

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ



Пројекат

ОДАБИР ЛОКАЦИЈА ЗА ИЗГРАДЊУ НУКЛЕАРНИХ
ЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ

Професор:

Др Александар Пеулић

Студент:

Никола Ћоровић 45/2020

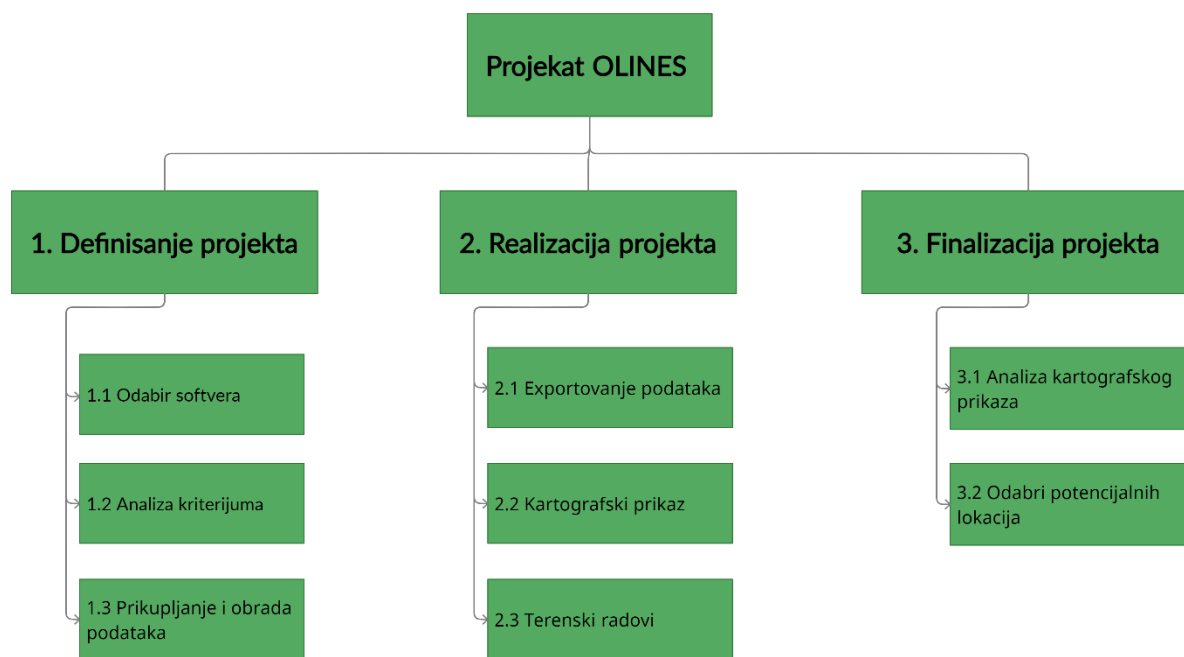
Београд, 2021.

САДРЖАЈ

1.	Пројектни задатак и структурна шема пројекта.....	3
2.	Увод	4
3.	Нуклеарна енергија	5
4.	Простор истраживања	9
5.	Природни фактори	11
4.1.	Сеизмизам	11
4.2.	Геологија	12
4.3.	Хипсометрија	15
4.4.	Нагиб терена	16
4.5.	Удаљеност од раседа и навлака.....	17
4.6.	Начин коришћења земљишта и основни земљишни покривач.....	19
4.7.	Удаљеност од заштићених природних добара.....	22
4.	Антропогени фактори	24
5.1.	Удаљеност од државне границе	24
5.2.	Удаљеност од државних саобраћајница и железничких пруга	25
5.3.	Удаљеност од насеља	28
6.	Оцена терена за изградњу нуклеарних електрана.....	29
7.	Закључак.....	34

1. Пројектни задатак и структурна шема пројекта

Проналажење потенцијалних локација у простору истраживања на којима је могуће изградити нуклеарну електрану.



Структурна шема пројекта

Структурна шема пројекта (WBS) на слици изнад омогућава нам да пројекат поделимо на мање целине које су повезане.

2. Увод

Не тако давно од овладавања нуклеарном енергијом очекивала су се решења за многе проблеме људског друштва. Прва нуклеарна електрана пуштена је у рад 1950-их. Данас, нуклеарна енергија обезбеђује око 10% електричне енергије у свету из око 450 нуклеарних реактора. Нуклеарна технологија користи енергију ослобођену цепањем атома одређених елемената. Први пут је развијена 1940-их, а током Другог светског рата истраживања су се првобитно фокусирали на производњу бомби.

Прогнозира се да ће захтеви за енергијом на светском нивоу у наредних 50 година значајно расти. Велики део те потражње ће долазити из делова света где је потрошња енергије релативно мала у поређењу са развијеним земљама и које ће све више бити укључене у глобалну економију. Како потражња расте, светска заједница ће бити суочена са озбиљним изазовом – производња довољне количине енергије која ће задовољити економски раст и побољшати социјални развој док, са друге стране, треба заштитити и унапредити животну средину. Нема сумње да је велика одговорност доносиоца одлука да успоставе одговарајуће политике које би се суочиле са овим изазовом на адекватан начин. Међу различитим изворима енергије који доприносе светским залихама нуклеарна енергија заузима прво место према сложености у доношењу одлука. Економске, технолошке и друштвене последице нуклеарне енергије сваку одлуку чине далеко захтевнијом и тежом. Озбиљна питања које наше друштво поставља о нуклеарној енергији укључују безбедност инсталација, одлагање радиоактивног отпада, могућност нуклеарне енергије да смањи емисију гасова са ефектом стаклене баште, као и прегршт питања о нуклеарном наоружању.

У овом раду, путем географских информационих система (ГИС) биће представљене потенцијалне локације за изградњу нуклеарних електрана на територији Републике Србије кроз различите критеријуме и анализе. Простор истраживања обухвата зону од 5 километара са обе стране речног корита следећих река: Дунав, Сава, Тиса и Велика Морава.

3. Нуклеарна енергија

Дванаест земаља је у 2018. произвело најмање једну четвртину своје енергије из нуклеарних електрана. Француска добија око три четвртине своје енергије из нуклеарних извора. Мађарска, Словачка и Украјина преко половине, док Белгија, Шведска, Словенија, Бугарска, Швајцарска, Финска и Чешка добијају једну трећину и више из ових извора. Јужна Кореја 30% енергије добија из нуклеарки, док САД, Велика Британија, Шпанија, Румунија и Русија око једне петине.

Табела 1 – Нук. реактори у фун. и у изградњи у свету са капацитетима

ДРЖАВА	Реактори у функцији		Реактори у изградњи		ДРЖАВА	Реактори у функцији		Реактори у изградњи	
	Бр.	Капацитет (MW)	Бр.	Капацитет (MW)		Бр.	Капацитет (MW)	Бр.	Капацитет (MW)
Аргентина	3	1633	1	25	Ј. Кореја	29	22444	5	6700
Јерменија	1	375			Мексико	2	1552		
Бангладеш			2	2160	Холандија	1	482		
Белорусија			2	2220	Пакистан	5	1318	2	2028
Бразил	2	1884	1	1340	Румунија	2	1300		
Белгија	7	5918			Русија	36	27252	6	4573
Бугарска	2	1966			Словачка	4	1814	2	880
Канада	19	13554			Словенија	1	688		
Кина	46	42458	11	10982	ЈАР	2	1860		
Чешка	6	3932			Шпанија	7	7121		
Финска	4	2784	1	1600	Шведска	8	8613		
Француска	58	63130	1	1630	Швајцарска	5	3333		
Немачка	7	9515			Турска			1	1114
Мађарска	4	1902			УАЕ			4	5380
Индија	22	6255	7	4824	В. Британија	15	8923	1	1630
Иран	1	915			Украјина	15	13107	2	2070
Јапан	39	36974	2	2653	САД	98	99061	2	2234

У свету укупно има 451 нуклеарних електрана укупног капацитета од 396911 MW, док је укупан број нуклеарних електрана у изградњи у свету 55 укупног капацитета од 56643 MW. У коначан збир је урачунато и 5 нуклеарки на Тајвану (Кина), капацитета од 4448 MW и 2 у изградњи капацитета од 2600 MW.

