMI+Hi TEC-i të mos shkaktojë zgjerimin-largimin (e gjilpërave) më tepër se 10 mm.

Për të pasur një vlerë më përfaqësuese sa i përket përhershmërisë vëllimore, janë përdorur dy klasë të çimentos të Tipit CEM I: CEM I 42.5 R dhe CEM I 52.5 N. Nga testimi i brumit të çimentos CEM I 42.5 R + Hi TEC-i, diferenca mesatare e ekspansionit të gjilpërave ishte 1.1 mm. Te brumi CEM I 52.5 N+ Hi TEC-i ishte edhe më e vogël, ishte rreth 0.9 mm. Pra, nga të dy testimet konform standardit doli që ekspasnioni i brumit çimento+ Hi TEC-i të ishte shumë më i vogël se vlera

maksimale e lejuar e standardit. Kështu që brumi me CEM I dhe Hi TEC-i del të jetë mjaftë i “shëndoshë” në aspektin e mosndryshimit të vëllimit, d.m.th. nuk ka dyshime se mund të paraqiten plasaritje në betonin me përbërje të hirit të TEC-it. Në testim janë përdorur edhe përqindje tjera më të vogla të hirit: 15, 20, 25% dhe janë studiar ngjashëm dhe po ashtu rezultatet qënë të kënaqshme në konformitet të plotë me standardin SK EN 450-1.

Tabela 3.5. Rezultatet e matura për përhershmëri vëllimore (metoda Le Chaterlier)

Brumi i çimentos + hi TEC-i	ΔL (mm)
CEMI 42.5 R+30% Hi TEC-i	1.1
CEMI 52.5 N+30% Hi TEC-i	0.9

Një mënyrë tjetër paksa më e thjeshtë për të vërejtur përhershmërinë vëllimore është edhe ajo e kuleçeve të përfitura me brumin e njëjtë të çimentos dhe hirit të TEC-it. Edhe nga pamjet e kuleçeve, respektivisht në sipërfaqet e tyre nuk janë vërejtur plasaritje të mundshme si pasojë e pranisë së oksideve të lira të CaO dhe MgO në hi. Kjo mund të vërehet në Figurën 3.2. Kështu që, ky test plotësisht e aprovon përdorimin e hirit të TEC-it të Kosovës sa i përket kufizimeve të përmbajtjes kimike, në këtë rast të tepricës së të ashtuquajturave okside-ekspanduese.



Figura 3.2. Testimi i përhershmërisë vëllimore të çimentos + hirit të TEC-it

- a) Cilindrat testues, b) ruajtja e brumit në lagështi, c) kuleçet dhe cilindri në vaskën me lagështi, d) kontrolli vizual i plasaritjeve në brumin e ngurtësuar

KAPITULLI 4

4 PROJEKTIMI DHE PËRGATITJA E PËRZIERJEVE TË BETONEVE TË ZAKONSHME DHE ATYRE ME HI TË TEC-I SI ZËVENDËSUES I ÇIMENTOS PORTLAND

Procesi i prodhimit të betonit, si një nga produktet ndërtimore më të përdorura, është i ndërlikuar dhe i ndjeshëm ndaj shumë faktorëve. Në parim thuhet se paraqet një përzierje të agregateve, çimentos, ujit dhe/ose shtesave të ndryshme, mirëpo përzierja e çfarëdoshme e këtyre përbërësve do të prodhonte beton të çfarëdoshëm/rasti me veti fiziko-mekanike të paparashikuara. Në këtë studim synohet që në beton të shtohet sasia maksimale e arsyeshme e hirit fluturues të TEC-it duke mos ndryshuar/dëmtuar vetitë e betonit si dhe mundësia e shtimit të hirit të TEC-it për të përfutur beton me veti të caktuara të përmirësuara sipas kërkesave. Kështu që duke shtuar sasi të hirit në beton sigurisht do të prodhohet beton “ndryshe” dhe duhet analizë e thellë si në procesin e projektimit ashtu edhe në teknologjinë e prodhimit deri në vënien në vepër dhe parashikimin e jetëgjatësisë së tij.

Në procesin e projektimit të përzierjeve të betonit, kryesisht bëhet llogaritja e sasive vëllimore të materialeve përbërëse të betonit. Kjo do të thotë se duhet të dihet njësia vëllimore e një përbërësi në raport me tjerët për një metër kub të betonit të njomë. Pra duhet të merren në llogaritje vëllimi i agregateve, çimentos, ujit të përzierjes, shtesave dhe aditiveve për 1m³. Nga kjo kuptohet se masa vëllimore, respektivisht pesha specifike e materialeve përbërës duhet të jetë e njohur paraprakisht. Në të kundërtën duhet përcaktuar.

Parametrat më të rëndësishëm që patjetër duhet të merren në konsideratë gjatë një procesi të projektimit të një përzierje të betonit (Mix-Design), dhe që e bëjnë të lehtë ose të vështirë vetë procesin e projektimit janë:

- ◆ Soliditeti mekanik,
- ◆ Punueshmëria,
- ◆ Qëndrueshmëria -Jetëgjatësia e strukturës,
- ◆ Dukja ose aparencia,
- ◆ Kërkesa shtesë dhe
- ◆ Aspekti ekonomik ose kostoja e betonit.

Siç u cek, përgatitja e përzierjes së betonit bëhet për njësi vëllimore ose të peshës varësisht nga kushtet e vendit ku planifikohet të vendoset betoni dhe struktura. Në këtë studim për të projektuar betonin me sasi të hirit është përdorur raporti për njësi vëllimore në 1m³. Sipas standardit european EN 206-1 ([EN 206-1](#),

2013), kjo paraqet sasinë e betonit të njomë pasi të jetë ngjeshur në përputhje me procedurat e standardit EN 12350-6 dhe betoni i fillë i njomë ka vëllimin 1m³.

Procedurës së përgatitjes së betonit i paraprin projektimi i tipit të betonit dhe vetive të caktuara të betonit siç janë: klasa e soliditetit, konsistenca, pesha etj., apo tipit të betonit: beton i papërshkueshëm, normal dhe beton vetëngjeshës. Bazuar në këto kërkesa të ndryshme, e ndryshme do të jetë edhe përqindja e pjesëmarrësve përbërës të betonit.

Përzierja e përbërësve të caktuar të betonit është bërë me mikser duke ndjekur të gjitha udhëzimet e standardit EN 206-1 për beton, EN 197-1 standardit për çimento, EN 450-1 standardit për hirin e TEC-it për beton, EN 12620 agregate për beton, EN 1008 (EN 1008, 2002) standardi për ujën e përzierjes së betonit dhe EN 934-2 standardi për shtesa në beton (EN 934-2, 2009). Të gjitha këto standarde përmbledhin udhëzimet dhe procedurat për aspektin sasior dhe cilësor të pjesëmarrjes së përbërësve të betonit në një projekt përzierje (Mix design). Përzierja e këtyre përbërësve/materialeve bëhet me mikser me frekuencë të caktuar të rotullimit deri në atë moment deri sa konsiderohet se është arritur përzierje homogjene e përbërësve, d.m.th arrihet një masë (fazë e re) që quhet betoni i njomë që karakterizohet me plasticitet të lartë fillestar. Përgatitja dhe përzierja e përzierjeve të betoneve është bërë në kushte standarde atmosferike në temperaturë (25 ± 5) °C dhe lagështi relative jo më të ulët se 50%.

Pasi janë projektuar sasitë e përbërësve të betonit, në rastin studimor është projektuar beton normal me peshë normale, soliditet(rezistencë) në shtypje të klasës C25/30, është bërë përzierja e tyre me mikser. Gjithashtu për qëllime hulumtimi është projektuar dhe përgatitur edhe receptura për tipin e veçantë të betonit të quajtur beton vetëngjeshës BVN (ang. self compacting concrete SCC), që ka përparësi në krahasim ndaj betonit normal se ka vetinë e vetëngjeshjes-vetëkonsolidimit dhe mbushjes uniforme të hapësirave që duhet betonuar ku me betone të rëndomta nuk do të arrihej një ngjeshje dhe mbushje e fillë pa shpenzim shtesë të energjisë dhe punës.

Në këtë studim, qëllimi themelor është mundësia e përdorimit të hirit të TEC-it si zëvendësues i pjesshëm i çimentos. Kështu që në projektimin e përzierjeve të betoneve është inkorporuar sasia e hirit duke zëvendësuar në disa përqindje të ndryshme sasinë respektive të çimentos. Në këtë aspekt synohet që betoni i projektuar dhe përfituar me këtë mbetje-produkt të studiohet lidhur me ndikimin e shtimit të hirit në vetitë fizike-mekanike-inxhinierike të betonit me sasi të mbetjes industriale, në këtë rast hiri i TEC-it. Duke iu përmbajtur të gjitha udhëzimeve standarde të projektimit dhe prodhimit, janë prodhuar disa përzierje-mostra të betoneve dhe kur është arritur përzierje homogjene janë mbushur kampionet

standarde për qëllimin e testimit të projektuar të disa nga vetitë themelore të betoneve. Këto kampione, respektivisht përmasat, si në shumicën e vendeve europiane ashtu edhe në Kosovë, janë të standardizuara të formës kubike me dimensione 15 cm, dhe cilindrike me diametër të bazës 15 cm dhe lartësi 30 cm.

4.1 Përzierjet e Betoneve dhe Pjesëmarrja e Përbërësve në Betonet e Projektuara

Për të studiuar vetitë e betonit të njomë dhe të ngurtësuar me sasi të caktuar të hirit të fluturues të TEC-it , përkatësisht ndikimin e zëvendësimit të çimentos me sasinë respektive të hirit, janë projektuar dhe përfituar disa përzierje të betonit me përmbajtje të ndryshme të hirit dhe çimentos. Ky është në fakt edhe i tërë qëllimi i tezës që të analizohet dhe arsyetohet mundësia e zëvendësimit të sasisë më të madhe të çimentos me sasinë përkatëse të hirit pa dobësuar vetitë e betonit të rëndomtë në gjendje të njomë dhe të ngurtë. Mundësi tjetër e mirë do të ishte që përmes shtimit të hirit të TEC-it në përzierje të betonit, të arrihet një përmirësim i vetive fizike-mekanike-inxhinierike të betonit, gjë që nga mbetja e termocentraleve të përfitojmë një material ndërtimor pa bërë kompromis në llogari të vetive të betonit. Në këtë pjesë të punimit do të paraqitet aspekti i përgatitjes së përzierjeve të betonit deri në mbushjen e kallëpeve të kampioneve për përfitimin e mostrave përfaqësuese për testimin e vetive të caktuara që janë objektivi i tezës, qoftë të betonit në gjendje të njomë qoftë në gjendje të ngurtësuar. Pjesa teorike e punimit dhe matjet eksperimentale kanë bazën që të shqyrtohet dhe studiohet sasia më e madhe e Hirit të TEC-it në beton dhe krahasimi i vetive të përzierjeve të betonit të prodhuar me Hi TEC-i ndaj vetive të mostrave të përzierjeve referente: përzierje të betonit të rëndomtë me lidhës të vetëm çimenton portland. Për këtë arsye janë projektuar gjashtë (6) përzierje të betonit. Dy përzierje janë referente pa përmbajtje të hirit të TEC-it: njëra ka ID MQDK C, dhe tjetra referente ka ID MQDK CTKK. Te përzierja e parë nuk është përdorur, kurse te e dyta është përdorur superplastifikuesi TKK Hiperplast 182. Katër përzierje tjera janë përzierje tek të cilat është zëvendësuar sasia e çimentos portland me përqindje 15, 20, 25 dhe 30 të peshës së çimentos. ID e përzierjeve me sasi të respektive të hirit të TEC-t janë: MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30FA.

ID e përzierjeve përkatëse, si dhe sasia (e përbërësve) e shprehur në kilogram për 1m³ e çimentos CEM I 52.5 N, hirit të TEC-it të klasës C, agregateve të fraksioneve I, II, III dhe IV, si dhe e ujit të përzierjes për secilën përzierje janë paraqitur në Tabelën 4.1.

Gjithashtu është projektuar dhe përgatitur edhe një përzierje e betonit vetëngjeshës BVV (ang. SCC). Betoni vetëngjeshës është tip i veçantë i

betoneve që në disa tipare dallon nga betoni konvencional. Karakteristikë më dalluese e këtij tipi të betonit është vetia e fluiditetit të lartë. Si i tillë është shumë i përshtatshëm për mbushjen e hapësirës, strukturave dhe formave që betonohen. Po të dëshirohej të arrihej një fluiditet i lartë me betonet e rëndomta do të duhej të rritej sasia e ujit të përzierjes që do të pasonte me raport të lartë ujë-çimento të përzierjes së betonit. Dihet se betonet me raport të lartë ujë-çimento do të kenë rezistencë më të ulët mekanike dhe nuk janë të qëndrueshëm për shkak të tepicës së ujit në beton. Ky ujë i tepërt krijon hapësira kapilare në beton që më pas këto ndikojnë në shkurtimin e jetëgjatësisë së betonit dhe betonet e tilla do të kenë soliditet të ulët mekanik (Neville, 2006).

Vetia e SCC për vetështrirje-konsolidim përveç aspektit që u përmend ka ndikim dhe në shkurtimin e kohës së vendosjes si dhe në volumin e punës. Për të përfituar këtë tip të betonit do të duhej një projektim ndryshe nga ai konvencional; duhet të ndërrohen raportet e përbërësve të betonit. Kjo arrihet duke përdorur sasi më të lartë të agregatit të imët si dhe duke shtuar shtesa kimike. Për të rritur sasinë e grimcave të imëta (grimca agregati, lidhësi që kalojnë sitën 0.063 mm) në këtë studim, për të përfituar betonin SCC, përzierjes i është shtuar hiri i TEC-it dhe sasi më e lartë e çimentos. Sasia e hirit të TEC-it është 100 kg/m³ dhe CEM I 400 kg/m³. Për përzierjen e SCC nuk është përdorur agregati i fraksionit IV (16-32mm). Sasia e superplastifikuesit Hiperplast 182 ishte 4.3 kg/m³ që është më e lartë në krahasim me atë të përzierjeve tjera me pjesëmarrje prej 1.2 kg/m³. I tërë projektimi i përzierjes së betonit SCC bëhet njëjtë për të përballuar ngarkesat mekanike, njëjtë sikurse edhe për betonin normal. Por siç shihet nga të dhënat e Tabelës 4.1 për të përfituar përzierjen e SCC-së përdoret më pak zhavor dhe raporti rërë/zhavor është më i lartë se të përzierjet parapara të tipet e betoneve konvencionale. Kushti për të rritur sasinë grimca të imëta për të fituar SCC është plotësuar duke përdorur Hirin e TEC-it. Përbërja e përzierjes SCC është paraqitur në Tabelën 4.1.

Tabela 4.1. Përmbajtja e përzierjeve të betonit me Hi TEC-i dhe referente

ID e përzierjeve	Agregati në fraksione (kg/m ³)				Çimento (kg/m ³)	Hi TEC (kg/m ³)	Ujë (kg/m ³)	TKK Super- plastifikues (kg/m ³)
	I	II	III	IV				
MQDK- C	944	290	322	332	300	0	210	0

MQDK- CTKK	944	290	322	332	300	0	190	1.2
MQDK-15FA	944	290	322	332	255	45	190	1.2
MQDK-20FA	944	290	322	332	240	60	190	1.2
MQDK-25FA	944	290	322	332	225	75	190	1.2
MQDK-30FA	944	290	322	332	210	90	190	1.2
SCC Eco- friendly	932	305	458	0	400	100	190	4.3

4.2 Raporti Ujë-Çimento i Përzierjeve të Betoneve

Edhe pse në vetitë e betonit të njomë dhe ngurtësuar ndikojnë shumë faktorë, një nga më të rëndësishmit është sasia e ujit të përzierjes. Standardi europian që përshkruan rekomandimet për ujin e përzierjes për përzierjet e betoneve është EN 1008 (EN 1008, 2002). Sasia e ujit është e rëndësishme sepse ndikon në disa veti shumë të rëndësishme të betonit si në punueshmërinë dhe kompaktësinë e betonit të njomë; gjithashtu i quajtur i raportit ujë/çimento është përcaktues edhe në soliditetin në shtypje dhe jetëgjatësinë e betonit të ngurtësuar. Si i tillë, ky raport paraqet raportin e masës së ujit për masë të çimentos të përdorur në përzierjen e caktuar të betonit. Në aspektin e rangut të këtij raporti, përzierjet e betonit mund të kenë raport nga 0.3 deri në 0.8, kurse si vlerë më normale-mesatare konsiderohen ato me raport 0.6 deri në 0.7. Sa më i ulët të jetë raporti ujë-çimento, betoni është më pak i punueshëm por rezultatet e studimeve dhe kërkimet eksperimentale kanë vërtetuar se te këto betone ka arritje më të lartë të soliditetit. Në të kundërtën, në përzierje me raport të lartë ujë-çimento punueshmëria është e madhe, por betoni do të ketë soliditet të ulët mekanik dhe me këtë dhe qëndrueshmëri/jetëgjatësi më të vogël (Neville, 2006). Shtimi i ujit në beton do të shkaktojë prodhimin e brumit më të holluar/dobët dhe pastaj, kur të fillojë faza e ngurtësimit pas largimit të ujit të tepërt, në beton do të paraqiten plasaritje dhe tkurrje lokale. Sasia e lartë e ujit shkakton edhe atë që quhet rrjedhje e ujit në sipërfaqe-lotimin e betonit. Të gjitha këto e bëjnë të rëndësishëm këtë raport për ta konsideruar gjatë projektimit të përzierjeve të betoneve. Pasi është faktor i rëndësishëm, do të duhet të njihet mirë për përzierjet e betonit me Hi TEC-i dhe atyre referente të projektuara në këtë studim. Edhe pse u tha se paraqet raportin e masës së ujit ndaj masës së çimentos, duhet të shfrytëzohen përkufizimet e standardit EN 206-1 se cila sasi e ujit në fakt merret në llogaritje si dhe cila është sasia e lidhësit-çimentos dhe Hirit të TEC-it që duhet marrë në llogaritjen e këtij raporti.

Sipas EN 206-1, pika 3.1.31: Cement content and water/cement ratio (EN 206-1, 2013), raporti ujë çimento llogaritet si raporti i ujit efektiv në përzierje ndaj sasisë së çimentos-lidhësit. Sipas EN 206-1, pika 3.1.30, sasia e ujit efektiv paraqet sasinë e ujit që llogaritet nga sasia totale e ujit të përzierjes së betonit të njomë duke hequr sasinë e ujit të absorbuar nga agregatet. Pra raporti ujë-çimento realisht paraqet raportin e ujit efektiv ndaj sasisë së çimentos/lidhësit. Në studim janë përdorur katër përzierje me sasi të ndryshme të çimentos të zëvendësuar me Hi TEC-i. Përqindjet respektive të hirit të TEC-it në përzierjet MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30 FA kanë qenë 15, 20, 25 dhe 30% Hi TEC-i për peshë të çimentos. Sasia e çimentos CEM I 52.5 N në përzierjet MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30 FA ka qenë 255, 240, 225 dhe 210 kg/m³. Sasia e hirit fluturues të TEC-it në përzierjet përkatëse ka qenë 45, 60, 75 dhe 90 kg/m³. Sasia totale e ujit të shtuar në të gjitha përzierjet, përveç te referentja MQDK C me 210 kg/m³, ka qenë e njëjtë 190 kg/m³. Keto të dhëna për të gjitha përzierjet janë paraqitur në Tabelën 4.2 dhe Figurën 4.1.

Tabela 4.2. Raportet ujë-çimento, ujë efektiv-çimento, ujë-çimento+hi TEC-i, ujë-lidhës

Mix ID	U/Ç	Uef/Ç	U/(Ç+k x Hi TEC)	U/Lidhës
MQDK C	0.70	0.66	0.70	0.53
MQDK CTKK	0.63	0.60	0.63	0.48
MQDK 15FA	0.75	0.71	0.70	0.48
MQDK 20FA	0.79	0.75	0.72	0.48
MQDK 25FA	0.84	0.80	0.75	0.48
MQDK 30FA	0.91	0.85	0.77	0.48
SCC ECO-FRIENDLY	0.50	0.46	0.45	

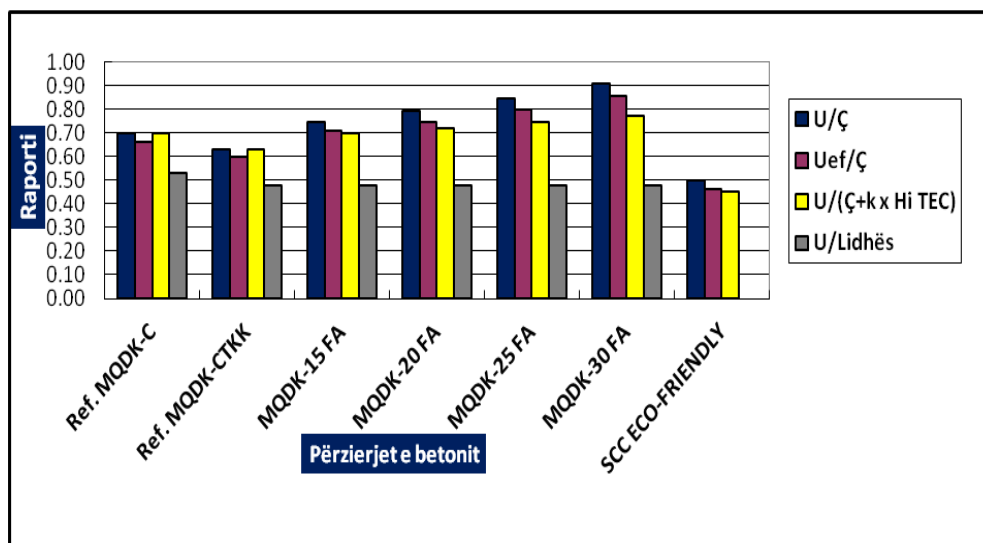


Figura 4.1. Raportet ujë-çimento për të gjitha përzierjet

Nga të dhënat e Tabelës 4.2 shihet se përzierjet me sasi më të lartë të hirit të TEC-it kanë raport më të lartë ujë-çimento duke ditur se shtimi i hirit është bërë në llogari të çimentos. Pasi që hiri sipas standardit EN 206-1, pika 3.1.23 është i kategorizuar si shtesë e tipit II, me veti pucolanike dhe hidraulike, në llogaritjen e raportit ujë-çimento duhet të shtohet edhe sasia e hirit në llogaritjen e raportit. Për këtë tip II të shtesave është marrë në shqyrtim edhe vlera k . Vlera k , ose ndryshe faktori i efijencës definon atë pjesë të materialeve suplementare me veti çimentuese që mund të konsiderohen ekuivalente me çimenton Portland të tipit CEM I për të siguruar vetitë e njëjta në beton (Papadakis et al., 2002). Kjo vlerë k është parametër përcaktues për sasinë e hirit që duhet të përdoret në beton. Sipas standardeve EN 206-1 dhe EN 450-1, pasi që Hiri i TEC-it është aditiv i tipit II, raporti Hi/Çimento nuk duhet të jetë më i madh se 0.33. Në qoftë se përdoret më tepër se kaq, atëherë sasia tjetër nuk duhet të merret në llogaritjen e raportit ujë-çimento. Pasi që në të gjitha përzierjet e studimit është përdorur çimento e tipit CEM I 52.5 N, sipas EN 197-1 vlera k në llogaritjen e raportit ujë-çimento duhet të merret 0.4 (Papadakis et al., 2013).

Nga të gjitha përzierjet e betonit me përqindje të ndryshme të Hirit të TEC-it, vetëm përzierja me 30% hi TEC-I për pëshë të çimentos e tejkalon këtë raport, d.m.th. del të jetë 0.4 që edhe tejkalon vlerën e rekomanduar të standardit, ≤ 0.33 . Edhe pse ky raport nuk është brenda standardit, analiza e mëvonshme e vetive tjera të rëndësishme të betonit nuk tregon shmangie nga po të njëjtat veti si te përzierjet referente MQDK C dhe MQDK CTKK.

4.3 Përbërësit e Përdorur në Betonet e Projektuara dhe Prodhuara

4.3.1 Agregati

Mostrat e agregateve me madhësi nominale të fraksioneve 0/4, 4/8, 8/16 dhe 16/32 mm nga NPTSH "Vëllezërit e Bashkuar", njësia Gurthyesi, Prizren Kosovë, janë analizuar përmes testimit të përgjithshëm të vetive të agregateve të përdorura në të gjitha përzierjet e betoneve në këtë studim. Testet janë kryer në pajtueshmëri të plotë me kërkesat e standardit SK EN 12620 (SK EN 12620, 2006).

Agregatet janë testuar për:

- Shpërndarjen e madhësisë së grimcave-Metoda e sitjes
- Indeksin e formës
- Përckatimin e densitetit të grimcave dhe absorbimit të ujit
- Testin e ekuivalentit të rërës

- Përcaktimin i rezistencës në fragmentim
- Përckatimi i rezistencës në konsumim (Mikro Deval)
- Përckatimi i rezistencës ndaj cikleve ngrirje-shkrirje
- Përcaktimi i rezistencës ndaj kristalizimit të kripës
- Analiza kimike
- Ekzaminimi petrografik.

➤ **Granulometria e agregatit, shpërndarja e madhësisë së kokërrzave.** Kjo analizë e shpërndarjes së madhësisë së grimcave të agregateve, që ndryshe njihet edhe si testi granulometrisë është kryer me metodën e sitjes sipas EN 933-1:1999/A1:2005-Testime për veti të përgjithshme të agregateve-Pjesa 1: Përcaktimi i shpërndarjes së madhësisë së grimcave-Metoda e sitjes (EN 933-1, 2012). Rezultati i analizës për të katër fraksionet e agregateve është paraqitur në Tabelën 4.3.

Tabela 4.3. Shpërndarja e madhësisë së kokërrzave

Sita (mm)	Kalimi kumulativ (% të masës)			
	fraksioni			
	0/4	4/8	8/16	16/32
0.063	7			
0.125	13			
0.25	24			
0.5	36			
1	56			
2	78	2		
4	98	10	1	
8	100	92	13	3
16		100	91	12
31.5			100	90
45				100

Lakorja granulometrike e agregatit për beton: $d/D - 0/32$ mm

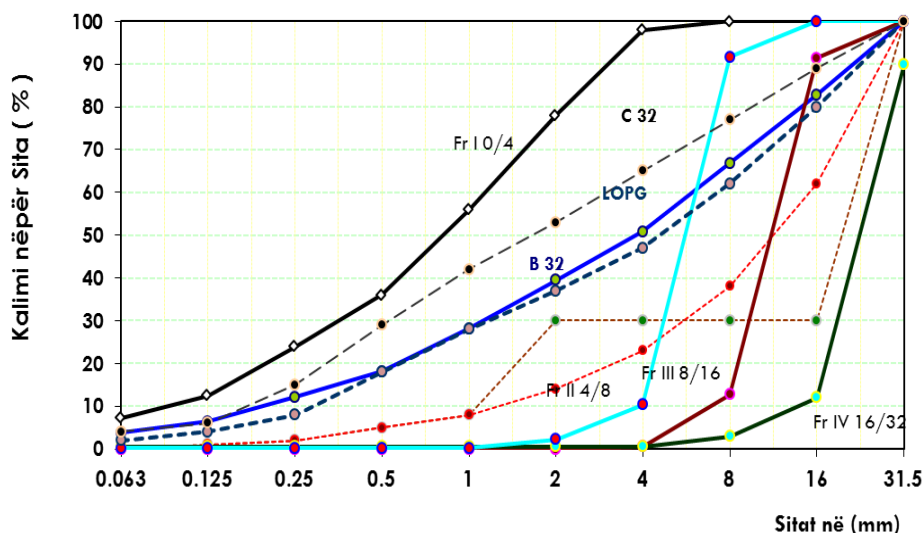


Figura 4.2. Shpërndarja granulometrike e agregateve të përzierjeve

➤ **Indeksi i formës.** Indeksi i formës është testuar sipas standardit EN 933-4: Teste për veti të përgjithshme të agregateve-Pjesa 4: Përcaktimi i formës së grimcave-Indeksi i formës (EN 933-4, 2008). Rezultati i testimit është paraqitur në Tabelën 4.4.

Tabela 4.4. Indeksi i formës së agregateve

Fraksioni- mm	Indeksi i formës (%)
4/8	11
8/16	7
16/32	5

➤ **Përcaktimi i densitetit të grimcave dhe absorbimit të ujit.** Kjo analizë është kryer sipas metodës së standardit EN 1097-2:2010–Testet për vetitë mekanike dhe fizike të agregatit-Pjesa 6: Përcaktimi i densitetit të grimcave dhe absorbimit të ujit (EN 1097-2, 2010). Rezultati është paraqitur në Tabelën 4.5.

Tabela 4.5. Densiteti i grimcave dhe absorbimi i ujit

Fraksioni (mm)	Densiteti i dukshëm i grimcave (Mg/m ³) P _a	Densiteti i grimcave në bazë furre të tharë (Mg/m ³) P _{od}	Bazë e ngopur dhe sipërfaqe e tharë (Mg/m ³)	Absorbimi i ujit (%) WA ₂₄	Masa e mostrës së terur
0/4	2,72	2,66	2,68	0.8	1090.4
4/8	2.72	2.68	2.70	0.5	1105.1
8/16	2.72	2.70	2.71	0.3	2570.4
16/32	2.72	2.70	2.71	0.2	5147.1

- **Testi i ekuivalentit të rërës (SE).** Ky testim është kryer sipas metodës standarde EN 933-8-Testet për vetitë gjeometrike të agregatit-Pjesa 8: Vlerësimi i imtësisë-Testim i ekuivalentit të rërës (EN 933-8, 2012). Ky testim është kryer për fraksionin me madhësi 0-2 mm dhe rezultati ishte SE=57.
- **Përcaktimi i rezistencës ndaj thyeshmërisë -Metoda LOS ANGELES.** Testimi për këtë veti është kryer sipas metodës testuese EN 1097-2-Testimet për vetitë mekanike dhe fizike të agregatit-Pjesa 2: Metodën për përcaktimin e rezistencës në fragmentim (EN 1097-2, 2010). Metoda e përdorur dhe e lejuar me standard që është përdorur ishte i quajtur testi Los Angjelos. Madhësia e fraksionit të testuar ka qenë: 10-14 mm. Koeficienti Los Angjelos (LA) nga testimi ishte LA=26.
- **Përcaktimi i rezistencës ndaj brehjes (Mikro Deval MDE).** Testimi është kryer sipas EN 1097: Testimet për vetitë mekanike dhe fizike të aggregateve-Pjesa 1: Përcaktimi i rezistencës ndaj konsumit (mikro Deval) (EN 1097-1, 2011). Madhësia e fraksionit të testuar ishte: 10-14 mm. Rezultati i M_{DE}=21.
- **Përcaktimi i rezistencës ndaj cikleve ngrirje-shkrirje.** Vetia e rezizistencës së aggregateve ndaj cikleve të ngrirje-shkrirjes është kryer sipas standardit EN 1367-1-Testimi për vetitë termike dhe mjedisore të agregatit-Pjesa 1: Përcaktimi i rezistencës ndaj cikluseve ngrirje-shkrirje (EN 1367-1, 2007). Madhësia e fraksionit: 8-16 mm. sipas testit rezultati i shprehur si përqindje e humbjes në masë (F) ishte zero, F=0.
- **Përcaktimi i rezistencës ndaj sulfatëve.** Testimi është kryer sipas EN 1367-2: Testimet për vetitë termike dhe mjedisore të aggregateve-Pjesa 2: Testi i sulfatëve të magnezit (EN 1367-2, 2010). Edhe këtu parametri i humbjes në masë (MS) ishte zero, MS=0.
- **Analiza kimike e agregatit të përdorur.** Analiza për përbërjen kimike të agregatit është kryer sipas EN 1744-1:Testi për vetitë kimike të agregatit-Pjesa 1: Analiza kimike (EN 1744-1, 2010). Rezultati i kripërave klorure të tretshme në ujë me potenciometri është paraqitur në Tabelën 4.6.

Tabela 4.6. Kripëra-klorure të tretshme në ujë me potenciometri

Parametrik	Rezultati (% të masës)
C _{Cl}	0.000

- **Ekzaminimi petrografik i agregatit të përdorur.** Ekzaminimi petrografik i agregateve është kryer konform EN 932-3-Testimet për vetitë e përgjithshme të agregateve-Pjesa 3: Procedura dhe terminologjia për përshkrimin e thjeshtë perografik (EN 932-3, 2004).
- **Përshkrimi makroskopik.** Gur me ngjyrë hiri të çelët (në të hirtë), i pashtresuar, i pa ndikuar nga koha, kompakt dhe joporoz, me kohezion të mirë. Të çarat e hapura janë të rralla, zakonisht në formë te sytheve stilolitike te cilat janë të mbushura me material të butë të kuq (argjilë dhe limonit). Disa nga ta janë të çimentuar me kalcit kokërr të madhe. Struktura masive homogjene e gurit është e hapur.
- **Analiza mikroskopike nën dritë të polarizuar .** Mostrat e shkëmbit kanë teksturë sparitike. Madhësia mesatare e kokrës së kalцитit është 150 µm në diametër. Shkëmbi është kalцит shumë i pastër, vetëm në disa pjesë vërehen gjurmë të argjilës. Hapësirat stilolitike janë të mbushura me minerale argjilore, me hidrookside të rralla hekuri.

Tabela 4.7. Përbërja e vlerësuar sasiore mineralogjike (vol. %)

Kalcit (Gur gëlqeror)	99.5
Argjilë, gjurmë të hidrooksideve të hekurit (II)	0.5

4.3.2 Çimentoja

Standardi EN 450-1, pika 3.3, udhëzon që për të kryer testimet lidhur me përdorimin e hirit të TEC-it në beton duhet të përdoret çimento portland e tipit CEM I, me klasë të fortësisë 42.5 ose më të lartë dhe në pajtueshmëri me kërkesat e standardit për çimento EN 197-1. Në këtë studim, çimentoja e përdorur në të gjitha përzierjet e betoneve të studiara ishte çimento CEM I, e klasës së fortësisë 52.5 N e marrë nga prodhuesi kosovar "Sharrcem", Hani i Elezit (Sharrcem, 2012). Të gjitha përshkrimet për vetitë e kësaj çimento janë shfrytëzuar ato të deklaruara nga vetë prodhuesi në fletën teknike për produktin (Sharrcem, 2012) si dhe në EC certifikatën e konformitetit Cert.No.1128-CPD-AL.CP.0004/1 (Eurocert S.A, 2010).

Sipas përshkrimit të prodhuesit, betoni i prodhuar me këtë tip të çimentos parashihet të ketë soliditet të lartë fillestar pas 2 dhe 7 ditëve. Kjo veti mundëson

ndërtimin e shpejtë të strukturave të betonit duke shkurtuar kohën e punës respektivisht ulje të kostos së ndërtimit. Gjithashtu në fletën teknike të çimentos theksohet se CEM I Forca do të ndikojë në punueshmërinë e betonit duke mundësuar vendosjen dhe kompaktësim më të mirë. Në këtë aspekt do të ketë edhe më pak nevojë për përdorim të aditiveve. Në aspektin e përfitimit të klasëve të fortësisë së betonit, me këtë çimento mund të projektohet dhe përfitohen klasët me soliditet në shtypje prej C25/30 deri C75/85 (Sharrcem, 2012).

Pasi që kërkesë e standardit për Hi TEC-i EN 450-1, për të kryer testimin e vetive të të përdorimit të hirit të TEC-it në beton udhëzohet vetëm përdorimi i çimentos të tipit CEM I, atëherë për të qenë në pajtueshmëri të plotë me këtë standard, është testuar edhe çimentoja CEM I 52.5 N lidhur me vetitë kimike dhe fiziko-mekanike. Në Tabelën 4.8, në përqindje, janë paraqitur përbërësit e çimentos Forca CEM I 52.5 N; në Tabelën 4.9 janë paraqitur rezultatet e testimit të disa nga vetitë fiziko-mekanike të çimentos CEM I 52.5 N, të prodhuesit Sharrcem që është përdorur në të gjitha seritë e testimeve të betoneve me hi TEC-i dhe ato referente pa Hi TEC-i.

Tabela 4.8. Përbërja kimike e çimentos CEM I 52.5 N (Sharrcem)

Përbërja kimike (%)				
SiO ₂	20.37	SK EN 196-2	Humbje në përcellimë	1.12
Al ₂ O ₃	5.60		Mbetje e patretshme	1.63
Fe ₂ O ₃	3.90		MgO	2.70
CaO	64.71		SO ₃	2.33

Tabela 4.9. Disa veti fiziko-mekanike të çimentos CEM I 52.5 N (Sharrcem)

Densiteti	g/cm ³	3.1	SK EN 196-6	Harxhimi i ujit për konsistencë standarde	29.0	
Imtësia e bluarjes	Mbetja në sitë 0.09 mm	0.70		Përhershmëria vëllimore	I qëndrueshëm	
	Blaine cm ² /g	3027				
Afatet e lidhjes (min.)	Fillimi	125		Rezistenca në përkulje (MPa)	2 ditë	4.5
	Mbarimi min.	187			28 ditë	8.5
					Soliditeti në shtypje (Mpa)	2 ditë
			28 ditë			58.9

4.3.3 Shtesat Superplastifikuese në Përzierjet e Betoneve- TKK Hiperplast 182

Në projektimin dhe përfitimin e përzierjeve të betonit përveç materialeve themelore përbërëse të betonit është përdorur edhe shtesë me veti superplastifikuese me emrin komercial Cementol Hiperplast 182 e prodhuesit sloven TKK Sërpenica. Sipas të dhënave në fletën teknike të prezantuar nga TKK, ky tip i shtesës në beton hyn në kategorinë e hiperplastifikuesve. Kjo shtesë është e përshtatshme për prodhimin e betonit të gatshëm si dhe betoneve që transportohen me një sasi më të ulët të çimentos. Gjithashtu zvogëlon sasinë e ujit të përzierjes pa ndikuar në uljen e punueshmërisë së betonit, por me rritje të soliditetit në shtypje ([TKK Cementol Hiperplast-182, 2015](#)). Të gjitha vetitë e deklaruara të kësaj shtese janë në përputhje me përshkrimin e standardit europian EN 934-2 ([EN 934-2, 2012](#)). Përdorimi i shtesave është bërë sipas udhëzimeve të EN 206-1, pika 3.1.22 ku sipas këtij standardi dhe kësaj pike, shtesat janë materiale që i shtohen betonit gjatë procesit të përzierjes për të modifikuar vetitë e betonit të njomë apo ngurtësuar. Sasia e rekomanduar e shtesës për t'u përdorur është e vogël, nga 0.2 deri në 5% të peshës së çimentos.

Vetitë e shtesës Hiperplast 182 të deklaruara në fletën teknike janë ([TKK Cementol Hiperplast-182, 2015](#)):

Lëng me ngjyrë të verdhë në të kaftë, me densitet relativ të deklaruar (në 20°C) prej 1080 kg/m³, pa përmbajtje të klorureve, përmbajtja e alkalieve (Na₂O ekuivalent) < 3,0 %. Siç edhe u tha më sipër, të gjitha këto vlera janë në përputhje me standardet EN 934-2 dhe EN 206-1.

Si vlerë e rekomanduar nga vet prodhuesi TKK Serpenica, përdorimi i sasisë të Hiperplastit 182 duhet të jetë prej 0,3 – 1,5 % të peshës së çimentos, që e shprehur në kilogram është 0.3 deri në 1.6 kg për 100 kg çimento. Në rastin e përzierjeve të betonit të këtij studimi, përveç te përzierja MQDK C ku nuk është përdorur shtesa Hiperplast 182, sasi e tërësishme e superpalstifikuesit Hiperplast 182 të përdorur në të gjitha përzierjet tjera të betoneve ka qenë 1.2 kg për 1m³ të betonit. Kur dihet se sasia maksimale e çimentos ishte në përzierjen MQDK CTKK me 300 kg çimento/m³, atëherë del se përqindja e shtesës së përdorur ishte 0.4% për peshë të çimentos. Për klasën e konsistencës S3 të betonit, ashtu siç edhe është projektuar betoni, kjo del pak më e vogël sepse prodhuesi rekomandon që për klasën S3 përqindja e Hiperplast 182 të jetë 0.5 deri 0.7%. D.m.th. konsistenca S3 është arritur edhe me sasi më të vogël të superplastifikuesit, që është një arritje në këtë aspekt.

