



REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
Departamenti i Konstruksioneve të Ndërtimit dhe
i Infrastrukturës së Transporteve

PROJEKT DIPLOME

MASTER SHKENCOR

TEMA: Studim mbi dëmtueshmërinë e
strukturave me skelet prej betoni të
armuar

DEKANI
DREJTUESI I DEPARTAMENTIT
UDHËHEQËSI
DIPLOMANTI

Prof. Asoc. GËZIM HASKO
Dr. Inxh. IGLI KONDI
Msc. ERISA FEKA
NIKOLIN HIMA



TIRANË 2016

REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I KONSTRUKSIONEVE TË NDËRTIMIT
DHE I INFRASTRUKTURËS SË TRANSPORTEVE



DEKANI
Prof. Asoc. Gëzim HASKO

DETYRË
PËR HARTIMIN E PROJEKT DIPLOMËS

Studenti diplomant **Nikolin Hima**

Master Shkencor **Profili Struktura**

Dega Ndërtim, me Nr. Regj. _____.

Ngarkohet të hartojë Projekt Diplomën me temë:

Studim mbi dëmtueshmërinë e strukturave me skelet prej betoni të armuar.

QËLLIMI I DIPLOMËS: Studimi i dëmtueshmërisë së strukturave me skelet prej betoni të armuar përmes kurbave të dëmtueshmërisë (fraxhilitetit). Strukturat e rëndësishme të veçantë të ndërtuara në Shqipëri pa kritere të mbrojtjes sizmike.

PËRMBAJTJA E DIPLOMËS: Kjo temë përbëhet prej shtatë kapitujsh në të cilët është përshkruar metodologjia e ndjekur, të dhënat e përdorura si edhe rezultatet e marra për vlerësimin e dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar të ndërtuara në Shqipëri pa kritere të mbrojtjes sizmike. Kapitulli i parë është një prezantim i temës. Kapitulli i dytë paraqet vlerësimet mbi rrezikun sizmik në vendin tonë si edhe kodet e projektimit të zhvilluara ndër vite. Në kapitullin e tretë prezantohet funksioni i dëmtueshmërisë si edhe parametrat prej të cilëve varet ky i fundit. Kapitulli i katërt është një hulumtim i shkurtër i studimeve të ngjashme në literaturë dhe në kapitullin e pestë është bërë prezantimi i proçedurës së spektrit të kapacitetit të përdorur në këtë temë. Në kapitullin e gjashtë është aplikuar proçedura e spektrit të kapacitetit për strukturat referencë të përzgjedhura në këtë temë. Në kapitullin e shtatë janë paraqitur përfundimet e arritura nga zhvillimi i këtij studimi dhe synimet e zhvillimit të tij në të ardhmen.

VIZATIME: Kjo temë përmban 63 vizatime, figura dhe foto të kombinuara në funksion të arritjes së qëllimit të parashtruar në këtë temë.

Detyrën e mori për të kryer diplomanti:

Nikolin Hima

Data e dorëzimit të projekt diplomës

14/08/2016

Udhëheqësi: Msc. Erisa Feka

Firma

Diplomanti: Nikolin Hima

Firma

KONTROLLET NË DEPARTAMENT

Diplomanti është i detyruar që me materialet e përgatitura të paraqitet në Departament për kontroll në datat e mëposhtme:

Kontrolli i parë datë 24/03/2016

Firma

Kontrolli i dytë datë 30/05/2016

Firma

Kontrolli i tretë datë 20/06/2016

Firma

DREJTUESI I DEPARTAMENTIT

Dr. Inxh. Igli KONDI

Shënim: Kjo fletë plotësohet në dy kopje. Njëra i bashkëngjitet relacionit të projekt diplomës dhe tjetra ruhet në departament.

ABSTRAKT

Kjo temë synon të parashtojë një bazë teorike si edhe të konkretizojë me një shembull zhvillimin e funksioneve të dëmtueshmërisë për strukturat e rëndësisë së veçantë me skelet prej betoni të armuar në Tiranë. Për këtë qëllim janë marrë në konsideratë struktura të cilat janë projektuar dhe ndërtuar në këtë qytet rreth viteve '30 të shekullit të kaluar, të karakterizuara prej kushteve të projektimit dhe ndërtimit pa masa antisimike.

Tema fillon me një përshkrim të shkurtër të qëllimit dhe organizimin e saj. Për të arritur këtë qëllim janë marrë të dhëna të ndryshme referuar institucioneve përkatëse si Arkivi Qendror Teknik i Ndërtimit; Insituti i Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit (IGJEUM) apo edhe literatura e pasur ndërkombëtare me studime të shumëta rreth dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar.

Tema vijon me përshkrimin e rrezikut sizmik në vendin tonë si edhe të gjithë historikun e zhvillimeve të rregullores së projektimit të ndërtesave në përgjithësi. Më tej jepet një përshkrim i natyrës probabilitare të problemit të dëmtueshmërisë së strukturave si edhe parametrat hyrës të saj të përdorur në këtë temë. Gjithashtu janë prezantuar shkurtimisht kurbat e dëmtueshmërisë së zhvilluara nga projekti Hazus (FEMA) dhe ato të zhvilluara nga Universiteti Aristotel në *Selanik*, si edhe studime të autorëve të tjerë të bëra në këtë fushë.

Në këtë temë është bërë vlerësimi i dëmtueshmërisë sipas metodës analitike të bazuar në spektrin e kapacitetit, *FraCas*; bazat teorike të së cilës, bujarisht, janë vënë në dispozicion nga zhvilluesit e tyre në *University College London*. Fillimisht një analizë statike jolinare zhvillohet me qëllim që të përftohet spektri i kapacitetit të strukturës së përzgjedhur përfaqësuese. Kjo analizë zhvillohet për të tre rastet e karakteristikave të materialit të tipit të strukturës (cilësi e ulët, cilësi mesatare dhe cilësi e mirë e materialeve). Më pas përcaktohen nivelet e dëmtueshmërisë (Dëmtme të Lehta, Dëmtime të Moderuara, Dëmtime të Mëdha, Dëmtime të Rënda dhe Shkatërrim).

Gjithashtu një model i thjeshtuar me një shkallë lirie i jepen karakteristikat e strukturës së përzgjedhur dhe një analizë e thjeshtuar dinamike zhvillohet duke marrë rene e pikave të performancës (rreth 13000 PP) të cilat i nënshtrohen një seti analizash regresi nga ku përcaktohen parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë (mediana dhe shpërndarja mesarare kuadratike), përmes së cilave ndërtohen kurbat e dëmtueshmërisë.

Në fund, rezultatet e marra në këtë temë, krahasohen me studime të ngjashme të realizuara në Greqi për strukturat prej betoni të armuar të projektuara pa kriteret e mbrojtjes sizmike. Nga ky krahasim u vërejt se ndryshimet më të mëdha ishin në rastin e parashikimit të mundësisë së zhvillimit të dëmtimeve të lehta, ndërkohë që parashikimi për momentin e mundshëm të shkatërrimit të strukturës ishte pothuajse identikë.

FJALËT KYÇE: Kurbë Dëmtueshmërie, Kërkesë Sizmike, Nivele Dëmtueshmërie, Variabla Rastësore, FraCas etj

ABSTRACT

This thesis describes a procedure and an example in developing the seismic fragility curves for reinforced concrete structures in Tirana. For this purpose, structures built in this city during the third decade of XX century, designed for gravity loads only, are considered.

The thesis starts with a brief description of its aims and paper structure. In order to achieve its goal, different data referred to relevant institutions such as Central Technical Paper of Construction Archive; Institute of Geosciences, Energy, Water and Environment (IGEW), many papers regarding the fragility function in international literature and numerous of studies about the vulnerability of reinforced concrete structures have been used.

The thesis continues with a description of the seismic hazard in Albania as well as the entire history of the development of the design code of buildings in our country. Further, a description of the nature of the problem is given: the fragility function (curves) provide the probability of reaching or exceeding a prescribed damage level for a wide range of seismic hazard. Also, a brief description of the fragility curves developed by Hazus (*FEMA*) in the US and those developed by *Aristotle University in Thessaloniki* is provided.

The procedure used in this thesis is an analytical one, based on the analysis of the capacity spectrum, *FraCas*; which its theoretical basis and practical tools, were generously provided by their developers at the *University College of London*. First a static nonlinear analysis is carried out to obtain the capacity spectrum of the existing representative structure (the facility of Polytechnic University of Tirana). This analysis is conducted for three cases of material properties: poor quality, typical quality and good quality. Then, the damage states are defined. In this case, five damage thresholds for RC frame and dual buildings are used (Slight, Moderate, Substantial to Heavy, Very Heavy and Collapse).

Secondly, a simplified SDOF model is fitted the structure's capacity and properties for each case (poor, typical and good quality). In contrast to other capacity spectrum methods, *FraCas* does not rely on reduction factors or other indices to estimate the inelastic spectrum from the elastic one. Instead, it carries out, a simplified dynamic analysis on the idealized nonlinear SDOF model corresponding to the capacity curve.

The conditions of local seismic hazard were considered. Because of the limited number of real time history records from the Tirana region, a set of simulated records were generated to represent the variability of seismic hazard. This way, besides the material properties variability, the natural record-to-record variability is directly considered and the resulting cloud of performance points (more than 13000 PP) is subjected to a set of regression analysis to derive the fragility function parameters (mean values and dispersion). From which, a set of fragility curve is derived.

In conclusion, the results obtained in this thesis are compared with those from similar cases for RC pre-code structures in Greece. Most differences are noticed when predicting the possibility of developing slight damages, while there is almost the same prediction regarding to the probability of reaching or exceeding the "collapse" damage state.

KEY WORDS: *Fragility Curves, Intensity Measures, Damage States, Random Variables, FraCas etc.*

TABELA E PËRMBAJTJES

ABSTRAKT	i
ABSTRACT	ii
TABELA E PËRMBAJTJES.....	iii
LISTA E FIGURAVE.....	vi
LISTA E TABELAVE.....	x
LISTA E SHKURTIMEVE DHE SIMBOLEVE	xii
1. HYRJE	1
1.1. Qëllimi i temës	2
1.2. Organizimi i temës	3
2. RREZIKU SIZMIK DHE PROJEKTIMET ANTISIZMIKE.....	5
2.1. Rreziku sizmik në Shqipëri	5
2.2. KTP-N.2-78.....	11
2.3. KTP-N.2-89.....	13
2.3.1. Lëviziet sizmike të truallit	14
2.3.2. Kombinimi i veçantë i ngarkesave.....	14
2.3.3. Metodatat llogaritëse.....	15
2.4. EN 1998-1	18
2.4.1. Pranimet kryesore të projekteve antisizmike në EN 1998-1	19
2.4.2. Veprimi sizmik.....	19
2.4.3. Kombinimi sizmik i ngarkesave	22
2.4.4. Faktori i sjelljes dhe duktiliteti i kurbaturës së strukturave duktile	23
2.4.5. Aspekte të projektimit sipas kapaciteteve.....	24
3. FUNKSIONI I DËMTUESHMËRISË SË STRUKTURAVE	29
3.1. Teoria probabilitare dhe dëmtueshmëria.....	29
3.1.1. Ligji Shpërndarjes Normale.....	30
3.1.2. Ligji i Shpërndarjes Logaritmike Normale	31
3.2. Koncepti mbi Funkcionin e Dëmtueshmërisë	32
3.4. Kërkesa Sizmike.....	35
3.5. Nivelet e Dëmtueshmërisë	42
3.5.1. EMS-98.....	42
3.5.2. HAZUS	45
3.5.3. AUTH	46
3.6. Tipologjitë e strukturave prej betoni të armuar në studimet e dëmtueshmërisë.....	47

3.7.	Metodologjitë e derivimit të kurbave të dëmtueshmërisë	48
3.7.1.	Metodat Empirike	49
3.7.2.	Metoda e bazuar tek vlerësimet e ekspertëve	50
3.7.3.	Metodat Analitike	50
3.7.4.	Metodat Hibride	51
4.	STUDIME TË MËPARSHME RRETH FUNKSIONIT TË DËMTUESHMËRISË.....	52
4.1.	Hulumtim i shkurtër i disa procedurave të derivimit të kurbave të dëmtueshmërisë	52
4.2.	Kurbat e dëmtueshmërisë sipas projektit HAZUS	57
4.2.1.	Funksioni i Dëmtueshmërisë sipas HAZUS	57
4.2.2.	Përcaktimi i Medianës së Nivelit të Dëmtueshmërisë	58
4.2.3.	Përcaktimi i shpërndarjes mesatare kuadratike të Nivelit të Dëmtueshmërisë ..	59
4.3.	Kurbat e dëmtueshmërisë sipas modelit të propozuar nga ATh.....	61
4.3.1.	Funksioni i dëmtueshmërisë sipas ATh	61
4.3.2.	Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë	61
5.	ZHVILLIMI I KURBAVE TË DËMTUESHMËRISË.....	64
5.1.	Zhvillimi i kurbave të dëmtueshmërisë përmes vlerësimit të spektrit të kapacitetit, FraCas	64
5.2.	Aspekte të modelimit të tipologjisë së strukturave	65
5.3.	Përzgjedhja e setit të tërmeteve.....	67
5.4.	Analiza PushOver.....	68
5.5.	Përcaktimi i pikës së performancës.....	69
5.5.1.	Transformimi i kurbës PushOver në formatin ADRS.....	69
5.5.2.	Idealizimi i kurbës së kapacitetit.....	70
5.5.3.	Llogaritja e spektrit inelastik dhe përcaktimi i pikës së performancës.....	71
5.6.	Vlerësimi i parametrave inxhinierikë të kërkesës EDP, për çdo pikë të performancës	73
5.7.	Analizat e Regresit dhe Funksioni i dëmtueshmërisë	74
6.	KURBAT E DËMTUESHMËRISË PËR NDËRTESAT PREJ BETONI TË ARMUAR TË NDËRTUARA NË VITET ‘30.....	75
6.1.	Përshkrimi i objektit referencë	75
6.2.	Modeli llogaritës	77
6.2.1.	Materialet, seksionet tërthore dhe veçoritë e tyre	78
6.3.	Vlerësimi i Niveleve të Dëmtueshmërisë.....	85
6.4.	Analiza e spektrit të kapacitetit	86
6.4.1.	Varjueshmëria e kapacitetit.....	86
6.4.2.	Varjueshmëria e kërkesës sizmike	87

Studim mbi dëmtueshmërinë e strukturave me skelet prej betoni të armuar

6.4.3. Futja e të dhënave në program.....	88
6.5. Përpunimi i rezultateve.....	91
6.5.1. Analizat e regresit	91
6.5.2. Kurbat e dëmtueshmërisë së ndërtesës referencë.....	92
6.6. Interpretimi dhe krahasimi i rezultateve të kurbave të dëmtueshmërisë.....	93
7. PËRFUNDIME.....	97
REFERENCAT.....	99

LISTA E FIGURAVE

Figura 1.1 Pamje ilustruese e fuqisë shkatërruese të tërmeteve, Sichuan Kinë 2008 (M=8)	1
Figura 2.1 Majtas harta e prishjeve tektonike, djathtas skema tektonike e Shqipërisë (IGJEUM)	6
Figura 2.2 Majtas harta sizmike e vitit 1963, djathtas harta sizmike e vitit 1979 e cila është ende në fuqi.....	8
Figura 2.3 Thyerjet aktive (Aliaj et al., 2004) dhe tërmetet më të fortë që kanë ndodhur në zonën e Tiranës dhe pranë saj. Ngjyrat paraqesin kronologjinë e aktivitetit të thyerjeve: Blu: Pliocen i mesëm-Holocen; Jeshile: Pliocen i poshtëm-Pleistocen; Kuq: Pre-Pliocene, aktiv edhe gjatë Pliocene-Quaternary.	10
Figura 2.4 Harta e nxitimeve maksimale në shkëmb, me probabilitet 10%/50 vjet (në %g) (Alijaj Sh., etj 2004).....	11
Figura 2.5 Varjimi i vlerave të koeficientit dinamik për tre tipet e truallit në KTP-N.2-89....	16
Figura 2.6 Spektrat elastikë referuar kërkesës sizmike të hartës së vitit 1963, 1979 dhe 2004 sipas përcaktimeve të bëra nga KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 dhe EN8	17
Figura 2.7 Spektrat elastikë referuar kërkesës sizmike të hartës së vitit 1963, 1979 dhe 2004 sipas përcaktimeve të bëra nga KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 dhe EN8, rasti i trojeve te forta...	18
Figura 2.8 Spektrat elastikë për trojet e Tipit 1: A, B, C, D, E me nxitim maksimal të truallit 0.22g.....	21
Figura 2.9 Derivimi i forces prerëse në projektimin sipas kapaciteteve në një tra	25
Figura 2.10 Forca prerëse në kolona në projektimin sipas kapaciteteve	26
Figura 2.11 Epjurat e forces prerëse të murit duktil	27
Figura 2.12 Shpërndarja e deformimeve plastike në mënyrë uniforme në të gjitha katet e struktures	28
Figura 3.1 Majtas: Densiteti probabilitar, Djathtas Shpërndarja kumulative-Norm.....	31
Figura 3.2 Majtas Densiteti probabilitar, Djathtas Shpërndarja kumulative-LogNorm	32
Figura 3.3 Shembull i kurbave të dëmtueshmërisë, marrë nga programi SYNER-G, Rossetto & Elnashai 2004.....	34
Figura 3.4 Akselerograma e Tërmetit te Elbasanit, 19 Maj 2014.....	36
Figura 3.5 Gjëndiet Kufitare dhe Gjëndiet e Dëmtueshmërisë (adaptuar nga SYNER-G D3.1, 2011)	42

Figura 3.6 Ilustrime të niveleve të dëmtueshmërisë sipas EMS-98.....	44
Figura 3.7 Gjëndiet e Dëmtueshmërisë së propozuara nga HAZUS, paraqitur në një shembull kurbash dëmtueshmërie (marrë nga HAZUS MH MR5 Figure 2.5)	46
Figura 3.8 Paraqitja e Niveleve të Dëmtueshmërisë në kurbën e bilinarizuar të kapacitetit ...	46
Figura 4.1 Kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat e tipit Ramë, Kirimedian etj, marrë nga SYNER-G.	52
Figura 4.2 Skema e zhvillimit të Kurbave të Dëmtueshmërisë sipas Dumova-Jovanoska.....	53
Figura 4.3 Kurbat e Dëmtueshmërisë prej betoni të armuar me 13 kate, Vacarenau etj. 2004 (marrë nga SYNER-G)	57
Figura 4.4 Kurba e dëmtueshmërisë për nivelin e dëmtimeve të mëdha, për një strukturë me lartësi mesatare dhe e projektuar me kritere të larta antisizmike.....	58
Figura 4.5 Kurbat e Dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar me lartësi mesatare të projektuara me kërkesa të ulëta sizmike në Greqi, Kappos 2006 (marrë nga SYNER-G) ..	62
Figura 4.6 Kurbat e Dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar me lartësi mesatare të projektuara me kërkesa të larta sizmike në Greqi, Kappos 2006 (marrë nga SYNER-G)...	63
Figura 5.1 Bllok skema e rrugës së ndjekur për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë	65
Figura 5.2 Paraqitja skematike e bjellës ekuivalente të muraturës ndarëse	66
Figura 5.3 Spektrat e nxitimeve të tërmeteve të gjeneruar me programin SeismoSrtif.....	68
Figura 5.4 Paraqitja në formatin ADRS e kurbës së bilinarizuar sipas parimit të energjive të barabarta.....	71
Figura 5.5 a) Diskretizimi i kurbës së kapacitetit, b)Përcaktimi i pikës së performancës	72
Figura 5.6 Pikat e performancës në grafikun IM-EDP për rastin me katër nivele dëmtueshmërie, e shprehur në formën e drifteve maksimale dhe nxitimit maksimal të truallit.	73
Figura 5.7 Paraqitja skematike e përcedurës së Analizës së Regresit për katër nivele të supozuara të dëmtueshmërisë	74
Figura 6.1 Universiteti Politeknik i Tiranës.....	75
Figura 6.2 Planimetria e podrumit: Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original.....	76
Figura 6.3 Planimetria e katit tip (kati përdhe dhe kati i parë): Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original	76

Figura 6.4 Planimetria e katit të dytë: Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original.....	77
Figura 6.5 Pamje të ambienteve të brëndëshme të Universitetit Politeknik të Tiranës	77
Figura 6.6 Pamje e modelit 3-Dimensional të marrë nga programi Etabs v.13	78
Figura 6.7 Llogaritjet statike të aplikuara në projektimin e strukturës (lart prezantimi i detyrës llogaritëse, poshtë llogaritja e traut të ramave 2 dhe 3)	79
Figura 6.8 Kurbat e kapacitetit të strukturës për të dy drejtimet	81
Figura 6.9 Idealizimi i kurbës së drejtimit gjatësor (X).....	82
Figura 6. 10 Idealizimi i kurbës së kapacitetit të dretimit tërthor (Y)	83
Figura 6.11 Krahasimi i kurbave të kapaciteti në formatin ADRS.....	83
Figura 6.12 Akselerogramat e tërmetit të Tiranës, vënë në dispozicion nga IGJEUM	84
Figura 6.13 Pika e Performancës së Drejtimit Gjatësor (X) me komponenten Lindje Perëndim të tërmetit të Tiranës të gjeneruar nga Programi FRACAS	84
Figura 6.14 Pika e Performancës së Drejtimit Tërthor (Y) me komponenten Veri Jug të tërmetit të Tiranës të gjeneruar nga Programi FRACAS	85
Figura 6.15 Specifikimi i Niveleve të Dëmtueshmërisë-UPT	86
Figura 6.16 Kurbat e kapacitetit për materiale me veti të ndryshme	87
Figura 6.17 Disa nga akselerogramat reale (IGJEUM) të përdorura në analizën e kapacitetit	88
Figura 6.18 Shembulli i formatit .txt të kurbës së kapacitetit të përshtatur për programin FRACAS	88
Figura 6.19 Pamje nga seksioni i fletës së programit Excel për futjen e të dhënave të kapacitetit të strukturës	89
Figura 6.20 Vendosja e kriterëve të idealizimit dhe saktisë së përcaktimit të pikës së performancës.....	89
Figura 6.21 Pamja e seksionit të specifikimit të kërkesës sizmike	90
Figura 6.22 Pikat e performancës së gjeneruara nga programi FRACAS	90
Figura 6.23 Reja e pikave të performancës dhe nivelet e dëmtueshmërisë	91
Figura 6.24 Analiza e Regresit për nivelin e tretë të dëmtueshmërisë DS3	92

Figura 6.25 Kurbat e dëmtueshmërisë për ndërtesën referencë-Strukturë me skelet prej betoni të armuar, me prezencë të muraturës dhe e projektuar pa kërkesa sizmike.....	93
Figura 6.26 Grafiku i ndërprerjes së kërkesës sizmike me kurbat e dëmtueshmërisë	93
Figura 6.27 Krahasimi i mundësisë së arritjes së niveleve të dëmtueshmërisë për tre rastet të shprehjes së rrezikut sizmik	95
Figura 6.28 Krahasimi mes kurbave të dëmtueshmërisë së zhvilluara në këtë temë me ato të zhvilluara nga Kappos, Greqi, për strukturat prej betoni të armuar me prezencë të muratures, të projektuara dhe të ndërtuara pa kërkesa sizmike	95

LISTA E TABELAVE

Tabela 2.1 Evidencë mbi dukurinë e lëngëzimit në Shqipëri (IGJEUM-UNDP).....	7
Tabela 2.2 Ndryshimet e intensitetit sizmik mes hartës së vitit 1963 dhe vitit 1978	8
Tabela 2.3 Nxitimi maksimal i pritshëm i truallit (NMT-në % të g, $g=9.81 \text{ m/s}^2$) sipas periudhës karakteristike të rikthimit (UNDP 2003).....	9
Tabela 2.4 Koefficientët e kombinimit të veçantë	14
Tabela 2.5 Vlerat e koefficientëve të intensitetit sizmik (k_E).....	15
Tabela 2.6 Parametrat e spektrave elastikë sipas EN 1998-1 për kategoritë e tojeve Tipi 1: A, B, C, D, E.....	21
Tabela 2.7 Vlerat bazë të faktorit të sjelljes sipas EN 1998	23
Tabela 3.1 Shkallët sizmike që përdoren nga vende të ndryshme	36
Tabela 3.2 Shkalla Sizmike MSK-64.....	38
Tabela 3.3 Shkalla sizmike e Modifikuar e Mercalit.....	39
Tabela 3.4 Shkalla e intensitetit sizmik EMS-98.....	40
Tabela 3.5 Korrelimi i shkallëve sizmike	41
Tabela 3.6 Tabela e Niveleve të Dëmtueshmërisë sipas EMS-98 (marrë nga EMS-98 Grunthal 1998).....	43
Tabela 3.7 Nivelet e Dëmtueshmërisë Strukturore sipas HAZUS për strukturat prej betoni të armuar të tipit ramë dhe të kombinuara, referuar HAZUS MH MR5	45
Tabela 3.8 Kufinj të dëmtueshmërisë e propozuar nga AUTH	47
Tabela 3.9 Tabela përmbledhëse krahasuese e niveleve të dëmtueshmërisë së prezantuara në këtë temë	47
Tabela 3.10 Tipet e strukturave prej betoni të armuar sipas projektit HAZUS	47
Tabela 3.11 Tipet e strukturave prej betoni të armuar sipas AUTH në projektin RISK-UE...	48
Tabela 4.1 Raporti i drifteve për strukturat prej betoni të armuar (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.8).....	59
Tabela 4.2 Vlerat e koefficientit të faktorit modal α_2 për strukturat prej betoni të armuar (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.5)	59

Tabela 4.3 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret të larta të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9a)	60
Tabela 4.4 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret mesatare të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9b)	60
Tabela 4.5 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret të ulëta të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9c)	60
Tabela 4.6 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara pa kriteret të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9d)	61
Tabela 4.7 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara pa kritere ose me kritere të ulëta të ulëta të projektimit antisizmik (marrë nga SYNER-G Fragility Tool)	62
Tabela 4.8 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara me kritere të moderuara deri në të larta të projektimit antisizmik (marrë nga SYNER-G Fragility Tool)	63
Tabela 5.1 Karakteristikat e tërmeteve të gjeneruara nga programi SesismoArtif	68
Tabela 6.1 Tabela e materialeve të strukturës	78
Tabela 6.2 Tabela e seksioneve tërthore dhe specifikimi i armaturës	80
Tabela 6.3 Kufinj të zhvendosjes spektrale për vlerësimin e Niveleve të Dëmtueshmërisë së ndërtesës referencë	85
Tabela 6.4 Parametrat kufitarë të Niveleve të Dëmtueshmërisë	86
Tabela 6.5 Tabela e varjimit të karakteristikave të materialeve të objektit referencë	87
Tabela 6.6 Parametrat e shpërndarjes LogNormal të kurbave të dëmtueshmërisë për ndërtesën referencë	92
Tabela 6.7 Matrica e dëmtueshmërisë së ndërtesave me skelet prej betoni të armuar të projektuara dhe ndërtuara pa kërkesa sizmike	94
Tabela 6.8 Ndryshimet e parametrave të shpërndarjes LogNormale mes UPT dhe Kappos A.	96

LISTA E SHKURTIMEVE DHE SIMBOLEVE

A_c	Sipërfaqja e seksionit tërthor
A_{Ed}	Ngarkesa sizmike
$A_{Edx,dy,dz}$	Forca sizmike sipas drejtimit x, y, z
a_g	Nxitimi maksimal i truallit
A_{sw}	Sipërfaqja e seksionit tërthor të stafave rrethore
AUTH	Aristotele University of Thessaloniki
b_i	Largësia midis akseve të shufrave gjatësore
b_o, h_o	Dimensionet e bërthamës së shtrënguar matur midis akseve të kthesave të stafave
c	Shtresa mbrojtëse e betonit
CIMNE	International Centre for Numerical Methods in Engineering of Barcelona, Spanjë
CSI	Computers and Structures Inc.
D	Diametri i seksionit
d_{bL}	Diametri (mesatar) i shufrave të tërhequra
DMP	Damage Matrix Probability, Matricat e Dëmtueshmërisë
d_{si}	Niveli i Dëmtueshmërisë
E_C	Moduli i elasticitetit të materialit të ramës
E_d	Vlera e focave të projektimit
E_{Edx}	Komponentja horizontale e veprimit sizmik sipas drejtimit të zgjedhur x
E_{Edy}	Komponentja horizontale e veprimit sizmik sipas drejtimit të zgjedhur y
E_{Edz}	Komponentja vertikale e veprimit sizmik
E_m	Moduli i elasticitetit të materialit të muraturës
EMS-98	European Macroseismic Scale
$f(x)$	Funksioni i densitetit
$F(x)$	Funksioni i shpërndarjes kumulative
FEM	Finite Element Method, Metoda e Elementëve të Fundëm
FEMA	Federal Emergency Management Agency, Agjensia Federale e Menaxhimit të Emergjencave
g	Nxitimi i rënies së lirë
$G_{k,j}$	Ngarkesat e përhershme
GNDT	Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti
h	Lartësia e seksionit tërthor
h_{col}	Lartësia e murit
h_{col}	Lartësia e kolonës e llogaritur si distanca ndërmjet qendrave gjeometrike të trarëve që ato mbajnë
I_{col}	Momenti i inercisë së kolonës
IGJEUM	Insituti i Gjeoshkencave Energjisë, Ujit dhe Mjedisit
IM	Kërkesa Sizmike (Intensitie Damage)
IM_{mi}	Vlera mesatare e kërkesës sizmike për të cilën arrihet niveli i dëmtueshmërisë d_{si}
IZIIS	Insituti i Inxhinierisë Sizmike, Shkup

k_e	Koefiçienti sizmik
k_E	Koefiçienti i sizmicitetit
k_r	Koefiçienti i rëndësisë së objektit
KTP	Kodi Teknik i Projektimit
M^*	Masa modale efektive e modit të parë të lekundieve
$\max V_{i,d,b}$	Forca prerëse në projektimit sipas kapaciteteve
MCS	Mercalli-Cancani-Sieberg Intensitie Scale
m_k	Koefiçient që varet nga forma e deformacionit të ndërtimit gjatë lekundieve
MMI	Modified Mercalli Intensity Scale
$M_{Rd,bi}$	Vlera e momentit të rezistencës
MSK-64	V. Medvedev, W. Sponheuer and V. Karnik Intensity Scale
N	Forcë aksiale
N	Numri total i kateve
P_f	Probabiliteti i arritjes apo tejkalimit të një niveli të caktuar të dëmtueshmërisë
PGA	Nxitimi maksimal i truallit
PGV	Shpejtësia maksimale e truallit
P_k	Perjudha ose perioda e kthimit
q	Faktori i sjelljes
Q_k	Ngarkesa veritkale që shkakton forcën e inercisë e përbërë nga pesha e vetë konstruksionit, vinçave, pesha e përkohëshme si ngarkesa nga dëbora, etj
$Q_{k,1}$	Ngarkesa e përkohëshme predominuese
$Q_{k,j}$	Ngarkesat e përkohëshme
r_{inf}	Gjatësia e bjellës, e cila është sa diagonalja e panelit të murit ndarës
S	Faktori që merr në konsieratë truallin
S_a	Nxitimi spektral
S_d	Zhvendosja spektrale
$S_d(T)$	Spektri i projektimit
$S_{eq,x}, S_{eq,y}$	Vlerat e faktorit që dalin prej llogaritjes së konstruksionit veç e veç ndaj përbërësve horizontale të truallit
$S_{eq,z}$	Vlera e faktorit që del nga llogaritja e përbërëses vertikale sizmike
SYNER-G	Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings
T	Perjoda e lëkuries së një sistemi me një shkallë lirie
T_B	Limiti i poshtëm i periodës në pjesën konstante të spektrit
T_C	Limiti i sipërm i periodës në pjesën konstante të spektrit
T_D	Vlera e perijodës ku spektrin zhvendosje nxitim, zhvendosjet janë konstante
T_i	Perjoda e modit të “i”-të të lekundieve të ndërtesës
t_{inf}	Trashësia e murit ndarës dhe e bjellës ekuivalente
u_n	Zhvendosja në katin e fundit
UNDP	United Nations Development Program
UNIGE	Università degli Studi di Genova, Itali
UTCB	Technical University of Civil Engineering of Bucharest
v	Koefiçienti i variacionit
V_b	Forca prerëse në bazë
$V_{g+\psi q}$	Forca prerëse në skajet e trarëve

β	Koefiçienti dinamik (KTP)
β	Dispersioni variablës me shpërndarje logaritmike normale dhe jepet: $\beta = \sigma_{\ln x}$
β	Vlera kufitare e poshtme e spektrit horizontal të projektimit
β_{tot}	Shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror të kërkesës sizmike për nivelin “i” të dëmtueshmërisë
γ_{Ed}	Faktori që merr në konsideratë deformimet e çelikut
γ_{G}	Koefiçienti parcial i ngarkesave të përhershme
γ_{Q}	Koefiçienti parcial i ngarkesave të përkohëshme
δ	Këndi midis diagonales dhe aksit të kollonës
η_{ki}	Koefiçienti i shpërndarjes së ngarkesës sizmike të llogaritjes
θ	Këndi i bjellës, tangenti i të cilit është raporti i lartësisë me gjatësinë e murit mbushës
θ	Mediana në këtë rast jepet: $\theta = e^{\mu_{\ln x}}$
λ_{I}	Koefiçient që përdoret për të përcaktuar trashësinë e bjellës ekuivalente
μ	Pritja matematike e variablës rastësore me shpërndarje normale
$\Sigma M_{\text{Rd,b}}$	Shuma e kapaciteteve në përkulje të trarëve të nyjes
$\Sigma M_{\text{Rd,c}}$	Shuma e kapaciteteve në përkulje të kolonës së nyjes
σ	Dispersioni i variablës rastësore me shpërndarje normale
φ	Funksioni i normalizuar i shpërndarjes normale
ϕ	Funksioni kumulativ i shpërndarjes Normale Standarte
Φ	Funksioni standart i shpërndarjes normale
Φ_i	Zhvendosja modale e katit të i-të për modin e parë të lëkundieve
ψ	Koefiçienti i reagimit të strukturës nën veprimin sizmik (KTP)
ψ_0	Faktori i kombinimit të ngarkesave të përkohëshme për kombinimin e parë të ngarkesave
ψ_2	Faktori i kombinimit të ngarkesave të përkohëshme për kombinimin sizmik të ngarkesave

1. HYRJJE

Tërmetet përfaqësojnë një nga fenomenet më shkatërrimtare të natyrës. Kjo jo vetëm sa i takon humbjeve në jetë njerëzore por edhe efekteve shkatërrimtare ndaj gjithçkaje që është ndërtuar nga dora e njeriut, madje në raste të veçanta ato mund të bëhen shkak i ndryshimit të relievit. Për këtë arsye, kërkime mbi natyrën dhe origjinën e tërmeteve si edhe reagimin e strukturave të ekspozuara ndaj efekteve të tyre, përbëjnë një nga fushat më të rëndësishme të kërkimit dhe zhvillimit të inxhinerisë sizmike. Këto kërkime konsistojnë jo vetëm në zhvillimin e njohurive të projektimit të strukturave të reja ndaj kërkesave sizmike, por edhe vlerësimin e ekspozueshmërisë së strukturave ekzistuese ndaj rrezikut sizmik si edhe riaftesimin me qëllim që performanca e tyre të arrijë objektivat e synuara në funksion të destinacionit të përdorimit të strukturës apo kërkesave të veçanta të kontraktorit (okupuesit të ndërtesës). Në këtë kuptim, vende të zhvilluara (si SHBA, Japonia etj) kanë bërë përpjekje të mëdha si edhe investime serioze duke i zhvilluar në formën e “Manualeve të Vlerësimit të Riskut Sizmik”, të cilat i kanë bërë pjesë të legjislacioneve përkatëse të ndërtimit (p.sh FEMA P-58). Edhe në Europë janë zhvilluar projekte të ndryshme për këtë qëllim si projekti RISK-UE dhe SYNER-G.



Figura 1.1 Pamje ilustruese e fuqisë shkatërruese të tërmeteve, Sichuan Kinë 2008 (M=8)

Në Shqipëri, si një vend me rrezik të lartë sizmik, është shumë i rëndësishëm projektimi dhe vlerësimi sizmik i strukturave. Në shumicën e rasteve, është pikërisht kërkesa sizmike e projektimit ajo që bëhet vendimtare në zgjedhjen e strukturave dhe në përfundimin e elementëve. Në disa vende të Europës, dhe vitet e fundit edhe në vendin tonë, kanë gjetur përdorim të gjërë edhe “Eurokodet Strukturore”, të cilat përshkruajnë një mënyrë të konceptimit dhe projektimit të strukturave të të gjitha llojeve të mbështëtura në eksperiencën e akumuluar përgjatë viteve. Mirëpo, pavarësisht përpjekjeve individuale të inxhinierëve në Shqipëri, apo nismave institucionale, në vendin tonë është ende në fuqi kodi i vjetër i projektimit, i njohur si KTP. Ky kod, është me pak konservativ në raport me Eurokodin 8, i cili përfaqëson normën europiane të projektimit të strukturave prej betoni të armuar në zona sizmike. Përditësimi i fundit i KTP është ai i viti 1989 me miratimin e KTP-N.2-89. Përpara kësaj kohe, ndërtimet në vendin tonë bëheshin me një kod akoma më të vjetër edhe më inferior ndaj kërkesës sizmike, KTP-N.2-78 e më parë edhe me KTP-63.

Shumica e strukturave, duke përfshirë edhe ato të ndërtuara jo domosdoshmërisht sipas kriterëve të mbrojtjes sizmike, kanë një kapacitet të caktuar për t’i rezistuar ngarkesave horizontale duke kufizuar dëmtimet brenda një niveli të caktuar për tërmete të moderuara. Natyrisht, se sa të pranueshme do të ishin këto dëmtime do të varej nga kërkesat e okupuesit si edhe nga destinacioni i përdorimit të strukturës.

1.1. Qëllimi i temës

Në këtë temë është paraqitur një studim mbi dëmtueshmërinë e strukturave të rëndësishme të veçantë prej betoni të armuar të ndërtuara në Shqipëri gjatë viteve ’30 të shekullit të kaluar. Në inxhinierinë sizmike, studimi i dëmtueshmërisë së objekteve prej betoni të armuar ka një vend të rëndësishëm për shkak të përhapjes shumë të gjerë të këtyre tip strukturave, një pjesë e të cilave janë projektuar dhe ndërtuar me kodet e “vjetra” të projektimit që i bënë ato më të ekspozuara ndaj rrezikut sizmik.

Dëmtueshmëria është një koncept i cili përfshin shumë aspekte të vlerësimit sizmik e jo sizmik të strukturave, siç janë vulnerabiliteti, matricat e dëmtueshmërisë, kurbat e fraxhilitetit dhe funksioni i humbjeve¹ për të arritur tek risku sizmik². Në këtë temë do të kufizohemi vetëm në ndërtimin, interpretimin dhe krahasimin e kurbave të fraxhilitetit të ndërtuara sipas mënyrave të ndryshme të propozuara në literaturën ndërkombëtare. Për këtë arsye, në këtë temë, duhet të sqarjohet se me termin funksion dëmtueshmërie, apo kurbë dëmtueshmërie i referohemi pikërisht studimit të fraxhilitetit të tipit të strukturave të marrë në shqyrtim, ndërtuesat e rëndësishme të veçantë prej betoni të armuar të projektuara dhe ndërtuara pa kriteret e mbrojtjes sizmike.

Dëmtueshmëria e një strukture të caktuar, apo më gjërë një grupi tip ndërtesash me karakteristika të përbashkëta, është një korelacion ndërmjet kërkesës sizmike (ose intensitetit sizmik) dhe shkallës apo nivelit të dëmtueshmërisë së strukturës. Ky korelacion shpreh probabilitetin e arritjes apo tejkalimit të një niveli të caktuar të dëmtueshmërisë së strukturës

¹ Funksioni i Humbjeve është zhvilluar dhe propozuar nga projekti HAZUS i FEMA

² Risku sizmik përfaqëson pasojat e pritshme për shkak të një ngjarje të mundshme sizmike.

për një gamë të caktuar të kërkesës sizmike, që mund të shprehet në forma të ndryshme (PGA, PGV, S_a , S_d , etj).

Funksionet e dëmtueshmërisë (apo kurbat e dëmtueshmërisë) kanë një rëndësi shumë të madhe jo vetëm në vlerësimin e impaktit të një tërmeti potencial në një strukturë (vulnerabiliteti sizmik) apo edhe në parashikimin e humbjeve të mundshme (monetare e njerëzore, risku sizmik) por edhe në planifikimin e masave dhe të strategjive të reagimit në rast tërmeti. Gjithashtu funksionet e dëmtueshmërisë mund të përdoren edhe për përcaktimin e strategjive të riaftesimit të strukturave duke bërë krahasime tekniko-ekonomike për përcaktimin e zgjedhjes më të përshtatshme. Së fundmi, kurbat e dëmtueshmërisë mund të përdoren edhe për kalibrimin e kodeve të projektimit, për studimet e zvoglimit të riskut sizmik por edhe mund të shërbëje si një bazë shumë e mirë për kompanitë e sigurimit për përcaktimin e policës së sigurimit të një ndërtese.

Nisur nga sa thamë më sipër, qëllimi i kesaj temë mund të formulohet si më poshtë:

“Studimi i dëmtueshmërisë së strukturave me skelet prej betoni të armuar përmes kurbave të dëmtueshmërisë (fraxhilitetit). Strukturat e rëndësisë së veçantë të ndërtuara në Shqipëri pa kritere të mbrojtjes sizmike”.

1.2. Organizimi i temës

Kjo temë përbëhet prej shtatë kapitujsh në të cilët është përshkruar metodologjia e ndjekur dhe të dhënat e përdorura për vlerësimin e dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar. Me qëllim ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë është ndjekur procedura e mëposhtme.

Tema fillon, në kapitullin e dytë, me një përshkrim të rrezikut sizmik në Shqipëri, ku jepen të dhëna për burimin e tërmeteve dhe disa nga tërmetet më shkatërrimtare që janë regjistruar në vendin tonë. Gjithashtu në këtë kapitull tregohet edhe evoluimi i vlerësimit të rrezikut sizmik ndër vite dhe në funksion të saj është bërë një prezantim i kodeve teknikë të përdorura në të kaluarën dhe historiku i llogaritjes së strukturave në vënd, si dhe një përshkrim i kodit teknik në fuqi, KTP-N.2-89. Gjithashtu, pavarësisht se nuk është i miratuar ligjërisht për përdorim në Shqipëri, është paraqitur edhe kushti teknik euopian për projektimet antisizmike, Eurokodi 8.

Në kapitulli e tretë, jepet koncepti i funksionit të dëmtueshmërisë, natyra probabilitare e tij, tregohen format e funksioneve shpërdarës kumulativë në mënyrë të detajuar bashkë me të gjithë përcaktimet e nevojshme për ndërtimin e kurbës së dëmtueshmërisë. Jepet koncepti i kërkesës sizmike, si një matje sasiore e rrezikut sizmik, i nevojshëm jo vetëm për vlerësimin e vulnerabilitetit të strukturave, por edhe i probabilitetit të arritjes apo tejkalimit të një niveli të caktuar të dëmtueshmërisë së strukturave.

Kapitulli i katërt, është koceptuar në formën e një përshkrimi të shkurtër të studimeve të mëparshme të dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar përmes kurbave të dëmtueshmërisë. Paraqiten punime të autorëve të ndryshëm dhe në mënyrë të veçantë tregohen mënyrat se si vlerësohen parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë nga projekti Hazus dhe Universiteti Aristotel në Selanik.

Në kapitullin e pestë, prezantohet metodologjia *FraCas*, që do të ndiqet për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë në këtë temë.

Kapitulli i gjashtë fillon me prezantimin e objektit të marrë si referencë, godina e vjetër e Universitetit Politeknik të Tiranës, jepen detaje të veçorive teknike që ajo ka, faktorët që ndikojnë në kapacitetin e strukturës dhe varjablat e marra në konsideratë për të përgjithësuar në tipologjinë e ndërtesave të asaj kohe. Më pas për secilin rast tregohen llogaritjet dhe gjykimet për variablat rastësore dhe ndërtohen kurbat e dëmtueshmërisë me metodat e spektrit të kapacitetit (*FraCas*). Modeli kompjuterik i përdorur për konkretizimin e shembujve është Metoda e Elementeve të Fundëm (FEM^3), përmes programit strukturor *Etabs v13*. Analiza e përdorur për vlerësimin e parametrave variable të funksionit të dëmtueshmërisë është Analiza Statike Jolineare (*PushOver*), si edhe një set Analizash Regresi.

Në fund, bëhen krahasimet e mundëshme të rezultateve të marra dhe nxirren konkluzionet përkatëse bashkë me synimet e zhvillimit të fushës së kërkimit në të ardhmen.

³ Finite Element Method

2. RREZIKU SIZMIK DHE PROJEKTIMET ANTISIZMIKE

Të gjitha kushtet tekinke të zhvilluara në vende të ndryshme të botës, janë hartuar me qëllim që të arrihen tre objektiva kryesore: së pari të evitohen humbjet në jetë njerëzore, së dyti të limitohen sa më shumë dëmtimet në ndërtesat e zakonshme dhe së treti duhet që ndërtesat e rëndësishme të veçantë të mbesin në fazë operacionale. Në këtë kapitull është bërë një prezantim i shkurtër i rrezikut sizmik në Shqipëri si dhe ndryshimet që ka patur ky i fundit ndër vite së bashku me gjithë rregulloret e ndërtuara në funksion të sigurimit të strukturave nga rreziku sizmik.

2.1. Rreziku sizmik në Shqipëri

Sizmiciteti i një rajoni të caktuar përcaktohet në funksion të madhësisë së tërmeteve (magnitudës, intensitetit, momentit sizmik etj.) si dhe shpeshmërisë së përsëritjes së tyre (perioda ose frekuenca e ndodhjes së tyre). Shqipëria shtrihet në brezin sizmik alpin-mesdhetar, që përfshin zonën e kontaktit ndërmjet pllakave litosferike të Afrikës e të Euro-Azisë, e cila shtrihet nga ishujt Azore deri në kufirin lindor të pellgut të Mesdheut. Pjesa më aktive e saj është deti Egje dhe rajoni përreth. Në këtë rajon (33-43°V, 18-30°L), që karakterizohet nga rënia e një tërmeti me $M_s \geq 6.5$ me frekuencë pothuajse vjetore, ndodhen: Greqia, Shqipëria, Mali i Zi, Maqedonia, Bullgaria Jugore dhe Turqia Perëndimore.

Shqipëria karakterizohet nga veprimtaria e mikrotërmeteve intensive ($1.0 < M \leq 3.0$), e tërmeteve me madhësi të vogël ($3.0 < M \leq 5.0$) dhe mesatare ($5.0 < M \leq 7.0$) dhe vetëm rrallë nga ngjarje me tërmete të mëdha ($M > 7.0$). Gjatë shekullit XX, rreth 7% e energjisë së tërmeteve të cekëta është prodhuar nga burimet sizmike autoktone⁴ dhe aloktone⁵ për territorin e Shqipërisë. Ndeshja ndërmjet maleve Adria dhe Albanideve është përfituesi kryesor i veprimtarisë sizmike.

Ndërmjet shekullit III para Krishtit dhe deri më sot Shqipëria është goditur nga 55 tërmete të forta me intensitetet $I_0 \geq VIII$ të shkallës MSK-64⁶, nga të cilat 15 kanë qenë me intensitetet $I_0 \geq IX^\circ$, MSK-64. Nga këto 55 tërmete të mëdha, të shtrira në një periudhë prej 2000 vjetësh, 36 kanë ndodhur në shekullin XIX. Ky fakt tregon se numri i tërmeteve të forta historike që prekin Shqipërinë është nënvlerësuar (IGJEUM-UNDP).

Duke iu referuar raportit mbi Riskun Sizmik (2003) të IGJEUM të mbështetur mbi censusin e vitit 2001 në vendin tonë janë paraqitur të dhënat për dëmet e tërmeteve në Shqipëri. Vatrat e

⁴ Tërmetet autoktonë janë tërmetet të cilët kanë epiqëndër në territorin e Republikës së Shqipërisë

⁵ Tërmetet aloktonë janë tërmetet të cilët nuk e kanë epiqëndrën në territorin e Republikës së Shqipërisë

⁶ MSK-64, është një shkallë sizmike e emërtuar pas krijuesve të tyre, V. Medvedev, W. Sponheuer dhe V. Karnik, e propozuar për herë të parë në vitin 1964. Forma të përmirësuara të së cilës kanë shërbyer si bazë për ndërtimin e shkallës sizmike europiane EMS-98, të trajtuara në seksionin 2.2.

tërmeteve të Shqipërisë përqendrohen kryesisht përgjatë shkëputjeve aktive. Harta e shkëputjeve aktive në Shqipëri përcakton tri zona shkëputjeje aktive gjatësore dhe dy tërthore (IGJEUM):

- shkëputja me mbihijje joniane-adriatike, që shtrihet në drejtimin VP-VVP;
- zona e shkëputjes graben Shkodër-Mat-Librazhd (drejtimi VP);
- zona e shkëputjes graben Peshkopi-Korçë (drejtimi VJ);
- zona e shkëputjes normale Shkodër-Tropojë (drejtimi VL);
- zona e shkëputjes normale Elbasan-Dibër (drejtimi VL).

Shkëputjet tërthore Shkodër-Pejë dhe Vlorë-Tepelenë e ndajnë zonën e shkëputjes me mbihijje joniane-adriatike në tri segmente (verior, qendror dhe jugor). Zona e shkëputjes me mbihijje përfaqësohet prej tri shkëputjeve normale, grabenë të kontrolluar dhe gjysmëgrabenë (grabeni pliocen-kuaternar i Shkodrës, grabeni i miocenit i Matit, gjysmëgrabeni i miocenit i Librazhdit).