Индустријски развој, све веће потребе и потрошња електричне енергије, током XX века, у свету су условиле повећано искоришћавање фосилних горива чиме се њихове резерве убрзано смањују, а коришћење је узроковало загађивање човекове средине и глобалне климатске промене. У решавању насталог проблема и трагању за новим изворима енергије, издвојила су се два оштро супротстављена мишљења, при чему су на једној страни заговорници искоришћавања нуклеарне енергије, према којима ће будуће (велике) потребе у електричној енергији моћи да се обезбеде само употребом нуклеарне енергије. На другој страни, све више је присталица идеје о неопходности искоришћавања обновљивих извора енергије (Хајдин и Поломчић, 2016).

Електрична енергија која се у реакторима добија контролисаним процесом нуклеарне фисије има велике предности у односу на фосилна горива, од знатно мање потрошње горива које се користи (1 g урана замењује 2.5 тоне висококвалитетног угља), минималне емисије CO₂ у атмосферу, мање цене 1 kWh произведене електричне енергије (Хајдин и Поломчић, 2016).

Највећи недостаци односе се на нуклеарну безбедност која се повезује за катастрофалне и дуготрајне последице у случајевима хаварије, затим проблеми складиштења истрошеног нуклеарног горива које остаје и хиљадама година радиоактивно, потом све мање залихе урана у свету, као и веома скупа и дуга изградња нуклеарне електране. Угрожавање природне средине употребом фосилних горива последњих година јачало је позицију присталица употребе нуклеарне енергије, али је било довољно да се једним акцидентом, какав је био последњи у НЕ „Фукушима-Даићи“, у Јапану, све њене предности оспоре, а у многим земљама чак и забрани употреба овог вида енергије. Од хаварије у Чернобиљу 1986. године, у европским државама, још увек је на снази мораторијум на изградњу НЕ (Хајдин и Поломчић, 2016).

Однос према употреби нуклеарне енергије у Европи данас је различит. У западној Европи расте антинуклеарно расположење, нарочито након акцидента 2011. године у Фукушими. Четири државе (Немачка, Швајцарска, Шпанија, Белгија) донеле су одлуку о потпуном престакну коришћења нуклеарне енергије, фазним затварањем постојећих

нуклеарки, Велика Британија од 16 реактора, предвиђа да до 2025. године затвори 13. Данска, Италија и Аустрија одустале су од употребе нуклеарне енергије, а у држави са највећим бројем нуклеарних реактора, Француској (58 реактора) која на овај начин задовољава 75% електричне енергије, до 2025. године предвиђа смањење удела нуклеарне енергије за 25% (Хајдин и Поломчић, 2016).

Насупрот њима, државе у источној Европи, земље које нису имале НЕ као што су Пољска и Литванија, планирају изградњу нуклеарних електрана, Чешка, Словачка, Мађарска, Словенија, Румунија и Бугарска, планирају проширење или изградњу нових НЕ (Хајдин и Поломчић, 2016).

Србија, која нема ниједну НЕ, окружена је нуклеарним реакторима од чега се на Дунаву, транзитној реци, налази већина. С обзиром на овако различите ставове европских земаља и спремност суседних држава да убудуће користе нуклеарну енергију, наша држава мора бити укључена у активности коришћења нуклеарне енергије у окружењу, добро информисана о раду, утицају и последицама на животну средину и природне ресурсе оволиког броја нуклеарних електрана у нашој најближој околини (Хајдин и Поломчић, 2016).

Прва препрека градњи нуклеарних електрана у Србији је такозвани „мораторијум” који је донет после трагедије у Чернобиљу. Реч је о Закону о забрани изградње нуклеарних електрана који је у јуну 1989. године усвојила Скупштина СФРЈ, а који је још увек на снази у Србији. Усвојен је и Закон о радијационој и нуклеарној сигурности и безбедности. Овим законом се уређују мере радијационе и нуклеарне сигурности и безбедности, услови за обављање делатности са изворима зрачења, поступање у ситуацији планираног, постојећег и ванредног излагања јонизујућем зрачењу у циљу обезбеђивања заштите појединаца, становништва и животне средине од штетног утицаја јонизујућег зрачења, сада и убудуће.

У окружењу Србије у пречнику од 600 километара налазе се нуклеарне електране „Кршко” у Словенији, „Козлодуј” у Бугарској, „Пакш” у Мађарској и „Черна вода” у Румунији. Неки од реактора у овим електранама су у квару. Србија има систем за најаву, али не и правилник за поступање у случају нуклеарне хаварије. Мада Србија има најмодернији систем за најаву нуклеарног акцидента у целој Европи, не постоји правилник о поступању у случају повећане концентрације радиоактивних материја у ваздуху. иако се власти у Србији противе градњи нуклеарних електрана, Хрвати

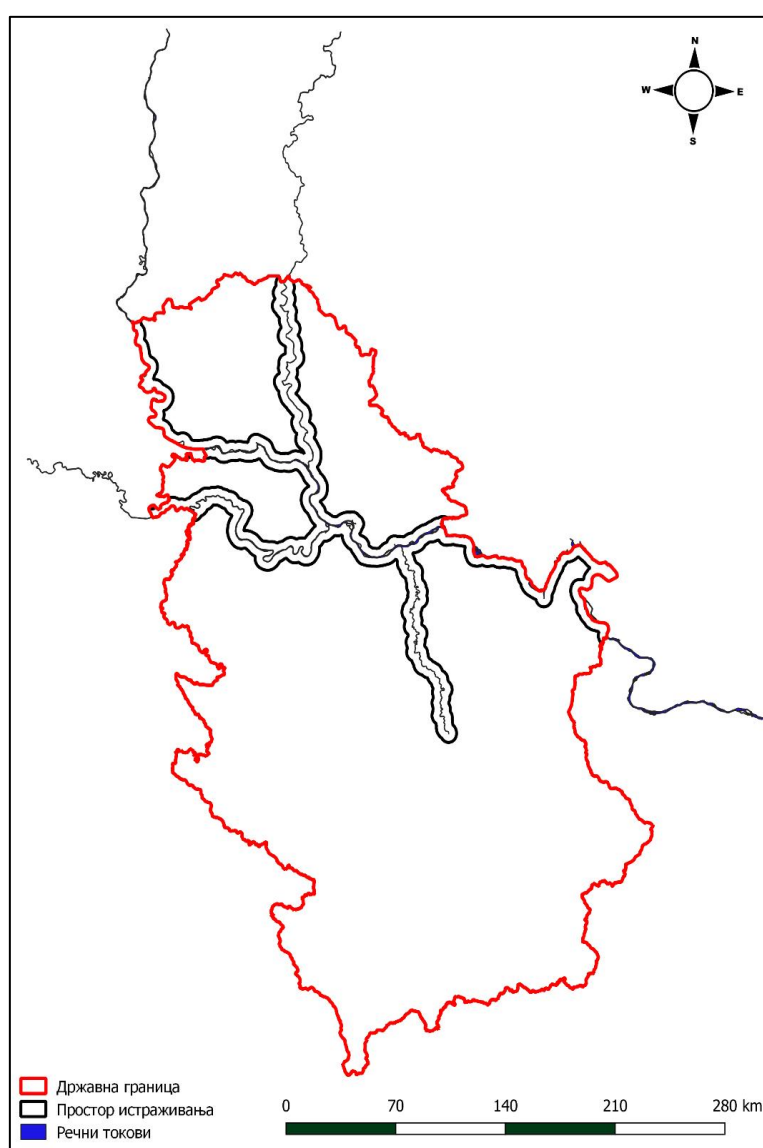
планирају да је у блиској будућности подигну код Ердута, скоро на самој граници са Србијом, а Мађари у Печују. Одлука о овим локацијама још није дефинитивна, али јесте о изградњи нове нуклеарне електране „Белене” у близини „Козлодуја” у Бугарској. На око сто километара од наше границе већ се налазе две нуклеарне електране - „Козлодуј” на бугарско - румунској граници и „Пакш” у Мађарској, а мало даље, на обали Црног мора у Румунији, ради „Черна вода”, док је на словеначко - хрватској граници „Кршко” (Стојсављевић, 2008)



Слика 1 – Нуклеарне електране у окружењу Републике Србије

4. Простор истраживања

Простор истраживања обухвата зону од 5 километара са обе стране корита четири реке на територији Републике Србије: Дунав, Сава, Тиса и Велика Морава. Ови речни токови су због свог хидропотенцијала узети у обзир за потребе анализе поменутог простора. Како је минимални протицај за несметани рад нуклеарне електране у опсегу од 130 до 150 m³/s ове реке одговарају том критеријуму и њихово приобаље може представљати потенцијалне локације за изградњу нуклеарних електрана. Сам простор заузима површину од 8757.45 km².