Gjithashtu, bazuar në standardin EN 206-1, pika 5.2.6 për përdorimet e shtesave kimike, vlera maksimale e rekomanduar duhet të jetë në përputhje me

rekomandimin e prodhuesit. Sipas EN 206-1, pika 5.2.6 sasia e shtesës nuk lejohet të tejkalojë 50 g në 1 kg çimento. Edhe kjo vlerë në rastin përzierjeve të betoneve të përfituara në këtë studim nuk tejkalohet; raporti shtesë/çimento doli të ishte 4 g aditiv në 1 kg çimento. Gjithashtu edhe te përzierjet MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30FA, raporti (gram shtesë)/(kilogram çimento) në mënyrë respektive ishte 4.7; 5.0; 5.3 dhe 5.7. Një kërkesë tjetër e standardit 206-1, pika 5.2.6 është, se nëse sasia e shtesës në beton tejkalon vlerën 3 l/m³, atëherë kjo sasi e shtesës të lëngshme duhet të merret në shqyrtim gjatë llogaritjes së raportit ujë/çimento. Pasi që, në rastin e përzierjeve të studiuar në këtë punim, vëllimi i aditivit ishte 1.1 l/m³, atëherë nuk është e nevojshme të merret në llogaritjen e raportit ujë/çimento. Të gjitha këto të dhëna tregojnë se të gjitha vlerat janë në përputhje me rekomandimet e vetë prodhuesit dhe standardit EN 206-1, d.m.th. standardit për beton.

4.3.4 Hiri i TEC-it Kosova B dhe Përqindja e Zëvendësimit të Çimentos në Përzierjet Provë të Betonit

Nisur nga të dhënat e analizës kimike dhe atyre fiziko-mekanike, Hiri i TEC-it është përdorur si zëvendësues me përqindje të caktuar i çimentos portland CEM I. Përqindjet e pjesëmarrjes së Hirit të TEC-it në përzierjet e betoneve janë dhënë në mënyrë tabelare në Tabelën 4.1 në **Kapitullin 4**. Të gjitha të dhënat e vetive kimike, fizike dhe mekanike të hirit të TEC-it dhe brumit çimento+ Hi TEC-i janë dhënë në **Kapitullin 3**, kurse konformiteti sipas standardit EN 450-1, për mundësinë e përdorimit të Hirit të TEC-it në beton si zëvendësues i pjesshëm i çimentos CEM I është dhënë në **Kapitullin 2**. Në Figurën 4.3 është paraqitur dukja e hirit të TEC-it nga njësia Kosova B e KEK-ut, krahasuar me dukjen e çimentos CEM I 52.5 N të prodhuesit Sharrcem, e cila është përdorur në prodhimin e betoneve në këtë studim. Në Tabelën 4.10 është paraqitur krahasimi i përbërjes kimike/mineralogjike në mes të Hirit të TEC-it nga TEC-i Kosova B dhe çimentos CEM I 52.5 N të prodhuesit Sharrcem.



Figura 4.3.Dukja e Hirit të TEC-it krahasuar me çimenton CEM I

Tabela 4.10. Përbërja kimike e Hirit të TEC-it (Kosova B) krahasuar me çimenton CEM I (Sharrcem)

Përbërësit	Hiri i TEC-it (Kosova B) (%)	CEM I 52.5 N (Sharrcem) (%)	Raporti i përbërësve CEM I / Hi TEC-i
SiO₂	29.7	20.37	0.69
Al₂O₃	10.65	5.60	0.53
Fe₂O₃	6.18	3.90	0.63
CaO	32.92	64.71	1.97
MgO	5.93	2.70	0.46
SO₃	9.98	2.33	0.23
Mbetje e patretshme	5.65	1.63	0.29
Humbje në përcellimë	2.09	1.12	0.54

Siç shihet nga Tabela 4.10, në aspektin kimik/mineralogjik, hiri i TEC-it dhe çimentoja (në këtë rast CEM I 52.5 N Sharrcem) kanë të njëjtët përbërës. Dallimi është në përqindjen e ndryshme të pjesëmarrjes së përbërësve. Përbërja e njëjtë është arsyeja e ndërmarrjes së përdorimit të hirit në beton, kurse përqindja e ndryshme e përbërësve është kushti i realizimit të testimeve të vetive të ndryshme të betoneve, për të përcaktuar deri në çfarë sasive maksimale/optimale mund të përdoret hiri i TEC-it pa dëmtuar vetitë e betonit. Në rastin më të mirë edhe mundësinë e përmirësimit, duke zëvendësuar çimenton me Hi TEC-i, të disa vetive të betoneve në gjendje të njomë dhe të ngurtë.

KAPITULLI 5

5 VETITË E BETONEVE ME HI TEC-I KRAHASUAR ME ATO TË ZAKONSHME

5.1 Vlerësimi i Ndikimit të Hirit të TEC-it në Punueshmërinë-Konsistencën e Betonit të Njomë

Sipas Glanville, et al. (1947) punueshmëria është "veti e betonit të njomë ose llaçit që përcakton lehtësinë dhe homogjenitetin me të cilin betoni mund të përzihet, vendoset, konsolidohet dhe përfundohet" (Domone, 2003). Nga këto karakteristika që përmenden, është më se e nevojshme që të përcaktohet konsistenca e betonit të njomë. Më parë është përdorur termi punueshmëri, por kohëve të fundit në standardin EN 206-1 (EN 206-1:2013), që është standardi për beton është futur termi konsistencë për të shprehur këto veti të betonit deri sa është në fazën e njomë/plastike. Pasi në konsistencën e betonit të njomë ndikojnë shumë faktorë, atëherë edhe metoda testuese e përcaktimit të konsistencës është e standardizuar.

Në vendet europiane, e po ashtu edhe në vendet tjera, betoni për shkak se ekziston në dy gjendje, në gjendje të njomë si fazë tranzite dhe gjendje të ngurtësuar, edhe standardet respektivisht metodat e testimit janë të klasifikuara në metoda për testimin e betonit të njomë që janë të përmbledhura në standardin EN 12350 (EN 12350, 2009) dhe metodat e testimit të betoneve të ngurtësuar EN 12390 (EN 12390, 2009) me pikat përkatëse për metodat përkatëse për të testuar veti të caktuara. Në rastin e betonit të njomë, metoda testuese e përdorur në përcaktimin e konsistencës së betonit është ajo e përcaktuar me standardin EN 12350-2 (EN 12350-2, 2009). Kjo njihet si metoda e testimit me ulje-rënie të betonit të njomë. Testimet e konsistencës së betonit janë kryer në disa përzierje me përmbajtje të ndryshme të hirit fluturues të TEC-it që është përdorur si material hidraulik në zëvendësimin e pjesshëm të çimentos portland CEM I 52.5 N. Më saktësisht, qëllimi i tërë testimit, ashtu edhe siç do të paraqitet përmes vlerave të matura në mënyrë eksperimentale ishte studimi i ndikimit të hirit të TEC-it në konsistencën e betonit duke i krahasuar vlerat e matjeve të konsistencës të përzierjeve me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it me konsistencën e përzierjeve referente pa hi TEC-i. Testet e konsistencës janë kryer për katër përzierje të betonit të njomë më përqindje të ndryshme të pjesëmarrjes së hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos. Përbërja e përzierjeve është dhënë në seksionin e mix design-eve (4.1). Përzierjet e betoneve dhe pjesëmarrja e përbërësve në betonet e projektuara). Gjithashtu konsistenca është matur edhe te dy përzierjet referente MQDK C dhe MQDK CTKK të cilat nuk përmbajnë hirin e TEC-it si lidhës hidraulik. Ashtu siç edhe është paraqitur në mix design-et, përqindja e Hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos (Portland CEM I) në përzierjet

MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25 FA dhe MQDK 30 FA është, në mënyrë respektive, 15, 20, 25 dhe 30% e masës së çimentos.

Pasi që në konsistencën e betonit të njomë ndikojnë shumë faktorë si gradimi dhe forma e agregateve, sasia e ajrit të mbetur në përzierje, sasia e ujit dhe aditiveve, mbi këtë bazë i vetmi faktor që pritet të ndikojë në ndryshimin e konsistencës së betonit të njomë (nëse ndikon) që mbetet të analizohet është ndikimi i shtimit të Hirit të TEC-it në përzierje. Ky përfundim vjen pasi që në të gjitha përzierjet kemi të njëjtin gradim të agregateve, d.m.th. agregatet kanë të njëjtën granulometri. Gjithashtu edhe përbërja mineralogjike, për ndonjë efekt të mundshëm është e njëjta. Edhe sasia e ujit është e njëjtë për të gjitha përzierjet. Kështu që fokusi i varshmërisë apo ndryshimit të mundshëm të parashikuar në konsistencë është zëvendësimi i çimentos me sasi të ndryshme të hirit fluturues të TEC-it.

Pasi që janë projektuar dhe prodhuar përzierje të ndryshme të betonit me sasi të ndryshme të çimentos dhe hirit të TEC-it, edhe matjet e uljes kanë dalë (edhe ashtu parashihej) të ndryshme. Këto rezultate të matjeve të përzierjeve të veçanta janë paraqitur në Tabelën 5.1.1.1. Nga këto të dhëna shihet se ka një ndryshueshmëri në shkallën e konsistencës-uljes. Parashikimet për matjen e konsistencës, bazuar në kërkimet lidhur me ndikimin e hirit në konsistencë në vende tjera, janë se shtimi i hirit të TEC-it do të duhej të rriste punueshmërinë e betonit për të njëjtën sasi të ujit të përzierjes. Nga të dhënat e paraqitura në Tabelën 5.1.1.1 shihet se shtimi i hirit të TEC-it që është i tipit C, d.m.th. hi TEC-i gëlqeror ka zvogëluar konsistencën në përzierjet me sasi më të madhe. Nga këtu mund të përfundohet se zëvendësimi i çimentos me Hi TEC-i të Kosovës B zvogëlon konsistencën e betonit. Ky përfundim arrihet në bazë të krahasimit të vlerave të matura të konsistencës/uljes të shprehura në milimetër (mm) për përzierjet me hi TEC-i ndaj atyre të përzierjeve referente pa Hi TEC-i. Kështu që, rekomandimi i studimit është se në rastet kur prodhuesi vendos të përdor sasi të hirit të TEC-it në beton të konsiderojë shkallën e uljes së konsistencës. I vetmi përfundim që mund të thuhet pse hiri zvogëlon konsistencën është se sigurisht hiri absorbon më shumë ujë të përzierjes se sa sasia e njëjtë e çimentos portland (Nochaiya et al., 2009). Po të shtohet sasia e hirit të TEC-it si aditiv pa zvogëluar sasinë e çimentos në përzierje, atëherë sipas shumë studimeve paraprake në vende të ndryshme është vërtetuar se do të shkaktojë rritje të punueshmërisë (Berry et al., 1980).

Standardi europian në bazë të të cilit është kryer testi i konsistencës së përzierjeve të betonit (me hi TEC-i) është EN 12350-2-Pjesa e 2, Testimi i betonit të njomë; Testi i uljes (EN 12350-2, 2009). Bazuar në dispozitat e këtij standardi, nëse rezultatet e matjes së uljes janë jashtë vlerave kufitare ndërmjet 10 mm dhe 210

mm, atëherë kjo metodë më nuk konsiderohet si e përshtatshme; konsistenca do të duhej të përcaktohej me ndonjë metodë tjetër. Gjithashtu bazuar në rekomandimet e standardit EN 12350-2 pika 1, nëse ulja e betonit vazhdon të ndryshojë 1 minutë pasi të jetë hequr forma, koni i prerë (në rastin e testit në këtë studim), atëherë gjithashtu edhe kjo nuk duhet të merret si masë përcaktuese e konsistencës. Një tjetër rekomandim nga kjo pikë e EN 12350-2 është se metoda e uljes nuk mund të përdoret në rastin e fraksionit të agregatit me madhësi të kokrrës më të madhe se 40 mm. Sa i përket këtyre kërkesave kufitare, në asnjërin rast nuk janë tejkaluar: ulja e asnjë përzierjeje nuk ka qenë më e vogël se 10 mm dhe jo më e madhe se 210 mm; nuk ka pas ndryshim të konsistencës brenda intervalit kohor 1 minutë dhe se madhësia maksimale e kokrrës së agregatit në të gjitha përzierjet ka qenë 32 mm që nuk tejkalon vlerën kufitare 40 mm. Nga këto kushte të plotësuara është konstatuar se metoda e uljes ka qenë në përputhje të plotë me standardin dhe vlerat janë përfaqësuese reale.

Bazuar në standardin EN 206-1, 4.2.1- Klasët e konsistencës, betoni i njomë për nga konsistenca e përcaktuar me metodën e uljes sipas EN 12350-2 mund të jetë i kategorizuar në njërin nga këto klasë të konsistencës si në Tabelën 5.1.

Tabela 5.1. Klasët e konsistencës sipas EN 206-1

Klasa	Ulja në mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5*	≥ 220

*nuk është në fushën e rekomanduar të zbatimit.

Nga udhëzimet e standardit EN 206-1, 8.2.1.2, tabela 13-Shkalla minimale e marrjes së mostrave për vlerësim të konformitetit, për test të konsistencës parashihen tri mostra. Të gjitha këto parakushte të matjes të parapara me standardet EN 206-1 dhe EN 12350-2 janë plotësuar për të aplikuar metodën e uljes (ang. Slump) dhe matjet janë përfaqësuese për përzierjet e betonit me Hi TEC-i dhe ato referente pa Hi TEC-i.

5.1.1 Përshkrimi i aparaturës dhe metodës së testimit

Pjesë të pajisjeve për të përcaktuar shkallën e konsistencës së betonit të njomë sipas EN 12350-2 janë:

1. Koni i prerë metalik i qëndrueshëm ndaj ndryshkut dhe materieve kimike. Në brendësi është i lëmuar me qëllim që të mos ketë ngecje lokale të betonit të njomë që do të ndikonte në prishjen e strukturës dhe formës së betonit. Përmasat e konit janë: diametri i bazës është (200 ± 2) mm; lartësia e konit është (300 ± 2) mm dhe diametri i prerjes së sipërme është (100 ± 2) mm.
2. Shufra metalike për ngjeshje e formës cilindrike me gjatësi (600 ± 5) mm dhe diametër (16 ± 1) mm. Pjesët e fundme të shufrës janë të rrumbullakëta.
3. Pllaka metalike joabsorbuese e gjerë dhe e rrafshët mbi të cilën vendoset koni me betonin e njomë.

Pjesë tjera janë edhe metri në shkallë milimetrike, vizorja, ora me shkallë matjeje prej 1 sekondë, mistria dhe konteineri për beton, shpusa për njomjen e konit etj.

Testimi i konsistencës së betonit të njomë me anë të konit të prerë bazohet në uljen e betonit nën ndikimin e forcës së gravitetit pasi tërhiqet koni. Së pari koni metalik vendoset mbi pllakën e rrafshët metalike, njomet pak në pjesën e brendshme për të evituar fërkimin edhe për të larguar ndonjë papastërti të mundshme.

Betoni i gatshëm ripërzihet edhe një herë në konteiner dhe me mistri fillon mbushja e konit. Koni vendoset mbi pllakë edhe mbahet fort pa lëvizur duke shkelur-mbajtur mes këmbëve. Fillon mbushja me beton në njomë. Mbushja bëhet në tri shtresa: mbushet një e treta pjesë e konit dhe bëhet ngjeshja e betonit me shufër duke e futur shufrën në beton dhe ngjeshja bëhet afërsisht me 25 rrahje në formë të rratheve duke u siguruar që i tërë vëllimi prezent të ngjeshet. Procedura e mbushjes dhe ngjeshjes vazhdon edhe me dy shtresat-mbushjet tjera. Pastaj rrafshohet me shufër sipërfaqja e betonit në kon. Pasi të jetë mbushur dhe rrafshuar, fillon tërheqja e konit duke e ngritur lart brenda intervalit kohor prej 2-5s. Tërheqja e konit bëhet vertikalisht përpjetë pa lëvizje anësore duke mos e ndryshuar formën e strukturës së betonit. Pasi të është ngritur koni, do të ketë ujle të betonit të njomë, d.m.th. lartësia e betonit të zvogëlohet nga ajo 300 mm sa ishte në kon. Kjo procedurë e matjes, që nga fillimi i mbushjes deri të largimi i konit, është kryer brenda kohës standarde 150s.

Në esencë kjo ulje do të matet me metër, vizore siç është paraqitur në Figurën 5.1. Koni i zbrazur metalik vendoset afër, pa shkaktuar dridhje në betonin e njomë që tashmë qëndron i lirë. Shufra metalike vendoset mbi kon dhe me një vizore-metër matet ulja e betonit, zvogëlimi i lartësisë nga ajo fillestare para

terheqjes së konit. Standardi EN 12350-2 rekomandon që matja të bëhet në mes nga shufra metalike deri në pikën më të lartë të betonit të njomë.

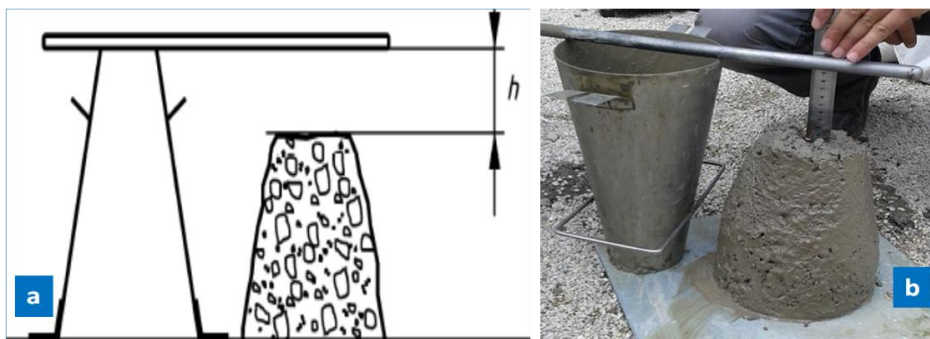


Figura 5.1. Matja e konsistencës-uljes (mm)

a) metoda sipas EN 12350-2, b) matja e konsistencës të përzierja MQDK 25FA

Rezultati i matjes regjistrohet. Sigurisht që përzierjet me përmbajtje të ndryshme të përbërësve do të kenë edhe rënie/ulje të ndryshme dhe me këtë krahasohen rezultatet e matjes me vlerat e standardit për të klasifikuar klasën e konsistencës së përzierjes së caktuar. Në rastin e këtij studimi, është matur konsistenca e gjashtë përzierjeve, dy referente: MQDK C dhe MQDK CTKK dhe katër tjerave me përmbajtje të Hirit të TEC-it: MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30FA. Rezultatet e matjes për secilën përzierje janë paraqitur në Tabelën 5.2.

Tabela 5.2. Konsistenca e betonit të njomë për përzierjet me Hi TEC-i

Mix Design	ulja (mm)	Klasa e konsistencës
Ref. MQDK-C	100	S3
Ref. MQDK-CTKK	180	S4
MQDK-15 FA	130	S3
MQDK-20 FA	140	S3
MQDK-25 FA	90	S2
MQDK-30 FA	80	S2

Nga Tabela 5.2 shihet se klasët e konsistencës së përzierjeve të betonit të njomë me Hi TEC-i, MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25 FA dhe MQDK 30 FA janë S3, S3, S2 dhe S2, në mënyrë respektive. Klasët e konsistencës së përzierjeve referente pa hi TEC-i, MQDK C dhe MQDK CTKK janë S3. Nga këto matje konstatohet si

shtimi i hirit fluturues të TEC-it në fakt pak sa ka reduktuar klasën e konsistencës në krahasim me konsistencën e përzierjeve referente. Ky ndryshim është paraqitur në Figurën 5.2.

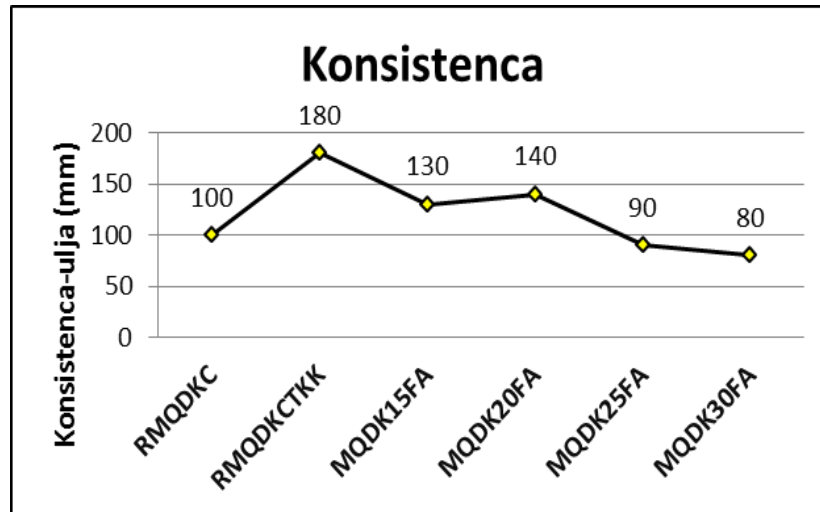


Figura 5.2. Konsistenca e përzierjeve të betonit me Hi TEC-i

Nuk mund të përmendet ndonjë vërejtje gjatë matjes: i tërë procesi i matjes ka qenë në pajtueshmëri të plotë me EN 12350-2 sa i përket kohës së mosndryshimit të formës së betonit si dhe nuk ka patur vlera të uljes jashtë kufijve të lejuar të metodës standarde nën 10 mm ose mbi 210 mm. Po ashtu, sa i përket edhe formës së uljes-profilin e betonit të ulur siç parasheh standardi EN 12350-2, të gjitha matjet kanë qenë të tipit "ulje e vërtetë" si formë e rregullt për t'u marrë në matje për përcaktimin e klasës së konsistencës ashtu siç është edhe në rastin e matjes së paraqitur në Figurën 5.1.1.1. Përndryshe, në asnjë rast të profilin e uljes së betonit të asnjëra përzierje nuk është vërejtur profil i tipit të kollapsuar apo tipit shkarje. Të dy këto forma të profilin, kollaps dhe shkarje, standardi rekomandon që të mos merren në konsideratë për matje. Kështu bazuar në këto, klasët e konsistencës, respektivisht forma dhe lartësia e uljes kanë qenë të rregullta në pajtueshmëri të plotë me këto kufizime dhe rekomandime të standardit dhe për këtë arsye me shumë saktësi vlerat e konsistencës, si të përzierjeve referente ashtu edhe të atyre me hi TEC-i janë përfaqësuese me saktësi të lartë të matjes dhe me të besueshmëri mund të përdoren si referime për studimet tjera.

Nga rezultatet e matjes së konsistencës së përzierjeve të betonit me Hi TEC-i siç janë paraqitur në Tabelën 5.1.1.1 kemi konsistencën të klasëve S2 dhe S3, d.m.th. punueshmëri mesatare, respektivisht të lartë. Atëherë, bazuar në këto betoni i

perzierjeve MQDK 25FA dhe MQDK 30FA me punueshmëri mesatare mund të përdoret në pllaka betoni me ngjeshje manuale ku përdoret agregati i thyer, betonarme normale me ngjeshje manuale si dhe në rastet betonarmeve të larta me ngjeshje me vibrim. Në rastin e përzierjeve të betonit me konsistencën S3, d.m.th. përzierje me punueshmëri të lartë, mund të përdoren në rastet me armirim të ngjeshur dhe se rekomandohet të mos përdoret ngjeshja me vibrim.

5.1.2 Testimi i konsistencës të betonit SCC me anë të metodës së rrjedhjes

Testimi i konsistencës së betoneve vetëngjeshëse (SCC), pasi deri tani është konsideruar beton "ndryshe- special" është bërë me metodën e rrjedhjes gjatë uljes dhe si metodë nuk ka qenë e standardizuar në kuadër të standardit për beton EN 206-1. Mirëpo, rekomandimet e fundit janë se BVV (SCC) paraqet veçse një tip të betonit dhe synohet që metoda testuese për konsistencë të SCC të jetë e standardizuar me kodin e standardit për testimin e betonit të njomë EN 12350, pika 8 për këtë tip të konsistencës. Kështu që matja e konsistencës së tipit të betonit vetëngjeshës në këtë studim është bërë në konformitet me metodën sipas standardit EN 12350-8 ([EN 12350-8, 2010](#)). Klasët e konsistencës sipas testit me rrjedhje gjatë uljes janë të specifikuara në EN 206-9, pika 4-klasifikimet për klasën e konsistencës të betonit SCC dhe janë paraqitur në Tabelën 5.3. Nga testimi i kryer në rastin e përzierjes së veçantë të SCC Eco-friendly, doli të jetë SF1, d.m.th. diametri i shtrirjes mesatare nga 550-650 mm. Klasë SF1 do të thotë se shtrirja e betonit në pllakë ka diametrin mesatar 550-650 mm.

Tabela 5.3. Klasët e konsistencës së sipas testit ulje me rrjedhje (Slump Flow-SF)
([EN 206-9, 2010](#))

SF klasët	Vlerat kufitare (mm)
SF1	550-650
SF2	660-750
SF3	760-850

Aparatura e matjes së SF për SCC-Eco friendly, sipas EN 12350-8, përdoret e njëjta sikurse të matja e uljes për testin e konsistencës së betoneve standarde konform metodës sipas standardit EN 12350-2 për ulje. Kështu që pjesë të aparaturës janë koni metalik me diametër të bazës 200 mm, lartësi 300 mm dhe diametër të sipërm 100 mm. Pjesë tjetër është edhe pllaka metalike joabsorbuese katrore me dimensione 900 mm.

Koni vendoset në mes të pllakës metalike të rrafshët dhe të lëmuar duke u siguruar se nuk ndikohet nga vibrimet. Koni mbahet fort, duke shkelur mbi të dhe mbushet pa ngjeshje me beton të njomë. Koni i mbushur qendron për jo më shumë se 30s dhe brenda kohës prej 1-3 sekonda bëhet ngritja e konit. Kështu që fillon shpërndarja e betonit në formën e frontit rrethor. Në momentin kur shpërndarje-rrjedhje të mëtejme nuk vërehet, d.m.th. rrjedhja është stabilizuar, matet diametri më i gjatë i betonit të rrjedhur dhe regjistrohet si diametri i parë në mm. Pastaj, normal ndaj këtij diametri matet dhe shënohet edhe diametri i dytë (mm). Për të caktuar klasën e konsistencës me rrjedhje, standardi rekomandon të merret vlera mesatare e këtyre dy diametrave dhe vlera e fillë merret si vlerë përfaqësuese e klasës së konsistencës së betonit vetëngjeshës.

Standardi kufizon se në rast se dallimi në diametrat e matur është mbi 50 mm, atëherë matja duhet të përsëritet. Në rastin e matjes të betoni SCC-Eco friendly doli të ishte $d_1=575\text{mm}$, $d_2=585\text{mm}$, dhe se vlera mesatare e tyre është $SF=580\text{mm}$.

5.2 Densiteti i Betoneve të Njoma me Sasi të Ndryshme të Hirit të TEC-it

Densiteti i betonit është veti e rëndësishme sepse për të përfituar beton me veti të caktuara për të cilat betoni projektohet, densiteti i betonit ka ndikim shumë të madh në ato veti. Shumë nga ato veti, qofshin mekanike, fizike dhe vetitë që kanë të bëjnë me jetëgjatësinë e strukturave të betonit në një mënyrë janë të varura nga shkalla e densitetit të betonit. Në këtë pjesë do të paraqesim testimin e përcaktimit të densitetit të betonit në gjendje të njomë, d.m.th. në gjendjen derisa betoni është në fazën plastike. Derisa fokusi kryesor i këtij studimi është përdorimi i hirit fluturues të TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos, atëherë do të studiohet ndikimi i shtimit të hirit të fluturues (hiri i TEC-it) në densitetin e betonit të njomë. Realisht, pasi që densiteti i betonit më shumë ndikohet nga densiteti i agregateve, nuk parashihet të shkaktohet ndonjë ndryshim në densitet në mes të përzierjeve referente pa hi TEC-i dhe atyre ku çimentoja është zëvendësuar me hirin pasi që të gjitha përzierjet kanë të njëjtën granulometri. Këtë e forcon edhe e dhëna se densiteti i hirit të TEC-it të Kosovës B është 2400 kg/m^3 dhe ka vetëm një dallim të vogël me densitetin e çimentos CEM I që është 3100 kg/m^3 . Megjithë këto, testi i densitetit të betonit me sasi të hirit është i rëndësishëm pasi produkti duhet ta ketë të deklaruar këtë dhe pasi është edhe studim më i thelluar, sigurisht se do të jetë edhe referenë e besueshme për studimet tjera.

Bazuar në standardin europian për beton EN 196-1, betoni, sa i përket densitetit mund t'i takojë njërës nga tre klasat e mëposhtme:

- **Betone të lehta**- betonet me densitet $800 \text{ kg/m}^3 < \rho < 2000 \text{ kg/m}^3$. Ky lloj i betoneve përfitohet duke përdorur agregate të lehta.
- **Betone standarde**: betoni i cili ka densitet $2000 \text{ kg/m}^3 < \rho < 2600 \text{ kg/m}^3$.
- **Betone me peshë të rëndë**: betone me densitet sipas terje me furrë më të lartë se 2600 kg/m^3 .

Në Tabelën 5.4 janë paraqitur masat e përbërësve të betonit të projektuar për një metër kub për përzierjet referente dhe ato me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it. Betoni i projektuar në këtë studim, sa i përket peshës, është projektuar beton i rëndomtë.

Tabela 5.4. Densiteti i projektuar i përzierjeve të betonit me Hi TEC-i dhe referente

Mix ID	Çimento (kg/m ³)	Hi TEC-i (kg/m ³)	Agregate (kg/m ³)	Ujë (kg/m ³)	Shtesa TKK (kg/m ³)	Densiteti i projektuar (kg/m ³)
MQDK- C	300	0	1888	210	0	2398
MQDK- CTKK	300	0	1888	190	1.2	2379
MQDK-15FA	255	45	1888	190	1.2	2379
MQDK-20FA	240	60	1888	190	1.2	2379
MQDK-25FA	225	75	1888	190	1.2	2379
MQDK-30FA	210	90	1888	190	1.2	2379
SCC Eco- friendly	400	100	1695	190	4.3	2389

Testimi i densitetit të betonit të njomë, respektivisht metoda e testimit është e standardizuar në standardin europian EN 12350-6- Testimit i betonit të njomë. Pika 6 e këtij standardi përcakton metodën e përcaktimit të densitetit të betonit në gjendjet të njomë (EN 12350-6, 2009). Si çdo metodë tjetër e testimit të vetive tjera, ashtu edhe përcaktimi i densitetit kërkon kampione përfaqësuese që i përmbushin kërkesat e standardit EN 12350-1 (EN 12350-1, 2009). D.m.th. të gjitha mostrat e betonit të cilit ia përcaktojmë densitetin duhet të jenë marrë dhe përgatitur sipas EN 12350-1.

Përcaktimi i densitetit të betonit të njomë për përzierjet referente pa hi TEC-i dhe përzierjet me sasi të ndryshme të hirit si zëvendësues i çimentos është bërë në dy mënyra: e para sipas metodës standarde EN 12350-6 dhe tjetra është bërë bazuar në matjen e masës së kampioneve të përzierjeve të ndryshme dhe është pjesëtuar me vëllimin e kampioneve kubike, respektivisht cilindrike. Paraprakisht, mund të thuhet se vlerat mesatare nga të dy metodat janë shumë të përputhshme.

Standardi EN 12350-6 përshkruan metodologjinë e përcaktimit të densitetit të betonit të njomë me ngjeshje manuale. Sipas kësaj metode, ena metalike e

formës cilindrike me masë afërsisht 8 kg, trashësi muri 4 mm, vëllim 10 l, me diametër 200 mm dhe lartësi 320 mm, matet paraprakisht dhe shënohet masa e saj (e zbrazur). Pastaj fillon mbushja e enës me beton të njomë. Mbushja bëhet në së paku tri shtresa. Trashësia e sasisë së shtresës së betonit duhet të jetë 10-20% e vëllimi të konteinerit cilindrik. Së pari mbushet shtresa e parë dhe me shufrën metalike, gjatësi 600 mm dhe diametër 16 mm, goditet rreth 25 herë-goditje në formë të spiralës duke u siguruar që tërë vëllimi është përshkuar ashtu që ngjeshet i tërë betoni për të fituar masën kompakte. Qëllimi i ngjeshjes bëhet për të larguar ajrin e mbetur në beton që është futur gjatë procesit të përzierjes. Ky ajër paraqet sasinë e ajrit të padëshiruar. Pasi është mbushur ena, është rrafshuar edhe pjesa e sipërme e konteinerit duke larguar sasinë e tepërt të betonit dhe është bëhet matja e masës së konteinerit së bashku me betonin. Nga zbritja e masës së enës nga masa e enës + beton, dhe duke pjesëtuar vetëm masën e betonit me vëllimin e konteinerit, fitohet vlera për densitetin e betontit të njomë të shprehur në kg/m^3 . Pasi të janë llogaritur densitetet, në raport janë shënuar ID e kampioneve, koha, vendi, densiteti si dhe ndonjë devijim të vërejtur gjatë matjes. Rezultatet e densitetit për përzierjet referente pa hi TEC-i: MQDK C dhe MQDK CTKK, si dhe të atyre me sasi 15, 20, 25 dhe 30% të hirit: MQDK 15FA, MQDK 20; MQDK 25FA dhe MQDK 30FA janë paraqitur në Tabelën 5.5.

Mënyra tjetër siç edhe u përmend është ajo e raportit masë/vëllim të kallëpeve-kampioneve, por tashmë në kallëpet standarde kubike 150 mm dhe cilindrike 150 mm diametër dhe 300 mm lartësi. Pasi në studim janë përdorur dy tipe të kallëpëve për kampionet e betonit, kallëp kubik me përmasa 150mm dhe cilindrik me diameter të bazës 150 mm dhe lartësi 300 mm, edhe densiteti është matur duke pjesëtuar masën e betonit të ngjeshur me tavolinë vibruese, me frekuencë minimale (2400 cikle në minutë) për vëllimin përkatës të kubit respektivisht cilindrit të betonit.

Densiteti i betoneve me Hi TEC-i është përcaktuar duke ditur qëllimin parësor të studimit: mundësinë e përdorimit të hirit të TEC-it në përzierjet të betonit deri në përqindjen maksimale të përdorimit duke mos ndryshuar, dëmtuar vetitë e betonit, e në rastin më të mirë dhe përmirësimin e vetive të betonit. Pastaj, që është edhe metodë themelore e studimit–krahasimi në mes të vetive të betoneve me Hi TEC-i ndaj atyre referente, bëhet krahasimi i densitetit të përzierjeve të betonit të njomë që kanë përmbajtje të ndryshme të hirit të TEC-it. Për këtë qëllim në tërë studimin, janë përgatitur katër përzierjet e betonit me Hi TEC-i: MQDK 15FA, MQDK 20; MQDK 25FA dhe MQDK 30FA ku pjesëmarrja e hirit është 15, 20, 25 dhe 30% për peshë të çimentos. Rezultatet e matura të densitetit krahasohen me densitetin e përzierjeve referente MQDK C dhe MQDK CTKK për

të analizuar ndikimin e shtimit të Hirit të TEC-it në densitetin e përzierjeve. Vlerat e llogaritura të densitetit për përzierjet e ndryshme janë paraqitur në Tabelën 5.5 dhe shihet se shtimi i hirit, ose më saktë zëvendësimi i çimentos CEM I me Hirin flututues të TEC-it nuk ka shkatuar ndryshim në densitet. Nga të dhënat e Tabelës 5.2.2 shihet se densiteti i përzierjeve të betoneve me Hi TEC-i është nga 2370-2405 kg/m³, dhe sipas kategorizimit të standardit për peshën e betonit, betoni i studimit i takon betonit standard-beton me peshë normale. Pra sipas EN 206-1, 3.1.7 pasi që betonet e studiara për densitet kanë densitet më të madh se 2000 kg/m³ dhe më të vogël se 2600 kg/m³, i takojnë betoneve me peshë normale. Kjo e dhënë përdoret si fakt se në të gjitha përzierjet e betonit, shtimi i hirit nuk e ndërron klasën e betonit sa i përket peshës, respektivisht densitetit.

Tabela 5.5. Densiteti i betoneve me hi TEC-i në gjendje të njomë

Mix ID	Densiteti i betonit të njomë (kg/m ³)	Densiteti i betonit të njomë (kg/m ³)	
	Sipas metodës EN 12350-6	Kampionet kubike	Kampionet cilindrike
MQDK C	2356	2338	2365
MQDK CTKK	2452	2412	2459
MQDK 15FA	2390	2387	2392
MQDK 20FA	2401	2389	2405
MQDK 25FA	2409	2400	2394
MQDK 30FA	2382	2370	2398

5.3 Përgatitja, Shënjimi, Marrja dhe Mirëmbajtja e Mostrave për Testimin e Vetive të Betonit të Ngurtësuar

Betoni në fillimet e përgatitjes ndodhet në fazën plastike me konsistencë të lartë. Kështu që për të studiuar vetitë e tij përdoren metodat e përshkruara në standard për gjendjen e fillë që njihet si beton i njomë. Në vendet e BE-së është përpiluar standardi EN 12350-Testimi i betonit të njomë. Për testimin e vetive të caktuara si dhe për marrjen e mostrave ekzistojnë pjesë të veçanta të këtij standardi të përgjithshëm. Së pari, për të pasur rezultate përfaqësuese të vërteta gjatë matjes, duhet që edhe marrja e mostrave dhe përgatitja e kampioneve të jetë e standardizuar. Pjesa e parë e EN 12350, respektivisht EN 12350-1 është standardi për testimin e betonit të njomë në lidhje me mënyrën standarde të marrjes së mostrave. Kështu që për të fituar kampione të duhura të

betonit, për të testuar vetitë e betonit në gjendje të ngurtësuar, duhet patjetër të përmbushen kërkesat e EN 123250-1 për marrjen dhe përgatitjen e mostrave që më vonë do të testohen në gjendje të ngurtë. Në studim, pasi janë marrë mostrat dhe identifikuar, janë ndjekur të gjitha procedurat dhe rekomandimet lidhur me përgatitjen dhe trajtimin e tyre; janë zbatuar procedurat e përshkruara në standardin europian EN 12390-2 ([EN12390-2, 2009](#)). Ky standard specifikon të gjitha metodat për përfitimin e kampioneve të mostrave përfaqësuese, ruajtjen dhe trajtimin e kampioneve të cilët do t'iu nënshtrohen testeve për fortësinë e betonit të ngurtësuar si dhe vetive tjera të betonit për të përmbushur kërkesat dhe specifikat e kërkuara/projektuara që në fazën e projektimit të tipit të betonit.

Për të kryer testimet lidhur me vetitë të caktuara të betonit në gjendje të ngurtësuar në përputhje me normativën europiane për beton të ngurtësuar EN 12390-Testimi i betonit të ngurtësuar, atëherë duhet edhe përmbajtja strikte ndaj rregullave dhe udhëzimeve konform standardit për matjen e vetive të caktuara lidhur me përgatitjen, ruajtjen dhe shënjimin/identifikimin e mostrave të kampioneve. Kjo procedurë e ndjekur e rrit kredibilitetin dhe besueshmërinë në vlerat e fituara gjatë matjeve, dhe rezultatet e fituara sigurisht do të jenë përfaqësuese për të vlerësuar ose bërë krahasimet për veti të caktuara.

Pasi betoni i ngurtësuar paraqet fazë ndryshe nga betoni i njomë, atëherë edhe standardi për marrjen, përgatitjen e mostrave dhe kampioneve është i specifikuar në standard të veçantë. Të gjitha rekomandimet dhe udhëzimet janë të prezantuara në standardin EN 12390-1 ([EN 12390-1, 2012](#)) si dhe EN 12390-2 ([EN 12390-2, 2009](#)).