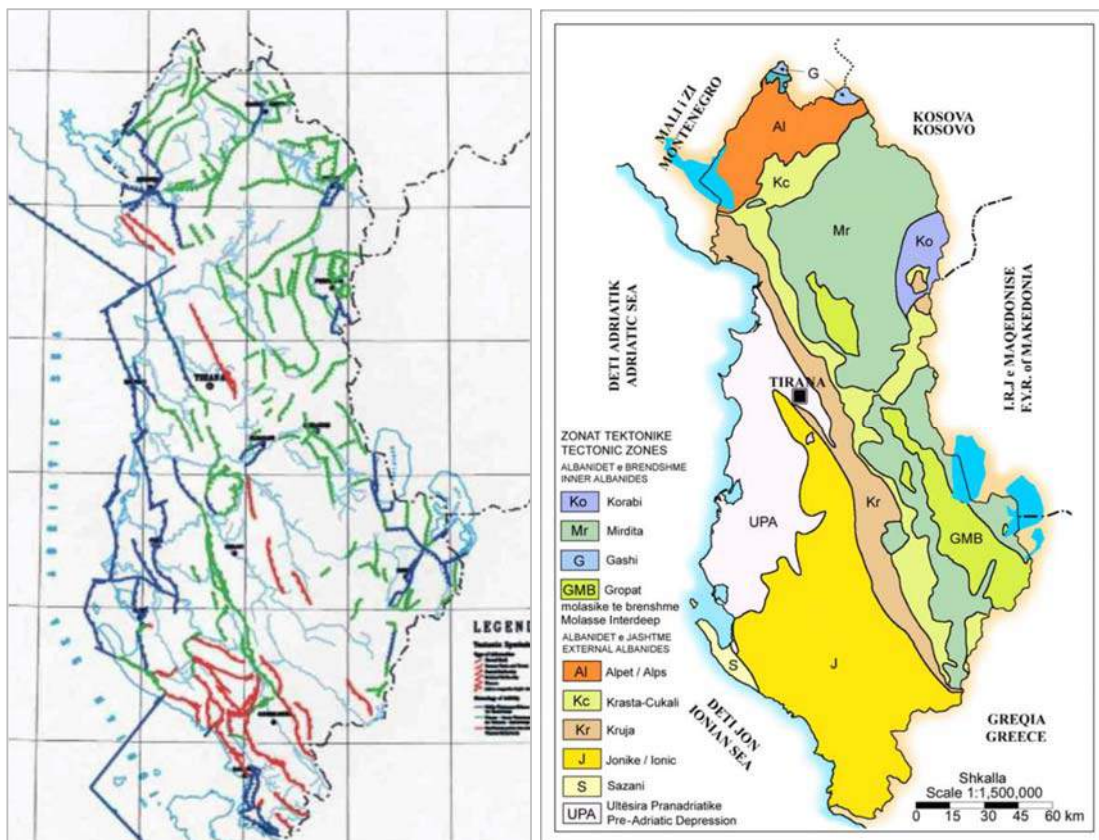


Figura 2.1 Majtas harta e prishjeve tektonike, djathtas skema tektonike e Shqipërisë (IGJEUM)

Disa nga tërmetet më shkatërrimtarë që kanë goditur vëndin tonë gjatë shekullit të kaluar kanë qënë⁷:

⁷ Të dhëna më të zgjeruara rreth tërmeteve dhe dëmtimeve të shkaktuara prej tyre, mund ti referoheni statistikave të IGJEUM, www.geo.edu.al/newweb/?fq=brenda&kid=13&gj=gj2

- tërmeti i Shkodrës, më 1 qershor 1905, $M_s = 6.6$
- tërmeti i liqenit të Ohrit, më 18 shkurt 1911, $M_s = 6.7$
- tërmeti i Leskovikut, më 22 Dhjetorit 1919, $M_s = 6.1$
- tërmeti i Tepelenës, më 26 nëntor 1920, $M_s = 6.4$
- tërmeti i Durrësit, më 17 Dhjetor 1926, $M_s = 6.2$
- tërmeti i Peshkopisë, më 27 Gusht 1942, $M_s = 6.0$
- tërmeti i Korçës, më 26 Maj 1960, $M_s = 6.4$
- tërmeti i Fierit, më 18 Mars 1962, $M_s = 6.0$
- tërmeti i Dibrës, 30 Nëntor 1967, $M_s = 6.6$
- tërmeti i Malit të Zi, më 15 prill 1979, $M_s = 6.9$
- tërmeti i Trianës, 9 Janar 1988, $M_s = 5.4$

Shumica e tërmeteve të forta janë shoqëruar me paqëndrueshmëri të përhapur të tokës, si shformimet (Tabela 2.1), ulje të tokës, çarje të sipërfaqes, rrëshqitje të tokës dhe rënie shkëmbinjsh. Për disa ka edhe regjistrime të cunameve me përmasa të vogla.

Tabela 2.1 Evidencë mbi dukurinë e lëngëzimit në Shqipëri (IGJEUM-UNDP)

Tërmeti	M	I_o	Vendi	Dukuria
01/06/1905	6.6	IX	Trush, Bahçallëk, Tabak (Shkodër)	Ulje e brigjeve të lumit përgjatë Drinit e Bunës (Shkodër). Çarje të tokës të shoqëruara me shatërvane uji e rëre.
27/12/1926	6.2	VIII-IX	Shijak, Durrës	Shatërvane me ujë të nxehtë e rërë; pseudovullkane me rërë e baltë.
17/08/1948	5.5	VIII	Trush, Shkodër	Shatërvane me ujë të nxehtë e rërë; pseudovullkane me rërë e baltë..
01/09/1959	6.4	VIII-IX	Ura e Kuçit, Çiflig, Kozarë (Lushnje, Berat)	Çarje të tokës me gjatësi disa qindra metra dhe gjerësi deri 25 cm; ulje e brigjeve të lumenjve Seman e Osum.
8/03/1962	6.0	VIII	Rërës, Fier, Mifol, Novoselë (Vlorë)	Çarje të tokës me gjatësi Novoselë (Vlorë) deri 100 m dhe gjerësi deri 40 cm; disa shatërvane me ujë e rërë nga të çarat..
15/04/1979	6.9	IX	Bregdeti Malit të Zi Rrehti i Shkodrës	Ulje intensive të tokës, rrëshqitje toke, rënie shkëmbinjsh, shformim, ortekë nëndetarë. Çarje të tokës me gjatësi 50-250 m e gjerësi 40-50 cm, të shoqëruara me shatërvane uji e rërë; pseudovullkane rëre me diametër deri 1 m; ulje e brigjeve të lumit Drini e Buna.

Harta e parë sizmike e Shqipërisë daton në vitin 1952 si produkt i punës së bërë nga ekspertët e Institutit të Shkencave dhe Ministrisë së Ndërtimit të asaj kohe. Që atëherë, puna për vlerësimin sa më të saktë të rrezikut sizmik në vendin tonë ka vijuar me botime të shumta deri në ditët tona. Harta e rajonizimit sizmik që është ende në fuqi daton në vitin 1979 (Figura 2.2, djathtas). Në Figurën 2.2 (majtas) është vendosur harta e vitit 1963 (shih Sulstarova, etj., 1980).

Në Tabelën 2.2 janë paraqitur ndryshimet ndërmjet hartës sizmike të 1963 dhe propozimeve të vitit 1978 (Sulstarova etj.). Ishte pikërisht tërmeti i 15 Prillit të vitit 1979 i cili u bë faktor

kryesor në rritjen e nivelit të rrezikut sizmik në të gjithë vendin, që u konkretizua me hartën sizmike të Figurës 2.2 (djathas). Kështu që prej vitit 1952 vlerësimi i rrezikut sizmik në Shqipëri ka ardhur në rritje, e po kështu edhe kërkesat e projekteve antisizmike.

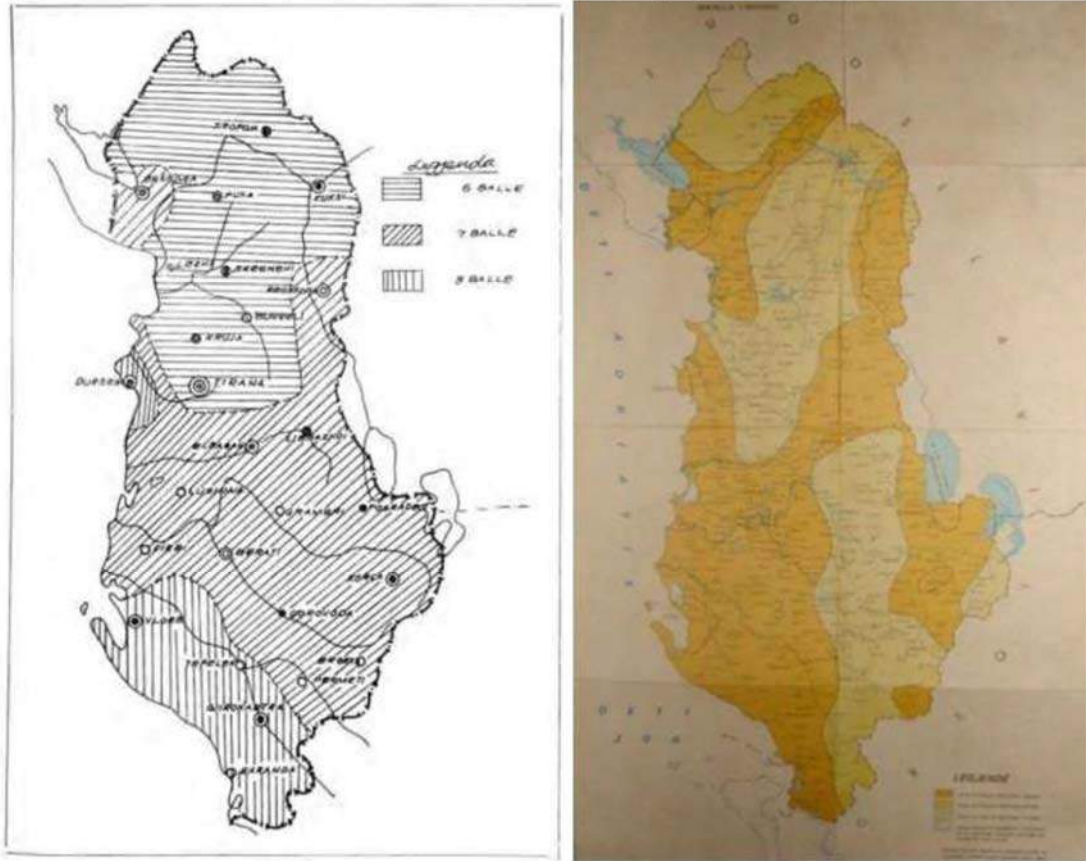


Figura 2.2 Majtas harta sizmike e vitit 1963, djathas harta sizmike e vitit 1979 e cila është ende në fuqi⁸

Tabela 2.2 Ndryshimet e intensitetit sizmik mes hartës së vitit 1963 dhe propozimeve të vitit 1978 (Sulstarova etj.)

Rrethi	Intensiteti		Rrethi	Intensiteti	
	Harta 1963	Harta 1978		Harta 1963	Harta 1978
Tiranë	6	7	Fier	8	8
Krujë	6	7	Librazhd	7	8
Mat	6	7	Gramsh	7	7
Lezhë	6	8	Pogradec	7	8
Shkodër	7	8	Berat	7	8
Pukë	6	7	Skrapar	7	7
Mirditë	6	7	Korçë	7	8
Tropojë	6	8	Kolonjë	7	7
Kukës	6	8	Përmet	7	7
Dibër	7	8	Tepelenë	8	8
Elbasan	7	8	Vlorë	8	8
Durrës	8	8	Sarandë	8	8
Lushnje	7	8	Gjirokastër	8	8

⁸ Akti ligjor nr. 371 i vitit 1979

Disa nga projektet e fundit e realizuara me qëllim vlerësimin e rrezikut sizmik në vendin tonë është Programi i Menaxhimit të Fatkeqësive dhe Parapregatitjet e Emergjencave i UNDP-së (2003) si edhe atë të (Alijaj Sh.; Sulstarova E.; Muço B.; Koçiu S. 2004).

Në Tabelën 2.3 jepen rezultatet e lidhura me vlerësimin e rrezikut sizmik në Shqipëri sipas 15 skenareve të tërmeteve të marra në konsideratë në programin e UNDP: “Për të çmuar në mënyrë të pranueshme shkallën e ndikimeve sizmike të mundshme, vlerësimi i rrezikut është bërë për periudhat e rikthimit karakteristike të parazgjedhura prej 50, 95, 185, 475 dhe 975 vjetësh. Një periudhë rikthimi prej 475 vjetësh (ose për ekspozimin prej 50 vjetësh me 10 % probabilitet kapërcimi të pasojave të llogaritura) është pranuar, sepse asaj i referohet Eurokodi 8.”

Tabela 2.3 Nxitimi maksimal i pritshëm i truallit (NMT-në % të g , $g=9.81 \text{ m/s}^2$) sipas periudhës karakteristike të rikthimit (UNDP 2003)

Skenari	Burimi sizmik	Pk ⁹ -50	Pk-95	Pk-185	Pk-475	Pk-975	$maxM^{10}_{exp}$
1	Shkodër	9.8	15.8	23.5	36.0	49.3	6.8
2	Lezhë	10.5	16.1	22.6	32.0	41.4	6.2
3	Tiranë	8.3	13.1	19.2	29.2	39.0	6.0
4	Durrës	8.2	16.1	26.6	44.5	65.0	6.8
5	Berat	10.6	16.1	23.4	35.4	48.8	6.8
6	Vlorë	10.8	18.8	28.3	44.5	62.5	6.8
7	Himarë	9.4	15.1	23.0	35.4	48.7	6.6
8	Tepelenë	12.5	18.5	26.6	39.8	54.0	6.8
9	Sarandë	13.0	18.9	26.7	39.7	53.6	6.6
10	Elbasan	13.9	20.5	29.7	44.5	59.9	6.8
11	Dibër	17.5	24.4	32.8	47.0	61.6	6.2
12	Pogradec	11.7	17.9	25.9	39.6	54.4	6.9
13	Kukës	14.0	20.3	28.2	39.9	52.8	5.7
14	Leskovik	6.4	9.3	13.4	19.1	25.5	6.3
15	Petrovac	4.0	6.8	10.8	18.0	26.6	7.2

Në vijim të këtij studimi, u konkludua se “nivelet e ngacmimit për të cilat lindin dëmtime strukturore e jo strukturore të ndërtesave mund të ndodhin në vetëm 1% të territorit të Shqipërisë për Pk-50. Për periudha rikthimi më të gjata, si Pk-95, rriten përkatësisht në 26% dhe 87,3% për Pk-185 dhe Pk-975”.

Tërmetet me magnitudë $M_s = 5,0$ kanë periudhë kthimi prej 3,6 vjetësh, ndërsa për $M_s = 5,5$, 6,0, 6,5 dhe 7,0 është përkatësisht 10, 29, 94 dhe 505 vjet. Po të flasim nga ana e probabilitetit, ka 75 % mundësi që Shqipëria të preket:

- çdo vit, nga një tërmet me magnitudë jo më të lartë se $M_s = 4,7$;
- një herë në 50 vjet, nga një tërmet me magnitudë jo më të madhe se $M_s = 6,1$;
- një herë në 100 vjet, nga një tërmet me magnitudë jo më të lartë se $M_s = 6,4$.

⁹ Perjudha (perioda) e kthimit të tërmetit

¹⁰ Magnituda e sipërme (maksimale) e pritshme

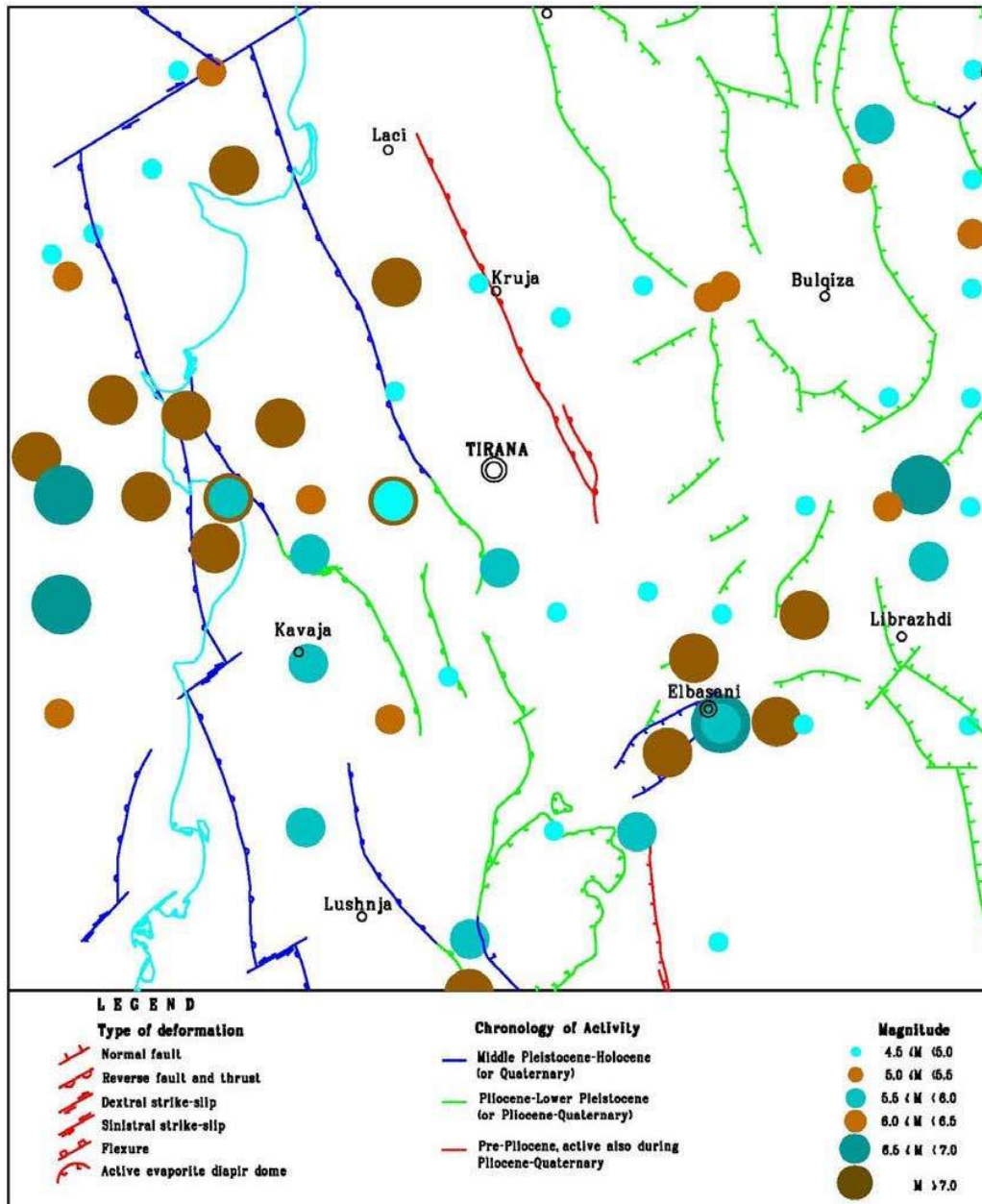


Figura 2.3 Thyerjet aktive (Aliaj et al., 2004) dhe tërmetet më të fortë që kanë ndodhur në zonën e Tiranës dhe pranë saj. Ngjyrat paraqesin kronologjinë e aktivitetit të thyerjeve: Blu: Pliocen i mesëm-Holocen; Jeshile: Pliocen i poshtëm-Pleristocen; Kuq: Pre-Pliocene, aktiv edhe gjatë Pliocene-Quaternary.

Në Figurën 2.3 tregohet një pjesë e hartës së thyerjeve tektonike, rajoni i Tiranës dhe zonat përreth, së bashku me disa nga tërmetet që kanë goditur ndër vite këtë zonë marrë nga *studimi i rrezikut sizmik të sheshit të ndërtimit të Stadiumit të Ri Kombëtar në Tiranë* (Maj – Qershor, 2016; Ll.Duni). Gjithashtu referuar Tabelës 2.2 të këtij studimi si edhe duke marrë në konsideratë faktorin korrespondues të rëndësisë ($\gamma_i=1.164$), PGA për tërmetet me perjudhë kthimi 475 dhe 975¹¹ vite, janë respektivisht 0.318g dhe 0.371g.

¹¹ Strukturat e rëndësisë së veçantë projektohen për tërmete me probabilitet më të ulët të ndodhjes së tyre, pra për perjudha të rikthimit më të larta (5% në 50 vite), me qëllim që ato të mbesin në faze operationale

Ndërsa në Figurën 2.4 tregohet një hartë sizmike probabilitare të shprehura ne formën e nxitimit maksimal referencë të truallit për tërmetin me periudhë rikthimi prej 475 vjetësh (ose për ekspozimin prej 50 vjetësh me 10 % probabilitet kapërcimi të pasojave të llogaritura).

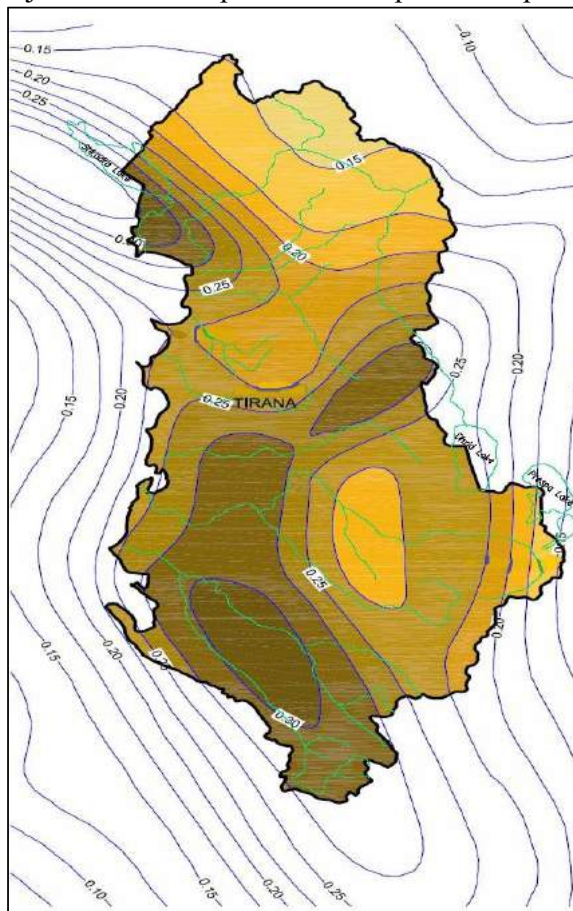


Figura 2.4 Harta e nxitimeve maksimale në shkëmb, me probabilitet 10%/50 vjet (në %g) (Alijaj Sh., etj 2004¹²)

Rregullat e para sizmike, që shoqëronin të parën hartë të zonimit sizmik të Shqipërisë, u miratuan në 1952. Nga rishikimi i vitit 1963 u shtuan kërkesat për paraqitjet sizmike, ndërsa rishikimi i vitit 1978 nuk solli përmirësime të dukshme. Gjithsesi në këtë temë do të paraqesim kriteret e përgjithshme të projekttimeve antisizmike në vendin tonë duke nisur pikërisht nga KTP-N.2-78¹³.

2.2. KTP-N.2-78

Ndër parimet kryesore të këtj kushti teknik për ndërtesat me skelet prej betoni të armuar mund të përmendim:

- Llogaritjet e ndërtimeve për efekt të veprimeve sizmike bazohen mbi teorinë dinamike, e cila merr parasysh lëkundiet e detyruara dhe të lira, mënyrën e vendosjes së forcave në momentin e parë të lëvizies së bazamentit, format e deformimit të konstruksionit etj.
- Rreziku sizmik vlerësohet sipas shkallës MSK 64 në 12 ballë, si në Figurën 2.2 majtas

¹² Këto harta nuk janë ligjërisht të miratuara, pasi akoma në fuqi është harta e vitit 1979

¹³ Miratuar me Vendim të Këshillit të Ministrave Nr. 38 datë 3 Maj 1978

- Parimi i fortësisë së njëtrajtshme
- Parimi i shpërndarjes së masës dhe rigiditetit të veprës
- Krijimi i kushteve të përshtatshme për deformimet plastike në skelet betoarme
- Parimi në projektimin e qëndrueshmërisë dhe pas prishjeve pjesore të konstruksionit
- Kërkesat e simetrisë dhe shpërndarjes së njëtrajtshme të masës dhe ngurtësisë
- Nuk duhet të lejohen nyje të dobëta dhe elementët mbajtës duhet të kenë qëndrueshmëri të njëjtë
- Duhet të parashikohen mundësitë e krijimit të çernierave plastike
- Strukturat të cilat janë jo të rregullta në plan dhe në lartësi duhet të parashikohet që gjatë shembjes së pjesshme të njëres pjesë, pjesa tjetër nuk duhet të shembet
- Për raste të veçanta për objekte të rëndësisë së veçantë, në rastet kur kushtet gjeologjike konstatojnë kushte të këqia të truallit, me vendim të posaçëm mund të rritet rreziku sizmik me një ballë (ose edhe mund të ulet)
- Ndërtesat në zonat me rrezik sizmik deri në 6 ballë (sipas shkallës MSK-64) nuk zbatohen kërkesat e projekteve antisizmike
- Megjithëse forca sizmike ka një drejtim të çfarëdoshëm në llogaritje do të konsiderohet që kjo e fundit ka drejtim horizontal
- Në llogaritjet e bashkimit të elementëve të ndryshëm, forca sizmike merret në mënyrë të tillë që ajo të shkaktojë tërheqje ose shtypje në funksion të rastit më të pafavorshëm
- Forca sizmike bën pjesë në grupin e forcave të veçanta, dhe llogaritjet e ngarkesave bëhen njëkohësisht për veprimin e ngarkesave nga pesha vetjake, e mbingarkesave, dhe e forcave sizmike. Gjatë kombinimit të ngarkesave të përkohëshme me ngarkesat sizmike shumëzohen me koeficientin 0.8 dhe përveç konstruksioneve të veçanta (si oxhaqe, kulla të rezervurëve) forca e erës nuk kombinohet njëkohësisht me forcën sizmike
- Në llogaritjet e qëndrueshmërisë së ndërtimeve ndaj forcave sizmike nuk merren parasysh: ndikimi i veprimit dinamik të pajisjeve, forcat frenuese anësore të vinçave dhe forcat e inercisë prej peshave që ngrihen nga vinçat me krah
- Ngarkesa horizontale sizmike S_k ku sipas skemës së llogaritjes së ndërtimit është përqendruar masa e peshës Q_k përcaktohet me formulën:

$$S_k = Q_k \cdot k_e \cdot \beta \cdot m_k^{14} \quad (2.1)$$

Q_k Ngarkesa vertikale që shkakton forcën e inercisë e përbërë nga pesha e vetë konstruksionit, vinçave, pesha e përkohëshme si ngarkesa nga bora, etj.

k_e koeficienti sizmik që merret:

Për 7 ballë 1/40

Për 8 ballë 1/20

Për 9 ballë 1/10

¹⁴ Më poshtë në këtë temë është ndërtuar spektri elastik i nxitimeve të truallit, dhe për këtë është përdorur forma e tillë e funksionit: $S_e = k_e \cdot \beta \cdot g$

β koeficienti dinamik i cili varet nga perioda e lëkundieve të lira dhe të përcaktohet nga formula:

$$\beta = \frac{0,9}{T} \quad (2.2)$$

T perioda e lëkundieve të lira e cila merr vlera nga 0,6-3s

m_k koeficient që varet nga forma e deformacionit të ndërtimit gjatë lëkundieve të lira të tij si dhe pozicioni i vendosies së peshës Q_k

- Për llogaritjet e ndërtimeve të zakonshme merret në konsideratë vetëm forma kryesore e lëkundieve të lira, për ndërtimet e tipit të përkulshme si kullat, antenat e radios etj duhet të merren parasysh edhe format më të larta të lëkundies (por jo më shumë se tre) duke shumëzuar koeficientin β me 1.6.
- Ndërtesat me forma të ndërlikuara në plan duhet të ndahen me fuga antisizmike në forma më të thjeshta
- Fugat antisizmike duhet të ndajnë strukturën në të gjithë lartësinë e tyre, në këto raste fugat e bymimit dhe ato sizmike duhet të zbatohen si fuga sizmike, etj.

2.3. KTP-N.2-89

Kushti teknik i projektimit i publikuar në vitin 1989, ishte përditësimi i fundit i miratuar me ligj i kodeve tona teknike të projektimit, i cili shoqërohej me hartën sizmike përkatëse (Figura 2.2 djathtas). Harta e zonimit sizmik, e shoqëruar me intensitetet maksimale të pritshme MSK-64 të truallit me kushte mesatare për periudhën e kthimit 100 vjet (mundësia e kapërcimit rreth 30 për qind), e ndan vendin në tri zona intensiteti MSK-64 (VI, VII dhe VIII). Intensiteti IX është dukuri e tipit njollë, të vendosur vetëm në zonat e epiqendrës së tërmeteve të mëdha historike. Lidhur me hartën e zonimit sizmik (duke përfshirë ndryshimet e vitit 1963), harta e vitit 1979 në thelb i shton intensitetet me një gradë MSK-64, madje shtesa për disa rajone shkon në dy (Tabela 2.2).

Kërkesat sizmike të parashikuara në KTP-N.2-89 që duhet të zbatohen jepen kryesisht për sheshe ndërtimi me intensite sizmik mbi VI ballë (MSK-64). Llogaritja e konstruksioneve ndaj veprimit sizmik jepet mbi bazën e parametrave sizmikë të shesheve të ndërtimit me intensitet VI ½ deri në IX ballë. Ky kod teknik jep përcaktimet për projektimin e strukturave në terrene me intensitet sizmik deri në IX ballë, për zona me intensitete më të mëdha, ky kusht nuk mund të merret si reference.

KTP-89 rekomandon që veprat të konceptohen me rregullsi strukturore në plan dhe në lartësi për sa i përket kompaktësisë dhe simetrisë duke siguruar për këtë qëllim:

- Shpërndarje të tillë të masave që të mos ndryshojnë shumë në lartësi
- Thyerje jo shumë të theksuara në plan dhe në lartësi
- Jashtëqëndërsi jo shumë të theksuara ndërmjet qendrës së masës dhe qendrës së ngurtësisë

- Kur thyerjet në plan ose lartësi të një ndërtese janë të theksuara, si edhe kur pjesët fqinje të ndërtesave i kanë ndërkatet me nivele të ndryshme, rekomandohet ndarja me fugë antisizmike në mënyrë që të sigurohet rregullsia strukturore
- Fugat antisizmike duhet të realizohen edhe në rastet kur struktura ka një gjatësi të madhe, pavarësisht nëse kanë rregullsi strukturore apo jo
- Rekomandohet përdorimi i materialeve ndërtimore të lehta, për të ulur peshën e konstruksionit (e rrjedhimisht edhe forcën sizmike që vepron në strukturë)
- Synohet të sigurohet puna hapsinore e konstruksioneve mbajtëse gjatë veprimit sizmik, si edhe të krijohen kushtet e zhvillimit të deformimeve plastike etj.

2.3.1. Lëviziet sizmike të truallit

Forca sizmike shkaktohet nga lëvizia e truallit për shkak të tërmetit, e cila është një lëvizie në të gjitha drejtimet por që në llogaritje kjo lëvizie, e për rrjedhojë edhe forca sizmike, merret sipas tre drejtimeve: dy horizontale dhe një vertikale. Në këtë mënyrë, për çdo element të një konstruksioni ndërtimi, vlera llogaritëse e faktorit që lind për shkak të veprimit të tërmetit, merret vlera maksimale prej tyre:

$$\begin{aligned} S_{eq} &= S_{eq,x} + \lambda S_{eq,y} + \lambda S_{eq,z} \\ S_{eq} &= \lambda S_{eq,x} + S_{eq,y} + \lambda S_{eq,z} \\ S_{eq} &= \lambda S_{eq,x} + \lambda S_{eq,y} + S_{eq,z} \end{aligned} \quad (2.3)$$

$S_{eq,x}, S_{eq,y}$ janë vlerat e faktorit që dalin prej llogaritjes së konstruksionit veç e veç ndaj përbërësve horizontale të truallit

$S_{eq,z}$ vlera e faktorit që del nga llogaritja e përbërëses vertikale sizmike

2.3.2. Kombinimi i veçantë i ngarkesave

Ngarkesat sizmike trajtohen si ngarkesa të veçanta dhe hyjnë në llogaritjen e konstruksioneve dhe bazamentëve të veprave inxhinierike sipas kombinimit të veçantë të ngarkesave. Në këtë kombinim koeficientët e kombimit të ngarkesave jepen në Tabelën 2.4:

Tabela 2.4 Koeficientët e kombinimit të veçantë

Llojet e ngarkesave	Vlerat e koeficientit të kombinimit të veçantë
Ngarkesa sizmike	1.0
Ngarkesa të përhershme	0.9
Ngarkesa të përkohëshme me veprim të gjatë	0.8
Ngarkesa të përkohëshme me veprim të shkurtër	0.4

Gjatë llogaritjes së konstruksioneve ndaj veprimeve sizmike nuk merret parasysh:

- Ngarkesat e erës¹⁵;
- Vlerësimet klimaterike të temperaturës;

¹⁵ Për antenat, kullat, oxhaqet e konstruksioneve të tjera të ngjashme me to, si dhe për ndërtime të larta (më shumë se 12 kate dhe që kanë periodën e tonit bazë $T_1 \geq 1.2$ sek), sforcimet nga veprimi i tërmetit mblidhen me 25% të sforcimeve për shkak të ngarkesave llogaritëse të erës

- Veprimet dinamike që shkaktohen nga makineritë
- Forcat e frenimit që shkaktohen nga lëvizia e vinçave
- Ngarkesat horizontale që shkaktohen nga lëvizia e masave në varëse elastike
- Uljet (çedimet) e themeleve

2.3.3. Metodatat llogaritëse

Llogaritja e ndërtesave dhe veprave inxhinierike ndaj veprimeve sizmike kryhet:

- Në bazë të analizës modale me metodën e spektrit të reagimit (ngarkesat sizmike pranohen si ngarkesa ekuivalente statike dhe ushtrohen në vendin e masave të përqendruara)¹⁶;
- Me anë të përdorimit të analizave dinamike të drejtpërdrejtë¹⁷ (përmes integritit të ekuacioneve të lëvizies), duke i zgjedhur akselerogramat llogaritëse mbi bazën e studimeve të sizmicitetit të sheshit të ndërtimit dhe veçorive gjeomorfologjike e gjeoteknike të tij

2.3.4. Ngarkesat sizmike

Për llogaritjen e ndërtesave dhe konstruksioneve të ndryshme me metodën e spektrit të reagimit, për veprimin e ngarkesave sizmike horizontale vlera llogaritëse e spektrit projektues të nxitimeve merret:

$$S_a = k_E \cdot k_r \cdot \psi \cdot \beta \cdot g \quad (2.4)$$

Ndërsa spektri elastik mund të formulohet:

$$S_e = k_E \cdot \beta \cdot g \quad (2.5)$$

k_E koeficienti i sizmicitetit

k_r koeficienti i rëndësisë së objektit, i cili përcaktohet në funksion të kategorisë së ndërtesës

ψ koeficienti i reagimit të strukturës nën veprimin sizmik, i cili përcaktohet në mënyrë tabelare në funksion të llojit të konstruksionit

β koeficienti dinamik vlerat e të cilit varen nga periodat vetjake

g nxitimi i rënies së lirë

Ngarkesat sizmike vertikale, vlerat llogaritëse të spektrit të nxitimeve merren nga shumëzimi me 2/3 të shprehjes së mësipërme.

Tabela 2.5 Vlerat e koeficientëve të intensitetit sizmik (k_E)

Kategoria e truallit	Vlerat e intensitetit k_E për intensitetin sizmik		
	VII ballë	VIII ballë	IX ballë
I	0.08	0.16	0.27
II	0.11	0.22	0.36
III	0.14	0.26	0.42

¹⁶ Analiza modale me metodën e spektrit të reagimit kryhet për të gjitha ndërtesat dhe veprat inxhinierike

¹⁷ Analiza dinamike e drejtpërdrejtë mund të bëhet për vepra të rëndësisë së veçantë

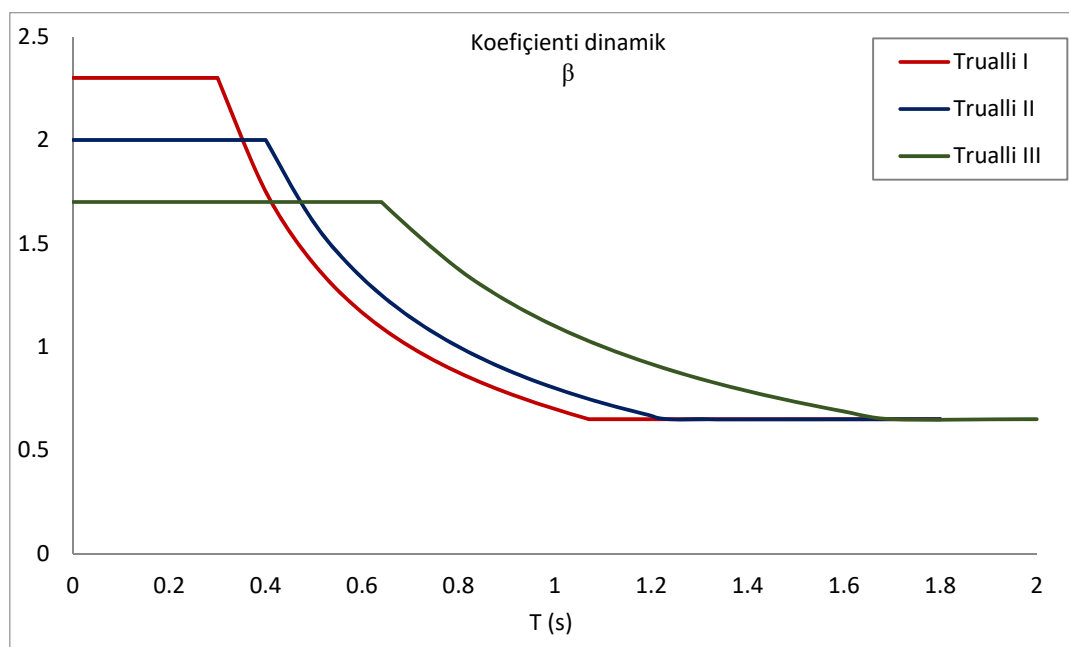


Figura 2.5 Varjimi i vlerave të koeficientit dinamik për tre tipet e truallit në KTP-N.2-89

Kur llogariten strukturat dhe ndërtesat inxhinierike ndaj veprimit sizmik horizontal, skema e llogaritjes pranohet në formën e shufrës vertikale me masa të përqendruara në nivelin e kateve, forca sizmike horizontale që ushtrohet në nivelin “k” që i takon modës së “i”-të, llogaritet me anë të formulës:

$$E_{ki} = k_E \cdot k_r \cdot \psi \cdot \beta_i \cdot \eta_{ki} \cdot Q_k \quad (2.6)$$

k_E, k_r, ψ kuptimi i tyre është i njëjtë si në formulën 2.4

β_i koeficienti dinamik që i përgjigjet periodës T_i të modit të “i”-të të lëkundies

η_{ki}^{18} koeficienti i shpërndarjes së ngarkesës sizmike të llogaritjes, që i korrespondon formës së “i”-të të lëkundieve vetjake të konstruksionit në nivelin “k”

Q_k pesha e pjesës së strukturës inxhinierike që përqendrohet në nivelin “k” dhe përcaktohet në funksion të ngarkesave llogaritëse të përhershme dhe të përkohëshme

Koeficienti dinamik përcaktohet në funksion të kategorive të truallit si më poshtë (Figura 3.4):

Për troje të kategorisë së I:

$$0.65 \leq \beta_i = \frac{0.7}{T_i} \leq 2.3 \quad (2.7)$$

Për troje të kategorisë së II:

$$0.65 \leq \beta_i = \frac{0.8}{T_i} \leq 2.0 \quad (2.8)$$

¹⁸ Ky koeficient përcaktohet formulë

Për troje të kategorisë së III:

$$0.65 \leq \beta_i = \frac{1.1}{T_i} \leq 1.7 \quad (2.9)$$

T_i perioda e modit të "i"-të të lekundieve e cila përcaktohet në funksion të karakteristikave të ndërtesës

Forca sizmike vertikale përcaktohet në mënyrë të njëjtë duke e shumëzuar me 2/3 shprehjen e E_{ki} dhe skema llogaritëse e saj është një tra me masa të përqendruara ku vepron edhe forca sizmike vertikale.

Por, në KTP-N.2-89, pavarësisht se përdoren spektra të projektimit¹⁹ në analizën sizmike, vlerat e nxitimeve spektrale të parashikuara në to janë shumë të ulëta në krahasim analizat e sotme. Nëse do të paraqisnim në një sistem koordinativ spektrat e projektimit të kushtit teknik KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 dhe Eurocodit 8 sipas hartës së vitit 2004²⁰ (Figura 3.3) do të dukeshin qartë diferencat e mëdha mes këtyre kodeve. Nëse krahasojmë kërkesën e sotme (për një zonë me $a_g=0.22g$) me atë të vitit 1978 për një zonë me intensitet VIII ballë, vihet re një rritje rreth 5 herë e nxitimit spektral për ndërtesat e ulëta (të shtangëta). Nëse i referohemi qytetit të Tiranës, ky ndryshim mund të shkojë deri në 10 herë, pasi mjaft studime të sotme japin vlera të a_g deri në 0.25g, ndërkohë që intensiteti në hartë ka qenë 7 ballë në vitin 1979 dhe 6 ballë në hartën e 1963. Në Figurën 3.5 tregohen spektrët elastikë, sipas KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 për truall Tipi 2 me intensitet VIII ballë dhe sipas EN 1998-1, për një truall Tipi C me $a_g=0.22g$, duke iu referuar Tiranës.

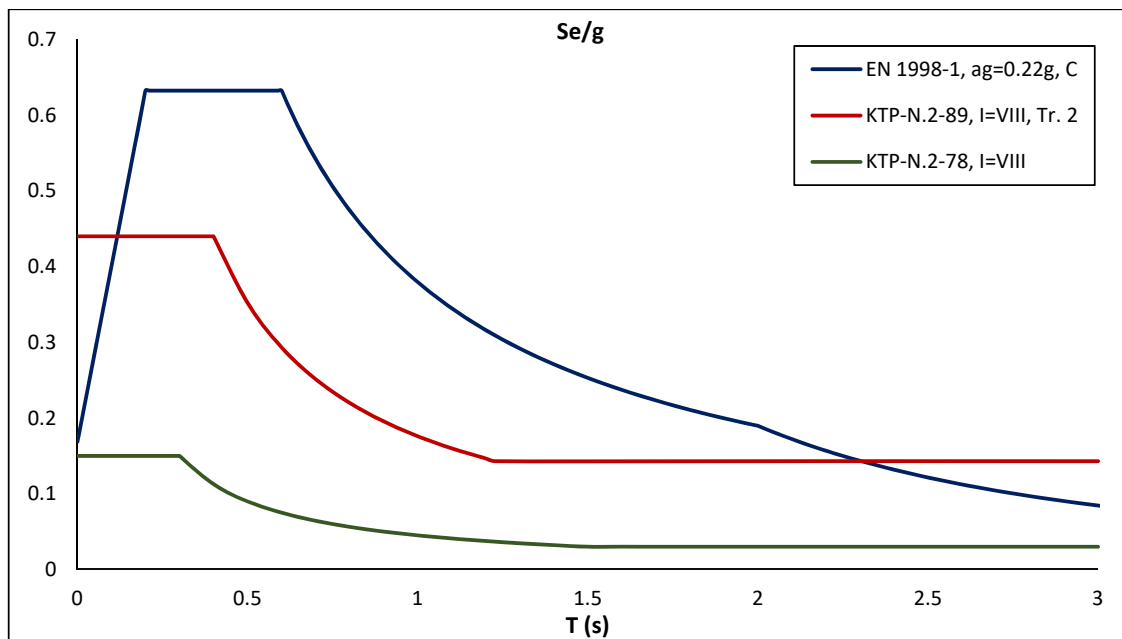


Figura 2.6 Spektrat elastikë referuar kërkesës sizmike të hartës së vitit 1963, 1979 dhe 2004 sipas përcaktimeve të bëra nga KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 dhe EN8

¹⁹ Të cilat në fakt në vendin tonë janë përdorur edhe më parë në KTP-N.2-78

²⁰ Harta e nxitimeve maksimale të truallit e cila nuk është në fuqi (Alijaj Sh. etj 2004)

Në Figurën 2.6 tregohen spektrët elastikë, sipas KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 për truall Tipi 1 me intensitet VIII ballë dhe sipas EN 1998-1, për një truall Tipi B me $a_g=0,22g$.

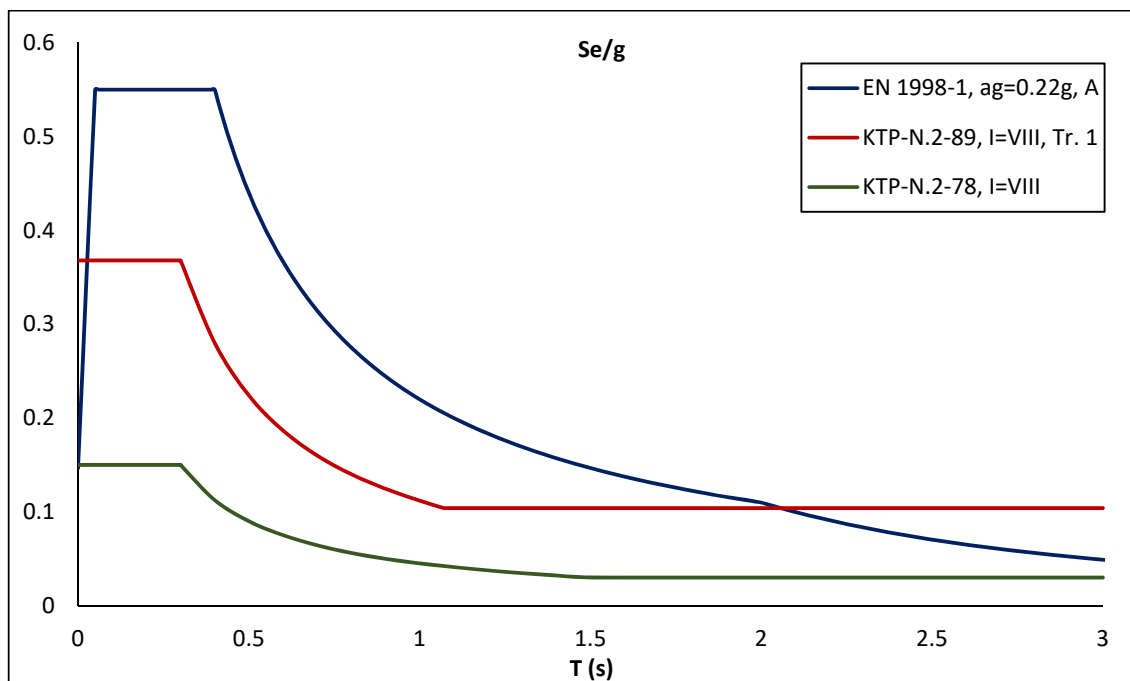


Figura 2.7 Spektrat elastikë referuar kërkesës sizmike të hartës së vitit 1963, 1979 dhe 2004 sipas përcaktimeve të bëra nga KTP-N.2-78, KTP-N.2-89 dhe EN8, rasti i trojeve të forta

Siç shihet edhe nga figurat e mësipërme, diferencat ndërmjet spektrit të KTP-N.2-89 dhe atij të EN 1998-1 për troje të fortë, janë më të vogla sesa në rastin e trojeve më të dobët, megjithatë deficienca e kushteve tona teknike mbetet shumë e madhe.

Në këtë mënyrë mund të dallojmë tre perjudha të projektiveve antisizmike në vendin tonë:

- Para vitit 1963 ku kërkesat antisizmike ishin shumë të ulëta ose mungonin fare
- Perjudha nga viti 1963 deri 1990 me kërkesa të ulëta sizmike
- Perjudha pas vitit 1990 ku kërkesat sizmike janë të mbështetura në KTP-N.2-1989, të cilat nisur nga sa thamë më sipër, pavarësisht se janë më të zhvilluara sesa kodet pararendëse, përsëri ato mund të konsiderohen të pamjaftueshme²¹ për nivelin e rrezikut sizmik në vendin tonë (Figura 2.6-2.7)

Për këtë arsye, përpjekje individuale dhe të institucionalizuara janë bërë e vijojnë të bëhen për përditësimin e kushteve tona teknike me Eurokodet Strukturore.

2.4. EN 1998-1

Projektimi i strukturave ndaj kërkesës sizmike sipas EN 1998-1, bëhet për tre nivele të ndryshme të duktilitetit²² (DC). Në projektimet me nivel të ulët duktiliteti (DCL), projektimi antisizmik nuk mbështet në shuarjen e energjisë që vjen nga tërmeti, por në një reagim elastik

²¹ Duke i'u referuar HAZUS, ky nivel i kërkesës sizmike mund të konsiderohet si "Kërkesa të Moderuara Sizmike"

²² Duktiliteti është aftësia e strukturs për të përballuar deformimet përtej stadiit elastik, ose aftësia për të absorbuar energjinë nga sjellja hysteretike

të saj; e cila, për të shmangur mbidimensionimet e redukon spektrin elastik të kërkesës sizmike me faktorin e sjelljes me vlere 1.5. Në këtë rast dimensionimi dhe detajimi i strukturave bëhet duke e konsideruar tërmetin si një ngarkesë e thjeshtë horizontale (EN1992). Projektimet me nivel të mesëm (DCM) dhe të lartë duktiliteti (DCH), bazohen në duktilitetin dhe shuarjen e energjisë, princiet kryesore të së cilave do t'i përshkurajmë në këtë paragraf.