Слика 2 – Карта географског положаја

У зависности од типа система за хлађење који ће се примењивати у нуклеарној електрани потребне су велике количине воде. Она је есенцијални део и користи се свакодневно, али најнеопходнија је уколико дође до акцидента када се користи за хлађење језгра.

Дунав је највећа и најважнија река црноморског слива на територији Србије. То је друга најдужа река Европе, после Волге. Настаје спајањем две мање реке – Брег и Бригаха, на источним падинама планине Шварцвалд код града Донауешингена у Немачкој. Укупна дужина Дунава је 2783 km, од чега 588 km протиче кроз Србију (Павловић, 2019).

Сава настаје спајањем Саве Бохињке и Саве Долинке код места Радовљице у Словенији. Њена укупна дужина износи 945 km. Низводно од Љубљанске котлине тече кроз Литијско-кршку клисуру и затим улази на територију Хрватске. Од Загреба речни пад Саве се нагло смањује тако да представља типичну равничарску реку. Дужина тока кроз Србију износи 207 km (Павловић, 2019).

Тиса је највећа притока Дунава по дужини тока и површини слива. Дуга је 966 km, а настаје спајањем Црне и Беле Тисе на Карпатима у Украјини. На територију Србије улази из Мађарске, а дужина тока кроз Србију износи 164 km. Улива се у Дунав недалеко од Старог Сланкамена и просечно сваке секунде уноси у Дунав 870 m^3 воде (Павловић, 2019).

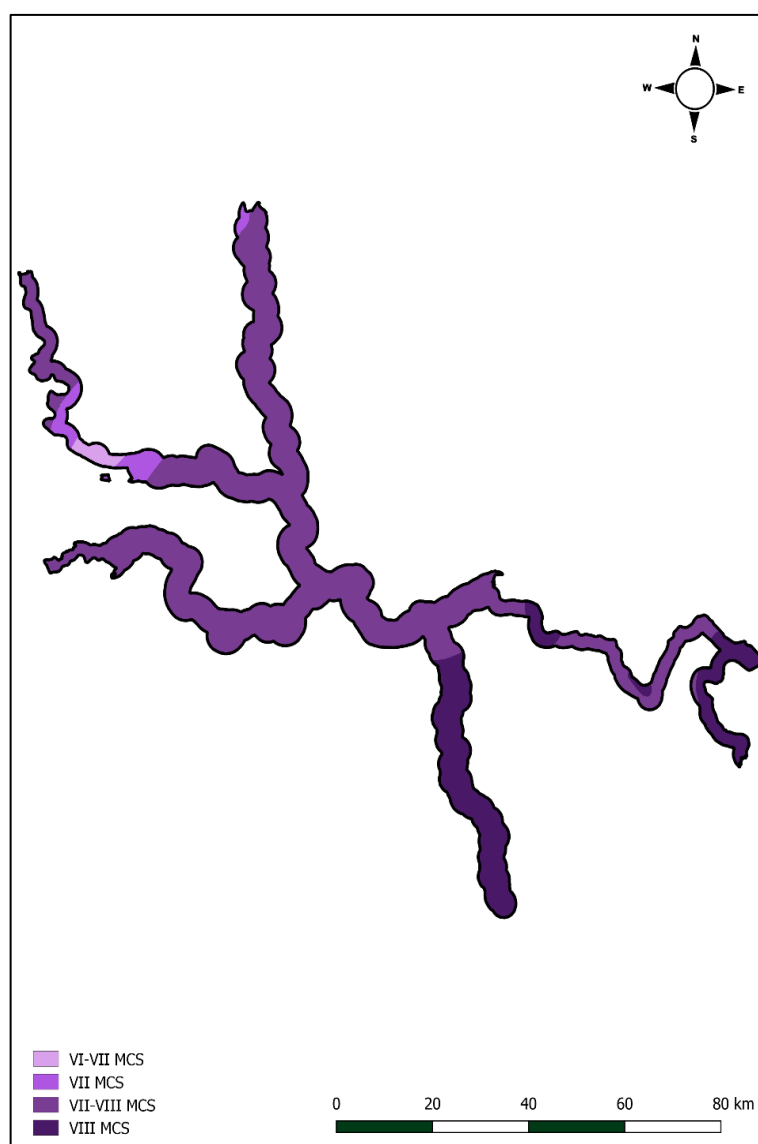
Велика Морава је највећа „национална” река. Њеном долином трасиран је најзначајнији саобраћајни коридор наше земље (коридор X). Дужина овог речног тока је 185 km (Павловић, 2019).

Поред близине речног тока важни природни фактори који су анализирану су: геолошка подлога, хипсометрија, нагиб терена, интензитет сеизмолошког хазарда, раседи и навлаке, начин коришћења земљишта као и основни земљишни покривач.

5. Природни фактори

4.1. Сеизмизам

Многе земље данас различито размишљају о нуклеарној енергији, након нуклеарног акцидента у Јапану – Фукушима, јер су забринуте за могућност појаве изливања масивне количине радиоактивности из нуклеарних реактора, уколико дође до физичких оштећења, као што је било услед цунамија, односно услед појаве земљотреса. Највећи проблем код нуклеарне енергије је нарушавање равнотеже у процесу хлађења реактора, чиме настаје топљење нуклеарног реактора (Радукин Косановић, 2008).



Слика 3 – Карта интензитета сеизмичког хазарда за повратни период од 475 година

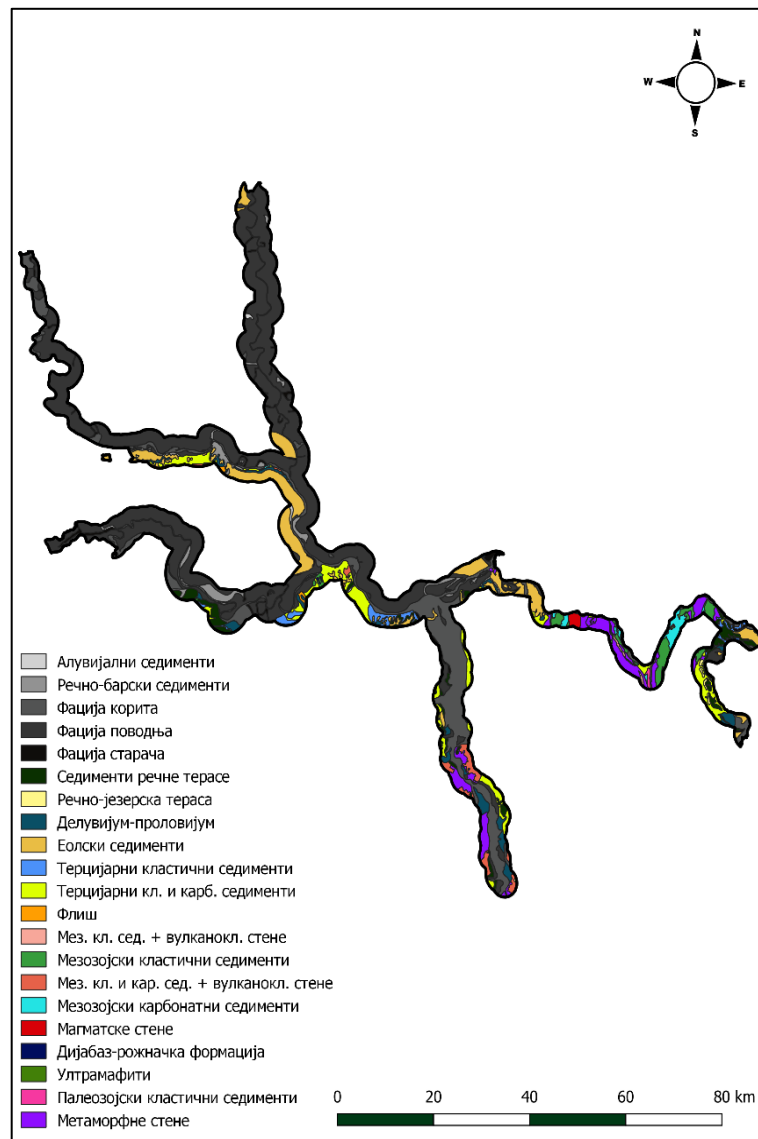
На карти интензитета сеизмичког хазарда запажа се да је само мали, северозападни део простора у потпуности погодан за потенцијалну локацију нуклеарне електране. Тај део заузима површину од 131.61 km², а како се удаљава од њега, расте интензитет хазарда. Најнепогодније локације су скоро читава зона око Велике Мораве, као и зона где Дунав напушта територију наше земље. Оне заузимају површину од 1881.33 km². Подаци за сеизмички хазард за повратни период од 475 година преузети су са сајта Републичког сеизмолошког завода.