Pjesa e parë ka të bëjë me udhëzimet për përgatitje të kampioneve, kurse e dyta për specifikat e trajtimit të mostrave për matjen e fortësisë, matjeve të vetive të ndryshme të betonit me hi TEC-i; disa matje të ndryshme të qëndrueshmërisë së kampioneve përfaqësuese ndaj ndikimeve të forcave të ndryshme kur dihet se nën veprimin e forcave të ndryshme edhe rezistenca e betonit është e ndryshme. Gjithashtu edhe procesi i shënjimit dhe identifikimit të mostrave që do t'iu nënshtrohen matjeve është i rëndësishëm sepse në bazën e këtyre bëhet analiza, krahasimi i rezultateve të matjes si edhe mundësia e parashikimit të zhvillimit në kohë të vetive që analizohen/maten.

Për të testuar vetitë e betonit në gjendje të ngurtësuar, më së paku janë përgatitur tre kampione për secilën mostër. Forma e kallëpëve të betonit, forma e betonit të ngurtësuar ka qenë e formës kubike me dimensione 15cmx15cmx15cm dhe formës cilindrike me diametër të bazës 15 cm dhe lartësi 30 cm. Këto forma të kampioneve janë më standardet për testimin e betonit, respektivisht vetive të caktuara. Forma dhe dimensionet e kallëpëve për kampionet janë e përcaktuara me standardin EN 12390-1 ([EN 12390-1, 2012](#)).

Kallëpet në të cilët është hedhur betoni së pari janë lyer lehtë, në formë të sprejit me agjent për lirim të lehtë të kallëpeve kur të jenë fortësuar sa duhet. Në këtë mënyrë fitohen mostra të formave të rregullta kubike dhe cilindrike dhe me sipërfaqe të lëmuara që është shumë e rëndësishme pasi që shumica e matjeve të fortësisë bazohet në parimin e veprimit të forcës në njësi të sipërfaqes. Pastaj është bërë mbushja e kallëpeve me beton. Mbushja bëhet në disa shtresa në pajtueshmëri me EN 12390-2, pika 5. Në fillim mbushet një shtresë dhe bëhet ngjeshja. Zakonisht, si te mostrat kubike ashtu edhe te ato cilindrike, mbushja bëhet në tri shtresa sipas rendit: mbushje-ngjeshje deri sa të mbushet i tërë kallëpi. Ngjeshja gjatë mbushjes bëhet në atë mënyrë që të bëhet largimi i ajrit të padëshiruar nga betoni. Ngjeshja sipas standardit mund të bëhet në disa mënyra: manuale me shufër, me vibrator të brendshëm dhe me tavolinë vibruese.

Në pajtueshmëri me standardin EN 12390-2, pika 3.3: Mjetet për ngjeshjen e betonit, ngjeshja e betoneve për këtë studim është bërë me tavolinën vibruese me frekuencë minimale prej 40 Hz, d.m.th. rreth 2400 cikle vibrimi në minutë. Ngjeshja është bërë ashtu që kallëpi vihet në tavolinën vibruese dhe mbushet një shtresë duke e mbajtur fort për tavolinë. Gjatë procesit të ngjeshjes së betonit kujdes i kushtohet arritjes së përzierjes homogjene dhe pa ajër si dhe që të evitohet mundësia e segregimit të betonit që do të rezultonte më vonë me masën jo kompakte të betonit të ngurtësuar.

Një pjesë e rëndësishme e procesit të përfitimit të mostrave ishte edhe shënjimi-identifikimi i mostrave/kampioneve me ID të caktuar. Shënjimi i kampioneve është bërë në pajtueshmëri me EN 12390-2, pika 5.4. Çdo kampion është shënjuar me ID e përzierjes së caktuar si në kallëpin e betonit të njomë ashtu edhe në sipërfaqen e kampionit të ngurtësuar pasi janë liruar nga kallëpet. Shënjimi është bërë me marker dhe janë regjistruar të dhënat për përbërësit dhe masën e kampionit. Në të shenohet ID e mostrës, të dhënat mbi përbërjen e sasisë së hirit TEC-it, çimentos si dhe data e paraparë për të matur ndonjë nga vetitë, si p.sh. soliditetin në shypje në moshë të ndryshme etj. Pasi të jenë mbushur kallëpet me beton të njomë, pasi të jetë bërë edhe identifikimi përkatës, matet masa e betonit të njomë dhe mostra i nështrohet tashmë një procesi shumë të rëndësishëm- procesi i ruajtjes dhe trajtimit. Kallëpet e mbushur të kampioneve, sipas EN 12390-2 pika 5.5 (Trajtimi i kampioneve për testim) i nështrohen procesit të ruajtjes në pajtueshmëri me pikën 5.5.1 të EN 12390-2. Kampionet, me kujdes pa i dridhur, lëkundur dhe duke i ruajtur nga dehidrimi ruhen në mjedis me temperaturë rreth (20 ± 5) °C, minimum për 16 orë, por jo më shumë se tri ditë. Në rastin e kampioneve të studimit, ruajtja është bërë në kushte laboratorit në temperaturë konstante me ajër të kondicionuar dhe

lagështi relative jo më pak se 50%. Betoni, tashmë i ngurtësuar është liruar nga kallëpet zakonisht pas 24 orëve (Figura 5.3).

Në fillim të serisë së përgatitjes së mostrave dhe matjeve, ashtu edhe siç është paraqitur në seksionin për Mix design-e(4.1 Përzierjet e betoneve dhe pjesëmarrja e përbërësve në betonet e projektuara) , janë përgatitur dy mostra me nga tri kampione të betonit pa hi TEC-i , njëra beton referent vetëm me çimento, si dhe katër mostra nga perzierjet e betonit me sasi 15, 20, 25 dhe 30% të hirit të TEEC-it si zëvendësues i çimentos. Shënjimet për të gjitha janë bërë si në Tabelën 5.6.

Tabela 5.6. Shënjimi i mostrave të kampioneve të betoneve me dhe pa hi TEC-i

ID e kampioneve të betoneve	Sasia e hirit (FA) /masë të çimentos (Ç) (%)	Mosha e paraparë për testime të caktuara (ditë)			
Referente C+TKK	0	2	7	28	
Prova I	15	2	7	28	
Prova II	25	2	7	28	
Prova III	20	2	7	28	
Prova IV	30	2	7	28	
Prova V C	0	2	7	28	
Eco-friendly SCC	25	2	7	28	

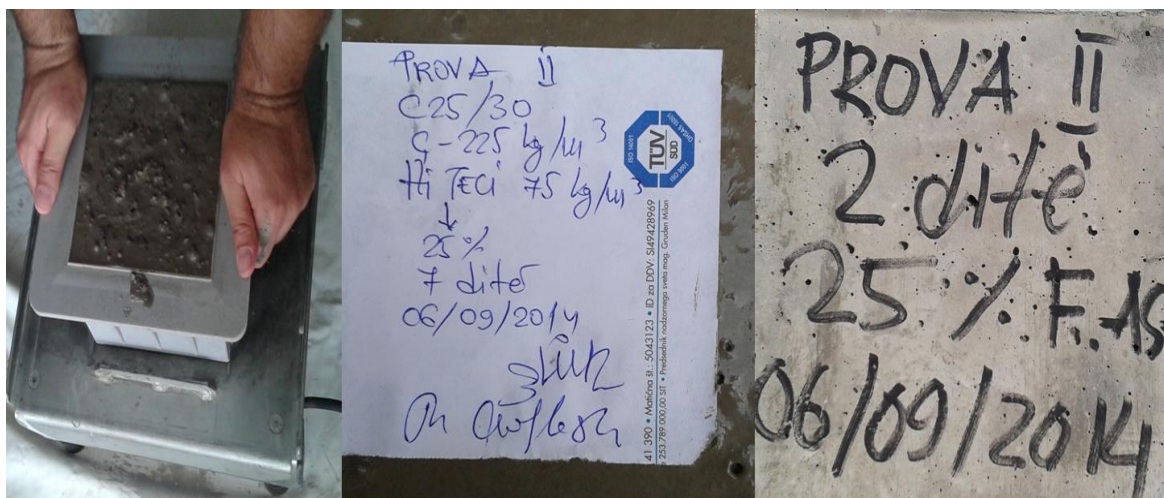


Figura 5.3. Përgatitja dhe shënjimi i ID të kampionit të njomë dhe ngurtësuar

Në seritë tjera të përgatitjeve për përzierjet me përbërje të njëjtë është përdorur sistemi i shënimit të ID si për mostrat kubike ashtu edhe cilindrike siç është dhënë në Tabelën 5.7.

Tabela 5.7 Identifikimi i kampioneve të betonit të ngurtësuar

ID e kampioneve të betoneve	Sasia e hirit (FA) /masë të çimentos (Ç) (%)	Mosha e paraparë për testime të caktuara (ditë)		
MQDK C	0	2	7	28
MQDK CTKK	0	2	7	28
MQDK 15FA	15	2	7	28
MQDK 20FA	20	2	7	28
MQDK 25FA	25	2	7	28
MQDK 30FA	30	2	7	28

Në të gjitha referimet e testimeve si të betonit të njomë ashtu edhe të vetive të caktuara të betonit të ngurtësuar është përdorur sistemi i shënjitimit si në Tabelën 5.7 dhe të gjitha vlerat e matura, krahasimet, komentimet dhe analizat e matjeve të mëvonshme janë bërë mbi këtë bazë identifikimi.

Pavarësisht se çfarë mostra përgatiten dhe për cilat testime do të analizohen, patjetër mostrat e betonit duhet ruajtur dhe trajtuar. Kjo është e rëndësishme sepse procesi i hidratimit vazhdon për një kohë të gjatë. Pasi konsiderohet se në 28 ditë moshë mbi 80% e çimentos hidraton, atëherë edhe ruajtja e kampioneve është bërë për 28 ditë ([Newman, 2003](#)). Gjithashtu ruajtja dhe trajtimi janë të rëndësishëm sepse parandalojnë paraqitjen e plasaritjeve të betonit qoftë si pasojë e tkurrjes apo edhe shkaqeve tjera nga humbja e shpejtë e lagështisë. Bazuar në këtë, ruajtja dhe trajtimi i kampioneve është bërë duke i vendosur në konteiner me lagështi mbi 95%, ose plotësisht të zhytura në ujë. Temperatura e ujit mbahet e kontrolluar në mënyrë automatike konstante $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Ky ishte mjedis i përshtatshëm për të vazhduar dhe kryer procesi i hidratimit. Temperatura zakonisht është kontrolluar në bazë ditore.

Kampionet e përgatitura dhe trajtuara në mënyrë të duhur, janë të gatshme për t'iu nështruar matjeve të parapara në studim. E rëndësishme është se mostrat janë përgatitur, ruajtur dhe trajtuar konform standardeve përkatëse dhe matjet mund të konsiderohen përfaqësuese me besueshmëri të lartë. Bazuar në këto edhe studimi i shtimit të hirit fluturues të TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos do të ketë bazën shkencore lidhur me përfundimet e arritura, qoftë si për përparësitë apo dobësitë e përdorimit të tij në beton.

Pasi janë kryer të gjitha këto procedura të përgatitjes së kampioneve, është vazhduar me procesin testimi të vetive të betonit në gjendje të ngurtë sipas dispozitave dhe udhëzimeve të parashtruara në standardin EN 12390-Testimi i betonit të ngurtësuar dhe pjesët përkatëse të tij për matjen e vetive të caktuara të cilat paraqiten në vazhdim si njësi të veçanta të studimit.

5.4 Vetitë e Betonit të Ngurtësuar

5.4.1 Përcaktimi i soliditetit në shtypje i betonit të prodhuar me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it

Përgjithësisht, betoni si material ndërtimor prodhohet për të qenë në gjendje që sipas kërkesave të caktuara në konstruksione të ndryshme të përballojë ngarkesa të llojeve të ndryshme. Soliditeti në shtypje i betonit paraqet vetinë e betonit që të përballojë ngarkesat të cilat tentojnë t'i zvogëlojnë dimensionet duke e vepruar si forca në njësinë e sipërfaqes. Si i tillë, soliditeti në shtypje paraqet një nga vetitë më kryesore që duhet ditur për betonin dhe se nuk ka përzierje betoni e cila nuk i nështrohet testit të përcaktimit të soliditetit në shtypje. Si veti mekanike, soliditeti në shtypje paraqet një nga vetitë më të rëndësishme dhe më të dobishme për ta njohur gjatë projektimit dhe përgatitjes së klasëve të caktuara të betoneve të zakonshme apo betoneve me veti të veçanta. Gjithashtu, është një nga vetitë kryesore mekanike përmes të cilës përcaktohen përmes llogaritjes edhe veti tjera siç janë rezistenca ndaj forcave në tërheqje, në përkulje, etj. ([Abdelaty, 2014](#)). Në këtë mënyrë duke përdorur relacione empirike të përfituara gjatë proceseve kërkimore përmes testeve, përmes shfrytëzimit të vlerave të soliditetit në shtypje për një beton të caktuar, në mënyrë kuantitative mund të përcaktohen përmes llogaritjeve edhe vetitë tjera të betonit të ngurtësuar ([Shetty, 2006](#)).

Njohja e kësaj vetie mekanike është e rëndësishme sepse përzierjet e betonit projektohen në atë mënyrë që betonet e ngurta t'i rezistojnë forcave/ngarkesave dhe ndikimeve tjera të ndryshme në strukturat që janë projektuar të jenë prej betonit. Përcaktimi i soliditetit në shtypje i betonit bazohet në testimet e kryera në mostra të formave të standardizuara, kryesisht cilindrike dhe kubike duke vepruar në to me forcë normale në sipërfaqen e mostrës e cila vendoset në mes të dy pllakave metalike të makinës ngjeshëse. Duke matur forcën deri në kufirin kur kampioni i betonit thehet, dhe duke pjesëtuar këtë forcë maksimale deri në thyerje me sipërfaqen e kampionit që testohet, do të fitojmë vlerën e soliditetit në shtypje për kampionin e tillë. Nga edhe shihet, njësia e soliditetit në shtypje është paskal (Pa), por pasi gjatë matjeve fitohen

vlera të larta, njësia shprehet në megapaskal (MPa) që është e barabartë me forcën prej 1N që vepron në 1mm^2 ($1\text{N}/1\text{mm}^2$).

Kërkesat për fortësi të betonit ndryshojnë varësisht prej destinimit dhe kështu edhe prodhimi i betonit duhet të përmbushë ato kërkesa. Sa për të pasqyruar rezultatet e testeve të paraqitura në këtë studim, për struktura banimi përdoret betoni me soliditet në shtypje prej 17-28 MPa. Për struktura të caktuara me kërkesa të veçanta përdoren klasë edhe më të larta; betoni me soliditet më të lartë se 40 MPa është i klasifikuar beton i klasës së lartë të soliditetit.

Soliditeti në shtypje i betonit përcaktohet/specifikohet sipas kërkesës dhe klasat e soliditetit përcaktohen me matje bazuar në testin me thyrje të mostrave cilindrike dhe kubike. Nga këto matje merret vlera e matur e soliditetit në shtypje për mostrën cilindrike $f_{c,cyl}$ dhe kubike $f_{c,cube}$. Standardi europian për beton EN 206-1 përcakton edhe klasat dhe mënyrën e klasifikimit dhe shënimit të klasave. Kështu që sipas EN 206-1, 3.2: Simbolet dhe shkurtesat ([EN 206-1,2013](#)), klasa e soliditetit në shtypje për betonet normale dhe të rënda shënohet si $f_{c,cyl}/f_{c,cube}$, ku $f_{c,cyl}$ -soliditeti në shtypje i betonit të testuar në mostra cilindrike, dhe $f_{c,cube}$ - soliditeti në shtypje i betonit të testuar në mostra kubike. P.sh. një klasë e soliditetit në shtypje mund të jetë e shënuar si C25/30, e që në fakt është edhe klasa e projektuar (në këtë studim) e betonit të prodhur me Hirin fluturues të TEC-it duke zëvendësuar sasinë respektive të çimentos. Këtu vlera 25 paraqet vlerën karakteristike të soliditetit në shtypje $f_{ck,cyl}$ në MPa të mostrës cilindrike në 28 ditë; vlera 30 paraqet soliditetin karakteristik në shtypje $f_{ck,cube}$ të mostrës kubike në 28 ditë po të njëjtës përzierje. Moshë 28 ditë për përcaktimin/matjen e soliditetit në shtypje merret sepse çimentoja e zakonshme portland dhe portland pucolana që përdoren në beton arrijnë rreth 80% të soliditetit në shtypje në këtë moshë. Kjo arsyetohet me faktin se çimentoja është lidhësi kryesor i përbërësve të betonit përmes procesit të hidratim, prej nga kuptohet se pikërisht koha (28 ditë) e arritjes së soliditetit të çimentos është përcaktuese për moshën 28 ditë edhe për vet betonin në përgjithësi. Për betonin, përgjithësisht është vërtetuar se në moshën 28 ditë arrijnë 99% të soliditetit për të cilën klasa e betonit është projektuar.

Sa i përket përgatitjes së përzierjeve të betoneve dhe përmbajtjes së tyre janë ato kampionet e marra nga mostrat e përzierjeve MQDK C, MQDK CTKK , MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30 FA; përgatitja e kampioneve është bërë në pajtueshmëri të plotë me metodat standarde EN 12390-1 ([EN 12390-1, 2012](#)) dhe EN 12390-2 ([EN 12390-2, 2009](#)) për testimin e betonit në gjendje të ngurtësuar. Në këtë studim, për testimin e soliditetit në shtypje, në pajtueshmëri me rekomandimet e standardit, merren së paku tre kampionë cilindrikë me diametër 15 cm dhe lartësi 30 cm, dhe 3 kampionë kubike me përmasa $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$. Sipas standardit EN 206-1, pika 5.5.1.1 sa i përket përcaktimit

të soliditetit në shtypje të betonit të ngurtësuar, testimi duhet të kryhet në mostra kubike të përmasave 150 cm ose/dhe cilindra me përmasa 15/30 cm sipas metodës së përshkruar në EN 12390-1, dhe me kushtin që kampionet të jenë përgatitur dhe trajtuar sipas EN 12390-2 dhe mostrat të jenë marrë sipas EN 12350-1 (EN 12350-1, 2009). Në këtë studim vlerat e prezantuara të soliditetit në shtypje të matura për përzierjet e ndryshme janë vlerat mesatare f_m .

Ashtu siç rekomandon EN 206-1, 5.5.1.2 për përcaktimin e soliditetit në shtypje të betonit, testimi i betonit është përcaktuar duke matur soliditetin në shtypje në kampionet kubike dhe kampionet e formës cilindrike sipas metodës standarde EN 12390-3 (EN 12390-3, 2009). Kështu, në këtë studim, kampionet e mostrave kubike nga përzierjet referente (pa hi TEC-i) ashtu edhe të kampioneve nga përzierjet me përqindje të ndryshme të Hirit të TEC-it janë testuar në tri moshë të ndryshme: 2, 7 dhe 28 ditë. Edhe pse si klasë, apo më saktë shkalla e soliditetit merret ajo e matur në 28 ditë, testet në 2 respektivisht 7 ditë janë bërë me qëllim të studimit të shkallës së ndikimit të Hirit të TEC-it në zhvillimin e soliditetit të betonit në kohë. Kampionet e mostrave cilindrike janë testuar vetëm në moshën 28 ditë, e cila sipas standardit EN 206-1 është moshë në të cilën konsiderohet se betoni ka arritur soliditetin karakteristik të projektuar për klasën e caktuar sipas projektimit. Pasi janë bërë matjet e soliditetit në shtypje të kampioneve nga të gjitha përzierjet e betoneve, rezultatet janë krahasuar me ato të klasifikimit sipas standardit EN 206-1 për të përshkruar njëkohësisht edhe destinimin e mundshëm/rekomandimin e përdorimit të asaj klase të soliditetit për betonet e përfituara.

Bazuar në klasifikimin e standardit EN 206-1, pika 4.3.1–Klasët e soliditetit në shtypje dhe standardit EN 1992-1-1 i njohur si Eurocode 2 (EN 1299-1-1, 2004), klasifikimi i betoneve me peshë normale dhe të rëndë sipas klasëve të soliditetit në shtypje, i bazuar në soliditetin e matur në mostra cilindrike 15/30cm ($f_{ck,cyl}$) dhe kubike 15cm ($f_{ck,cube}$) në moshën 28 ditë, është paraqitur në Tabelën 5.8. Kjo pasqyrë tabelare është për të krahasuar të dhënat e matura nga matjet e bëra në këtë studim dhe për të treguar se cilës klasë të soliditetit i takon një përzierje betoni e prodhuar me sasi të hirit të TEC-it.

Tabela 5.8. Klasët e betonit sipas soliditetit në shtypje (EN 206-1)

Klasa e soliditetit në shtypje	Soliditeti minimal karakteristik i mostrës cilindrike $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	Soliditeti minimal karakteristik i mostrës kubike $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30

C30/37	30	37
C35/45	35	45
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C60/75	60	75

Sipas direktivës së EN 206-1, pika 3.1.10 dhe Eurocode 2, betoni që ka soliditetin në shtypje deri C45/55 MPa i takon klasës normale; nëse soliditeti i betonit është C50/60 MPa e më i lartë (për betone me peshë normale dhe të rënda) konsiderohet beton i klasës së lartë. Përcaktimi i klasës së soliditetit është i rëndësishëm sepse kur të projektohet betoni duhet të merren në llogaritje edhe faktorë tjerë përveç ngarkesave siç janë ndikimet e ndryshme atmosferike, kripërat, lagështia, po edhe materiet e ndryshme kimike që njihet si ekspozime të shkallëve të ndryshme, dhe mbi këto kriteret dhe klasa e projektuar e betonit duhet të përmbushë kërkesën minimale të soliditetit për të përballuar ndikimet e ndryshme përveç atyre mekanike.

Si vlera karakteristike $f_{ck,cyl}$ (soliditeti karakteristik i përcaktuar nga testimi i kampioneve cilindrike) për përzierjet e betonit është projektuar 30 MPa, kurse $f_{ck,cube}$ (soliditeti karakteristik i përcaktuar nga testimi i kampioneve kubike) është projektuar të jetë 25 MPa: d.m.th. klasa e projektuar e betonit në studim është C25/30. Kështu që të gjitha matjet e soliditetit nga testimet priten të jenë në vlerën 95% të këtyre vlerave karakteristike sa i përket soliditetit në shtypje.

Për të karakterizuar klasën e soliditetit në shtypje janë testuar mostrat kubike dhe cilindrike konform procedurës së standardit EN 12390-3 ([EN 12390-3, 2009](#)).

5.4.1.1 Procedura e përcaktimit të soliditetit sipas SK EN 12390-3

Pajisja qendrore dhe e vetme e testimit të soliditetit të betonit mund të thuhet së është makina me veprim ngjeshës e cila i përmbush kriteret e standardit ([EN 12390-4, 2000](#)). Në rastin e testimit të kampioneve kubike dhe cilindrike janë përdorur dy makina të tilla, njëra e markës Technotest (Modena, Itali) në laboratorin "Vëllezërit e Bashkuar", Prizren. Gjithashtu testet e soliditetit janë kryer edhe me makinën kompresive Controls (markë italiane gjithashtu), në Laboratorin "Proing" në Prishtinë, me kapacitet maksimal të forcës uniaksiale 3000 kN. Makinat me kompresion janë kalibruar në atë mënyrë që veprimi i forcës të jetë shumë uniform dhe pa goditje në rangun e veprimit prej 0.2 MPa/s deri 1 MPa/s deri në momentin kur kampioni nuk përballon ngarkesën dhe thehet. Ky është momenti kur kampioni thehet dhe vlera e forcës maksimale lexohet dhe merret në llogaritje. Në Figurën 5.4 është paraqitur mënyra e matjes së soliditetit në shtypje në makinë me kompresion dhe leximi dixhital i rezultatit të forcës

maksimale (1035.4 kN), shkallës së veprimit të forcës në njësi të kohës (0.5 MPa/s) dhe soliditeti në shtypje (46.02 MPa).

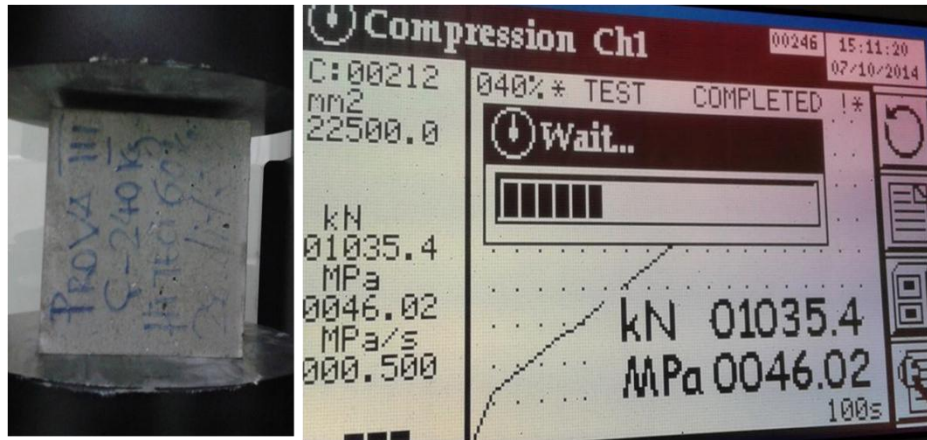


Figura 5.4. Testimi i soliditetit në shtypje dhe leximi i rezultateve për forcë dhe soliditet

Pjesë tjera shtesë të vlerësimit të soliditetit në shtypje të kampioneve të betonit janë edhe peshorja, për të caktuar masën, respektivisht densitetin e mostrës që testohet e që duhet të shënohet në rezultatet dhe analizat e mëtejme si dhe një vizore-nonius për të matur përmasat e kampionit për të siguruar se nuk ka ndonjë ndryshim nga përmasat e projektuara dhe parapara sipas standardeve EN 12390-2 dhe EN 12350-1.

Kampionet që janë përgatitur për testime janë të formës kubike 150 mm dhe cilindrike 150/300 mm dhe është vërtetuar me matje se secili kampion i ka po ato përmasa pasi që llogaritja/matja e soliditetit në shtypje bëhet duke vepruar me forcën maksimale deri në thyerje në njësinë e sipërfaqes së kampionit. Testimi bazohet në forcën graduale uniaksiale të ushtruar mbi kampionin që vendoset në mes të dy pllakave metalike që veprojnë duke e ngjeshur atë. Ngarkesa maksimale e përballuar nga kampioni, d.m.th. ngarkesa deri në thyerje regjistrohet dhe llogaritet soliditeti në shtypje. Pra ajo e vlerë e lexuar e forcës që vepron në sipërfaqen e kampionit deri sa kampioni të thyhet paraqet soliditetin maksimal të betonit që është projektuar dhe përfituar në kushte të parapara në standard. Rezultat i testimit merret vlera mesatare e së paku dy-tre kampioneve standarde dhe të trajtuara deri në një moshë të caktuar që përcaktohet si moshë e testimit. Kampionet e formës kubike janë testuar në tri moshë: 2, 7 dhe 28 ditë; ato të formës cilindrike vetëm në moshën 28 ditë.

Fillimi i testimit të mostrave është bërë menjëherë pasi janë nxjerrë nga konteineri për trajtim me lagështi, janë fshirë në sipërfaqe për të larguar sasinë e tepërt të ujit. Gjithashtu kampionet pastrohen përgjithësisht, fshihen mirë edhe pllakat

metalike të makinës ngjeshëse për të largur ndonjë mbetje eventuale nga sipërfaqet. Mostra kubike/cilindrike vendoset në pllakë ashtu që veprimi i forcës ngjeshëse të jetë normale ndaj sipërfaqes në të cilën është mbushur kallëpi në gjendjen e njomë. Siç u tha më lartë veprimi i forcës në njësi të sipërfaqes së kampionit bëhet në mënyrë graduale; EN 12390-3 rekomandon 0.2 deri në 1 MPa/s duke u siguruar që forca rritet në mënyrë të vazhdueshme dhe nuk vepron me goditje deri sa të mos arrihet thyerja. Në këtë rast lexohet forca dhe rezultati i soliditetit llogaritet sipas:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

ku f_c -është vlera e soliditetit në shtypje të betonit, F-vlera maksimale e forcës deri në thyerje, A_c - sipërfaqja e seksionit tërthor të kampionit që është zgjedhur për testim dhe i përmbushë kërkesat e standardit EN 12390-1.

Rezultatet e matjeve të soliditetit në shtypje ($f_{c,cube}$) për kampionet e përzierjeve MQDK-C, MQDK-CTKK, MQDK-15FA, MQDK-20FA, MQDK-25FA dhe MQDK-30FA si dhe për kampionet e betonit vetëngjeshës në tri moshë, 2, 7 dhe 28 janë paraqitur në Tabelën 5.9 dhe Figurën 5.5. Testimi i kampioneve kubike zakonisht bëhet në moshën 7 dhe 28 ditë, mirëpo bazuar në kërkesat inxhinierike siç janë lirimi i kallëpeve dhe vlerësimi i zhvillimit të soliditetit, testimi bëhet edhe në moshën 2 ditore nga momenti i mbushjes së kallëpeve me beton të njomë.

Tabela 5.9. Soliditeti në shtypje ($f_{c,cube}$) i mostrave kubike për tri moshë, forca deri në thyerje dhe rritja e soliditetit me kohën

ID e përzierjeve të betoneve	2 ditë		7 ditë		28 ditë		Rritja e soliditetit (%)	
	$f_{c,cube}$ (MPa)	F (kN)	$f_{c,cube}$ (MPa)	F (kN)	$f_{c,cube}$ (MPa)	F (kN)	$f_{c,2}/f_{c,7}$	$f_{c,7}/f_{c,28}$
Ref. MQDK-C	14.95	336.5	24.35	547.9	34.38	773.7	63	41
Ref. MQDK-CTKK	26.95	606.4	37.6	846.2	47.43	1067.3	40	26
MQDK-15 FA	25.05	563.8	36.15	813.5	49.03	1103.4	44	36
MQDK-20 FA	21.43	482.2	31.7	713.3	46.02	1035.4	48	45
MQDK-25 FA	19.21	432.3	32.45	730.3	47.86	1076.9	69	47
MQDK-30 FA	13.94	313.7	23.96	539.3	39.37	885.7	72	64
SCC ECO-FRIENDLY	44.02	990.6	55.95	1259	68.95	1551.4	27	23

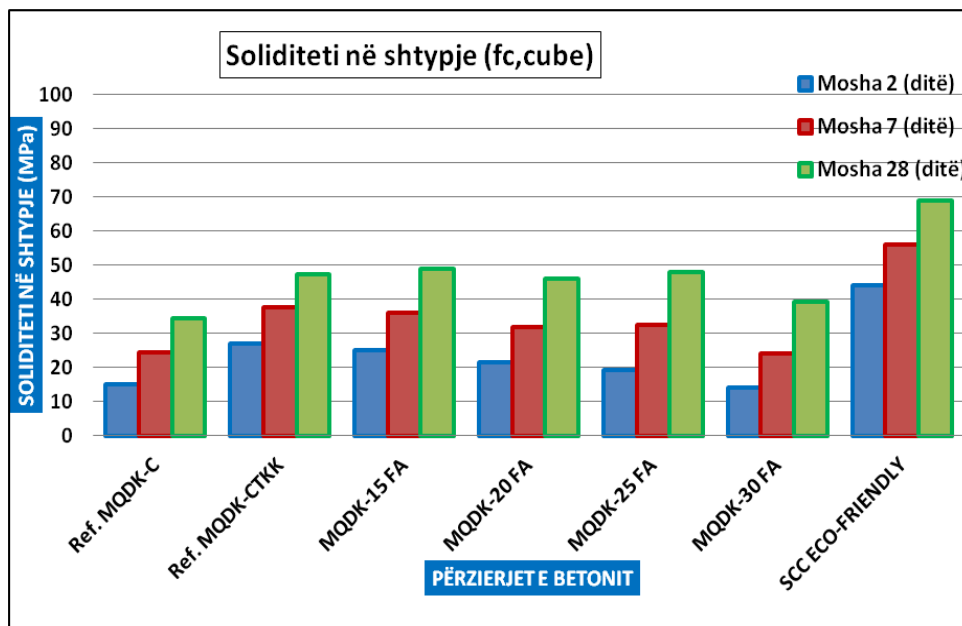


Figura 5.5. Soliditeti në shtypje i mostrave kubike në tri moshë

Rezultatet e matjes së soliditetit në shtypje ($f_{c,cyl}$) për për kampionet cilindrike si dhe vlera e forcës maksimale deri në thyerje, për moshën 28 ditë janë paraqitur në Tabelën 5.10 dhe Figurën 5.6.

Tabela 5.10. Soliditeti në shtypje ($f_{c,cyl}$) në moshën 28 ditë

ID e përzierjeve	Mosha 28 ditë	
	Soliditeti në shtypje- $f_{c, cyl}$ (Mpa)	Forca (kN)
Ref. MQDK-C	30.70	543.5
Ref. MQDK-CTKK	41.27	729.4
MQDK-15 FA	43.30	765.1
MQDK-20 FA	38.53	681.1
MQDK-25 FA	41.46	733.0
MQDK-30 FA	35.60	629.0

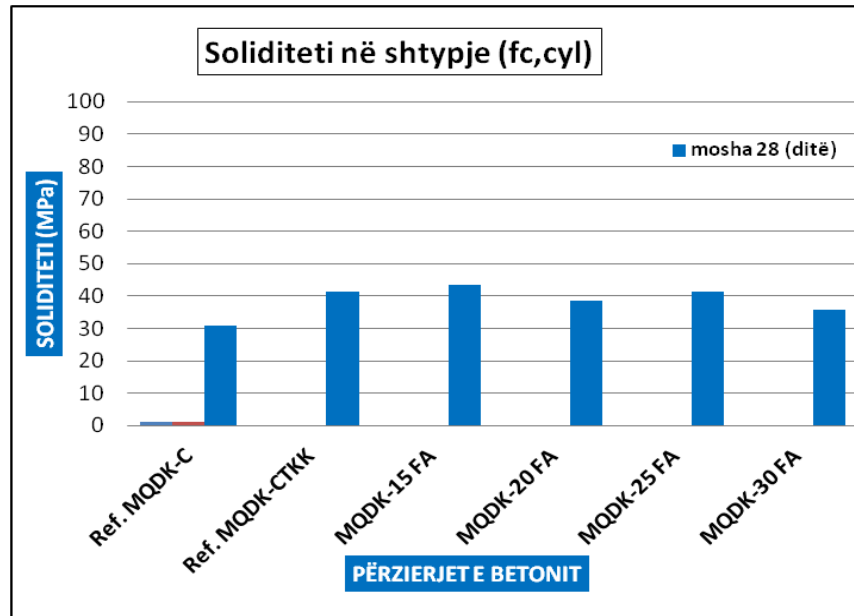


Figura 5.6. Soliditeti në shtypje $f_{c,cyl}$ në moshën 28 ditë

Një e dhënë e rëndësishme për betonin e ngurtësuar është edhe shkalla e zhvillimit të soliditetit. Klasifikimi i rritjes/zhvillimit në kohë i soliditetit sipas standardit EN 206-1, është bërë klasifikimi si raport i soliditetit në moshën 2 ditore $f_{cm,2}$ ndaj soliditetit mesatar të mostrës në moshën 28 ditore $f_{cm,28}$. Sipas EN 206-1 klasifikimi i zhvillimit të soliditetit të betonit, në bazë të raporteve $f_{cm,2} / f_{cm,28}$ jepet në Tabelën 5.11.

Tabela 5.11. Zhvillimi i soliditetit të betonit

Zhvillimi i soliditetit	Vlerësimi i raportit të soliditetit $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
I shpejtë	≥ 0.5
Mesatar	≥ 0.3 deri < 0.5
I ngadalshëm	≥ 0.15 deri < 0.3
Shumë i ngadalshëm	< 0.15

Po t'i referohemi kësaj tablele duke krijuar raportet përkatëse të soliditetit mesatar në 2 ditë dhe atij në 28 ditë për kampionet e mostrave kubike të përzierjeve fitojmë këto të dhëna të paraqitura në Tabelën 5.12.

Tabela 5.12. Zhvillimi i soliditetit në shtypje për përzierjet me Hi TEC-i

ID e përzierjeve	Mosha 2 ditë	Mosha 28 ditë	$f_{cm,2} / f_{cm,28}$	Zhvillimi i soliditetit
	$f_{cm,2}$ (MPa)	$f_{cm,28}$ (MPa)		
Ref. MQDK-C	14.95	34.38	0.43	Mesatar
Ref. MQDK-CTKK	26.95	47.43	0.57	I shpejtë
MQDK-15 FA	25.05	49.03	0.51	I shpejtë
MQDK-20 FA	21.43	46.02	0.47	Mesatar
MQDK-25 FA	19.21	47.86	0.40	Mesatar
MQDK-30 FA	13.94	39.37	0.35	Mesatar
SCC ECO-FRIENDLY	44.02	81.24	0.54	I shpejtë

Në këto matje është analizuar ndikimi i sasisë së Hirit të TEC-it në soliditet duke pasur parasysh të gjitha rekomandimet e standardit EN 450-1 që është standardi për përdorimin i hirit fluturues të TEC-it në beton. Sa i përket vlerave të soliditetit, standardi EN 450-1 nuk ka të vendosur ndonjë vlerë kufitare, por këto kërkesa i takojnë klasëve të soliditetit që përzierja e betonit projektohet të arrijë.

Në këtë aspekt, për qëllime studimi të ndikimit të parashikuar të shtimit të hirit fluturues të TEC-it në soliditetin në shtypje të betonit, kampionet nga mostrat e betonit me përqindje të hirit të TEC-it duke zëvendësuar çimenton portland janë përgatitur siç është paraqitur në **Kapitullin 4** për përgatitjen e përzierjeve dhe ruajtjen e tyre, dhe janë testuar në lidhje me këtë veti të rëndësishme të betonit tashmë me sasi të Hirit të TEC-it. E dimë se kampionet referente MQDK C dhe MQDK CTKK janë të prodhuara vetëm me çimento, kurse kampionet e betoneve MQDK 15FA, MQDK 20FA, MQDK 25FA dhe MQDK 30FA janë me sasi të hirit të TEC-it në përqindjet përkatëse 15%, 20%, 25% and 30% për masë të çimentos. Duke ditur se si klasë e projektuar për të gjitha përzierjet ka qenë klasa C25/30 e soliditetit, e cila merr në konsideratë vlerat e $f_{c,cyl}$ dhe $f_{c,cube}$ në 28 ditë, atëherë në Tabelën 5.13 paraqesim soliditetin në shtypje të betoneve në moshën 28 ditë

për të parë/dëshmuar se janë arritur klasët e soliditetit të projektuar, madje edhe të tejkaluara për të gjitha përzierjet e betoneve me Hi TEC-i

Tabela 5.13. Klasët e soliditetit të përzierjeve me Hi TEC-I krahasuar me klasën e projektuar C25/30

ID e përzierjeve	Soliditeti (MPa)	
	28 ditë	
	$f_{c, cyl}$	$f_{c, cube}$
Ref. MQDK-C	30.70	34.38
Ref. MQDK-CTKK	41.27	47.43
MQDK-15 FA	43.30	49.03
MQDK-20 FA	38.53	46.02
MQDK-25 FA	41.46	47.86
MQDK-30 FA	35.60	39.37

Një tjetër pjesë e vërtetimit se testimi i kampioneve për soliditetin në shtypje është kryer në mënyrë të duhur, d.m.th. rezultati i matjes është përfaqësues për mostrën e caktuar, është edhe forma e duhur e thyrjes së e mostrës kubike dhe mostrës cilindrike. Pasi të testohet kampioni i betonit, forma e kampionit natyrisht se do të ndryshojë-deformohet si pasojë e sforcimit, dhe në standardin EN 206-1 edhe kjo është një tregues për mënyrën e saktë të matjes dhe përfitimit të rezultatit përfaqësues të soliditetit të klasës së caktuar të betonit. Standardi EN 12390-3 parasheh se nëse mostra ka thyerje të njëjtë në të gjitha anët, atëherë konsiderohet thyerje e kënaqshme, përndryshe jo. Në rastin e testimeve të kampioneve të betoneve me hi TEC-i nuk është vërejtur ndonjë shmangie sa i përket formës së thyerjeve. Kështu që të gjitha rezultatet janë plotësisht në pajtueshmëri me rekomandimet e metodës testuese sipas standardit EN 12390-3, pika për formën e thyerjeve të mostrave. Në Figurën 5.7 është paraqitur forma e thyerjes së pranuar nga standardi si dhe forma e thyerjes së një kampioni të matur, në rastin konkret forma e thyerjes së kampionit të betonit SCC eco-friendly në moshën 7 ditore.