2.4.1. Praitmet kryesore të projekteve antisizmike në EN 1998-1

Në rajonet sizmike strukturat duhet të projektohen dhe ndërtohen në mënyrë të tillë që, me një shkallë të nevojshme besueshmërie²³, të kënaqen kërkesat që vijojnë:

- Kërkesa e mos shembjes, në bazë të kësaj kërkesë, struktura duhet të projektohet dhe ndërtohet në mënyrë të tillë që të përballojë veprimin sizmik projektues pa pësuar shembje lokale apo globale, duke ruajtur integritetin strukturor si edhe një kapacitet mbetës mbajtës pas veprimeve sizmike
- Kërkesa e kufizimit të dëmtimeve, struktura duhet që për një veprim sizmik që ka një probabilitet ndodhje më të madh sesa tërmeti i projektimit ajo ta përballojë pa pësuar dëmtime dhe kufizime përkatëse funksionaliteti, kostoja e të cilave do të ishte shumë e lartë në krahasim me koston e vetë strukturës.
- Strukturat duhet të kenë forma të thjeshta dhe të rregullta në plan dhe lartësi, e për të arritur këtë, kur është e nevojshme, struktura ndahet me fuga sizmike në njësi të pavarura dinamike
- Me qëllim që të sigurohet një sjellje duktile dhe disipative globale, duhet të shmangët shkatërrimi amorf i strukturës apo formimi i parakohëshëm i skemave statikisht të paqëndrueshme²⁴
- Meqë sjellja sizmike e strukturës varet shumë nga sjellja e elementëve ose zonave kritike të saj, detajimi i tyre duhet të bëhet i tillë që gjatë ngarkimit ciklik të saj të sigurohet aftësia për të transmetuar forcat si edhe për të shuar energjinë sizmike. Për këtë arsye një vëmendie e veçantë i duhet kushtuar detajimit të nyjeve të elementëve strukturorë²⁵
- Analiza duhet të bazohet në një model të përshtatshëm strukturor, dhe nëse paraqitet e nevojshme duhet të marrë në konsideratë ndikimin e deformueshmërisë së trojeve dhe elementëve të tjerë jostrukturorë dhe aspekte të tjera si prezenca e strukturave të tjera fqinje
- Themelet duhet të jenë mjaftueshmërisht të shtangët sa për të transmetuar në mënyrë sa më uniforme të ngarkesave të mbistrukturës në tokë, dhe duhet të shmangen dëmtimet joelastike të tyre

2.4.2. Veprimi sizmik

²³ Besueshmëria e synuar si objektiva për kërkesën e mosshembjes dhe të kufizimit të dëmtimeve përcaktohen për tipe të ndryshme ndërtesave ose veprave inxhinierike mbi bazën e rrjedhimeve që sjell shkatërrimin e tyre.

²⁴ Në gjendjen kufitare, dëmtimi duhet të vijë nga arritja e kapacitetit në përkulje (sjellje duktile) dhe jo nga forca prerëse (përgjithësisht sjellje amorfe).

²⁵ Në bazë të principeve të projektimit sipas kapaciteve, nyjet e ramave duhet të mbesin në faze elastike të punës dhe në raportin e fortësisë relative të elementëve strukturorë, kolonat duhet të jenë më të forte sesa trarët

Në përputhje me dy kërkesat themelore të projektimeve antisizmike, për ndërtesat e zakonshme, ngarkimi sizmik merret si funksion i dy momenteve apo ngjarjeve kryesore të jetës së një objekti:

- Tërmeti i projektimit, për të cilin llogaritet dhe detajohet struktura për të plotësuar kushtin e mosshembies
- Tërmeti i shërbimit, për të cilin llogaritet dhe detajohet struktura për të plotësuar kushtin e kufizimit të dëmtimeve

Tërmeti i projektimit është tërmeti me mundësi ndodhje një herë në 475 vite, ose tërmeti për të cilin ka 10% mundësi (probabilitet) në 50 vite për kapërcimin e nivelit të dëmtimeve të kufirit të mosshembies së strukturës. Tërmeti i shërbimit është tërmeti me perjudhë kthimi një herë në 95 vite, ose tërmeti për të cilin ka 10% mundësi (probabilitet) të ndodhë në 10 vite.

Analiza sizmike për DCM dhe DCH bëhen me spektrat e projektimit²⁶, të cilët janë varësi e kushteve lokale të truallit, nxitimit maksimal të truallit që merret nga hartat sizmike (Figura 2.4). Ato janë të njëjta si për kërkesën e mos shembies ashtu edhe për kërkesën e kufizimit të dëmtimeve. Veprimi sizmik horizontal përshkruhet nga dy komponente ortogonale (S_{dx} , S_{dy}), të konsideruara si të pavarura dhe që jepen nëpërmjet të njëjtit spekter reagimi.

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (2.10)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad (2.11)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (2.12)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (2.13)$$

$S_d(T)$ spektri i projektimit

T perjoda e lëkundies së një sistemi me një shkallë lirie

a_g nxitimi maksimal i truallit, i cili merr në konsideratë edhe faktorin e sigurisë, merret nga hartat sizmike

T_B limiti i poshtëm i periodës në pjesën konstante të spektrit

²⁶ Spektrat e projektimit fitohen nga reduktimi i spektrit elastik të reagimit me faktorin e sjelljes q për të marrë në konsideratë sjelljen jo elastike të strukturës dhe varet nga materialet sistemi strukturor dhe metodika llogaritëse

T_C limiti i sipërm i periodës në pjesën konstante të spektrit

T_D vlera e periodës ku spektrin zhvendosje nxitim, zhvendosjet janë konstante

S faktori që merr në konsideratë truallin

q faktori i sjelljes

β vlera kufitare e poshtme e spektrit horizontal të projektimit²⁷

S , T_B , T_C , T_D merren në mënyrë tabelare dhe janë në funksion të kushteve lokale të truallit. Në EN 1998 Pjesa 1, Seksioni 3.2 mund të gjenden më shumë të dhëna rreth mënyrës së klasifikimit të kategorive të truallit dhe vlerat përkatëse të këtyre parametrave. Në Tabelën 3.6 jepen vlerat e parametrave të përdorura për ndërtimin e spektrit elastik²⁸ me 5% shuarje të truar në Figurën 2.6 dhe Figurën 2.7 si dhe paraqitja e tyre në Figurën 2.8:

Tabela 2.6 Parametrat e spektrave elastikë sipas EN 1998-1 për kategoritë e tojeve Tipi 1: A, B, C, D, E.

a_g/g	Tipi i Spektrit	Kategoria e truallit	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
0.22	1	A	1.0	0.15	0.4	2.0
		B	1.2	0.15	0.5	2.0
		C	1.15	0.20	0.6	2.0
		D	1.35	0.20	0.8	2.0
		E	1.4	0.15	0.5	2.0

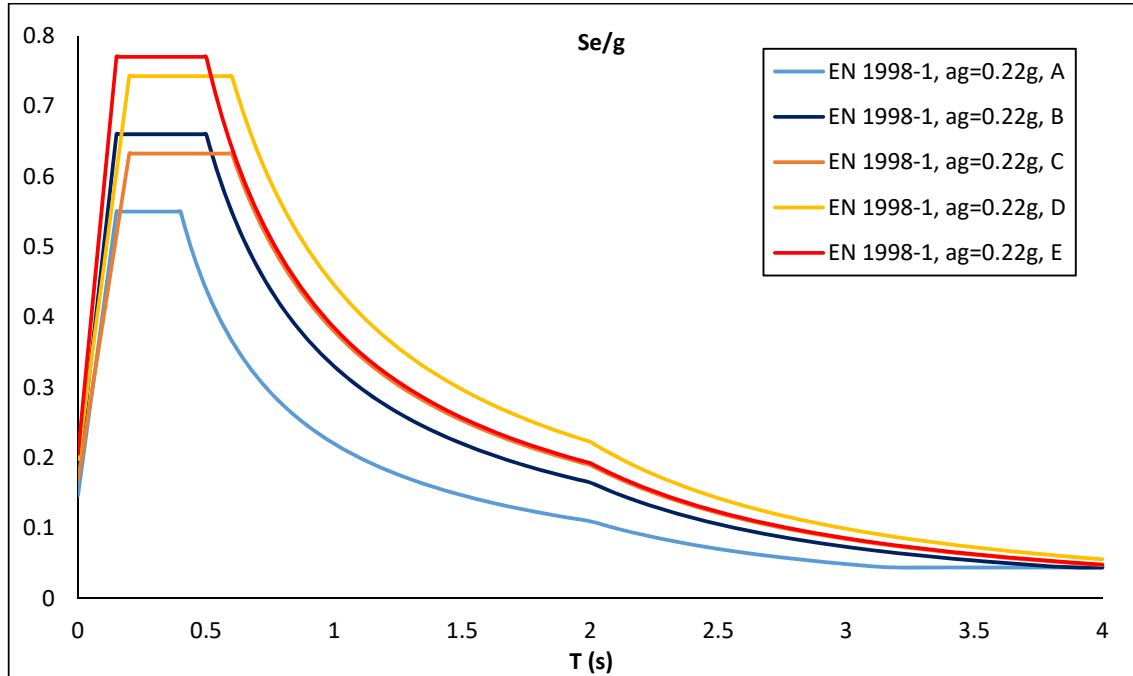


Figura 2.8 Spekrat elastikë për trojet e Tipit 1: A, B, C, D, E me nxitim maksimal të truallit 0.22g

²⁷ Vlera e faktorit të poshtëm të spektrit horizontal është 0.2

²⁸ Spektri elastik me 5% shuarje shprehet merret nga shprehjet 3.10-3.13 por duke e zëvendësuar faktorin e sjelljes me 1. Më shumë të dhëna mund të merren në Seksionin 3.2.2.2 të EN 1998 Pjesa 1

Komponentja vertikale e veprimit sizmike jepet në mënyrë analoge me komponenten horizontale, në varësi të tipit të spektrit. Efektet e komponentes vertikale duhet të merren në konsideratë në rastin kur komponentja vertikale e nxitimit maksimal të trullit është më e madhe se 0.25g. Më shumë rreth formës dhe paramentrave që përdoren për të vlerësuar përbërësen vertikale të veprimit sizmik mund të gjenden në Seksionin 3.2.2.3 të EN 1998-1.

Nisur nga sa thamë më sipër, pavarësisht se tërmeti është një fenomen që vepron sipas të gjitha drejtimeve; në llogaritje konsiderohet se vepron në tre drejtime ortogonale E_x , E_y , E_z , siç i përshkruam më sipër. Pra, forca simzmike që vjen në strukturë jepet si kombinim i tre komponentëve llogaritëse të saj si më poshtë:

$$\begin{aligned} A_{Edx} &= E_{Edx} + 0.30 \cdot E_{Edy} + 0.30 \cdot E_{Edz} \\ A_{Edy} &= 0.30 \cdot E_{Edx} + E_{Edy} + 0.30 \cdot E_{Edz} \\ A_{Edz} &= 0.30 \cdot E_{Edx} + 0.30 \cdot E_{Edy} + E_{Edz} \end{aligned} \quad (2.14)$$

“+” *kjo simbolikë nënkupton kombinimin e këtyre komponentëve të lëvizies sizmike*

$A_{Edx,dy,dz}$ *forca sizmike sipas drejtimit x, y, z*

E_{Edx} *komponentja horizontale e veprimit sizmik sipas drejtimit të zgjedhur x*

E_{Edy} *komponentja horizontale e veprimit sizmik sipas drejtimit të zgjedhur y*

E_{Edz} *komponentja vertikale e veprimit sizmik*

2.4.3. Kombinimi sizmik i ngarkesave

Sipas EN 1990, për secilën nga skemat e ngarkimit, vlera projektuese e veprimeve dhe forcave (E_d) përcaktohet nga kombinimi i atyre ngarkesave që konsiderohet se ndodhin në të njëjtën kohë. Kështu për ngarkesat e përhershme dhe të përkohëshme kemi (kombinimi i parë i ngarkesave):

$$E_d = E \left\{ \gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (2.15)$$

Ndërsa për rastin e prezencës së ngarkesave sizmike (kombinimi sizmik) kemi:

$$E_d = E \left\{ G_{k,j}; A_{Ed}; \psi_{2,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (2.16)$$

E_d *vlera e forcave të projektimit*

$G_{k,j}$ *ngarkesat e përhershme*

$Q_{k,1}$ *ngarkesa e përkohëshme predominuese*

$Q_{k,j}$ *ngarkesat e përkohëshme*

A_{Ed} *ngarkesa sizmike*

γ_G *koeficienti parcial i ngarkesave të përhershme*

γ_Q *koeficienti parcial i ngarkesave të përkohëshme*

ψ_0 faktori i kombinimit të ngarkesave të përkohëshme për kombinimin e parë të ngarkesave

ψ_2 faktori i kombinimit të ngarkesave të përkohëshme për kombinimin sizmik të ngarkesave

2.4.4. Faktori i sjelljes dhe duktiliteti i kurbaturës së strukturave duktile

Për strukturat duktile, faktori i sjelljes q , me anë të të cilit reduktohet spektri elastik që përdoret në analiza lineare të projektimit, është i lidhur me duktilitetin dhe kërkesat e deformueshmërisë së elementëve strukturorë apo nyjeve të tyre për të cilët bëhet edhe detajimi i elementëve strukturorë. Vlera e tij varet nga tipi i sistemit strukturor si edhe nga klasa e duktilitetit të zgjedhur.

“Mbi dimensionimi” i mundëshëm nga analiza lineare është marrë parasysh në faktorin e sjelljes përmes raportit α_u/α_1 , që shpreh raportin mes veprimit sizmik që shkakton krijimin e mekanizmit të shkatërrimit, me veprimin sizmik për të cilën krijohet çerniera e parë plastike. Ky raport reflekton kapacitetin e sistemit në sajë të redundancës. Për strukturat e rregullta në plan vlera e këtij raporti përcaktohet:

- 1.0 për sistemin me mure, me deri dy mure të alidhura në drejtimin horizontal
- 1.1 për strukturat një katëshe të tipit ramë apo tipit mur me më shumë se dy mure të palidhura në një drejtim
- 1.2 për strukturat shumëkatëshe tip ramë plane ose duale mur ekuivalente
- 1.3 për strukturat shumëkatëshe tip ramë hapsinore ose ramë ekuivalente

Vlera e bazë e faktorit të sjelljes q_0 jepet:

Tabela 2.7 Vlerat bazë të faktorit të sjelljes sipas EN 1998

Tipi i sistemit strukturor	DCM	DCH
Sistem tip ramë ose sistem dual	$3.0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	$4.5 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Sistemi me mure të palidhura	3.0	$4.0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

Vlera e faktorit të sjelljes përcaktohet si:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \quad (2.17)$$

k_w ²⁹ është faktori i cili shpreh formën predominuese të shkatërrimit të tipit të sistemit strukturor me mure.

Në mënyrë që duktiliteti global i strukturës të arrihet, zonat e mundëshme ku pritet formimi i çernierave plastike duhet të “pajisen” me kapacitete të mëdha të rrotullimeve plastike. Dhe

²⁹ Vlera e këtij koeficienti për sistemet e tipit ramë apo ramë ekuivalente është 1.0 dhe për sistemet me mure merret si funksion i raportit të përmasave të mureve

kjo kërkesë plotësohet nëse duktiliteti i kurbaturës në këto zona është së paku sa vlerat e mëposhtme:

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1 \quad \text{nëse } T_1 \geq T_C \quad (2.18)$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2(q_0 - 1) \frac{T_C}{T_1} \quad \text{nëse } T_1 < T_C \quad (2.19)$$

2.4.5. Aspekte të projektimit sipas kapaciteteve

Përcaktimi i përmasave të elementëve strukturorë është një proces ciklik referuar kërkesave të përshtatshme për çdo tip të sistemeve strukturore. Në mënyrë që të arrihet në përmasat më ekonomike të mundshme, analiza fillon me përmasat më të vogla të pranueshme, dhe më tutje bëhet ndryshimin kur është i nevojshëm. Për strukturat duktile përshkruhen hapat e mëposhtëm.

Analiza interaktive në këtë rast kërkon të sigurojë se përmasimi i elementëve strukturorë (kolona dhe trarët), për nivelin kufitar të dëmtimeve nën veprimin e gjysmës së ngarkesës sizmike të projektimit, driftet për çdo kat të jenë brenda limiteve të përcaktuara nga EN 1998. Në këtë mënyrë përmasat e elementëve strukturorë, përzgjidhen në mënyrë të tillë që njëkohësisht të përmbushen kushtet e drifteve, por as largimi i tepruar ndaj këtyre vlerave kufitare të tyre. Perioda e modit të parë të lëkundieve kontrollohet me vlerat e pritshme të saj sipas metodës së Releight. Lartësia e ndonjë trau mund të rritet me qëllim që të plotësohet kushti i përqindies maksimale të armimit të traut, sidomos në zonat e mbështetjeve me kolonat. Nga ana tjetër, përmasat minimale fillestare të kolonave merren të njëjta me ato të strukturave joduktile, me kusht që të jenë të mjaftueshme sa për ti bërë të neglizhueshme efektet e rendit të dytë.

Armatura gjatësore e trarëve përcaktohet nga Gjëndia e Fundit Kufitare në përkulje për rastin më të disfavorshëm të kombinimeve (kombinimi bazë dhe ai sizmik). Ndërkohë që shufrat e soletës paralel me traun duhet të merren në konsideratë në punën finale të traut.

Për përcaktimin e armaturës gjatësore të kolonave përsëri i referohemi Gjendies së Fundit Kufitare për ngarkesat aksiale dhe ato horizontale të konsideruara në dy kombinimet e pikës 2.4.3. Për strukturat me më shumë se dy kate duhet të respektohet kushti i projekteve sipas kapaciteteve (Figura 2.12):

$$\sum M_{Rd,c} \geq 1.3 \sum M_{Rd,b} \quad (2.20)$$

Kapaciteti në prerje i zonave fundore të trarëve, derivohet nga momentet e rezistencës së traut dhe të kolonës në të cilën është i mbështetur ai, si edhe duke konsideruar minimumet konstruktive të armaturës tërthore në zonat kritike:

$$\max V_{i,d(x)} = \gamma_{Rd,bi} \cdot \frac{M_{Rd,bi}^- \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_i + M_{Rd,bj}^+ \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_j}{L_{cl}} + V_{g+\psi q} \quad (2.21)$$

$$\min V_{i,d(x)} = -\gamma_{Rd,bi} \cdot \frac{M_{Rd,bi}^+ \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_i + M_{Rd,bj}^- \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_j}{L_{cl}} + V_{g+\psi q} \quad (2.22)$$

$\max V_{i,d(x)}$ forca prerëse sipas projektimit sipas kapaciteteve

$\min V_{i,d(x)}$ forca prerëse sipas projektimit sipas kapaciteteve

γ_{Rd} faktori që merr në konsideratë deformimet e çelikut, i cili merr vlerën 1.2 për DCH dhe 1.0 për DCM.

$M_{Rd,bi}$ vlera e momentit të rezistencës

$\sum M_{Rd,b}$ shuma e kapaciteteve në përkulje të trarëve të nyjes

$\sum M_{Rd,c}$ shuma e kapaciteteve në përkulje të kolonës së nyjes

$V_{g+\psi q}$ forca prerëse në skajet e trarëve

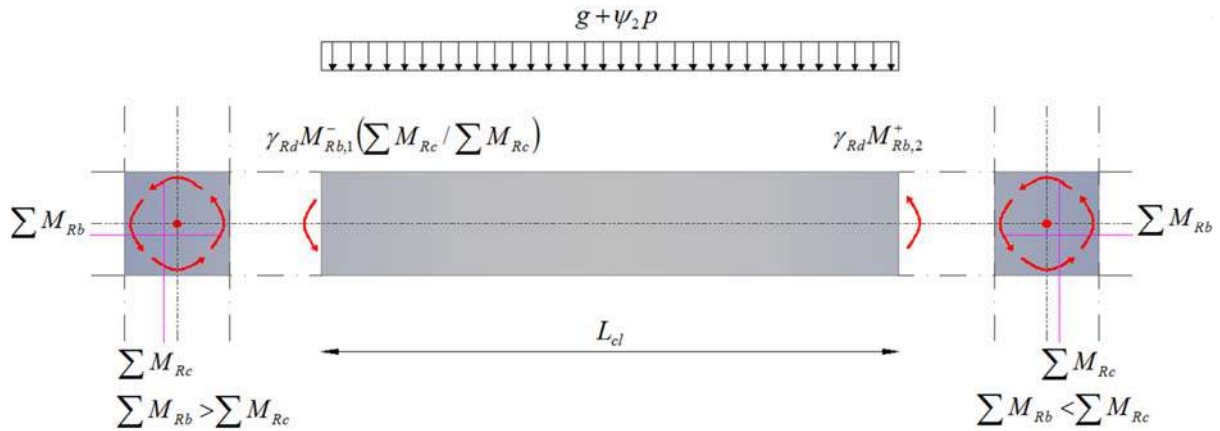


Figura 2.9 Derivimi i forces prerëse në projektimin sipas kapaciteteve në një tra

Detajimi i zonave fundore dhe të ndërmjetme të kolonave në projektimin sipas kapaciteteve në prerje, i referohet momenteve të rezistencës së kolonës dhe të trarëve të nyjes, si edhe rregullat e minimeve konstruktive. Kështu forca prerëse në kolona në projektimin sipas kapaciteteve jepet (Figura 2.10):

$$V_{CD,c} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd,c1}^- \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_1 + M_{Rd,c2}^+ \min\left(1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}}\right)_2}{H_{cl}} \quad (2.23)$$

Të gjithë parametrat kanë të njëjtin kuptim si tek formula (2.22), dhe vlera e faktorit që merr në konsideratë deformimet e çelikut është 1.3 për DCH dhe 1.1 DCM.

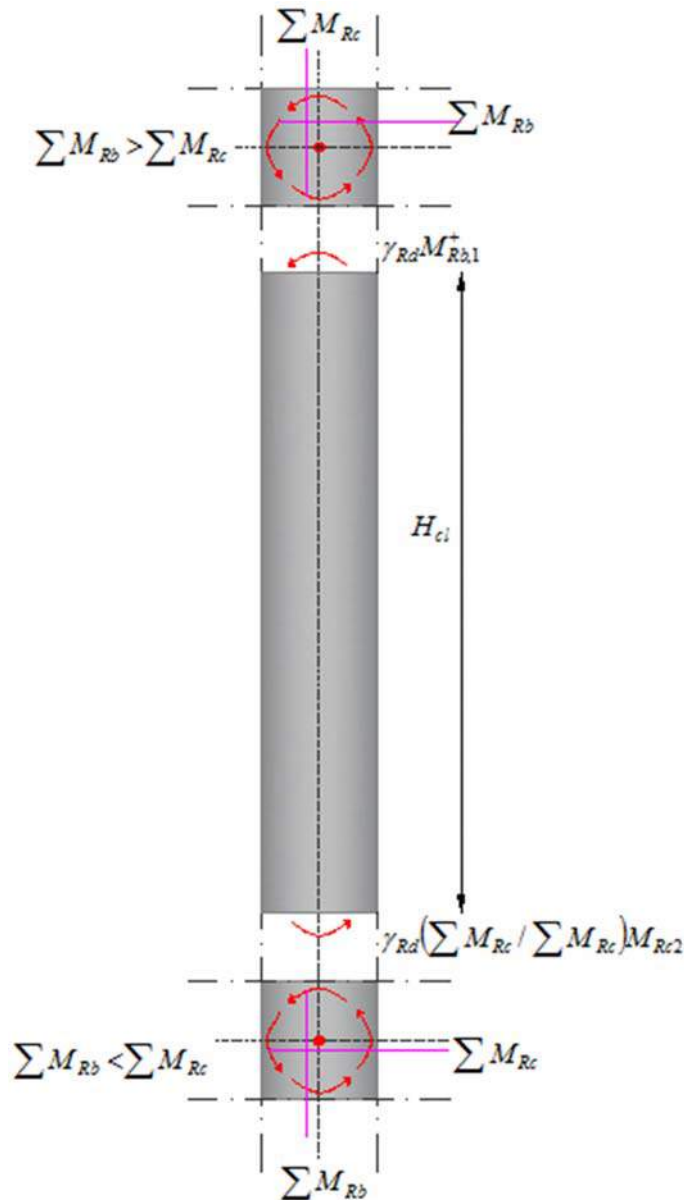


Figura 2.10 Forca prerëse në kolona në projektimin sipas kapaciteteve

Projektimi i mureve strukturorë nga forca prerëse në projektimin sipas kapaciteteve, bëhet për një vlerë të forcës prerëse më të madhe sesa vlera e forcës prerëse që rezulton nga analiza për kombinimin sizmik. Kjo forcë përftohet nga shumëzimi i forcës që rezulton nga analiza me një faktor ε , që merr vlerat:

Për DCM:
$$\varepsilon = \frac{V_{Ed}}{V'_{Ed}} = 1.5 \quad (2.24)$$

V_{Ed} Kapaciteti në forcë prerëse
 V'_{Ed} Forca prerëse nga analiza

Për DCH ($h_w/l_w \leq 2$):

$$\varepsilon = \frac{V_{Ed}}{V'_{Ed}} = \gamma_{Rd} \left(\frac{M_{Rdo}}{M_{Edo}} \right) < q \quad (2.25)$$

M_{Rdo} Momenti kapacitiv në bazë të murit

M_{Edo} Momenti i llogaritur nga analiza

Për DCH ($h_w/l_w > 2$):

$$\varepsilon = \frac{V_{Ed}}{V'_{Ed}} = \sqrt{\gamma_{Rd} \left(\frac{M_{Rdo}}{M_{Edo}} \right) + 0.1 \left(q \frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)} \right)^2} \leq q \quad (2.26)$$

Simbolet e mësipërme janë si në formulat e mësipërme dhe T_1 është perioda e modit të parë.

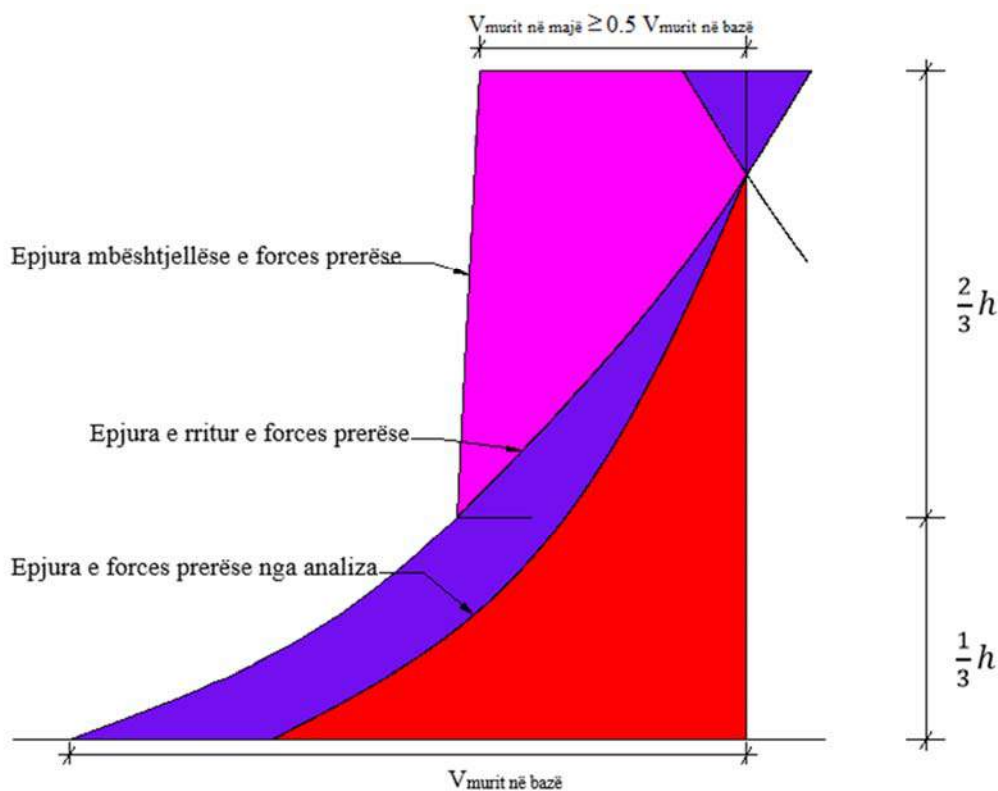


Figura 2.11 Epjurat e forces prerëse të murit duktil

Pra në thelb të projektimit sipas kapaciteteve qëndron evitimi i krijimit të kateve të buta, që do të kishin të gjitha deformimet plastike të përqendruara në to. Detajimi për arritjen e objektivave të performancës për një rast të tillë do të ishte shumë i vështirë për t'u realizuar në praktikë. Në projektimin sipas kapaciteteve, deformimet plastike shpërndahen në të gjithë strukturën në mënyrë uniforme duke plotësuar kushtin (2.20), kolona të forta dhe trarë të dobët³⁰ (Figura 2.12). Kjo do të thotë se gjatë veprimit sizmik, kolonat mbeten në stadin elastik në të gjitha katet, dhe çernierat plastike formohen në skajet e të gjitha trarëve dhe në

³⁰ Kuptimi mbi fortësinë në këtë rast, duke bazuar në principet e projekteve sipas kapaciteteve është relative. Kjo do të thotë trau i cili është më i "dobët" se kolona bëhet subjekt i akumulimit të deformimeve plastike, ndërsa kolona mbetet në faze elastike.

seksionet fundore të katit përdhe. Kolonat duhet të mbesin në stad elastik sepse së pari ndryshe nga trarët ato posedojnë më pak duktilite; së dyti, një dëmtim i mundëshëm i kollonës mund të çojë në kolapsin e një pjese apo edhe të të gjithë strukturës dhe së treti zhvendosjet që do të vinin nga krijimi i çernierës plastike do të agravoheshin edhe më shumë nga efekti P- Δ .

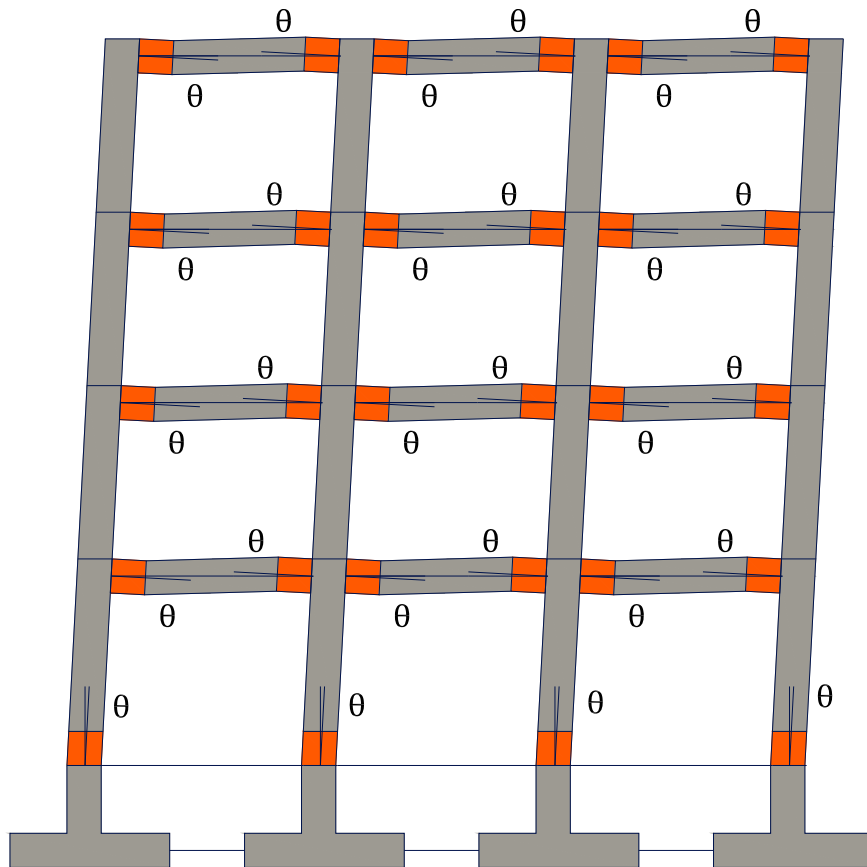


Figura 2.12 Shpërndarja e deformimeve plastike në mënyrë uniforme në të gjitha katet e structures

3. FUNKSIONI I DËMTUESHMËRISË SË STRUKTURAVE

Dëmtueshmëria një strukture të caktuar para së gjithash varet nga kapaciteti i saj, i cili është një funksion kompleks mes duktilitetit dhe shtangësisë. Nga ana tjetër, dëmtueshmëria e një strukture varet edhe nga energjia që vjen në të gjatë goditjes së tërmetit. Kjo energji do të “absorbohet” nga struktura, gjë që mund të çojë në zhvillimin e dëmtimeve të saj, dhe në varësi të natyrës dhe përhapjeve të të cilëve gjykohet për atë që në kompleks i referohemi si gjendie e dëmtueshmërisë (vulnerabiliteti). Kjo gjendie e dëmtueshmërisë mund të arrijë apo të kalojë një nivel target të dëmtueshmërisë, pra kemi të bëjmë me probabilitetin e ndodhjes së një ngjarjeje, kur ka ndodhur më parë një ngjarje tjetër (vjen forca sizmike, probabiliteti me kusht). Kjo jo vetëm për natyrën e paparashikueshme të tërmetit, pasi veprimet sizmike nën të cilat do ndodhet struktura gjatë jetës së saj nuk mund të njihen me siguri të plotë. Pasi mund të njihen tërmetet e mëparshëm, karakteristikat e truallit e për rrjedhojë veçoritë e pritshme të tërmeteve të ardhshëm, por nuk mund të njihet me saktësi nxitimi maksimal që do t’i vijë strukturës nga trualli gjatë jetës së saj dhe as kohëzgjatja e ngjarjes sizmike, përmbajtja e frekuencave të lëkundjes së truallit e faktorë të tjerë përgjegjës për dëmtime të mundshme në strukturë. Gjithashtu edhe kapaciteti real i një strukture nuk mund të njihet me saktësi, deri në momentin kur ai është ezauruar në mënyrë të plotë dhe struktura shkatërrohet, Porter (2015).

3.1. Teoria probabilitare dhe dëmtueshmëria

Variabla rastësore³¹, përfaqësojnë jo vetëm një fenomen rastësor, pra që ndryshon në mënyrë të paparashikuar; por edhe një fenomen apo parametër i cili nuk ndryshon por që nuk njihet me siguri. I tillë është për shembull kapaciteti i një strukture, i cili nuk ndryshon apo mund të ndryshojë fare pak me kalimin e kohës, por nuk njihet me siguri derisa struktura sillet në prag të kolapsit. Variablat rastësore vlerësohen përmes shpërndarjes probabilitare si: desiteti probabilitar dhe funksioni i shpërndarjes kumulative.

Densiteti probabilitar shpreh shpërndarjen e vlerave të variablës rastësore X , rreth një vlere fikse x , dhe matematikisht do të shprehej:

$$\int_a^b f(x)dx = P[a \leq X < b] \quad (3.1)$$

a, b kufijnjtë e integrimit

P probabiliteti

$f(x)$ densiteti probabilitar

³¹ Matematikisht, variabla rastësore është çdo funksion real X , i përcaktuar në një hapsirë Ω , pra: $X: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$

Funksioni i shpërndarjes kumulative (ose ndryshe funksioni kumulativ i shpërndarjes), shpreh probabilitatin që variabla rastësore X të marrë vlera më të vogla sesa një vlerë fikse x , dhe matematikisht shprehet:

$$F(x) = P[X \leq x] = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (3.2)$$

$F(x)$ funksioni i shpërndarjes kumulative

Parametrat e tjerë janë si në shprehjen (3.1)

Rastet e dy funksioneve të mësipërme i takojnë variablave rastësore të vazhduara, ashtu siç në fakt është edhe gjëndia e dëmtueshmërisë së një strukture apo tipi strukturash. Sepse kalimi nga një gjëndie dëmtueshmërie në një tjetër nuk bëhet me “hope” në mënyrë të menjëhershme, por është graduale derisa struktura ezauron të gjithë kapacitetin e saj dhe shkatërrohet. Përveç përkufizimeve të mësipërme të $f(x)$ dhe $F(x)$, në teorinë probabilitare, për variablat rastësore të vazhduara propozohen trajta parametrike të ligjeve të shpërndarjes së tyre. Në analizat probabilitare të riskut sizmik (APRS), më së shumti përdoren dy ligje të shpërndarjes, Ligji i Shpërndarjes Normale dhe Ligji Shpërndarjes Logaritmike Normale.

3.1.1. Ligji Shpërndarjes Normale

Në qoftë se një variabël rastësore X ka ligj normal të shpërndarjes, me pritje matematike μ ³² dhe dispersion σ ³³, ajo mund të marrë çdo vlerë numerike reale ($-\infty < X < \infty$). Vihet re që sa më i madh të jetë dispersioni σ , aq më e madhe është hapsira e vlerave që merr variabla rastësore. Densiteti probabilitar i një ndryshoreje të rastit me ligj normal të shpërndarjes, jepet në shprehjen (3.3), ku siç shihet shpesh herë ajo mund të shprehet edhe në formë të normalizuar të saj, e cila shënohet me gërmën ϕ të alfabetit grek.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} = \phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \quad (3.3)$$

Ndërsa funksioni i shpërndarjes normale jepet:

$$F(x) = P[X \leq x] = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \quad (3.4)$$

Për ndërtimin e grafikëve të funksioneve të shpërndarjes dhe densitetit probabilitar të variablës rastësore me ligj normal shpërndarje, softet matematikore kanë nga një funksioni të veçantë. Kështu, për shembull *Microsoft Excel*, për densitetin ka funksionin *normdist(z)*, dhe për shpërndarjen kumulative, *normsdist(z)*.

³² Pritja matematike, është vlera mesatre që pritet realisht të ndodhë.

³³ Dispersioni shërben për të matur në mënyrë objektive përhapjen e vlerave të ndryshores së rastit për rreth pritjes matematike.

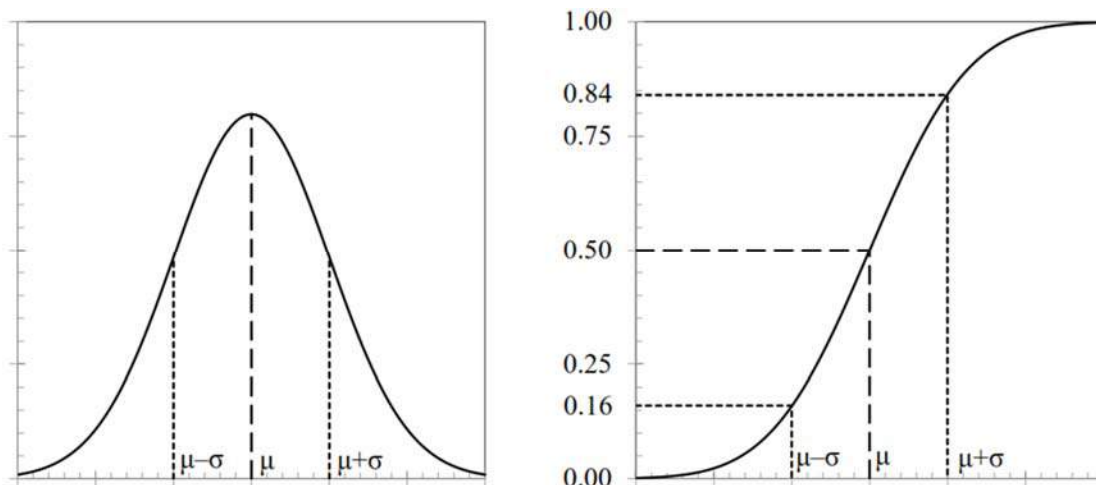


Figura 3.1 Majtas: Densiteti probabilitar, Djathtas: Shpërndarja kumulative-Norm

3.1.2. Ligji i Shpërndarjes Logaritmike Normale

Nëse një variabël rastësore ka shpërndarje logaritmike normale, kjo do të thotë se logaritmi natyror i saj ka ligj normal shpërndarje. Në këtë rast, variabla rastësore merr vetëm vlera pozitive, dhe probabiliteti që ajo të marrë vlerën zero ose më të vogla se zero është zero. Pra, do të mund të shkruajmë: $Y = \ln X \sim N(\mu_{\ln X}; \sigma_{\ln X})$. Ku $X \sim N(\mu; \sigma)$. Funkzioni i densitetit probabilitar për një variabël rastësore jepet në trajtë parametrike, në forma të ndryshme, si më poshtë:

$$f(x) = \frac{1}{x\beta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x/\theta))^2}{2\beta^2}} = \varphi\left(\frac{\ln(x/\theta)}{\beta}\right) \quad (3.5)$$

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_{\ln X}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x) - \mu_{\ln X})^2}{2\sigma_{\ln X}^2}} = \varphi\left(\frac{\ln(x) - \mu_{\ln X}}{\sigma_{\ln X}}\right) \quad (3.5')$$

Ndërsa funksioni i shpërndarjes kumulative logaritmike normale jepet:

$$F(x) = P[X \leq x] = \Phi\left(\frac{\ln(x/\theta)}{\beta}\right) = \Phi\left(\frac{\ln(x) - \mu_{\ln X}}{\sigma_{\ln X}}\right) \quad (3.6)$$

$f(x)$ funksioni i densitetit

$F(x)$ funksioni i shpërndarjes kumulative

Φ funksioni standart i shpërndarjes normale

φ funksioni i normalizuar i shpërndarjes normale

θ mediana³⁴ në këtë rast jepet: $\theta = e^{\mu_{\ln X}}$

β dispersioni variablës me shpërndarje logaritmike normale dhe jepet: $\beta = \sigma_{\ln X}$

μ pritja matematike e variablës rastësore me shpërndarje normale

³⁴ Mediana është ajo madhësi e cila i ndan vlerat e variables rastësore në dy pjesë, për të cilat variabla ka probabilitet të njëjtë të marrjes së vlerës.

σ *dispersioni i variablës rastësore me shpërdarje normale*

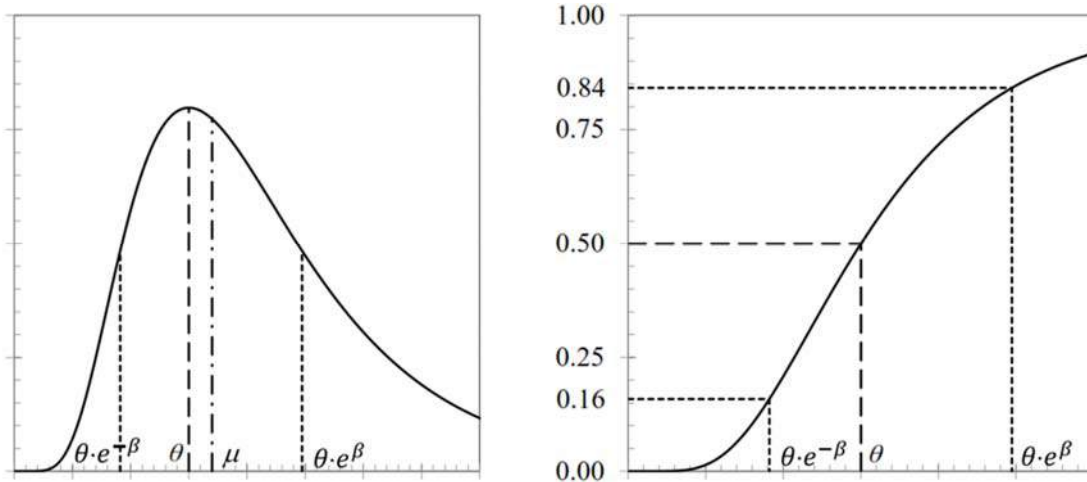


Figura 3.2 Majtas Densiteti Probabilitar, Djathtas Shpërndarja kumulative-LogNorm

Shpesh paraqitet më e thjeshtë vlerësimi i dy parametrave të shpërndarjes logaritmike normale të një variabëlë rastësore (θ , β), përmes parametrave të shpërndarjes normale: μ , σ . Kjo gjë bëhet përmes të ashtëquajturit koeficienti i variacionit, v , i cili shpreh raportin ndërmejt pritjes matematike dhe dispersionit të variablës rastësore.

$$v = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3.7)$$

$$\beta = \sqrt{\ln(1+v^2)} \quad (3.8)$$

$$\theta = \frac{\mu}{\sqrt{1+v^2}} \quad (3.9)$$

v *koefiçienti i variacionit*

parametrat e tjerë si në formulat 3.3-3.6

3.2. Koncepti mbi Funkcionin e Dëmtueshmërisë

Në literaturën ndërkombëtare ka një sërë përkufizimesh rreth funksionit të dëmtueshmërisë. Disa prej tyre e ndajne konceptin e funksionit të dëmtueshmërisë nga ai i kurbës së dëmtueshmërisë (Porter, 2015), me arsyetimin se kurba e kufizon varësinë e problemit me vetëm një parametër, ndërsa funksioni mund të përfshijë dy ose më shumë parametra. Në fakt në këtë temë, nuk është bërë një dallim i tillë. Kuptimi i kurbës apo funksionit të dëmtueshmërisë do të merret i njëjtë, meqë edhe numri i variablave është një (kërkesa sizmike). Për këtë arsye, pa ndjehet rregull specifik, do të referohemi në të dyja format.

Koncepti i funksionit sizmik të dëmtueshmërisë (që në inxhinieri daton së paku në vitin 1980, përdorur nga Kenedi³⁵) përbejnë një nga elementët më të rëndësishëm të vlerësimit të riskut sizmik të strukturave. Kurba e Dëmtueshmërisë përfaqëson një korelacion ndërmjet kërkesës sizmike e (shprehur me një nga mënyrat), dhe dëmtueshmërisë së strukturës (Dumova 2000,

³⁵ Kenedi e përcakttoi funksionin e dëmtueshmërisë si një korelacion probabilitar mes mundësisë së shkatërrimit (feailure) të një komponenti të një centrali bërthamor dhe nxitimit maksimal të truallit nga tërmeti.

T. Rosseto etj). Kjo nënkupton probabilitetin e arritjes apo tejkalimit të një niveli të caktuar të dëmtueshmërisë, e shprehur përmes *Niveleve të Dëmtueshmërisë*, për një gamë të caktuar të *Kërkesës Sizmike* (e shprehur si PGA, PGV, S_a, S_d, etj). Porter e përkufizon funksionin e dëmtueshmërisë si “lehtësia me të cilën mund të dëmtohet një sistem nga një faktor i jashtëm”. Në këtë kuptim funksioni i dëmtueshmërisë shpreh funksionin e shpërndarjes kumulative të kapacitetit të një sistemi (ose një elementi të veçantë të tij) për t’i rezistuar arritjes apo kalimit të një gjëndie të padëshiruar limite. Këtu funksioni i shpërndarjes kumulative ka kuptimin e probabilitetit që një vlerë variabël rastësore do të jetë më e madhe ose e barabartë me një vlerë të dhënë si funksion i vetë kesaj vlere. Pra ne thelb, funksioni i dëmtueshmërisë është një probabilitet me kusht³⁶.

3.3. Forma e Funksionit të Dëmtueshmërisë

$$P_f(d_s \geq d_{si} | IM) = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{tot}} \ln \left(\frac{IM}{IM_{mi}} \right) \right] \quad (3.10)$$

d_{si} *Niveli i Dëmtueshmërisë*

IM *Kërkesa Sizmike (Intensity Measure)*

IM_{mi} *Vlera mesatare e kërkesës sizmike për të cilën arrihet niveli i dëmtueshmërisë*
 d_{si}

β_{tot} *Shmangia mesatare kuadratische e logaritmit natyror të kërkesës sizmike për nivelin “i” të dëmtueshmërisë (dispersioni logaritmik)*

Φ *Funksioni kumulativ i shpërndarjes Normale Standarte*

Në shprehjen (3.10) është treguar forma e përgjithshme e funksionit të dëmtueshmërisë, e cila është dhënë në trajtën e shpërndarjes logaritmike normale. Edhe në këtë temë, nisur edhe nga referencat nga literatura ndërkombëtare, funksioni i dëmtueshmërisë do të shprehet përmes ligjit logaritmik normal të shpërndarjes. Më poshtë kemi listuar disa arsye të përdorimit të një funksionit të tillë, dhe duhet të theksojmë se të gjitha këto arsye janë jo thelbësore dhe vetëm praktike (Porter):

- Së pari, thjeshtësia. Shpërndarja logaritmike normale ka një formë të thjeshtë parametrike e cila vlerëson një variabël të vazhduar rastësore që merr vetëm vlera pozitive (matematikisht) përmes dy parametrave, medianën dhe dispersionin logaritmik.
- Së dyti, është fakti që në literaturën ndërkombëtare të inxhinierisë sizmike dhe analizës probabilitare të riskut sizmik është shumë e përdorur kjo shpërndarje për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë. Pra kjo formë e shpërndarjes ka shumë precedentë të mëparshëm.
- Së treti, kjo formë e shpërndarjes, kërkon më pak të dhëna sa i përket variablës rastësore e cila merr vlera pozitive dhe së cilës i njihen dy parametrat përcaktues.

³⁶ Probabiliteti me kusht është probabiliteti i ndodhjes së ngjarjes A, me kusht që ka ndodhur më parë ngjarja B.

- Së katrëti, ka një përputhje të arsyeshme mes rezultateve të parashikuara nëpërmjet kësaj forme të shpërndarjes, dhe rezultateve të marra nga vëzhgimet në vend të dëmtimueshmërisë.

Sikurse shikohet nga shprehja 3.10 për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë duhen vlerësuar dy parametrat e funksionit kumulativ probabilitar. Këto dy parametra kanë një natyrë rastësore dhe të pasigurtë³⁷, dhe pikërisht këtu qëndron edhe “vëshitirësia” e vlerësimit të tyre. Karakteri rastësor i këtyre variablave është i lidhur jo vetëm me natyrën e tërmetit (krejtësisht i paparashikueshmë se kur do të bjerë apo se sa shkatërrues do të jetë ai), por edhe me mënyrën e reagimit të strukture ndaj efekteve të tij.