Табела 2 – Интензитет сеизмичког хазарда, површина и удео у простору истраживања

Интензитет сеизмичког хазарда (MCZ)	Површина [km ²]	Удео [%]
VI-VII	131.61	1.50
VII	346.48	3.96
VII-VIII	6397.90	73.05
VIII	1881.33	21.48
Укупно	8757.45	100

4.2. Геологија

Неизостававањ фактор при изучавању неког простора јесте геолошка подлога. На овом простору врло је хетерогена и броји чак двадесет и један тип стене. При лоцирању нуклеарних електрана треба бити посебно обазрив јер од састава стена зависи да ли је неки терен склон више или мање земљотресима, као и клизиштима и одронима. Терцијарни кластични и карбонатни седименти у којима је велика вероватноћа настанка клизишта, али и флиш и мезозојски кластични и карбонатни седименти са вулканокластичним стенама не представљају адекватне површине за изградњу НЕ. Ове стене заузимају површину од 683.99 km², док магматске стене на којима би било најидеалније градити, заузимају свега 28.42 km².



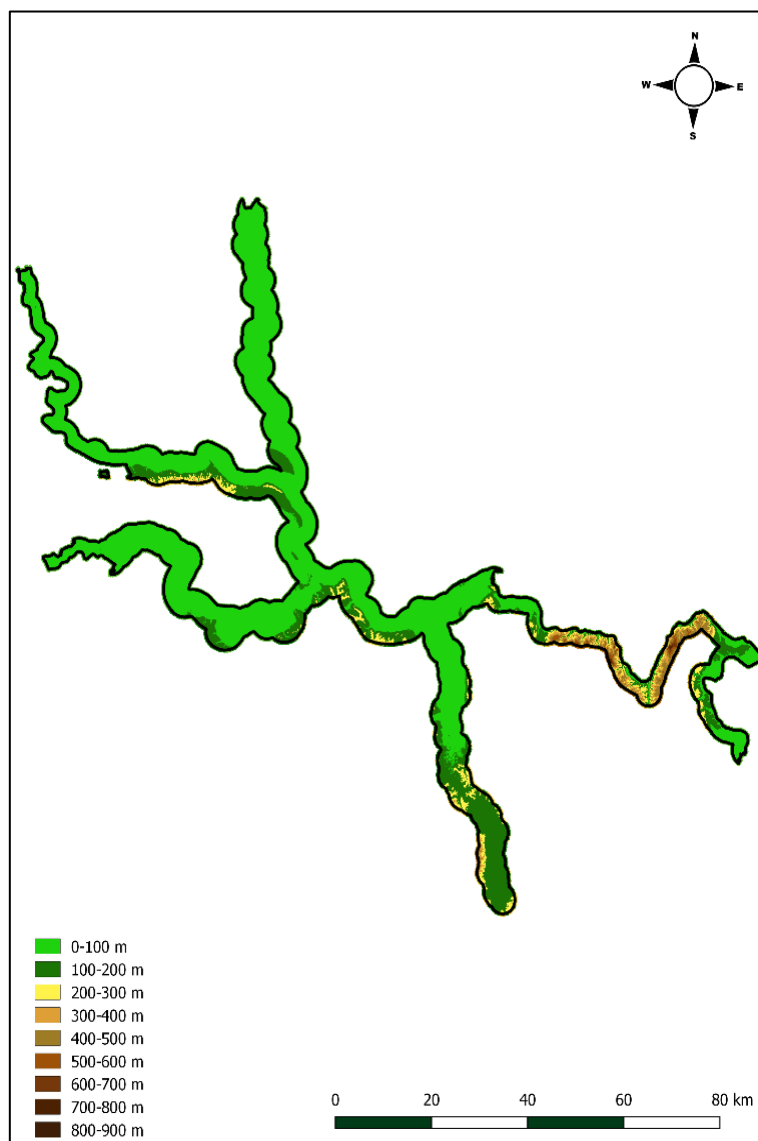
Слика 4 – Геолошка карта

Табела 3 – Типови стена, површина и удео у простору истраживања

Тип стене	Површина [km ²]	Удео [%]
Алувијални седименти	20.71	0.24
Речно-барски седименти	211.96	2.42
Фација корита	1571.50	17.96
Фација поводња	3993.01	45.65
Фација старача	168.55	1.93
Седименти речне терасе	284.62	3.25
Речно језерска тераса	17.61	0.20
Делувијум-проловијум	226.27	2.59
Еолски седименти	740.44	8.46
Терцијарни кластични седименти	130.38	1.49
Терцијарни кластични и карбонатни седименти	522.77	5.98
Флиш	15.68	0.18
Мезозјски кластични седименти + Вулканокластичне стене	137.91	1.58
Мезозојски кластични и карбонатни седименти	178.48	2.04
Мезозојски кластични и карбонатни седименти + Вулканокластичне стене	15.16	0.17
Мезозјски карбонатни седименти	99.58	1.14
Магматске стене	28.42	0.32
Дијабаз-рожначка формација	3	0.03
Ултрамафити	0.45	0.01
Палеозојски кластични седименти	9.99	0.11
Метаморфне стене	371.27	4.24
Укупно	8757.45	100

4.3. Хипсометрија

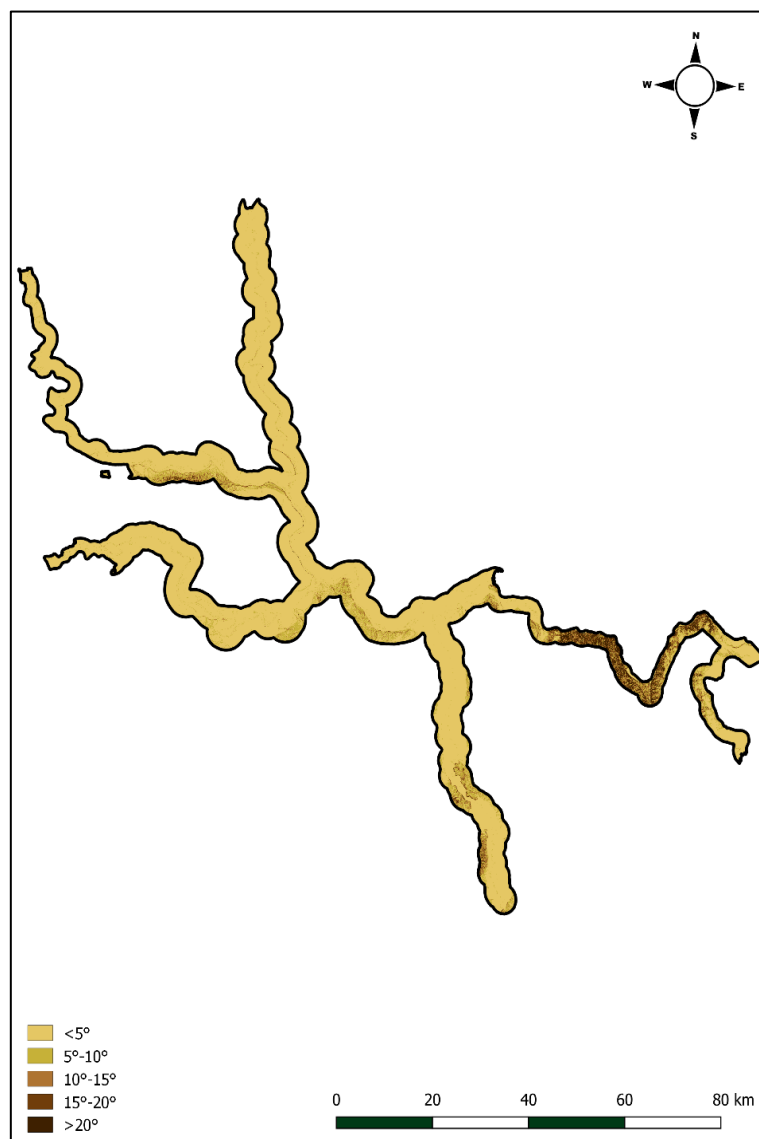
Надморска висина представља један од одлучујућих фактора при лоцирању нуклеарних електрана. Терени до 200 метара погодују за изградњу, док са порастом висине опада могућност прописне градње. Велике површине истраживаног подручја јесу адекватне локације јер су већински смештене у Војводини, мањи део територије смештен је у близини планина Шомрде и Мироча те су ти терени неповољни за изградњу нуклеарних електрана. Најнижа тачка подручја је ушће Тимока у Дунав (28 m). За израду хипсометријске карте коришћен је 25-метарски дигитални модел висина (DEM) Европске Комисије, објављен 2013 године.