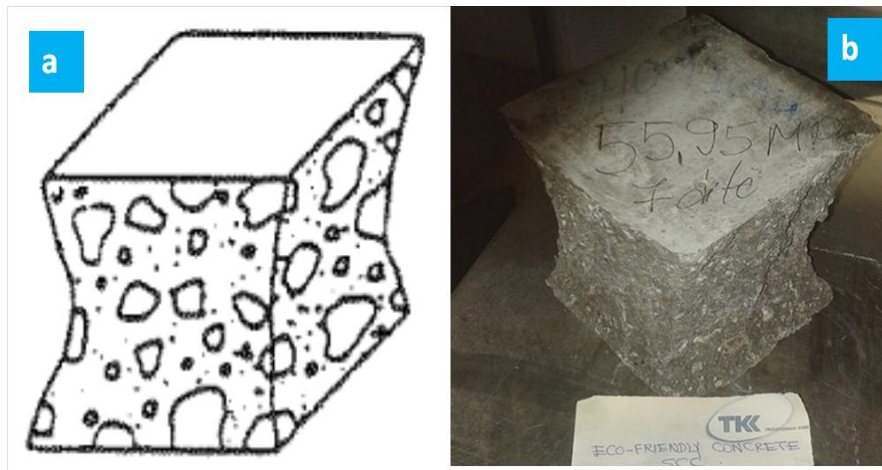


Figura 5.7. Forma e thyerjes së kampioneve kubike
a) forma e thyerjes së rregullt sipas EN 12390-3
b) forma e thyerjes së kampionit SCC eco-friendly

5.4.1.2 Komentet e rezultateve të matjes

Esenca e testimit të soliditetit në shtypje është të provohet arsyeshmëria e përdorimit të hirit të TEC-it në beton si zëvendësues i çimentos. Për të arsyetuar këtë është përdorur metoda e krahasimit të vlerave të soliditetit të betoneve me Hi TEC-i në krahasim me vlerat e soliditetit të betoneve referente pa hi TEC-i. I referohemi përzierjeve, respektivisht kampioneve nga përzierjet referente pa hi TEC-i: Ref MQDK-C (pa superplastifikues) dhe Ref. MQDK-CTKK (me superplastifikues) me 300 kg çimento në një metër kub. Nga vlerat e fituara nga matjet të soliditetit në shtypje të kampioneve me sasi të ndryshme të hirit: 15%, 20%, 25% dhe 30%, konstatohet se në krahasim me betonin Ref MQDK-C të gjitha përzierjet me Hi TEC-i kanë soliditet më të lartë. Në krahasim me Ref. MQDK-CTKK ka vetëm një dallim shumë, shumë të vogël; soliditeti i përzierjeve me hi TEC-i shumë pak dallon nga ai kampioneve referente. Dallimi në soliditet në mes të Ref MQDK-CKK dhe përzierjes me sasi më të lartë të hirit 90 kg/m^3 , që është betoni i përzierjes MQDK-30FA është në rangun respektiv: për kubiket prej 8 MPa, kurse te cilindriket është vetëm 5 MPa. Kjo sasi mund të merret edhe si vlera kufitare e rekomanduar e përdorimit të hirit të TEC-it në beton. Këto të dhëna janë mjaftë inkurajuese në hapjen e mundësive të përdorimit të hirit të TEC-it në industrinë e betonit dhe ndërtimit në përgjithësi.

Mrekullia e përgatitjes së betonit me Hi TEC-i që në fakt "prish" këtë konstatim është përzierja e betonit me ID SCC Eco-Friendly, pra e betonit vetëngjeshës. Në testin e soliditetit të kryer në 2 ditë moshë, matja e soliditetit doli të ishte 42.02

MPa, pra 17 MPa më e lartë se soliditeti i kampionit të përzierjes referente Ref. MQDK-CTKK, dhe për 29 MPa më e lartë se e përzierjes referente pa Hi TEC-i që në moshën 2 ditë kishte arritur soliditetin 14.95 MPa. Për këtë edhe është quajtur beton Eco-friendly. Në testin e soliditetit në shtypje në moshën 7 ditore ka dallim në soliditet për 19 MPa më të lartë se kampionet e referencës Ref. MQDK-CTKK dhe 31 MPa më të lartë se të Ref. MQDK-C. Ky dallim shumë i lartë i soliditetit është matur të jetë i lartë edhe në 28 ditë; soliditeti në shtypje i kampioneve Eco-Friendly ishte 81.24 MPa, që është për 46.86 MPa më i lartë se i Ref. MQDK-C, dhe 33.81 MPa se i Ref. MQDK-CTKK.

Një fakt shumë interesant që është vërejtur nga këto rezultatet e matjeve është se madje edhe përzierja me sasinë më të lartë të pjesëmarrjes së hirit fluturues të TEC-it që është 30% për peshë të çimentos siç është përzierja MQDK-30 FA, ka treguar soliditet të barabartë, gati të njëjtë me përzierjen referente Ref. MQDK-C. gjë që inkurajon shkencërisht përdorimin e kësaj mbetje industriale deri në këtë masë. Katër përzierjet që përmbajnë Hi TEC-i: MQDK-15 FA, MQDK-20 FA, MQDK-25 FA, MQDK-30 FA përfundimisht treguan soliditet më të lartë në shtypje se përzierja referente Ref. MQDK-C, pa Hi TEC-i dhe pa superplastifikues.

Në moshën 28 ditë matja e soliditetit të kampioneve të mostrës MQDK-30 FA ishte më i lartë se i referentes Ref. MQDK-C pa Hi TEC-i dhe pa superplastifikues, dhe më lartë se i Ref. MQDK-CTKK. Kampionet e MQDK-25 FA shfaqen soliditet të barabartë ose më të lartë në krahasim me Ref. MQDK-CTKK dhe Ref. MQDK-C. MQDK-15 FA tregoi soliditet më të lartë se Ref. MQDK-CTKK dhe Ref. MQDK-C. Të gjitha këto matje vërtetojnë arsyeshmërinë e përdorimit të hirit të TCE-it të Kosovës në beton si zëvendësues i çimentos pa asnjë dyshim të ndikimit negativ në dobësimin e soliditetit mekanik si një nga vetitë më kryesore të betonit si një nga matetorialet më të përdorura nga njerëzimi.

5.4.2 Soliditeti në tërheqje nga çarja te betonet me Hi TEC-i dhe ato të zakonshme

Veti e rëndësishme mekanike e betonit është edhe rezistenca e betonit ndaj forcave në tërheqje (f_{ct}). Për shkak të vetisë së betonit që është i thyeshëm (ang. brittle), d.m.th. nuk është duktil, sa i përket rezistencës në tërheqje betoni është mjaft i cenueshëm. Kjo është arsyeja që rezistenca në tërheqje është shumë më e vogël se rezistenca ndaj shtypjes. Përcaktimi eksperimental i rezistencës në tërheqje në mënyrë direkte është mjaftë i vështirë sepse mënyra e testimit është mjaftë e ndieshme ndaj pozicionimit, vendosjes dhe mbajtjes së kampionit në mes të pllakave të makinës ngjeshëse që ushtron forcën njëboshtore. Për këtë arsye për përcaktimin e rezistencës në tërheqje përdoren

metoda indirekte. Në rastin e këtij studimi, për testimin e (f_{ct}) të mostrave të betoneve me sasi të hirit të TEC-it është përdorur metoda e rezistencës në çarje të mostrave kubike me dimensione 150 mm (Arioglu et al., 2006). Kampionet janë përgatitur dhe trajtuar në pajtueshmëri me kërkesat e metodave të standardeve EN 12350-1 (EN 12350-1, 2009), EN 12390-1 (EN 12390-1, 2012), EN 12390-2 (EN 12390-2, 2009) si dhe EN 12390-4 (EN 12390-4, 2000). Metoda europiane e standardizuar në të cilën janë përshkruar normativat dhe rekomandimet për testimin e betonit të ngurtësuar për rezistencën ndaj çarjes është EN 12390-6 (EN 12390-6, 2009). Kjo metodë e testimit bazohet në veprimin e forcave ngjeshëse të koncentruara në mënyrë vijore në faqet e kampionit kubik i cili është i vendosur në mes të pllakave të makinës shtypëse. Rezultati i forcës vijore ngjeshëse deri sa kampioni nuk mund t'i rezistojë, d.m.th. kampioni çahet, paraqet edhe forcën maksimale që mund t'i rezistojë kampioni. Kjo forcë regjistrohet dhe llogaritet rezistenca në çarje që definohet si rezistencë deri sa kampioni e përballon sforcimin deri në çarje ($f_{ct,sp}$).

5.4.2.1 Procedura e ekzaminimit dhe përcaktimi i soliditetit në tërheqje nga çarja

Procedura e matjes është kryer në pajtueshmëri të plotë me metodën e standardit EN 12390-6 dhe përshkrimit të pikës 6 të po këtij standardi (EN 12390-6, 2009). Kampionet e formës kubike të përzierjeve të ndryshme, d.m.th. nga mostra me përmbajtje të ndryshme të Hirit të TEC-it janë përgatitur dhe ruajtur sipas standardeve EN 12390-1 (EN 12390-1, 2012) dhe EN 12390-2 (EN 12390-2, 2009). Matja e rezistencës në çarje, ashtu edhe siç rekomandon EN 12390-6 është bërë në moshën 28 ditë të kampioneve kubike, moshë e cila edhe paraqet moshën kur kampioni ka arritur mbi 90% të soliditetit karakteristik $f_{ck,cube}$ sipas EN 206-1, pika 5.5.1.3 (EN 206-1 (2013)). Arsyeja pse caktohet rezistenca e betonit në tërheqje pas moshës 28 ditë është se sipas Eurocode 2 (EN 1992-1-1, 2004) shkalla e zhvillimit të soliditetit në tërheqje deri në moshën 28 ditë është e njëjtë sikurse zhvillimi i soliditetit në shtypje në këtë moshë (Figura 5.8). D.m.th. deri në moshën 28 ditë ka rritje të dallueshme të rezistencës në tërheqje për të gjitha tipet e lidhësve hidraulikë (çimentove). Pas 28 ditëve, shkalla e rritjes zvogëlohet dhe dallimi për të gjithë tipet e lidhësve është shumë i përafërt. Kështu që edhe në rastin e këtij studimi ku një sasi e çimentos CEM I (lidhësi hidraulik) është zëvendësuar me Hi TEC-i (lidhës me veti hidraulike-çimentuese dhe pucolanike), për të pasur rezultate përfaqësuese të rezistencës së tërheqjes nga çarja, respektivisht rezistencës në tërheqje, testimi është bërë në 28 ditë.

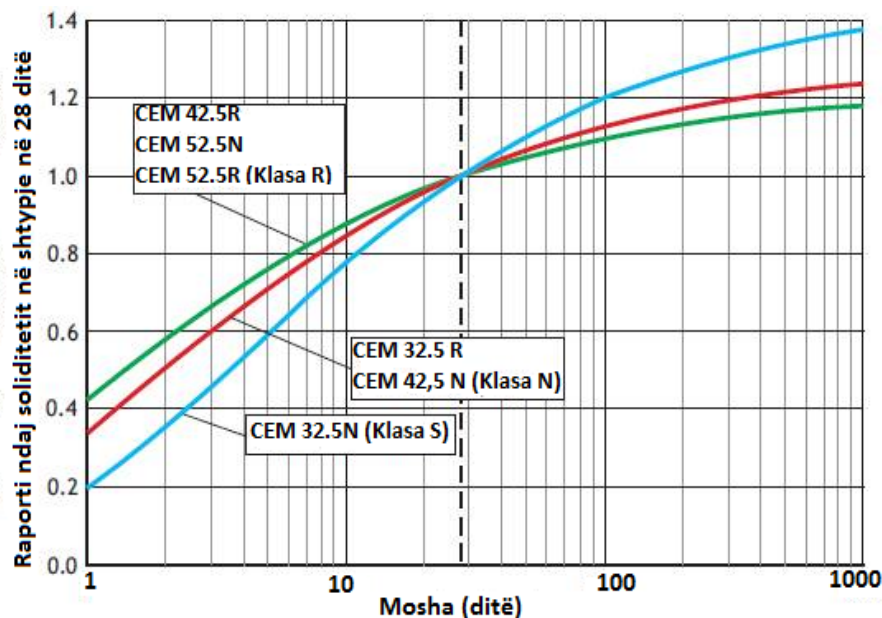


Figura 5.8. Zhvillimit të rezistencës në tërheqje të betoneve të prodhuara me tipe të ndryshme të çimentove (lidhësve hidraulikë)
Burimi: Eurocode 2, EN 1992-1-1

Për të kryer matjen e rezistencës në tërheqje nga çarja, kampionet e formës kubike janë ruajtur në konteiner me lagështi 100%. Pasi nxjerrjes nga uji, fshihen për të hequr ujin nga sipërfaqet e kampionit. Pasi që metoda testuese është kryer në pajtueshmëri të plotë me metodën e standardit europian EN 12390-6, sipas këtij standardi aparatura kryesore për këtë matje është makina që ushtron forcën shtypëse e cila i përmbush kriteret sipas EN 123490-4. Pjesë tjetër për të kryer matjen është edhe pajisja metalike-shablloni (ang. jig) në të cilën do të vendoset kampioni paraprakisht para se të ushtrohet forca ngarkuese që vepron me anë të dy pllakave ngjeshëse-në shtypje. Ky shabllon kontrollon të mos ketë ndonjë mbetje papastërtie qoftë të lëngët apo të ngurtë nga ndonjë matje paraprake laboratorike. E njëjta mënyrë e pastrimit iu është bërë edhe pllakave të makinës ngjeshëse sepse pasi në parim ushtrohet forcë në njësi të sipërfaqës, atëherë çdo mbetje do të ndryshonte sipërfaqen kontaktuese të projektuar të kampionit dhe rezultati nuk do të ishte përfaqësues i matjes së përzierjes së caktuar. Pasi janë bërë këto paraprakisht, kampioni tashmë i mbërthyer në shabllon (JIG) vendoset dhe pozicionohet mirë në mënyrë qendrore në mes të pllakave të makinës ngjeshëse. Me shumë kujdes është kryer pozicionimi i kampionit në shabllon dhe pastaj kampioni në makinë me kompresion sepse si metodë e matjes është shumë më e ndjeshme në saktësi në krahasim me metodën e matjes së soliditetit në shtypje. Dallimi, ose ndjeshmëria e ndikimit në rezultatin e matjes është për 10 herë më e madhe.

Tashmë kampioni i vendosur në shabllon është i vendosur në mes të pllakave të makinës ngjeshëse. Në mënyrë graduale, d.m.th. veprimin e ngarkesës shumë graduale të shkallës prej 0.04 MPa/s deri 0.06 MPa/s veprohet në shabllon. Realisht shablloni është i projektuar në atë mënyrë, që ka dy susta elastike që kur të ushtrohet ngarkesa në shtypje ato shtypen dhe nuk ndikojnë në rezistencë ndaj ngarkesës shtypëse të makinës ngjeshëse. Në shabllon, e tëra në pajtueshmëri me standardin EN 12390-6, më saktë në pajtueshmëri me aneksin A të këtij standardi, ka dy shirita metalikë të ngushtë 16 mm, të cilët janë në kontakt direkt me kampionin kubik të vendosur për testim. Kështu që ngarkesa e ushtruar nga makina do të përqendrohet vetëm në pjesën e sipërfaqeve kontaktuese të shiritave, një poshtë dhe një lartë, të cilët nën ndikimin e ngarkesës e detyrojnë kampionin të çahet.

Forca e ngarkesës që ushtrohet në kampion përmes shabllonit (shiritave) rritet në mënyrë graduale deri në atë moment kur arrihet një forcë kufitare maksimale përtej të cilës kampioni nuk i përballon shtypjes, respektivisht arrihet deformimi i mostrës në formën e çarjes. Kjo është edhe forca e cila është synuar të matet dhe për kampionin e caktuar regjistrohet (Figura 5.9).

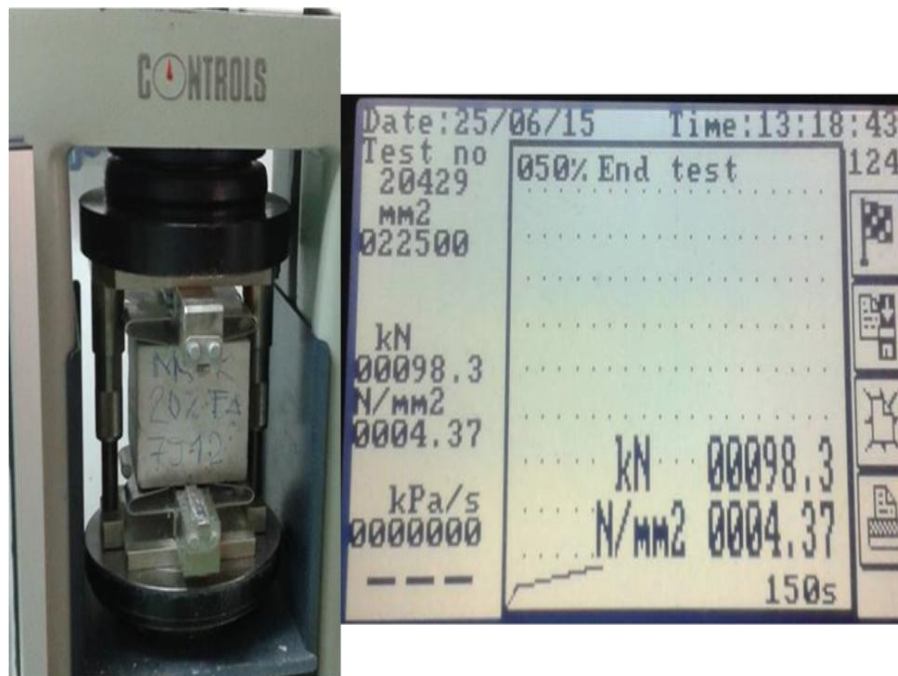


Figura 5.9. Testimi i rezistencës në çarje (fct,sp) dhe leximi i forcës maksimale F

Forca maksimale deri në çarje regjistrohet dhe për të llogaritur rezistencën e çarjes në tërheqje $f_{ct,sp}$ e shprehur në MPa, kjo forcë aplikohet në ekuacionin

$$f_{ct} = \frac{2 \times F}{\pi \times L \times d}$$

ku f_{ct} - rezistenca ndaj çarjes, e shprehur në megapaskal (MPa), F - forca maksimale e përballuar nga kampioni deri në çarje (N), L - gjatësia e vijës së kontaktit të kampionit (mm), d - gjatësia seksionit tërthor (mm).

Bazuar në matjet e vlerës së forcës për çdo kampion nga mostrat e përzierjeve përkatës me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it, dhe llogaritjeve sipas formulës së mësipërme, vlerat mesatare e $f_{ct,sp}$ të llogaritura janë paraqitur në Tabelën 5.14.

Tabela 5.14. Vlerat e forcës maksimale, rezistenca në çarje dhe në tërheqje

ID e përzierjeve	Masa e kampioneve (kg)	Forca (kN)	Rezistenca në çarje ($f_{ct,sp}$) (MPa)	Rezistenca në tërheqje (f_{ct}) (MPa)
RMQDK-C	7737	126.0	3.6	3.2
RMQDK -TKK	8015	162.2	4.6	4.1
MQDK-15FA	7928	118.3	3.4	3.0
MQDK-20FA	7912	98.3	2.8	2.5
MQDK-25FA	7829	95.0	2.7	2.4
MQDK-30FA	7856	103.4	2.9	2.6

Sipas Eurocode 2 ([EN 1992-1-1, 2004](#)) dhe ([CEB-FIP Model Code for Concrete Structures 1990](#)) për të përcaktuar rezistencën në tërheqje në mënyrë indirekte, vlera e rezistencës në çarje $f_{ct,sp}$ shumëzohet me faktorin e konversionit $\lambda=0.9$ si në ekuacionin:

$$f_{ct}=0,9 f_{ct,sp}$$

Rezultatet e rezistencës në tërheqje (f_{ct}), së bashku me vlerat e rezistencës në çarje ($f_{ct,sp}$) të kampioneve të betonit të mostrave nga përzierjet e ndryshme me çimento dhe sasi të ndryshme të hirit të TEC-it: RMQDKC, RMQDK -CTKK, MQDK-15FA, MQDK- 20FA, MQDK -25FA dhe MQDK-30FA në mënyrë respektive janë të paraqitura në Tabelën 5.14 dhe grafikisht në Figurën 5.10.

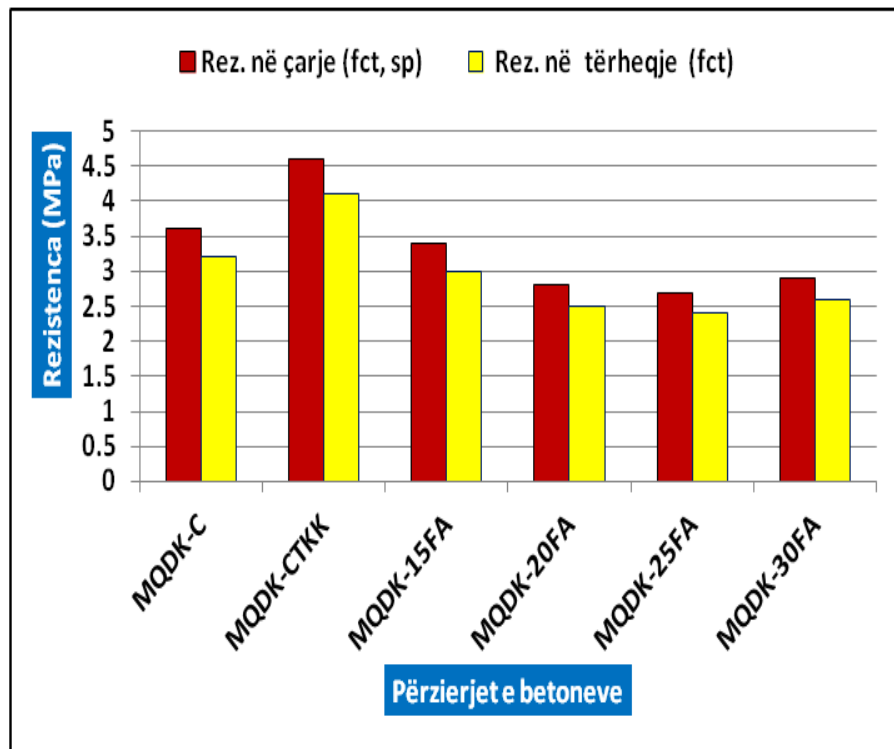


Figura 5.10. Rezistenca në tërheqje dhe çarje e betoneve me Hi TEC-i

Në fakt nga këto të dhëna për (f_{ct}) dhe ($f_{ct,sp}$) për mostrat me Hi TEC-i studiohet ndikimi/efekti i shtimit të sasisë së hirit të TEC-it në beton në lidhje me këto dy veti mekanike ($f_{ct,sp}$) dhe (f_{ct}).

Nga matjet e rezistencës në çarje shihet se vlera e $f_{ct,sp}$ e përzierjes MQDK-30FA, d.m.th. e përzierjes me sasinë më të lartë të hirit të TEC-it (90 kg/m³), vlera ishte 2.9 MPa kurse e asaj referente RMQDK-C ishte 3.6 MPa d.m.th. vetëm 0.7 MPa më e vogël se vlera e përzierjes referente pa Hi TEC-i. E njëjta diferencë është regjistruar edhe sa i përket rezistencës në tërheqje (f_{ct}) për përzierjen MQDK-30FA që kishte 2.6 MPa, kurse e referentes RMQDK-C ishte 3.2 MPa. Këto komente bëhen për përzierjen me 30% çimento të zëvendësuar me Hi TEC-i, dhe pritjet

qenë se te kjo përzierje do të kishte ndikimin e mundshëm (nëse ka të tillë) të dukshëm si për (f_{ct}) ashtu edhe për ($f_{ct,sp}$). Por, përkundrazi edhe përzierja me sasinë më të lartë të hirit të TEC-it, sa i përket këtyre dy vetive mekanike arsyeton zëvendësimin e çimentos me Hi TEC-i pa dyshuar në ndryshimin e vetive të betonit. Është e rëndësishme të krahason vlerat për (f_{ct}) dhe ($f_{ct,sp}$) të matura për përzierjet me Hi TEC-i në këtë studim me vlerat respektive për (f_{ct}) dhe ($f_{ct,sp}$) nga Eurocode 2 për klasë të fortësisë së betoneve siç paraqiten në Tabelën 5.15.

Tabela 5.15. Vlerat e parashikuara të (f_{ct}) dhe ($f_{ct,sp}$) bazuar në klasën e fortësisë sipas Eurocode 2 (EN 1992-1-1, 2004)

Klasa e fortësisë	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45
Rezistenca në tërheqje (f_{ct}) (Mpa)	2.2	2.6	2.9	3.2
Rezistenca në çarje ($f_{ct,sp}$) (Mpa)	2.5	2.8	3.2	3.6

Duke ditur se klasë e projektuar e fortësisë për të gjitha përzierjet e studimit ka qenë klasa C25/30, atëherë sa i përket vlerave të (f_{ct}) të përzierjeve me Hi TEC-i, asnjëra nuk është më e vogël se 2.6 MPa. Vetëm te përzierja MQDK-20FA dhe MQDK-25FA dallimi i vlerës së (f_{ct}) është për 0.5 MPa respektivisht 0.6 MPa që është dallim i papërfillshëm. Sa i përket vlerave të ($f_{ct,sp}$) në krahasim me vlerat referente të Eurocode 2 për klasën e fortësisë C25/30, standardi parasheh vlerën 2.8 MPa. Në fakt të gjitha përzierjet me Hi TEC-i madje e tejkalojnë këtë vlerë, përveç te përzierja MQDK-25 FA (me 25% hi TEC-i) dallimi është për 0.1 MPa që gjithashtu është dallim i papërfillshëm.

5.5 Moduli Statik i Elasticitetit (E_c) të Betoneve me Përbërje të Ndryshme të Hirit të TEC-it

Materialet e ndryshme nën veprimin e ngarkesave pësojnë deformime të ndryshme. Nëse materiali arrin të përballojë ngarkesën që e deformon dhe pasi të ndërpritet veprimi i ngarkesës përmasat e materialit kthehen në ato të para deformimit, deformimin e quajmë deformim elastik. Përndryshe, nëse deformimi mbetet edhe pasi të jetë ndërprerë veprimi i forcës/ngarkesës e quajmë deformim plastik. Pasi në studim kemi të bëjmë me betonin, respektivisht studimin e vetive fiziko-mekanike të betonit me sasi të caktuar të hirit të TEC-it, një analizë dhe studim i thelluar në aspektin teorik dhe eksperimental i është bërë edhe një nga parametrave më të rëndësishëm që ndikon në vetitë e betonit ndaj ngarkesave të ndryshme: në shtypje, përkulje, tërheqje, çarje etj. Ky parametër që është përcaktues për shkallën se sa betoni do t'iu përballojë ngarkesave të lartpërmendura është moduli statik i elasticitetit, respektivisht moduli i Jangut (E).

Pasi është përcaktues, testimi i mostrave të betonit të formës cilindrike, ashtu edhe siç rekomandon standardi EN 206-1 ([EN 206-1, 2013](#)), respektivisht EN 12390 (standardi për testimin e betonit të ngurtësuar) janë testuar dhe është bërë korrelacioni me soliditetin në shtypje (f_c) dhe modulën dinamik (E_d) të betonit. Gjithashtu nga vlerat e matura të modulit statik të elasticitetit (E_c) përfitohet baza, përmes ekuacioneve, për parashikimin dhe llogaritjen e zhvillimit të soliditetit të betonit në moshë të caktuar për klasë të ndryshme të fortësisë. Sa i përket kuptimit fizik të modulit të elasticitetit, respektivisht rëndësisë së përcaktimit të tij përmes matjes apo llogaritjes, ashtu siç përmendet më lartë, është se sa më i lartë të jetë moduli i elasticitetit të betonit aq më i fortë do të jetë edhe betoni, d.m.th. betoni do të ketë soliditet më të lartë mekanik-ndaj shtypjes, tërheqjes etj.

Sipas ([Neville, 1997](#)) moduli i elasticitetit, përgjithësisht definohet si raport i sforcimit aksial ndaj deformimit aksial që pëson betoni që i nënshtrohet ngarkesës njëboshtore. Sipas ligjit të Hukut, moduli i elasticitetit shprehet me ekuacionin:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{el}}$$

ku, E -moduli statik i elasticitetit (Pa ose N/mm²), σ -sforcimi (Pa ose N/mm²), ε_{el} -deformi relativ i cili përkufizohet si:

$$\varepsilon_{el} = \frac{\Delta l}{l}$$

ku, Δl -ndryshimi i gjatësisë së kampionit të betonit gjatë veprimit të forcës shtypëse (μm),

l -gjatësi nominale e kampionit ku vendoset aparati-kompresometri për matjen e deformimit (mm).

Betoni i takon grupit të materialeve që nën veprimin e ngarkesës së caktuar kufitare e tejkalon linearitetin sforcim-deformim për të cilin aplikohet ligji i Hukut, dhe raporti sforcim-deformim ndryshon jolinearisht. Mirëpo, betoni kur është i ri ose ngarkohet për të parën herë, raporti sforcim-deformim është afërsisht linear dhe mund të zbatojmë ligjin e Hukut për të përcaktuar modulën statik të elasticitetit. Po t'i referohemi grafikut të paraqitjes së varshmërisë sforcim-deformim si në Figurën 5.11, moduli sekant i elasticitetit (moduli i Jangut) është raport sforcim-deformim.

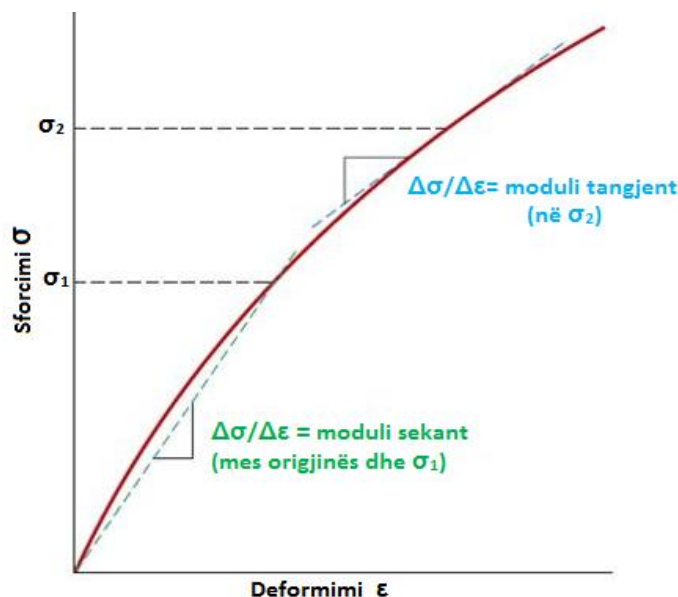


Figura 5.11. Paraqitja e lakorës sforcim-deformim dhe përcaktimi i modulit sekant dhe tangjencial
Burimi: Callister, 2007

Duke qenë se betoni si material ka soliditet të lartë në shtypje por jo dhe në tërheqje ose çarje, projektuesit dhe prodhuesit patjetër duhet të dinë vlerën e modulit elastik të betonit sepse duhet të dihet saktë në llogaritje për shkak se në rastet e strukturave të veçanta duhet të bëhet edhe përforsimi i duhur i betonit me shufra/rrjeta metalike ose edhe me materiale tjera dhe për këtë arsye duhet të përshtaten llogaritjet konform materialeve kompozite (Leet et al., 1997). Kështu që kërkesat në struktura të ndryshme ndërtimi paraqesin kërkesa për projekte të betonit me modul elastik të ndryshëm/të caktuar me vlera në rang të ndryshëm.

5.5.1 Faktorët që ndikojnë në modulën E_c të betonit dhe parashikimi i modulit elastik të betonit nga lloji i materialeve të përdorura dhe klasa e soliditetit në shtypje

Duke qenë se paraqet një nga vetitë më të rëndësishme mekanike të betonit, përmes matjes mund të caktohet vlera e tij, mirëpo duhet patur edhe njohuri se cilët janë faktorët, respektivisht përbërësit (e betonit) që ndikojnë më shumë në këtë madhësi karakteristike për betonet. Kjo është e rëndësishme sepse kohëve të fundit për të arritur ngritjen dhe ndërtimin e strukturave të reja, madje dhe shumë komplekse, betoneve iu shtohen shtesa dhe përforsime të ndryshme.

Për këtë arsye duhet ditur mirë këta faktorë, respektivisht duhet marrë në konsideratë ndikimin e tyre në vlerën e modulit elastik (E_c) të betonit në përgjithësi. Një nga faktorët që ndikojnë në ndryshimin e E_c të betonit është soliditeti në shtypje i vetë materialeve përbërëse të betonit; nuk ka një lidhje lineare sa i përket rritjes së E_c me rritjen e f_c . Pasi agregati përben rreth 70% të vëllimit të betonit, sigurisht se pritet të ketë ndikimin më të lartë. Ky ndikim i modulit të elasticitetit të vetë tipit të agregateve sipas Eurocode 2 (EN 1992-1-1, 2004) është paraqitur në Figurën 5.12 për tipe të ndryshme të agregateve. Në grafik janë paraqitur vlerat e E_c të krahasuara edhe me soliditetin në shtypje-klasëve të soliditetit dhe modulit E të agregateve të ndryshme.

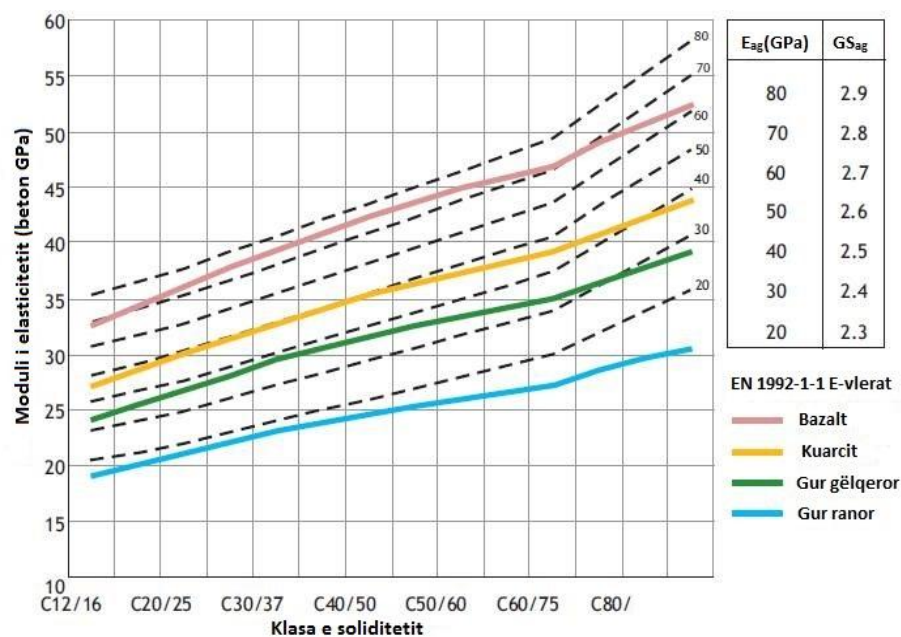


Figura 5.12. Lidhshmëria mes klasës së soliditetit, modulit elastik E_c të agregatit E_{ag} , Peshës specifike GS_{ag} dhe vlerës së E_c të betonit
Burimi: Eurocode 2, EN 1992-1-1

Nga këtu kuptojmë se E_c i agregateve, që do të ndikojë edhe në E_c të betonit, varet nga densiteti i agregatit. Në përzierjet e betonit të këtij studimi është përdorur agregati i thyer, gur gëlqeror dhe për klasë të projektuar të betonit C25/30, apo ato të përfituara (arritura) C30/37 del se vlerat e modulit elastik të betonit me Hi TEC-i parashihen të jenë të rendit 30 GPa. Gjithashtu nga rekomandimet e Eurocode 2 del se edhe rritja e vëllimit (sasia) të agregatit do të ketë ndikim në rritjes në E_c të betonit. Të dhënat empirike të prezantuara në Eurocode 2 (EN 1992-1-1, 2004) për lidhshmëri të E_c të betonit, klasës së soliditetit të betonit dhe tipit të agregatit të përdorur janë paraqitur në Figurën 5.13.

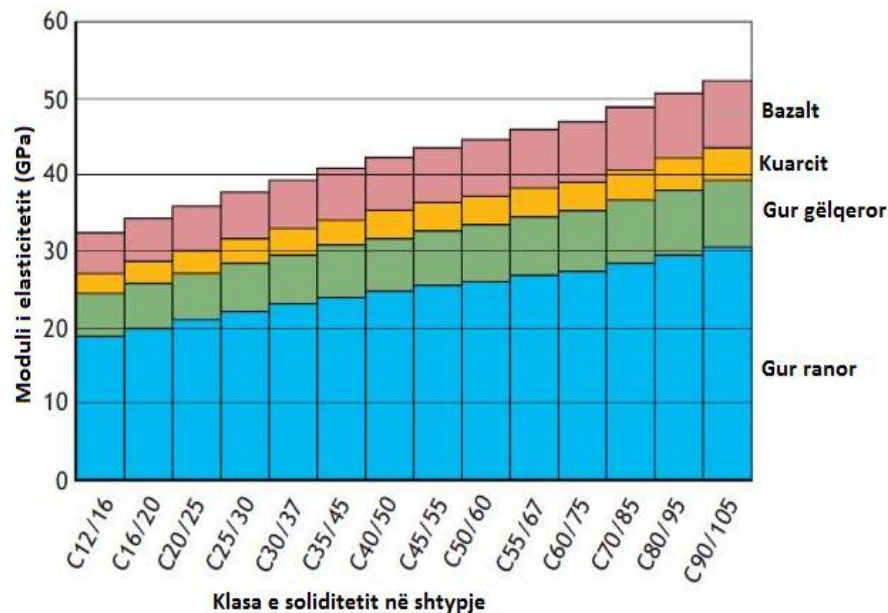


Figura 5.13. Lidhshmëria mes modilit elastik E_c , klasës së soliditetit të betonit dhe llojit të agregatit
Burimi: Eurocode 2, EN 1992-1-1

Kur dihet se në të gjitha përzierjet e betoneve të këtij studimi është përdorur agregat i thyer prej gurit gëlqeror, atëherë bazuar nga të dhënat e paraqitura në grafikun e Eurocode 2, për rastin e betonit të prodhuar me agregat guri gëlqeror dhe për klasën e projektuar të soliditetit C25/30, respektivisht të atyre të arritura C30/37, pritjet për modulin E_c janë nga 20-30 GPa. Por, pasi që në rastin e përzierjeve të betoneve të studimit, vëllimi i aggregateve është i njëjtë në të gjitha përzierjet si te ato referente pa hi TEC-i ashtu edhe te ato me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it, dhe kështu nuk pritet që agregati të shkaktojë ndryshimin të E_c të betonit për arsyen e vetme: I vetmi përbërës që ka ndryshuar në sasi, respektivisht vëllim është sasia e çimentos e zëvendësuar me sasinë respektive të Hirit të TEC-it. Kështu që pritjet janë të ketë ose edhe jo ndryshim të modilit E_c të betonit si pasojë e shtimit-zëvendësimit të çimentos portland me HI TEC-i. Për këtë qëllim kampionet cilindrike të betoneve të mostrave nga përzierje me sasi të ndryshme të hirit janë testuar dhe matur për të caktuar E_c , respektivisht ndikimin e mundshëm të hirit të TEC-it në beton në lidhje me këtë parametër.