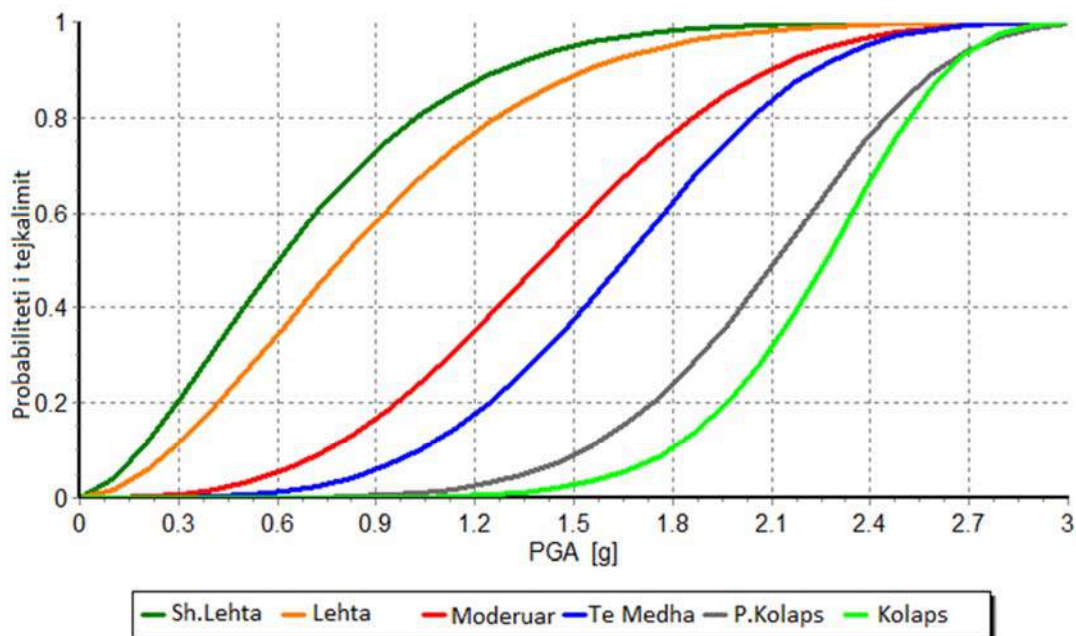


Figura 3.3 Shembull i kurbave të dëmtueshmërisë, marrë nga programi SYNER-G, Rosseto & Elnashai 2004

Sic shikohet në figurë, kurbat e dëmtueshmërisë janë një grafik në një sistem koordinativ ku në boshtin e abshisave vendoset kërkesa sizmike, në këtë rast e shprehur me nxitimin maksimal të truallit, dhe në boshtin e ordinatave tregohet probabiliteti i arritjes apo tejkalimit të nivelit të dëmtimit, të shprehur në gjashtë nivele: dëme shumë të lehta, dëme të lehta, dëme të moderuara, dëme të mëdha, prag kolapsi si edhe kolaps. Këto kurba janë ndërtuar nëpërmjet një studimi hibrid³⁸ të realizuar nga Rosseto dhe Elnashai (2004) bazuar në të dhënat të marra përmes vëzhgimit në vend, pas dëmeve të shkaktuara nga tërmeti. Një hulumtim më i gjërë mbi kurbat e dëmtueshmërisë së ndërtuara nga autorë të ndryshëm në Europë mund të gjënden në programin Fragility Manager Tool³⁹.

Të dhënat hyrëse të nevojshme për vlerësimin e dëmtueshmërisë së një strukture përmes kurbave të dëmtueshmërisë përfshijnë:

³⁷ E pasigurtë-uncertain, (uncertain quantities), natyra rastësore e një fenomeni.

³⁸ Metodikat e zhvillimit të kurbave të dëmtueshmërisë do të shpjegohen në paragrafët e mëposhtëm

³⁹ Fragility Manager Tool, një aplikacion për menaxhimin e funksionëve të dëmtueshmërisë i zhvilluar nga projekti SYNER-G i Komisionit Europian <http://www.vce.at/SYNER-G>

- Specifikimi i tipologjisë së strukturës (duke përfshirë këtu edhe lartësinë) si edhe niveli i kriterëve të projektimit antisizmik të aplikuar gjatë ndërtimit të saj.
- Specifikimi i rrezikut sizmik të rajonit apo më konkretisht të sheshit apo zonës ku është realizuar ndërtimi.

Ndërkohë që “rezultati” që ne marrim përmes kurbave të dëmtueshmërisë, është një vlerësim i mundësisë (probabilitetit) që për një nivel të dhënë të rrezikut sizmik, të arrihet ose të tejkalohet një nivel i dhënë i dëmtueshmërisë. Pra *kërkesa sizmike*, është parametri nga i cili jepet varësia e funksionit të dëmtueshmërisë. Por duhet kuptuar drejt⁴⁰ fakti që çdo kurbë dëmtueshmërie karakterizohet nga një vlerë e pritshme e parametrin të kërkesës sizmike për të cilën mund të arrihet ai *niveli i dëmtueshmërisë*. Nga ana tjetër pasiguria e arritjes së një niveli të dhënë të dëmtueshmërisë, karakterizohet nga parametri i shpërndarjes logaritmike normale, dispersioni logaritmik.

3.4. Kërkesa Sizmike

Kërkesa sizmike është një parametër që shërben për të karakterizuar lëvizien e truallit përmes së cilit llogaritet dëmtueshmëria e strukturave ekzistuese. Për këtë qëllim, janë zhvilluar shumë mënyra të përcaktimit të kësaj kërkesë, dhe secila prej tyre i referohet një karakteristike të caktuar të lëvizies së truallit. Përzgjedhja e formës përfaqësuese të kërkesës sizmike në një studim dëmtueshmërie ka një rëndësi të madhe dhe duhet të jetë në funksion të përfaqësimit të nivelit të dëmtueshmërisë lokale apo globale të kërkuar. Forma më e përshtatshme e paraqitjes së kërkesës sizmike përcaktohet ai parameter i cili është më praktik, efektiv, i mjaftueshm, i kuptueshm dhe kompjuterikisht i modelueshm (Cornell, 2002; Mackie etj 2005). Ekzistojnë dy mënyra kryesore të përcaktimit të kërkesës sizmike: empirike dhe instrumentale.

Në lidhje me Kërkesën Sizmike të përcaktuar me mënyra empirike, shkallët e ndryshme të intensitetit makrosizmik derivohen nga vlerësime kryesisht cilësore dhe subjektive të dëmtimit të dhënë në një shkallë diskrete numerike. Forma të tilla të përcaktimit të Kërkesës Sizmike janë: Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), Modified Mercalli Intensity Scale (MMI), European Macroseismic Scale (EMS-98), etj. Mënyra të tilla të vlerësimit të Kërkesës Sizmike mund të gjenden të përdorura në analiza të dëmtueshmërisë së realizuara në të kaluarën por edhe në ditët e sotme, megjithëse përdorimi i tyre në analiza të detajuar sizmike është i limituar.

Në lidhje me mënyrat instrumentale të përcaktimit të Kërkesës Sizmike, vlerësimi i forcës levizëse së truallit për shkak të aktivitetit sizmik (tërmetit) shprehet si një vlerë e matur nga instrumentët përkatës ose mund të merret si rezultat i përpunimi të akselerogramave të regjistruara të tërmetëve. Në këtë mënyrë, ndryshe nga sa ndodh me mënyrat empirike të vlerësimit të Kërkesës Sizmike, në mënyrat instrumentale nuk kemi më vlerësime subjektive të “forces” së tërmetit. Format më të përdorshme të paraqitjes së Kërkesës Sizmike për studimet e dëmtueshmërisë janë:

⁴⁰ Konfuzion mund të krijojë fakti që funksioni i dëmtueshmërisë jepet si varësi e kërkesës sizmike, si p.sh zhvendosja spektrale, njëkohësisht edhe niveli i dëmtueshmërisë jepet përmes medianës së shprehur përmes zhvendosjes spektrale. Por megjithatë këto janë dy gjëra të ndryshme, pasi njëra përfaqëson rrezikun sizmik, e tjetra karakterizon nivelin e dëmtueshmërisë së struktues.

- Nxitimi maksimal i truallit, PGA
- Shpejtësia maksimale e truallit, PGV
- Nxitimi spektral, S_a
- Zhvendosja spektrale, S_d

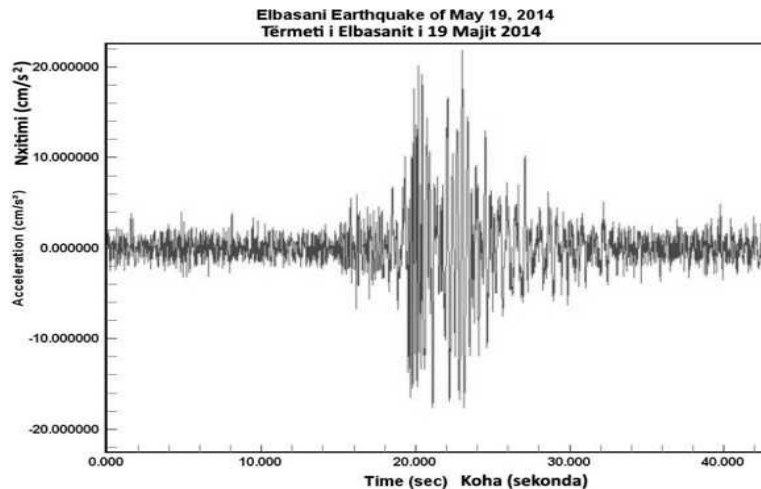












Figura 3.4 Akselerograma e Tërmetit të Elbasanit, 19 Maj 2014

Vënde të ndryshme kanë zhvilluar dhe përdorur shkallë të ndryshme të matjes së Kërkesës Sizmike, disa prej tyre tregohen në tabelën e mëposhtme:

Tabela 3.1 Shkallët sizmike që përdoren nga vende të ndryshme

Vendi/Rajoni	Shkalla Sizmike e Përdorur
 Kinë	Liedu Scale (GB/T)
 Europë	European Macroseismic Scale (EMS-98)
 Hong Kong	Modified Mercali Scale (MM)
 Indi	Medvedev-Sponheuer-Karnik Scale
 Israel	Medvedev-Sponheuer-Karnik Scale (MSK-64)
 Japoni	Shindo Scale
 Kazakistan	Medvedev-Sponheuer-Karnik Scale (MSK-64)
 Rusia	Medvedev-Sponheuer-Karnik Scale (MSK-64)
 Taivan	Shindo Scale
 SHBA	Modified Mercali Scale (MM)

Shqipëria, edhe për shkak të kontekstit politik të kohës, është orjentuar ndaj modeleve lindore të shkalleve sizmike. Siç shihet edhe nga Tabela 3.1, shkalla MSK-64, e cila ka marrë emrin nga ideatorët e saj: V. Medvedev, W. Sponheuer dhe V. Karnik, është përdorur në vendin tonë, por edhe më gjërë në fakt. Kjo shkallë e ndan kërkesën sizmike në 12 nivele (Tabela 3.2), duke treguar karakteristikat dhe dëmtimet që e karakterizojnë secilën prej shkallëve. Në këtë paragraf, do të përshkruhen secila prej këtyre shkallëve, meqë vlerësimet e para të rrezikut sizmik në Shqipëri i referohen pikërisht kësaj shkalle. Por, në këtë temë do të paraqiten kurbat e dëmtueshmërisë edhe sipas projektit HAZUS, e për këtë arsye do të përshkruhen edhe shkallët sizmike sipas modelit të sotëm amerikan, Modified Mercali

Seismic Scale⁴¹ (MMI, Tabela 3.3). Nga ana tjetër, që prej vitit 1998, në Europë është publikuar një tjetër shkallë, më e përditësuar, e vlerësimit të kërkesës sizmike, EMS-98 (Tabela 3.4). Kjo shkallë, në bazë të së cilës qëndron MSK-64 dhe MMI, është sot shkalla më e përdorur e referimit të kërkesës sizmike në Europë dhe për këtë arsye është përshkruar edhe në këtë temë. EMS-98 është një shkallë sizmike e ndërtuar me qëllim inkurajimin e bashkëpunimit mes sizmiologëve dhe inxhinierëve (Grunthal 1998), dhe në ndryshim me magnitudën, e cila tregon energjinë e çliruar nga aktiviteti sizmik, shkallët e intensitetit sizmik tregojnë ndikimet që ato kanë në ndërtesa.

Format e mësipërme të përshkrimit të shkallës sizmike janë të një natyre empirike dhe subjektive sipas propozimeve të autorëve përkatës, por nga ana tjetër, për qëllime praktike, duke qënë se intensiteti sizmik, ose “kërkesa sizmike”, mund të matet përmes instrumentave të ndryshëm, është e mundur një korelim i tyre me vlera të matura të intensitetit sizmik si PGA, PGV etj. Për këtë arsye, si edhe duke shfrytëzuar ngjashmëritë që ekzistojnë mes shkallëve të mësipërme të vlerësimit sizmik është ndërtuar një tabelë e përbashkët e shkallëve empirike, matjes instrumentale të propozuar si edhe magnitudes së tërmeteve (Tabela 3.5).

⁴¹ Referenca për MMI është marrë nga National Earthquake Information Centre (NEIC), ShBA, ku më tepër informacion mund të merret: <http://earthquake.usgs.gov/contactus/golden/neic.php>

Tabela 3.2 Shaklla Sizmike MSK-64

Shkalla MSK-64	Lëkundia	Ndikimi
I	Jo e perceptueshme	Nuk ndihet nga njerëzit, regjistrohet përmes pajisjeve të posaçme. Asnjë efekt tek objektet dhe asnjë dëmtim në ndërtesa.
II	Vështiësisht e perceptueshme	Ndihet vetëm nga njerëzit që qëndrojnë ulur. Asnjë efekt tek objektet dhe asnjë dëmtim në ndërtesa.
III	E dobët	Tërmeti ndihet nga disa njerëz brenda ndërtesave. Objekte të varura lëkunden lehtësisht dhe nuk ka dëmtime të ndërtesave.
IV	Mjaft e ndjeshme	Ndihet nga shumë njerëz brenda ndërtesave, por nga shumë pak jashtë tyre. Lëkundje të moderuara, mund të zgjojnë nga gjumi disa njerëz. Mund të ndihen dridhje të lehta të ndërtesës, dhomës, krevatit, karrikeve etj. Qeramikat, xhamat, dyert dhe dritaret kërcasin. Objektet e varura lëkunden. Lëkundja të lehta të mobiljeve. Asnjë dëmtim në ndërtesa.
V	Mjaft e fortë	Ndihet nga shumica e njerëzve brenda ndërtesave, dhe nga disa jashtë tyre. Disa njerëz friksohen dhe vrapojnë jashtë ndërtesave. Shumica e njerëzve në gjumë zgjohen. Vëzhgohen lëkundje të forta të ndërtesave dhe mobiljeve. Objektet e varura lëkunden në mënyrë të konsiderueshme. Qeramikat dhe xhamat kërcasin. Dyert dhe dritaret kërcasin pavarësisht nëse janë të hapur apo të mbyllura. Lengjet mund të derdhen nga enët e tyre kur janë të mbushura plot. Kafshët shtëpiake mund të alterohen. Dëmtime të lehta në ndërtesa të ndërtuara pa kërkesë sizmike.
VI	E fortë	Ndihet nga shumica e njerëzve brenda ndërtesave, dhe nga shumë të tjerë jashtë tyre. Disa njerëz mund të humbin ekuilibrin, e shumë të tjerë mund të përfshihen nga paniku dhe të frapojnë jashtë ndërtesave. Objekte të vogla mund të rrëzohen dhe mobiljet mund të zhvendosen. Xhamat dhe qeramikat mund të thyhen. Kafshët e fermës mund të friksohen. Dëmtime të dukshme të strukturave me muraturë, plasaritje në suva. Të çarat të izoluar në tokë.
VII	Shumë e fortë	Shumica e njerëzve përfshihen nga paniku dhe përpiqen të dalin nga ndërtesat. Mobiljet zhvendosen dhe mund të përmbysen. Objektet bien nga raftet. Uji mund të dale nga enët mbajtëse. Dëmtime të mëdha në ndërtesat e vjetra, në oxhaqet prej tulle dëmtime shkatërruese. Të çarat të vogla në tokë.
VIII	Shkakton dëmtime	Shumë njerëz e kanë të vështirë të qëndrojnë në këmbë, edhe jashtë ndërtesave. Moblimi mund të përmbysen. Valet lëkundëse mund të shikohen në terrene shumë të dobëta. Ndërtesat e vjetra pësojnë shkatërrime të pjesshme, ose pësojnë dëmtime të konsiderueshme. Të çarat e mëdha në tokë, rënie gurësh.
IX	Shkatërrimtare	Panik i përgjithshëm. Njerëzit mund të rrëzohen. Valët e lëkundieve mund të shikohen në terrene të buta. Ndërtesat e zakonshme shkatërrohen. Ndërtesat e mirë konstruara pësojnë dëmtime të mëdha. Tubacionet nëntokësore shpërthejnë. Të çarat të mëdha në tokë.
X	Shumë shkatërrimtare	Ndërtesat me muraturë të shkatërruara, infrastruktura e paralizuar. Në rezervuarë mund të kriohen dëmtime që mund të përmbysin zonën përreth, e të krijojnë rezervuarë.
XI	Katastofike	Shumica e ndërtesave dhe strukturave shkatërrohen. Mund të krijohen cuname, dhe mund të krijohen valëzime të terrenit.
XII	Shumë katastrofike	Të gjitha ndërtesat në sipërfaqen e tokës dhe nën tokë shkatërrohen. Reliev ndryshon, lumenjtë ndryshojnë rrjedhën e tyre dhe krijohen cuname.

Tabela 3.3 Shkalla sizmike e Modifikuar e Mercalit

Shkalla MMI ⁴²	Lëkundia	Ndikimi
I	Nuk Ndihet	Nuk ndihet nga njerëzit, përveçse nga disa në kushte shumë të veçanta.
II	E dobët	Ndihet vetëm nga njerëzit që qëndrojnë ulur, veçanërisht në katet e larta të ndërtesave.
III		Lëkundjet ndihen nga disa njerëz brenda ndërtesave, sidomos në katet e larta të ndërtesave. Megjithatë shumë njerëz nuk e kuptojnë se është tërmet. Automjetet në prehje mund të pësojnë lëkundje të vogla. Kohëzgjatja e lëkundjeve e kuptueshme.
IV	E lehtë	Ndihet nga shumë njerëz brenda ndërtesave, dhe gjatë ditës nga pak jashtë tyre. Gjatë natës lëkundjet mund të zgjojnë nga gjumi disa njerëz. Enët e kuzhinës, dyert dhe dritaret lëvizin; nga muret dëgjohet kërcitje sikur çahen. Automjete në prheje pësojnë lëkundje të dukshme.
V	E moderuar	Ndihet nga të gjithë njerëzit brenda ndërtesave, dhe nga disa jashtë tyre. Shumica e njerëzve në gjumë zgjohen. Enët e thyeshme të kuzhinës si edhe xhamat e dritareve thyhen. Objektet e paqëndrueshme përmbysen ose rrëzohen, orët me lavierës mund të ndalojnë së punuari.
VI	E fortë	Ndihet nga shumica e njerëzve brenda ndërtesave, dhe nga shumë të tjerë jashtë tyre. Disa njerëz mund të humbin ekuilibrin, e shumë të tjerë mund të përfshihen nga paniku dhe të frapojnë jashtë ndërtesave. Mobilie të rënda zhvendosen. Rënie të pjesshme të suvasë, dhe dëmtime shumë të lehta të elementëve strukturorë.
VII	Shumë e fortë	Dëmtime të neglizhueshme në strukturat e projektuara dhe ndërtuara me kërkesa të mira sizmike. Dëmtime shumë të lehta deri në të moderuara në strukturat e zakonshme të ndërtuara me cilësi. Dëmtime të konsiderueshme në strukturat e ndërtuara me cilësi të dobët ose të konstruara në mënyrë të gabuar. Disa oxhaqe pësojnë thyerje të pjesshme.
VIII	Të rënda	Dëmtime të lehta të strukturave të projektuara me kërkesa të larta sizmike. Dëmtime të konsiderueshme në strukturat e zakonshme të cilat mundet të pësojnë edhe shembje të pjesshme. Dëmtime shumë të mëdha në strukturat e ndërtuara dhe konstruara me cilësi të dobët. Oxhaqe janë shembur. Gjithashtu oxhaqet e fabrikave, kolonat, muret e përmendoret rrëzohen. Mobiljet e rënda përmbysen.
IX	Të dhunshme	Dëmtime të konsiderueshme në strukturat e projektuara me kërkesa të larta sizmike; strukturat e tipit ramë të mirë projektuara, pësojnë inklinime të dukshme. Dëmtime të mëdha në një numër të konsiderueshëm ndërtesash, dhe me shembje të pjesshme. Mbistruktura mund të zhendoset ose shpëputet nga themelet e saj.
X	Ekstreme	Disa struktura të mirë konstruara prej druri janë shkatërruar; pjesa më e madhe e strukturave me muraturë dhe strukturat e tipit ramë janë shkatërruar deri në themele. Binarët e hekurudhave përkulen.
XI		Urat shkatërrohen, të çara shumë të mëdha në tokë. Tubacionet nëntokësore dalin krejtësisht jashtë funksionit. Trualli mund të lëngëzojë, dhe të pësojë shkarje të mëdha. Binarët e hekurudhës janë përkulur shumë.
XII		Shkatërrim total. Valet e lëkundjeve mund të dallohen në sipërfaqe të tokës. Ndryshime në relief kanë ndodhur. Objekte të ndryshme mund të fluturojnë në ajër.

⁴² Një simulim i shkallëve sizmike sipas shkallës së modifikuar të Mercalit mund të gjendet në linkun North Illinois University: http://elearning.niu.edu/simulations/images/S_portfolio/Mercalli/Mercalli_Scale.swf

Tabela 3.4 Shkalla e intensitetit sizmik EMS-98

Shkalla EMS-98	Lëkundia	Ndikimi
I	E pandjeshme	Nuk ndihet nga njerëzit.
II	Vështirësisht e ndjeshme	Ndihet vetëm nga një numër i vogël njerëzish që qëndrojnë ulur, veçanërisht ato të cilët ndodhen në katet e sipërme të ndërtesave.
III	E dobët	Lëkundiet janë të dobëta dhe ndihen nga pak njerëz që ndodhen brenda ndërtesave. Njerëzit që qëndrojnë ulur mund të ndiejnë virimet e strukturës, ose luhatjet e dritës (gjatë natës). Lëkundie të dukshme të shumë objekteve.
IV	Mjaft e ndjeshme	Ndihet nga shumë njerëz brenda ndërtesave, por nga shumë pak jashtë tyre. Lëkundje mund të zgjojnë nga gjumi disa njerëz. Niveli i lëkundieve mund të shaktojë panik. Dyert dritaret dhe enët e kuzhinës kërcasin. Objektet e varura lekunden. Asnjë dëmtim në ndërtesa.
V	E fortë	Ndihet nga shumica e njerëzve brenda ndërtesave, dhe nga disa jashtë tyre. Shumica e njerëzve në gjumë zgjohen. Disa njerëz përfshihen nga paniku dhe vrapojnë jashtë ndërtesave. Vëzhgohen lëkundie të forta të ndërtesave dhe mobiljeve. Objektet e varura lekunden në mënyrë të konsiderueshme. Enët prej qeramike dhe xhami thyhen. Lëkundiet janë të forta dhe objektet të vendosura në lartësi rrëzohen. Dyert dhe dritaret kërcasin pavarësisht nëse janë të hapur apo të mbyllura
VI	Lehtësisht dëmtuese	Ndihet nga të gjithë njerëzit brenda ndërtesave, dhe nga disa deri shumë të tjerë jashtë tyre. Disa njerëz përfshihen nga paniku dhe të vrapojnë jashtë ndërtesave. Objekte në mure rrëzohen. Dëmtime të vogla në ndërtesa si plasaritje të suvasë dhe rënie të pjesshme të saj.
VII	Dëmtuese	Shumica e njerëzve përfshihen nga paniku dhe përpiqen të dalin nga ndërtesat. Mobiliet zhvendosen dhe mund të përmbysen dhe shumë objekte bien nga raftet. Shumë ndërtesa pësojnë dëmtime të lehta deri në të moderuara. Muret çahen dhe oxhaqet shemben pjesërisht.
VIII	Shumë dëmtuese	Mobilimi mund të jetë përmbysur. Nga disa deri në shumica e ndërtesave pësojnë dëmtime: oxhaqet shemben, të çara të mëdha shfaqen në mure dhe disa ndërtesa mund të pësojnë edhe shembje të pjesshme. Tërmeti është i ndjeshëm edhe nga njerëzit që janë në drejtim të automjeteve.
IX	Shkatërruese	Përmendoret dhe kolonat e strukturave mund të bien ose të inklinohen. Shumë ndërtesa të zakonshme pësojnë shkatërrim të pjesshëm dhe disa të tjera shkatërrohen plotësisht. Dritaret thyhen.
X	Shumë shkatërruese	Shumë ndërtesa shkatërrohen plotësisht. Në tokë shfaqen të çara apo rrëshqitje të cilët mund të shikohen me sy të lirë.
XI	Katastofike	Shumica e ndërtesave shkatërrohen.
XII	Shumë katastrofike	Të gjitha ndërtesat në sipërfaqen e tokës dhe nën tokë shkatërrohen. Relievi ndryshon.

Studim mbi dëmtueshmërinë e strukturave me skelet prej betoni të armuar

Tabela 3.5 Korrelimi i shkallëve sizmike

Shkalla Sizmike	EMS-98	MSK-64	MMI	PGA ⁴³ (%g)	PGV (cm/s ²)	Magnituda
I	E pandjeshme	Jo e perceptueshme	Nuk Ndihet	<0.17	<0.1	2
II	Vështirësisht e ndjeshme	Vështiësisht e perceptueshme	E dobët	0.17-1.4	0.1-1.1	3
III	E dobët	E dobët				
IV	Mjaft e ndjeshme	Mjaft e ndjeshme	E lehtë	1.4-3.9	1.1-3.4	4
V	E fortë	Mjaft e fortë	E moderuar	3.9-9.2	3.4-8.1	5
VI	Lehtësisht dëmtuese	E fortë	E fortë	9.2-18	8.1-16	6
VII	Dëmtuese	Shumë e fortë	Shumë e fortë	18-34	16-31	7
VIII	Shumë dëmtuese	Shkakton dëmtime	Të rënda	34-65	31-60	
IX	Shkatërruese	Shkatërrimtare	Të dhunshme	65-124	60-116	>7
X	Shumë shkatërruese	Shumë shkatërrimtare	Ekstreme	>124	>116	
XI	Katastofike	Katastofike				
XII	Shumë katastrofike	Shumë katastrofike				

⁴³ Të dhënat instrumentale i referohen hartave sizmike të USGS, të përpunuara për tërmetin e Haitit. Më shumë të dhëna dhe harta të tjera mund të gjenden në linkun e mëposhtëm: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/>

3.5. Nivelet e Dëmtueshmërisë

Në vlerësimin e riskut sizmik të një strukture, nivelet e performacës së saj, mund të përcaktohen përmes të ashtëquajturave pragje apo limite të dëmtueshmërisë, ose gjendie kufitare. Një Gjendie Kufitare përfaqeson kufirin, ose pragun e kalimit nga një gjendie e dëmtueshmërisë në një gjendie tjetër të dëmtueshmërisë. Për shembull, në qoftë se performanca e një strukture është e përshkruar në dy gjendie kufitare atëhere nivelet (gjëndiet e dëmtueshmërisë) do të ishin tre (Figura 3.5).

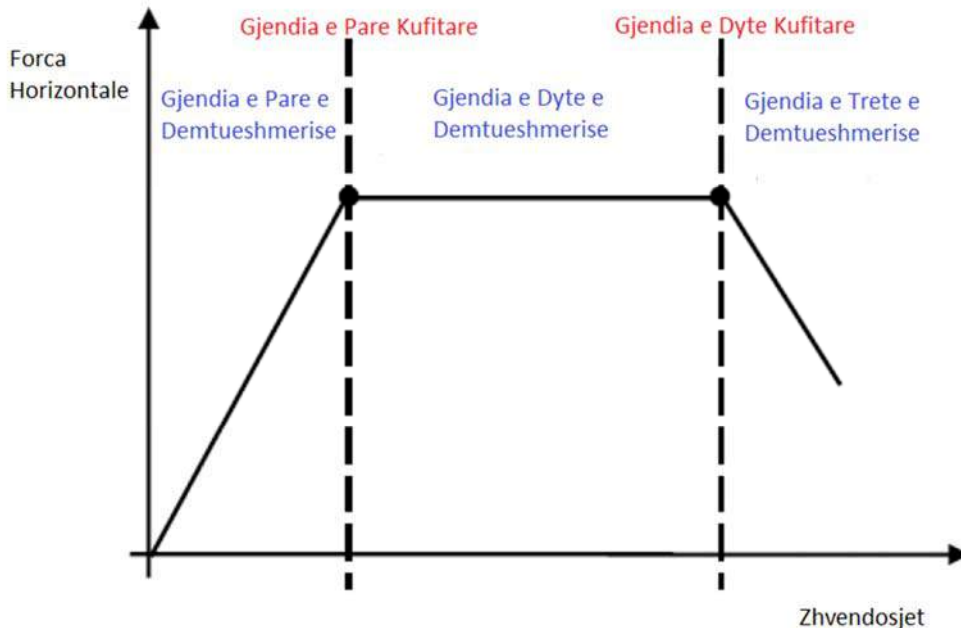


Figura 3.5 Gjëndiet Kufitare dhe Gjëndiet e Dëmtueshmërisë (adaptuar nga SYNER-G D3.1, 2011)

Në rastin e ndërtimit të kurbave të dëmtueshmërisë, shumica e metodave, e modelojnë dëmtueshmërinë në vlera diskrete të quajtura Nivele të Dëmtueshmërisë⁴⁴. Në procedurat empirike, nga vëzhgimet në vend, këto nivele përdoren për të karakterizuar dëmtimet e shkaktuara nga forca sizmike. Kurse në metodat analitike, këto Nivele të Dëmtueshmërisë përdoren për të cilësuar karakteristikat mekanike të strukturës si e tërë, siç janë zhvendosjet spektrale. Për shembull, këto zhvendosje mund lidhen me Nivelet Dëmtueshmërisë përmes korrelimeve me Gjëndiet Kufitare (Figura 3.5).

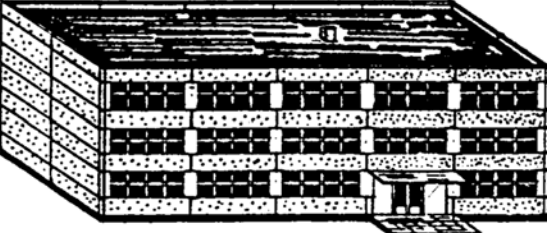
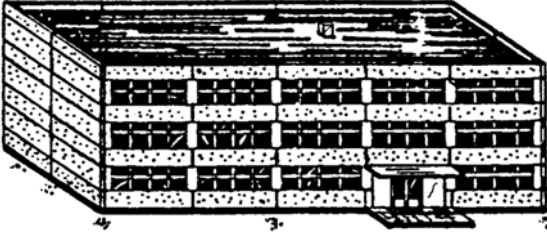
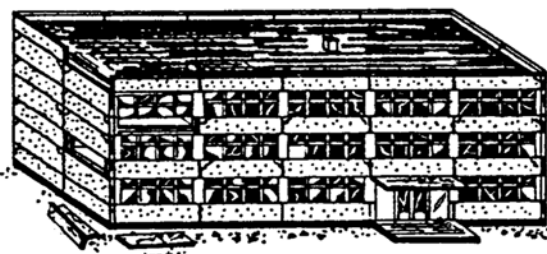


Numri i Niveleve të Dëmtueshmërisë varet nga shkalla e dëmtueshmërisë së përdorur, dhe në këtë paragraf do të paraqiten disa mënyra të klasifikimit të gjëndies së dëmtueshmërisë së strukturave, si EMS-98 (Grynthal 1998), HAZUS (FEMA 1999), ATh, etj.

3.5.1. EMS-98

Në fakt, EMS-98 nuk i referohet ndonjë vlerë tipike diskrete të dëmtueshmërisë, por gjëndiet e dëmtueshmërisë së saj janë zhvilluar nga autorët sipas gjykimit subjektiv të tyre.

⁴⁴ Nivelet te Dëmtueshmërisë, ose Shkallet e Dëmtueshmërisë nga anglishtja Damage State, DS

Tabela 3.6 Tabela e Niveleve të Dëmtueshmërisë sipas EMS-98 (marrë nga EMS-98 Grunthal 1998)

Klasifikimi i Niveleve të Dëmtueshmërisë për strukturat prej betoni të armuar	
	<p>Niveli 1: Dëmtime të neglizhueshme deri në shumë të lehta (pa dëmtime strukturore, dëmtime shumë të lehta jostrukturore). Plasaritje të dukshme në suva në pjesën e ramave ose tek muret në bazë. Plasaritje të dukshme në zonat e takimit të ramës me muraturën mbushëse.</p>
	<p>Niveli 2: Dëmtime të moderuara (dëmtime të lehta strukturore, Dëmtime të moderuara jostrukturore) Plasaritje në kolonat dhe trarët e ramave si edhe në muret strukturore. Plasaritje të dukshme në zonat e takimit të ramës me muraturën mbushëse⁴⁵, si dhe në vetë muraturën mbushëse; rënie të pjesshme të suvasë dhe të veshjeve të lehta. Shkëputje e llaçit në zonën e bashkimit të paneleve.</p>
	<p>Niveli 3: Dëmtime të konsiderueshme deri në dëmtime të medha (dëmtime të moderuara strukturore, dëmtime të mëdha jostrukturore). Plasaritje në kolona dhe në nyjet e ramës si dhe në nyjet e bashkimit të mureve. Shkatërrimi i shtresës mbrojtëse ekspozimi dhe epja e armaturës së elementëve në shtypje. Plasaritje të mëdha në bashkimet e ramave me muret mbushëse si edhe vetë muret mbushëse, shkatërrim i plote i paneleve të veçanta.</p>
	<p>Niveli 4: Dëmtime shumë të mëdha (dëmtime të medha strukturore, dëmtime shumë të mëdha jostrukturore). Plasaritje të mëdha të elementëve strukturore me shkatërrim të zonës së shtypur të betonit dhe thyerje të armatures; dalje nga puna e armatures së trarëve; pjerrësim i kolonave. Shkatërrimi i një kolone apo i një numri të kufizuar kolonash ose i një kati të tërë në pjesën e sipërme.</p>
	<p>Niveli 5: Shkatërrim i plotë (dëmtime shumë të mëdha strukturore). Shkatërrim i katit të parë në mënyrë të plotë ose të pjesshme (për shembull shkatërrimi i një krahu të strukturës)</p>

⁴⁵ Muratura mbushëse-muratura që nuk ka funksion strukturor, ose muratura ndarëse



(a)



(b)



(c)

Figura 3.6 Ilustrime të niveleve të dëmtueshmërisë sipas EMS-98

(a) Strukturë tipi Ramë, Niveli i Dëmtueshmërisë 3, Meksico City 1985, struktura ka pësuar dëme të moderuara të elementëve strukturorë dhe dëmtime të rënda jostrukturore.





(b) Strukturë tipi Ramë, Niveli i Dëmtueshmërisë 4, Meksico City 1985, struktura ka pësuar shkatërrim të pjesshëm të pjesës së sipërme, megjithatë asnjë pjesë e kësaj strukture nuk është shkatërruar plotësisht

(c) Strukturë e tipit Ramë, Niveli i Dëmtueshmërisë 5, Veriu i Poliponezit, Greqi 1995, struktura është shkatërruar plotësisht një kat

3.5.2. HAZUS

HAZUS⁴⁶ është një metodologji e standartizuar (FEMA) për vlerësimin dhe modelimin e humbjeve të mundëshme nga tërmetet, përmytjet dhe cunamet në SHBA. Dëmtueshmëria përshkruhet me vlera diskrete, në katër nivele: Dëmtime të Lehta, Dëmtime të Moderuara, Dëmtime të Mëdha dhe Dëmtim i Plotë. Karakterizimi i dëmtueshmërisë sipas HAZUS i referohet një parametri mekanik, si për shembull zhvendësjet spektrale dhe është i ndarë, pra bëhet një vlerësim për dëmtimet strukturore dhe një vlerësim më vete për dëmtimet jostrukturore. Në këtë temë jemi kufizuar vetëm me nivelet e dëmtueshmërisë strukturore.

Tabela 3.7 Nivelet e Dëmtueshmërisë Strukturore sipas HAZUS për strukturat prej betoni të armuar të tipit ramë dhe të kombinuara, referuar HAZUS MH MR5

	<p>Dëmtime të Lehta: Plasaritje të holla në nyje nga momenti përkulës ose nga forca prerëse në trare dhe kolona pranë nyjeve. Plasaritje diagonale në shumicën e mureve betonarme, thërrmime të vogla në disa pjesë të mureve.</p>
	<p>Dëmtime të Moderuara: Plasaritjet më të zhvilluara në trarë dhe kolonat. Në ramat duktile disa prej elementëve strukturore kanë kaluar në rrjedhshmëri (plasaritje të zhvilluara nga momenti përkulës). Në ramat joduktile ka më tepër plasaritje të diktuar nga forca prerëse. Në strukturat me mure, plasaritjet janë më të zhvilluara. Disa prej mureve kanë kaluar në rrjedhshmëri gjë e cila indikohet nga plasaritje më të zhvilluara.</p>
	<p>Dëmtime të Medha: Disa prej kolonave dhe rigelave kanë aritur në kufirin e kapacitetit të tyre (në ramat duktile plasaritjet nga momenti përkules janë shumë të mëdha dhe në disa zona betoni është thërrmuar, në ramat joduktile shkatërrimi vjen nga forca prerëse, ose nga humbja e qëndrueshmërisë së ndonjë kolonë, e cila mund të çojë në një shkatërrim të pjesshëm të strukturës). Në strukturat me sistem konstruktiv të kombinuar, pjesa më e madhe e mureve kanë kaluar në rrjedhshmëri⁴⁷, disa prej të cilëve mund të kenë arritur kufirin e kapacitetit të tyre (plasaritjet janë shëndërruar në të çara të depërtueshme në mur. Betoni rreth të çarave është i thërrmuar, shëmbie të pjeshme mund të ndodhin për shkak të shkatërrimit të ndonjë kolone)</p>
	<p>Dëmtim i Plotë: Struktura është e shkatërruar plotësisht ose është në prag të shkatërrimit për shkak të humbjes së qëndrueshmërisë së përgjithëshme të ramës. Në strukturat të kombinuara, shkatërrimi ka ndodhur ose është në prag të shkatërrimit për shkak të daljes nga puna të ndonjë elementi kritik (kolonë, mure ose trarë).</p>

⁴⁶ <http://www.fema.gov/hazus>

⁴⁷ Është ezauruar faza elastike

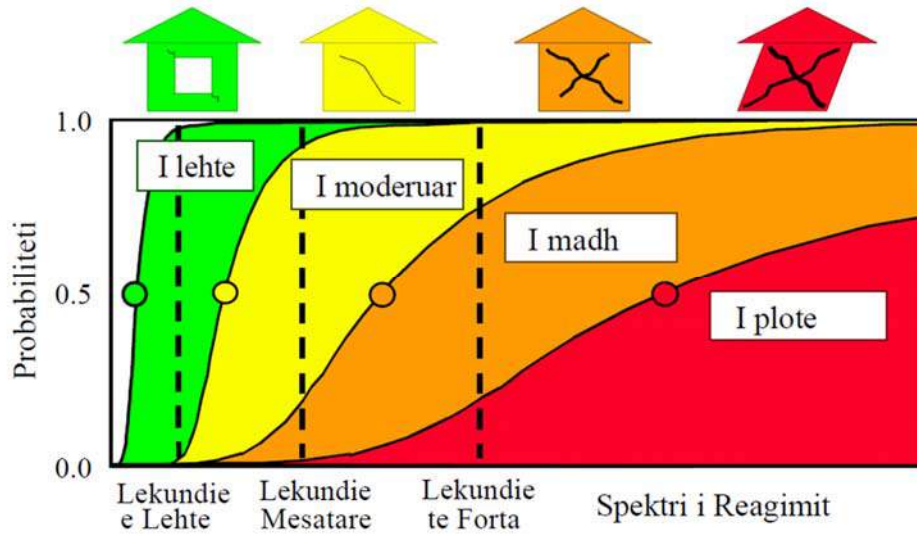


Figura 3.7 Gjëndiet e Dëmtueshmërisë së propozuara nga HAZUS, paraqitur në një shembull kurbash dëmtueshmërie (marrë nga HAZUS MH MR5 Figure 2.5)

3.5.3. AUTH

Përveç mënyrave përshkruese të mësipërme të karakterizimit të dëmtueshmërisë, gjëndiet e dëmtueshmërisë mund të përcaktohen edhe përmes analizave jolineare, duke përdorur si karakterizues zhvendosjet spektrale në majë të strukture, një mënyrë të tillë propozon edhe AUTH:

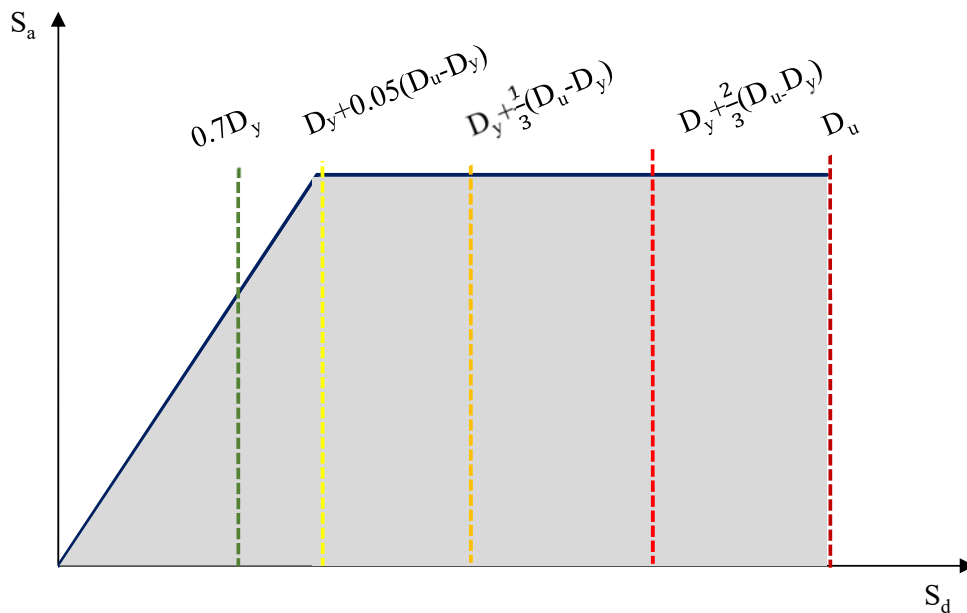


Figura 3.8 Paraqitja e Niveleve të Dëmtueshmërisë në kurbën e bilinarizuar të kapacitetit

Siç shikohet edhe nga Figura 3.8, kjo mënyrë e karakterizimit të dëmtueshmërisë e paraqet atë në pesë nivele të dëmtueshmërisë (përveç gjëndies fillestare pa Dëmtime):

Tabela 3.8 Kufinj të dëmtueshmërisë e propozuar nga AUTH

Niveli i Dëmtimit	Përshkrimi	Kufinj të zhvendosjes spektrale D (D_y është zhvendosja spektrale e rrjedhshmërisë, D_u zhvendosja fundore)
0	Asnjë Dëmtim	$D < 0.7D_y$
1	Dëmtime të Lehta	$0.7D_y \leq 0.05(D_u - D_y)$
2	Dëmtime të Moderuara	$0.05(D_u - D_y) \leq D < D_y + 1/3(D_u - D_y)$
3	Dëmtime të Mëdha	$D_y + 1/3(D_u - D_y) \leq D < D_y + 2/3(D_u - D_y)$
4	Dëmtime të Rënda	$D_y + 2/3(D_u - D_y) \leq D < D_u$
5	Shkatërrim	$D_u \leq D$

Në tabelën e mëposhtme është bërë një përmbledhje e niveleve të dëmtueshmërisë të trajtuara më sipër:

Tabela 3.9 Tabela përmbledhëse krahasuese e niveleve të dëmtueshmërisë së prezantuara në këtë temë

Niveli i dëmtueshmërisë	EMS-98	HAZUS	RISK-UE
0	Asnjë dëmtim		
1	Dëmtime të neglizhueshme	Dëmtime të lehta	
2	Dëmtime të moderuara	Dëmtime të moderuara	
3	Dëmtime të konsiderueshme	Dëmtime të mëdha	Dëmtime të mëdha
4	Dëmtime shumë të mëdha		Dëmtime të rënda
5	Shkatërrim i plotë		

3.6. Tipologjitë e strukturave prej betoni të armuar në studimet e dëmtueshmërisë

Në varësi të llojit të sistemit struktur apo edhe lartësisë së tyre, prezencës së muraturës ndarëse-punuese etj., strukturat prej betoni të armuar mund të klasifikohen në mënyra të ndryshme. Më poshtë janë dhënë mënyrat e klasifikimit sipas projektit HAZUS dhe klasifikimit të AUTH në projektin RISK-UE.

Tabela 3.10 Tipet e strukturave prej betoni të armuar sipas projektit HAZUS

Simboli	Tipi i strukturës prej betoni të armuar	Lartësia
C1L	Struktura të tipit Ramë	E Ulët
C1M		Mesatare
C1H		E Lartë
C2L	Struktura të tipit me Mure strukturorë	E Ulët
C2M		Mesatare
C2H		E Lartë
C3L	Struktura të tipit Ramë me prezencë të muraturës ndarëse	E Ulët
C3M		Mesatare
C3H		E Lartë

Tabela 3.11 Tipet e strukturave prej betoni të armuar sipas AUTH në projektin RISK-UE

Simboli	Tipi i strukturës prej betoni të armuar	Larësia
RC1L	Struktura të tipit Ramë	E Ulët
RC1M		Mesatare
RC1H		E Lartë
RC3.1L	Struktura të tipit Ramë me muraturë ndarëse të shpërndarë në mënyrë të rregullt	E Ulët
RC3.1M		Mesatare
RC3.1H		E Lartë
RC3.2L	Struktura të tipit Ramë me muraturë ndarëse të shpërndarë në mënyrë jo të rregullt	E Ulët
RC3.2M		Mesatare
RC3.2H		E Lartë
RC4.1L	Struktura të tipit Duale (Ramë dhe Mure Strukturore) pa muraturë ndarëse	E Ulët
RC4.1M		Mesatare
RC4.1H		E Lartë
RC4.2L	Struktura të tipit Duale (Ramë dhe Mure Strukturore) me muraturë ndarëse të shpërndarë në mënyrë të rregullt	E Ulët
RC4.2M		Mesatare
RC4.2H		E Lartë
RC4.3L	Struktura të tipit Duale (Ramë dhe Mure Strukturore) me muraturë ndarëse të shpërndarë në mënyrë jo të rregullt	E Ulët
RC4.3M		Mesatare
RC4.3H		E Lartë

Për secilën nga këto tipe të strukturave prej betoni të armuar, bëhet një ndarje tjetër në varësi të kriterëve të projektimit antisizmik për të cilat ato janë ndërtuar. Kjo ndarje konsiston në specifikimin e tyre si: ndërtesa të projektuara pa kritere antisizmike, me kritere të ulëta, me kritere të moderuara dhe me kritere të larta. Secila prej këtyre kategorive karakterizohet nga veçori teknike të projektimit të cilat për rastin tonë (KTP dhe EN 8) janë sqaruar në kapitullin paraardhës.

3.7. Metodologjitë e derivimit të kurbave të dëmtueshmërisë

Në literaturën ndërkombëtare ekzistojnë disa metodologji të zhvillimit të kurbave të dëmtueshmërisë, të cilat sipas rezultatit të përfutur i ndajmë në:

- Metoda empirike, të bazuara në përpunimin e të dhënave të marra nga vëzhgimi në vend
- Metodologjitë të bazuara në vlerësime subjektive të ekspertëve
- Metoda analitike, të bazuara në vlerësimin e reagimit sizmik përmes një modeli strukturor mekanik
- Teknikat hibride, një kombinim ky i burimeve të ndryshme informacioni e të dhënash.

Përgjithësisht, metodat empirike janë më të përshtatshme për tu aplikuar në rastin e strukturave të ndërtuara pa projektim inxhinierik dhe me materiale me rezistencë të ulët, si prej druri apo edhe murature të papërforuara me breza antisizmike, kapaciteti i të cilave është i vështirë për t'u llogatur por që për të cilët zotërohet një gamë e gjërë të dhënash thebësore statistikore. Nga ana tjetër metodologjitë analitike janë shumë të përshtatshme për strukturat e projektuara sipas kërkesave inxhinierike, ku mund të bëhet një vlerësim i arsyeshëm i kapacitetit sizmik

të strukturës, për të cilën mund të disponohen të dhëna të pakta (Spence, 2007). Megjithatë, metodat empirike janë më të përshtatshme për një vlerësim të zgjeruar të ndërtesave në nivel rajonal apo edhe kombëtar në raport me vlerësimin e sjelljes sizmike të një strukture të vetme. Nga ana tjetër metodat analitike, teorikisht, mund të përdoren në çdo rast.

3.7.1. Metodat Empirike

Metodat empirike përdorin informacionin e mbledhur nga vëzhgimi pas goditjes së tërmetit dhe e përpunojnë këtë informacion përmes procedurave statistikore. Metodatat tipike empirike përcaktojnë tipologjinë e ndërtesave, duke i grupuar ato sipas karakteristikave të përbashkëta si materiali, karakteristikat strukturore dhe teknikat e ndërtimit; për secilën nga tipet e ndërtesave një kurbë dëmtueshmërie vendos një korrelacion ndërmjet dëmtueshmërisë së strukturës dhe veprimit sizmik.