Слика 5 – Хипсометријска карта

4.4. Нагиб терена

Нагиб терена представља значајан топографски параметар. Од нагиба терена зависи, како праћење хидролошких појава, тако и брзина отицања површинских вода, па и интензитет геоморфолошких процеса. Најпогоднији терени јесу они са нагибом од 0° до 5° и они заузимају поприличан део простора истраживања (више од 83%). Нешто виши нагиб, очекивано, јесте на простору око Фрушке Горе и делу око Дунава у Ђердапској клисури који је окружен планинама. Ту је нагиб терена преко 20° и не погодује изградњи било каквих објеката.



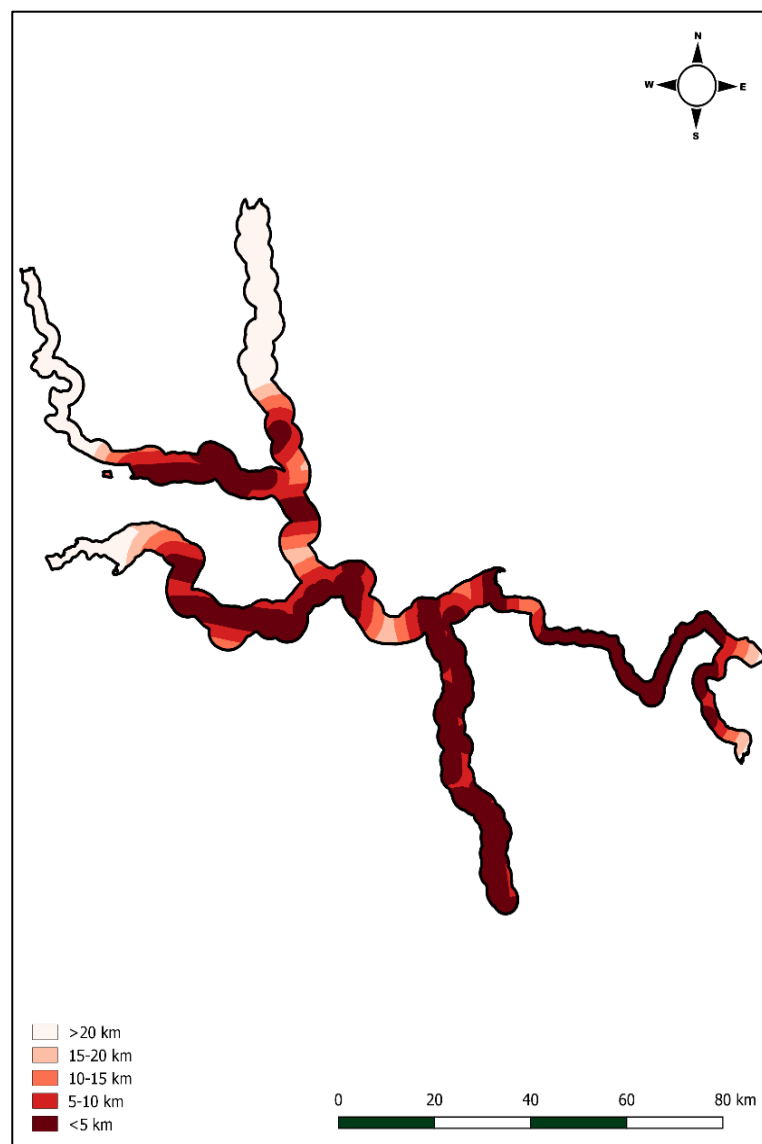
Слика 6 – Карта нагиба терена

Табела 4 – Нагиб терена, површина и удео у простору истраживања

Нагиб терена [°]	Површина [km ²]	Удео [%]
<5	7386.30	84.34
5-10	753.75	8.61
10-15	303.56	3.47
15-20	149.99	1.71
>20	163.85	1.87
Укупно	8757.45	100

4.5. Удаљеност од раседа и навлака

Раседи су основне структурне јединице у литосфери које настају помицањем делова стенске масе по пукотини која се назива параклазом или раседном површином. По параклази се делови стенске масе могу издизати, спуштати и уздужно помицати под утицајем вертикалних и хоризонталних притисака (Шестановић, 1997). Као такви, представљају врло неповољан део терена и треба водити рачуна да се одређени објекти, а нарочито нуклеарне електране не граде у њиховој непосредној близини. У простору истраживања раседа и навлака има у великом броју и имају укупну дужину од 311.09 km.



Слика 7 – Карта удаљености од раседа и навлака

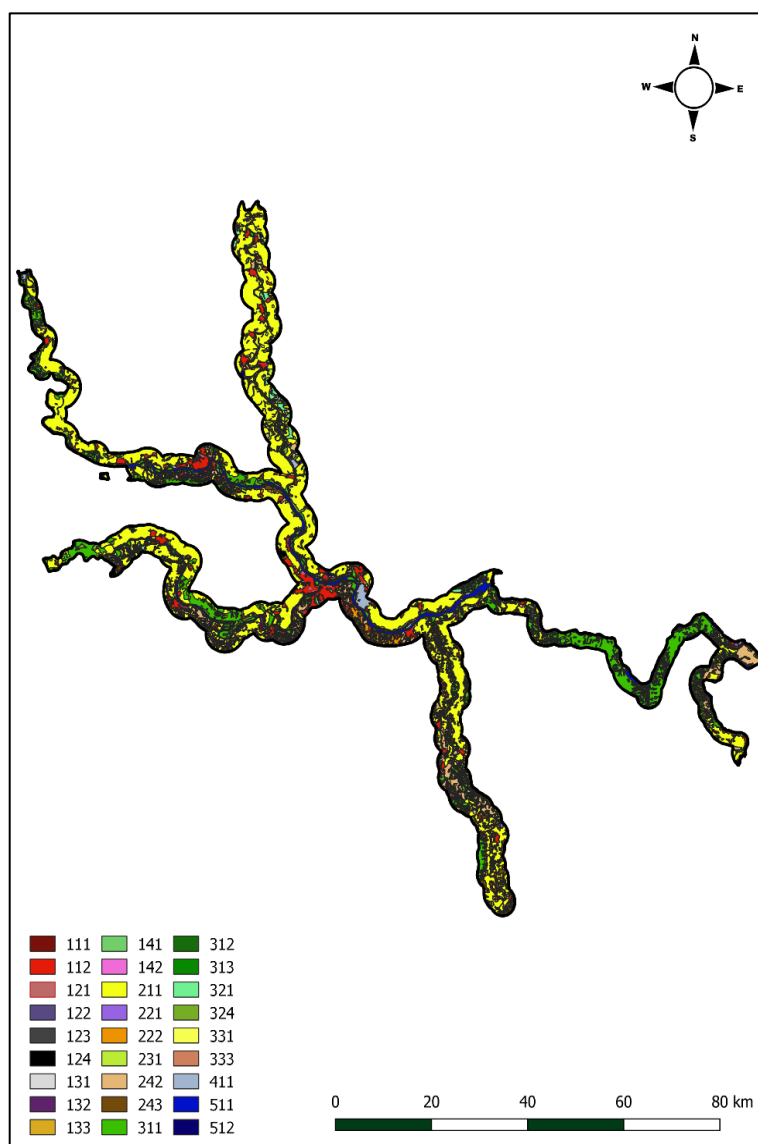
Анализирајући карту запажа се да су погодни делови за изградњу НЕ на крајњем северу и северозападу истраживаног подручја. Ове зоне заузимају простор од 1813.66 km². Значајно већи простор, са површином од 4209.29 km² је непогодан за изградњу.