Për të përcaktuar shkallën e ndikimit të shtimit të hirit të TEC-it në beton, në këtë studim është bërë matja eksperimentale e E_c në kampionet cilindrike të betonit. Por, për të parë më saktë këtë ndikim, së pari është bërë llogaritja e modilit E_c nga formula empirike, përmes soliditetit në shtypje, për të krahasuar vlerat e E_c me ato të dhëna në Eurocode 2. Një mënyrë mjaftë e saktë e parashikimit të E_c është ekuacioni i llogaritjes së E_c të një mostre betoni kur dihet soliditeti në

shtypje $f_{c,cube}$ i mostrës së dhënë përmes ekuacionit që lidh E_c (GPa) dhe $f_{c,cube}$ (MPa) (Neville, 1997):

$$E_c = 9.1 f_{c,cube}^{1/3}$$

Kjo formulë aplikohet për llogaritjen e modulit elastik statik E_c të betoneve me peshë normale, ashtu edhe siç janë të gjitha betonet e këtij studimi. Bazuar në matjet e bëra për soliditetin në shtypje të kampioneve të betoneve me Hi TEC-i, vlerat e llogaritura të modulit E_c për tri moshë: 2, 7 dhe 28 ditë për kampionet e betoneve të formës kubike, betoneve me Hi TEC-i dhe referenteve janë paraqitur në Tabelën 5.16 dhe Figurën 5.14.

Tabela 5.16. Vlerat e llogaritura të modulit elastik statik E_c bazuar soliditetin në shtypje në tri moshe. Rritja e E_c dhe $f_{c,cube}$ gjatë moshës

ID e betoneve	$f_{c,cube}$ (Mpa)			Rritja e $f_{c,cube}$ (%)		E_c (GPa)			Rritja e E_c (%)	
	mosha (ditë)			$f_{c,2}$ / $f_{c,7}$	$f_{c,7}$ / $f_{c,28}$	mosha (ditë)			$E_c(2)$ - $E_c(7)$	$E_c(7)$ - $E_c(28)$
	2	7	28			2	7	28		
Ref. MQDK-C	14.9	24.3	34.3	63	41	22.4	26.4	29.6	18	12
Ref. MQDK-CTKK	26.9	37.6	47.4	40	26	27.3	30.5	32.9	12	8
MQDK-15 FA	25.0	36.1	49.0	44	36	26.6	30.1	33.4	13	11
MQDK-20 FA	21.4	31.7	46.0	48	45	25.3	28.8	32.7	14	14
MQDK-25 FA	19.2	32.4	47.8	69	47	24.4	29.0	33.1	19	14
MQDK-30 FA	13.9	23.9	39.3	72	64	22.0	26.2	31.0	19	18
SCC ECO-FRIENDLY	44.0	55.9	68.9	27	23	32.1	34.8	37.3	8	7

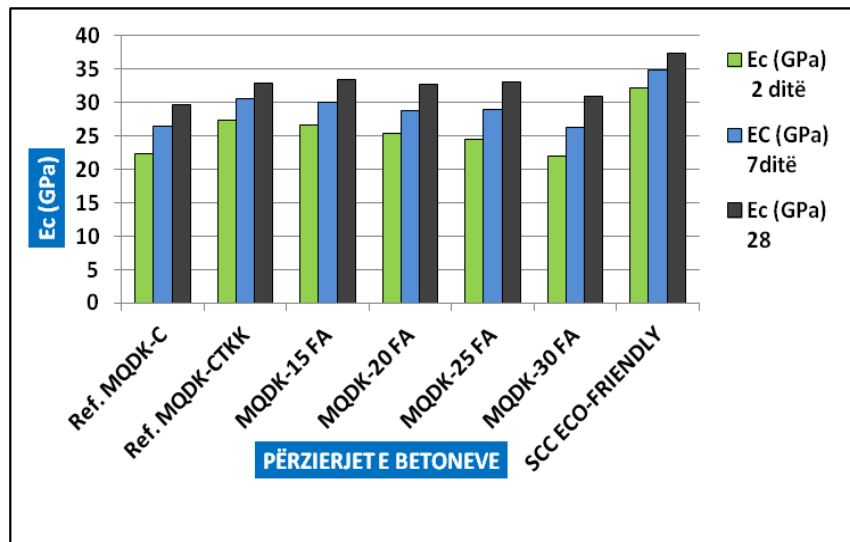


Figura 5.14. Moduli elastik statik i llogaritur i përzierjeve me hi TEC-i në moshën: 2, 7 dhe 28 ditë

Edhe Eurocode 2 jep ekuacionin (EN 1992-1-1, 2004):

$$E_{cm} = 22 [f_{cm} / 10]^{0.3} \text{ (GPa)}$$

i cili gjithashtu shpreh lidhshmërinë në mes modulit elastik mesatar E_{cm} (GPa) dhe soliditetit mesatar në shtypje f_{cm} (MPa). Llogaritjet për Ec bazuar në këtë ekuacion kanë dhënë vlera shumë të njëjta me ato të paraqitura në Tabelën 5.16. Nëse iu referohemi të dhënave tabelare për Ec në moshën 28 ditë shihet se vlerat e Ec për përzierjet e betoneve me hi TEC-i shtrihen prej 31 deri në 33 GPa. Nëse këto vlera të llogaritura të Ec krahasohen me vlerat për Ec të betonit nga përzierja referente MQDK-CTKK (pa hi TEC-i) shihet se hiri i TEC-it nuk ka ndikuar në ndryshimin e Ec të betoneve. Nga Tabela 5.16 dhe Figura 5.14 shihet se vlera e llogaritur e Ec për përzierjen për beton vetëngjeshës SCC ECO-FRIENDLY, përzierja e betonit e cila ka edhe sasinë më të lartë të hirit të TEC-it, 100 kg/m³, është më e lartë se e atyre referente. Ky është një fakt se shtimi i hirit ka ndikim pozitiv në vetitë mekanike të betonit. Po ashtu konstatohet, nga vlerat e llogaritura të Ec në bazë të $f_{c,cube}$, se të gjitha betonet Ec është brenda vlerave të parapara të standardit EN 1992-1-1.

5.5.2 Përcaktimi eksperimental i modulit elastik statik (E_c) të përzierjeve të betonit me Hi TEC-i

Soliditeti në shtypje i kampioneve cilindrike të mostrave të përzierjeve të ndryshme të betoneve është përcaktuar sipas metodës që duhet matur paraprakisht edhe soliditeti në shtypje i kampioneve të betonit të cilit i përcaktohet E_c . Të gjitha udhëzimet për marrjen, përgatitjen dhe trajtimin e mostrave kanë qenë në konformitet të plotë me standardet EN 12390-1 dhe EN 12390-2 dhe EN 12390-3. Gjithashtu edhe makina kompresuese është e kalibruar dhe përbush kërkesat e standardit EN 12390-4. Përcaktimi i soliditetit në shtypje për kampionet e betoneve është i domosdoshëm sepse përmes përcaktimit të soliditetit në shtypje përcaktohet niveli i sforcimit, respektivisht matet forca maksimale që pastaj duhet në llogaritjet e modulit elastik statik (E_c). Pra, kjo forcë në fakt është kusht për përcaktimin modulit elastik statik (E_c) sipas metodës së përdorur në këtë studim.

Makina me shtypje (e markës Controls, Itali), që në kampion ushtron forcën uniaksiale për të caktuar modulit elastik statik të betoneve i plotëson të gjitha kriteret për testim; të gjitha performansat e deklaruara nga prodhuesi janë në pajtueshmëri me kërkesat e standardit EN 12390-4. Në këtë aspekt makina është e përshtatshme për të ushtruar ngarkesën në mënyrë të kontrolluar, d.m.th. ka mundësinë e kontrollit të shkallës dhe shpejtësisë së veprimit të ngarkesës.

Kampionet që iu nënshtruan testimit për përcaktimin e modulit statik të elasticitetit janë të formës cilindrike me diametër të bazës 150 mm dhe lartësi 300 mm në përputhje me EN 12390-1. Për këtë testim, sipas kriterëve standarde parashihet që diametri i kampionit të jetë së paku 3.5 herë më i madh se diametri i fraksionit më të madh të agregatit. Në rastin e kampioneve të këtij studimi, fraksioni me madhësinë më të madhe i përdorur në përzierjen e betonit ishte fraksion IV, d.m.th. me madhësi maksimale të kokërrzave 32 mm. Në raport del se 150/32 është 4.6 herë dhe kampioni përmbush këtë kërkesë kriter. Kërkesë tjetër është që kampioni të jetë i përmasave ashtu që raporti i gjatësisë (L) të kampionit ndaj diametrit (d) të jetë ndërmjet 2 dhe 4 ($2 \leq L/d \leq 4$), e që në rastin e mostrave cilindrike të testuara në këtë studim është 2, d.m.th. kampionet janë përfaqësuese të rregullta për t'iu nënshtruar testimit dhe për të patur vlera përfaqësuese të modulit elastik E_c për betonet me Hi TEC-i.

Sa i përket trajtimit dhe ruajtjes së kampioneve të mostrave të betonit me hi TEC-i, pas mbushjes së kallëpeve cilindrike dhe pas kohës 24 orë, janë liruar, shënuar me ID përkatëse MQDK C dhe MQDKCTKK-referente pa hi TEC-i, dhe ato me hi TEC-i: MQDK15FA, MQDK20FA, MQDK25FA dhe MQDK30FA dhe janë futur në konteinerin me ujë, lagështi relative mbi 95% (kërkesë e standardit), janë mbajtur në këtë gjendje për 28 ditë në temperaturën konstante prej $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Në ditën

e testimit, d.m.th. ashtu siç e parasheh edhe standardi EN 12390-13 ([EN 12390-13, 2013](#)) dhe ai amerikan ASTM C 469-02 ([ASTM C 469-02, 2002](#)), mostrat janë nxjerrë, fshirë dhe kanë qenë të gatshme për t'u testuar brenda 24 orëve.

5.5.2.1 Procedura e matjes së modulit të elasticitetit

Testimi është kryer sipas metodës së standardit amerikan ASTM C469-02 ([ASTM C469-02, 2002](#)). Testimi i modulit të elasticitetit është bërë në laborator në kushte me temperaturë dhe lagështi konstante gjatë tërë kohës së testimeve. Siç u cek edhe më lartë, para fillimit të matjes së modulit E_c të kampioneve të betonit, së pari nga një kampion me përmasa dhe përbërje të njëjtë, d.m.th. i përzierjes së njëjtë, matet forca maksimale deri në të cilën kampioni i reziston shtypjes deri në thyerje. Kjo forcë, respektivisht vlera 40% e saj përdoret për të ngarkuar kampionin që do të testohet për E_c .

Kampionet e formës cilindrike me formë dhe sipërfaqe të rregullt të bazës dhe të përgatitura në përputhje me udhëzimet e standardit për testimin e soliditetit në shtypje, siç u theksua më lartë plotësojnë të gjitha kushtet standarde. Procedura e standardit ASTM C469, pika 5.3, sipas të cilit kryhet testi i matjes së E_c , parasheh që sipërfaqet e bazave të kampioneve të jenë përpandikulare ndaj boshteve ($\pm 0.5^\circ$) dhe rrafshit. Për të siguruar këtë, d.m.th. që sipërfaqet e skajeve të fundme të kampioneve të jenë të rrafshëta (mund të mos jenë planare si pasojë e mosrrafshimit të duhur gjatë mbushjes), ato janë punuar në atë mënyrë duke i mbuluar/rrafshuar me shtresë të hollë dhe fluide të gjipsit. Pasi qitet gjipsi i njomë, me një pllakë qelqi rrafshohen dhe bëhet nivelizimi i tyre. Shkalla e tolerancës në aspektin e planaritetit të bazave është e rendit 0.05 mm.

Pasi është kryer rrafshimi i sipërfaqeve të bazave, është matur diametri i kampionit me vizore me nonius deri në rendin 0.25 mm duke marrë mesataren e matjeve të diametrave normal mes veti që priten në qendër të sipërfaqes së skajit/sipërfaqes rrethore të kampionit. Diametri duhet të matet sepse llogaritet sipërfaqja e seksionit tërthor ku edhe do të veprojë forca statike njëboshtore.

Për të matur vlerën e forcës me të cilën do të ngarkohet kampioni, ashtu siç është përmendur edhe më parë, në njërin kampion shoqërues të mostrës së njëjtë kryhet testi i soliditetit në shtypje dhe nga vlera e forcës maksimale deri në thyerje është marrë vlera 40% e asaj force për ta ngarkuar kampionin tjetër që testohet për modul statik të elasticitetit (E_c). Pasi të matet dhe regjistrohet kjo forcë, atëherë kampioni në të cilin është vendosur sistemi prej dy unazava të bashkangjitura në kampion dhe të cilat kanë të vendosur në mes kompresometrin i cili do të mat deformimin e betonit të shkaktuar nga afrimi i unazave të cilat nën veprimin e forcës “ngjeshin” edhe kompresometrin,

vendoset në makinën ngjeshëse ku matet deformimi i kampionit. Para regjistrimit të vlerës së deformimit, kampioni është ngarkuar së paku dy herë dhe është analizuar procesi i testimit. Gjatë dy ngarkime të njëpasnjëshme është vërtetuar që deformi ka patur vlerë të ngjashme për t'u siguruar se po matej saktë.

Pasi të jenë kryer paraprakisht të gjitha këto procedura dhe nuk është vërejtur ndonjë dyshim apo devijim nga procedura e parashikuar, fillon cikli i tretë i ngarkimit me ngarkesë kontinuale-gati statike pa shkaktuar goditje ose ndonjë tronditje. Në makinën me kompresion me operim hidraulik, zbatohet ngarkesë në shkallë shpejtësie të rangut $(241 \pm 34 \text{ kPa})/\text{s}$. Pasi të arrihet vlera e forcës së projektuar për kampionin që testohet, ndalet veprimi i ngarkesës dhe regjistrohet duke lexuar në kompresometër shkurtimi gjatësor, respektivisht deformimi i kampionit. Kompresometri mat deformimin gjatësor deri në të 5 miliontën pjesë të gjatësisë mes linjave-unazave të vendosura në mesin e kampionit, d.m.th. deformim të shkallës μm (Figura 5.15).



Figura 5.15. Matja e modulit elastik statik (leximi i deformimit gjatësor)

Pastaj, në bazë të vlerave të lexuara të forcës, deformit dhe gjatësisë paraprake të betonit brenda unazave, është llogaritur moduli i elasticitetit bazuar në ligjin e Hukut duke konsideruar se kemi patu një deformim elastik, që në përafrimin pa dëmtim të betonit mund të jetë me saktësi të lartë. Formula për llogaritjen e E_c sipas ligjit të Hukut është:

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon_{el}}$$

Nga matjet e kryera për të përcaktuar vlerën e modulit statik të elasticitetit, përmes matjes së vlerës së deformimit gjatësor (Δl) të kampionit të betonit, matet-lexohet forca (F) me të cilën ngarkohet kampioni dhe duke ditur sipërfaqën tërthore (S) të kampionit, duke konsideruar se matja është bërë në pjesën lineare të sforcim-deformimit, është llogaritur moduli i elasticitetit nën veprimin e forcës statike për të gjithë kampionet e mostrave të betonit me Hi TEC-i: MQDK-15FA, MQDK-20FA, MQDK -25FA dhe MQDK-30FA dhe rezultatet janë krahasuar me kampionet referente: MQDK C dhe MQDK CTKK të betonit të rëndomtë pa Hi TEC-i. Këto të dhëna të vlerave të matura për E_c (GPa) për betone të përzierjeve me sasi të ndryshme të hirit janë paraqitur në Tabelën 5.17 dhe Figurën 5.16.

Tabela 5.17. Vlerat e matura të modulit elastik statik për betone me hi TEC-i

ID e mostrës së betonit	Mosha 28 (ditë)		Masa (kg)	Sip. sek. tërthor (mm^2)	Δl (μm)	l (mm)	E_c (GPa)
	Soliditeti f_c, cyl (MPa)	Forca (kN)					
Ref. MQDK-C	30.70	543.5	12.546	17662	72.0	138	30.0
Ref. MQDK-CTKK	41.27	729.4	13.061	17662	74.0	140	30.0
MQDK-15 FA	43.30	765.1	12.709	17662	70.0	138	31.5
MQDK-20 FA	38.53	681.1	12.715	17662	71.0	135	30.0
MQDK-25 FA	41.46	733.0	12.701	17662	66.6	136	32.2
MQDK-30 FA	35.60	629.0	12.680	17662	72.2	140	30.0

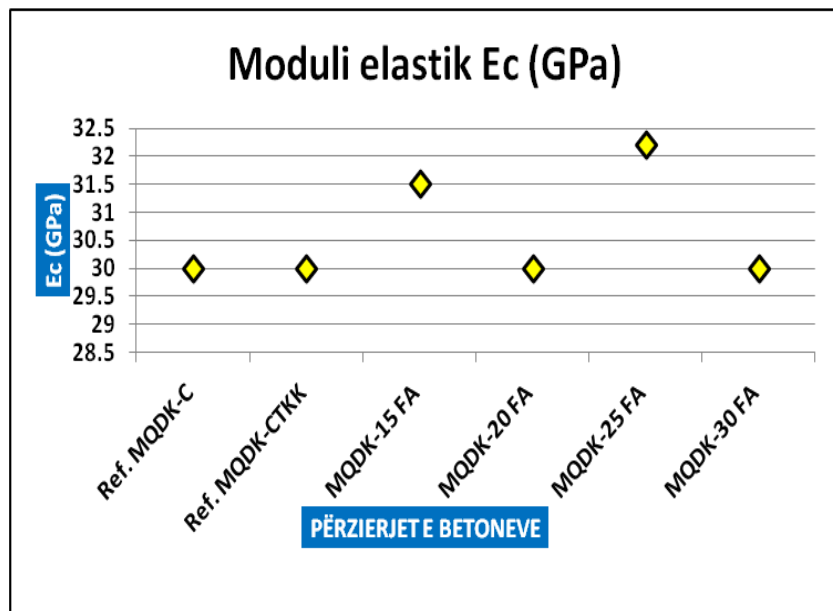


Figura 5.16. Moduli elastik statik i matur për betone me hi TEC-i

Nga vlerat mesatare të llogaritura nga matjet e modulit elastik E_c shihet se të gjitha betonet e përzierjeve me hi TEC-i, vlera e E_c ka rangun 30-32 GPa që është i njëjtë me vlerën e E_c të betoneve referente - 30 GPa. Këto vlera të matura të E_c janë pothuajse të njëjta, me dallim shumë të vogël nga vlerat e llogaritura të E_c në moshën 28 ditë. Konstatimi është se shtimi i Hirit të TEC nuk ka ndikuar në ndryshimin, as rritje as zvogëlim, të modulit të elasticitetit të betonit. Kjo d.m.th. se në aspektin mekanik përmes matjes së modulit elastik vërtetohet se me shtimin e hirit në beton prodhohet beton normal – beton i rëndomtë. Ky konstatim është edhe qëllimi i matjes që do të lejonte përdorimin e Hirit të TEC-it në beton pa ndryshuar respektivisht dëmtuar vetitë e betonit.

5.5.3 Matja e shpejtësisë së ultrazërit në beton dhe përcaktimi i modulit dinamik të elasticitetit (E_d) me metodën UPV

Për studimin e shumë vetive të betonit në gjendje të ngurtësuar përdoren metoda të ndryshme duke ushtruar ngarkesa të ndryshme në kampione, varësisht prej vetive që synohen të studiohen dhe parametrave që maten. Për këto matje edhe standardet për testimin e vetive të ndryshme kanë përcaktuar dhe rekomanduar vlerat dhe kushtet kufitare të veprimit të ngarkesave (testuese). Shumë veti mekanike të betonit të ngurtësuar, sa i përket rezistencës ndaj ndikimeve të ngarkesave përcaktohen duke matur intensitetin e

forcës maksimale (në shtypje, tërheqje, përkulje, çarje, etj.) deri në atë kufi kur mostra thehet, d.m.th. nuk e përballon sforcimin më të lartë sa që shkakton dëmtimin/thyerjen e saj. Këto metoda njihen si metoda destruktive sepse bazohen në deformim deri në thyerje të mostrës e cila i nënshtrohet testimit për vetinë e caktuar. Kështu që këto metoda testimi, siç edhe kuptohet, bazohen dhe kufizohen në shumicën e rasteve vetëm në testime të mostrave në kushte laborator. Ka raste kur edhe merren bërthama cilindrike nga strukturat e betoneve dhe testohen në laborator. Me fjalë tjera, për të studiuar vetitë e betonit në struktura, apo betoneve në objekte të vjetra, patjetër duhet të përdoren metoda testimi për veti të caktuara që nuk dëmtojnë betonin në strukturë apo elementin e parafabrikuar të betonit. Si të tilla metodat jodestruktive janë shumë të rëndësishme dhe janë të standardizuara sipas standardit europian EN 206-1 dhe me specifikimet për vetitë e caktuara.

Metoda e matjes së shpejtësisë së valëve longitudinale të ultrazërit (UZ) e njohur si UPV (ang. Ultrasonic Pulse Velocity) është metodë jodestruktive dhe e standardizuar sipas standardit europian EN 12504-4 ([EN 12504-4, 2004](#)). Një metodë e tillë jodestruktive është mjaftë e përshtatshme për të studiuar, matur dhe llogaritur shpejtësinë e zërit në beton, modulin dinamik të elasticitetit të betonit si dhe llogaritjen e modulit statik të elasticitetit përmes modulit dinamik duke shfrytëzuar ekuacionet empirike. Gjithashtu me metodën UPV, duke ditur (matur) shpejtësinë e UZ mundet edhe të parashikohet zhvillimi i soliditetit të betonit që veçse është i vënë në strukturë ose është në objekte të vjetra.

Objektivi i përdorimit të kësaj metode të përhapjes së valëve gjatësore të UZ është të matet shpejtësia e pulsit të UZ nëpër beton dhe përcaktimi i modulit dinamik të elasticitetit. Me këtë metodë mund të maten edhe karakteristika tjera si uniformiteti i betonit, çarjet dhe zbrazëtitë në brendi të betonit, mirëpo në këtë studim metoda është përdorur për të matur shpejtësinë dhe modulin dinamik të elasticitetit. Pastaj, bazuar në raportet empirike, është bërë krahasimi i dy moduleve, modulit statik (E_c) dhe dinamik (E_d), si veti themelore të trupave të ngurtë e në veçanti të betonit me hi TEC-i që është lënda e këtij studimi. Realisht, synimi është që të argumentohet në mënyrë shkencore se shtimi i hirit të TEC-it nuk shkakton ndryshime në modulet elastike, respektivisht nuk dëmton vetitë mekanike të betonit të projektuar dhe prodhuar me Hi TEC-i.

Parim bazë i kësaj metode standarde ([EN 12504-4](#)) është matja e kohës që i duhet pulsit të ultrazërit të kalojë nga transmetuesi që është në kontakt me njërin faqe të betonit deri të pranuesi në faqen tjetër përballë. Pajisja që në këtë studim është përdorur (e prodhuesit Tico Proseq) përmes transmetuesit elektro-akustik prodhon lëkundje të zërit me frekuncë të lartë në spektrin e UZ. Valët gjatësore kalojnë nëpër beton, respektivisht nëpër gjatësinë të cilën e njohim përmes matjeve (paraprake) të kampioneve ose strukturës së betonit dhe

pranohet në pranuesin, i cili pulsën e UZ e shndërron në sinjal elektrik dhe softveri në mënyrë të automatizuar mat kohën që ka kaluar puls i sinjalit që nga momentit kur është futur nëpër beton derisa regjistrohet kur del nga betoni. Aparatura përbëhet edhe nga monitori dixhital dhe pullat tjera përmes të cilave futim të dhënat për gjatësinë/trashësinë e kampionit, strukturës dhe aty do të lexojmë kohën, respektivisht shpejtësinë e pulsit të UZ. Pasi që aparaturat/transmetuesit gjenerojnë frekuencë nga 20 kHz deri në 150 kHz, edhe përzgjedhja e frekuencës së pulsit të UZ duhet të zgjedhet konform dimensioneve të distancës që duhet të kalojnë. Për dimensionet e kampioneve të formës kubike me dimensione 150 mm, si frekuencë më e rekomanduar për të matur shpejtësinë e pulsit të UZ është rangi prej 40 kHz deri në 60 kHz ([Tico, operating instructions, Ultrasonic testing instrument, Proceq, Switzerland, 2008](#)).

Gjatësia e distancës nëpër të cilën kalon puls i UZ, respektivisht brinja e kubit 150 mm plotëson edhe një kriter-kërkesë të standardit EN 12504-4, Aneksi B, pika B.4. Standardi përcakton se nëse në beton përdoret agregat me madhësi prej 20 mm-40 mm, atëherë për të evituar ndikimin e heterogjenitetit të betonit në përhapjen e UZ, distanca minimale që do të kalojë puls i UZ duhet të mos jetë më e vogël se 150 mm. Në të gjitha përzierjet e betoneve në këtë studim, agregati i përdorur me madhësinë më të madhe ka qenë i fraksionit IV, d.m.th. me madhësi maksimale të kokërrzave 32 mm. Kjo dëshmon se të gjithë kampionet kubike (150 mm) plotësojnë këtë kërkesë standarde të matjes së shpejtësisë së UZ në betonet me HiTEC-i. Gjithashtu kërkesa e standardit që temperatura e kampioneve që testohen me UPV duhet të jetë brenda intervalit (10-30)°C ([EN 12504-4, 2004](#)).

Nga teoria e përhapjes së valëve mekanike, përkatësisht të valëve gjatësore të zërit e në këtë rast edhe të pulsit të UZ nëpër mjedise elastike të ngurta, shpejtësia e përhapjes varet nga vetitë elastike dhe densiteti i materialit ([Newman, 2003](#)). Kështu që duke ditur këtë lidhshmëri mes shpejtësisë, modulit elastik dhe densitetit të materialit mund të përcaktohen madhësia/parametra të cilët janë në interes të studimit. Në parim, me metodën e matjes së shpejtësisë së pulsit të UZ, pasi është llogaritur edhe densiteti, është përcaktuar me llogaritje moduli dinamik i kampioneve të betoneve me përzierje të ndryshme të hiri të TEC-it.

5.5.3.1 Procedura e matjes

Së pari bëhet kalibrimi i pajisjes (Tico e prodhuesit Proceq, Zvicër) për t'u siguruar se pajisja është e saktë për të matur shpejtësinë e ultrazërit në kampionet e betonit. Pajisja e cila funksionon duke emetuar sinjal-puls të UZ përmban dy

pjesë: transmetuesin i cili është edhe burimi i UZ dhe pranuesin i cili e regjistron pulsën e UZ. Të dy, transmetuesi dhe pranuesi janë të lidhur me përçues sinjali me kabëll në pajisjen qendrore ku edhe është pjesa operuese respektivisht monitori dhe menuja nga operohet me procesin dhe ku bëhet futja e të dhënave dhe leximi i matjeve përkatëse të kohës respektivisht shpejtësisë që pulsi i UZ kalon nëpër beton. Për të verifikuar se pajisja është e kalibruar, njëherë vëhen në kontakt bashkë të dy, transmetuesi dhe pranuesi, dhe në monitor treguesi i shpejtësisë duhet të tregojë zero. Mandej merret etaloni-shufra kalibruese e vet pajisjes i cila ka gjatësinë e caktuar dhe pulsi i UZ me frekuncë 54 kHz duhet ta kalojë për kohën $t=20.7 \mu s$. Pasi është konfirmuar kjo, atëherë është vazhduar me matjen e shpejtësisë në kampionet e betonit.

Kampionet e formës kubike që janë përfituar dhe ruajtur sipas standardit EN 12390-1, kanë dimensionet 150 mm. Kampionit të betonit të ngurtë që do t'i matet shpejtësia e UZ në fillim i matet masa me qëllim të caktimit të densitetit të betonit të ngurtë që testohet. Pastaj, kampionit i caktohen pikat qendrore në dy faqet përballë njëra-tjetrës ku do të vendosen transmetuesi, respektivisht pranuesi. Kjo bëhet kur në faqet e kubit-kampionit tërhiqen nga dy diagonale dhe pikëprerja e tyre është qendra ku vendosen në njërin anë transmetuesi dhe në tjetrën përballë pranuesi i pulsit të UZ pasi të kalojë nëpër kampionin e betonit. Vazhdohet me matjen e saktë të dimensionit të kampionit në drejtimin e përhapjes së pulsit të UZ sepse aparatura matë kohën që duhet të kalojë pulsi i UZ nëpër atë distancë. Kështu që distanca, respektivisht gjërësia e kampionit duhet të matet dhe regjistrohet paraprakisht për mostrën para se të lëshohet sinjali i UZ. Matja e distancës bëhet me vizore me nonius, ashtu që në drejtimin e lëshimit të sinjalit bëhen tri matje të gjatësisë dhe llogaritet mesatarja e tyre. Kjo e dhënë regjistrohet në pajisjen dixhitale.

Pasi të jetë regjistruar distanca që do të përshkojë sinjali i UZ, në kampion vendoset nga njëra anë transmetuesi dhe në anë tjetër përballë vendoset pranuesi. Sigurisht pikat e qendrës lehtësojnë pozicionimin qendror të tyre. Për të pasur kontakt më të mirë, vendi ku vendosen sondat lyhet me xhel. Fillohet me lëshimin e sinjalit dhe pasi të dëgjojmë një "bip" do të lexojmë dhe kohën (t) për të cilën sinjali ka kaluar nëpër kampion. Kjo kohë shënohet dhe duke ditur dhe distancën (l), llogaritet shpejtësia v .

$$v=l/t$$

Procedura e njëjtë përsëritet për tri herë për një kampion dhe merret vlera mesatare e shpejtësisë së UZ nëpër kampionin e përzierjes së caktuar të betonit. Po kështu veprohet me të gjithë kampionet e mostrave të betoneve nga

përzierjet e ndryshme me Hi TEC-i: MQDK-15FA, MQDK-20FA, MQDK-25FA dhe MQDK-30FA, si dhe për referentet pa Hi TEC-i: MQDK C dhe MQDK CTKK. Rezultatet për shpejtësinë e UZ (m/s), kohën (μ s), densitetin (kg/m^3) dhe soliditetin në shtypje (MPa) të kampioneve të betoneve me sasi të Hirit të TEC-it dhe atyre referente-betone të zakonshme janë paraqitur në Tabelën 5.18.

Tabela 5.18. Shpejtësia e ultrazërit në betone me Hi TEC- dhe betone të zakonshme

ID e përzierjes	Densiteti (kg/m^3)	f_c , cube (MPa)	Koha t (μ s)	Shpejtësia v (m/s)
Ref. MQDK-C	2441.1	34.38	30,9	4850
Ref. MQDK-CTKK	2451.5	47.43	26.9	5070
MQDK-15 FA	2451.2	49.03	29.5	5090
MQDK-20 FA	2443.2	46.02	29.5	5050
MQDK-25 FA	2454.2	47.86	29.8	5030
MQDK-30 FA	2434.6	39.37	30.2	4970

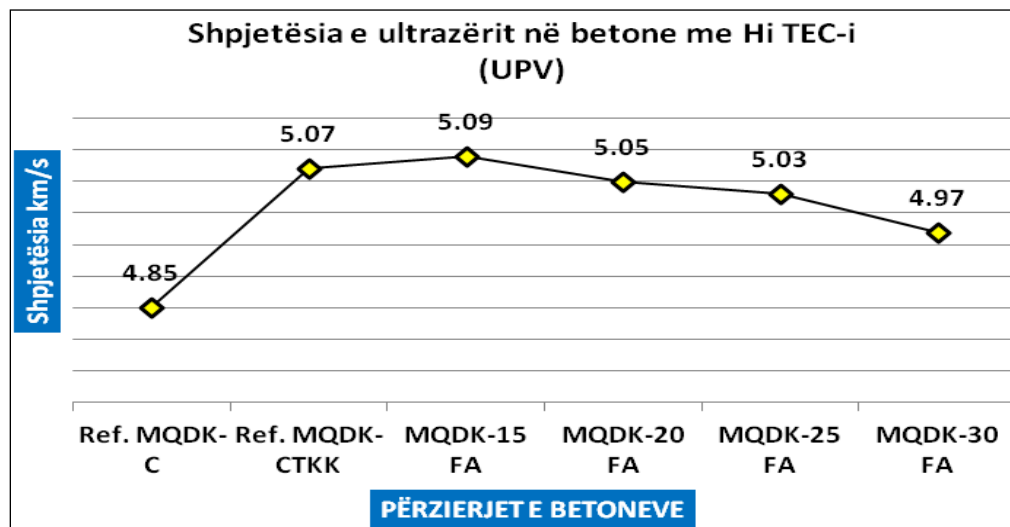


Figura 5.17. Vlerat e shpejtësisë të UZ në betone me sasi të ndryshme të hirit

Nga të dhënat në tabelë dhe Figurën 5.17 për shpejtësi të zërit në betone me sasi të hirit të TEC-it dhe betoneve të rëndomta, shihet se rangi i shpejtësisë është rreth 5000 m/s. me fjalë të tjera nuk vërehet ndonjë ndryshim sa i përket

shpejtësisë në mes të kampioneve me Hi TEC-i dhe referenteve pa hi. Në këtë aspekt, konstatohet se shtimi i hirit nuk ka ndikuar në shpejtësinë e zërit. Në fakt as që është parashikura ndryshe sepse të gjitha përzierjet e betoneve, si me hi TEC-i dhe ato pa hi kanë densitetin e njëjtë. Matja më qëllim është bërë ashtu që duke ditur shpejtësinë e UZ në beton të përcaktohet moduli dinamik i elasticitetit i betoneve me Hi TEC-i.

5.5.4 Moduli dinamik i elasticitetit dhe korrelacioni me modulin statik për beton me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it

Siç edhe u prezantua më lartë, me metodën e UPV, përmes aparaturës Tico Proseq, matet koha që sinjali i UZ kalon distancën nëpër beton. Kjo distancë në fakt është betoni(kampioni) i cili vendoset në mes të transmetuesit dhe pranuesit të UZ. Nga teoria e përhapjes së valëve mekanike të zërit dihet se në mjedise me densitet të ndryshëm dhe veti elastike të ndryshme do të ketë dallim edhe në shpejtësinë e UZ që kalon nëpër ato mjedise. Në këtë studim, kjo karakteristikë është përdorur për të matur ndikimin e shtimit të Hirit të TEC-it në shpejtësinë e UZ nëpër betone me përzierje të ndryshme. Kështu që, duke ditur tashmë shpejtësinë e zërit, do të përcaktojmë edhe modulin dinamik të elasticitetit të betonit.

Siç u paraqit në metodën e matjes së modulit statik të elasticitetit, kishte vështirësi në matjen e saktë të modulit për shkak se vet procedura e matjes ndikohet nga preciziteti i matjes dhe operimi i makinës, sipërfaqja e kampioneve ku për pasojë edhe mundësia e devijimit të matjes nga vlera reale është i mundur. Ajo metodë, gjithashtu në një mënyrë është metodë që mat modulin elastik të betonit duke u kufizuar vetëm në kushte laborator. Për dallim nga ajo, me metodën UPV mund të përcaktohet moduli dinamik (Ed) edhe në struktura ose dhe në kampione pa patur nevojë të dëmtohet kampioni apo struktura e betonit. Si metodë është pra jodestruktive, e shpejtë dhe jep të dhëna të rëndësishme për strukturën e brendshme të betonit siç janë uniformiteti, defekte në formë të plasaritjeve ose zbrazëtime të cilat nëse janë të pranishme sigurisht ndikojnë në qëndrueshmërinë dhe jetëgjatësinë e betonit përkatësisht strukturave prej betonit.

Derisa moduli statik definohet si raport i sforcim-deformimit nga lakorja e fituar në mënyrë eksperimentale nën veprimin e forcës gati-statike (deformime kuazielastike), moduli dinamik i elasticitetit paraqet raportin sforcim-deformim të materialit, në këtë rast të betonit në ndikim të forcave vibruese me frekuencë të caktuar siç është në këtë rast pulsi i valëve gjatësore të UZ. Për të llogaritur

modulin dinamik të elasticitetit (E_d) duke ditur shpejtësinë e UZ në beton përdoret ekuacioni (EN 12504-4, 2004):

$$E_d = \rho v^2 \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}$$

ku:

E_d - paraqet modulin dinamik të materialit (MN/m²),

ρ - densiteti i materialit (kg/m³),

v - shpejtësia e pulsit të UZ nëpër beton,

ν - koeficienti i Poissonit i cili paraqet raportin në mes të deformimit në drejtim të veprimit të ngarkesës dhe të atij që nuk ngarkohet, d.m.th raporti në mes të deformit lateral ndaj deformimit boshtor në drejtim të të cilit vepron ngarkesa (Callister, 2007). Sipas Eurocode 2, respektivisht EN 1992 -1-1, pika 3.1.3 (EN 1992-1-1: 2014), për koeficientin e Poissonit për beton të paplasaritur merret vlera 0.2. Kjo vlerë e koeficientit të Poissonit përcaktohet përmes testimit të ngarkesave statike për ngarkesë që është rreth 60% e asaj maksimale (Anson et al., 1996).

Bazuar në ekuacionin e mësipërm, duke ditur densitetin (ρ) e përzierjeve të betoneve të caktuara, vlerën e shpejtësisë (v) së UZ që përcaktohet me matje me metodën UPV, dhe duke marrë në llogaritje vlerën 0.2 të koeficientit të Poissonit (ν), është llogaritur vlera e modulit dinamik të elasticitetit (E_d) për të gjitha përzierjet e betoneve me Hi TEC-i dhe ato referente. Këto vlera për E_d janë paraqitur në Tabelën 5.19 dhe Figurën 5.18.

Tabela 5.19. Vlerat e llogaritura të modulit dinamik të elasticitetit me metodën UPV për betone me Hi TEC-i

ID e përzierjes	Densiteti (kg/m ³)	v (m/s)	Moduli dinamik E_d (GPa)
Ref. MQDK-C	2441.1	4850	51.68
Ref. MQDK-CTKK	2451.5	5070	56.71
MQDK-15 FA	2451.2	5090	57.16
MQDK-20 FA	2443.2	5050	56.08
MQDK-25 FA	2454.2	5030	55.88
MQDK-30 FA	2434.6	4970	54.12

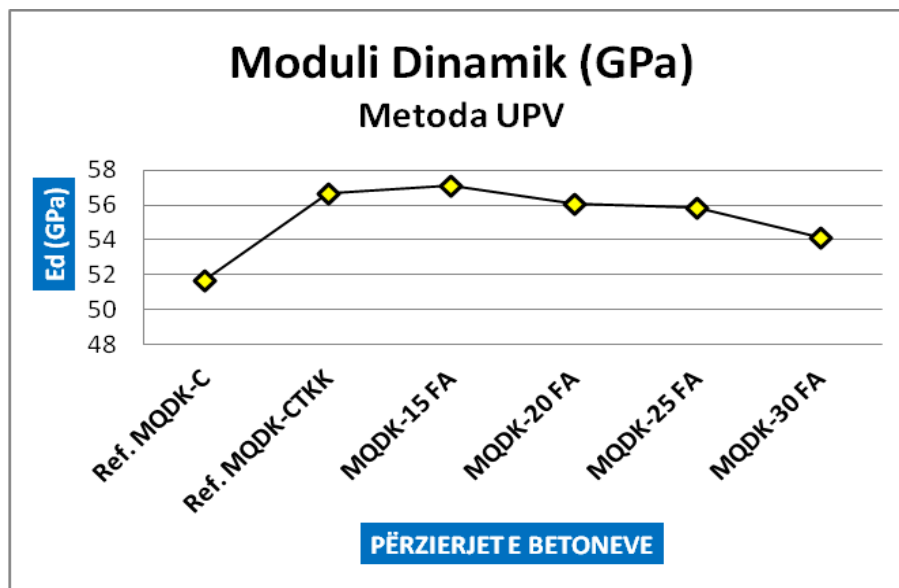


Figura 5.18. Varësia e modulit dinamik të betoneve nga sasia e Hirit të TEC-it

Sipas standardit BS 1881-203 (BS 1881-203, 1986), ekziston një lidhshmëri në mes të vlerës së shpejtësisë së UZ nëpër beton dhe modulit dinamik të elasticitetit (E_d). Sipas këtij standardi, që njëkohësisht është standardi bazë për standardin e ri europian (EN 12504-4, 2004), i cili ka zëvendësuar atë BS 1881-203, në bazë të të cilit edhe është kryer matja e shpejtësisë së UZ në beton, mund të llogaritet vlera e modulit E_d (GPa). Në Tabelën 5.20 paraqesim vetëm dy vlerat të parashikuara të E_d për dy vlera të shpejtësisë (konform EN 12504-4, 2004) sepse aq ka qenë edhe rangi i vlerave të shpejtësisë të UZ të matur në kampionet e betonit me Hi TEC-i dhe atyre referente. Kurse në Tabelën 5.21 janë paraqitur vlerat e modulit dinamik të llogaritura në bazë të ekuacionit që shpreh lidhjen në mes E_d dhe shpejtësisë (v) të UZ të krahasuara me vlerat e llogaritura sipas parashikimeve të standardit EN 12504-4.