Është e qartë se të dhënat e marra nga vëzhgimi në vend janë burimi më realist i informacionit rreth gjëndies së dëmtueshmërisë, duke qënë se i referohet gjithë stokut të ndërtesave, truallit dhe karakteristikave të tërmetit. Megjithatë, përdorimi i metodave empirike ka disa mangësi të lidhura kryesisht me sasinë e të dhënave në dispozicion dhe në mënyrë që rezultate të përftuara përmes kësaj metodologjie të jenë të besueshme, kërkesat e mëposhtme duhet të plotësohen⁴⁸ (Rosseto & Elnashai, 2003; King etj. 2004):

- Nevojiten një sasi e madhe të dhënash, në mënyrë që të zvogëlohet “gabimi” i rezultateve. Korrelacionet statistikore do të jenë të vlefshme vetëm për ato tipe të ndërtesave të cilat kanë një numër të mjaftueshëm referencash.
- Të dhënat duhet të përfshijnë një numër të madh ndërtesash me karakteristika të ngjashme si për shembull teknikat e ndërtimit, kushtet e truallit, lëvizia e truallit etj.
- Në të njëjtën kohë, të dhënat duhet të përfshijnë një gamë të gjërë të lëvizies së truallit dhe një numër të mjaftueshëm tipesh ndërtesash.
- Ndërtesat duhet të ndodhen sa më pranë zonës me lëkundie të forta, në mënyrë që lëvizia sizmike të mund të merret sa ajo e instrumentarizuar, por edhe në zonë të cilat nuk kanë lëvizie të truallit. Gjithashtu kërkohet që struktura të mos ndodhet në kushte gjeologjike specifike, pasi që kjo do të kufizonte hapsirën e të dhënave.
- Mbikqyrja dhe mbledhja e informacionit duhet të bëhet në një format standart nga inxhinierë me eksperiencë, me një interpretim të plotë dhe konsistent të dëmeve sasiore dhe cilësore të vëzhguara.
- Korrelacioni statistikor nuk do të ishte i plotë nëse baza e të dhënave për një tipologji ndërtesash nuk do të përfshinte informacion për strukturat e dëmtuara nga tërmeti por edhe për ato të paprekura nga efektet e tij.
- Të dhënat duhet të jenë të aksesueshme nga specialistë të ndryshëm të fushës me qëllim thellimin e studimeve të tyre.

Problemi i rradhës që shtrohet është nëse duhet të shqyrtohet një event (tërmet) i vetëm apo korrelacioni duhet të ndërtohet nga shqyrtimi i disa eventeve (tërmeteve) të dokumentuara.

⁴⁸ Kërkesa të cilat, në fakt nuk mund të përmbushen të gjitha njëkohësisht

Opsioni i parë do të siguronte “homogjenitetin” e kërkesës sizmike dhe karakteristikat e përgjithshme të stokut të ndërtesave dhe do të mundësonte derivimin e kurbave të dëmtueshmërisë të cilat do të ishin veçanërisht specifike për zonën e studjuar, pra parimisht nuk do të mund të aplikoheshin në zona të tjera. Gjithashtu në këtë rast, për shkak të të dhënave të pakëta⁴⁹, përpunimi statistikor do ishte i kufizuar në një gamë të limituar të lëvizies së truallit (Orsini 1999).

Opsioni i dytë nuk e ka këtë mangësi, por e meta e analizës së disa eventeve sizmike lidhet kryesisht me johomogjenitetin e të dhënave të mbledhura, gjë e cila e ul saktësinë e korrelimeve duke qënë se informacione të ndryshme kombinohen së bashku. Në fakt, të dhënat e mbledhura nga eventet të ndryshme sizmike, jo domosdoshmërisht janë bërë me qëllim derivimin e kurbave të dëmtueshmërisë, dhe shpesh eventet e ndryshme janë vlerësuar me shkallë të ndryshme të klasifikimit të dëmtueshmërisë dhe tipologjisë së strukturave. Ky është një problem i vështirë për tu zgjidhur, kur kërkohet konvergimi në një korrelacion përfaqësues të të gjithë eventeve të shqyrtuara.

3.7.2. Metoda e bazuar tek vlerësimet e ekspertëve

Vlersimi i dëmtueshmërisë me këtë metodë, bazohen në përpunimin statistikor të informacionit të marrë nga një grup ekspertësh të fushës, të cilëve u kërkohet të japin një vlerësim të pavarur të nivelit të dëmtueshmërisë së grupit të ndërtesave të marra në konsideratë për nivele të ndryshme të lëkundies sizmike. Më pas bëhet transparenca e informacioneve të mbledhura mes ekspertëve, të cilët rishikojnë vlerësimet e tyre dhe në fund dalin me një vlerësim të përbashkët (Coburn & Spence, 2002). Më tutje ky vlerësim shprehet në formën e shpërndarjes probabilitare në raport me lëvizien e truallit.

Në këtë metodë, nuk paraqet problem gama e limituar e lëvizies së truallit (siç pamë në metodat empirike); ekspertëve mund t’u kërkohet të japin një vlerësim për çdo tip strukture, lëvizie të truallit apo çdo faktor tjetër me peshë, pasi që kurbat e derivuara nga vlerësimi i ekspertëve mund të marrë në konsideratë me lehtësi të gjithë faktorët që ndikojnë në reagimin sizmik të strukturave të ndryshme.

Por megjithatë, besueshmëria e kurbave të derivuara sipas kësaj metode është e diskutueshme, për shkak të varësisë që ka kjo metodë ndaj eksperiencës individuale të inxhinierëve, e cila mund të çojë përcakime jo uniforme. Për shkak të natyrës së llogaritjes statistikore, vlerësimet duhet të jenë të pavarura, gjë që është mjaft e vështirë të ndodhë, pasi që ekspertët përpiqen të influencojnë njëri-tjetrin. Gjithashtu gjykimet e ekspertëve janë të ndikuara shumë nga tipet lokale⁵⁰ të strukturave, konfigurimet në plan e lartësi, detajimet dhe materialet, kështu që rezultatet e marra përmes kësaj metode, janë lokale, dhe nuk mund të përgjithësohen në raste me karakteristika të ndryshme.

3.7.3. Metodat Analitike

Metodat analitike e vlerësojnë dëmtueshmërinë e strukturave përmes përpunimit statistikor të të dhënave të marra nga analiza numerike të modeleve strukturore. Kryesisht ato u zhvilluan

⁴⁹ Vetëm një tërmet shqyrtohet.

⁵⁰ Zona të caktuara kanë veçoritë dhe traditat e tyre në realizimin e ndërtimeve.

si një nevojë e diktuar nga mungesa e të dhënave për aplikimin e metodat empirike. Metodat analitike mund të përdoren për një strukturë të veçantë dhe ose një grupi tip ndërtesash, për të cilat nuk ka të dhëna të përshtatshme për aplikimin e metodave empirike, për shkak të faktit se strukturat e marra në konsideratë mund të jenë të reja ose për shkak të kompleksitetit të tyre nuk mund të përfshihen në një grup tip strukturash. Krahasuar me metodat e tjera, si për shembull metodat që bazohen në vlerësimet të ekspertëve, metodat analitike kanë rezultate të cilat nuk janë të bazuara në vlerësime subjektive dhe gjithashtu besueshmëria e tyre është në vlerësimin e dëmtueshmërisë është më e madhe.

Disavantazhi kryesor i këtyre metodave qëndron në faktin se kërkon njohuri, kapacitete të mëdha kompjuterike si edhe një punë voluminoze për analizimin e strukturave, të cilat mundet të rezultojnë në kosto më të larta sesa derivimi me metodat e tjera. Një aspekt i rëndësishëm është edhe ngjashmëria apo saktësia me të cilën modeli kompjuterik i përafrohet strukturës reale, dhe kjo varet kryesisht nga aftësië në modelim. Pavarësisht zhvillimit të teknologjisë dhe metodave numerike, të cilat kanë mundësuar një modelim të strukturave më pranë realitetit si edhe kanë shkurtuar kohën e procesimit, përsëri ka kufizime: kufijntë arkitektonikë nuk mund të përdoren në modelimin e muraturës ndarëse (Rossetto & Elnashai 2003), modelimi i vetive të truallit jo gjithmome është kompatibël me vetitë e modeluara të strukturave si edhe simulimi i lëvizieve të strukturës është mjaft i vështirë (Rota etj. 2009). Këto vështirësi janë veçanërisht të dukshme kur përdoren modele të thjeshtëzuara të strukturave, ku vetëm elementët strukturorë modelohen duke neglizhuar efektet e elementëve jostrukturorë në reagimin sizmik. Gjithashtu, shumë programe strukturore shfaqin probleme kur strukturat e modeluara përmes tyre janë subjekt i veprimeve të mëdha sizmike.

Aspektet kryesore të metodologjisë analitike janë sipas Dolce (1994):

- Përcaktimi i parametrave të rrezikut sizmik që futen në analizë
- Përzgjedhja e një modeli të përshtatshëm të një strukture specifike
- Analiza e modelit të përzgjedhur duhet bërë sipas metodikës më të përshtatshme kompjuterike
- Në fund, përpunimi i rezultateve.

Secili prej faktorëve të mësipërm kanë një ndikim thelbësor në rezultatet finale, por modeli i përzgjedhur në analizë, mund të jetë për një vlerësim të përgjithshëm të një tipologjie strukturash, ose mund të jetë një model i përshtatshëm vetëm për një strukturë. Gjithsesi, procedura standarte të aplikueshme për vlerësime të përgjithshme dhe specifike të strukturave janë të njohura.

3.7.4. Metodave Hibride

Metodat hibride shfrytëzojnë burime të ndryshme të të dhënave të kombinuara së bashku në mënyrë që të tejkalohen mangësitë që paraqet secila prej metodave të sipërpërmendura të cilat janë të bazuara në një tip të dhënash. Pra, ky kombinim mund të kompensojë mangësitë e të dhënave nga vëzhgimi në vend, subjektivitetin e vlerësimit të ekspertëve dhe deficienat e modelimit të strukturave. Megjithatë, kjo procedurë është voluminoze dhe përveç kohëzgjatjes së madhe, kostot janë shumë të mëdha.

4. STUDIME TË MËPARSHME RRETH FUNKSIONIT TË DËMTUESHMËRISË

Për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë me funksionin e shpërndarjes logaritmike normale (3.10), për çdo nivel të dëmtueshmërisë apo tipi strukturor, duhen përcaktuar vlerat e parametrave të medianës (IM_{mi}) dhe dispersionit logaritmik (β_{tot}). Duke qënë se nuk ka një procedurë të unifikuar të përcaktimit të tyre, autorë e projekte të ndryshme kanë propozuar metoda të vlerësimit të tyre, një hulumtim i shkurtër i të cilëve është dhënë në paragrafin e mëposhtëm:

4.1. Hulumtim i shkurtër i disa procedurave të derivimit të kurbave të dëmtueshmërisë

Singhal & Kirimedean (1995) zhvilluan kurbat dhe matricat e dëmtueshmërisë për strukturat prej betoni të armuar të ulëta (2-3 kate), mesatare (deri në 8 kate) dhe me lartësi të madhe (më shumë se 8 kate) duke përdorur indeksin e dëmtueshmërisë Park & Ang. Kërkesa sizmike u karakterizua nga nxitimi spetral. Vlerësimi realizohet me Analizë Dinamike Jolinare.

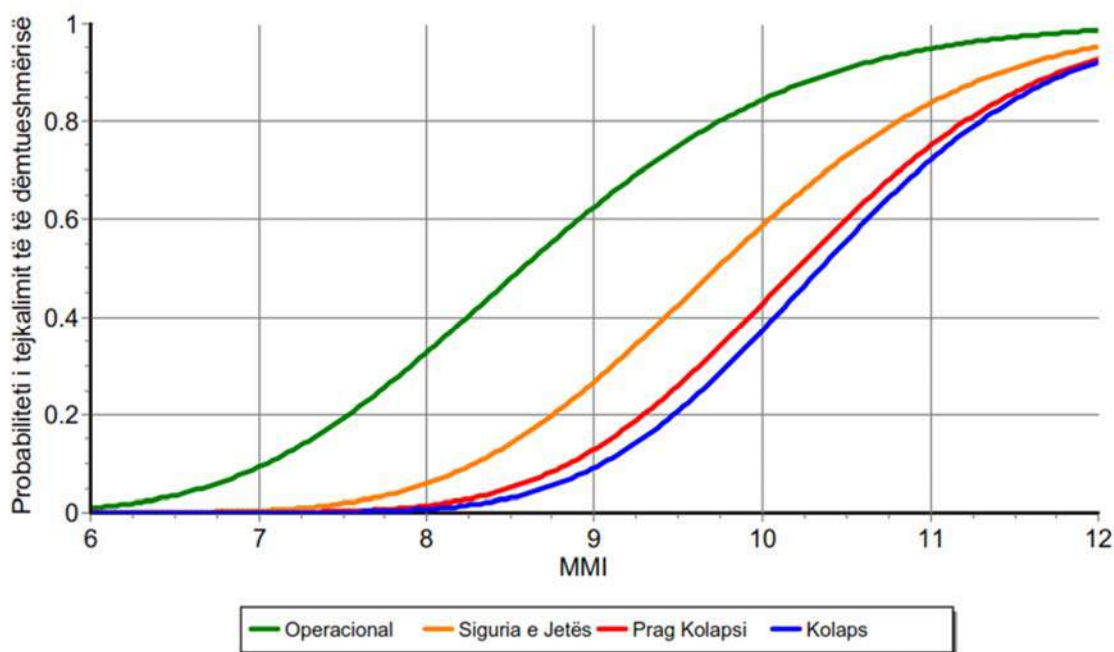


Figura 4.1 Kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat e tipit Ramë, Kirimedean etj, marrë nga SYNER-G.

Moslam (1997) zhvilloi kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat e ulëta prej betoni të armuar me dhe pa muraturë ndarëse të projektuara vetëm për ngarkesat gravitacionale. Përmes Analizës Statike Jolinare, duke konsideruar një variatet karakteristikash të betonit, çelikut dhe muraturës ndarëse u përfunduan kurbat e trilinearizuara të kapacitetit. Vlerat karakteristike të niveleve të dëmtueshmërisë u përdoren për të zhvilluar shpërndarjen logaritmike normale, me

koeficientët përkatës të vaiacionit. Përmes teknikës Monte Carlo u gjeneruan 200 kurba kapaciteti për çdo akselerogramë.

Dumova-Jovanoska (2000) zhvilloi Analiza Dinamike Jolinare për dy tipe strukturash skematike prej betoni të armuar, 6 dhe 16 katëshe të projektuara me rezistencë sizmike, për 240 akselerograma artificiale. Rezultatet u praqiten në një grafik si një varësi e indeksit të dëmtueshmërisë Park & Ang ndaj kërkesës sizmike, për nivele të ndryshme të dëmtueshmërisë (kurba e dëmtueshmërisë) dhe matricat e dëmtueshmërisë (Figura 4.2).

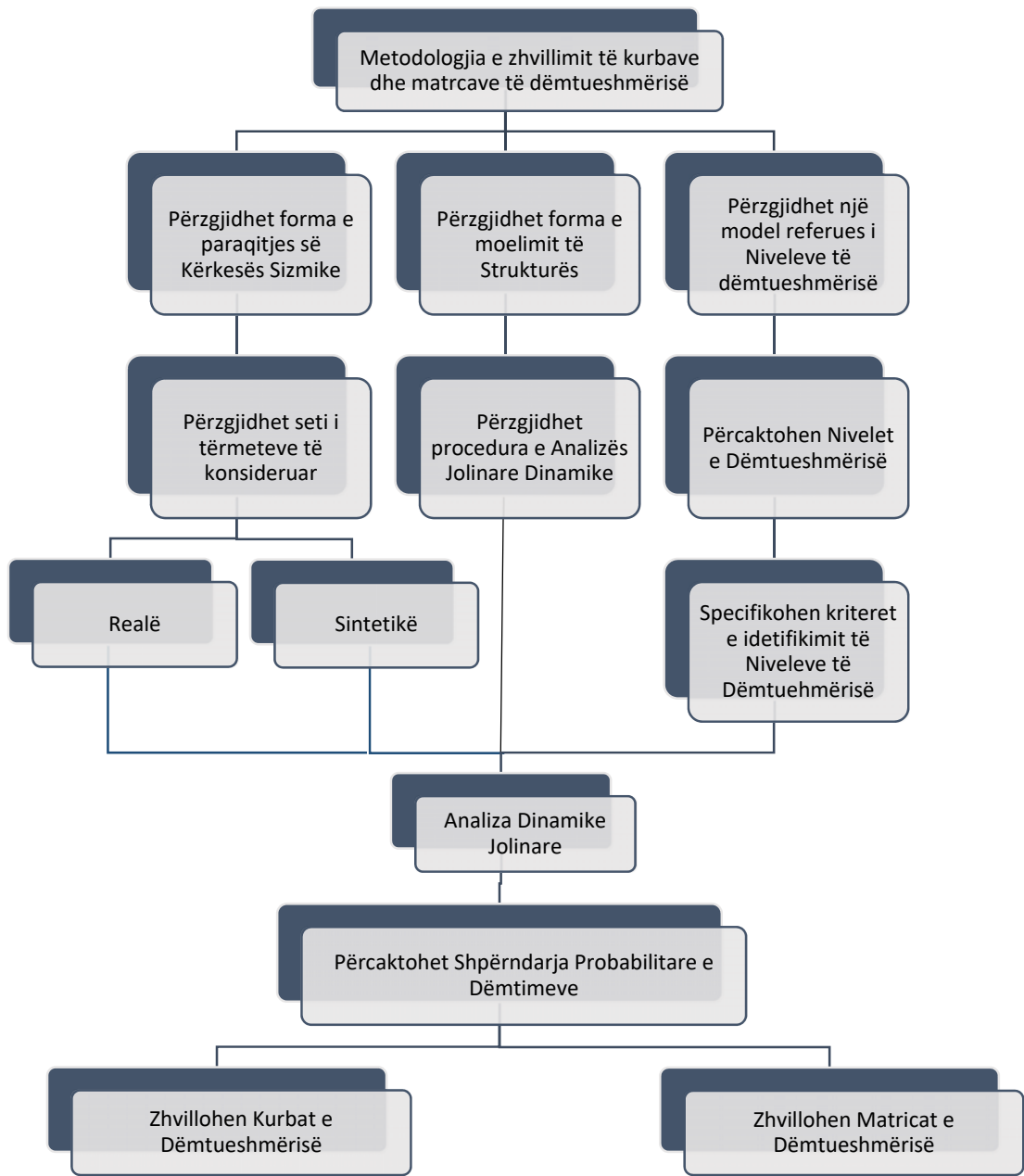


Figura 4.2 Skema e zhvillimit të Kurbave të Dëmtueshmërisë sipas Dumova-Jovanoska

Masi (2003) vlerësoi riskun sizmik të disa tipeve të strukturave karakteristike prej betoni të armuar të para viteve '70 në Itali, të projektuara vetëm për veprim të ngarkesave

gravitacionale. Tre tipe kryesore të strukturave u vlerësuan: Struktura të tipit ramë pa muraturë ndarëse, struktura të tipit ramë me muraturë mbushëse në të gjitha katet, struktura të tipit ramë me katin përdhe pa muraturë ndarëse, dhe katet e tjera të sipërme me muraturë mbushëse. Secili element i murit ndarës u modelua duke përdorur elementë planarë me veti elasto-plastike. Dëmtueshmëria u studjua në bazë të një procedure të zhvilluar po nga A. Masi (2001). Rezistenca sizmike vlerësohet përmes kurbave të dëmtueshmërisë për elementët strukturorë dhe jostrukturorë. Niveli i dëmtueshmërisë, sipas EMS98, përcaktohet duke konsideruar zhvillimin e dëmtimeve në strukturë nga aplikimi i ngarkesës inkrementale sizmike. Një korelacion ndërmjet PGA-së dhe niveleve të dëmtueshmërisë sipas EMS98, të propozuara nga Margottini (1985) u përshtat. Reagimi sizmik u llogarit përmes analizave jolineare dinamike (time history) duke i'u referuar: forcës prerëse në bazë, zhvendosjeve relative të kateve (driftet) dhe kërkesa e duktilitetit sipas kurbaturës. Vlerësimi i duktilitetit sipas kurbaturës u bë duke adoptuar vlerat e përshtatshme të kufinjëve të deformimeve të materialeve (Calvi dhe Priestly 1998). Rezultatet e kësaj analize treguan një ekspozueshmëri shumë të madhe të strukturave katet e para të të cilave nuk kishin muraturë ndarëse e katet sipër tyre po; një ekspozueshmëri e ulët për strukturat me muraturë ndarëse, që i atribuohet shpërndarjes së rregullt të muraturës ndarëse në të gjitha katet; dhe një sjellje “mesatare sizmike” për strukturat tip ramë pa muraturë mbushëse.

Milotinoviç & Trendafiloski (2003), në kuadër të projektit *RISK-UE*, u prezantua një tjetër model i zhvillimit të kurbave të dëmtueshmërisë. Struktura të tipeve të ndryshme u përzgjedhën nga qytete të ndryshme si Barcelona, Bukureshti, Nica, Sofia, Katania dhe Selaniku. Metodot empirike dhe analitike u përdoren. Për secilën nga këto metoda nivele të ndryshme të dëmtueshmërisë aplikuan dhe një korrelim mes tyre u propozua. Për strukturat prej çeliku, druri dhe me mure mbajtëse, praktika e ndjekur ishte sipas metodologjisë *HAZUS*. Kurbat empirike, u zhvilluan nga matricat e dëmtueshmërisë. Këto të fundit u gjeneruan përmes një indeksi dëmtueshmërie i cili merr në konsideratë karakteristika strukturore dhe kushtet lokale (bazuar në gjykimin e ekspertëve). Kurbat e kapacitetit me metodën Pushover u zhvilluan për materiale të ndryshme të ndërtimit, për mënyrat e ndërtimit, cilësinë e ndërtimit dhe teknologjinë e përdorur referuar kodeve të projektimit për nivele specifike të mbrojtjes sizmike. Elementët karakteristikë të kurbave të bilinarizuara (perioda, duktiliteti) mund të përcaktohen dhe i'u referuar kodeve të projektimit, gjykimit të ekspertëve, ose përmes metodave analitike. CIMNE përdori metodën e spektrit të kapacitetit. IZIIS⁵¹ zhvilloi analiza jolineare dinamike për strukturat betonarme të tipit ramë duke përdorur akselerogramat e tërmeteve realë të regjistruara. UNIGE zhvilloi shmangien mesatare logaritmike normale për kurba e dëmtueshmërisë për strukturat me mure mbajtëse si një funksion duktiliteti. UTCB⁵² përdori metodën e spektrit të kapacitetit gjithashtu. Një qasje probabilitare (teknika Monte Carlo e simulimit për karakteristika të ndryshme të betonit dhe çelikut) u përdor për të përcaktuar karakteristikat e strukturave me kritere të ulëta dhe mesatare të projektimit antisizmik e më pas një analizë pushover u zhvillua për të përfutur kurbat e kapacitetit. Gjithashtu një qasje bazuar në kod, e vlefshme për strukturat e reja, u

⁵¹ IZIIS-Instituti i Inxhinierisë Sizmike Maqedoni

⁵² UTCB-Technical University of Civil Engineering of Bucharest

prezantua. Vlerat karakteristike të kapacitetit dhe kurbave të dëmtueshmërisë jepen për të gjitha tipet e strukturave.

Erberik & Elnashai (2004) zhvilluan kurbat e dëmtueshmërisë për një strukturë tip 5 katëshe me soletë të rrafshët, me muraturë ndarëse, e projektuar sipas kodit aktual sizmik të SHBA. Dhjetë akselerograma nga rajone të ndryshme, kompatible me spektrin e kodit amerikan, u përzgjedhën dhe u shkallëzuan për të përfutur të gjitha nivelet e dëmtueshmërisë. Katër gjëndie kufitare u përcaktuan në funksion të drifteve. Gjëndia e dëmtueshmërisë u llogarit për të gjithë elementët e çdo kati dhe kati i cili ka vlerat më kritike të dëmtueshmërisë përcaton edhe nivelin e dëmtueshmërisë së të gjithë strukturës. Variabiliteti i materialeve u trajtua me teknikën Monte Carlo. Shpërndarje normale dhe logaritmike normale u përdoren për të përshkruar shpërndarjen statistikore të vetive të materialeve. Kurbat e derivuara në këtë mënyrë u krahasuan me ato të parashikuara në literaturë për këtë tip ndërtesash dhe u arsyetua se përse përdorimi i kurbave të dëmtueshmërisë së strukturave tip ramë për të vlerësuar dëmtueshmërinë e strukturave me soleta të rrafshëta është irelevante.

Akkar (2005) prezantoi kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat prej betoni të armuar me lartësi të ulët dhe mesatare me muraturë ndarëse. Analiza pushover për 32 struktura ekzistuese në Duzce, u zhvilluan për të përcaktuar intervalin e kapacitetit në forcë prerëse në bazë, periodat dhe drifitet kufitare në prag të shkatërrimit për strukturat 2, 3, 4 dhe 5 kate me kritere të ulëta të projekteve sizmike. Analiza dinamike jolinare u zhvilluan për 82 tërmete të regjistruara. Nga kjo analizë u konstatua se numri i kateve ishte një ndikim të rëndësishëm në probabilitetin e tejkalimit të nivelit të dëmtueshmërisë së dëmeve të moderuara dhe të rënda. Zhvendosja spektrale korrelohet më mirë me PGV sesa me PGA, veçanërisht në nivelet e larta të dëmtueshmërisë. Gjithashtu pati një përputhshmëri të kënaqshme mes parashikimeve të kësaj metode me dëmtimet e shkaktuara nga tërmeti i 1999 në Duzce.

Kircil & Polat (2006) zhvilluan analiza jolinare dinamike të strukturave tip prej betoni të armuar, të projektuar me kodin e 1975, duke përdorur 12 akselerograma të sintetizuara me intensitet rritës në mënyrë që të përcaktohet vlera e variablave rastësore të funksionit logritmik normal. Kurbat e dëmtueshmërisë për tipe të ndryshme çeliqesh strukturorë janë koreluar⁵³ në një kurbë të unifikuar të dëmtueshmërisë për të gjitha strukturat. Gjithshtu një korrelacion ndërmjet numrit të kateve dhe mesatares së kërkesës sizmike e shmangies mesatare kuadratike të kurbave të dëmtueshmërisë, kështu që derivimi i kurbave të dëmtueshmërisë sipas kateve nuk mund të bëhet.

Eberik (2008) studjoi 28 ndërtesa prej betoni të armuar të cilat ishin inspekuar pas tërmetit në Duzce. Strukturat ishin të ndërtuara ndërmjet viteve 1973 dhe 1999. Analiza statike jolinare u përdor për të ndërtuar kurbën e bilinarizuar të kapacitetit dhe shpërndarjen e vetive karakteristike të saj (mesatarja e kërkesës sizmike dhe shmangia mesatare kuadratike). 2800 analiza dinamike jolinare për sisteme me një shkallë lirie të përzgjedhur në mënyrë rastësore për një set prej 100 akselerogramave të regjistruara. E gjithë procedura (simulimi, teknika e modelimit, sjellja histretike etj) është realizuar në analiza parametrike. Parashikimet e

⁵³ Korrelimi konsiston në një mesatarizim të ponderuar të kurbave për tipe të ndryshme të çeliqueve

dëmtueshmërisë së kësaj metode ishin mjaft të kënaqshme në raport me dëmtimet e vëzhguara në vënd.

Özer & Eberik (2008) zhvilluan kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat prej betoni të armuar në Turqi. Ndërtesa 3, 5, 7 dhe 9 katëshe të ndërtuara me kritere të varfëra, mesatare dhe të mira të projektimit sismik u morën në konsideratë. Klasa dhe moduli i elasticitetit e betonit dhe e çelikut u morën si variabla. Kërkesa sismike, e shprehur si drift, u mor nga një set të dhënash për lëvizien e truallit, me anë të së cilës u realizua analiza jolineare dinamike.

Polese (2008) studjoi strukturat prej betoni të armuar të tipit ramë dhe ndërtesat me mure mbajtëse, të ndërtuara në Nepal përpara sesa të hynin në fuqi kodet sismike. Kurbat e bilinarizuara të kapacitetit për 400 struktura betonarme me sistem strukturor të tipit ramë, 1, 4 dhe 7 katëshe me përmasa në plan të varjueshme, u zhvilluan nga analiza pushover. Strukturat tip të përdorura u gjeneruan përmes teknikës së simulimit Monte Carlo dhe karakteristikat e materialeve të tyre u morën nga të dhenat për 400 ndërtesa në Nepal. Metoda e spektrit të kapacitetit u aplikua për spektrin sipas EN8 me vlera të rritura të nxitimit maksimal spektral.

Rossetto & Elnashai (2005) zhvilluan kurbat e dëmtueshmërisë për strukturat prej betonarmeje të ulëta me muraturë ndarëse të projektuara sipas kritereve të projektimit të kodit të vjetër Italian. Tipologjia e ndërtesave, karakteristikat e materialeve (llojshmëria e betoni, çelikut të armaturës dhe tullat) dhe lëvizia e truallit janë përzgjedhur në mënyrë të tillë që të përfaqësojnë të gjithë hapsirën rajonale. Analiza e përshtatur pushover⁵⁴ u zhvillua dhe një kurbë e idealizuar e trilinearizuar e kapacitetit të ramave me mure ndarës u konsiderua më përfaqësuese. Pika e performancës, në vend të metodës grafike, u përcaktua përmes një analize jolineare dinamike për sistemin me një shakllë lirie ekuivalent të strukturës. Dhjetë akselerograma janë të mjaftueshme për të modeluar lëvizien e truallit (Wen & Wu, 2001). Rezultatet e përftuara nga analiza u përdorën për të ndërtuar sipërfaqet e reagimit, nga të cilat kurbat e dëmtueshmërisë përftoheshin duke futur vlera rastësore të karakteristikave të materialit dhe zhvendosjeve spektrale duke marrë driftet maksimale. Kurbat e derivuara në këtë mënyrë ishin në pajtueshmëri të arsyeshme me kurbat e derivuara nga metoda empirike.

Vacareanu etj (2004) bëri një vlerësim të dëmtueshmërisë së strukturave tip rezidenciale prej betoni të armuar në Bukuresht duke përdorur metodologjinë HAZUS dhe ATC-40. Strukturat ishin të projektuara me kritere antisismike të ulëta deri në të mesme. Në këtë punim u prezantua një korelacion ndërmjet drifteve dhe indeksit të dëmtueshmërisë Park & Ang. Kërkesa i korespondon një akelerogrami të vetme. Teknika e simulimit Monte Carlo u përdor për të kalibruar parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë.

⁵⁴ Adaptive pushover-një teknikë e analizës jolineare statie më e zhvilluar sesa analiza pushover.

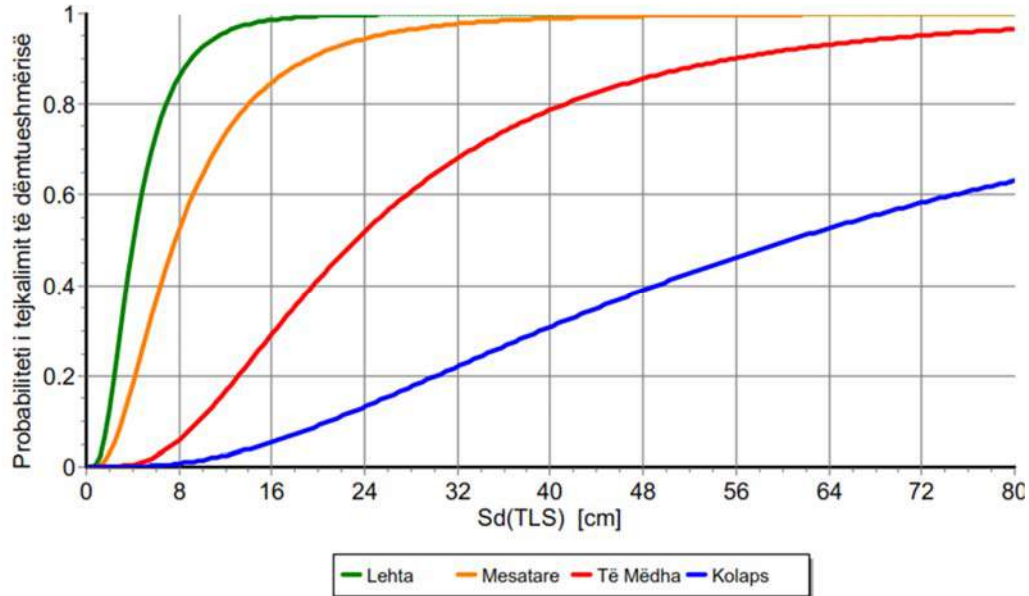


Figura 4.3 Kurbat e Dëmtueshmërisë prej betoni të armuar me 13 kate, Vacarenau etj. 2004 (marrë nga SYNER-G)

4.2. Kurbat e dëmtueshmërisë sipas projektit HAZUS

Projekti HAZUS ndërton kurbat e dëmtueshmërisë për katër nivele të dëmtueshmërisë strukturore dhe jostrukturore: Dëmtime të Lehta, Dëmtime të Moderuara, Dëmtime të Mëdha dhe Dëmtim i Plotë, të përshkruara në paragrafin 3.6 të kësaj teme. Ne do të kufizohemi vetëm me kurbat e dëmtueshmërisë strukturore në këtë temë, por në manualin e projektit *HAZUS MH MR-4 Technical Manual*, mund të gjëndet procedurat krejtësisht analoge të ndërtimit të kurbave të dëmtueshmërisë jo strukturore. Secila kurbë e dëmtueshmërisë karakterizohet nga mediana dhe dispersioni logaritmik dhe si parametër i kërkesës sizmike, për dëmtimet strukturore është marrë zhvendosja spektrale S_d .

4.2.1. Funksioni i Dëmtueshmërisë sipas HAZUS

Probabiliteti i arritjes apo tejkalimit të nivelit të dëmtueshmërisë shprehet përmes shpërndarjes logaritmike normale, në varësi të zhvendosjes spektrale, S_d , si më poshtë:

$$P[d_s | S_d] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{tot}} \ln \left(\frac{S_d}{\bar{S}_{d,ds}} \right) \right] \quad (4.1)$$

S_d zhvendosja spektrale

$\bar{S}_{d,ds}$ Vlera e zhvendosjes spektrale për të cilën arrihet niveli i dëmtueshmërisë

β_{ds} Shmangia mesatare kuadratikë e logaritmit natyror të zhvendosjes spektrale për nivelin e dëmtueshmërisë d_s

Φ Funksioni i shpërndarjes normale kumulative

Për shembull, një strukturë me lartësi mesatare, tip ramë e projektuar me kritere të larta të projektimit antisizmik, ka dëmtime të mëdha strukturore kur vlera e zhvendosjes spektrale

është 22.86 cm, dhe shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror është 0.68, dhe kurba e dëmtueshmërisë rezulton:

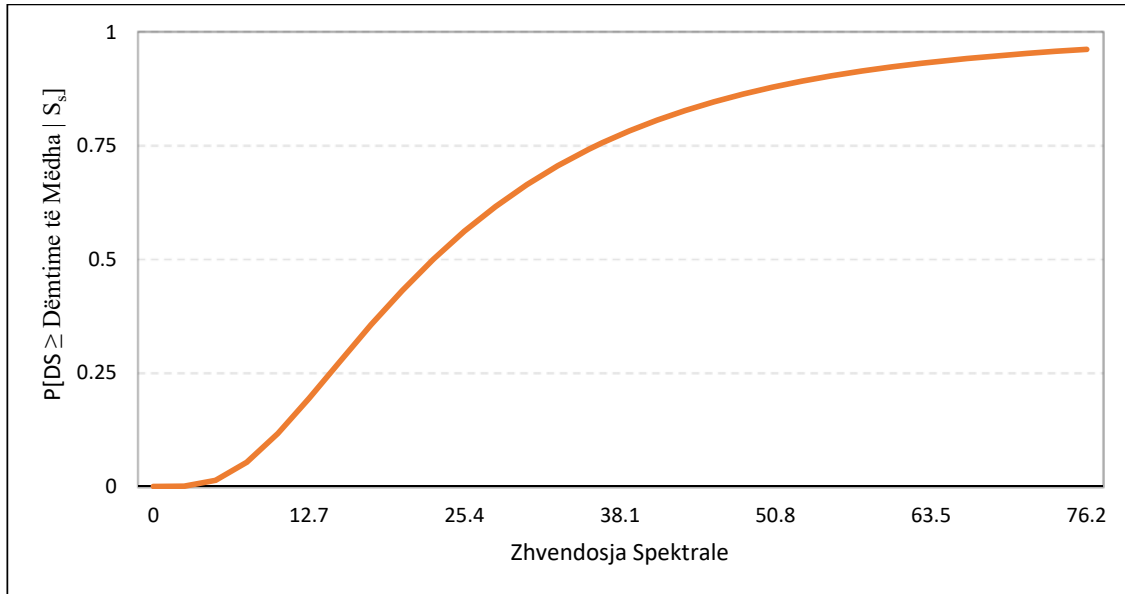


Figura 4.4 Kurba e dëmtueshmërisë për nivelin e dëmtimeve të mëdha, për një strukturë me lartësi mesatare dhe e projektuar me kritere të larta antisizmike

Siç shikohet edhe nga Figura 4.4, për zhvendosje spektrale të vogla, probabiliteti i arritjes apo tejkalimit të nivelit të dëmtimeve të mëdha është i vogël, dhe me rritjen e zhvendosjeve spektrale edhe probabiliteti i arritjes apo tejkalimit të dëmtimeve të mëdha rritet.

4.2.2. Përcaktimi i Medianës së Nivelit të Dëmtueshmërisë

Dëmtimet strukturore janë përcaktuar në funksion të zhvendosjeve spektrale, dhe mediana përcaktohet për çdo nivel të dëmtueshmërisë strukturore duke u mbështetur në driftet kufitare të cilat bëjnë ndarjen në nivele të dëmtueshmërisë, të cilat konvertohen në zhvendosje-medianë përmes shprehjes së mëposhtme:

$$\bar{S}_{d,Sds} = \delta_{R,Sds} \cdot \alpha_2 \cdot h \quad (4.2)$$

α_2 Koeficient i faktorit modal i cili varet nga lartësia e strukturës

$\bar{S}_{d,Sds}$ Vlera e medianës së zhvendosjes spektrale, në inch, për nivelin e dëmtueshmërisë strukturore ds

$\delta_{R,Sds}$ Raporti i dreifteve që i korrespondojnë nivelit të dëmtueshmërisë ds

h Lartësia në inch e strukturës

Vlerat e drifteve të niveleve të dëmtueshmërisë të përfshira në këtë metodologji, janë të marra nga një studim i OAK Engineering (OAK 1994), i bazuar në studimet e publikuara deri në atë kohë si Czarnecki (1973), Hasselman etj. (1980), Whitman etj. (1977) dhe Wong (1975). Një përmbledhje e raporteve të drifteve për strukturat betonarme jepet:

Tabela 4.1 Raporti i drifteve për strukturat prej betoni të armuar (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.8)

Kriteret Antisizmike	Të Lehta	Të Moderuara	Të Mëdha	Shkatërrim
Të Larta	0.005	0.010	0.030	0.080
Mesatare	0.005	0.009	0.023	0.060
Të Ulëta	0.005	0.008	0.020	0.050
Pa kritere sizmike	0.004	0.006	0.016	0.040

Ndërsa më poshtë po japim verat e faktorit modal për strukturat prej betoni të armuar:

Tabela 4.2 Vlerat e koeficientit të faktorit modal α_2 për strukturat prej betoni të armuar (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.5)

Tipi i struktues	Lartësia e strukturës	Koeficienti modal α_2
Struktura prej betoni të armuar	Të ulëta	0.75
	Mesatare	0.75
	Të mëdha	0.6

4.2.3. Përcaktimi i shpërndarjes mesatare kuadratike të Nivelit të Dëmtueshmërisë

Shpërndarja mesatare e logaritmit natyror, që përshkruan varjueshmërinë e kurbës së dëmtueshmërisë, përcaktohet për çdo nivel të dëmtueshmërisë strukturore. Vlera totale e shpërndarjes mesatare kuadratike jepet në formën:

$$\beta_{Sds} = \sqrt{(\text{COV}[\beta_C, \beta_D, \bar{S}_{d,Sds}])^2 + (\beta_{M(Sds)})^2} \quad (4.3)$$

β_{Sds} Shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror të zhvendosjes spektrale që merr në konsideratë të gjithë varjueshmërinë e gjëndies së dëmtueshmërisë, ds.

β_C Shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror të që përshkruan varjueshmërinë e spektrit të kapacitetit

β_D Shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror të që përshkruan varjueshmërinë e spektrit të kërkesës

$\beta_{M(Sds)}$ Shmangia mesatare kuadratike e logaritmit natyror që përshkruan pasigurinë e vlerësimi të medianës së nivelit referencë të dëmtueshmërisë, ds.

Shpërndarja mesatare kuadratike të logaritmit natyror varet nga kapaciteti i strukturës (β_C) dhe nga spektri i kërkesës (β_D), të cilat, si parametra të dy variablove rastësore të pavarura, kovariohen. Kjo vlerë e konvuluar e shpërndarjes kuadratike, përmes rregullit të rrënjës katrore e shumë të katrorëve i shtohet edhe efekti i pasigurisë së vlerësimi të medianës së dëmtueshmërisë ds ($\beta_{M(Sds)}$).

Në tabelat e mëposhtme janë dhënë vlerat e parametrave të shpërndarjes logartimike, për strukturat prej betoni të armuar të projektuara sipas katër niveleve të kritereve antisizmike: pa kritere antisizmike (pre-code), me kritere të ulëta (low code), me kritere mesatare antisizmike (moderate code) dhe me kritere të larta të projektimit antisizmik (high code).

Studim mbi dëmtueshmërinë e objekteve me skelet prej betoni të armuar

Tabela 4.3 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret të larta të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9a)

Tipi i strukturës betonarme	Zhvendosja Spektrale S_d							
	Dëmtime të Lehta		Dëmtime të Moderuara		Dëmtime të Mëdha		Dëmtim i Plotë	
	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}
C1L	2.29	0.81	4.57	0.84	13.72	0.86	36.57	0.81
C1M	3.81	0.68	7.62	0.67	22.86	0.68	60.96	0.81
C1H	6.63	0.66	10.97	0.64	32.91	0.67	87.78	0.78
C2L	1.82	0.81	4.57	0.84	13.71	0.93	36.57	0.92
C2M	3.05	0.74	7.62	0.77	22.86	0.68	60.96	0.77
C2H	4.39	0.68	10.97	0.65	32.91	0.66	87.78	0.75

Tabela 4.4 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret mesatare të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9b)

Tipi i strukturës betonarme	Zhvendosja Spektrale S_d							
	Dëmtime të Lehta		Dëmtime të Moderuara		Dëmtime të Mëdha		Dëmtim i Plotë	
	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}
C1L	2.29	0.89	3.96	0.90	10.66	0.90	27.43	0.89
C1M	3.81	0.70	6.60	0.70	17.87	0.70	45.72	0.89
C1H	5.48	0.66	9.49	0.66	25.60	0.76	65.83	0.91
C2L	1.82	0.91	3.86	0.97	10.59	1.03	27.43	0.87
C2M	3.05	0.81	6.42	0.77	17.65	0.73	45.72	0.91
C2H	4.39	0.66	9.24	0.68	25.40	0.70	65.83	0.87

Tabela 4.5 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për kriteret të ulëta të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9c)

Tipi i strukturës betonarme	Zhvendosja Spektrale S_d							
	Dëmtime të Lehta		Dëmtime të Moderuara		Dëmtime të Mëdha		Dëmtim i Plotë	
	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}
C1L	2.29	0.95	3.65	0.91	9.14	0.85	22.86	0.97
C1M	3.81	0.70	6.09	0.74	15.24	0.86	38.10	0.98
C1H	5.48	0.70	8.78	0.81	21.94	0.89	54.86	0.98
C2L	1.82	1.04	3.47	1.02	9.01	0.99	22.86	0.95
C2M	3.05	0.82	5.81	0.81	15.03	0.81	38.10	0.99
C2H	4.39	0.68	8.382	0.73	21.66	0.84	54.86	0.95
C3L	1.37	1.09	2.74	1.07	6.85	1.08	16.00	0.91
C3M	2.28	0.85	4.57	0.83	11.43	0.79	26.67	0.98
C3H	3.30	0.71	6.57	0.74	16.45	0.90	38.40	0.97

Tabela 4.6 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara pa kriteret të projektimit antisizmik (marrë nga HAZUS MH MR 4 Technical Manual, Table 5.9d)

Tipi i strukturës betonarme	Zhvendosja Spektrale S_d							
	Dëmtime të Lehta		Dëmtime të Moderuara		Dëmtime të Mëdha		Dëmtim i Plotë	
	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}	$\bar{S}_{d,Sds}$	β_{Sds}
C1L	1.82	0.98	2.92	0.94	7.31	0.90	18.28	0.97
C1M	3.04	0.73	4.87	0.77	12.19	0.83	30.48	0.98
C1H	4.39	0.71	7.01	0.80	12.47	0.94	43.89	1.01
C2L	1.47	1.11	2.79	1.09	7.21	1.07	18.28	0.93
C2M	2.43	0.86	4.64	0.83	12.03	0.80	30.48	0.98
C2H	3.50	0.73	6.70	0.75	17.32	0.92	43.89	0.97
C3L	1.09	1.19	2.18	1.15	5.48	1.15	12.80	0.92
C3M	1.82	0.90	3.65	0.86	9.14	0.90	30.73	0.96
C3H	2.64	0.73	5.25	0.75	13.15	0.90	20.32	0.95

4.3. Kurbat e dëmtueshmërisë sipas modelit të propozuar nga AUTH

Universiteti i Aristotelit në Selanik⁵⁵, zhvilloi një studim të gjërë për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë për strukturat prej betoni të armuar dhe strukturat me muraturë mbajtëse tipike për Greqinë. Kurbat e dëmtueshmërisë u ndërtuan në funksion të nxitimit maksimal të truallit si edhe zhvendosjes spektrale për strukturat e përmendura duke përdorur teknika hibride të vlerësimit të parametrave të funksionit të dëmtueshmërisë. Kjo teknikë kombinon të dhënat statistikore të mbledhura nga vëzhgimet në vend në rajonin e Selanikut dhe të dhënat e procesuara nga analizat jolinare inkrementale statike e dinamike. Në total në këtë studim u shqyrtuan 72 struktura, por për vetëm 36 prej tyre u zhvilluan analiza jo lineare.

4.3.1. Funksioni i dëmtueshmërisë sipas AUTH

Duke supozuar një shpërndarje logaritmike normale, probabiliteti me kusht i arritjes apo tejkalimit të një niveli të caktuar të dëmtueshmërisë, në funksion të nxitimit maksimal të truallit (PGA) u përcaktua si me shprehjen e mëposhtme:

$$P[ds \geq ds_i | PGA] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{dsi}} \ln \left(\frac{PGA}{PGA_{dsi}} \right) \right] \quad (4.4)$$

\overline{PGA}_{dsi} Mediana e nxitimit maksimal të truallit për të cilën struktura arrin nivelin e dëmtueshmërisë ds_i

β_{dsi} Disperisoni logaritmik i nxitimit maksimal të truallit për nivelin e dëmtueshmërisë ds_i

Φ Funksioni i shpërndarjes logaritmike kumulative

4.3.2. Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë

Për secilin prej niveleve të dëmtueshmërisë së marrë në konsideratë (në këtë temë janë të paraqitura në seksionin 3.5.1, nivelet e dëmtueshmërisë sipas EMS-98), karakterizohet nga dy

⁵⁵ Grupi i Punës së këtij projekti u kryesua nga Andreas J. Kappos, dhe kurbat mbajnë emrin e tij.