Табела 5 – Удаљеност од раседа, површина и удео у простору истраживња

Удаљеност од раседа [m]	Површина [km ²]	Удео [%]
0-5000	4209.29	48.06
5000-10000	1556.78	17.78
10000-15000	746.15	8.52
15000-20000	431.62	4.93
>20000	1813.66	20.71
Укупно	8375.45	100

4.6. Начин коришћења земљишта и основни земљишни покривач

Начин коришћења земљишта на простору истраживања изразито је разноврстан. Разликује се чак 27 класа, а предео доминантно заузимају пољопривредне површине са уделом од 41.26%, док не изостају и листопадне шуме које покривају 1405 km² територије. Мање површине су под збијеним насељима (0.35 km²), лукама (2.08 km²), градилиштима (1.38 km²), плажама, песком и динама (1.16 km²). Најадекватније локације за изградњу нуклеарних електрана - површине са оскудном вегетацијом, такође, немају велико распрострањење, свега 1.24 km². За добијање карте коришћена је геопросторна база података о начину коришћења земљишта издата од стране Европске Агенције за заштиту животне средине.

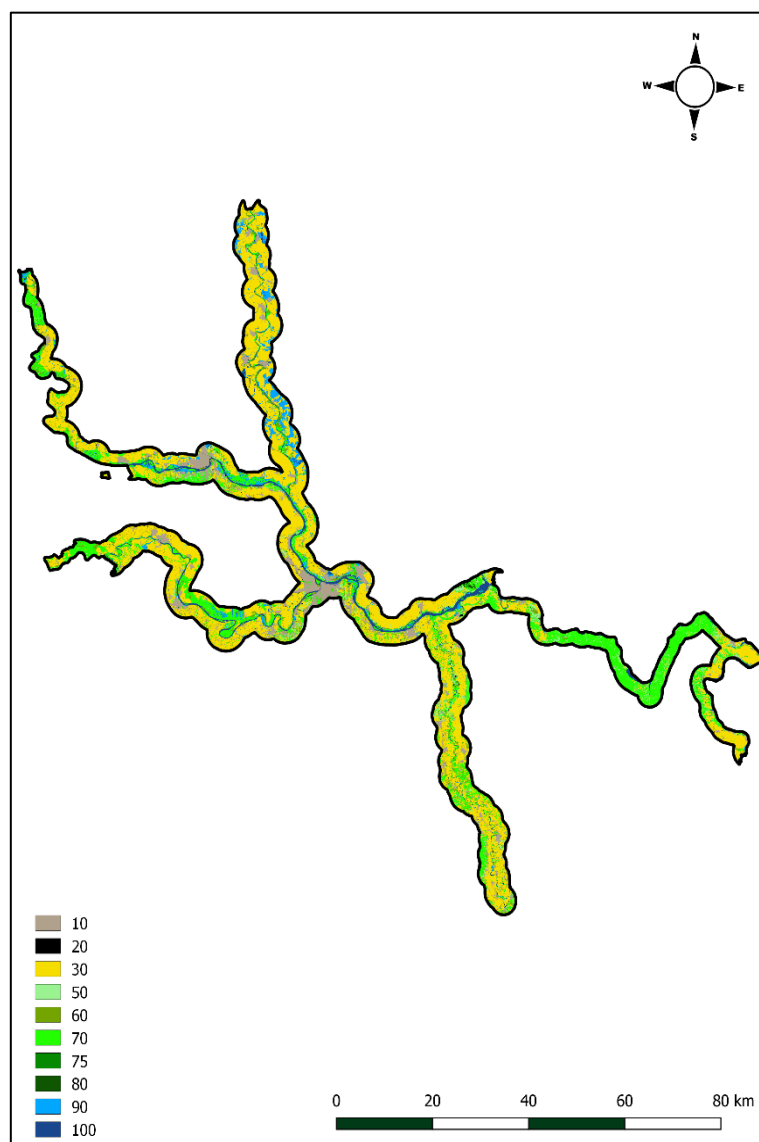


Слика 8 – Карта начина коришћења земљишта

Табела 6 – Коришћење земљишта, његова површина и удео у простору истраживања

Коришћење земљишта (код)	Коришћење земљишта (класе)	Површина [km ²]	Удео [%]
111	Насеља	0.35	0.004
112	Већа насеља	610.69	6.97
121	Индустријске и комерцијалне зоне	91.38	1.04
122	Објекти саобраћајне инфраструктуре	4.97	0.06
123	Луке	2.08	0.02
124	Аеродроми	8.15	0.09
131	Експлоатација минералних сировина	17.17	0.20
132	Депоније	10.00	0.11
133	Градилишта	1.38	0.02
141	Паркови	23.42	0.27
142	Спортски и рекреативни објекти	12.56	0.14
211	Пољопривредне површине	3613.54	41.26
221	Виногради	11.15	0.13
222	Воћњаци	79.57	0.91
231	Ливаде	135.92	1.55
242	Комплекс пољопривредних парцела	776.28	8.86
243	Пољопривредне површине са природном вегетацијом	637.08	7.27
311	Листопадне шуме	1405.00	16.04
312	Четинарске шуме	9.43	0.11
313	Мешовите шуме	13.31	0.15
321	Пашњаци	103.60	1.18
324	Дрвенасто-жбунаста вегетација	498.34	5.69
331	Плаже, песак и дине	1.16	0.01
333	Површине са оскудном вегетацијом	1.24	0.01
411	Мочваре	149.66	1.71
511	Веће реке	504.02	5.76
512	Водене површине	35.97	0.41
Укупно		8757.45	100

Дигитализацијом површина са портала ГеоСрбија израђена је карта основног земљишног покривача која прецизније показује начин коришћења земљишта у 10 класа. Значајан удео од 49.14% заузимају пољопривредне површине, док су листопадне шуме за њима по уделу са 20.76% покрића територије. Оголићена земљишта која би била најбоља за потенцијалну локацију нуклеарне електране имају мали удео према овој класи који износи само 0.29%. Значајно мале површине су и под мешовитим шумама (0.03 km²).



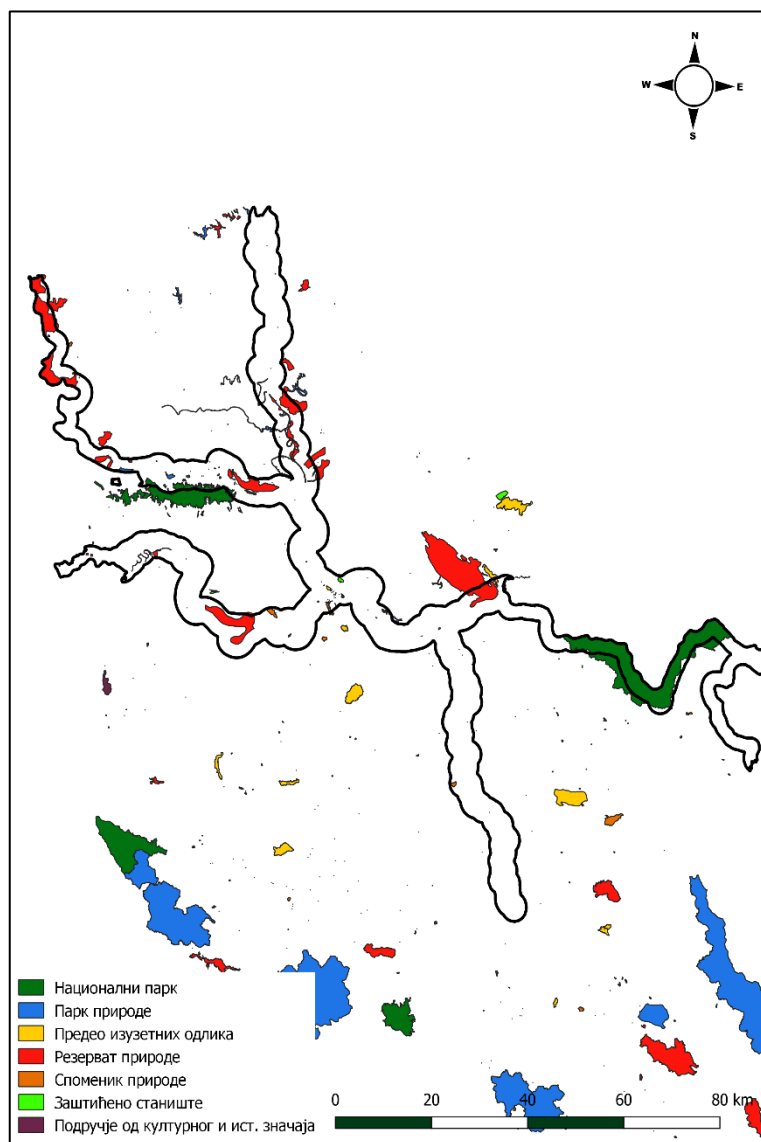
Слика 9 – Карта основног земљишног покривача