Tabela 5.20. Vlerat standarde të parashikimit të modulit dinamik në bazë të shpejtësisë së UZ

Shpejtësia e UZ (m/s)	Parashikimi i vlerës së E_d (GPa) sipas EN 12504-4
4800	49
5000	58

Tabela 5.21. Vlerat e llogaritura të modulit dinamik (Ed) bazuar në metodën UPV dhe vlerat e parashikuara sipas EN 12504-4

ID e përzierjeve	Shpejtësia v (m/s)	Modulit dinamik (Ed) nga matjet (GPa)	Moduli dinamik (Ed) nga parashikimi sipas sipas EN 12504-4 (GPa)
Ref. MQDK-C	4850	51.68	49
Ref. MQDK-CTKK	5070	56.71	58
MQDK-15 FA	5090	57.16	58
MQDK-20 FA	5050	56.08	58
MQDK-25 FA	5030	55.88	58
MQDK-30 FA	4970	54.12	58

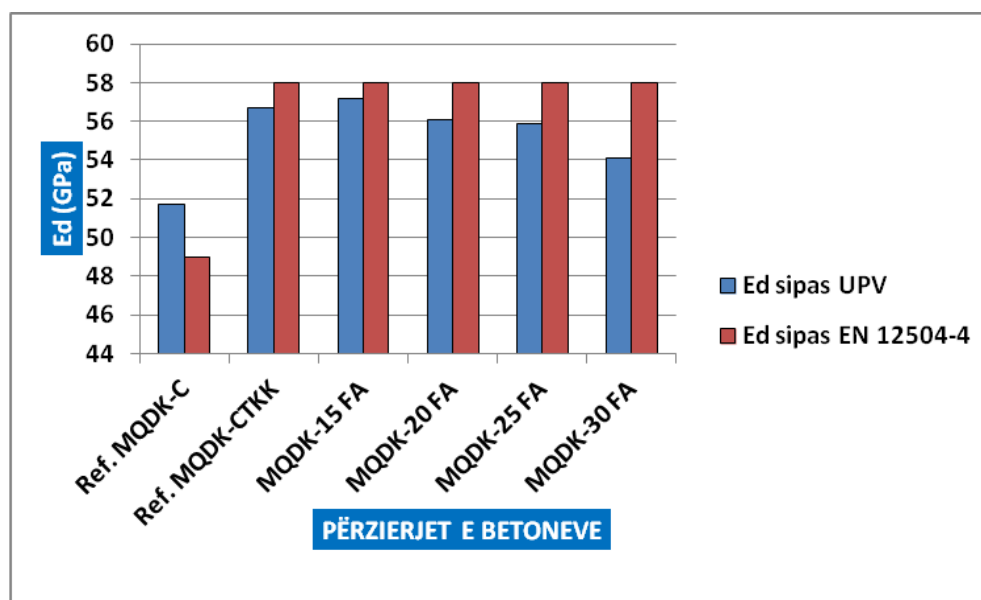


Figura 5.19. Vlerat e Ed sipas metodës UPV dhe parashikimit të EN 12540-4

Nga Tabela 5.21 dhe Figura 5.19 shihet se vlerat e parashikuara të standardit dhe ato të matura nuk kanë ndonjë dallim të madh; dallimi në mes të vlerave të fituara me matje dhe atyre të parashikuara nga standardi dallojnë në rangun prej 4-8 GPa, që në fakt nuk është dallim domethënës.

Në Tabelën 5.22 jepen në mënyrë krahasuese vlerat e modulit elastik statik (E_c) dhe modulit dinamik (E_d) për të njëjtat përzierje të betoneve. Gjithashtu paraqitet edhe dallimi i tyre në formë raporti, kur dihet se vlerat e modulit dinamik (E_d) janë më të larta se ato të modulit statik (E_c) (Figura 5.5.4.3). Ky dallim në module është të gjitha betonet por këtu dallimi në përqindje është shprehur për rastin e kampioneve me sasi të ndryshme të Hirit të TEC-it të shtuar si zëvendësues i çimentos.

Tabela 5.22. Krahasim në mes modulit elastik dhe dinamik të betoneve me Hi- TEC-i

ID e përzierjeve	Densiteti (kg/m ³)	Moduli statik (E_c) (GPa)	Moduli dinamik (E_d) (GPa)	E_c/E_d
Ref. MQDK-C	2441.1	30.0	51.68	0.58
Ref. MQDK-CTKK	2451.5	30.0	56.71	0.53
MQDK-15 FA	2451.2	31.5	57.16	0.55
MQDK-20 FA	2443.2	30.0	56.08	0.53
MQDK-25 FA	2454.2	32.2	55.88	0.58
MQDK-30 FA	2434.6	30.0	54.12	0.55

Nga vlerat tabelare të krahasimit të raportit të modulit elastik (E_c) ndaj modulit dinamik (E_d) shihet se gati për të gjitha kampionet, si të përzierjeve të betoneve referente (zakonshme) ashtu edhe ato me sasi të Hirit të TEC-it, raporti ka rangun prej 0.52 -0.58, d.m.th. mesatarisht të gjitha kampionet është një mesatare se E_d është përafërsisht dy herë më i lartë se moduli statik siç shprehet në ekuacion:

$$E_c=0.55 E_d$$

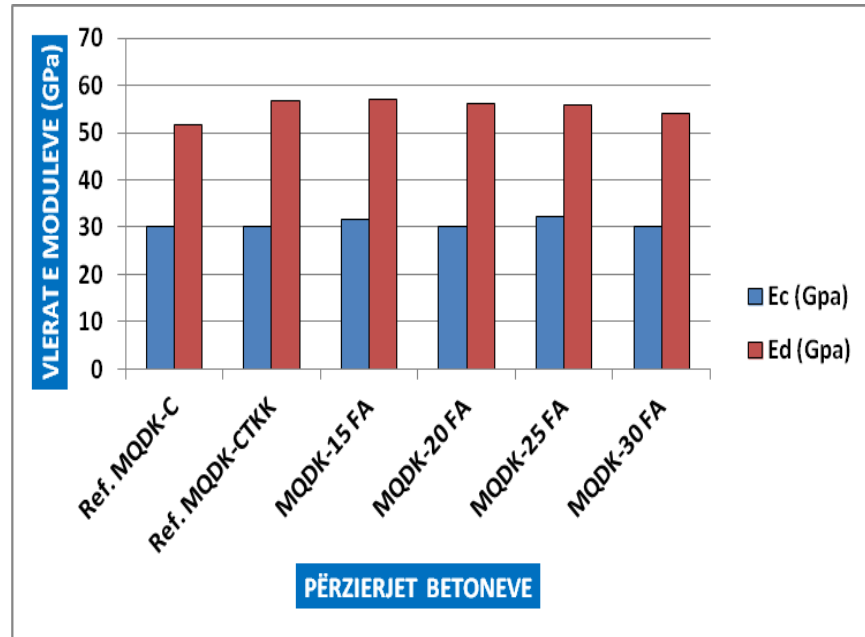


Figura 5.20.Raporti në mes modulit statik (Ec) dhe dinamik (Ed) të betonit me Hi TEC-i

Studiues të njohur të fushës së betonit, në bazë të vlerave eksperimentale kanë konstatuar marrëdhënie të ndryshme ose me pak dallime mes modulit statik (Ec) dhe dinamik (Ed). Mehta ka paraqitur se raporti në mes të modulit dinamik (Ed) dhe modulit i betonit është për 20, 30 dhe 40% më i lartë se moduli statik për betonet e klasës së lartë, mesme dhe të ulët të soliditetit (Mehta, 1986).

Sipas Lydon dhe Balenderan, raportuar nga Neville (Neville, 1997) dhe e standardizuar në Eurocode 2 (EN 1992-1-1, 2014), korrelacioni mes modulit elastik dhe atij dinamik jepet me shprehjen:

$$E_c = 0.83 E_d$$

Duke konsideruar se metoda e UPV është më e saktë në përcaktimin e modulit elastik të betonit, këtë metodë në bazë të relacioneve të mësipërme do ta përdorim për përcaktimin e modulit statik (Ec) të përzierjeve të betoneve me Hi TEC-i. Pra me metodën UPV, si një metodë indirekte por e besueshme për të fituar vlera përfaqësuese për modulin statik Ec, është llogaritur moduli statik i

përzierjeve të ndryshme të betoneve në bazë të raporteve të mësipërme dhe të paraqitura si në Tabelën 5.23.

Tabela 5.23. Moduli elastik statik (E_c) i betoneve me Hi TEC-i i llogaritur sipas raportit ndaj E_d

ID e përzierjes	Moduli dinamik E_d (GPa)	$E_c=0.55 E_d$ (GPa) (E_d nga ky studim)	$E_c=0.83 E_d$ (GPa) (Neville, 1997)	Dallimi i E_d mes dy relacioneve (GPa)
Ref. MQDK-C	51.68	28.42	42.89	14.47
Ref. MQDK-CTKK	56.71	31.19	47.07	15.88
MQDK-15 FA	57.16	31.44	47.44	16.00
MQDK-20 FA	56.08	30.84	46.55	15.70
MQDK-25 FA	55.88	30.73	46.38	15.65
MQDK-30 FA	54.12	29.77	44.92	15.15

Në tjetër korrelacion i rëndësishëm është ai në mes të modulit dinamik dhe soliditetit në shtypje për kampione kubike të dhënë nga Hansen përmes ekuacionit ([Hansen, 1986](#)):

$$E_d = 5.31 f_{c,cube}^{0.5} + 5.83$$

Të dhënat për modul dinamik të elasticitetit (E_d) të llogaritura sipas shprehjes së mësipërme për kampionet me përmbajtje të ndryshme të hirit të TEC-it dhe atyre referente janë paraqitur në Tabelën 5.24.

Tabela 5.24. Llogaritja e modulit dinamik në bazë të korrelacionit me solidetin në shtypje

ID e përzierjeve	$f_{c,cube}$ MPa	Ed (GPa)	$f_{c,cube}$ MPa	Ed (GPa)	$f_{c,cube}$ (Mpa)	Ed (GPa)
	2 (ditë)		7 (ditë)		28 (ditë)	
Ref. MQDK-C	14.95	26.36	24.35	32.03	34.38	36.96
Ref. MQDK-CTKK	26.95	33.40	37.6	38.39	47.43	42.40
MQDK-15 FA	25.05	32.41	36.15	37.76	49.03	43.01
MQDK-20 FA	21.43	30.41	31.7	35.73	46.02	41.85
MQDK-25 FA	19.21	29.10	32.45	36.08	47.86	42.57
MQDK-30 FA	13.94	25.66	23.96	31.82	39.37	39.15

Nga sa edhe shihet, përcaktimi i vlerës së saktë të modulit dinamik të elasticitetit të betonit në përgjithësi varet nga metoda testuese. Shihet se vlerat e Ed të matura me UPV metodën janë më të larta se vlerat e Ed të llogaritura nga ekuacionet empirike të cilat janë përfituar me metoda tjera të testimit, qoftë edhe përmes relacionit në mes të Ec dhe Ed, apo $f_{c,cube}$ dhe Ed.

I rëndësishëm është përfundimi, siç është edhe synimi kryesor i studimit, se shtimi i Hirit të TEC-it në beton nuk shkakton dallim në modulin dinamik elastik ndërmjet kampioneve me Hi TEC-i dhe atyre referente. Nga tabela e fundit (Tabela 5.24) shihet se me kalimin e kohës së kampioneve, krahas rritjes të soliditetit në shtypje ($f_{c,cube}$) ka edhe rritje të Ed. Nga analiza e të dhënave, po nga kjo tabelë, shihet se pasi me rritjen e sasisë së Hirit të TEC-it në përzierje ka një rënie të vogël të soliditetit në shtypje, atëherë edhe pritjet janë se me rritjen e sasisë së hirit në përzierje dhe të ketë edhe ndryshim, respektivisht rënie të papërfillshme të vlerave të modulit dinamik të elasticitetit (Ed) të mostrave me sasi më të lartë të Hirit të TEC-it në krahasim me kampionet e mostrave referente pa Hi TEC-i por me sasi të superplastifikuesit (MQDK-CTKK). Kurse krahasuar me me mostrat referente MQDK C që është pa hi TEC-i dhe pa superplastifikues, të gjitha përzierjet me Hi TEC-i kanë vlera më të larta të modulit dinamik (Ed) se kjo përzierje referente e betonit. Ky përfundim është i bazuar si në matje ashtu edhe në llogaritjet në bazë të ekuacioneve të adoptuara në standard.

5.5.5 Përcaktimi i thellësisë së depërtimit të ujit në shtypje në betonin me Hi TEC-i si një nga parametrat për parashikimin e jetëgjatësisë së betonit nga ndikimet jashtme

Projektimi i një tipi të betonit bëhet për t'u vendosur në mjedise të caktuara ku i nënshtrohet ndikimeve të jashtme qoftë atmosferike apo ndikimeve të materieve të ndryshme kimike. Kështu që në fazën e ngurtë të betonit është e rëndësishme të dihet edhe sasia/kapaciteti e absorbimit të ujit apo dhe likuidive tjera që sigurisht ndikojnë në dobësimin e strukturës së betonit pasi që nuk janë përbërës që do të duhej t'i takonin përmbajtjes së projektuar të betonit. Jetëgjatësia e betonit varet jashtëzakonisht nga mundësia/kapaciteti i lëngjeve, përfshirë ujin si një nga më të shpeshtit që betoni vjen në kontakt, të depërtojnë në strukturën e brendshme të betonit. Po t'i referohemi mikrostrukturës dhe shkakut se pse ndikojnë në jetëgjatësinë e betonit, arsyeja është se molekulat e lëngjeve dhe gazeve, në këtë rast të padëshirueshme, penetrojnë në mikrostrukturën e betonit. Duke u futur në brendi këto lëngje dhe gaze, përveç që reagojnë kimikisht me përbërësit e brumit të çimentos, arrijnë edhe të shkatërrojnë stabilitetin kimik të betonit apo edhe të materialeve metalike/shufrave përforcuese (Mehta et al., 2006). Permeabiliteti i betonit drejtpërdrejt varet nga prania dhe struktura e poreve, hapësirave kapilare në brumin e çimentos si dhe sipërfaqet kufitare të kontaktit agregat-brum i çimentos (Schutter et al., 2004).

Kryesisht kur bëhet një projekt betoni, është bërë pothuajse si klishe se veti më kryesore është vetëm të përballojë ngarkesa mekanike. Mirëpo, nga vëzhgimet në teren, së paku me më kompetencë për Shqipërinë dhe Kosovën, shihet se nuk mjafton vetëm klasa e lartë e soliditetit, por betoni si material më i përdorshëm duhet të ketë edhe qëndrueshmërinë për një kohë sa më të gjatë duke iu rezistuar faktorëve të ndryshëm përveç ngarkesave mekanike. Në këtë kontekst dihet se betoni ka rezistencë të madhe ndaj forcave në shtypje por jo edhe ndaj atyre në përkulje dhe tërheqje. Këto veti mekanike janë nga të parat që projektohen dhe maten dhe vlerat mund të jenë të kënaqshme. Për të karakterizuar aspektin cilësor të betonit, përveç atij mekanik, një tjetër faktor që duhet merret madje më seriozisht gjatë projektimit dhe prodhimit të betonit është sasia e ajrit të mbetur (të pakontrolluar) apo edhe ajrit qëllimisht të futur në përzjerjen e betonit. Sasia e ajrit dhe largimi i ujit, qoftë gjatë procesit të hidratimit apo largimit nga përzjerja si ujë i lirë, e bëjnë betonin poroz me zbrazëti brenda vëllimit të ngurtësuar. Në këtë gjendje betoni i ngurtësuar ka pore dhe çarje kapilare që nuk janë "pjesë" e mirë e strukturës së tërësishme. Këtë e përkeqëson edhe më shumë fakti se këto pore dhe hapësira kapilare mund të lidhen mes veti duke krijuar kanale me mundësinë e futjes nëpër to nga jashtë të ujit, materieve të lëngshme, gazeve, materieve kimike të cilat janë rrezik për dëmtimin e betonit. Këto materie dëmtojnë betonin dhe për pasojë zvogëlojnë

qëndrueshmërinë dhe shkurtojnë jetëgjatësinë e betonit edhe pse mund të jetë i klasës së lartë të soliditetit mekanik.

Kryesisht dëmtimi i strukturës së betoneve fillon të paraqitet në sipërfaqe ku edhe paraqiten plasaritjet për arsye të ndryshme: si pasojë e procesit të tkurrjes apo edhe sforcimeve nga tërheqja. Këto plasaritje do të vazhdojnë përhapjen më në thellësi duke u shndërruar në kanale nëpër të cilat mundësohet depërtimi i lëngjeve të dëmshme, ujit dhe gazeve. Nga këto materiale që depërtojnë betoni do të pësojë dëmtim. P.sh. uji i depërtuar në temperatura të ulëta do të ngrijë dhe shkakton zgjerime lokale që shoqërohen me plasaritje të betonit. Mandej mund të depërtojnë edhe materie kimike si kripëra, klorure që sigurisht dëmtojnë si betonin ashtu edhe shufrat metalike përforcuese. Një efekt të dëmshëm shkakton edhe futja e gazeve të cilat mund të jenë shkak i karbonatimit të armaturës që gjithashtu shoqërohet, si pasojë, me rritje të volumit të armaturës (oksidimi) dhe dëmtime lokale me mundësi të përhapjes nëpër pjesën tjetër të strukturës. Në fakt gjatë ardhjes në kontakt të CO₂ nga ajri me Ca(OH)₂ të brumit të çimentos formohet karbonati i kalciumit i cili do të ndikojë në zvogëlimin e alkalinitetit të betonit nga vlera 12.6 -13.5 deri në 9 (Neville, 2011). Kështu shtresa mbrojtëse okside e pranishme përreth armaturës dobësohet gjatë kontaktit me materiet me pH të zvogëluar dhe shfaqet mundësia e korrozionit të armaturës. Mirëpo ky reaksion i CO₂ dhe Ca(OH)₂ mund të zhvillohet vetëm në tretësira, d.m.th. vetëm në prani të lëngjeve. Kështu që nëse në beton kemi futjen e lëngjeve-ujit, atëherë krijohen kushte për këtë reaksion. Kjo e arsyeton faktin se testimi i penetrimit të ujit (nën shtypje) në betonin e ngurtësuar është po aq i rëndësishëm sa edhe testi i soliditetit në shtypje. Madje në betone në strukturura ku nuk duhet që betoni t'iu përballojë ngarkesave mekanike aq të larta por t'iu rezistojë kushteve agresive të mjedisit, metoda e testimit të penetrimit të ujit në betonë është nga më të rëndësishmet sepse drejtpërdrejt na mundëson të planifikojmë jetëgjatësinë e betonit nën kushtet e ekspozimeve të caktuara agresive (Neville, 2011). Kështu që, bazuar në këto fakte, njohja e permeabilitetit të betonit do të thotë edhe njohje dhe planifikim i jetëgjatësisë së tij.

Në shumë raste evitimi i hapësirave dhe kanaleve kapilare nëpër të cilat mund të depërtojnë likuidet, njëkohësisht përmirësimi i papërshkueshmërisë së betonit arrihet duke përdorur materiale shtesë përveç çimentos. Në këtë studim në beton si shtesë është përdorur hiri i TEC-it dhe qëllimi është të studiohet ndikimi i hirit të TEC-it në vetinë e përshkueshmërisë së betonit. Në fakt Hiri i TEC-it nuk është shtuar si shtesë e veçantë, por ka zëvendësuar në mënyrë të kontrolluar sasinë përkatëse të çimentos dhe është matur në mënyrë eksperimentale penetrimi i ujit nën shtypje hidrostatike në kampionet e përgatitur nga përzierjet e betoneve me sasi të ndryshme të hirit fluturues të TEC-it.

Për të përcaktuar këtë, në mënyrë eksperimentale është matur thellësia e depërtimit të ujit në kampionet e betoneve të përfituara me sasi të hirit të TEC-it. Metoda e standardizuar e përdorur për këtë testim është metoda për testimin e betoneve të ngurtësuara në lidhje me matjen e thellësisë së depërtimit të ujit nën shtypje, EN 12390-8 (EN 12390-8, 2009).

5.5.5.1 Procedura e testimit dhe rezultatet

Depërtimi i ujit nën shtypje në beton konsiderohet si një nga testimet shumë të besueshme për të parashikuar jetëgjatësinë dhe qëndrueshmërinë e betonit. Kështu që njohja e këtij parametri është shumë e rëndësishme për prodhimin e strukturave të betonit dhe si metodë e matjes është e standardizuar në shumë standarde ndërkombëtare dhe kombëtare. Në vendet e BE-së metoda për këtë testim është e përshkruar në standardin EN 12390 për testimin e betonit të ngurtësuar, pjesa 8:Thellësia e depërtimit të ujit nën presion (EN 12390-8, 2009). Po ashtu edhe Kosova ka adoptuar këtë standard si standard kombëtar SK EN 12390-8: Testimi i betonit të ngurtësuar-Pjesa 8: Thellësia e depërtimit të ujit nën presion, 2007. Për testimin e betonit lidhur me këtë veti, standardi parasheh testimin në mostra kubike. Këto janë përgatitur dhe ruajtur konform standardeve EN 12390-1(EN 12390-1, 2012) dhe EN 12390-2 (EN 12390-2, 2009). Kampionet kubike të mostrave nga përzierjet e betoneve me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it janë përgatitur dhe iu janë nënshtruar testimit konform këtyre metodave standarde. Përbërja granulometrike e agregatit, sasia e ujit dhe aditivit është e njëjtë në të gjithë kampionet, kurse dallon vetëm sasia e çimentos pasi që e njëjta është zëvendësuar me sasinë respektive të hirit të TEC-it. Në fakt ky është edhe qëllimi kryesor i testimit: matja dhe analizimi i thellësisë së depërtimit të ujit nën shtypje (5 bar) në betonin me hi TEC-i dhe të përcaktohet sasia maksimale e përshtatshme e shtimit të hirit pa ndikuar negativisht në papërshkueshmërinë e betonit nga uji dhe materialet tjera të lëngshme dhe gazta me efekte të dëmshme për betonin.

Pajisja e testimit në një masë është më e ndërlikuar. Përbëhet prej sistemit të rezervuarit me ujë i cili me anë të gypave bartet deri të qelizat ku vendosen kampionet kubike. Sistemi i ujit përbëhet prej kompresorit për krijimin e shypjes, ventilave, manometrit përmes të cilit lexojmë shtypjen konstante të ujit që do t'i nënshtohen kampionet e betoneve. Pjesë shtesë tjetër janë edhe markeri me ngjyrë të theksuar të qëndrueshme që është i nevojshëm për të shënuar thellësinë e depërtimit të ujit në beton dhe vizorja milimetrike-noniusi për matjen e thellësisë së depërtimit të ujit (në mm).

Së pari është mbushur me ujë rezervuari deri në 75% të kapacitetit gjë që shihet në sistemin e tubave prej qelqi. Mostrat, brenda kohës së caktuar (30 min.) pasi

të jenë larguar nga konteineri i ruajtjes, janë vendosur në qelitë të cilat në pjesën e poshtme e kanë gypin që sjell ujin. Kampionet kubike vendosen në atë mënyrë që mesi i kubit të jetë mbi gypin i cili është i rrethuar me një unazë prej gome e cila lokalizon penetrimin e ujit vetëm në një pjesë të kampionit. Paraprakisht faqja nga e cila vendoset të depërtojë uji, është gërvishur paksa me brushë metalike për të mundësuar kontrollimin e futjes së ujit respektivisht të bëhet përcaktimi i orientimit të penetrimit të ujit. Pasi të jenë vendosur mirë, janë shtrënguar kapaket e sipërm me vida duke shtypur mirë kampionin për unazën dhe gypin që sjell ujin. Rregullohet shtypja që të jetë 5 bar dhe regjistrohet koha e qëndrimit të kampioneve. Standardi EN 12390-8 parasheh që të qëndrojnë për (72 ± 2) h pa ndërprerë në shtypje prej 5 bar. Pas kalimit të kësaj kohe standarde, kampionet janë liruar dhe kontrolluar nësa ka patur ndonjë rrjedhje anësore që standardi nuk e lejon të merret si kampion përfaqësues. Në rastin e lirimit të kampioneve pas 72 orëve nga uji nën shtypje hidrostatike, nuk është vërejtur ndonjë devijim nga procedura standarde. Kjo do të thotë se kampionet tashmë qenë të gatshme për testim. Pasi fshihet uji i tepërt nga sipërfaqja e kampionit, është bërë çarja në drejtimin përpjendikular ndaj faqes nga e cila është futur uji në shtypje prej (500 ± 50) KPa (5 bar). Pajisja e testimit dhe matja e thellësisë është paraqitur në Figurën 5.21.



Figura 5.21. Testi i matjes së penetrimit të ujit në beton
a) kampioni në sistemin e ujit nën shtypje 5 bar; b) leximi i thellësisë së depërtimit të ujit

Në rastin e këtij studimi çarja është bërë me makinën ngjeshëse, pajisjen e njëjtë sikur se te rezistenca e e tërheqjes nga çarja. Duke vërejtur me kujdes vijën e lagësht të depërtimit të ujit, që njihet edhe si fronti i ujit, me marker me ngjyrë shënohet vija para se të thahet. Në këtë mënyrë me vizore me nonius është matur thellësia maksimale e depërtimit të ujit. Rezultatet e thellësisë mesatare të llogaritura për kampionet e mostrave të përzierjeve të veçanta të betonit me hi TEC-i janë paraqitur në Tabelën 5.25 dhe Figurën 5.5.5.1. 2.

Tabela 5.25. Thellësia e depërtimit të ujit në betonet me Hi TEC-i

ID e Përzierjeve	Soliditeti në shtypje 28 ditë		Thellësia e depërtimit (mm)
	fc,cyl (MPa)	fc,cube (MPa)	
RMQDK-C	30.70	34.38	21
RMQDK-CTKK	41.27	47.43	19
MQDK-15FA	43.30	49.03	23
MQDK-20FA	38.53	46.02	49
MQDK-25FA	41.46	47.86	34
MQK30-FA	35.60	39.37	39

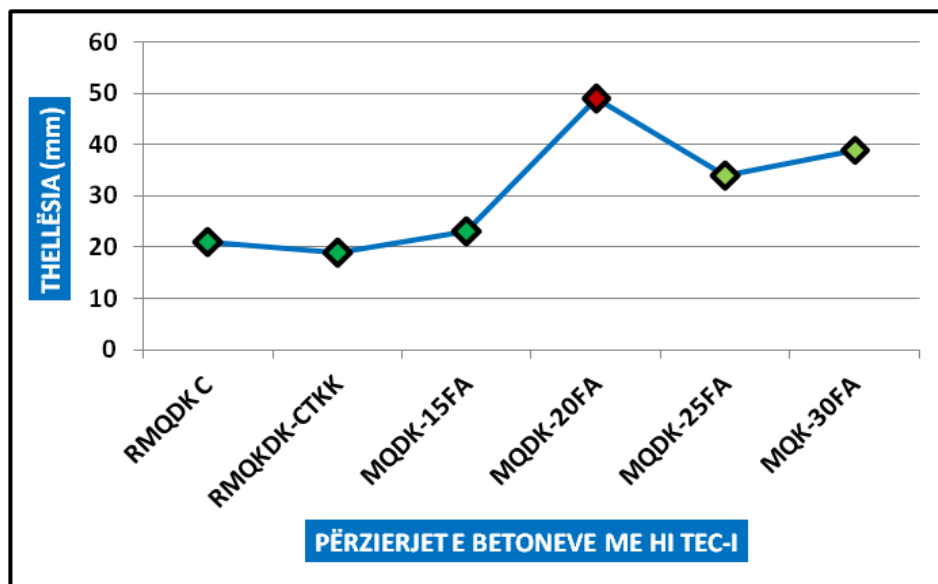


Figura 5.22. Varësia e thellësisë së depërtimit të ujit nga sasia e hirit të TEC-it

Nga vlerësimet e matjeve të paraqitura në Tabelën 5.25 shihet një rritje e thellësisë së depërtimit të ujit në mostrat me sasi më të lartë të hirit të TEC-it. Kjo, paksa është shmangie nga ajo që pritet duke ditur se shtimi i hirit të TEC-it shton pjesëmarrjen e grimcave të imëta. Por, në rastin e këtij studimi, hiri i TEC-it është shtuar në llogari të sasisë së çimentos, jo si shtesë mineralogjike duke mbajtur sasinë e çimentos të pandryshuar. Sigurisht po të shtohet hiri në përzierje të betonit, me po të njëjtën granulometri dhe sasi të njëjtë të çimentos siç është te referentet MQDK-C dhe MQDK-CTKK, do të ndikonte në zvogëlimin e ujëlëshueshmërisë së betonit. Nga rezultatet e matjeve është vërejtur se te përzierja MQDK-20FA me 20% çimento të zëvendësuar me Hi TEC-i, është regjistruar thellësia më e lartë depërtimit të ujit-49 mm. Te përzierjet tjera: MQDK-15FA, MQDK-25FA dhe ajo me sasinë më të lartë të Hirit, d.m.th. MQDK-30FA është regjistruar thellësia mesatare e depërtimit: 23, 34 dhe 39 mm.

Pasi që në parim betoni projektohet për të bartur ngarkesa dhe për izolim, atëherë mbi këtë bazë do të duhej që të mos lëshonte fare ujin. Deri sa nuk është material "përfekt", atëherë konstatimi është se sa më e vogël të jetë thellësia e depërtimit, aq më i qëndrueshëm do të jetë betoni, respektivisht struktura e betonit. Në këtë mënyrë edhe kufizohet sasia e hirit të TEC-it në beton, apo betone në tërësi kur janë në fjalë betonet për bazamente, bazene, tunele etj. Rekomandimi i këtyre matjeve eksperimentale në këtë studim është se nëse synohet të përdoret sasi e hirit më e madhe se 30% për peshë të çimentos, atëherë, përveç vetive tjera mekaniko-fizike që duhet testuar si zakonisht, duhet të kihet shumë parasysh edhe përmeabiliteti i betonit nga uji. Pasi që konstatohet se shtimi i Hirit të TEC-t, me këtë sasi çimentoje, rrit edhe ujëlëshueshmërinë kjo kufizon përdorimin e betoneve me sasi të lartë të hirit në strukturat ujëmbajtëse si dhe strukturave prej betoni që iu ekspozohen mjedisve agresive.

Për të arsyetuar pozitivisht aspektin cilësor të betoneve me hi TEC-i, nga studimet e bëra për permeabilitin e betonit ndaj ujit nën shtypje, sipas (Bonzel J, 1966) të transmetuar nga (Neville, 2011), betoni konsiderohet "i papërshkueshëm" nëse thellësia e depërtimit të ujit është më e vogël se 50 mm. Kurse klasifikohet si " i papërshkueshëm nën kushte agresive" nëse thellësia e depërtimit të ujit është më e vogël se 30 mm. Atëherë, mbi bazën e këtij vlerësimi krahasues, të bërë nga Neville si një njohësit më të mirë botëror të betonit, betonet e përzierjeve: MQDK-20FA, MQDK-25FA dhe MQDK-30FA iu takojnë betoneve të klasifikimit të papërshkueshme. Betonet e përzierjeve MQDK-15FA dhe ato referente klasifikohen betone të papërshkueshme edhe nën ndikimin e kushteve agresive. Këto krahasime të vlerave të matura në studim me ato standarde janë mjaftë inkurajuese për përdorimin e hirit të TEC-it.

KAPITULLI 6

6 VETITË RADIOAKTIVE TË BETONEVE TË ZAKONSHME DHE ATYRE ME HI-TEC-I

6.1 Karakterizimi i Përqëndrimit të Radionukleideve Natyrore në Beton dhe Ndikimi i Shtimit të Hirit të TEC-it në Përqendrimin e Rrezatimit radioaktiv

Burimi kryesor i mineraleve dhe lëndës së parë për gjitha materialet ndërtimore është korja e tokës. Në korën e tokës gjenden sasi ndryshme të elementeve radioaktive të cilat për shkak të kohës së gjatë të zbërthimit radioaktiv ende janë aktive në aspektin radioaktiv dhe ende vazhdojnë të rrezatojnë. Ky rrezatim radioaktiv është rrezatim jonizues dhe ka ndikim në organizmat. Pasi që betoni paraqet një produkt ndërtimor nga më të përdorshmit, atëherë studimi i rrezatimit radioaktiv që buron nga elemente radioaktive në beton, respektivisht përbërësit e tij është i rëndësishëm për aspektin shëndetësor të njeriut qoftë në objekte të banimit qoftë në vende pune ose tjera ku kalon një kohë të caktuar.

Sa i përket aspektit të sigurisë, mbrojtjes nga radioaktiviteti, më e rëndësishme është njohja e përqendrimin të elementeve radioaktive të serive të uranit ^{238}U dhe thoriumit ^{232}Th . Pra, materialet ndërtimore, në këtë rast betoni me përbërës me origjinë nga shkëmbinjtë tokësorë, përmbajnë radionukleide të uranit (^{238}U) dhe thoriumit ^{232}Th . Një tjetër burim i radioaktivitetit natyror me origjinë nga toka është edhe izotopi i kaliumit ^{40}K që ka një kohë të gjysmëzbërthimit 1.25 miliard vite. Koha e gjysmëzbërthimit të ^{238}U është 4.5 miliardë vite; e ^{232}Th është 14 miliardë vite. Këto kohë tregojnë se ende këto radionuklide janë të pranishme me aktivitet radioaktiv në materialet tokësore. Në aspektin e rëndësisë radiologjike, në serinë e zbërthimit të ^{238}U , më i rëndësishëm është segmenti i zbërthimit radioaktiv që fillon me radiumin ^{226}Ra , kështu që si referencë për këtë seri zbërthimi në vend të ^{238}U do të merret ^{226}Ra (EC RPP 112, 1999). Bazuar në raportin e Komisionit Europian, Radiation Protection 112 (1999) përqendrimet respektive mesatare të ^{226}Ra , ^{232}Th dhe ^{40}K janë 40, 40 dhe 400 Bq kg⁻¹ (EC RPP 112, 1999).

Në shumicën e rasteve, ky përqendrim i radionukleideve në këto materiale natyrore rritet kur materiali i tillë i nënshtrohet një procesi teknologjik- industrial. Për pasojë, është konstatuar se në shumicën e rasteve do të rritet edhe përqendrimi i aktivitetit radioaktiv të materialeve duke rritur edhe shkallën e ekspozimit të njeriut ndaj rrezatimit radioaktiv nga këto materiale. Pra, njerëzit përgjithësisht dhe punëtorët veçanërisht janë në ekspozim direkt ndaj këtij rrezatimi qoftë në industri gjatë orarit të punës qoftë në banesa të ndërtuara nga këto materiale ku njeriu kalon një pjesë të madhe të qëndrimit ditë-jetësor .

Termi i cili përgjithësisht përshkruan praninë e elementeve radioaktive në materialet natyrore, si dhe rritjen e potencialit të rrezatimit të këtyre materialeve

si pasojë e aktivitetit njerëzor është akronimi NORM (ang. Naturally Occuring Radioactive Materials). Kështu, për të pasur një kriter të caktuar për t'u mbrojtur nga ky burim i radiaktivitetit që vjen nga materialet ndërtimore, ose materialet në përgjithësi që modifikohen nga veprimtaria njerëzore, përdoret termi NORM. Duke patur si material studimi hiri e termocentraleve nga lënda djegëse linjiti, që në fakt hiri është në një mënyrë material i modifikuar-produkt përmes procesit të djegies, atëherë në këtë studim është analizuar dhe studiuar koncentrimi dhe dozat e rrezatimit të betonit i cili është i prodhuar me sasi të ndryshme të hirit të TEC-ve të Kosovës. Gjithashtu, ky studim mund të konsiderohet edhe si karakterizimi i parë i vetive radioaktive të betonit në Kosovë me agregate dhe çimento vendore nga Kosova. Për qëllime të matjes së koncentrimin të elementeve radioaktive natyrore në beton, veçanërisht studimin e ndikimit të shtimit të hirit të TEC-it në beton, ndikimin në përqendrimin e aktivitetit të elementeve radioaktive natyrore, janë përgatitur katër përzierje të betonit me sasi të ndryshme të hirit si zëvendësues i çimentos Portland CEM I në sasi 15, 20, 25 dhe 30%. Dy përzierje tjera-referente janë përgatitur vetëm me çimento dhe atyre gjithashtu iu është matur përqendrimi i aktivitetit radioaktiv dhe këto janë përdorur si referenca nga edhe është krahasuar koncentrimi i aktivitetit dhe dozat e rrezatimit të përzierjeve për betonet me hi TEC-i. Testimi i aktivitetit të përqendrimit është bërë në mostra të betonit të ngurtësuar me **Hyper Pure Germanium Gamma-ray Spectrometry (HPGe)**. Paraprakisht theksohet se pas procesit të matjes, përqendrimet e aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th dolën të ishin të ulëta në të gjithë kampionet me ose pa hi TEC-i, që është një rezultat inkurajues si për përdorimin e Hirit të TEC-it si material ndërtimor në beton, qoftë të betonit të sigurt pa rrezatim të dëmshëm radioaktiv. Krahas përqendrimit të aktivitetit të bërthamave radioaktive, janë matur edhe dozat specifike dhe vjetore të absorbimit, indeksi i përqendrimit të aktivitetit i të gjithë kampioneve me hi TEC-i si dhe betoneve të rëndomta vetëm me çimento portland.

Deri më tani (kapitujt paraprak) është analizuar hiri i TEC-it në aspektin kimik dhe është analizuar pajtueshmëria/konformiteti me standardin europian EN 450-1. Pastaj testet janë kryer duke analizuar vetitë e betonit të njomë dhe betonit të ngurtësuar me përmbajtje të caktuar të hirit të TEC-it. Qëllimi thelbësor i studimit ka qenë arsyeshmëria e përdorimit të hirit si material ndërtimor, qoftë si shtesë qoftë si zëvendësues direkt i çimentos. Janë analizuar vetitë e caktuara të përzierjeve të betoneve me hi dhe krahasimet janë bërë ndaj përzierjeve, respektivisht kampioneve referente. Një aspekt shumë i rëndësishëm për të siguruar në mënyrë shkencore se hiri i TEC-it, respektivisht betoni i prodhuar qoftë me hi ose pa hi TEC-i, në aspektin e sigurisë shëndetësore nuk paraqet ndonjë rrezik radioaktiv si pasojë e përmbajtjes së radionukleideve, është testimi i përqendrimit të aktivitetit të radionukleideve në beton.