Studim mbi dëmtueshmërinë e objekteve me skelet prej betoni të armuar

parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë: mediana e nxitimit maksimal të truallit dhe dispersioni logaritmik i nivelit të dëmtueshmërisë ds_i , të cilat për tipet e strukturave të analizuara jepen si më poshtë:

Tabela 4.7 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara pa kritere ose me kritere të ulëta të ulëta të projektimit antisizmik (marrë nga SYNER-G Fragility Tool)

Tipi i strukturës betonarme	Nxitimi maksimal i truallit (PGA)									
	DS1		DS2		DS3		DS4		DS5	
	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β
RC1L	0.063	0.042	0.304	0.203	10222	0.816	20246	1.499	3.358	2.241
RC1M	0.008	0.006	0.081	0.059	0.143	0.104	0.205	0.149	0.267	0.194
RC1H	0.037	0.026	0.139	0.097	0.262	0.182	0.447	0.312	1.018	0.710
RC3.1L	0.119	0.100	0.241	0.203	0.299	0.253	0.393	0.331	0.540	0.455
RC3.1M	0.034	0.025	0.181	0.132	0.251	0.182	0.290	0.211	0.356	0.281
RC3.1H	0.078	0.055	0.230	0.161	0.309	0.215	0.439	0.306	1.505	1.049
RC3.2L	0.032	0.027	0.130	0.110	0.194	0.164	0.271	0.228	0.341	0.288
RC3.2M	0.003	0.002	0.026	0.019	0.103	0.075	0.145	0.106	0.198	0.144
RC3.2H	0.114	0.079	0.194	0.135	0.343	0.239	0.612	0.427	1.330	0.927
RC4.1L	0.128	0.114	0.327	0.291	0.613	0.546	0.841	0.749	1.181	1.053
RC4.1M	0.120	0.096	0.412	0.328	0.759	0.604	1.306	1.040	2.225	1.771
RC4.1H	0.125	0.099	0.263	0.209	0.487	0.388	3.010	2.395	7.447	5.926
RC4.2L	0.094	0.084	0.376	0.335	0.622	0.554	0.827	0.737	1.139	1.015
RC4.2M	0.116	0.092	0.303	0.241	0.565	0.450	0.860	0.684	1.700	1.353
RC4.2H	0.127	0.101	0.273	0.217	0.659	0.525	2.566	2.042	5.617	4.470
RC4.3L	0.036	0.032	0.212	0.189	0.372	0.331	0.607	0.541	0.977	0.871
RC4.3M	0.021	0.016	0.152	0.121	0.389	0.309	0.741	0.590	1.504	1.197
RC4.3H	0.012	0.010	0.125	0.099	0.423	0.337	2.487	1.979	5.885	4.683

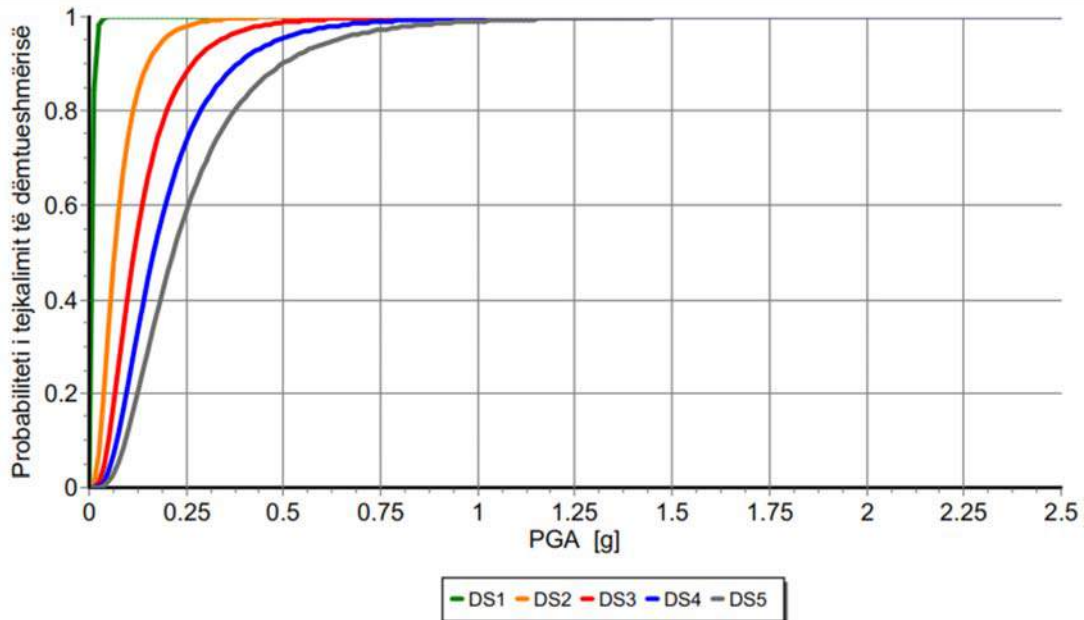


Figura 4.5 Kurbat e Dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar me lartësi mesatare të projektuara me kërkesa të ulëta sizmike në Greqi, Kappos 2006 (marrë nga SYNER-G)

Studim mbi dëmtueshmërinë e objekteve me skelet prej betoni të armuar

Tabela 4.8 Parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, për rastet e ndërtesave të projektuara me kritere të moderuara deri në të larta të projektimit antisizmik⁵⁶ (marrë nga SYNER-G Fragility Tool)

Tipi i strukturës betonarme	Nxitimi maksimal i truallit (PGA)									
	DS1		DS2		DS3		DS4		DS5	
	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β	\overline{PGA}	β
RC1L	0.013	0.011	0.126	0.102	0.420	0.343	0.721	0.588	1.093	0.891
RC1M	0.012	0.008	0.112	0.078	0.348	0.243	1.079	0.752	1.870	1.304
RC1H	0.063	0.042	0.304	0.203	1.222	0.816	2.246	1.499	3.358	2.241
RC3.1L	0.146	0.119	0.359	0.292	0.923	0.752	2.137	1.742	2.793	2.277
RC3.1M	0.120	0.084	0.248	0.173	0.484	0.337	1.041	0.726	2.066	1.441
RC3.1H	0.114	0.076	0.319	0.213	0.978	0.653	1.884	1.257	5.504	3.674
RC3.2L	0.165	0.134	0.413	0.337	0.707	0.577	1.083	0.883	1.441	1.175
RC3.2M	0.112	0.078	0.259	0.181	0.530	0.370	0.692	0.483	0.918	0.641
RC3.2H	0.160	0.107	0.512	0.342	0.789	0.527	1.421	0.948	2.527	1.687
RC4.1L	0.353	0.305	0.691	0.597	1.600	1.382	2.487	2.148	3.169	2.737
RC4.1M	0.161	0.124	0.423	0.325	1.193	0.916	1.761	1.352	3.535	2.713
RC4.1H	0.158	0.122	0.841	0.646	2.097	1.609	4.737	3.635	8.433	6.472
RC4.2L	0.314	0.271	0.722	0.624	2.130	1.839	2.545	2.198	3.081	0.661
RC4.2M	0.159	0.122	0.452	0.347	0.944	0.725	1.711	1.313	3.507	2.692
RC4.2H	0.175	0.134	0.700	0.537	2.283	1.752	4.581	3.516	7.800	5.986
RC4.3L	0.269	0.232	0.603	0.521	1.634	1.411	1.990	1.718	2.813	2.429
RC4.3M	0.119	0.091	0.340	0.261	0.841	0.646	1.522	1.168	3.010	2.311
RC4.3H	0.154	0.118	0.898	0.690	2.351	1.805	4.240	3.254	6.885	5.284

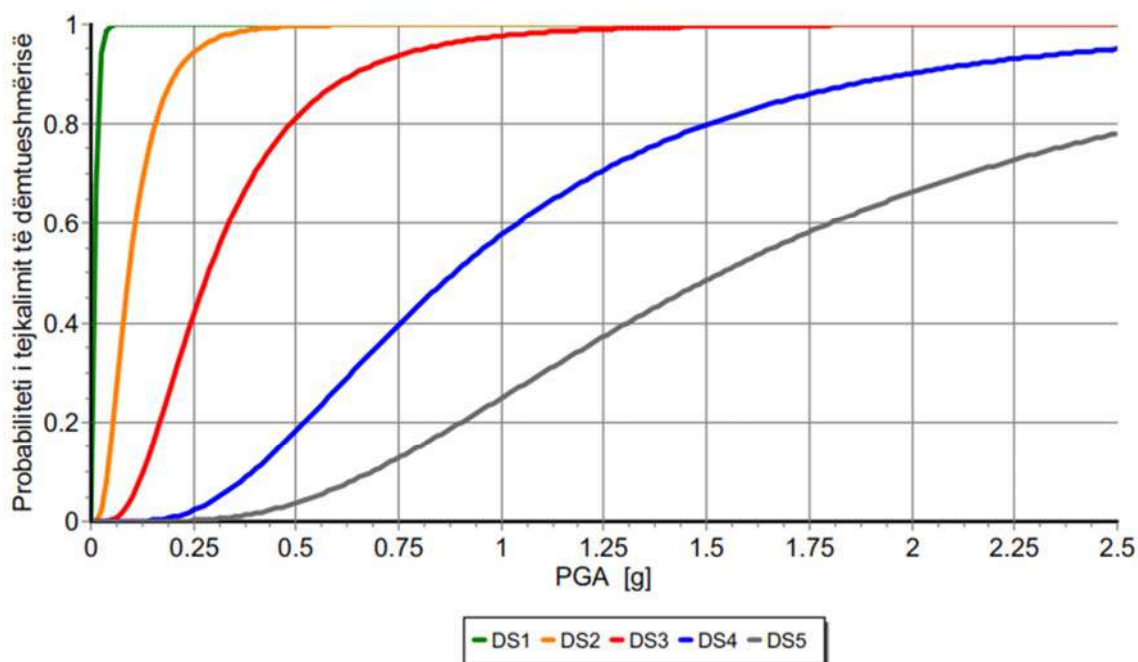


Figura 4.6 Kurbat e Dëmtueshmërisë së strukturave prej betoni të armuar me lartësi mesatare të projektuara me kërkesa të larta sizmike në Greqi, Kappos 2006 (marrë nga SYNER-G)

⁵⁶ Duhet theksuar se në këtë rast referencat janë me Kodin Grek të Projektimit

5. ZHVILLIMI I KURBAVE TË DËMTUESHMËRISË

Ky kapitull është konceptuar në formën e një guide, e cila do të ndiqet në këtë temë për të përcaktuar parametrat e nevojshëm për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë për ndërtesat me skelet prej betoni të armuar. Metoda e propozuar në këtë paragraf, është një metodë analitike, e cila do të mbështet në vlerësimin e spektrit të kapacitetit të strukturës përmes analizës statike jolinare, përcaktimit të pikave të performancës me një analizë dinamike me anë të skemës *Newton-Ralphson* si edhe një seti analizash regresi me anë të së cilave do të përcaktohen parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë.

5.1. Zhvillimi i kurbave të dëmtueshmërisë përmes vlerësimit të spektrit të kapacitetit, FraCas

Ndërtimi i kurbave të dëmtueshmërisë bazuar në vlerësimin e reagimit spektral të strukturës, është propozuar dhe zhvilluar për herë të parë nga Rosseto T. dhe Elnashai A. (2005). Kjo metodë analitike e vlerësimit të dëmtueshmërisë, lindi si domosdoshmëri për vlerësimin e dëmtueshmërisë së strukturave për të cilat nuk zotërohen të dhëna nga vëzhgimet në vend të dëmtimeve nga veprimet sizmike. FraCas-i (Rosseto etj.), i prezantuar dhe përdorur në këtë temë, është në fakt një formë e përmirësuar e procedurës së lartpërmendur, e cila risinë kryesore ka pikërisht përdorimin direkt e akselerogramave të tërmetejeve (si për spektrin elastik ashtu edhe për atë inelastik), përmes së cilëve përcaktohen pikat e performancës.

Kjo metodë, është më e komplikuar dhe kërkon më shumë kohë sesa metodat e zakonshme analitike të bazuara në analiza jolinare statike, por është më efiçente për vlerësimin e dëmtueshmërisë së strukturave duke marrë në konsideratë njëkohësisht varjueshmërinë e karakteristikave strukturore dhe atë të veprimit sizmik. Gjithsesi, pavarësisht kësaj, kjo analizë është më e shkurtër sesa procedurat të bazuara në analiza jolinare dinamike, dhe në bazë të vëzhgimeve të bëra në vend (Rosseto etj.) ofron rezultate me një saktësi të kënaqshme.

Në Figurën 5.1 tregohen fazat dhe hapat që propozohen për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë, të cilat në mënyrë të detajuar do të shpjegohen në paragrafët pasardhës.

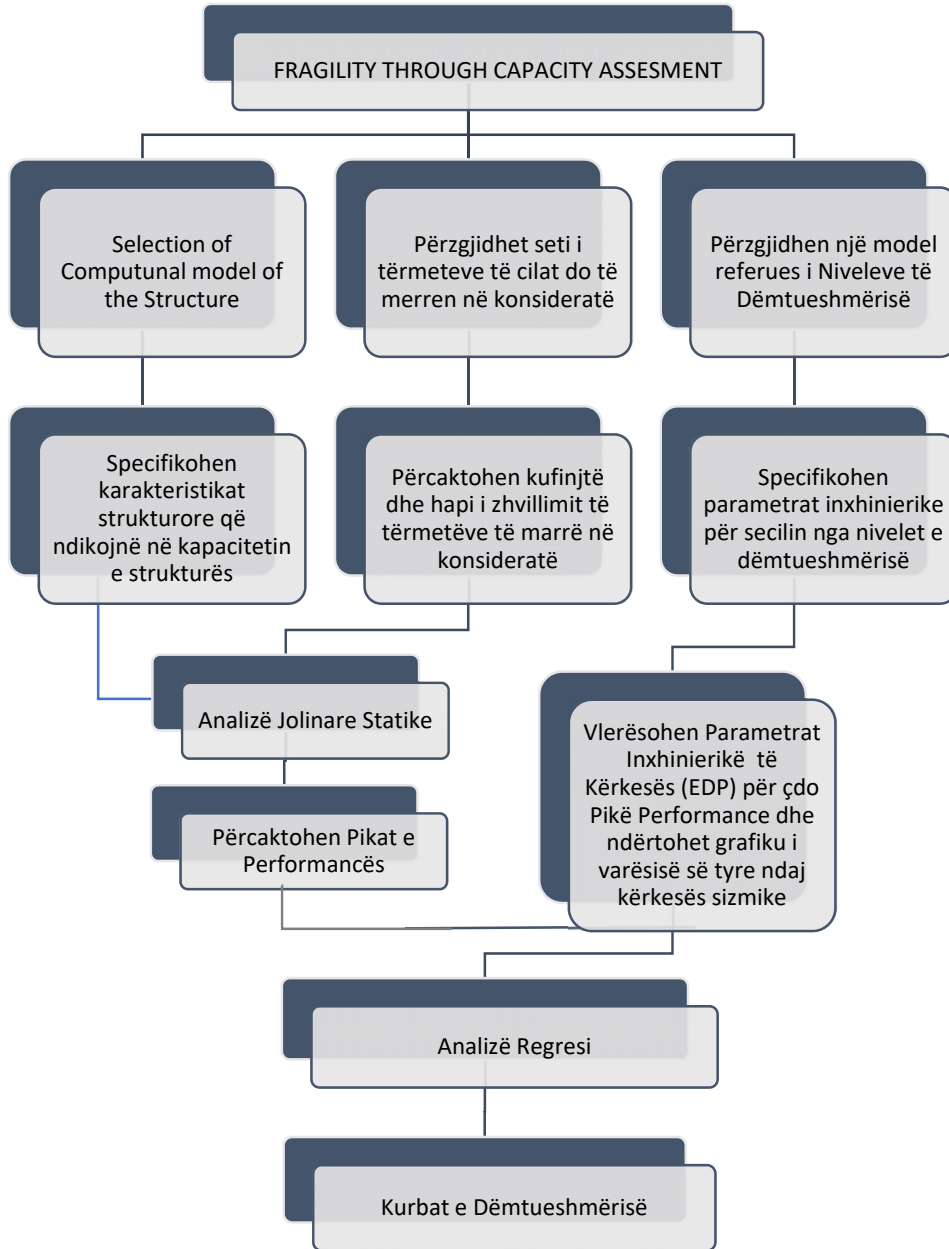


Figura 5.1 Bllok skema e rrugës së ndjekur për ndërtimin e kurbave të dëmtueshmërisë

5.2. Aspekte të modelimit të tipologjisë së strukturave

Strukturat do të analizohet përmes programit strukturor *Etabs v13*, me anë të të cilit do të ndërtohen kurbat PushOver që janë në bazë të vlerësimit të dëmtueshmërisë përmes kësaj metode. Në këtë temë, vlerësimi i dëmtueshmërisë së strukturave të rëndësishme së veçantë prej betoni të armuar të ndërtuara pa kritere të mbrojtjes sizmike, është bërë duke e indeksuar grupin e strukturave, në një model me tre ndërtesa përfaqësuese⁵⁷, në përputhje me karakteristikat e materialeve të ndërtimit të tyre.

⁵⁷ Modelet e përzgjedhura do të prezantohen në kapitullin pasardhës.

Për strukturën që do të merret në analizë do të përcaktohen elementët strukturorë dhe ato jo strukturorë që ndikojnë në reagimin sizmik të ndërtesës. Informacioni mblidhet nga projektet e zbatimit dhe nga vëzhgimet në vend të ndërtesave. Vlerësohet konfigurimi në plan dhe në lartësi i elementëve strukturorë si: numri i kateve, lartësia e kateve, rregullsia në plan dhe lartësi etj.; përmasat e seksioneve tërthore të tyre, sasisë së armaturës dhe veçoritë e detajimit të saj; vlerësohen karakteristikat mekanike të betonit dhe armaturës, si: rezistenca në shtypje e betonit, kufiri i rrjedhshmerisë së çelikut të armaturës, moduli i elasticitetit, deformimet kufitare, pesha specifike etj. Gjithashtu përcaktohen edhe ngarkesat vertikale që veprojnë në strukturë si edhe vlerësohet ndikimi i elementëve jo strukturorë që ndikojnë në performancën e strukturës, që në rastin tonë është muratura ndarëse, për të cilën përcaktohen përmasat e tyre, si dhe karakteristikat mekanike si: rezistenca në shtypje, moduli i elasticitetit, pesha specifike etj.

Modeli i përzgjedhur për realizimin e Analizës Jolineare Statike, është modeli real tre dimensional. Në këtë model, elementët strukturorë si trarët dhe kolonat paraqiten si elementë të tipit linear, të cilët modelohen lehtësisht në çdo program strukturor. Ndërsa modelimi i muraturës ndarëse paraqet një vështirësi të konsiderueshme, pasi ato përbëhen prej tullave apo blloqeve të cilat varrojnë në peshë specifike, rezistencë si edhe varen shumë nga cilësia e ndërtimit të tyre. Në këtë temë, sugjerohet që muratura ndarëse të modelohet në formën e një bjelle ekuivalente, mënyrë kjo e cila është në fakt më e përdorura në analiza të ndryshme strukturorë. Nga ana tjetër muret të tjera, jo prej tulle, modelohen në formën e elementëve shtresor jolinearë me karakteristika jolineare për të tre komponentët.

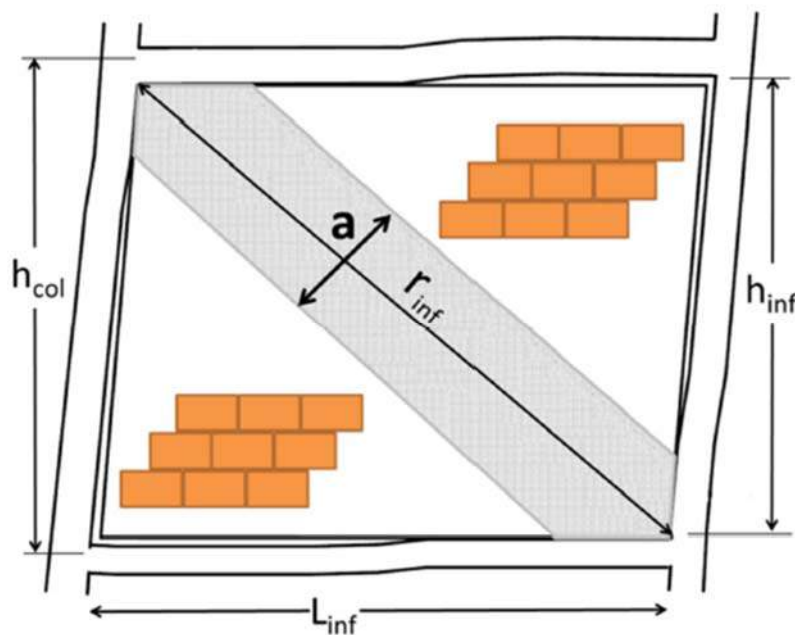


Figura 5.2 Paraqitja skematike e bjellës ekuivalente të muraturës ndarëse

Duke u mbështetur në rekomandimet të marra nga ASCE/SEI 41-06, përmasat e bjellës ekuivalente të treguar në Figurën 5.5, jepen:

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (5.1)$$

$$\lambda_I = \left[\frac{E_m t_{inf} \sin 2\theta}{4E_C I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5.2)$$

- λ_I Koeficient që përdoret për të përcaktuar trashësinë e bjellës ekuivalente
- h_{col} Lartësia e kolonës e llogaritur si distanca ndërmjet qendrave gjeometrike të trarëve që ato mbajnë
- h_{col} Lartësia e murit
- E_C Moduli i elasticitetit të materialit të ramës
- E_m Moduli i elasticitetit të materialit të muraturës
- I_{col} Momenti i inercisë së kolonës
- r_{inf} Gjatësia e bjellës, e cila është sa diagonalja e panelit të murit ndarës
- t_{inf} Trashësia e murit ndarës dhe e bjellës ekuivalente
- θ Këndi i bjellës, tangenti i të cilit është raporti i lartësisë me gjatësinë e murit mbushës

5.3. Përzgjedhja e setit të tërmeteve

Përzgjedhja e setit të tërmetëve për të vlerësuar dëmtueshmërinë e strukturave duhet jo vetëm të jetë përfaqësues për mjedisin sizmik në të cilin ato ndodhen dhe të marrë në konsideratë karkaterin rastësor të tyre por njëkohësisht duhet të zhvillohen për çdo nivel sizmik të gjykuar të nevojshëm në mënyrë që strukturat t'i arrijnë të gjitha nivelet e dëmtueshmërisë.

Në këtë temë janë përdorur akselerogramat e tërmeteve të vëna në dispozicion nga Insituti i Gjeoshkencave, Energjisë, Ujit dhe Mjedisit së bashku me disa akselerograma të gjeneruara nga programi *SeismoArtif*. Akselerogramat e vëna në dispozicion nga IGJEUM janë përdorur edhe për të kalibruar procedurën e gjenerimit të tyre, në mënyrë që ato të përfaqësojnë sa më mirë rrezikun sizmik në zonën ku ndodhën strukturat e marra në studim. Në bazë të rekomandimeve të FEMA P-58, 11⁵⁸ sete tërmetesh me nga dy komponente janë të mjaftueshme për të marrë në konsideratë në mënyrë të kënaqshme karakterin rastësor të veprimit sizmik. Ndërkohë që sipas FEMA 273, në mënyrë që të jemi të sigurtë që të gjitha nivelet e dëmtueshmërisë të arrihen në strukturën e marrë në analizë, tërmetet me periudë kthimi 95, 475 dhe 975 vjet (Tabela 2.3) duhet të shërbejnë si bazë për gjenerimin e tyre. Në këtë mënyrë janë gjeneruar disa tërmete me nga dy akselerograma (të dy drejtimet ortogonale) për llojin truallit B dhe C të Tipit 1 sipas EN 8 me nxitim maksimal të truallit të marrë për gjenerimin e tërmetit, $a_g=0.1g$, $a_g=0.2g$ dhe $a_g=0.3g$ në përputhje me referencat e nxitimeve të pritshme të truallit në vendin tonë. Gjithashtu, secila prej këtyre akselerogramave u zhvillua në 12 nivele të përfaqësuara nga $a_g=0.05g$, $0.10g$, $0.15g$, $0.20g$, $0.25g$, $0.30g$, $0.35g$, $0.40g$, $0.45g$, $0.50g$, $0.55g$ dhe $0.60g$.

⁵⁸ Kjo vlerë nuk është një kusht i detyrueshmëm, por një rekomandim, në literaturën Europiane ka shembuj të cilët janë aplikuar edhe një numër më i vogël (Rossetto T.)

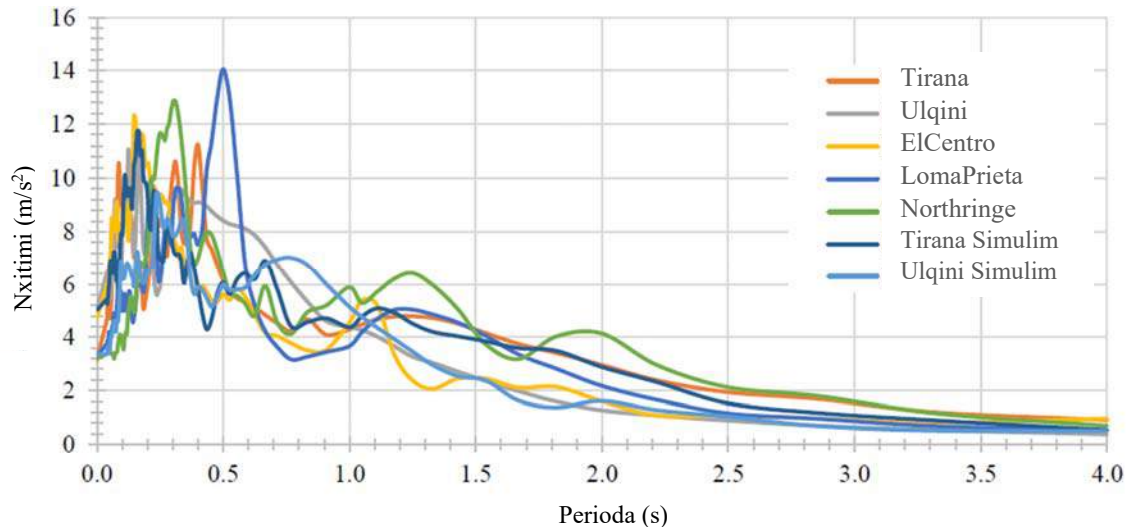


Figura 5.3 Spektrat e nxitimeve të disa prej tërmeteve realë dhe të gjeneruar me programin SeismoSrtif

Tabela 5.1 Karakteristikat e disa prej tërmeteve realë dhe të gjeneruara nga programi SeismoArtif

Tërmeti	Data	M _w	Distanca	PGA_X (m/s ²)	PGA_Y (m/s ²)	EC8 –tipi i dheut
Tirana	Jan. 1988	5.4	10	4.04	1.06	B
Ulqini	Prill 1979	6.9	14.52	3.9	2.8	C
Tirana	Simulim	6	15	3	3	C
Tirana	Simulim	6.5	10	2.5	2.5	B
Ulqini	Simulim	6	20	2.25	3.14	B
Leskoviku	Simulim	6.5	14	2.75	2.95	C
El Centro	Maj 1940	7.1	23.01	3.3354	2.06	B
LomaPrieta	Tet. 1989	6.9	27.59	3.11	5.02	B
Northringe	Jan. 1994	6.7	11.02	3.37	3.02	C

Modeli i përzgjedhur për përcaktimin e niveleve të dëmtueshmërisë është ai i referuar në projektin Risk-Ue, kufinj të cilës janë përcaktuar edhe nga AUTH. Parametrat inxhinierikë të vlerësimit të niveleve të dëmtueshmërisë sipas kësaj metode janë përshkruar në paragrafin 3.5.3.

5.4. Analiza PushOver

Pas ndërtimit të modelit llogaritës në programin strukturor *Etabs*, zhvillojmë analizën statike jo lineare (PushOver). Pavarishtë se analiza PushOver është në themel të kësaj metode, qëllimi i kësaj teme nuk është të përshkruajë teorikisht atë, e për këtë arsye do të kufizohemi vetëm në disa aspekte të përgjithshme si më poshtë.

Analiza PushOver e një strukture, është një analizë statike jolineare nën veprimin e konstant të ngarkesave vertikale, dhe ngarkesat pothuajse statike horizontale që rriten gradualisht deri në shkatërrimin e strukturës. Modeli llogaritës përfshin jo vetëm detajimin e përmasave dhe vetive të elementëve strukturorë dhe jo strukturorë si në paragrafin e mësipërm, por gjithashtu përcaktohen edhe ngarkesat vertikale të përherëshme dhe të përkohëshme si edhe ngarkesën

horizontale pothuajse statike. Kjo e fundit, që përfaqëson veprimin sizmik, rritet në mënyrë graduale dhe merret e përqendruar në nivel kati.

Nga kjo analizë, marrim kurbën PushOver e cila shpreh varësinë e forcës prerëse në bazë të strukturës, me zhvendosjen në majë të saj. Kjo na jep mundësinë të gjejmë për ngarkesën për të cilën ndodh kolapsi si edhe niveli i duktilitetit që posedon struktura.

5.5. Përcaktimi i pikës së performancës

Pas përfundimit të kurbës së kapacitetit për sistemin me shumë shkallë lirie nga analiza jolineare statike, procedura që ndiqet për përcaktimin e pikës së performancës⁵⁹ për një nivel të kërkesës sizmike, është disi më ndryshe nga metodat konvencionale të njohura gjërësisht në literaturë dhe përfshin hapat e mëposhtëm:

- Transformimi i kurbës PushOver në formatin ADRS, pra përfundimi i kurbës së kapacitetit
- Idealizimi i kurbës së kapacitetit
- Diskretizimi i kurbës së idealizuar të kapacitetit dhe përcaktimi i një sistemi të përshtatshëm me një shkallë lirie për analizën e spektrit inelastik
- Llogaritja e spektrit inelastik
- Përcaktimi i pikës së performancës

5.5.1. Transformimi i kurbës PushOver në formatin ADRS

Transformimi i kurbës PushOver në formatin ADRS bëhet përmes zhvendosjeve modale dhe masave të kateve, duke përdorur formulat e mëposhtme të propozuar nga Rosseto T. (2005).

$$S_a = \frac{V_b}{M^*} \quad (5.3)$$

$$S_d = \frac{u_N}{\Gamma \phi_N} \quad (5.4)$$

$$\Gamma = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} \quad (5.5)$$

$$M^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_i \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} \quad (5.6)$$

N Numri total i kateve

u_n Zhvendosja në katin e fundit

V_b Forca prerëse në bazë

⁵⁹ Pika e performancës përcaktohet si reagimi maksimal i strukture ndaj një tërmeti të dhënë.

Φ_i *Zhvendosja modale e katit të i-të për modin e parë të lëkundieve*

M^* *Masa modale efektive e modit të parë të lëkundieve*

Ndryshe nga metodat e tjera të spektrit të kapacitetit, kjo metodë e transformon kurbën pushover në formatin ADRS pa e transformuar atë paraprakisht në një model të thjeshtëzuar me një shkallë lirie. Në këtë rast forca dhe zhvendosja spektrale vlerësohen duke marrë në konsideratë kombinimet modale (pra transformimi bëhet duke marrë në konsideratë zhvendosjet modale të secilës prej shkallëve të lirisë).

5.5.2. Idealizimi i kurbës së kapacitetit

Përcaktimi i modelit të idealizimit të kurbës së kapacitetit ndikon shumë në përcaktimin e pikës së performancës, prandaj zgjedhja e modelit të idealizimit të kurbës së kapacitetit ka një rëndësi të veçantë. Në këtë temë, idealizimi i kurbës së kapacitetit do të mbështetet në parimin e sipërfaqeve të barabarta. Kjo do të thotë se kurba e idealizuar e ndërpret kurbën reale të kapacitetit duke krijuar zona nën dhe mbi kurbën reale të cilat kanë sipërfaqe të barabarta, pra energjia ekuivalente e të dy kurbave duhet të jenë të barabarta (Figura 5.4).

Forma që do të ketë kurba e idealizuar lidhet ngushtë me llojin e strukturës dhe formën e kurbës së kapacitetit. Pikërisht kjo paraqitet si një dobësi e kësaj metode, pasi saktësia e analizës varet nga zgjedhja korrekte e formës së idealizimit të kurbës së kapacitetit. Vlerësohet, nga vëzhgimet e bëra (Rosseto T. & Elnashai A. 2005), se kurbat e idealizuara bilinare elasto-plastike janë të përshtatshme për strukturat prej betoni të armuar pa muraurë ndarëse, ndërsa për objektet prej betoni të armuar me muraturë ndarëse, megjithëse kjo varet ngushtësisht nga rasti, rekomandohet të përdoren modele të idealizimit trilinear.

Më poshtë jepen procedura e përshkruar në EN 8 (Aneksi B), për bilinarizimin e kurbës së kapacitetit:

Përcaktohet momenti i krijimit të mekanizmit të shkatërrimit të strukturës dhe përcaktohet forca prerëse në bazë dhe zhvendosja në majë për momentin e shkatërrimit. Forca spektrale e kufirit të rrjedhshmërisë së strukturës merret e barabartë me forcën spektrale të llogaritur sipas formulës 5.16 për forcën prerëse në bazë që i korrespondon momentit të krijimit të mekanizmit të shkatërrimit (Figura 2.12). Duke u mbështetur në parimin e sipërfaqeve të barabarta, zhvendosja spektrale për kufirin e rrjedhshmërisë përcaktohet sipas formulës:

$$S_{dy} = 2 \left(S_{du} - \frac{E_u}{S_{ay}} \right) \quad (5.7)$$

S_{dy} *Zhvendosja spektrale në kufirin e rrjedhshmërisë*

S_{du} *Zhvendosja spektrale në momentin e krijimit të mekanizmit të shkatërrimit*

S_{ay} *Forca spektrale në kufirin e rrjedhshmërisë*

E_u *Sipërfaqja (Energjia) që i korrespondon kurbës reale deri në pikën e krijimit të mekanizmit të shkatërrimit*

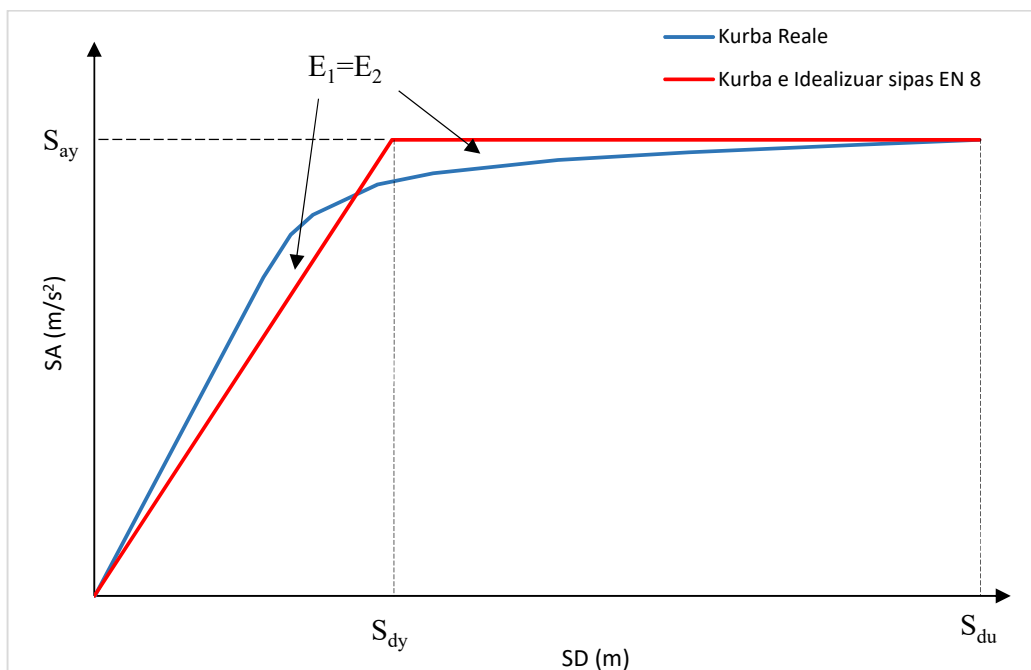


Figura 5.4 Paraqitja në formatin ADRS e kurbës së bilinearizuar sipas parimit të energjive të barabarta

5.5.3. Llogaritja e spektrit inelastik dhe përcaktimi i pikës së performancës

Ndryshe nga metodat e tjera të spektrit të kapacitetit, metoda Fracas nuk mbështetet tek faktorët e sjelljes (ose faktorët e reduktimit) apo indicje të tjera për të derivuar spektrin inelastik nga spektri elastik i kërkesës. Në vend të tyre, për çdo nivel duktiliteti apo periudë lëkundie, ajo zhvillon një analizë dinamike mbi një model të thjeshtuar ekuivalent me një shkallë lirie që i korespondon kurbës së kapacitetit.

Ky proces kërkon më shumë kohë sesa metodat e tjera të bazuara në spektrin e kapacitetit, por është më efiçente sesa ato dhe gjithsesi merr më pak kohë sesa analizat dinamike jolineare. Përparësia e kësaj analize qëndron në mundësinë që të përdorim akselerograma natyrore (të tërmeteve realë ose të gjeneruar), përmes së cilëve përftojme spektrat natyralë të tërmeteve, ndryshe nga metodat e tjera të cilat përdorin të ashtëquajturit spektra të lëmuar (Figura 6.8). Në këtë mënyrë, varjueshmëria e kërkesës sizmike por edhe e reagimit sizmik të strukturës na japin një fluks pikash të performancës përmes së cilave vlerësojmë parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë.

Në mënyrë që saktësia e përcaktimit të pikës së performancës të rritet, kurba e idealizuar e kapacitetit diskretizohet me një numër të caktuar pikash para dhe pas kufirit të rrjedhshmërisë, të cilat përdoren si pika analize. Secila prej këtyre pikave karakterizohet nga një zhvendosje spektrale S_{di} , nxitim spektral S_{ai} , një periudë koresponduese T_i si edhe nga duktiliteti që përcaktohet si raporti i zhvendosjes spektrale S_{di} në atë pikë me zhvendosjen spektrale të kufirit të rrjedhshmërisë S_{dy} (duktiliteti i zhvendosjes). Së bashku me periudën elastike të kurbës së kapacitetit, duktilitetin dhe sjelljen hysteretike⁶⁰ të strukturës deri në pikën e analizës që merret në konsideratë, kësaj të fundit, i atribuohet një sistem i thjeshtuar

⁶⁰ Sjellja hysteretike e modelit të thjeshtuar me një shkallë lirie përcaktohet nga kurba e idealizuar e kapacitetit deri në pikën koresponduese të analizës.

me një shkallë lirie. Pra secilës nga pikave të analizës së përzgjedhur në kurbën e kapacitetit, i korespondon një sistem me një shkallë lirie me shtangësi, duktilitet dhe sjellje hysteretike sa ato të strukturës deri në pikën së cilës i referohemi.

Për një kërkesë të caktuar sizmike (e cila siç u sqarua më lart merret si akselerogramë) llogaritet kërkesa inelastike, për secilën nga pikat e analizës, përmes analizës së sistemit me një shkallë lirie që i korrespondon secilës pikë. Paraprakisht kërkesa sizmike, diskretizohet në shtrirje kohore në më pak se $(1/50)^{t^{en}}$ e periodës që i korrespondon pikës së analizës. Më pas nxitimi sizmik, me këto nivele kohore, aplikohet në sistemin me një shkallë lirie. Analiza nënkupton zgjidhjen e ekuacionit të ekuilibrit dinamik jolinar, që përftohet nga veprimi sizmik në sistemin ekuivalent me një shkallë lirie. Zgjidhja e këtij ekuacioni realizohet përmes skemës interaktive *Newton-Ralphson*. Duhet theksuar se analiza dinamike për një pikë analize dhe një kërkesë sizmike kryhet vetëm një herë, për të gjitha pikat e analizës së përzgjedhura në fillim, duke marrë kështu reagimin inelastik të sistemeve me një shkallë lirie. Vija që bashkon këto reagime, është spektri inelastik i kërkesës sizmike dhe ndërpreja e saj me kurbën e idealizuar të kapacitetit na jep pikën e performancës.

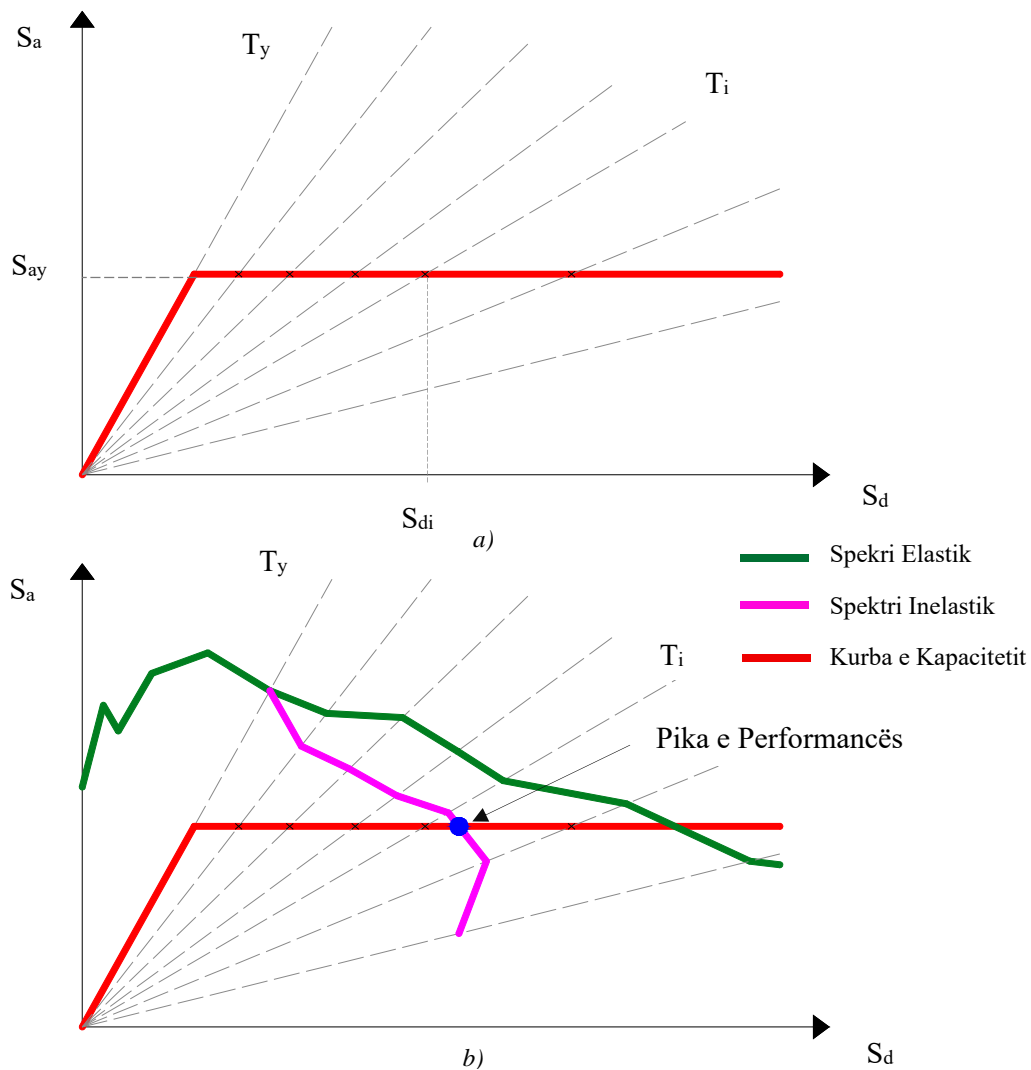


Figura 5.5 a) Diskretizimi i kurbës së kapacitetit, b) Përcaktimi i pikës së performancës

5.6. Vlerësimi i parametrave inxhinierikë të kërkesës EDP, për çdo pikë të performancës

Procedura e mësipërme përsëritet për të gjitha akelerogramat e zgjedhura për çdo nivel të tyre, dhe gjithashtu për të gjitha kurbat e kapacitetit të cilat merren nga analiza jolinare statike e strukturës përfaqësuese. Nga kjo procedurë, e cila është e automatizuar në një fletë MatLab-i dhe është vënë në dispozicion nga zhvilluesit e kësaj metodologjie (Rosseto T., Minas S. etj.), përftohen një fluks pikash performace⁶¹ që karakterizohen nga koordinatat e tyre, ($S_a; S_d$). Në mënyrë që të përftojme parametrat inxhinierikë të kërkesës, me anë të së cilës vlerësojmë parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, i referohemi koordinatave të secilës prej pikave të performancës. Me anë inverseve të formulave 5.3 dhe 5.4, koordinatat e secilës pikë i transformojmë në formatin “Forcë Prerëse në Bazë - Zhvendosje në Majë”. Me këto vlera i rikthehem kurbës së kapacitetit të marrë nga programi strukturor, ku vlerësojmë një parametër të përshtatshëm të reagimit të strukturës, që do të shërbejë si parametër inxhinierik i kërkesës sizmike që do të krahasohet me vlerat korresponduese të saj për nivelet e dëmtueshmërisë. Në këtë temë, si parametrë inxhinierik i kërkesës sizmike janë marrë zhvendosjet relative maksimale të kateve (ISD_{max} %). Një parametër i përshtatshëm do të ishte edhe raporti i spostimeve në majë të strukturës me lartësinë totale të saj (RDR %). Nga ana tjetër secila nga pikat e performancës karakterizohet edhe nga një parametër i kërkesës sizmike, i cili merret direkt nga leximi i vlerës (S_d ose S_a) ose merret një parametër tjetër i varur drejtpërdrejt nga tërmeti si p.sh. nxitimi maksimal i truallit (PGA). Në këtë temë, si parametër i kërkesës sizmike (IM) është zgjedhur PGA. Pas këtij transformimi këto pika performance hidhen në një grafik, si në figurë.

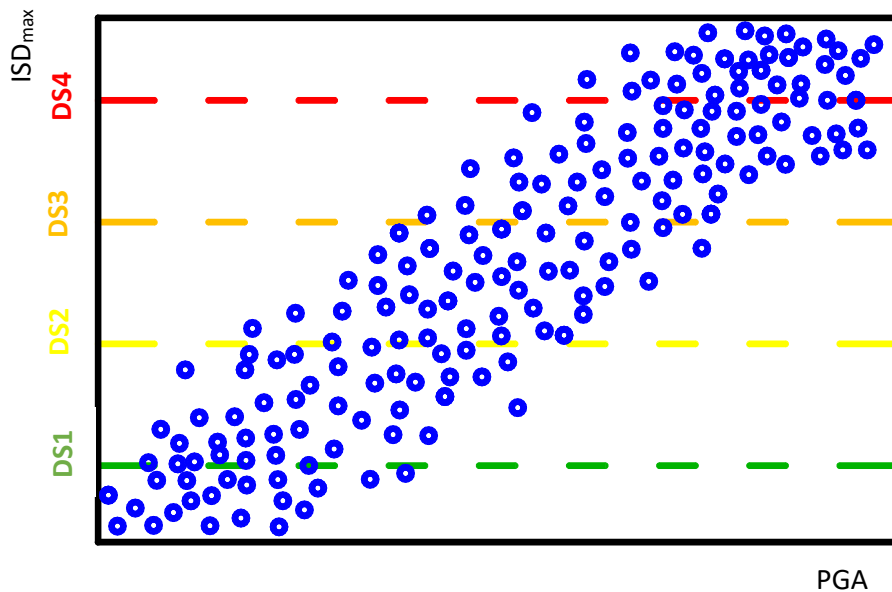


Figura 5.6 Pikat e performances në grafikun IM-EDP për rastin me katër nivele dëmtueshmërie, e shprehur në formën e drifteve maksimale dhe nxitimit maksimal të truallit.

⁶¹ Numri i pikave të pefromancës është i barabartë me numrin e spektrave të kapacitetit x numrin e akselero-gramave x numrin e niveleve të zgjedhura

5.7. Analizat e Regresit dhe Funkzioni i dëmtueshmërisë

Fluksi i pikave të performancës së grupuar në grafikun e Figura 5.7, i nënshtrohen një seti analizash regresi përmes programit *Microsoft Excel*. Kjo analizë zhvillohet sipas skemës së Figurës 3.10 dhe duhet të sigurojë shmangien më të vogël të shprehjes së përfutur dhe vlerave faktike. Kjo do të thotë se vija përfaqësuese duhet të jetë sa më gjithpërfshirëse.

Për secilin nga nivelet e dëmtueshmërisë identifikohen pikat e performancës të cilat i përfaqësojnë më shumë (pikat e performancës përzgjidhen në një mënyrë të tillë që në një nivel dëmtueshmërie, shpërndarja e pikave mbi dhe nën nivelin e dëmtueshmërisë të jetë e barabartë). Nga kjo analizë përftohen parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë për secilin nga nivelet e zgjedhura.

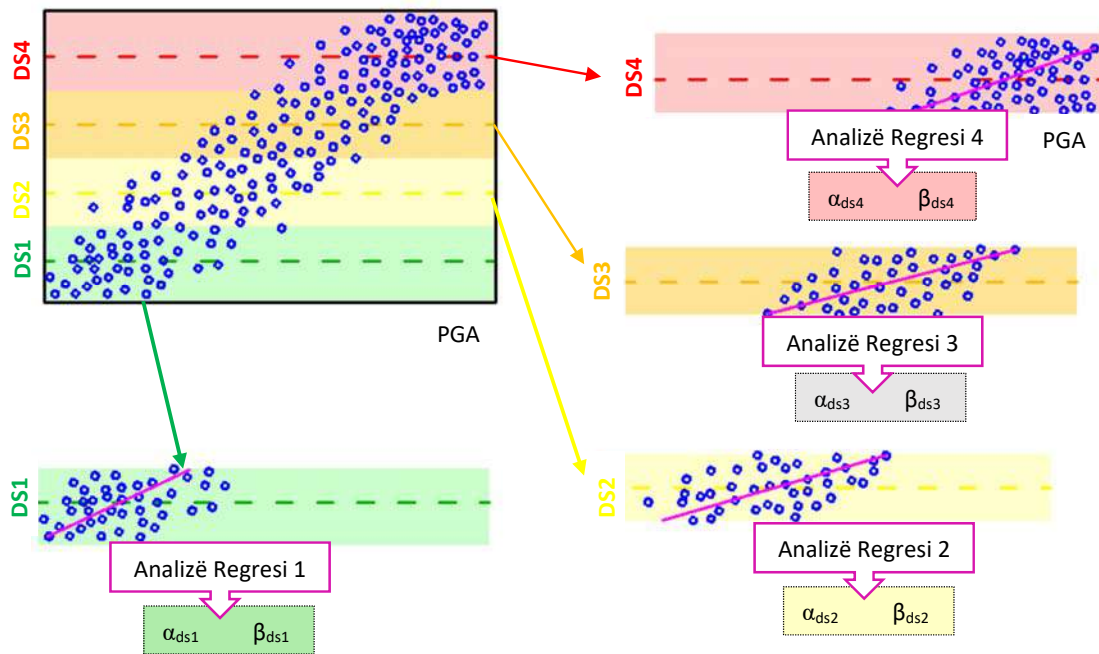


Figura 5.7 Paraqitja skematike e procedurës së Analizës së Regresit për katër nivele të supozuara të dëmtueshmërisë

Në këtë rast funksioni i dëmtueshmërisë merr formën:

$$P[ds \geq ds_i | PGA] = \Phi \left[\frac{\ln(PGA) - \alpha_{dsi}}{\beta_{dsi}} \right] \quad (5.9)$$

α_{dsi} Logaritmi natyror i medianës së nivelit të dëmtueshmërisë ds_i

β_{dsi} Dispersioni logaritmik i nivelit të dëmtueshmërisë ds_i

Parametrat e tjerë janë si në shprehjen 3.10

Për të ndërtuar kurbat e dëmtueshmërisë në programin në *Microsoft Excel*, mund të ndërtohet një tabelë me dy kolona, me vlera “x” që shërbejnë si abshisa (nxitime sizmike) dhe ordinata sipas formulës “=NORM.S.DIST((LN(x)- α)/β,TRUE)”.

6. KURBAT E DËMTUESHMËRISË PËR NDËRTESAT PREJ BETONI TË ARMUAR TË NDËRTUARA NË VITET '30

Strukturat prej betoni të armuar të ndërtuara në vendin tonë në këtë perjudhë, të njohura ndryshe edhe si “Arkitektura Italiane përtej detit”, bartin qartazi stilin italian të ndërtimit të asaj kohe. Objekti referencë i përzgjedhur në këtë studim është një pjesë e godinës së Universitetit Politeknik të Tiranës⁶², ose i ashtëquajturit “Korpusi Universitar” i ideuar nga arkitekti Gherardo Bosio, si pjesë integrale e asaj që sot njohim si “Sheshi Nënë Tereza”. Arsyet e përzgjedhjes së këtij objekti lidhen para së gjithash me rregullsinë strukturore. Pra nuk është një objekt me karakteristika të veçanta gjeometrike, dhe përdorimi i tij mund të shërbejë edhe për të kaluar në përgjithësim për tipin e strukturave prej betoni të armuar me prezencë murature, të projektuara dhe ndërtuara pa kriteret e mbrojtjes nga rreziku sizmik. Gjithshtu që prej projektimit e deri më sot, destinacioni i përdorimit të këtij objekti, si njësi kulturore dhe arsimore, i takon ndërtesave të rëndësishme të veçantë, që e bën të përshtatshme për objektin e kësaj teme.