Табела 7 – Основни земљишни покривач, његова површина и удео у простору истраживања

ОЗП (код)	ОЗП (класе)	Површина [km ²]	Удео [%]
10	Вештачке површине	784.75	8.97
20	Гола земљишта	25.20	0.29
30	Пољопривредна земљишта	4300.59	49.14
50	Травнате површине	458.07	5.23
60	Жбуње	465.96	5.32
70	Листопадне шуме	1816.68	20.76
75	Мешовите шуме	0.03	0.0004
80	Зимзелене шуме	16.79	0.19
90	Влажна земљишта	379.01	4.33
100	Водене површине	510.67	5.77
Укупно		8757.45	100

4.7. Удаљеност од заштићених природних добара

Заштићена природна добра представљају елиминациони фактор при проналажењу потенцијалне локације за нуклеарне електране у конкретном простору истраживања. Заузимају укупну површину од 1099.42 km², што је 12.55% од укупног простора истраживања. Постојећа природна добра припадају свим категоријама, а највише је површина под националним парковима и парковима природе (1058.25 km²). При анализи узета су у разматрање и заштићена добра која се налазе ван територије простора истраживања јер би се утицај нуклеарних електрана итекако односио и на њих. Захваљујући заједничком пројекту UNEP-а и IUCN-а добијена је светска база заштићених добара (WDPA) која је и коришћена у раду.



Слика 10 – Карта заштићених природних добара

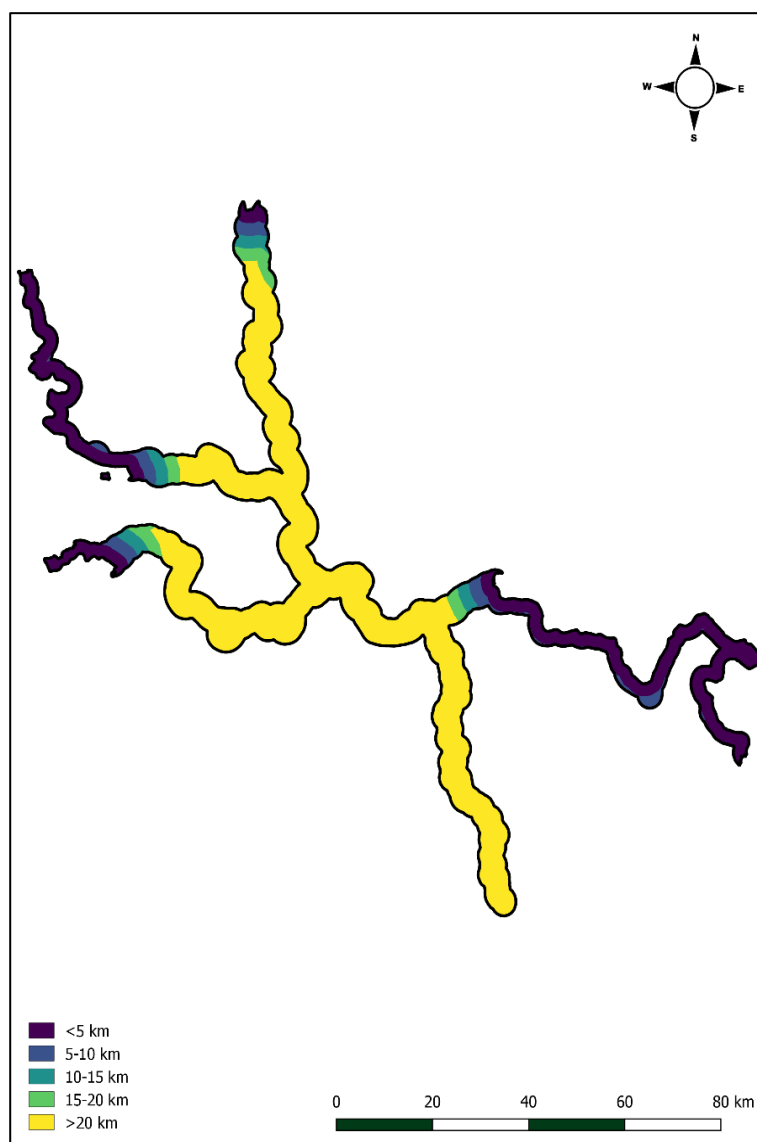
Табела 8 – Категорија заштићеног добра и њена површина

Категорија заштићеног добра	Површина [km ²]
Национални парк	570.97
Парк природе	15.70
Предео изузетних одлика	5.79
Резерват природе	487.28
Споменик природе	16.53
Заштићено станиште	3.15
Укупно	1099.42

4. Антропогени фактори

5.1. Удаљеност од државне границе

Близина нуклеарне електране државној граници представља један од најважнијих критеријума безбедности уколико дође до акцидента. Постоји неколико примера у свету непоштовања овог правила. Француска као држава са највише нуклеарних електрана изградила је једну НЕ на мање од 15 km од Луксембурга, а на удаљености мањој од 20 km од главног града Данске – Копенхагена, Шведска је изградила једно овакво постројење.



Слика 11 – Карта удаљености од државне границе

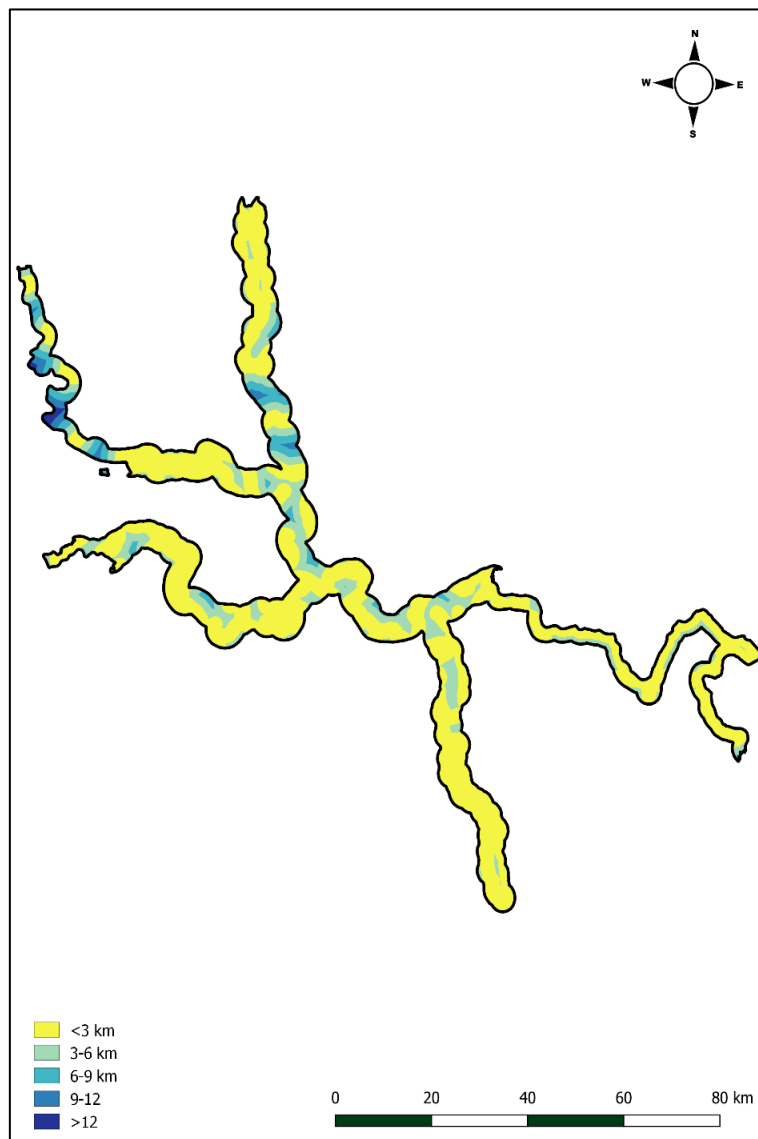
Како је Република Србија мала држава, нема великог значаја удаљеност од државне границе јер уколико би се десила нежељена ситуација, утицај би се проширио на околне земље, попут акцидента у Чернобиљу 1986. године. Тада се утицај осетио и на Балканском полуострву. На карти удаљености од државне границе зоне утицаја су на 5 километара, где су површине са удаљеношћу преко 20 километара најзаступљеније са уделом од 63.66%. Велики део простора је неповољан за градњу НЕ (2120.43 km²) јер се налази на мање од 5 километара од државне границе.