Pasi që hiri i TEC-it është bashkëprodukt i djegies së thëngjillit/linjtit, studimin duhet filluar nga karakterizimi i përqendrimit të radionukleideve në linjit. Sa i përket aspektit të radioaktivitetit, përgjithësisht thëngjilli përmban bërthama radioaktive të Uraniumit dhe Thoriumit, si dhe Kaliumit ^{40}K si produkt i zbërthimit të tyre. Niveli i radionukleideve në thëngjill është pothuajse i njëjti si në shkëmbinjtë tjerë tokësorë (WNA, 2015). Analiza, respektivisht karakterizimi i përqendrimit të aktivitetit në linjtin e Kosovës, përmes spektrometrisë me rrezeze gama tregoi një përqendrim mesatar të aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th prej 36 ± 8 , 9 ± 1 dhe 9 ± 3 Bq kg^{-1} , në mënyrë respektive (Hasani et al., 2014).

Gjatë procesit të djegies së linjtit në formë pluhuri, pasi që linjiti thërmohet deri në pluhur, d.m.th. madhësia e kokërrzave zvogëlohet, është vërejtur se përqendrimi i aktivitetit të radionukleideve në hirin e TEC-it është më e lartë se sa në linjtin para djegies (Xhixha et al., 2013). Nga matjet e kryera me gama spektrometri, përqendrimi i aktiveit të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th ishte 133 ± 16 Bq kg^{-1} , 30 ± 3 Bq kg^{-1} dhe 30 ± 3 Bq kg^{-1} (Hasani et al., 2014).

Këtu, në këtë studim përmes matjes së përqendrimit të radioaktivitetit, përveç vetive tjera fizike, mekanike të betonit, objektiv është studimi i vetive radiologjike të betonit të përfutur me sasi të hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos, si dhe përgjithësisht i betonit të prodhuar me agregat të thyer, nga guri gëlqeror, në rajonin e Prizrenit dhe çimento nga fabrika Sharrcem, të gjitha nga Kosova.

Pasi që pothuajse shumica e vetive të studiura sa i përket hirit të TEC-it, apo edhe betonit me Hi TEC-I janë në favor të përdorimit të hirit deri në masën 30 % të zëvendësimit të çimentos, me anë të këtij studimi është vërtetuar se edhe në aspektin radioaktiv hiri i TEC-it nuk shkakton ndonjë rrezatim jonizues shtesë në mjedis ku gjenerohet apo dhe në beton ku përdoret si material ndërtimor, përkatësisht si përbërës i betonit.

6.2 Materiali, përgatitja e kampioneve dhe metoda e testimit

Në Kosovë konsumi i energjisë elektrike po rritet dhe me këtë edhe konsumi i linjtit si lëndë djegëse në procesin e gjenerimit të energjisë elektrike. Si bashkëprodukt i djegies së linjtit prodhohen rreth 1 milionë tonë e hi (Qafleshi et al., 2014). Sa i përket ndotjes mjedisore, ky hi konsiderohet si mbetje. Në aspektin e përbërjes kimiko-mineralogjike, nga analiza kimike-mineralogjike, siç është paraqitur në Kapitullin 3, shihet se ka përbërje të njëjtë sikurse çimentoja (EN 197-1, 2011). Dallimi mes hirit dhe çimentos është vetëm në përqindjen e përbërësve. Në këtë studim, siç është paraqitur në pjesën për hirin dhe vetitë të Kapitullit 3, mostrat e hirit kanë qenë nga TEC-i Kosova B dhe përmes analizës XRF dallimi në

përbërje (dallimi nga çimentoja) është vetëm në përqindjen e përbërësve. Me anë të spektrometrisë XRF siç është paraqitur në Tabelën 3.1 dhe Figurën 3.1, përqindja e përbërësve kryesorë është: silika 29.7%, alumina 10.65%, oksid hekuri 6.18%, oksid kalciumi 32.92%, oksidi magnezit 5.93%, sulfur 9.98 %. Nga përbërja e paraqitur përmes analizës XRF, kuptohet se hiri manifeston edhe veti pucolanike edhe veti çimentuese që domethënë se në prani të ujit i nënshtrohet procesit të hidratimit duke krijuar masën lidhëse/pastën njëjtë sikurse çimentoja, pra krijohet produkti i njëjtë i hidratimit CSH-hidrosilikati i kalciumit ([Antiohos et al., 2006](#)).

Siç është paraqitur në pjesët e veçanta për testimin e vetive të caktuara të betonit të njomë dhe ngurtë me sasi të hirit të TEC-it, udhëzimet dhe rekomandimet për përdorimin e hiri të TEC-it në beton janë ato të përshkuara dhe në konformitet me ([ASTM C311, 2007](#); [ASTM C618 12a, 2012](#)) dhe standardi european për Hirin e TEC-it, EN 450-1:2012 ([EN 450-1, 2012](#)), standardi european për betont EN 206-1 ([EN 206-1, 2013](#)).

Radioaktiviteti natyror nga hiri i gjeneruar nga njësitë e termocentraleve të KEK-ut është analizuar më parë dhe të dhënat nga ato studime tregojnë se përqendrimi i radionukleideve është më i lartë se sa në linjit ([Adrović et al., 1997](#); [Hasani et al., 2014](#)). Në këtë rast, përqendrimet e radionukleideve do të synohen të maten në betonin e prodhuar me sasi së të caktuar të hirit, çimento CEM I dhe agregat nga guri i thyer gëlqeror. Esenca primare është studimi i vetive radioaktive të betonit me përmbajtje të hirit, por edhe e betonit të rëndomtë me këtë përmbajtje të aggregateve që përdoret në masën më të madhe nga industria e ndërtimit në Kosovë. Për të testuar këtë veti (rrezatimin radioaktiv të Hirit) që është mjaftë spekulative sa i përket shtimit të hirit të TEC-it në beton, d.m.th. rrezikut radioaktiv të shtimit të hirit në beton, janë përgatitur gjashtë përzierje të betonit. Katër përzierje me ID MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA janë përgatitur me Hi TEC-i si zëvendësues i çimentos në përqindjet respektive prej 15, 20, 20 dhe 30%. Dy përzierje tjera, MQDK C dhe MQDK CTKK janë pa Hi TEC-I; e para vetëm me çimento, kurse e dyta në përbërje ka edhe sasi të superplafikuesit. Të dy këto janë përzierjet referente dhe krahasimet sa përket ndikimit të shtimit të hirit të TEC-it në përqendrimin (ritjen e mundshme të përqëndrimit) e radionukleideve janë bërë mbi këtë bazë. Në të gjitha përzierjet është përdorur çimento portland CEM I e prodhuesit kosovar Sharrcem, Titan Group Company, Kosovë. Agregatet janë të prodhuesit vendor "Vëllezërit e Bashkuar", Shpk, dhe në të gjitha përzierjet sasia dhe granulometria e agregatit kanë qenë të njëjta ([SK EN 12620, 2006](#)). Superplastifikuesi i përdorur ka qenë i prodhuesit sloven me emrin tregtar TKK Cementol Hiperplast 182, dhe në të gjitha përzierjet me hi TEC-i si dhe te përzierja referente MQDK CTKK ka qenë në sasi të njëjtë për njësinë e vëllimit të betonit ([EN 934-2, 2009](#)). Uji i përzierjes së

betonit është përdor uji i pijshëm që sipas standardit EN 1008 (EN 1008, 2002) lejohet të përdoret për prodhimin e betonit. Marka e betonit të projektuar, respektivisht klasa e projektuar e soliditetit në shtypje është C25/30 si një nga klasët më të rëndomta dhe më së shumti të përdorura në industrinë e betonit. Disenjimi i sasive të agregateve, çimentos, hirit të TEC-it, ujit dhe superplastifikuesit janë llogaritur në njësi vëllimore për 1m³. Pasi që është bërë projektimi dhe përzierja adekuate e përbërësve, janë mbushur kallëpët e formës cilindrike me përmasa 150 mm në diametër dhe 300 mm lartësi. Pas procesit të ngjeshjes me tavolinë vibruese, iu është matur masa e kampioneve me qëllim të përcaktimit të densitetit të betonit të njomë. Pas matjes së masave dhe pjesëtimit për vëllimin e kampioneve cilindrikë, densiteti i betoneve të përzierjeve MQDKC, MQDKCTKK, MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA, dhe MQDK30%FA ishte: 2351 kg m³, 2435 kg m³, 2390 kg m³, 2397 kg m³, 2414 kg m³ dhe 2384 kg m³, në mënyrë respektive. Nga këto të dhëna shihet se densiteti mesatar i të gjitha përzierjeve është rreth 2395 kg m⁻³, që d.m.th. se sipas EN 206-1 përzierjet e betonit i takojnë betoneve me peshë normale. Në Tabelën 6.1 janë paraqitur sasitë e përbërësve të veçantë të betonit sipas projektimit në një metër kub.

Tabela 6.1. Përbërja, ID e mostrave të përzierjeve të betonit

ID e Përzierjes së betonit	Përbërja e përzierjeve				
	Agregat (Kg m ⁻³)	Çimento (Kg m ⁻³)	Hi fluturues (TEC-i) (Kg m ⁻³)	Ujë (Kg m ⁻³)	Aditiv (Kg m ⁻³)
MQDKC	1888	300	0	210	0
MQDKCTKK	1888	300	0	190	0
MQDK15%FA	1888	255	45	190	1.2
MQDK20%FA	1888	240	60	190	1.2
MQDK25%FA	1888	225	75	190	1.2
MQDKC30%FA	1888	210	90	190	1.2

Pas 24 orëve të ruajtjes së kallëpeve të betoneve në kushte laboratorike në temperaturë konstante, është bërë lirimi i kallëpeve të betonit, janë shënuar dhe identifikuar kampionet sipas ID të projektuar (Tabela 6.2.1), dhe mandej ka pasuar faza e trajtimit të lagësht duke i futur në konteiner me ujë me

temperaturë konstante prej (20 ± 2) °C me rregullim automatik. Këtu kanë qëndruar kampionet për 28 ditë, që është mosha që konsiderohet se mbi 80% e materialit lidhës, çimentos ose çimento + Hi TEC-i, hidraton dhe betoni i ngurtësuar ka arritur soliditetin e projektuar. Kështu pas 28 ditëve kemi kampionet e betonit të ngurtë të soliditetit të caktuar dhe përfaqësuese adekuate për të vazhduar me matjen e radioaktivitetit natyror me spektrometri me rreze gama. Nga këta kampione të betonit në formë të ngurtësuar, janë marrë pjesë duke i prerë kampionet në formë disku dhe janë thyer përsëri përmes procesit të bluarjes deri në madhësinë 2 mm. Tashmë është fjala për beton në formë grimcave me madhësi maksimale 2 mm dhe në formë mjaftë homogjene. Kampionet janë mbajtur për 24 orë në furrë me temperaturë konstante 110°C dhe përmes kësaj sigurohet se në kampion nuk ka mbejtte uji i cili tashmë është larguar nga betoni pluhur përmes avullimit. Betonet pluhur janë vendosur në konteinerë cilindrikë prej PVC me vëllim prej 180 cm³ dhe janë mbyllur në mënyrë hermetike. Pasi iu është matuar masa, kampionet kanë qenë të gatshëm për t'iu nënshtruar procesit të matjes së emetimit radioaktiv me anë të sistemit të spektrometrisë me rreze gama me rezolucion të lartë (HPGe).

6.3 Matjet me spektrometrinë me rreze gama me rezolucion të lartë (HPGe). Aparatura

Përmbajtja e radionukleideve natyrore në kampionet e betonit të përfituara me sasi të hirit të TEC-it, që pastaj do të krahasohen me kampionet e përzierjeve të betonit pa hi TEC-i për të konstatuar ndikimin e mundshëm cilësor dhe sasior të shtimit të hirit në beton, maten me sistemin e matjes tërësisht automatik me spektrometri me rreze gama të quajtur MCA_Rad sistem. Sistemi MCA_Rad përmban dy HPGe detektorë (gjysmëpërcjellës të tip-**p**) koaksial me efikasitet relativ 60%. Këta shërbejnë për detektimin e rrezeve gama, d.m.th janë gama detektorë. Rezolucioni energjetik i detektorëve HPGe është rreth 1.9 keV në 1332.5 keV (⁶⁰Co). Dy detektorë janë të vendosur përballë njëri-tjetrit në distancë 5 cm. Për të mbrojtur detektorët nga rrezatimi gama i sfondit (mjedisit), bëhet mbështjellja nga jashtë me shtresë plumbi me trashësi 10 cm, dhe shtresë tjetër ë brendshme mbrotjëse–bakër me trashësi 10 cm (Figura 6.1).

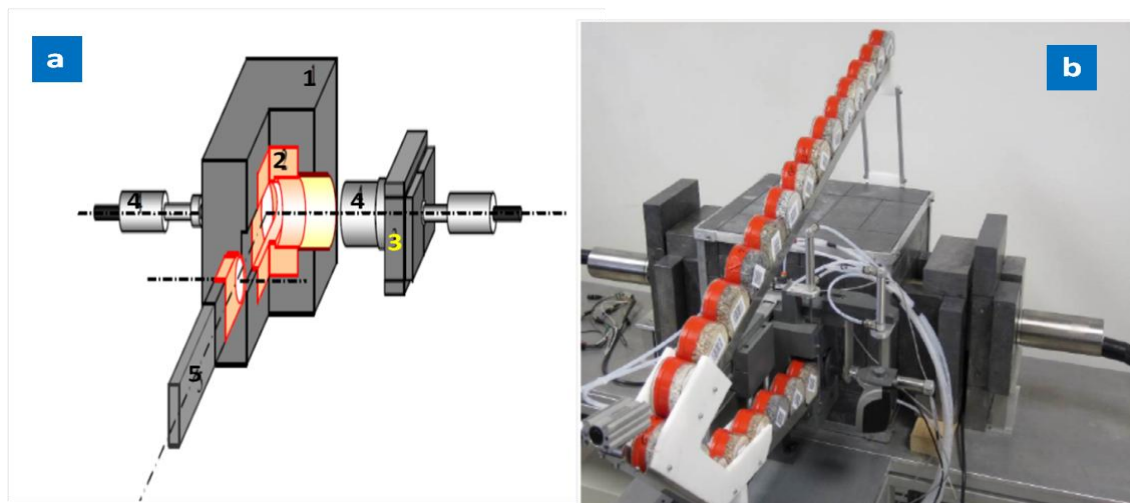


Figura 6.1 Sistemi MCA_Rad

(a) paraqitja skematike e sistemit MCA_Rad

- 1) konstruksioni kryesor mbrojtës- shtresë plumbi (20 cm x 25 cm x 20 cm)
- 2) Mbështjellësi mbrojtës i brëndshëm-bakër (10 cm x 15 cm x 10 cm).
- 3) Mbështjellësi i pasëm mbrojtës-plumb
- 4) HPGeDetektorët gjusëmpërcjellës
- 5) Ndërruesi mekanik i kampioneve.

(b) dukja e sistemit

Burimi: (Xhixha et al., 2013a)

Konteinerat cilindrikë prej polikarbonati që në brendi kanë materialin pluhur të betonit shënjohen-identifikohen me barkode dhe vendosen në shiritin transportues rrëshqitës i cili lëviz nën veprimin e forcës së gravitetit. Duke lëvizur, shiriti i dërgon kampionet në dhomën e brendshme, respektivisht i vendos ndërmjet dy detektorëve HPGe, përmes një leve automatike, aty edhe ku bëhet matja e aktivitetit radioaktiv respektivisht regjistrimi i rrezatimit gama nga kampionet e betonit. I tërë procesi, vendosja e kampioneve, matja dhe regjistrimi i të dhënave të matjeve bëhet në mënyrë automatike dhe kontrolli bëhet përmes PC me softverin adekuat për regjistrimin dhe analizimin e spektrave. Saktësia e duhur e kalibrimit të energjisë për efikasitetin absolut të foto-pikut është bërë duke përdorur burime standarde të certifikuar: ^{152}Eu dhe ^{56}Co . Kalibrimi i efikasitetit të sistemit MCA_Rad është brenda intervalit të besueshmërisë prej 95%.

6.4 Përqendrimi i aktivitetit të radionukleideve

Rezultatet matjes së përqendrimit të aktivitetit të radionukleideve natyrore në kampionet e betonit është paraqitur në Tabelën 6.2. Përqendrimi i aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th të mostrave me çimento MQDK-C ishte 22.5 ± 2.33 , 4.5 ± 0.57 , 3.3 ± 0.60 Bq kg⁻¹, në mënyrë respektive, dhe nga kampionet me çimento dhe superplastifikues MQDK-CTKK qenë: 16.8 ± 2.00 , 4.6 ± 0.55 , 3.1 ± 0.57 Bq kg⁻¹. Pasi që fokusi kryesor i kësaj matje në këtë studim është karakterizimi i përqendrimit të aktivitetit të radionukleideve natyrore të betonit të përfituar me sasi të caktuar të hirit të TEC-it, këto dy kampione të betonit të rëndomtë MQDKC dhe MQDK CTKK janë identifikuar si kampione referente dhe krahasimi i vlerave është bërë mbi këtë bazë. Përqendrimi i aktivitetit, me të dhëna brenda intervalit $\pm 1\sigma$ tregoi se nuk kishte ndonjë dallim ndërmjet dy përzierjeve referente të betonit, d.m.th se shtimi i superplastifikuesit në përzierjen e dytë të betonit (MQDK CTKK) nuk ka shkaktuar ndonjë shtesë në përqendrimin e ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th . Pastaj është matur përqendrimi i aktivitetit të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th në përzierjet e betoneve me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos: MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA. Në përzierjen ku 15% e çimentos është zëvendësuar me Hi TEC-i, kampionet MQDK15%FA, përqendrimi i ^{40}Ra , ^{226}Ra dhe ^{232}Th ishte 16.0 ± 1.94 , 5.5 ± 0.60 dhe 2.7 ± 0.56 , Bq kg⁻¹. Përqendrimet respektive në kampionet e përzierjeve MQDK20%FA qenë 26.7 ± 2.54 , 5.33 ± 0.61 , 3.6 ± 0.61 Bq kg⁻¹. Në kampionet e përzierjeve MQDK25%FA: 18.4 ± 2.06 , 5.39 ± 0.61 , 2.3 ± 0.57 Bq kg⁻¹. Në MQDK30FA%: 16.7 ± 2.03 , 6.02 ± 0.64 , 3.0 ± 0.57 Bq kg⁻¹. Këto rezultate të përqendrimit të aktivitetit të fituara me matje në kampionet e betonit me Hi TEC-i dolën të ishin shumë të ulëta. Nga këtu mund të konstatohet se përdorimi i hirit të TEC-it në beton si zëvendësues i pjesëshëm i çimentos nuk shkakton ndonjë rritje të përqendrimit të aktivitetit radioaktiv si pasojë e rritjes së sasisë së përqindjes së hirit. Vetëm në kampionin e përzierjes me 20% Hi TEC-i është vërejtur një rritje shumë, shumë e vogël e përqendrimit të ^{40}K në krahasim ndaj kampioneve referente pa Hi TEC-i, megjithëse, edhe kjo është e papërfillshme.

Përqendrimet mesatare, në shkallë globale, të radiumit, thoriumit dhe kaliumit në korën e tokës janë rreth 40 Bq kg⁻¹, 40 Bq kg⁻¹ dhe 400 Bq kg⁻¹, në mënyrë respektive (Kovler, 2009). Përqendrimi tipik i aktivitetit të radiumit, thoriumit dhe kaliumit në beton si material ndërtimor në vendet e Bashkimit Europian është 40, 30 dhe 400 Bq kg⁻¹ (EC RPP 112, 1999). Bazuar në këto të dhëna për përqendrimet e radiumit, thoriumit dhe kaliumit në nivel botëror dhe në BE, matjet e përqendrimit të aktivitetit të këtyre radionukleideve në betonin me Hi TEC-i, gjithashtu edhe pa hi TEC-i, dalin të jenë më të ulëta se sa mesatarja e

përqendrimeve në korën e tokës në shkallë botërore dhe vendet anëtare të Bashkimit Europian.

Tabela 6.2. Përqendrimi i aktivitetit: mesatarja dhe rangi i vlerave për betonin e zakonshëm dhe me HI TEC-i

ID e mostrës	⁴⁰ K(Bq kg ⁻¹)		²²⁶ Ra(Bq kg ⁻¹)		²³² Th(Bq kg ⁻¹)	
	Mesatarja	Rangu	Mesatarja	Rangu	Mesatarja	Rangu
MQDKC	22.5±2.33	17.9-27.3	4.5±0.57	3.8-5.3	3.3±0.60	1.7-4.9
MQDKTKK	16.8±2.00	14.0-19.7	4.6±0.55	3.9-5.4	3.1±0.57	2.3-3.9
MQDK15%FA	16.0±1.94	13.4-18.5	5.5±0.60	4.7-6.3	2.7±0.56	2.1-3.3
MQDK20%FA	26.7±2.54	22.5-31.0	5.33±0.61	4.2-6.6	3.6±0.61	2.5-4.8
MQDK25%FA	18.4±2.06	15.1-21.7	5.39±0.61	4.6-6.2	2.3±0.57	1.4-3.1
MQDK30%FA	16.7±2.03	14.0-19.5	6.02±0.64	4.9-7.2	3.0±0.57	2.2-3.9

Për të krahasuar përqendrimet e aktivitetit të ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th të mostrave të këtij studimi për betone të rëndomta pa Hi TEC-i dhe atyre me përqindje të Hirit të TEC-it, si dhe linjtit dhe hirit fluturues dhe të poshtëm nga termocentralet e Kosovës, në Tabelën 6.3 janë dhënë përqendrimet për ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th për disa materiale të ndryshme në Shqipëri dhe vende të BE-së.

Tabela 6.3. Vlerat mesatare dhe rangi i përqendrimit të aktivitetit të ⁴⁰K, ²²⁶Ra and ²³²Th për disa materiale në Kosovë dhe krahasimi me disa rezultate të materialeve nga Shqipëria dhe Europa

Vendi	Materiali	Përqendrimi i aktivitetit (Bq kg ⁻¹)					
		⁴⁰ K		²²⁶ Ra		²³² Th	
		mesatarja	rangu	mesatarja	rangu	mesatarja	rangu
Kosovë	Betoni pa FA (ky studim)	22.5±2.33	17.9-27.3	4.5±0.57	3.8-5.3	3.3±0.60	1.7-4.9
	Betoni me 30% FA (ky studim)	16.7±2.03	14.0-19.5	6.02±0.64	4.9-7.2	3.0±0.57	2.2-3.9
	Linjiti (Hasani et al., 2014)	36 ±8	29-53	9 ±1	7-10	9 ±3	4-12
	FA (Hasani et al., 2014)	133 ± 16	104-146	30 ±3	26-35	30 ±3	27-34
	BA (Hasani et al., 2014)	195 ± 13	168-211	28 ±3	22-31	34 ±2	32-38
Shqipëri (Xhixha et al., 2013b)	Tulla argjile	644.1±64.2	490.6–820.3	33.4±6.4	20.8–51.9	42.2±7.6	29.2–55.1
	Çimento	179.7±48.9	107.3– 250.8	55.0±5.8	40.9–1.4	17.0±3.3	11.5–22.9
	Gur gëlqeror	6.5 ± 5.2	2.6-13.5	38.0 ± 8.5	26.4- 5.9	3.3 ± 1.4	2.3-5.0
Europë (EC, RPP 122, 1999)	Beton i zakonshëm	400	-	40	-	30	-
	Tulla argjile	670	-	50	-	50	
	FA thëngjilli	650		180		100	

6.5 Indeksi i përqendrimit të aktivitetit (ACI)

Indeksi i përqendrimit të aktivitetit (ACI) është një nga parametrat kryesorë për vlerësimin e rrezikut radiologjik të shkaktuar nga rrezatimi gama prej materialeve ndërtimore që kontribuon në dozën e absorbimit. Duke qenë një vlerë e rëndësishme në identifikimin e vlerës kufitare të rrezatimeve prej materialeve ndërtimore, në këtë studim është llogaritur ACI e betoneve dhe rezultatet janë paraqitur në Tabela 6.4. Bazuar në (EC RPP 112, 1999) ACI llogaritet sipas këtij ekuacioni:

$$ACI = \frac{A_{40K}}{3000} + \frac{A_{226Ra}}{300} + \frac{A_{232Th}}{200}$$

ku: C_K , C_{Ra} dhe C_{Th} janë përqendrime të aktivitetit të shprehura në njësi Bq kg⁻¹ për kaliumin, radiumin dhe thoriumin. Këtu radiumi është marrë si referent për bërthamën prind ²³⁸U, sepse në serinë e zbërthimit të uranimit, nën kushte të ekuilibrit sekular, radiumi (²²⁶Ra) është më i rëndësishmi (Karangelos et al., 2004).

Tabela 6.4. Indeksi i përqendrimit të aktivitetit (ACI)

ID e mostrës	ACI
MQDKC	0.04±0.02
MQDKTKK	0.04±0.02
MQDK15%FA	0.04±0.02
MQDK20%FA	0.04±0.03
MQDK25%FA	0.04±0.02
MQDK30%FA	0.04±0.02

Ashtu siç është paraqitur në RPP 112, ACI, bazuar në kriterin e dozës, sasinë dhe mënyrën se si materiali është përdorur në një objekt ndërtimi, nuk duhet të kalojë pragun ashtu siç është paraqitur në Tabelën 6.5 (Nuccetelli et al., 2012; EC RPP 112, 1999).

Tabela 6.5. Kriteret për ACI të definuara sipas rekomandimeve të KE, RPP 112

Kriteri për dozë	0.3 mSv y ⁻¹	1 mSv y ⁻¹
Materialet e përdorura në sasi të mëdha (betoni, blloqet, etj.)	ACI≤0.5	ACI≤1
Materialet për përdorim sipërfaqësor dhe materialet tjera me përdorim të kufizuar: tjegulla, pllaka, etj.	ACI≤2	ACI≤6

Në rastin kur ACI është 1 ose më i vogël (ACI≤1), materiali mund të përdoret pa asnjë kufizim sa i përket ekspozimit radioaktiv. Në rastet kur ACI tejkalon pragun 1, ekspozimi radioaktiv për atë material duhet vlerësohet me qëllim të sigurimit që masat e sigurisë janë plotësuar ([Markkanen, 1995](#)).

Nga Tabela 6.4, ACI-a e kampioneve të betonit të zakonshëm si dhe të betoneve me sasi të hirit të TEC-it shihet se është rreth 0.04 e që është shumë më e vogël se vlera kufitare 1 e kriterit për siguri nga rrezatimit radioaktiv. Ky është një tregues se sa i përket ACI < 1, betoni si material ndërtimor përgjithësisht (betoni i prodhuar sipas projektimit dhe përbërjes së këtij studimi) dhe betoni i prodhuar me sasinë maksimale të hirit prej 30% si zëvendësues i çimentos i takon kategorisë A1 të materialeve ndërtimore, d.m.th. betoni me Hi TEC-i si dhe betoni i rëndomtë me çimento portland (CEM I) janë të përshtatshëm për përdorim në sasi voluminoze pa asnjë kufizim sa i përket rrezikut të ekspozimit radioaktiv. Mosndryshimi i vlerës së ACI me shtimin e sasisë së hirit të TEC-it dhe të krahasuar me kampionet referente të betont me OPC vërteton se Hiri i TEC-it nuk shkakton rrezatim shtesë nga betoni. Kjo e dhënë e konstatuar nga matjet e përqendrimeve të radionukleideve dhe llogaritjeve të ACI arsyeton përdorimin e Hirit të TEC-it në beton si material ndërtimor sa i përket dyshimeve për rrezik nga rrezatimi radioaktiv.

6.6 Vlerësimi i rrezikshmërisë radioaktive

Përcaktimi i rrezatimit gama, respektivisht përqendrimit të ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th nga materialet ndërtimore në ajrin e brendshëm, në këtë studim rrezatimin nga betoni me Hi TEC-i ose betoni i rëndomtë, është bërë bazuar në modelin e dhomës sipas modelit në referencat ([EC RPP 112, 1999](#); [Markkanen, 1995](#)).

Dhoma, sipas këtij modeli, ka mure prej betoni dhe përmasat e saj janë 4mx5mx2.8m. Trashësia e mureve të betonit, dyshemës dhe tavanit është 20 cm. Densiteti (mesatar) i betonit është 2350 kg m⁻³ që është pothuajse i njëjti me densitetin mesatar të betonit të përzierjeve të këtij studimi që është 2395 kg m⁻³. Koeficientet e konvertimit të shprehur në nGyh⁻¹ për Bq kg⁻¹, të përcaktuar sipas simulimit me metodën Monte Carlo, për shkallën e dozës së absorbimit për të gjitha strukturat e betonit për modelin e dhomës janë 0.080, 0.92 dhe 1.1 për ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th. Llogaritja e shkallës së dozës së absorbimit në dhomë, të shkaktuar nga rrezatimi i ⁴⁰K, ²²⁶Ra dhe ²³²Th, mund të bëhet përmes ekuacionit:

$$D^{indoor} = 0.08C_K + 0.92C_{Ra} + 1.1C_{Th}$$

ku: C_K, C_{Ra} dhe C_{Th} janë përqendrimet respektive të aktivitetëve të kaliumit, radiumit dhe thoriumit. Siç janë paraqitur në Tabelën 6.6.1 për kampionet e betonit pa Hi TEC-i: MQDKC, MQDKTKK dhe atyre me Hi TEC-i: MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA (15%, 20%, 25% dhe 30% të çimentos të zëvendësuar me hirit e TEC-it), nivelet e dozës së absorbimit në ajrin e brendshëm janë: 9.57; 8.99; 9.31; 11.0; 8.96 dhe 10.17 nGyh⁻¹, për K, Ra dhe Th. Kjo dukshëm vërteton se edhe te kampionet, respektivisht betonin me sasinë më të madhe të hirit të TEC-it (30% e peshës së çimentos, që në rastin studimor është 90 kg/m³) nuk ka shtim të rrezatimit në shkallën e absorbimit në ajrin e brendshëm të dhomës krahasuar me kampionet, respektivisht betonin pa hi TEC-i. Shkalla e dozës së absorbimit në ajrin e brendshëm për të gjithë kampionet, me dhe pa hi TEC-i, është shumë e ulët krahasuar me vlerën mesatare prej 58 nGyh⁻¹ të dozës së absorbimit të jashtëm të rrezatimit nga sfondi/mjedisi i jashtëm natyror (UNSCEAR, 2008).

Për të përcaktuar shkallën e dozës efektive ekuivalente vjetore (AEDE) në mSvy⁻¹, sipas (UNSCEAR, 2008) faktori i koeficientit të konvertimit për një banor/rezident duhet të merret 0.7 Sv Gy⁻¹. Ky koeficient përdoret për të konvertuar dozën e absorbimit në ajër në dozën efektive vjetore që një banor (hipotetik) pranon (Sharma et al., 2014). Faktori për banim brenda është 0.8 (Xhixha et al., 2013b). Doza efektive ekuivalente vjetore është e llogaritur sipas ekuacionit:

$$AEDE = D^{indoor} \times 10^{-6} \times 8760 \times 0.8 \times 0.7$$

Vlerat mesatare të llogaritura të AEDE për katër mostra betoni me hi TEC-i dhe dy pa hi TEC-i janë paraqitur në Tabelën 6.6.

Tabela 6.6. Shkalla e dozës së absorbimit të brendshëm D_{indoor} dhe shkalla e dozës efektive ekuivalente vjetore (AEDE), doza e absorbimit të jashtëm të rrezatimit gama D (nGyh^{-1}) dhe doza efektive vjetore AEDR (μSvy^{-1})

ID e mostrës	D_{indoor} (nGyh^{-1})	AEDE (mSvy^{-1})	D (nGyh^{-1})	AEDR (μSvy^{-1})
MQDKC	9.57	0.047	5.01	6.14
MQDKTKK	8.99	0.044	4.70	5.76
MQDK15%FA	9.31	0.046	4.84	5.93
MQDK20%FA	11.0	0.054	5.75	7.05
MQDK25%FA	8.96	0.044	4.65	5.70
MQDK30%FA	10.17	0.050	6.78	8.31

Sipas rezultateve të paraqitura në Tabelë 6.6 shihet se të gjitha gjashtë përzierjet e betonit (kampionet) kanë gati të njëjtën vlerë të (AEDE) që varion nga 0.044 mSvy^{-1} deri 0.054 mSvy^{-1} . Duke i krahasuar këto vlera me vlerën mesatare të dozës efektive vjetore në tokë prej 0.41 mSvy^{-1} , këto vlera të përcaktuara nga kampionet e betoneve si material ndërtimor me perspektivë të përdorimit të Hirit të TEC-it janë mjaftë të ulëta ([UNSCEAR, 2000](#)).

Llogaritja e shkallës së dozës së absorbimit të jashtëm të rrezatimit gama, për popullatën e ekspozuar ndaj radionukleideve të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th të pranishme në beton në lartësinë 1 m nga bazamenti prej betonit, është bërë sipas ekuacionit dhe koeficientëve të paraqitur nga ([UNSCEAR, 2008](#)):

$$D = 0.0417A_{^{40}\text{K}} + 0.462A_{^{226}\text{Ra}} + 0.604A_{^{232}\text{Th}}$$

ku: $A_{^{40}\text{K}}$, $A_{^{226}\text{Ra}}$ dhe $A_{^{232}\text{Th}}$ janë përqëndrimet e aktivitetit (Bq kg^{-1}) të ^{40}K , ^{226}Ra dhe ^{232}Th .

Në Tabelën 6.6.1, për kampionet e betonit pa hi TEC-i: MQDKC, MQDKTKK dhe kampionet me hi TEC-i: MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA (15%, 20%, 25% dhe 30% e çimentos të zëvendësuar me hi TEC-i), janë paraqitur vlerat e dozës së jashtme të absorbuar: 5.01, 4.70, 4.84, 5.75, 4.65, dhe 6.78 nGyh^{-1} , për përzierjet, respektivisht kampionet përkatëse. Këto rezultate të dozave të absorbimit të jashtëm janë dukshëm më të ulëta në krahasim me vlerën mesatare globale për popullatë - 60 nGyh^{-1} ([UNSCEAR, 2000](#)).

Për të karakterizuar rrezikshmërinë e popullatës nga radioaktiviteti gjatë kontaktit të përditshëm me sipërfaqet e poshtme prej betoni, është e rëndësishme të njihet shkalla e dozës efektive vjetore AEDR (μSvy^{-1}). Kjo mund të llogaritet duke ditur dozën për çdo orë dhe duke marrë numrin e orëve për një vit (8760 hrs), vlerën 0.7 Sv Gy^{-1} si faktor konvertimi për të konvertuar dozën e absorbuar në dozë efektive vjetore si dhe vlerën 0.2 si faktorin e qëndrimit të jashtëm. Për të llogaritur AEDR, të gjitha këto të dhëna i vendosim në ekuacionin:

$$\text{AEDR} = 10^{-3} D [\mu\text{Gyh}^{-1}] \times 8760 [\text{hy}^{-1}] \times 0.2 \times 0.7 [\text{SvGy}^{-1}]$$

Vlerat e llogaritura janë paraqitur në Tabelën 6.6.1 dhe shihet se për përzierjet, respektivisht kampionet MQDKC, MQDKTKK, MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA, këto vlera të shkallës së dozës efektive vjetore - AEDR janë: 6.14; 5.76; 5.93; 7.05; 5.70 dhe 8.31 μSvy^{-1} .

Të gjitha këto vlera të AEDR për kampionet e betonit të rëndomtë si dhe betonin të përfituar me sasi të hirit të TEC-it, tregojnë se vlerat e AEDR variojnë prej 5.76 μSvy^{-1} deri 8.31 μSvy^{-1} , që d.m.th. se edhe te përzierja e betonit me sasinë më të lartë të pjesëmarrjes së hirit, 90 kg/m³, edhe këto vlera janë shumë më të ulëta se doza vjetore efektive globale -70 μSvy^{-1} .

6.7 Përfundime rreth vlerësimit të vetive radioaktive të betonit me dhe pa Hi TEC-i

Kjo është matja e parë e karakterizimit të radioaktivitetit natyror në beton në përgjithësi, si edhe e para matje e rrezatimit radiokativ nga betoni me sasi të hirit të TEC-it në Kosovë. Ky hi është mbetje e dalë nga procesi i djegies së linjtit. Në shumicën e rasteve përqendrimi i radionukleideve në materialet e përpunuara ose mbetjet nga ndonjë proces industrial është më i lartë se sa përqendrimi në lëndën e parë para përpunimit ose para procesit industrial. Siç u përmend këtu është studiuar, në aspektin e sigurisë radioaktive, betoni me sasi të çimentos të zëvendësuar me sasinë respektive 15%, 20%, 25% dhe 30% të hirit prej termocentraleve. Pastaj, këto të dhëna të përqendrimit të radionukleideve dhe dozat e absorbimit janë krahasuar me të dhënat përkatëse të mostrave pa hi TEC-i, d.m.th. betonit të rëndomtë me çimento portland. Përqendrimi i aktivitetit të ⁴⁰K, ²³²Ra dhe ²³⁶Th është matur me anë të spektrometrisë me rreze gama.

Vlerat mesatare e përqendrimit të aktivitetit të ⁴⁰K nga dy përzierjet pa Hi TEC-i: MQDKC dhe MQDKTKK dhe atyre me përqindje të hirit të TEC-it: MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA qenë këto: 22.5±2.33; 16.8±2.00; 16.0±1.94; 26.7±2.54; 18.4±2.06 dhe 16.7±2.03 Bq kg⁻¹. Përqendrimet e aktivitetit të ²²⁶Ra nga po ato mostra qenë: 4.5±0.57; 4.6±0.55; 5.5±0.60; 5.33±0.61; 5.39±0.61 dhe 6.02 ± 0.64 Bq kg⁻¹. Për ²³²Th qenë: 3.3±0.60; 3.1±0.57; 2.7±0.56; 3.6±0.61; 2.3±0.57 dhe 3.0±0.57 Bq kg⁻¹. Këto vlera të përqendrimit të aktivitetit nga të gjitha mostrat dalin të jenë të ulëta në krahasim me të dhënat mesatare globale dhe europiane (për beton), qoftë për beton me çimento qoftë beton edhe me hi TEC-i. Kjo favorizon shtimin, respektivisht përdorimin pa kufizim të hirit të TEC-it në beton sa i përket aspektit të sigurisë radioaktive.

Indeksi i koncentrimin të aktivitetit (ACI) për të gjitha përzierjet, referentet dhe për ato me Hi TEC-i ishte rreth 0.04±0.02. Për të gjitha përzierjet/kampionet, vlera e ACI është me e vogël se një (ACI ≤1). Kjo vlerë e ACI-së për kampionet e betonit të studiuar nuk tejkalon asnjë kriter të dozave kufitare 0.3 mSvy⁻¹ ose 1 mSvy⁻¹. Kështu që betoni me Hi TEC-i dhe ai pa Hi TEC-i, në këtë aspekt karakterizohet në kategorinë **A1** dhe kjo kategori nënkupton se mund të përdoret pa asnjë kufizim si material ndërtimor në sasi.

Sa i përket rrezikshmërisë që mund të ndikojë rrezatimi radioaktiv ndaj ekspozimit t; popullatës (banues, punëtor në objekte) nga betoni, vlerat e dozës së jashtme të absorbimit në ajrin e brendshëm, si dhe dozave ekuivalente efektive vjetore të llogaritura nga kampionet e betonit me hi TEC-i dhe pa hi TEC-i, dolën të ishin shumë të ulëta dhe janë të rangut prej 0.046 deri 0.054 mSvy⁻¹. Këto vlera të dozës ekuivalente vjetore janë shumë më të ulëta se sa vlera mesatare e dozës vjetore në shkallë globale 0.41 mSvy⁻¹. Vlerat e dozës së jashtme të absorbimit të rrezeve gama si dhe shkallës së dozës efektive vjetore AEDR (μSvy⁻¹) gjithashtu qenë mjaftë të ulëta. Vlerat për AEDR për betonin me hi TEC-i dhe pa hi TEC-i, variojnë prej 5.76 μSvy⁻¹ deri në 8.31 μSvy⁻¹, që janë mjaftë të ulëta në krahasim me vlerën e dozës mesatare globale prej 70 μSvy⁻¹.