6.1. Përshkrimi i objektit referencë

Godina e vjetër e Korpusit Universitar e ndërtuar në fund të viteve '30, përbëhet prej tre pjesësh, të ndara ndërmjet tyre me fuga. Dy pjesët anësore janë simetrikë të njëra tjetrës përkundrejt aksit qendror të strukturës dhe konstruktivisht të njëjta. Pjesa qendrore, e cila ka edhe lartësi më të madhe, nuk është pjesë e kësaj analize. Në këtë temë është marrë në analizë krahu perëndimor i Korpusit Universitar.



Figura 6.1 Universiteti Politeknik i Tiranës

⁶² Emërtimi në projektet origjinale të kësaj strukture është “Casa Del Facio-Tirana”, nga arkitekti Gerharo Bosio.

Kjo strukturë përbëhet nga katër kate, një prej të cilëve mund të konsiderohet pjesërisht nën tokë (Figura 6.1). Tipi i sistemit konstruktiv është ramë plane prej betoni të armuar (Figura 6.2). Por si një ndërtesë tipike e viteve '30, e projektuar nga *Studio Ferroboton* në Romë, në përputhje me stilin Italian të ndërtimit të asaj kohe, muret perimetrale janë të plotë dhe me disa shtresa, efekti i të cilëve në sjelljen e strukturës është i konsiderueshëm. Nga ana tjetër muret ndarëse brenda ndërtesës janë të holla me trashësi prej 10 cm dhe me tullë me vrima, të cilët shkatërrohen shumë shpejt dhe gjithashtu muret ndarëse të brëndëshme nuk shtrihen deri në nivelin e ndërkatit (Figura 6.5) e për rrjedhojë efektet e tyre në sjelljes globale të strukturës janë të neglizhueshme dhe nuk merren parasysh në analizën jolinare.

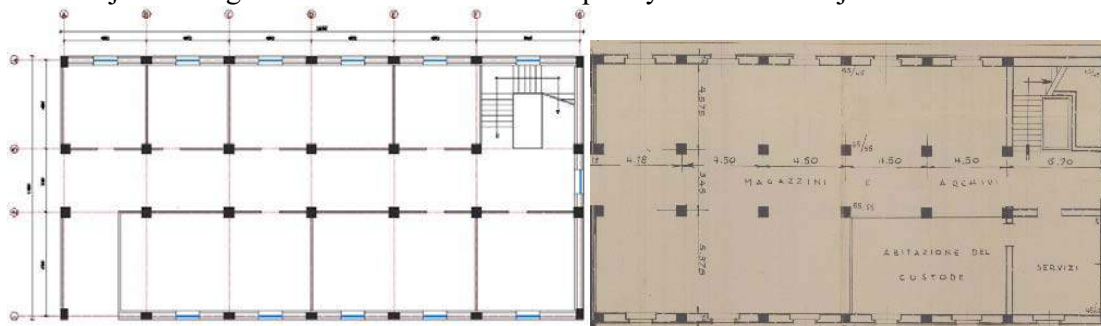


Figura 6.2 Planimetria e podrumit: Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original

Mbështetur në projektet origjinale, fotot të kohës së ndërtimit si dhe të dhënat e regjistruara gjatë ndërhyrjes⁶³ për realizimin e shtesave jugore të strukturës (në vitet '70), muret perimetrale, përbëhen nga tre shtresa, dy shtresa tulle anësore (12cm) dhe në mes një shtresë prej betoni me trashësi 26cm. Këto shtresa merren të pavarura sepse tullat dhe betoni nga mënyra e ndërtimit (shtresat e tullës janë ndërtuar pas betonimit) dhe konstatimet në vend nuk duket të jenë të lidhura ndërmjet tyre.

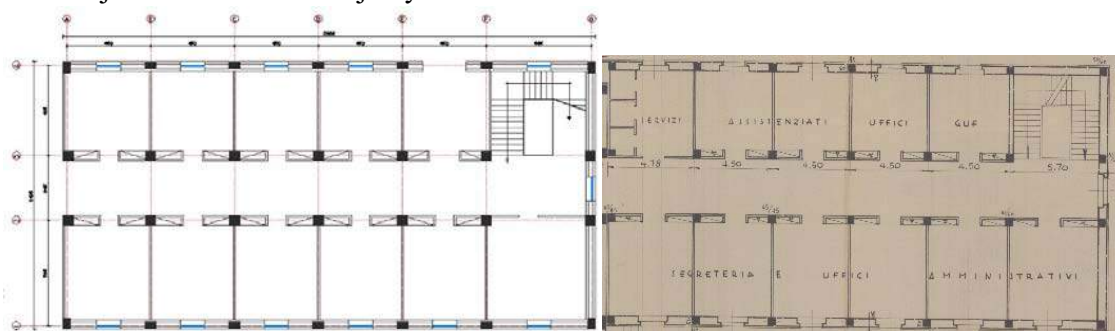


Figura 6.3 Planimetria e katit tip (kati përdhe dhe kati i parë): Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original

Gjithsej trashësia e murit perimetral në të gjithë lartësinë e strukturës është 50cm, por në analizë është konsideruar vetëm shtresa e betonit prej 26cm. Sistemi konstruktiv i tipit ramë përbëhet prej një rrjeti kolonash me seksion i cili varion në plan dhe në lartësi të strukturës, ndërkohë që seksionet tërthore të trarëve, referuar projekteve origjinale, janë dy, të cilët në mënyrë më të detajuar jepen në Tabelën 6.2. Ndërkati është prej betoni të armuar, si një soletë me mbushje të lehtësuar (tullë) me lartësi totale prej 25 cm, ku 5 cm i takojnë soletinës dhe pjesa tjetër është e përbërë nga traveti me gjërësi 7 cm dhe me (2φ10) në pjesën e poshtme dhe pa armaturë në pjesën e sipërme si dhe tulla.

⁶³ Në këtë ndërhyrje muri mes akseve E dhe F në ramën 4 të strukturës u hoq me qëllim lidhjen e strukturës ekzistuese me shtesën Jugre.

Studim mbi dëmtueshmërinë e objekteve me skelet prej betoni të armuar

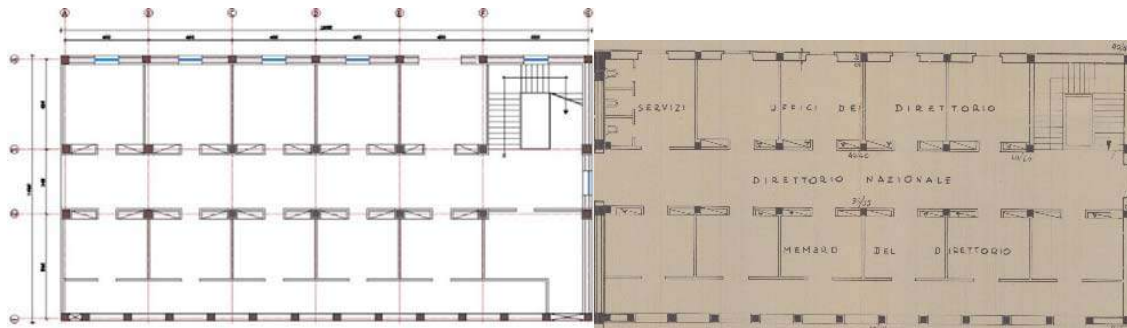


Figura 6.4 Planimetria e katit të dytë: Majtas planimetria e sotme, Djathtas planimetria nga projekti original

Ngarkesa e shërbimit për të cilën është bërë llogaritja e kësaj solete, sipas projekteve origjinale është 350 daN/m^2 .



Figura 6.5 Pamje të ambienteve të brëndëshme të Universitetit Politeknik të Tiranës
a)Hollit në podrumin e ndërtesës; b) Hollit në katin përdhe ku dallohet ndërprerja e murit ndarës; c) Pamje e ndërhyrjes për lidhjen e shtesës Jugore me pjesën e vjetër; d) Pamje e verandës në fasadë

6.2. Modeli llogaritës

Struktura është modeluar në programin kompjuterik *CSI Etabs v.13*. Pjesa e ramës është modeluar me elementë të tipit frame, ndërkohë që muri është marrë në konsideratë vetëm shtresa e betonit për arsye që u shpjeguan në paragrafin paraardhës. Në këtë mënyrë, në përputhje me rekomandimet e programit strukturor të përdorur, blloku i muraturës është modeluar si një element dypërmasorë i tipit “*layered nonlinear shell*” – ose element jolinar

sipërfaqësor, me një shtresë të vetme, beton, pasi që në këtë të fundit, nga projektet origjinale nuk ka prezencë të armaturës.

Lidhja e elementëve strukturorë me tokën, për elementët e tipit “Frame” është një lidhje e tipit inkastrim (bllokohen të gjashtë shkallët e lirisë), ndërsa për muret, lidhja e tyre në bazë është konsideruar një çernierë e palëvizëshme, kjo pasi muratura është e mbështetur në trarët e themelit, dhe përveç kontaktit nuk ka armaturë që të sigurojë lidhjen e tipit inkastrim të këtyre dy elementëve strukturorë.

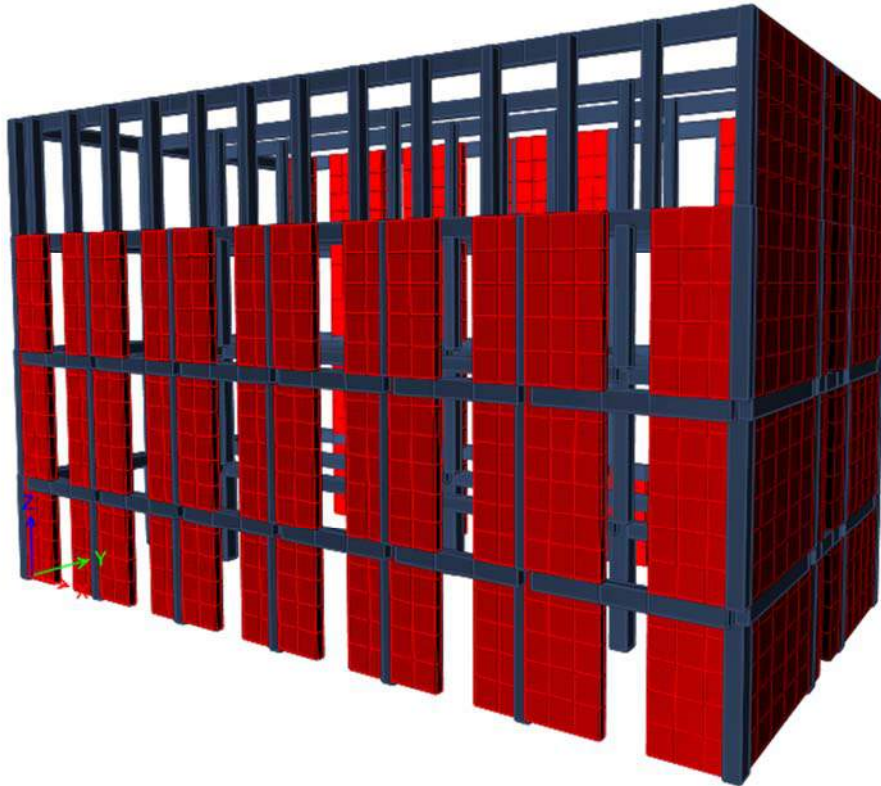


Figura 6.6 Panje e modelit 3-Dimensional të marrë nga programi Etabs v.13

6.2.1. Materialet, seksionet tërthore dhe veçoritë e tyre

Të dhënat për materialet dhe seksionet tërthore të elementëve strukturorë janë marrë nga projektet origjinale dhe nga konstatime vizive në vend.

Tabela 6.1 Tabela e materialeve të strukturës

Materiali	Klasa/Marka	Rezistenca (MPa)	CF	Rezistenca e korrigjuar (MPa)
Beton	100	10	1.35	8.0
Çeliku	Ç-3*	240		177.7

* Çeliku është i lëmuar (jo i vijaskuar)

Specifikimi i detajeve është bërë përmes simulimeve relevante të procedurave dhe praktiave të kohës për llogaritjen e strukturës. Asnjë provë nuk është kryer për verifikimin e cilësisë së këyre materialeve dhe për rrjedhje, në përputhje me Tabelën 3.1 në kapitullin 3 të EN 1998 3, niveli i njohjes i përket KL 1, Njohje e Kufizuar, kështu që vlera e faktorit të besueshmërisë CF është i barabartë me 1.35.

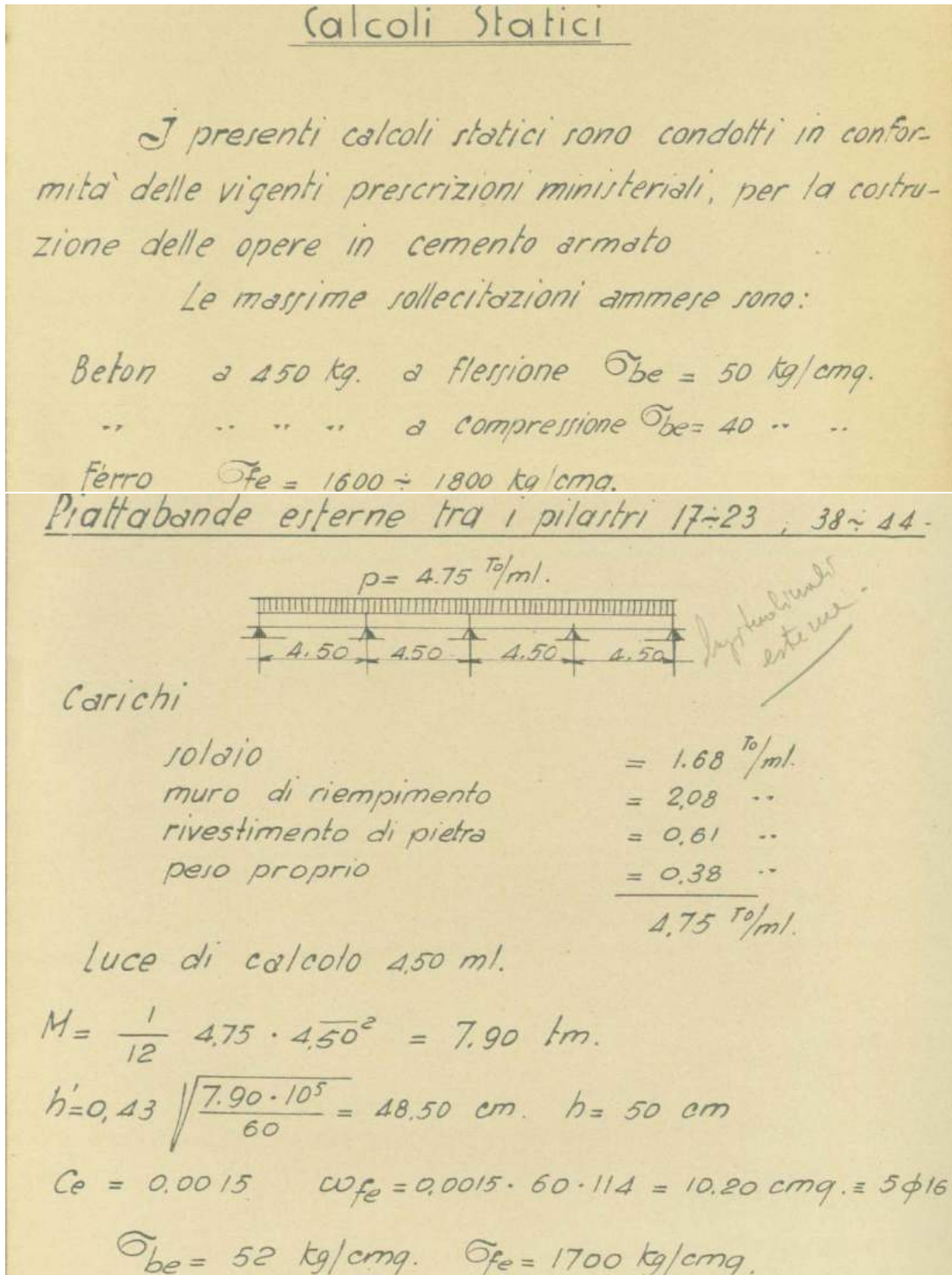


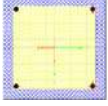

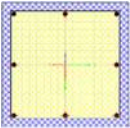
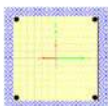


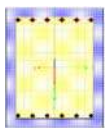
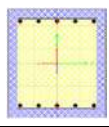


Figura 6.7 Llogaritjet statike të aplikuara në projektimin e strukturës (lart prezantimi i detyrës llogaritëse, poshtë llogaritja e traut të ramave 2 dhe 3)

Në tabelën e mëposhtme paraqiten seksionet tërthore të elementëve strukturorë.

Tabela 6.2 Tabela e seksioneve tërthore dhe specifikimi i armaturës

Elementi		Detaji i armaturës	Seksioni		Armatura gjatësore		Armature tërthore		
Tipi	Pozicioni		b (cm)	h (cm)	ϕ	A_s (cm ²)	ϕ	s (cm)	n
KOLONAT PERIMETRALE	I*		40	60	6 ϕ 22	22.74	ϕ 6	25	2
	II		40	50	4 ϕ 22	15.2	ϕ 6	25	2
	III		40	40	4 ϕ 18	10.17	ϕ 6	25	2
	IV		40	30	4 ϕ 14	6.51	ϕ 6	25	2
KOLONAT E BRËNDËSHME	I		55	55	8 ϕ 20	25.12	ϕ 6	25	2
	II		45	45	4 ϕ 22	15.2	ϕ 6	25	2
	III		40	35	4 ϕ 20	12.56	ϕ 6	25	2
	IV		30	30	4 ϕ 14	6.51	ϕ 6	25	2
TRARË	P**		40	50	6 ϕ 16	12.05	ϕ 6	25	2
	B***		40	45	5 ϕ 16	10.05	ϕ 6	25	2

* I, II, III, IV janë katet nga podrumi

** P Trarë perimetral

*** B Trarë në ramën e brëndëshme

6.2.2. Kapaciteti i strukturës

Përmes programit strukturor *Etabs v.13* me modelin 3 Dimensional, Figura 6.6, kryhet analiza statike jolinare e strukturës me karakteristikat dhe veçoritë e materialeve të përshkruara në Tabelat 6.1 dhe 6.2. në figurën e mëposhtme tregohet kapaciteti i strukturës në formatin “forcë prerëse në bazë – zhvendosje në nivelin e mbulesës” për të dy drejtimet.

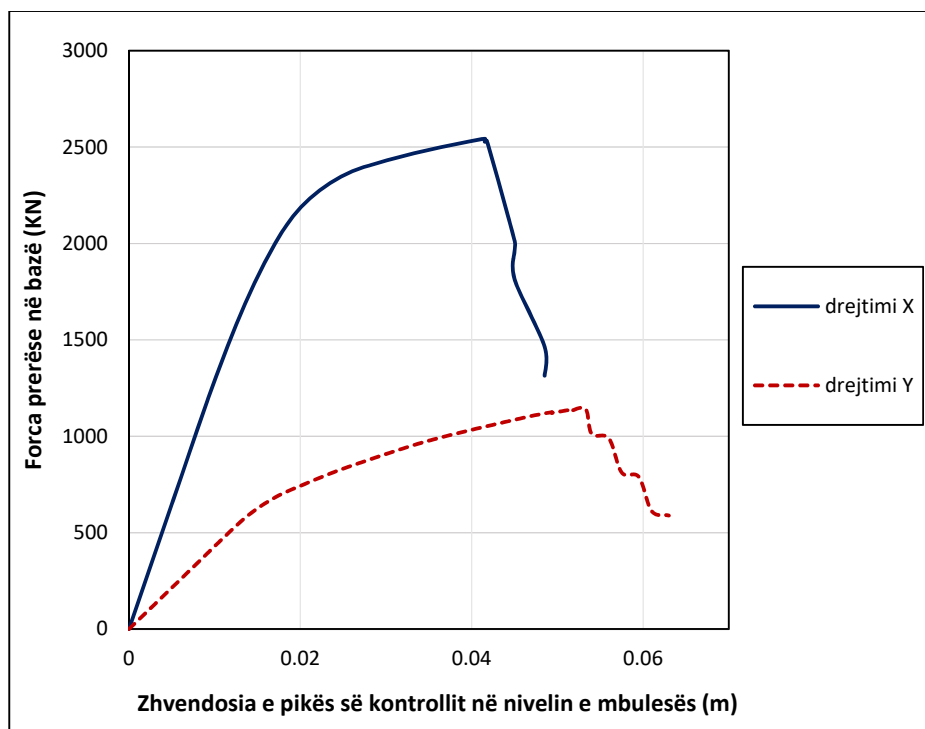


Figura 6.8 Kurba e kapacitetit të strukturës për të dy drejtimet

Nga Figura 6.8 konstatohet, sikurse pritet, se drejtimi gjatësor i strukturës ka kapacitet më të madh sesa drejtimi tërthor. Gjithashtu në tërësi duket qartë që struktura nuk ka një kapacitet të madh. Kjo pasi struktura është ndërtuar dhe llogaritur pa marrë në konsideratë masa për mbrojtjen sizmike⁶⁴. Pra, përveç vetive shumë të dobëta të materialeve dhe faktit që çeliku i përdorur është i lëmuar⁶⁵, mungojnë totalisht detajimet e garantimit të duktilitetit lokal, nuk bëhet dallimi dhe përforcimi i zonave kritike, hapi i stafave është shumë i madh (25cm), diametri i stafave është i vogël (6 mm) dhe numri i degëve të stafave është vetëm dy për të gjithë elementët strukturorë. Si rrjedhojë të faktorëve të mësipërme, struktura ka pak veti për të zhvilluar deformimet në fazë plastike (pra nuk është duktile).

Për të vlerësuar më mire ndryshimet e kapacitetit të strukturës mes dy drejtimeve të saj, kalojmë në formatin ADRS në formën e idealizuar të kurbës së kapacitetit sipas procedurave të propozuara në paragrafët 5.5.1 dhe 5.5.2 të kësaj teme. Kështu duke përdorur formulat 5.3-5.6, transformojmë kurba të Figurës 6.8 në formatin ADRS.

Nga programi strukturor nxjerrim zhvendosjet modale të lëkundieve vetiake për modën e parë të lëkundieve për drejtimet X dhe Y. Duke shënuar me ϕ_1 vektorin e modit të parë të lëkundieve me indeksat x- për drejtimin gjatësor dhe y- për drejtimin tërthor vlerat janë:

⁶⁴ Struktura të tilla në literaturë njihen si Pre Code

⁶⁵ Çeliku i lëmuar ka sipërfqë specifike me të vogël sesa ai i vijaskuari, e për rrjedhojë aderenca e çelikut të lëmuar me betonin është më e ulët, gjithë kjo që çon në dobësimin e bashkëveprimit të çelikut me betonin.

$$\Phi_{1,x} = \begin{cases} 0.0987 & i = 1, \text{ndërkati } i \text{ parë;} \\ 0.4409 & i = 2, \text{ndërkati } i \text{ dytë;} \\ 0.8483 & i = 3, \text{ndërkati } i \text{ tretë;} \\ 1.0000 & i = 4, \text{mbulesa} \end{cases} \quad (6.1)$$

$$\Phi_{1,y} = \begin{cases} 0.1456 & i = 1, \text{ndërkati } i \text{ parë;} \\ 0.4733 & i = 2, \text{ndërkati } i \text{ dytë;} \\ 0.7466 & i = 3, \text{ndërkati } i \text{ tretë;} \\ 1.0000 & i = 4, \text{mbulesa} \end{cases}$$

Vektori i masave për secilin kat është i njëjtë për të dy drejtimet, me vlerat e mëposhtme:

$$m_i = \begin{cases} 716.12 \text{ton} & i = 1 \\ 695.16 \text{ton} & i = 2 \\ 646.86 \text{ton} & i = 3 \\ 446.97 \text{ton} & i = 4 \end{cases} \quad (6.2)$$

$$\Gamma_x = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} = 1.301 \quad \text{dhe} \quad \Gamma_y = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} = 1.393 \quad (6.3)$$

$$M_x^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_i\right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} = 568 \text{ton} \quad \text{dhe} \quad M_y^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_i\right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \phi_i^2} = 564 \text{ton} \quad (6.4)$$

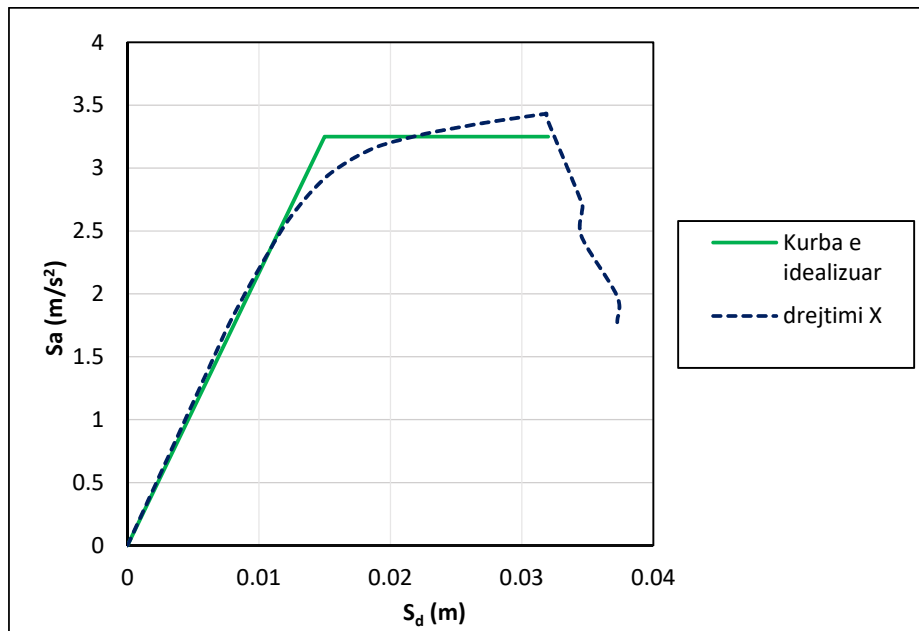


Figura 6.9 Idealizimi i kurbës së drejtimit gjatësor (X)

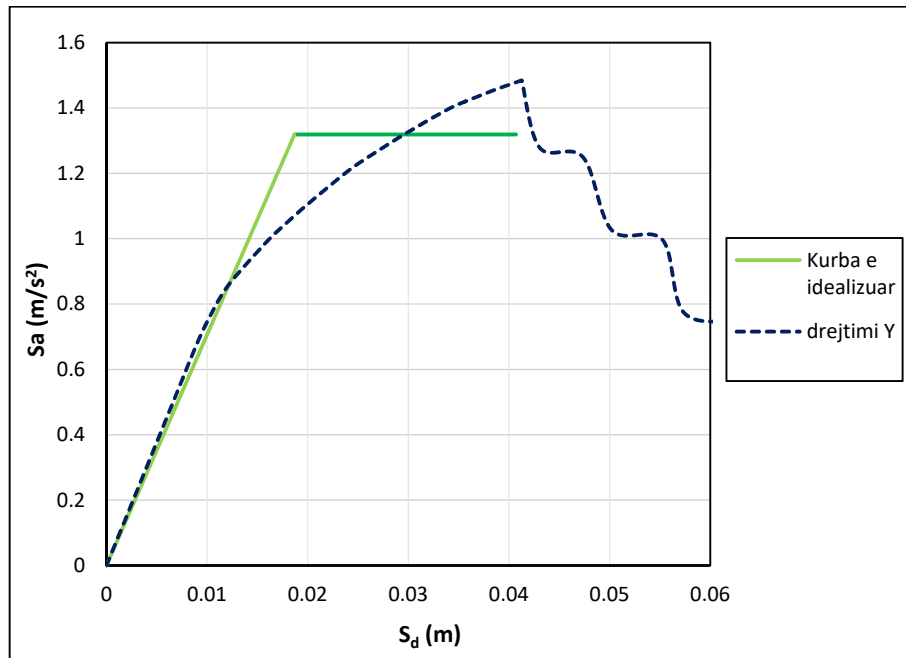


Figura 6.10 Idealizimi i kurbës së kapacitetit të drejtimit tërthor (Y)

Siç duket në Figurën 6.11, drejtimi gjatësor (X) ka një kapacitet rreth 2.5 herë më të madh sesa drejtimi tërthor (Y).

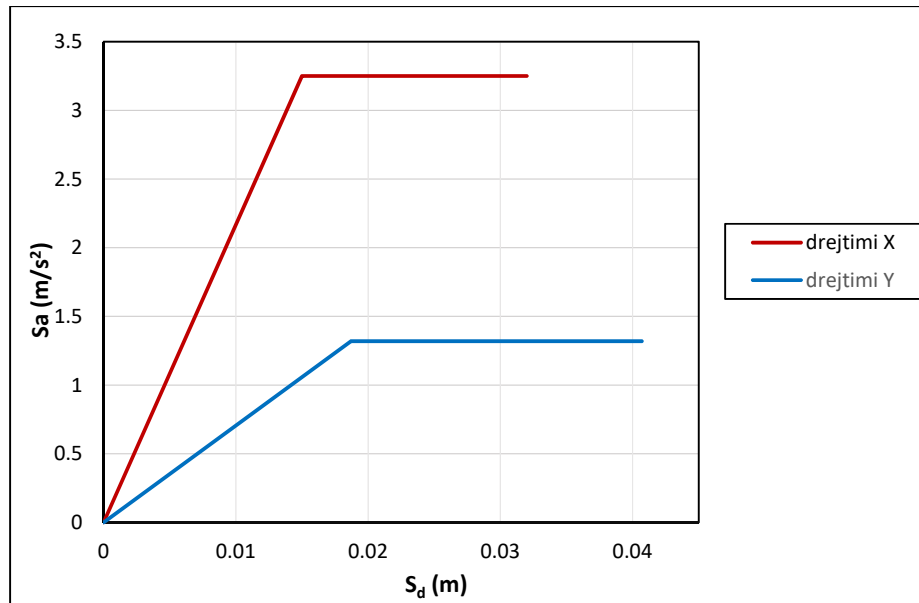


Figura 6.11 Krahasimi i kurbave të kapacitetit në formatin ADRS

Në kushte të tilla, ku kapaciteti i strukturës rezulton i ulët dhe duke njohur historikun e afërt të kërkesës sismike dhe efektet që ka patur ajo ndaj strukturës⁶⁶ përmes programit FRACAS, duke përdorur akselerogramat e të dy komponenteve të tërmetit të Tiranës të 09 Janarit 1988 përcaktohen pikat e performancës për të dy drejtimet e strukturës. Nga Figura 6.10 dhe 6.11,

⁶⁶ Për tërmetin e Tiranës së vitit 1988 nuk janë raportuar dëmtime strukturore tek pjesët gjatësore të godinës së vjetër të UPT

shikohet se performanca e struktues në të dy drejtimet mbetet brënda fazës elastike, ashtu siç në fakt nuk ka patur dëmtime të raportuara.

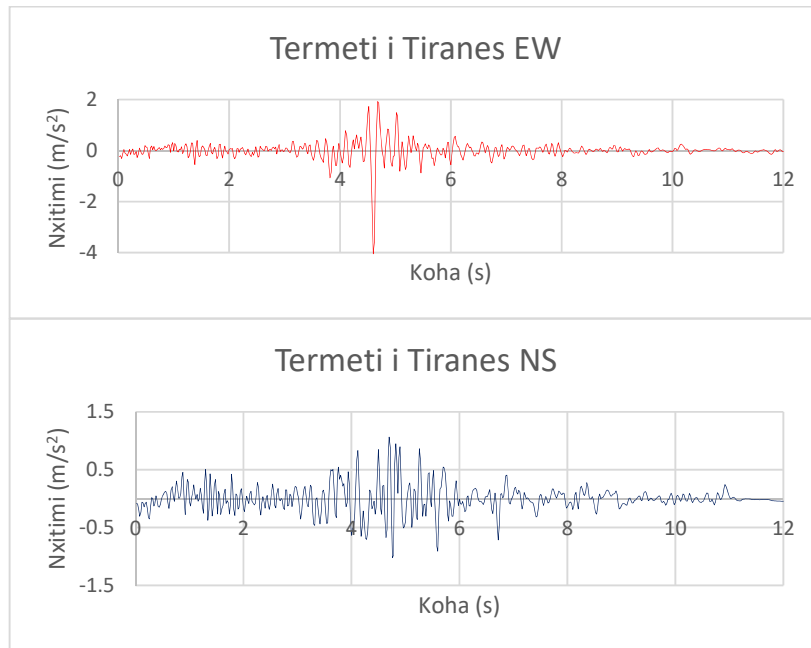


Figura 6.12 Akselerogramat e tërmetit të Tiranës, vënë në dispozicion nga IGJEUM

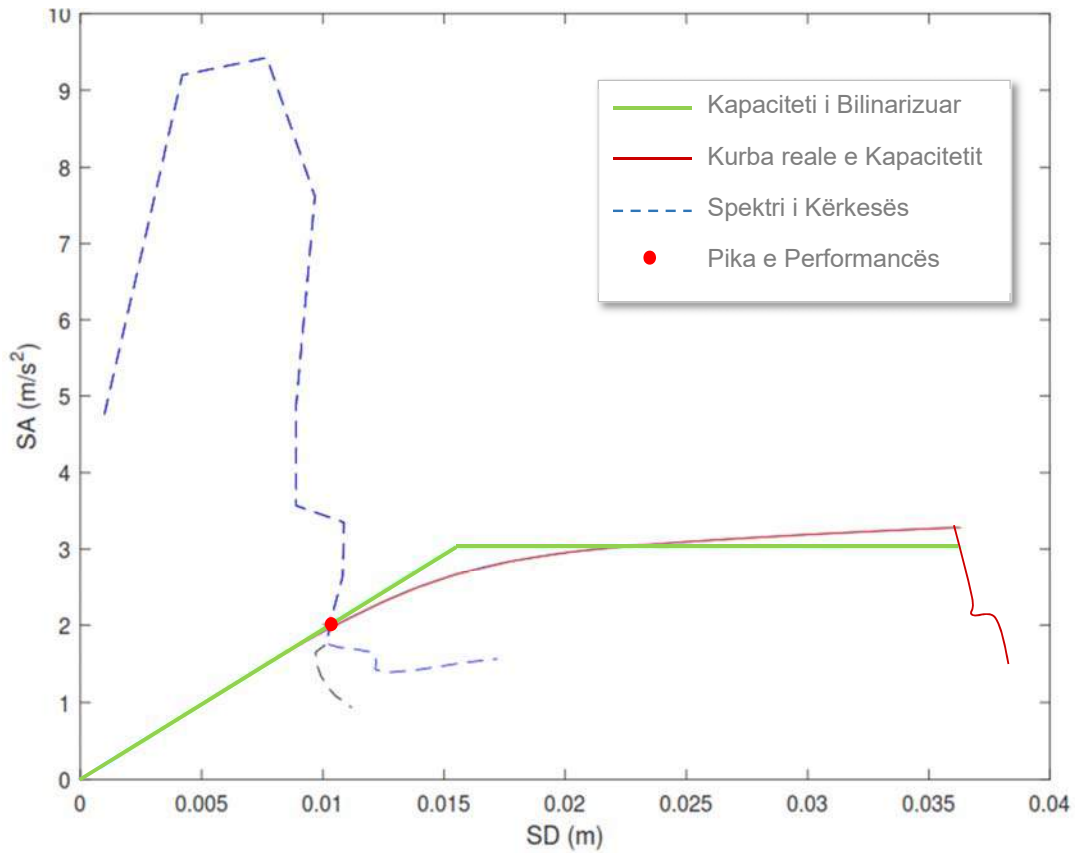


Figura 6.13 Pika e Performancës së Drejtimit Gjatësor (X) me komponenten Lindje Perëndim të tërmetit të Tiranës të gjeneruar nga Programi FRACAS

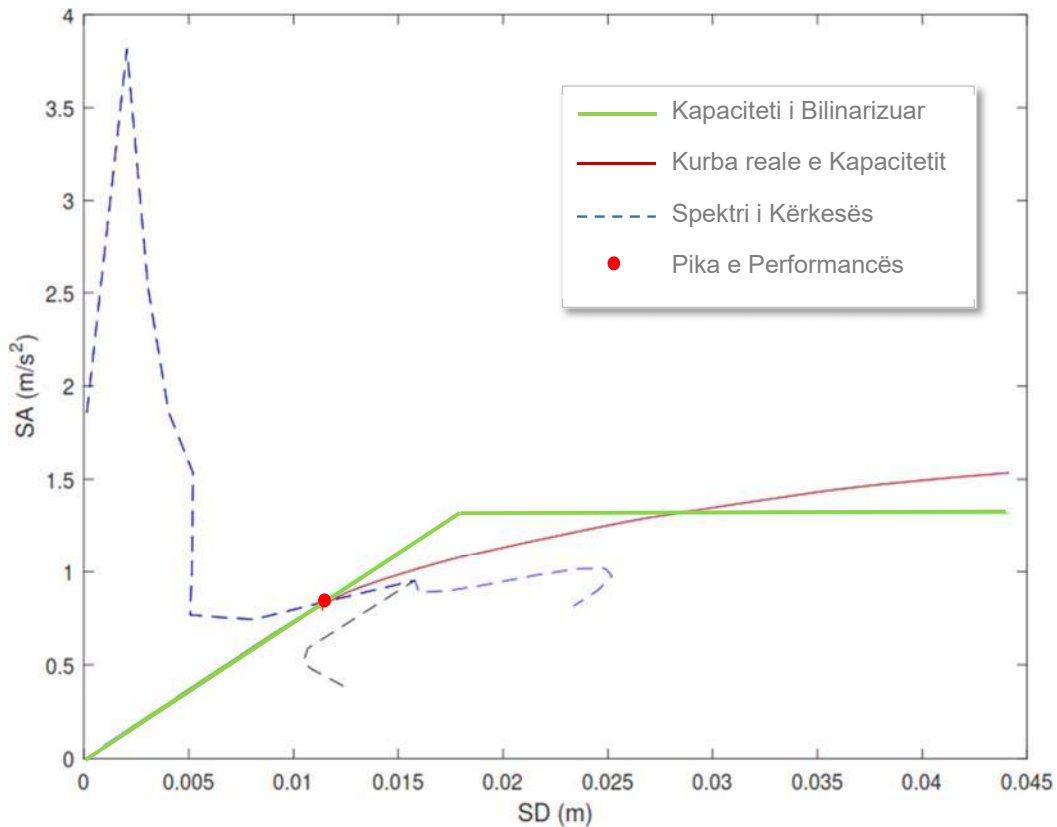


Figura 6.14 Pika e Performancës së Drejtimit Tërthor (Y) me komponenten Veri Jug të tërmetit të Tiranës të gjeneruar nga Programi FRACAS

6.3. Vlerësimi i Niveleve të Dëmtueshmërisë

Indeksi i niveleve të dëmtueshmërisë është bërë sipas procedurës së përshkruar në paragrafin 3.5.3. Në këtë mënyrë sipas Tabelës 3.8 janë pranuar pesë nivele të dëmtueshmërisë: Dëmtime të Lehta (DS1), Dëmtime të Moderuara (DS2), Dëmtime të Mëdha (DS3), Dëmtime të Rënda (DS4) dhe Shkatërrim (DS5). Parametri inxhinierik matës i dëmtimeve i përdorur është ISD_{max} , për vlerësimin e të cilit u ndoq procedura e mëposhtme.

Në kurbën e idealizuar të kapacitetit, në formatin ADRS, vlerësojmë nivelet e përshkruara më sipër duke përdorur kufinj të propozuar nga AUTH.

Tabela 6.3 Kufinj të zhvendosjes spektrale për vlerësimin e Niveleve të Dëmtueshmërisë së ndërtesës referencë

Niveli i Dëmtimit	Përshkrimi	Kufinj të zhvendosjes spektrale S_d (m)
0	Asnjë Dëmtim	$S_d < 0.0131$
1	Dëmtime të Lehta	$0.0131 \leq 0.0198$
2	Dëmtime të Moderuara	$0.0198 \leq S_d < 0.026$
3	Dëmtime të Mëdha	$0.026 \leq S_d < 0.0334$
4	Dëmtime të Rënda	$0.0334 \leq S_d < 0.0407$
5	Shkatërrim	$0.0407 \leq S_d$

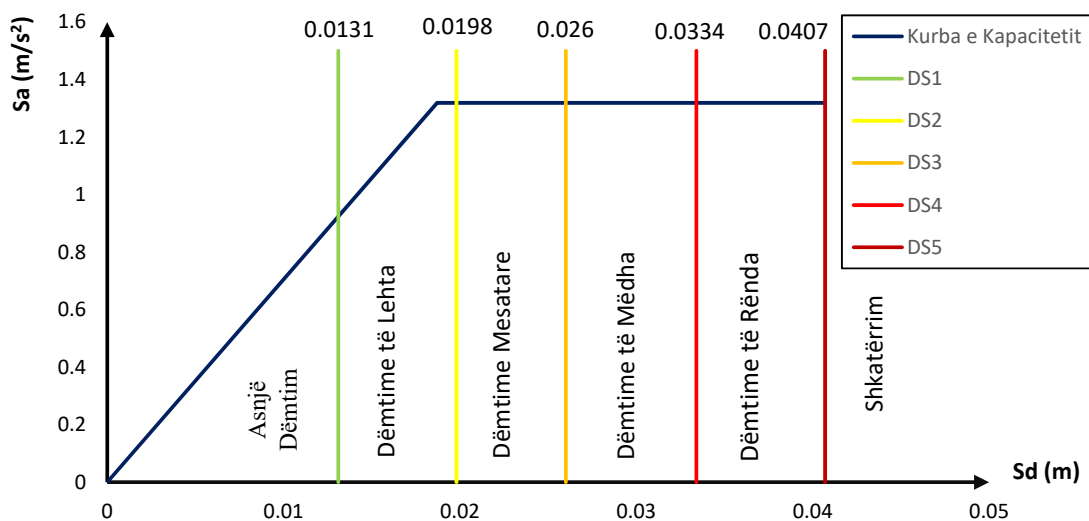


Figura 6.15 Specifikimi i Niveleve të Dëmtueshmërisë-UPT

Për vlerësimin e indeksit inxhinierik të dëmtueshmërisë, ISD_{max} , për nivelet e specifikuara më sipër, i'u është referuar marrdhënieve 5.2-5.4 të Kapitullit V. Përmes inversit të këtyre formulave, për të pesë vlerat karakteristike të mësipërme janë përcaktuar marrdhënia forcë zhvendosje për të katër katet. Maksimumi i raportit të diferencave të të cilave me lartësinë e kateve na jep vlerën e parametrin inxhinierik të kërkuar.

Tabela 6.4 Parametrat kufitarë të Niveleve të Dëmtueshmërisë

Dëmtueshmëria	Nxitimi Spektral S_a (m/s^2)	Zhvendosja Spektrale S_d (m)	ISD_{max} (%)
DS1	0.912	0.0131	0.122
DS2	1.319	0.0198	0.198
DS3	1.319	0.0260	0.256
DS4	1.319	0.0334	0.329
DS5	1.319	0.0407	0.391

6.4. Analiza e spektrit të kapacitetit

Analiza e spektrit të kapacitetit, e shpjeguar teorikisht në Kapitullin V, është një procedurë e automatizuar përmes programit FRACAS, të vënë në dispozicion nga zhvilluesit e tyre në Universitetin College në Londër. Në një format .txt është ekstraktuar nga programi strukturor Etabs v13 kurba e kapacitetit në formatin forcë zhvendosje së bashku me zhvendosjet për të gjithë katet e strukturës. Në paragrafët e mëposhtëm tregohen hapat e ndjekura në rastin konkret.

6.4.1. Varjueshmëria e kapacitetit

Metoda FRACAS krijon mundësinë e marrjes në konsideratë të varjueshmërisë jo vetëm të kërkesës sismike por edhe të kapacitetit. Por, në kushte e mungesës së të dhënave të nevojshme për varjueshmërinë e të gjithë faktorëve prej të cilëve varet kapaciteti i strukturës, analiza në këtë temë është kufizuar vetëm në gjeometrinë e strukturën referencë, për të cilën

zotërohen të dhënat nga projektet e plota origjinale dhe janë bërë supozimet adekuate për kohën e ndërtimit.

Duke i'u referuar të dhënave të kohës dhe rezultateve të provave të ndryshme të bëra në struktura të ngjashme në Itali, në tabelën e mëposhtme janë paraqitur karakteristikat e materialeve për rastet e marra në analizë:

Tabela 6.5 Tabela e varjimit të karakteristikave të materialeve të objektit referencë

Cilësia e ndërtimit	Betoni (MPa)	Çeliku (MPa)	Hapi i stafave (cm)
E ulët	8	180	25
Mesatare	10	200	20
E lartë	12	220	20

Siç duket edhe nga tabela e mësipërme, ndërtesa referencë i korespondon një cilësie mesatare të ndërtimit, megjithëse ndryshimet e kapacitetit në drejtimin tërthor, janë mjaft të vogla.

Në figurën e mëposhtme është bërë një përmbledhje e kurbave të kapacitetit të strukturës referencë për klasa të ndryshme të betonit dhe çelikut.

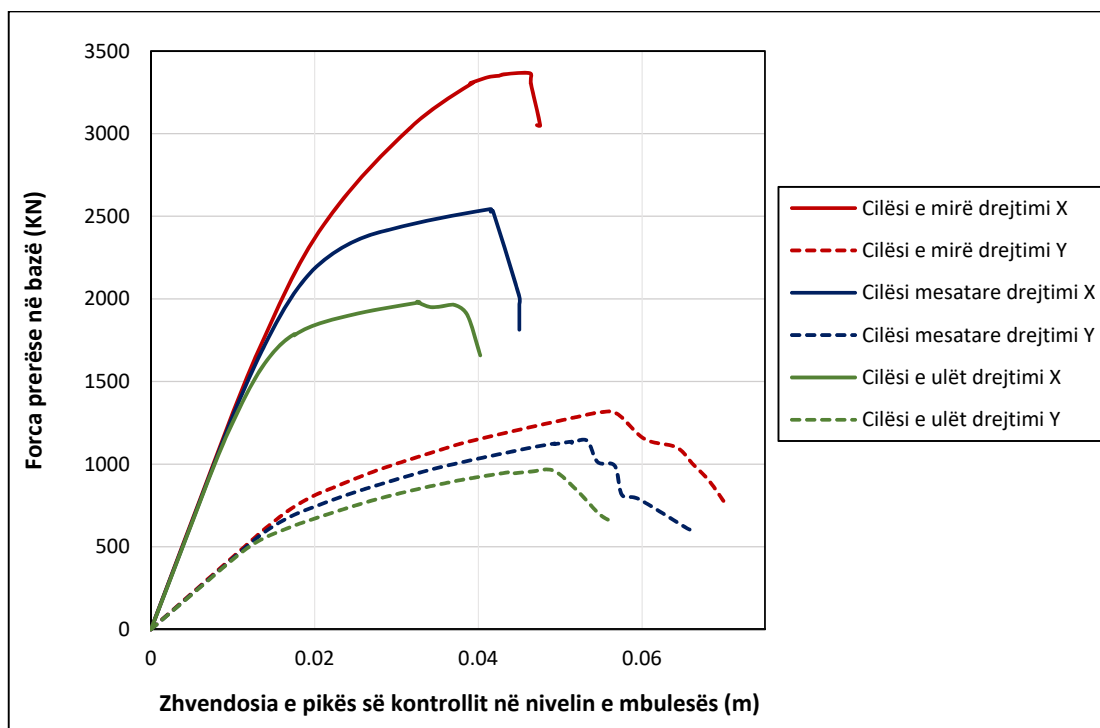


Figura 6.16 Kurbat e kapacitetit për materiale me veti të ndryshme

6.4.2. Varjueshmëria e kërkesës sismike

Variacioni i kërkesës sismike është bërë mbështetur në historikun e ngjarjeve sismike në vendin tonë, disa tërmete të fuqishme të cilët kanë ndodhur në botë dhe që sot shërbejnë si etanolë të kërkesës sismike si edhe simulime të tërmeteve nga spektrat e këtyre tërmeteve dhe të spektrave nga EN 8. Në paragrafin 5.3 janë paraqitur spektrat elastikë realë të disa prej këtyre tërmeteve. Meqë programi FRACAS simulon një analizë inkrementale dinamike për

një sistem ekuivalent me një shkallë lirie, kërkesa sizmike në program futet në formën e akelerogramave. Gjithashtu programi mundëson zhvillimin e akelerogramave në disa nivele, e cila është bërë në mënyrë të përshtatshme që struktura referente të marri të gjitha gjëndiet e dëmtueshmërisë dhe të “shtyhet” deri në limitet e kapacitetit të saj, aspekt ky që ndikon drejtpërdrejt në saktësinë e analizës regressive, e për rrjedhojë të të gjithë vlerësimit të dëmtueshmërisë së grupit të marrë në analizë.