Të gjitha këto gjetje sa i përket vetive radiologjike të betoneve vërtetojnë se hiri i TEC-it mund të përdoret pa asnjë kufizim në sasi në beton si zëvendësues i çimentos në industrinë e ndërtimit.

KAPITULLI 7

1 PËRFUNDIME

❖ I tërë punimi ishte i përqëndruar në dy çështje themelore: **problemin e emetimit të CO₂ nga industria e çimentos problemi i mbetjes së ngurtë në formë pluhuri** nga procesi i gjenerimit të energjisë elektrike në termocentralet e Kosovës. Zgjidhje dhe njëherit edhe përfundimi më kryesor i këtij studimi, rasti i Kosovës është mundësia e zvogëlimin të emetimit të CO₂ duke zëvendësuar sasinë e çimentos në beton me sasinë respektive të Hirit të TEC-it . Testimet e vetive më kryesore të betoneve me sasi të ndryshme të hirit të TEC-it kanë rezultuar me vlera të pranueshme dhe hapin mundësinë e standardizimit shkencor të Hirit të TEC-it duke ndërruar statusin nga mbetje industriale në material ndërtimor.

1) Sa i përket emetimit të CO₂ nga prodhimi i çimentos, referim ka qenë prodhimi dhe teknologjia e prodhuesit kosovar të çimentos-Sharrcem, pjesë e Titan Group, Hani i Elezit, Kosovë. Përgjithësisht nga vlerësimi është konstatuar se prodhimi i 1 ton çimento emeton afërsisht sasinë e njëjtë-1 ton të CO₂ në atmosferë. Në bazë të të dhënave të prodhimit vjetor të çimentos nga kjo fabrikë, që është rreth 500 000 ton, konstatohet se rreth 500 000 ton CO₂ emetohen vetëm nga prodhimi në Sharrcem. Kur merret në konsideratë fakti se Kosova në vit shpenzon rreth 1 Mt çimento, pjesa tjetër është nga importet kryesisht nga Shqipëria. Kështu që konsumi i 1 Mt të çimentos nga Kosova rezulton me emetimin e 1 Mt të CO₂ në shkallë rajonale (globale).

2) Nga djegia e linjtit në TEC-et e Kosovës (KEK) gjenerohen më shumë se 1.5 Mt në vit mbetje e ngurtë në formë hirit. Ky hi deri më tani nuk është trajtuar dhe paraqet një mbetje industriale. Duke u bazuar në përvojat e vendeve tjera, kryesisht të Europës dhe SHBA-ve, synim ka qenë që kjo mbetje përmes standardizimit të legalizohet në produkt ndërtimor. Bazë e standardizimit për vetitë fizike, kimike dhe mekanike është standardi europian EN 450-1, prej nga edhe është adoptuar standardi kosovar SK EN 450-1: 2008. Mostrat e hirit të TEC-it janë marrë nga termocentrali Kosova B dhe që në fillim është bërë analiza kimike dhe mineralogjike. Rezultatet e analizës XRF treguan se hiri i TEC-it të Kosovës ka përbërje kimiko-mineralogjike që rezulton të ketë veti lidhëse: pucolanike dhe çimentuese. Kimikisht, bazuar në përbërjen e oksideve kryesore sipas standardeve EN 450-1 dhe ASTM C616, hiri i TEC-it Kosova B i takon klasës C të hirit me veti të përmendura lidhëse sikurse çimentoja. Për të vërtetuar se shtimi i hirit në beton nuk dëmton cilësinë e betonit apo edhe vetitë fiziko-mekanike të tij, janë kryer testime eksperimentale dhe vlerësimi i dhënë në studim është se pa asnjë problem mund të përdoret deri në sasinë 30% për masë të çimentos. Testimet bazuar në metodat standarde të EN 450-1, EN 206-1 dhe EN 197-1

plotësisht vërtetojnë se kjo mbetje industriale mund të përdoret si material ndërtimor në industrinë e betonit. Në bazë të EN 450-1, shtimi i hirit të TEC-it në beton e zgjat kohën e lidhjes. Për këtë është testuar koha e fillimit të lidhjes së pastës së përzierjes CEM I + Hi TEC-I (75% CEM I dhe 25% Hi TEC-i). Për kohë të fillimit të lidhjes për brumin 100% çimento ka dalë të ishte 180 minuta, kurse me matje me të njëjtën procedurë sipas EN 196-3 për brumin 75% CEM I + 25% Hi TEC-i u regjistrua koha e lidhjes fillestare 235 minuta. Nga kjo shihet se brumi CEM I + Hi TEC-i ka kohë më të gjatë të lidhjes. Por, ashtu siç përcaktohet me standardin EN 450-1, koha fillestare e lidhjes së brumit çimento+Hi TEC-i nuk tejkalon dyfishin e kohës së brumit të çimentos së vetme që në këtë rast nuk kalon vlerën 360 minuta (sipas kërkesë së standardit). Kështu që koha e fillimit të lidhjes së brumit me Hi TEC-i është në pajtueshmëri me EN 450-1. Në aspektin e përbërjes kimike, në hi përmbajtjet e oksideve CaO dhe MgO janë më e larta se vlerat kufitare të lejuara në standardin EN 450-1. Këto sasi të tepërta mund të jenë rrezik për shkaktim të ekspansionit të brumit të çimentos, respektivisht betonit të ngurtësuar. Për këtë qëllim, ashtu edhe siç rekomandon EN 450-1 është kryer testi i përhershshmërisë vëllimore i pastës CEM I +Hi TEC-i (70% CEM I + 30% Hi TEC-i). Testimi i përhershshmërisë vëllimore me metodën Le Chatelier, të përzierjes standarde 30% Hi TEC-i dhe 70% CEM I tregoi se nuk tejkalon vlerën maksimale 10 mm të ekspansionit sipas standardit, madje vlerat e matura të ekspansionit qenë shumë, shumë më të vogla se kjo vlerë. Me konkretisht vlerat qenë rreth 1 mm.

❖ **Ngjashmëra kimike e hirit të TEC-it me çimenton** ishte baza për të përdorur Hirin e TEC-it në beton. Për këtë qëllim janë përdorur sasi të 15, 20, 25, dhe 30% të hiri të TEC-it për masë të çimentos CEM I në përzierjet e betoneve. Sasia më madhe të përdorimit të hirit të TEC-it ka qenë te betoni vetëngjeshës (SCC) deri në 100 kg në 1m³ beton. Qëllimi ishte të konstatohet sasia maksimale e zëvendësimit të çimentos. Për këtë përzierjet e ndryshme me sasi të ndryshme janë projektuar, prodhuar dhe testuar në lidhje me veti fiziko-mekanike të betoneve në gjendje të njomë dhe të ngurtësuar.

❖ **Betoni i njomë** është testuar për **densitet** dhe **punueshmërinë**. Matjet treguan se shtimi i hirit nuk ndërron densitetin, d.m.th. prodhohet beton me peshë normale. Sa i përket punueshmërisë/konsistencës, betoni me Hi TEC-i i takon klasëve të konsistencës S2-S3. Sipas kësaj, betoni ka punueshmëri mesatare, respektivisht të lartë. Atëherë, bazuar në këto vlera të matura betoni me punueshmëri mesatare mund të përdoret në pllaka betoni me ngjeshje manuale ku përdoret agregati i thyer, betonarme normale me ngjeshje manuale si dhe në rastet betonarmeve të larta me ngjeshje me vibrim. Në rastin e përzierjeve të betonit me konsistencën S3, d.m.th. përzierje me punueshmëri të

lartë, mund të përdoren në rastet me armirim të ngjeshur dhe se rekomandohet të mos përdoret ngjeshja me vibrim.

❖ **Vetitë e betoneve të ngurtësuara** gjithashtu u testuan dhe rezultatet kryesisht qenë në favor të përdorimit të pakusht të hirit në beton.

a) **Soliditeti** (rezistenca) **në shtypje** është testuar në mostra kubike dhe cilindrike në katër përzierje të betoneve. Rezultati për soliditet ($f_{c,cube}$) i kampioneve nga përzierja me sasinë më të lartë të hirit-30%, në moshën 28 ditë ishte 39.37 MPa, që është më i lartë se soliditeti i përzierjes referente pa hi TEC-i që kishte soliditet 34.38 MPa. Soliditeti i kampioneve cilindrike ($f_{c,cyl}$) në moshën 28 ditë për përzierjen me sasinë 30% të hirit ishte 35.6 MPa që gjithashtu ishte më i lartë se soliditeti i mostrës referenta pa hi TEC-i (30.70 MPa).

b) Sa i përket testimeve të betoneve ndaj **rezistencës në tërheqje**, gjithashtu nuk ka patur dallim, ose dallimi ishte shumë i vogël në vlerën prej 1 MPa, në mes të përzierjes referente pa Hi TEC-I dhe atyre me hi, respektivisht te ajo me sasinë më të lartë të hirit-30%.

c) Testet e matjes së **modulit statik** të elasticitetit në mostra me sasi të hirit të TEC-it rezultuan të ishin në rangun nga 30-32 GPa, që është i njëjtë me modulën elastik të betoneve pa Hi TEC-i. Madje të dy përzierje, përzierja me 15% dhe 25 % hi TEC-i, vlerat qenë më të larta për afër 2 GPa në krahasim me betonin e zakonshëm. Mosdallim i njëjtë ishte edhe te **moduli dinamik** i cili ishte përcaktuar përmes metodës UPV, d.m.th. përmes matjes së shpejtësisë së ultrazërit nëpër beton. Të dy vlerat për modul statik (E_c) dhe dinamik (E_d) të matura për betonet me hi TEC-i janë në po atë rang të parashikuar edhe nga standardet për beton 206-1, respektivisht Eurocode (EN 199-1-1).

d) Për testimin e **jetëgjatësisë dhe rezistencës ndaj ndikimeve të mjedisit** të jashtëm, betonet me Hi TEC-i janë testuar me testin e penetrimit të ujit nën shtypje hidrostatike. Vlerat e thellësisë së depërtimit u regjistruan: 23, 49, 34 dhe 39 mm për përzierjet me 15, 20, 25 dhe 30% Hi TEC-i. Rekomandimi i bërë mbi bazën e këtyre vlerave nga matjet eksperimentale është se nëse synohet të përdoret sasi e hirit më e madhe se 30% për masë të çimentos, atëherë, përveç vetive tjera mekaniko-fizike që duhet testuar si zakonisht, duhet të kihet shumë parasysh edhe permeabiliteti i betonit ndaj ujit. Pasi që në këtë studim konstatohet se shtimi i Hirit të TEC-t, me këtë sasi çimentoje, rrit edhe ujëlëshueshmërinë kjo kufizon përdorimin e

betoneve me sasi të lartë të hirit në strukturat ujëmbajtëse si dhe në struktura prej betoni që iu ekspozohen mjediseve agresive. Për të arsyetuar pozitivisht aspektin cilësor të betoneve me hi TEC-i, respektivisht aprovimin e përdorimit të hirit, nga studimet e bëra për permeabilitetin e betoneve me Hi TEC-i ndaj ujit nën shtypje, krahasimi i vlerave të permeabilitetit të betonit me Hi TEC-i është bërë bazuar në referimin nga studiues të njohur në fushën e betonit. Sipas studimeve paraprake për betone të rëndomta (pa Hi TEC-i), betoni konsiderohet "i papërshkueshëm" nëse thellësia e depërtimit të ujit është më e vogël se 50 mm, kurse klasifikohet si i papërshkueshëm nën kushte agresive nëse thellësia e depërtimit të ujit është më e vogël se 30 mm. Atëherë mbi bazën e këtij vlerësimi krahasues, betonet e përzierjeve me 20, 25 dhe 30% Hi TEC-i iu takojnë betoneve të klasifikimit të papërshkueshme. Betonet e përzierjeve me 15% hi TEC-i dhe ato referente klasifikohen betone të papërshkueshme edhe nën ndikimin e kushteve agresive. Këto krahasime të vlerave të matura në studim me ato standarde, janë mjaftë inkurajuese për përdorimin e hiri të TEC-it në beton deri në vlerën 30% për masë të çimentos.

❖ Një tjetër studim për betonet me Hi TEC-i ishte edhe studimi i **vetive radioaktive**. Kjo, njëherësh është matja e parë e karakterizimit të radioaktivitetit natyror në beton në përgjithësi, si edhe e para matje e rrezatimit radiokativ nga betoni me sasi të Hiri të TEC-it në Kosovë (së paku personalisht nuk kam gjetur ndonjë literaturë për këtë, rasti Kosovë). Përdorimi ose përpunimi i materialeve të ricikluara ose materialeve që janë bashkëprodukte që dalin nga proceset teknologjike nga industri të ndryshme shpesh shkakton rritjen e përqendrimit të aktivitetit radiokativ të tyre. Pasi në këtë punim është studiuar përdorimi i mbetjes në beton-hiri i TEC-it si produkti i djegies së linjtit, për këtë qëllim është studiuar edhe aspekti i sigurisë nga rrezatimi radioaktiv i betoneve me sasi të Hirit të TEC-it si zëvendësues i çimentos me sasi të respektive prej 15%, 20%, 25% dhe 30%. Vlerat e matura të përqendrimit të radionukleideve dhe dozat e absorbimit janë krahasuar me të dhënat përkatëse të mostrave pa hi TEC-i. Përqendrimi i aktivitetit të ^{40}K , ^{232}Ra dhe ^{236}Th është matur me anë të spektrometrisë me rreze gama (HPGe). Vlerat mesatare e përqendrimit të aktivitetit të ^{40}K nga dy përzierjet pa Hi TEC-i: MQDKC dhe MQDKTKK dhe atyre me përqindje të hirit të TEC-it: MQDK15%FA, MQDK20%FA, MQDK25%FA dhe MQDK30%FA qenë këto: 22.5 ± 2.33 , 16.8 ± 2.00 , 16.0 ± 1.94 , 26.7 ± 2.54 , 18.4 ± 2.06 and 16.7 ± 2.03 Bq kg⁻¹. Përqendrimet e aktivitetit të ^{226}Ra nga po ato mostra qenë: 4.5 ± 0.57 , 4.6 ± 0.55 , 5.5 ± 0.60 , 5.33 ± 0.61 , 5.39 ± 0.61 dhe 6.02 ± 0.64 Bq kg⁻¹. Për ^{232}Th qenë : 3.3 ± 0.60 , 3.1 ± 0.57 , 2.7 ± 0.56 , 3.6 ± 0.61 , 2.3 ± 0.57 dhe 3.0 ± 0.57 Bq kg⁻¹. Këto vlera të përqendrimit të aktivitetit nga të gjitha mostrat dalin të jenë të ulëta në krahasim

me të dhënat mesatare globale dhe europiane (për beton), qoftë për beton me çimento qoftë beton me hi TEC-i. Kjo favorizon shtimin, respektivisht përdorimin e hirit të TEC-it në betoni sa i përket aspektit të sigurisë radioaktive. Indeksi i koncentrimit të aktivitetit (ACI) për të gjitha përzierjet, referentet dhe për ato me Hi TEC-i nga llogaritjet ishte rreth 0.04 ± 0.02 . Kjo do të thotë se vlera e ACI për të gjitha betonet me Hi TEC-i si dhe të rëndomta është më e vogël se një ($ACI \leq 1$). Kjo vlerë e ACI-së për kampionet e betonit të studiuar nuk tejkalon asnjë kriter të dozave kufitare 0.3 mSvy^{-1} ose 1 mSvy^{-1} . Kështu që betoni me Hi TEC-i dhe ai pa Hi TEC-i, në këtë aspekt karakterizohet në kategorinë A1 dhe kjo kategori nënkupton se mund të përdoret pa asnjë kufizim si material ndërtimor në sasi. Sa i përket rrezikshmërisë që mund të jetë shkak rrezatimi radioaktiv nga betoni, vlerat e dozës së jashtme të absorbimit në ajrin e brendshëm, si dhe dozave ekuivalente efektive vjetore të llogaritura nga kampionet e betonit me hi TEC-i dhe pa hi TEC-i, dolën të ishin shumë të ulëta të rangut prej 0.046 deri 0.054 mSvy^{-1} . Këto vlera të dozës ekuivalente vjetore janë shumë më të ulëta se sa vlera mesatare e dozës vjetore në shkallë globale 0.41 mSvy^{-1} . Vlerat e dozës së jashtme të absorbimit të rrezeve gama si dhe shkallës së dozës efektive vjetore AEDR (μSvy^{-1}) gjithashtu u llogaritën mjaftë të ulëta. Vlerat për AEDR për betonin me Hi TEC-i, dhe pa Hi TEC-i, variojnë prej $5.76 \mu\text{Svy}^{-1}$ deri $8.31 \mu\text{Svy}^{-1}$, që janë mjaftë të ulëta në krahasim me vlerën e dozës mesatare globale prej $70 \mu\text{Svy}^{-1}$. Të gjitha këto gjetje sa i përket vetive radiologjike të betoneve vërtetojnë se hiri i TEC-it mund të përdoret pa asnjë kufizim (në sasi) në beton si zëvendësues i çimentos në industrinë e ndërtimit.

❖ Nga të gjitha ato testime dhe matje përfundohet se **sasia maksimale** optimale e hirit që mund të përdoret në beton është **30% për masë të çimentos**. Kjo përqindje e përdorimit të hirit të TEC-it do të ndikojë në konsumin më të ulët për 30% të çimentos. Duke ditur se për çdo ton çimento emetohet 1 ton CO₂, atëherë, përdorimi i hirit e bën në mënyrë indirekte edhe betonin më ekologjik: beton i prodhuar më me pak emetim të CO₂. Në rastin e përzierjeve të betoneve me 30% Hi TEC-i, d.m.th. 90 kg hi TEC-i në 1m³ do të ketë ndikim të dyfishtë mjedisor:

1. Zëvendësimi 30% i çimentos në Kosovë do të zvogëlojë emetimet vjetore të CO₂ për afërsisht 300 000 t.
2. Përdorimi i 90 kg të hirit në beton do të shndërronte rreth 300 000 t (125 000 m³) mbetje industriale në material ndërtimor.

❖ Në aspektin ekonomik, përdorimi i hirit sigurisht se ka ndikim pozitiv. Duke qenë se komponenta më e shtrenjtë në beton është çimentoja, atëherë për çdo sasi të zëvendësuar të çimentos me këtë mbetje të TEC-eve sigurisht do të ketë edhe ulje të kostos së prodhimit të betonit. Nga vlerësimi se për të prodhuar një

metër kub beton të zakonshëm nevojiten rreth 300 kg çimento, atëherë në bazë të studimit, zëvendësimi 30% i çimentos me hi TEC-I do të thotë edhe 30% "ulje" e çmimit të lidhësit hidraulik. Në bazë vlerësimeve të tanishme të çmimit të çimentos në Kosovë, rezulton se nga zëvendësimi 30% i çimentos me Hi TEC-i do të prodhohet beton me çmim 10% më të lirë. Kur dihet, nga të dhënat se në Kosovë konsumohen rreth 1 Mt çimento për të prodhuar rreth 3 milionë m³ beton, atëherë në vend të 100 milionë Euro për çimento, do të kursehej në nivel vendi rreth 30 milionë Euro në vit.

Referencat

- Abdelaty, M. A. (2014). Compressive strength prediction of Portland cement concrete with age using a new model. Housing and Building National Research Center-HBRC Journal, 10(2), pp.145-155, doi:10.1016/j.hbrj.2013.09.005.
- Adrović, F.D., Todorović, D., Ninković, M.M., Prokić, M. (1997). Investigation of the contents of natural radionuclides in coal and ashes from Kosovian power plants. In: Proceedings of the IRPA Regional Symposium on Radiation Protection, Prague, pp. 334-336.
- AFPM (2015). American Fuel&Petrochemical Manufactures.
- Agjencia e statistikave të Kosovës ASK (2013). Vlerësim:-Popullsia e Kosovës 2011, Prishtinë.
- Agjencia e statistikave të Kosovës –ASK (2013). Blinanci i Energjisë, TM4 2012, Kosovë.
- Alonso, J.L., Wesche, K. (2005). *Characterization of fly ash- Fly ash in concrete, properties and performance*, Champan & Hall, London.
- American Coal Ash Association ACCA (2015). www.acaa-usa.org.
- American Road & Transportation Builders Association Transportation Development Foundation ARTBA-TDF (2011). *The Economic Impacts of Prohibiting Coal Fly Ash Use in Transportation Infrastructure Construction*, USA.
- Anson, M. and Newman, K., (1996). The effect of mix proportions and method of testing on Poisson's ratio for mortars and concretes. Magazine of Concrete Research, **18**, 56, 115–130.
- Antiohos, S.K., Tsimas, T. (2006). *Reactive silica of fly ash as an indicator for the mechanical performance of blended cements*. National Technical University of Athens, Athína, Attica, Greece, [DOI: 10.1007/978-1-4020-5104-3_49](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5104-3_49).
- Antiohos, S.K., Tsimas, T., (2006). Reactive silica of fly ash as an indicator for the mechanical performance of blended cements, Measuring and Monitoring concrete properties, Springer, pp. 403-409.
- Armstrong, T. (2013). An overview of global cement sector trends. International Cement Review. Lima, Peru.
- Arıoğlu, N., Z. Girgin, C., Arıoğlu, E. (2006). Evaluation of Ratio between Splitting Tensile Strength and Compressive Strength for Concretes up to 120 MPa and its Application in Strength Criterion. American Concrete Institute ACI *Materials Journal* 103(1).
- ASTM C469-02 (2002). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Book of Standards Volume: 04.02.
- ASTM C151 (2005). Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement, ASTM International, USA
- ASTM C311 (2007). Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete, Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM C311 (2007). Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete, Annual Book of ASTM Standards, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- ASTM C618 12a (2012). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. Book of Standards, Volume: 04.02-Concrete and Aggregates.3pp.
- ASTM Standard C618:12-a (2012). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. Book of standards, Volume: 04, 02.
- Berg, van den J. (2010). "Fly ash for concrete – the new EN 450,"*International Conference EuroCoalAsh*, Copenhagen, Denmark.
- Berg, W. (1981). *Kostenorientierter Betonentwurf fuer flugaschehaltige betone*. In: *BetonWerk und fertigteiltechnik* 47, S. 401-407.
- Berry, E. E., Malhotra, V. M. (1980). Fly Ash for Use in Concrete - A Critical Review. ACI-Journal Proceedings, vol 7 (22), pp. 59-73.
- Bonzel, J. (1966). Der Einfluss des Zements, des W/Z Wertes, des Alters und der Lagerung auf die Wasserundurchlässigkeit des Betons, *Beton*, No. 9, pp. 379–83; No. 10, pp. 417–21.
- Bocheńczyk, A.U., Mazurkiewicz, M., Mokrzycki, E. (2015). Fly ash from energy production – a waste, byproduct and raw material. *Gospodarka surowcami mineralnymi – mineral resources management*, 31(4), 139-150.
- Brown, P.W., Berger, R.L., Frohnsdorf, J.R. (1976). Limitations to fly ash use in blended cements. Proc. 4th Int. Ash utilization Symp. St. Louis, WV pp. 518-59.
- BS 1881-203 (1986). Testing concrete - part 203: Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete, UK.
- Callister, Jr. W. D. (2007). *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- CEB-FIP Model Code for Concrete Structures (1990). "Evaluation of the Time Dependent Behaviour of Concrete," Bulletin d'Information No. 199, Comité Européen du Béton/Fédération Internationale de la Précontrainte, Lausanne, 1991, 201 pp.
- Domone, P.L. (2003). *Fresh Concrete, Advanced Concrete technology*. Elsevier Ltd, Great Britain.
- EC (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council, Official Journal of the European Union, Official Journal of the European Union, on waste and repealing certain Directives, 22.11.2008.
- EC RPP 112 (1999). European Commission, Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials, European Commission. Radiation Protection 112. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection.
- EN 1008 (2002). Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete, CEN, Brussels.
- EN 1097-1 (2011). Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of the resistance to wear (micro-Deval), CEN, Brussels.
- EN 1097-2 (2010). Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Methods for the determination of resistance to fragmentation, CEN, Brussels.

- EN 1097-6 (2010). Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 6: Determination of particle density and water absorption, CEN, Brussels.
- EN 12350 (2009). Testing fresh concrete, CEN, Brussels.
- EN 12350-1 (2009). Testing fresh concrete. Sampling, Brussels.
- EN 12350-2 (2009). Testing fresh concrete. Slump test, CEN, Brussels.
- EN 12350-6 (2009). Testing fresh concrete. Density, CEN, Brussels.
- EN 12350-8 (2010). Testing fresh concrete. Self-compacting concrete. Slump-flow test, CEN, Brussels.
- EN 12390 (2009). Testing hardened concrete, CEN, Brussels.
- EN 12390-1 (2012). Testing hardened concrete. Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds, CEN, Brussels.
- EN 12390-13 (2013). Testing hardened concrete. Determination of secant modulus of elasticity in compression, CEN, Brussels.
- EN 12390-2 (2009) Testing hardened concrete. Making and curing specimens for strength tests, CEN, Brussels.
- EN 12390-3 (2009). Testing hardened concrete. Compressive strength of test specimens, CEN, Brussels.
- EN 12390-4 (2000). Testing hardened concrete. Compressive strength. Specification for testing machines, CEN, Brussels.
- EN 12390-6 (2009). Tensile splitting strength of test specimens (European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- EN 12390-8 (2009). Testing hardened concrete. Depth of penetration of water under pressure, CEN, Brussels.
- EN 12504-4 (2004). Testing concrete. Determination of ultrasonic pulse velocity, CEN, Brussels.
- EN 1367-1(2007). Tests for thermal and weathering properties of aggregates. Determination of resistance to freezing and thawing, CEN, Brussels.
- EN 1367-2 (2010). Tests for thermal and weathering properties of aggregates. Magnesium sulfate test, CEN, Brussels.
- EN 1744-1(2010). Tests for chemical properties of aggregates. Chemical analysis, CEN, Brussels.
- EN 196-2 (2013). Method of testing cement. Chemical analysis of cement, CEN, Brussels.
- EN 196-2: (2013). Methods of Testing Cement - Part 2: Chemical analysis of cement Section 2: Analysis by x-ray fluorescence, CEN, Brussels.
- EN 196-3:2005+A1:2008(2008). Methods of testing cement. Determination of setting times and soundness, CEN; Brussels.
- EN 196-7 (2008). Methods of testing cement Part 7: Methods of taking and preparing samples of cement, CEN, Brussels.

- EN 197-1 (2011). Cement. Composition, specifications and conformity criteria for common cements, CEN, Brussels)
- EN 1992-1-1 (2004). Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, CEN, Brussels.
- EN 206-1 (2013). Concrete. Specification, performance, production and conformity, CEN, Brussels.
- EN 450-1 (2012). European standard for fly ash in concrete, CEN, Brussels.
- EN 451-2 (2005). Method of testing fly ash. Determination of fineness by wet sieving, CEN , Brussels.
- EN 932-3 (2004). Tests for general properties of aggregates. Procedure and terminology for simplified petrographic description, CEN, Brussels.
- EN 933-1 (2012). Tests for geometrical properties of aggregates. Determination of particle size distribution. Sieving method, CEN, Brussels.
- EN 933-4 (2008).Tests for geometrical properties of aggregates. Determination of particle shape. Shape index, CEN, Brussels.
- EN 933-8 (2012). Tests for geometrical properties of aggregates. Assessment of fines. Sand equivalent test, CEN, Brussels.
- EN 934-2 (2012). Admixtures for concrete, mortar and grout. Concrete admixtures. Definitions, requirements, conformity, marking and labeling, CEN, Brussels.
- Environmental Protection Agency EPA (2002). European waste catalogue and hazardous waste list, Ireland
- EU-PISG (2005). Energy Strategy and Policy of Kosovo, EU Pillar, PISG Energy Office, Kosovo.
- EURELECTRIC WG Waste & Residues (2012) *Commission Consultation on the review of the Hazardous Properties*, Brussels, Belgium.
- Eurocert S.A. (2010). European Inspection and Certification Company S.A. (NB 1128).
- EUROCOALASH (2010). Fly ash for concrete the new EN 450, background to the revision of EN 450-1 and EN 450-2, EUROCOALASH, Copenhagen.
- Feuerborn, H.J. (2011). Coal combustion in Europe-an update on production and utilization, standardization and regulation. World of Coal Ash (WOCA) Conference. 2011, USA.
- GIZ (2012). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Renewable energy as an opportunity for economic development in Kosovo.
- Gjurgjeala, B. (2007). *Efficiency of TPP*, Prishtina, Kosovo.
- Hansen, T.C. (1986). *“Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete”*, Material and Structures (RILEM), Vol. 19, No. 111, May-June, pp. 201-204.
- Hasani, F., Shala F., Xhixha, G., Hodolli, G., Kadiri, S., Bylyku, E., Cafrku, E. (2014). *Naturally occurring radioactive materials (NORMS) generated from lignite-fired power plants in Kosovo. Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 156-161.
- Headwaters Resources (2013). *Fly Ash For Concrete*, Headwaters Resources Inc.

- Heidrich, C., Feuerborn, H.J., Weir, A. (2013). Coal Combustion Products: A Global Perspective, World of Coal Ash (WOCA) Conference - April 22-25, 2013 in Lexington, KY.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Green House Gas Inventories. Reference Manual (revised). Vol. 3 J.T.
- Isufi, S. (2010). *Emission Controls at Kosovo's Thermal Power Plants, Current and Future Capabilities*, AUK, Pristina, Kosovo.
- Kadiu, F., Leka, E., Balilaj, M., Kryeziu, D. R., (2013). Shkenca dhe teknologjia e materialeve, Ilar, Tiranë.
- Karangelos, D.J., Petropoulos, N.P., Anagnostakis, M.J., Hinis, E.P., Simopoulos, S.E. (2004). *Radiological characteristics and investigation of the radioactive equilibrium in the ashes produced in lignite-fired power plants. Journal of Environmental Radioactivity*. 77(3), pp.233–246. doi:10.1016/j.jenvrad.2004.03.009.
- Klieger, P., Gebler, S., (1987). *Fly Ash and Concrete Durability, Concrete Durability: Katharine and Bryant Mather International Conference*, SP100-56, J.M. Scanlon, ed., American Concrete Institute, Detroit, MI, , pp. 1043-1069.
- Komisioni i Pavarur për Miniera dhe Minerale (KPME) (2015). Depoziata Minerare, Linjiti, R. e Kosovës. Prishtinë, Kosovë.
- Kosovo Energy Corporation (2015). KEK statistical data, Strategic development office, Kosovo.
- Kosovo Energy Corporation (2015). KEK statistical data, Strategic development office, Kosovo.
- Koukoulas, N., Vassilatos, C., Glarakis, C I. (2005). *Mixture of Lignite Fly ash in Concrete: Physical and Mineralogical characterization*, Case Study from Ptolemais, Northern Greece , American Coal Association.
- Kovler, K. (2009). Radiological constraints of using building materials and industrial by-products in construction. *Construct. Build. Mater.* 23, 246–253.
- Lane, R.O., Best, J.F., (1981). Properties and use of fly ash in portland cement concrete, *Concrete International* 4(7), pp.81-92.
- Leet, K.M., Bernal, D. (1997). *Reinforced Concrete Design. 3rd Ed.* McGraw-HillCompanies, Inc. New York.
- Malhotra, V.M., Ramezaniapour, A.A. (1994). *Fly Ash in Concrete*, MSL 94-45(IR), CANMET, Canada Center for Mineral and Energy Technology, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, pp.307.
- Manz, O., Hassett ,D. P. (2005). "Historical Perspective of Coal Ash marketing and promotion in the USA", *World of Coal Ash WOCA*, Lexington, Kentucky, USA.
- Markkanen, M. (1995). *Radiation Dose Assessments for Materials with Elevated Natural Radioactivity. Report STUK-B-STO 32, Finish Centre for Radiation and Nuclear Safety. Helsinki, 25 p. + app. 13 p.*
- McCarthy, G.J., Swanson, K.D., Keller, L.P., Blatter, W.C. (1984). Mineralogy of Western Fly Ash, *Cement and Concrete Research*, Vol. 14 (4), pp. 471-478.
- Mehta, P. K. (1986). *"Concrete Structure Properties and Materials"*, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M. (2006). Concrete: Microstructure, Properties and Materials, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Mejeoumov, G. (2007). Improved cement quality and grinding efficiency by means of closed mill circuit modeling, A&M University. Texas, USA.
- Ministria e Financave MF (2015). Qeveria e Kosovës, Republika e Kosovës Dogana e Kosovës, Kosovë.
- Ministria e Mjedisit dhe Planifikimit Hapësinor (MMPH) (2014). Qeveria e Kosovës, Strategjia Kornizë për Ndryshimet Klimatike për Kosovën, Kosovë.
- Ministria e Zhvillimit Ekonomik (2015). Qeveria e Kosovës, R. e Kosovës.
- Neville, A. (2006.) Concrete: Neville's insights and issues, Thomas Telford Ltd., London.
- Neville, A.M. (2011). Properties of concrete. Pearson Education Limited, England.
- Neville, A.M. (1997). *Properties of Concrete, 4th Ed.* John Wiley & Sons Inc., New York.
- Newman, J. (2003a). Advanced concrete technology, constituent materials. Elsevier Ltd, UK.
- Newman, J. (2003b). Advanced concrete technology, Testing and Quality. John Newman, Elsevier, Butterworth-Heinemann, UK.
- Nochaiya, Th., Wongkeo, W., Chaipanich, A. (2010). Utilization of fly ash with silica fume and properties of Portland cement-fly ash-silica fume concrete. *Fuel* 89 (3):768–774. doi:10.1016/j.fuel.2009.10.003.
- NTPC Limited (2010). *Fly ash for cement Concrete, Resource for high strength and durability of structures at lower cost*, Ash utilization division, India.
- Nuccetelli, C., Risica, R., D'Alessandro, M., Trevisi, R. (2012). *Natural radioactivity in the European Union: Robustness of the activity concentration index I and comparison with a room model. Journal of radiological protection*, 32, pp.349-258. Doi:10.1088/0952-4746/32/3/349.
- Papadakis, V.G., Demis, S. (2013). Predictive modeling of concrete compressive strength based on cement strength class. *Computers and Concrete*, Vol. 11, No. 6 pp. 587-602.
- Papadakis, V.G., Tsimas, S. (2002). Supplementary cementing materials in concrete Part I: efficiency and design, *Cement and Concrete Research*, (32), pp. 1525 – 1532.
- Papayianni, I. (2010). "Use of calcareous ash in civil engineering," *International Conference EuroCoal2010*, Copenhagen, Denmark.
- Qafleshi, M., Kryeziu, R.D., Aliko, L. (2014). *Particulate and gaseous pollutants as byproducts from the combustion process in lignite fired power plants. Case: Kosova A and Kosova B thermal power plants. The 2nd International Conference on Research and Education – "Challenges Toward the Future" (ICRAE2014)*, ICRAE2014 Conference- Paper Proceedings, ISSN: 2308-0825, Shkoder, Albania.
- Qafleshi, M., Aliko, L. (2013). Characterization, Classification and Standardization of Fly Ash of Kosovo Lignite-Fired Power Stations as Industrial Construction Product. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(5), 3063-3070.
- Qafleshi, M., Kryeziu, R.D., Aliko, L. (2015). Potential of Wind Energy in Albania and Kosovo: Equity Payback and GHG Reduction of Wind Turbine Installation. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 4(1), 11-19. <http://dx.doi.org/10.14710/ijred.4.1.11-19>.

- REACH EC (2006). "Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC," Official Journal of the European Union, ISSN 1725-2555 L 396, Volume **49, 30**. December, 2006.
- Rubenstein, M. (2012). Emissions from the Cement Industry, Earth institute, Columbia University, USA.
- Sahu, P. (2010). *Characterization of coal combustion byproducts (CCBs) for their effective management and utilization, department of mining engineering*, National Institute of technology, Orissa.
- Schutter, G.D., Audenaert, K. (2004). "Evaluation of water absorption of concrete as a measure for resistance against carbonation and chloride migration," *Materials and Structures*, vol. 37, no. 273, pp. 591–596.
- Sharma, P., Mehe, K.P., Mishra, P. K. (2014). *Terrestrial gamma radiation dose measurement and health hazard along river Alaknanda and Ganges in India. Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7, 595 -600.
- Sharrcem (2012). Broshura Sharrcem 52.5 N Forca, Hani i Elezit, Kosovë.
- Sharrcem CSR Report (2014). Annual Corporate Social Responsibility and Sustainability Report- CSR Report 2013.
- Sharrcem Raport (2013). Përgjegjësia Shoqërore e Korporatës dhe Qëndrueshmëria, Sharrcem, Kosovë
- Shetty, M.S. (2006). *Concrete Technology Theory and Practice (Chapter 7)* S. Chand & Company Ltd., New Delhi.
- SK EN 12390-3 (2007). Testing hardened concrete. Compressive strength of test specimens, Kosovë.
- SK EN 12390-8 (2007). Testimi i betonit të ngurtësuar-Pjesa 8: Thellësia e depërtimit të ujit nën presion, MTI, Kosovë.
- SK EN 12620 (2006). Materialet inerte për prodhimin e betoneve, MTI, Kosovë).
- SK EN 450-1 (2008). Hira fluturues për beton-Pjesa 1: Përcaktimi, specifikimet dhe kriteret e konformitetit, MTI, Kosovë.
- Sofiu, V., Pervizaj, A., Selimi, B., Erxhepi, E., (2013). The Strategy of energy as a good opportunity for protection of the environment in the republic of Kosovo, *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(5), 2591-2599
- Tham, H. (2010). "Legally waste – practically products," *Copenhagen, Denmark, International Conference EuroCoalAsh*, Copenhagen.
- TKK Cementol-Hiperplast-182 (2015). plasticizers-superplasticizers, admixtures for concrete. Serpenica, Slovenia.

- United Nation Environment Programme UNEP (2014). Basel Convention, On the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal, BC Article 2-1, Secretariat of the Basel Convention, UNEP/BRS/2014/3, Geneva.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2008). Exposures from Natural Radiation Sources. United Nations.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2000). Report to the General Assembly. Annex B: Exposures from Natural Radiation Sources, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, ISBN-10: 9211422388, NY.
- Vieira, F.C., Feuerborn, H.J., Saraber, A. (2013). European Product Standards – Update on status and changes with relevance to CCPs, 2013. 2013 World of Coal Ash (WOCA) Conference - April 22-25, 2013 in Lexington, KY.
- Vieira, F. C., Feurborn H. J. and Saraber A. (2013) “European product standards,” *2013 World of Coal Ash (WOCA) Conference*, 2013, Lexington.
- Winkel H. (2010). “Environmental and health aspects of coal co-combustion ash,” *International Conference EuroCoalAsh*, Copenhagen, Denmark.
- World Nuclear Association WNA (2015). Naturally Occurring Radioactive Materials-NORM. London, UK.
- Xhixha, G., Ahmeti, A., Bezzon, G.P., Bitri, M., Broggini, C., Buso, P.G., Caciolli, A., Callegari, I., Cfarku, F., Colonna, T., Fiorentini, G., Guastaldi, E., Mantovani, F., Massa, G., Menegazzo, R., Mou, L., Prifti, D., Alvarez, C.R., Kuqi, S. Dh., Shyti, M., Tushe, L., Kaçeli, M.Xh. (2013b). First characterisation of natural radioactivity in building materials manufactured in Albania. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol.155, No.2, pp.217-223.
- Xhixha, G., Bezzon, G.P., Broggini, C., Buso, G.P., Caciolli, A., Callegari, I., De Bianchi, S., Fiorentini, G., Guastaldi, E., Mantovani, F., Massa, G., Menegazzo, R., Mou, L., Pasquini, A., Rossi, A., Shyti, C., Xhixha, K. M. (2013a). The worldwide NORM production and a fully automated gamma-ray spectrometer for their characterization. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 295, 445-457.
- Zyra e Rregullatorit të Energjisë (2013). Deklarata e Sigurisë së Furnizimit për Kosovën-Energji elektrike, Gaz dhe Naftë, Kosovë
- Zyra e Rregullatorit të Energjisë Elektrike (ZRRE) (2011). Raporti vjetor, Kosovë.