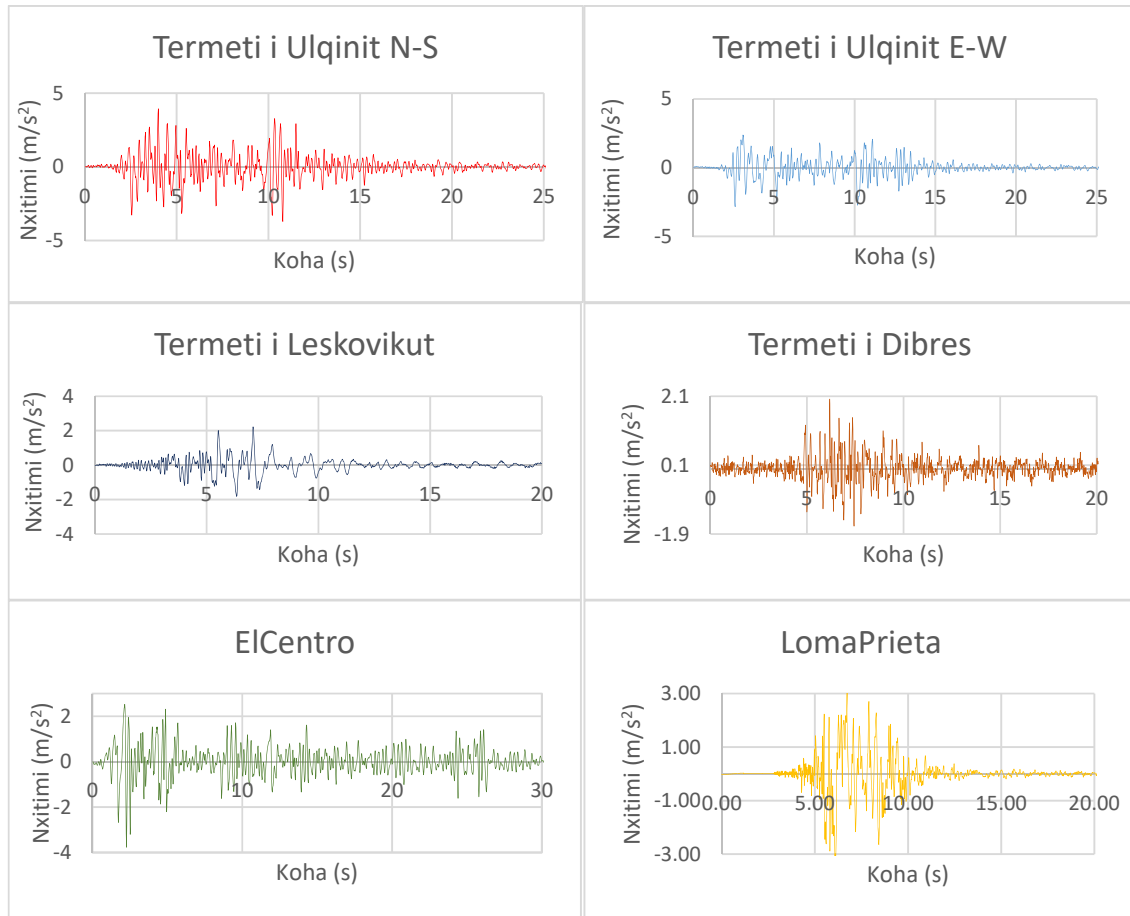


Figura 6.17 Disa nga akselerogramat reale (IGJEUM) të përdorura në analizën e kapacitetit

6.4.3. Futja e të dhënave në program

FRACAS është i ndërtuar duke shfrytëzuar mjedisin e “MatLab”-it dhe ndërveprimi me prgramin përdor një fletë Excel-i në të cilën specifikohen emrat e objekteve të tipit “txt”.

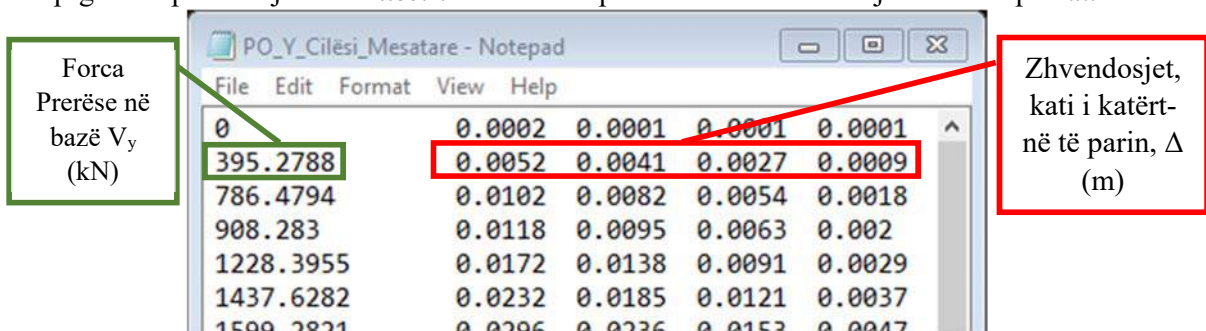


Figura 6.18 Shembulli i formatit .txt të kurbës së kapacitetit të përshtatur për programin FRACAS

Në Figurën 6.19 tregohet një pamje e shkëputur nga fleta ndërvepruese e programit *Excel* që shërben për të futur karakteristikat e kapacitetit të strukturës apo strukturave.

	A	B	E	F	H	I
1	PO file(s) - Format: BS - Disp (top to 1st)		Storey Masses (1st to top)		Storey Heights (1st to top)	
2	PO_Y_Cilësi_e_Ulët		716.12 695.16 646.86 446.97		4 4.8 4.3 4.3	
3	PO_Y_Cilësi_Mesatare		716.12 695.16 646.86 446.98		4 4.8 4.3 4.3	
4	PO_Y_Cilësi_e_Lartë		716.12 695.16 646.86 446.99		4 4.8 4.3 4.3	
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Figura 6.19 Pamje nga seksioni i fletës së programit *Excel* për futjen e të dhënave të kapacitetit të strukturës

Në kolonën A, specifikohet përmes emrit të objektit *.txt* (Figura 6.18) kurbat e kapacitetit të ekstraktuara nga programi strukturor, ndërsa në kolonën E vendosen masat për secilin prej kateve të strukturës (në ton) dhe në kolonën H futen lartësitë e kateve (në metër) duke filluar nga kati i parë në të fundit. Në rastin tonë gjeometria dhe okupimi nuk janë variabla, dhe për këtë arsye masat dhe lartësia e kateve mbeten të njëta për të tre rastet e vlerësimit të kapacitetit.

+ Yield point option (1: first deviation, 2: initial stiffness + NomVal, 3: secant stiffness + NomVal):

+ Ultimate point option (1: collapse drift, 2: last point, 3: 20% drop):

+ Idealisation model (1: EPP, 2: EST, 3: MML): **Fit to areas (0:no, 1:yes):**

Nb of POST-Yield periods: **Nb of PRE-Yield periods:**

Figura 6.20 Vendosja e kritereve të idealizimit dhe saktësisë së përcaktimit të pikës së performancës

Në Figurën 6.20 tregohet seksioni i specifikimit të mënyrë së idealizimit të kurbës së kapacitetit dhe saktësisë së përcaktimit të pikave të performancës. Aspektet teorike të zgjedhjes së kritereve të idealizimit janë prezantuar në pragrafin 5.5.2. Duke zbatuar kriterin e energjive të barabarta si dhe duke zgjedhur si pikë të shkatërrimit të strukturës momentin e driftit maksimal, që është edhe momenti real i shkatërrimit të strukturës, fitohet kurba e idealizuar bilinare. Nga ana tjetër, në rreshtin e fundit të paraqitur në këtë figurë specifikohen numri i pikave të analizës në të cilën do të ndahet kurba e idealizuar për përcaktimin e pikave të performancës (shiko paragrafin 5.5.3). Sa më i madh të jetë numri i pikave të analizës aq më e madhe është saktësia e përcaktimit të pikës së performancës dhe njëkohësisht po aq më e madhe është edhe kohazgjatja e analizës. Në këtë mënyrë duhet arritur një balancë e drejtë mes kohës së analizës dhe saktësisë së kërkuar. Në rastin konkret është përzgjedhur që faza elastike të ndahet në 10 pika analize dhe pjesa plastike e kurbës së idealizuar në 40 pika analize.

	A	B	F	G	H	I
1	Demand file(s) - Format: time/period - value		Unit (m/s²):			
2	Termeti_i_Tiranes_NS		1			
3	Termeti_i_Ulqinit					
4	Termeti_i_Leskovikut					
5	Termeti_i_Peshkpise					
6	ElCentro					
7	LomaPrieta					
8	Parkfield66					
9	Simulim_Tirana_1					
10	Simulim_Tirana_2					
11	Simulim_Tirana_3					
12	Simulim_Tirana_4					
13	Simulim_Ulqini_1					
14	Simulim_Ulqini_2					
15	Simulim_Ulqini_3					
16	Simulim_Ulqini_4					
17	Simulim_Leskoviku_1					
18	Simulim_Leskoviku_2					
19	Simulim_Peshkopia_1					
20	Simulim_Peshkopia_2					
21	Simulim_EN_8_0.22g_Truall_Tipi_B					
22	Simulim_EN_8_0.24g_Truall_Tipi_C					
23	Simulim_EN_8_0.3g_Truall_Tipi_B					
24	Simulim_EN_8_0.3g_Truall_Tipi_C					

Scaling (0:no, 1:yes):	
1	
Scaling factors	
- min:	0.1
- max:	2
- step:	0.01
SDOF response	
- algorithmt:	newmark
- parameters (gamma and beta for Newmark):	0.5 0.16666667

Figura 6.21 Pamja e seksionit të specifikimit të kërkesës sizmike

Në Figurën 6.21 paraqitet seksioni i fletës *Excel* për specifikimin e kërkesës sizmike. Janë përzgjedhur 23 akelerograma të cilat janë zhvilluar në 190 nivele të tjera me hap relativ prej 0.01. Përmes kësaj mënyre është siguruar që për secilën prej kurbave të kapacitetit të arrihet kapaciteti maksimal e njëkohësisht të merren aq pika performance të nevojshme sa për të marrë një rezultat të besueshëm.

Pas specifikimit të të dhënave hyrëse në program zhvillohet analiza, koha totale e së cilës është 133451s. Në përfundim të kësaj analize gjenerohet fluksi i pikave të performancës, në një objekt të tipit *.txt*:

Base_shear	Top_disp	PGA_at_PP	SA_at_PP	SD_at_PP	ISDmax
41.0024018	0.000956	0.032135	0.061123	0.000832	0.007918
80.4064012	0.001877	0.056236	0.106966	0.001456	0.013882
114.920481	0.002684	0.080337	0.152808	0.002081	0.019826
149.480229	0.003492	0.104438	0.198651	0.002704	0.025725
184.042367	0.004299	0.128538	0.244493	0.003328	0.031623
218.684546	0.005106	0.152639	0.290336	0.003952	0.037499
253.421186	0.005914	0.176741	0.336178	0.004576	0.043335
287.960262	0.006721	0.200841	0.382021	0.005112	0.049331
322.561117	0.007526	0.224942	0.427863	0.005824	0.055293
357.303317	0.008333	0.249043	0.473706	0.006449	0.061179
391.996024	0.009141	0.273144	0.519548	0.007073	0.067028
426.733158	0.009949	0.297245	0.565391	0.007697	0.072781
461.538919	0.010755	0.321346	0.611233	0.008321	0.078659

Figura 6.22 Pikat e performancës së gjeneruara nga programi FRACAS

6.5. Përpunimi i rezultateve

Pikat e performancës së gjeneruara më sipër organizohen dhe vendosen në grafikun (ISD_{max} -PGA) në të cilën aplikohen analizat e regresit, të cilat do të gjenerojnë parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë, me anë të së cilit ndërtojmë kurbat e dëmtueshmërisë.

6.5.1. Analizat e regresit

Për secilin prej pesë niveleve të dëmtueshmërisë zhvillojmë një analizë regresi për gjenerimin e parametrave të funksionit të dëmtueshmërisë. Tipi i analizës regressive të përdorur është *teknika e përngjasisë maksimale (Baker)*.

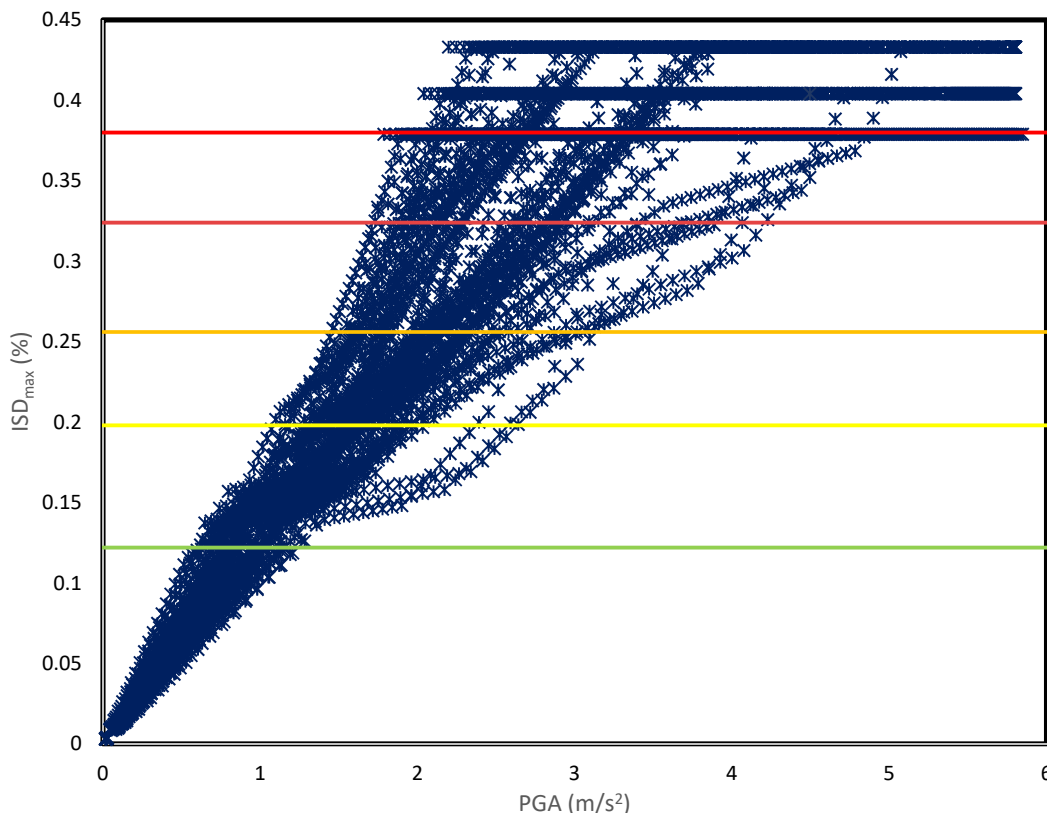


Figura 6.23 Reja e pikave të performancës dhe nivelet e dëmtueshmërisë

Në grafikun e mësipërm janë zhvilluar 190 nivele, dhe për secilin nivel ka rreth 70 pika performance, kjo bën gjithsej 13300 pika performance. Përmes një mënyre të tillë të llogaritjes së parametrave të dëmtueshmërisë sigurohet një numër i konsiderueshëm pikash referente për kurbën përfaqësuese të përngjasisë maksimale.

Sikurse duket në Figurën 6.23 efekti që ka kërkesa sizmike në arritjen e niveli maksimal të dëmtueshmërisë është shumë i rëndësishëm, pasi ka akelerograma të cilat kanë veçori të tilla (frekuencë, amplitudë etj.) që mund ta çojnë strukturën në limite për një nivel të nxitimit maksimal të trualit mjaft të ulët. Nga ana tjetër, në nivelet e larta të kërkesës sizmike pikat janë të përqendruara në nivelin maksimal të drifteve për secilën nga kurbat e idealizuar të kapacitetit, dhe duken si një vijë e drejtë. Është kjo arsyeja përse një këtë temë është investuar më shumë në varjueshmërinë e kërkesës sizmike.

Analizat e regresit kryhen në mënyrë të automatizuar përmes një flete *Exceli*, ku duke futur të dhënat për pikat e performancës dhe nivelet e dëmtueshmërisë gjenerohen kurbat me përngjasinë maksimale (Figura 6.24) nga e cila derivoohen edhe parametrat e funksionit të dëmtueshmërisë.

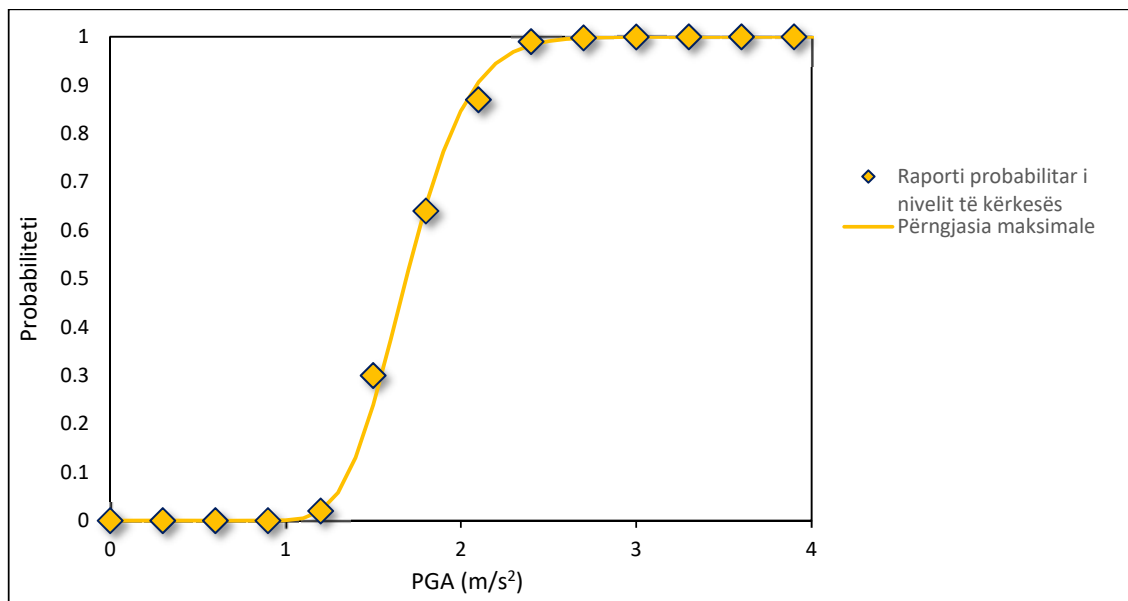


Figura 6.24 Analiza e Regresit për nivelin e tretë të dëmtueshmërisë DS3

Në këtë mënyrë gjenerohen vlerat e parametrave të shpërndajës Logaritmike Normale të dëmtueshmërisë për secilin nga nivelet e dëmtueshmërisë të paraqitura në Tabelën 6.6.

Tabela 6.6 Parametrat e shpërndarjes LogNormal të kurbave të dëmtueshmërisë për ndërtesën referencë

Niveli i Dëmtueshmërisë	Përshkrimi	α_{DSi}	β_{DSi}
DS1	Dëmtime të lehta	-0.15204	0.165883
DS2	Dëmtime Mesatare	0.43344	0.165975
DS3	Dëmtime të Mëdha	0.69056	0.177641
DS4	Dëmtime të Rënda	0.9029	0.222707
DS5	Shkatërrim	1.235115	0.302874

6.5.2. Kurbat e dëmtueshmërisë së ndërtesës referencë

Mbështetur në trajtimet teorike të paraqitura më lart, duke shfrytëzuar të gjithë bazën teorike dhe mjetet e prezantuara në këtë punim u nxorrën kurbat e dëmtueshmërisë për ndërtesën referencë-strukturë e rëndësisë së veçantë me skelet prej betoni të armuar, me prezencë të muraturës ndarëse-punuese, e projektuar dhe ndërtuar pa kritere të mbrojtjes sizmike. Në Figurën 6.25 tregohen kurbat e dëmtueshmërisë për pesë nivelet e dëmtueshmërisë së shqyrtuar të paraqitura me vija të vazhduara me ngjyra të ndryshme të treguara në legjendë.

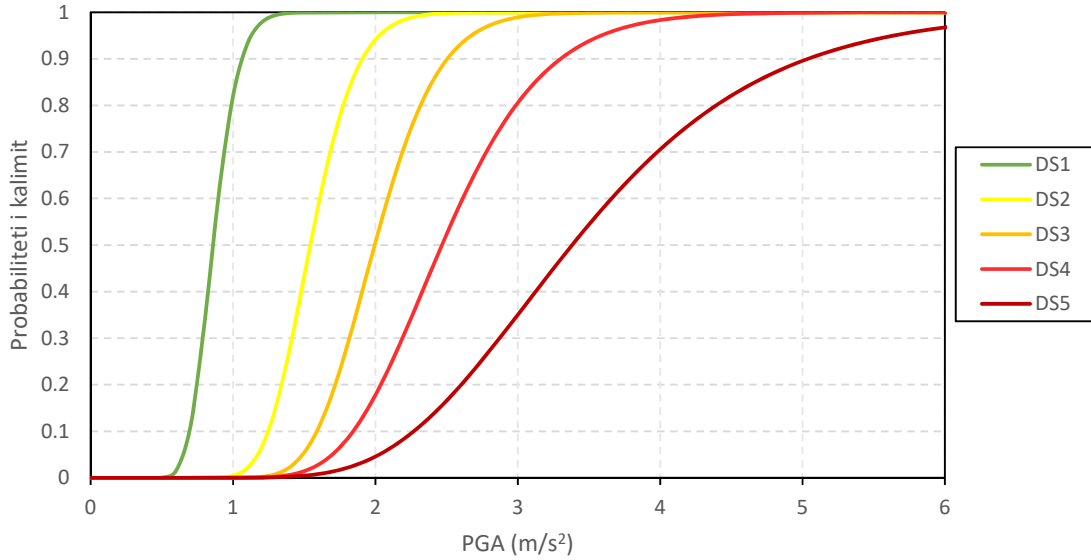


Figura 6.25 Kurba e dëmtueshmërisë për ndërtesën referencë-Strukturë me skelet prej betoni të armuar me prezncë të muraturës dhe e projektuar pa kërkesa sizmike

6.6. Interpretimi dhe krahasimi i rezultateve të kurbave të dëmtueshmërisë

Duke parë formën dhe rezultatet e kurbave të dëmtueshmërisë të paraqitura në Figurën 6.25, reflektohet siç pritej, kapaciteti i ulët i këtyre tipi strukturash. Kështu probabiliteti që këto struktura të kalojnë në nivele mesatare të dëmtueshmërisë, për tërmetin me Pk 475 sipas hartës së sotme në fuqi në vendin tonë (Figura 2.2, djathtas), $PGA=0.22g=2.15m/s^2$ është 0.67 ose 67%. Në mënyrë më të detajuar për të gjithë nivelet e dëmtueshmërisë si edhe për tërmetet e parashikuara nga studimi i UNDP (Tabela 2.3) për qytetin e Tiranës jepen më poshtë.

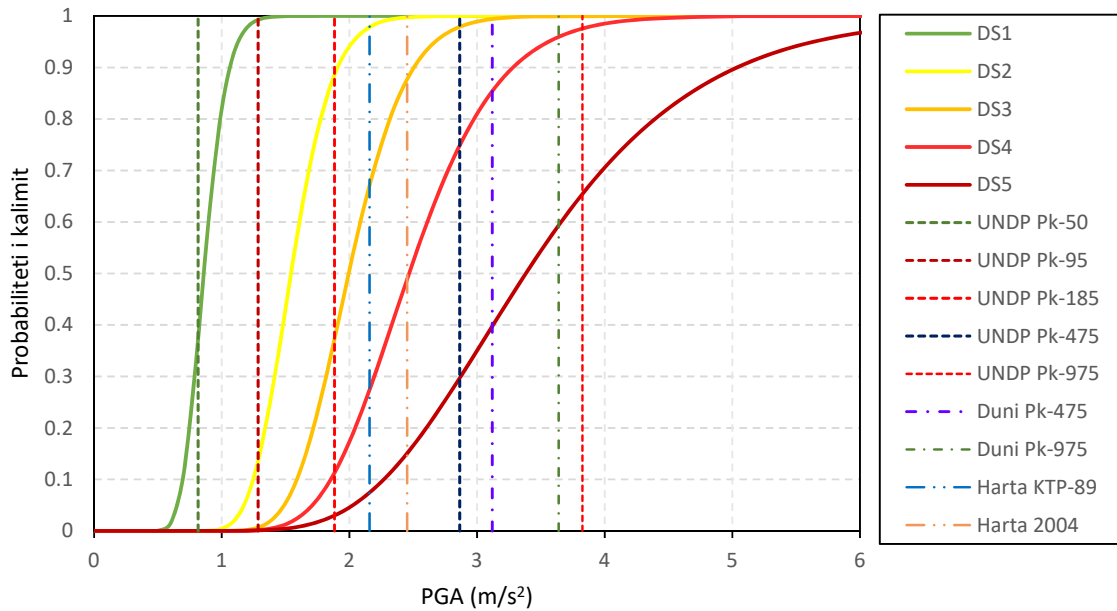


Figura 6.26 Grafiku i ndërprerjes së kërkesës sizmike me kurbat e dëmtueshmërisë

Në Figurën 6.26 janë paraqitur me vija të pa ndërprera kurbat e dëmtueshmërisë me ngjyrat respektive sipas legjendës në krah të kësaj figure, dhe me vija të ndërprera kërkesa sizmike për raste të ndryshme të parashikuara në kodin tonë në fuqi si edhe studime të ndryshme të mëvonshme. Rezultatet e ndërprerjeve mes tyre jepen në tabelën e mëposhtme.

Tabela 6.7 Matrica e dëmtueshmërisë së ndërtesave me skelet prej betoni të armuar të prjektuar dhe ndërtuara pa kërkesa sizmike

Kërkesa Sizmike		DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	Niveli i Dëmtueshmërisë
Referenca	PGA (g)						
UNDP Pk ⁶⁷ -50	0.083	37.36	0.1	0	0	0	Probabiliteti i arritjes ose tejkalimit (%)
UNDP Pk-95	0.131	99.24	13.56	0.67	0.17	0.09	
UNDP Pk-185	0.192	100	88.56	37.33	11.29	2.99	
UNDP Pk-475	0.292	100	100	97.92	74.9	29.69	
UNDP Pk-975	0.390	100	100	100	97.56	65.44	
Duni 475	0.318	100	100	99.41	85.41	39.78	
Duni 975	0.371	100	100	99.96	95.96	59.35	
Harta KTP-89	0.22	100	97.85	67.12	27.43	7.44	
Harta 2004	0.25	100	99.74	87.75	48.96	15.08	

Siç duket edhe nga tabela e mësipërme, mundësia që këto struktura të dëmtohet nga tërmetet me perjudhë rikthimi 50 vjet është e ulët, rreth 37% për dëmtimet të lehta dhe asnjë mundësi për nivelet e tjera të dëmtueshmërisë. Nga ana tjetër për tërmetin me perjudhë kthimi 95 vjet është pothuajse e sigurtë që këto struktura do të kalojnë nivelin e dëmtimeve të lehta ndërkohë që për dëmtime mesatare ka rreth 13% mundësi që të arrihen ose të tejkalohen. Për perjudhën e rikthimit 475 vite është e sigurtë që ky tip strukturash do të arrijë ose tejkalojë nivelin e dëmtimeve mesatare. Mundësia e arritjes apo tejkalimit të dëmtimeve të rënda është shumë e lartë rreth (75-85%); ndërsa mundësia e shkatërrimit të strukturës është rreth 30% sipas studimit të UNDP dhe 40% sipas studimit të 2016 (Duni Ll. etj). Për tërmetet e rralla, në bazë të këtij vlerësimi është e sigurtë se ky tip strukturash do të kalojë nivelin e dëmtimeve të rënda në strukturë ndërkohë që mundësia që të arrihet kolapsi është shumë e lartë, rreth (60-65)%.

Në Figurën 6.27 krahasohen probabilitetet e arritjes apo tejkalimit të niveleve të dëmtueshmërisë së strukturave referencë për të tre vlerësimet e tërmetit të shërbimit (Pk-475), ai i hartës së vitit 1979 i cili është ende në fuqi, studimi i UNDP së vitit 2003, studimi i vitit 2004 nga Aliaj etj. si edhe studimi i vitit 2016 nga Duni Ll. etj. Në bazë të këtyre vlerësimeve, konstatohet se është pothuajse e sigurtë se niveli i dëmtimeve mesatare do të tejkalohet. Gjithashtu ka një probabilitet shumë të lartë (67-99%) që niveli i dëmtimeve të mëdha të arrihet ose të tejkalohet. Sipas vlerësimeve të kërkesës sizmike për tërmetin e Pk-475 vite të vitit 2016 dhe të UNDP është shumë e mundur që struktura të tejkalojë edhe dëmtimet të rënda, por duke iu referuar hartës sizmike në fuqi ky probabilitet nuk e kalon

⁶⁷ Pk-Perjudha e kthimit të rrezikut sizmik, Tabela 2.3 në këtë temë referuar UNDP-IGJEUM-2003

vlerën e 30%, ndërkohë që me rrezikun sizmik të vlerësuar nga harta sizmike e vitit 2004 sugjeron një probabilitet prej 49%. Diferencat e parashikimeve për mundësinë e shkatërrimit mes vlerësimeve të rrezikut sizmik bëhet akoma më i madh, megjithatë në të gjitha rastet është më pak se 40%.

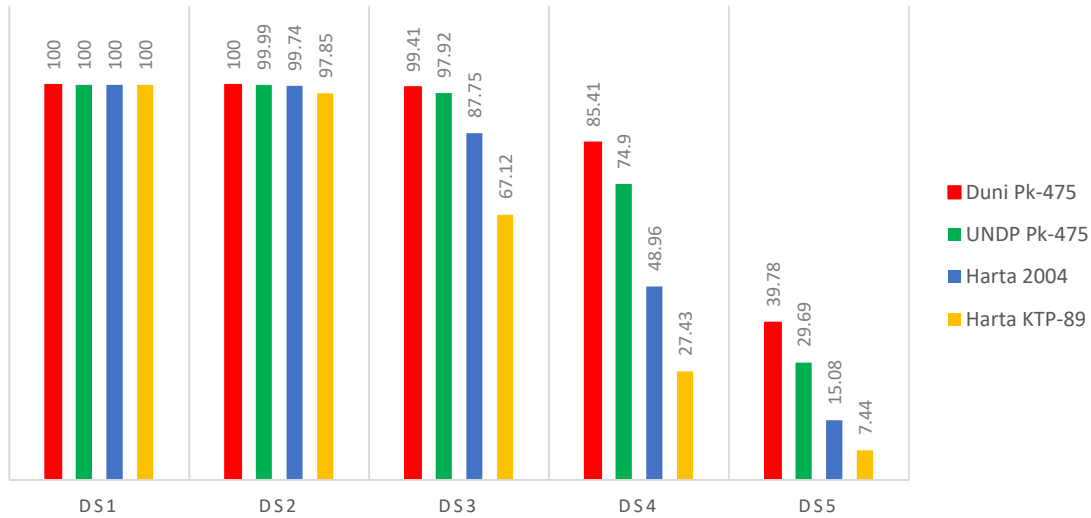


Figura 6.27 Krahasimi i mundësisë së arritjes së niveleve të dëmtueshmërisë për tre rastet të shprehjes së rrezikut sizmik

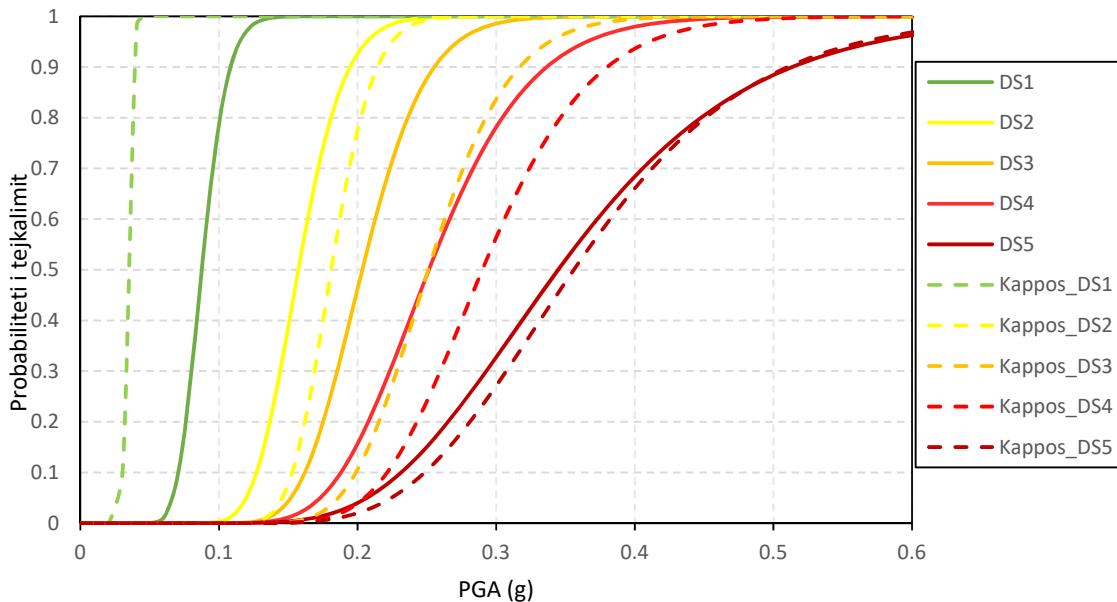


Figura 6.28 Krahasimi mes kurbave të dëmtueshmërisë së zhvilluara në këtë temë me ato të zhvilluara nga Kappos, Greqi, për strukturat prej betoni të armuar me prezencë të muraturës, të projektuara dhe të ndërtuara pa kërkesa sizmike

Në Figurën 6.28 krahasohen kurbat e dëmtueshmërisë së gjeneruara në këtë temë dhe ato të gjeneruara nga Kappos A. në Greqi, të prezantuar gjithashtu në paragrafin 4.3 të kësaj teme, për ndërtesa të ngjashme me skelet prej betoni të armuar dhe me prezencë të muraturës. Me vija të pandërprera paraqiten kurbat e gjeneruara në këtë temë ndërsa me vija të ndërprera paraqiten kurbat e gjeneruara nga Kappos A., ngjyrat e të cilave tregohen në legjendën në krahu. Sikurse pritet, vlerësimi i arritjes apo tejkallimit të momentit të mundshëm të shkatërrimit për të dy këto studime është shumë i ngjashëm. Ndryshimi mes këtyre dy

kurbave është më pak se 2% ku studimi i realizuar në Greqi, me gjithë ndryshimin mjaft të vogël të momentit të shkatërrimit, tregon një kapacitet më të madh të strukturave të ngjashme atje. Por nga ana tjetër, nivelet e tjera të dëmtueshmërisë kanë ndryshime shumë më të mëdha (Tabela 6.8). Përveç momentit të dëmtimeve të lehta, të gjitha nivelet e tjera të dëmtueshmërisë arrihen më “vonë” sipas studimit të Kappos A.

Tabela 6.8 Ndryshimet e parametrave të shpërndarjes LogNormale mes UPT dhe Kappos A.për ndërtesat me skelet prej betoni të armuar pa kërkesa sizmike

DS	DS1		DS2		DS3		DS4		DS5	
Parametrat	a_g (g)	β_{DSi}	a_g (g)	β_{DSi}	a_g (g)	β_{DSi}	a_g (g)	β_{DSi}	a_g (g)	β_{DSi}
UPT	0.088	0.165	0.166	0.166	0.203	0.178	0.251	0.277	0.349	0.303
Kappos A.	0.034	0.025	0.181	0.132	0.251	0.182	0.29	0.211	0.356	0.281
Ndryshimi	61.36 %		13.26 %		19.12 %		13.45 %		1.97 %	

Këto ndryshime i atribohen indeksimit të nivelit të dëmtueshmërisë. Kappos A. përdori teknika hibride për gjenerimin e kurbave të dëmtueshmërisë. Përmes vëzhgimeve në vënd të dëmtimeve të shkaktuara nga ngjarjet të ndryshme sizmike në rajone të ndyrshme të Greqisë, por edhe të dhënave mbi dëmtimet e shkaktuara nga ngjarje të herëshme në struktura të tilla krijon mundësinë e indeksimit korrekt të niveleve të dëmtueshmërisë (p.sh kur plasariten muret ndarës, kur plasariten trarët, etj.). Gjithashtu, Kappos, nuk bën një diferencim mes dëmtimeve strukturore dhe jostrukturore. Nga ana tjetër në këtë temë vlerësimi i niveleve të dëmtueshmërisë është bërë sipas modelit të propozur nga AUTH mbështetur në zhvendosje spektrale për shkak të mungesë së të dhënave të regjistruara mbi dëmtimet të mëparshme të tërmeteve të herëshëm në struktura të ngjashme në vendin tonë, dhe kjo përbën një nga të metat e këtij studimi. Megjithatë momenti i shkatërrimit të strukturës i parashikuar në të dy rastet ka diferenca të arsyeshme duke patur parasysht ndryshimet në specifikat dhe teknikat e ndërtimit në mes vendit tonë dhe Greqisë, gjë që dëshmon implementimin korrekt të procedurës së spektrit të kapacitetit për gjenerimin e kurbave të dëmtueshmërisë.

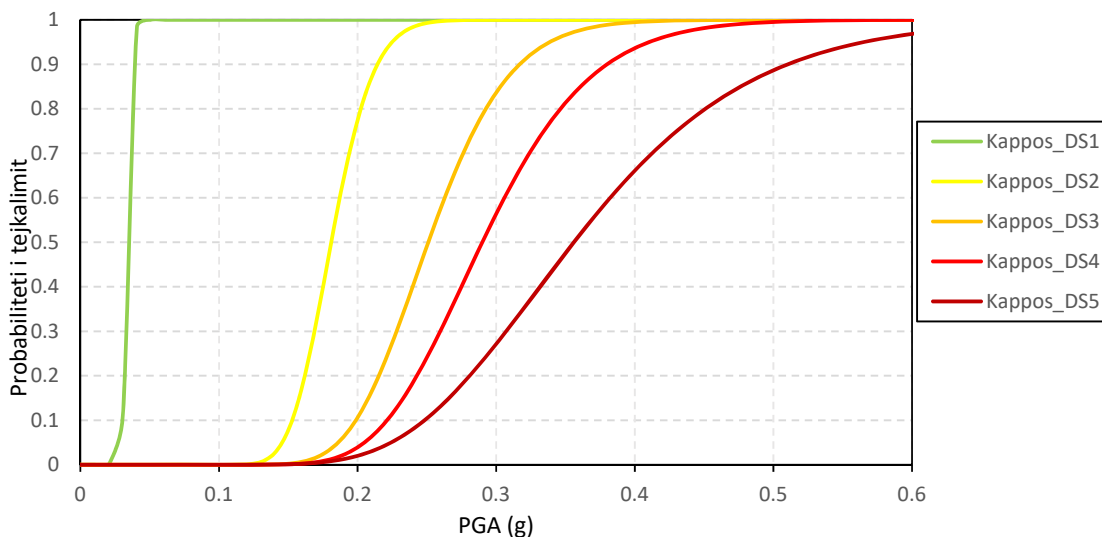


Figura 6.29 Kurbat e dëmtueshmërisë së strukturave me skelet prej betoni të armuar, me prezence të muraturës dhe pa kritere të mbrojtjes sizmike, Greqi-Kappos 2006

7. PËRFUNDIME

Në këtë temë u prezantua një procedurë e vlerësimit të mundësisë së dëmtimit të strukturave prej betoni të armuar e mbështetur në analizën e spektrit të kapacitetit. Kjo procedurë u konkretizua me një analizë mbi dëmtueshmërinë e strukturave me skelet prej betoni të armuar të ndërtuara në vendin tonë në fund të viteve '30 të shekullit të kaluar, në kushtet e mungesës së kritereve të mbrojtjes nga rreziku sizmik. Gjithashtu u paraqit evoluimi i vlerësimit të rrezikut sizmik dhe kodet e zhvilluara ndër vite për mbrojtjen e strukturave ndaj rrezikut sizmik.

Procedura e vlerësimit të parametrave të funksionit të dëmtueshmërisë është një metodë tërësisht analitike, në përgjigje të nevojës në kushtet e mungesës së të dhënave të nevojshme për zhvillimin e tipeve të tjera të analizës, gjithashtu të përmendura në këtë temë. Analiza e spektrit të kapacitetit është e automatizuar nëpërmjet programit FRACAS i zhvilluar dhe vënë në dispozicion nga zhvilluesit e tij në Universitetin College në Londër. Përparësia kryesore e kësaj metode është se përdor akselerograma për përcaktimin e performancës së strukturës për një nivel të caktuar të rrezikut sizmik. Por nga ana tjetër saktësia e përcaktimit të pikës së performancës varet shumë nga mënyra e idealizimit të spektrit të kapacitetit, e cila mbetet në gjykimin e përdoruesit.

Kjo procedurë e automatizuar është aplikuar për strukturat me skelet prej betoni të armuar me lartësi mesatare, por aplikimi i saj është i mundur edhe për tipet të tjera të strukturave me lartësi të ulët deri në mesatare. Gjithashtu kjo metodë krijon mundësinë e marrjes në konsideratë të varjueshmërisë së kapacitetit dhe të kërkesës sizmike.

Në këtë temë variueshmëria e kapacitetit të strukturës është konsideruar përmes ndryshimit të parametrave të rezistencës së materialeve të ndërtimit (rezistenca në shtypje e betonit, kufiri i rrjedhshmërisë së çelikut) dhe hapi i stafave. Variueshmëria e kërkesës sizmike është konsideruar duke shqyrtuar mjedisin sizmik rajonal të vendit tonë, duke përdorur akselerograma reale të tërmeteve historikë si edhe akselerograma të sintetizuara përmes programit *SeismoArtif*.

Procedura nisët nga një analizë statike jolineare, e përmes spektrit të idealizuar simulohet një analizë inkrementale dinamike, për një sistem të thjeshtuar me një shkallë lirie, ekuilibri dinamik i së cilës zgjidhet përmes skemës Newton Raphson. Kjo procedurë ofron një ekuilibër të kënaqshëm mes saktësisë së rezultateve, kohës së shpenzuar dhe kostove të analizës.

Vlerësimi i indeksit të dëmtueshmërisë së strukturës referencë është bërë duke u mbështetur në spektrin e kapacitetit sipas rekomandimeve të literaturës ndërkombëtare, e cila duke patur parasysh specifikat e variacionit të mënyrave të ndërtimit nga njëri vend në tjetrin nuk është shumë e përfaqësuese.

Në këtë studim u konstatua se faktori kryesor që ndikon në parametrat e shpërndarjes LogNormale të funksionit të dëmtueshmërisë është variueshmëria e kërkesës sizmike, ndaj zhvillimi i saj në nivele dhe përzgjedhja e spektrit të tërmeteve duhet të jetë njëkohësisht përfqësuese e mjedisit sizmik dhe të sigurojë zhvillimin e të gjitha niveleve të dëmtimeve të strukturës referencë. Nga ana tjetër, ndikimi i vetive të materialeve ka një efekt më të reduktuar. Saktësia e përcaktimit të pikave të performancës varet shumë nga mënyra e idealizimit të kurbës së kapacitetit dhe numri i pikave të analizës.

Në këtë studim u tregua se referuar kërkesës sizmike sipas KTP-N.2-89 në fuqi, dëmtimet e pritshme luhaten nga dëmtime mesatare në të mëdha. Ndërkohë që referuar kërkesës bazuar në studimet e realizura pas vitit 90, ndërtesat prej betoni të armuar të ndërtuara në fund të viteve '30 me prezencë të muraturës kanë probabilitet shumë të lartë për të pësuar dëmtime shumë të rënda (Pk-475) dhe për t'u ndodhur në prag të kolapsit (Pk-975).

Për tërmete me probabilitet më të lartë për të ndodhur (me periudhë rikthimi më të ulët, Pk-50, Pk-95, Pk-185) edhe sipas studimeve të realizuara pas viteve 90, të rrezikut sizmik, dëmtueshmëria e këtij tipi strukturash luhetet mes mungesës së dëmtimeve deri në dëmtime mesatare me një probabilitet prej maksimumi 37% për perjudhat e rikthimit 185 vite.

Në krahasim me studime të tjera për struktura të ngjashme në literaturë, konstatohet një ngjashmëri shumë e madhe në vlerësimin e momentit të shkatërrimit të strukturës, por në raport me nivelet e tjera të dëmtueshmërisë ndryshimet janë të mëdha, kjo i atribohet ndryshimeve të mënyrave të indeksimit të niveleve të dëmtueshmërisë.

Në përfundim mund të themi se metoda e spektrit të kapacitetit, e automatizuar në programin FRACAS, ofron një mënyrë praktike dhe të mirë ekuilibruar mes kohës së shpenzuar dhe saktësisë së ofruar. Marrja në konsideratë e më shumë faktorëve të cilët ndikojnë në kapacitetin e strukturës si edhe shtrirja më e gjërë e studimit edhe për struktura me karakteristika specifike të konfigurimit, janë synime të zhvillimit të këtij studimi përtej kësaj teme. Gjithashtu rritja e saktësisë së përcaktimit të spektrit të kapacitetit, por edhe indeksimi përmes simulimit të dëmtimeve të strukturave ekzistuese me ndihmën e programeve AEM⁶⁸ mund të jenë aspekte të zhvillimit të mëtejshëm të këtij studimi.

⁶⁸ Applied Element Method

REFERENCAT

Aliaj, Shyqyri, et al. Probabilistic Seismic Hazard Maps for Albania.

Aliaj, Sh.; Koçiu, S.; Muço, B.; Sulstarova, E. 2010. Sizmiciteti, sizmotektonika dhe vlerësimi i rrezikut sizmik në Shqipëri. Tiranë, Shqipëri : Akademia e Shkencave e Shqipërisë, 2010.

Akademia e Shkencave, Ministria e Ndërtimit. 1989. Kusht Teknik Projektimi për ndërtimet antisizmike KTP-N.2-89. 1989.

Baballëku, M. dhe Pojani, N. Vlerësimi i dëmtimeve strukturore në ndërtesat tip të sistemit arsimor-Strukturat prej murature.

Baker, A. Fitting fragility functions to structural analysis data using maximum likelihood estimation.

Bommer, J. J. dhe Acevedo, A. B. 2004. The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis. Journal of Earthquake Engineering. s.l. : Imperial College Press, 2004. Vëll. i 8, Special Issue 1.

CEN. 2002. EN 1990, Eurocode. Basis of structural design. s.l. : CEN, 2002.

—. **2002.** EN 1991-1-1, Eurocode 1 - Actions on structures. Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings. s.l. : CEN, 2002.

—. **2004.** EN 1998-1 - Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. s.l. : CEN, 2004.

D'Ayala D., A. Meslem, D. Vamvatsikos, K. Porter and T. Rossetto. GEM TECHNICAL REPORT Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment-Low/mid-Rise.

D'Ayala, Dina and Meslem, Abdelghani. Sensitivity of analytical fragility functions to capacity related parameters.

Department of Homeland Security, FEMA. HAZUS MR4-Technical Manual. Washington, D.C. : www.fema.gov/plan/prevent/hazus.

Department of Homeland Security, FEMA. HAZUS MR5-Technical and User Manual.

Dumva-Jovanoska, E. 2000. Fragility curves for reinforced concrete structures in Skopje region. 2000.

Duni, Ll. and Kuka, N. Towards a new seismic hazard assessment of Albania.

Duni, Ll., Kuka, N. Hajrullai, A. Studim i rrezikut sizmik i sheshit të ndërtimit të Stadiumit të ri në Tiranë

DM NTC. 2008. Normat teknike italiane për ndërtimet. Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. Romë, Itali : Gazzetta Ufficiale Nr. 29 del 04/02/2008 - suppl. ord. nr. 30, 2008.

D'Ayala, D. dhe Speranza, E. 2002. An integrated procedure for the assessment of seismic vulnerability of historic buildings. 12th European Conference on Earthquake Engineering, Artikulli 561. s.l. : Elsevier, 2002.

European Seismological Commission. European Macroseismic Scale 1998.

Faber, M. H. 2007. Shënime leksionesh. Risk and Safety in Civil Engineering. Zyrih, Zvicër : ETH Zurich, 2007.

FEMA P-58. Seismic Performance Assessment of Buildings-Volume I, Methodology.

— . Seismic Performance Assessment of Building-Volume II-Implementation Guide.

Galasso, C., Gomes, I. and Gupta, A. Probabilistic seismic hazard assesment for Albania, Macedonia and Serbia.

<http://www.csiamerica.com/application-programming-interface>. Faqja në internet e CSI. *CSI America*. [Në linjë] Computers and Structures Inc.

<http://www.csiamerica.com/application-programming-interface>.

IGJEUM. 2014. Buletini Sizmologjik Mujor. IGJEUM. [Në linjë] IGJEUM, Maj 2014.

Kappos, A., et al. A hybrid method for the vulnerability assessment of RC and URM buildings.

Medvedev, S.W., Sopenhuer, W. and Karnik, V. Seismic intensity scale version MSK 1964.

Milutinovic, Z. V. dhe Trendafiloski, G. S. 2003. WP4 Vulnerability of current buildings. WP4 RISK-EU. 2003.

Ministria e Ndërtimit. 1978. Kushte Teknike të Projektimit. Libri II (KTP-6,7,8,9-1978). Tiranë, Shqipëri : Shtëpia Botuese "8 Nëntori", 1978.

Musson, Roger. Intensity and Intensity Scales.

Papailia, A. 2011. Seismic fragility curves for reinforced concrete buildings. s.l. : University of Patra, 2011.

Porter, K. A beginner's guide to fragility, vulnerability and Risk.

— . Practical development and application of fragility functions.

Rossetto T., Gehl P., Minas S., Galasso C., Duffour P., Douglas J., Cook O. FRACAS: A capacity spectrum approach for seismic fragility assessment including record-to-record variability. <https://www.ucl.ac.uk/epicentre/resources/software/accordion/fracas>

Rossetto T., Elnashai A. Drivation of vulnerability function for European-Type RC structures based on observational data.

Rossetto, T., Ioannou, D. and Grant, D. N. Existing empirical fragility and vulnerability relationship: Compendium and guide selection.

SeismoArtif 2016

Sulstarova, E., Koçiaj, S. dhe Aliaj, Sh. 1980. *Rajonizimi sizmik i Republikës Popullore Socialiste të Shqipërisë.* Tiranë, Shqipëri : Akademia e Shkencave të RPSSH, Qendra Sizmologjike, 1980.

SYNER-G Reference Report 4. Guidelines for deriving seismic fragility functions of elements at risk.

United Nations Development Programme UNDP Albania. 2003. *Disaster Management and Emergency Preparedness Project, Risk Assessment - Albania, Executive Summary.* Tiranë : Republika e Shqipërisë, Ministria e Pushtetit Vendor dhe Decentralizimit, 2003.