Табела 9 – Удаљеност од државне границе, њена површина и удео у простору истраживања

Удаљеност од државне границе [km]	Површина [km ²]	Удео [%]
<5	2120.43	24.21
5-10	471.71	5.39
10-15	273.08	3.12
15-20	317.22	3.62
>20	5573.42	63.66
Укупно	8757.45	100

5.2. Удаљеност од државних саобраћајница и железничких пруга

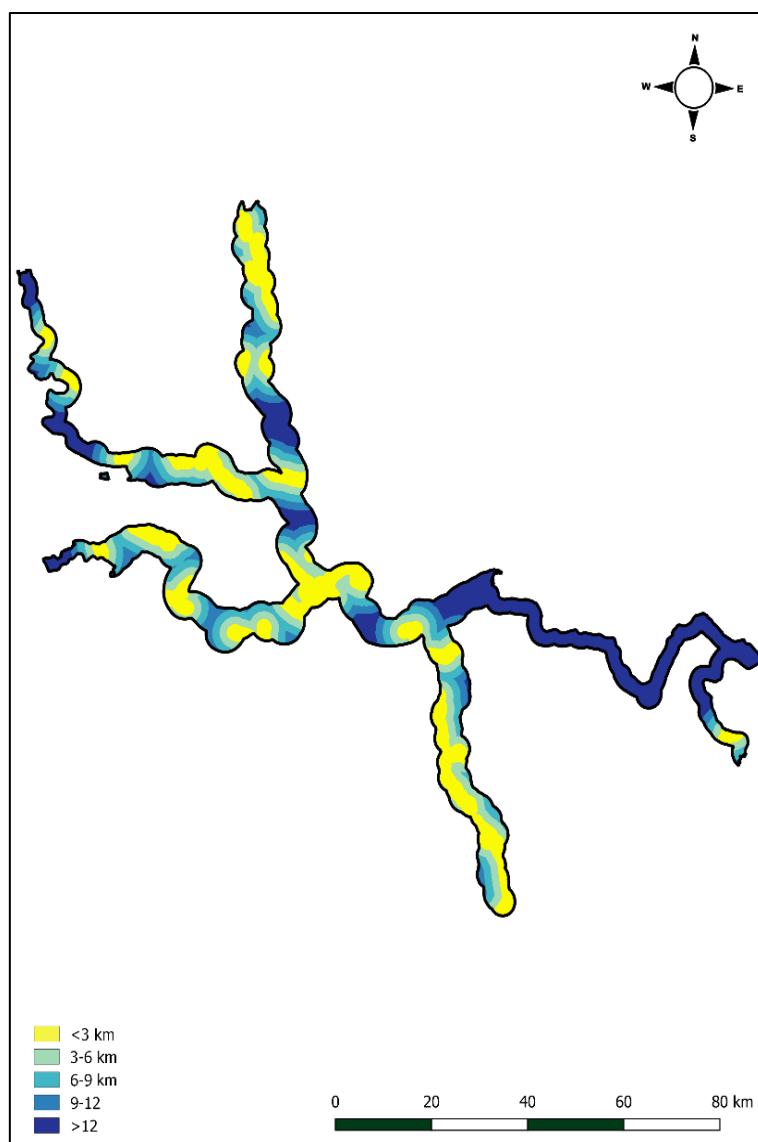
Приступ главним државним саобраћајницама и железничким пругама незаобилазан је фактор при лоцирању нуклеарне електране због лакшег приступа самој електрани, али и транспорта радиоактивног отпада до места одлагања. Због потенцијалних мањих или већих несрећа током транспорта овог опасног отпада неопходне су адекватне мере и појачана заштита на таквим саобраћајницама (Eluyemi et al., 2019) Анализом карте, закључује се да је саобраћајна инфраструктура на задовољавајућем нивоу јер су површине на мање од 3 километра на територији простора истраживања најзаступљеније са уделом од 72.03%.



Слика 12 – Карта удаљености од државних саобраћајница

Табела 10 – Удаљеност од државних саобраћајница, њихова површина и удео у простору истраживања

Удаљеност од државних саобраћајница [km]	Површина [km ²]	Удео [%]
<3	6308.14	72.03
3-6	1798.68	20.54
6-9	474.81	5.42
9-12	137.53	1.57
>12	38.34	0.44
Укупно	8757.45	100



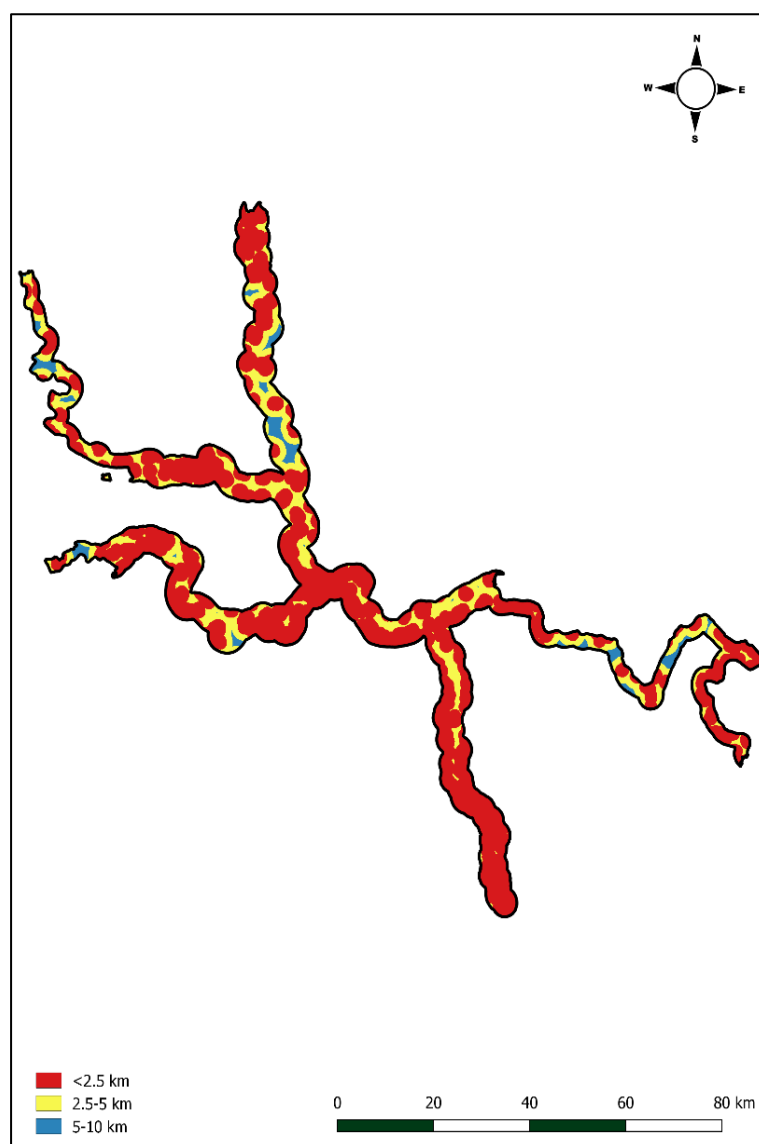
Слика 13 – Карта удаљености од железничких пруга

Табела 11 – Удаљеност од железничких пруга, њихова површина и удео у простору истраживања

Удаљеност од железничких пруга [km]	Површина [km ²]	Удео [%]
<3	2490.57	28.44
3-6	1873.55	21.39
6-9	1459.64	16.67
9-12	821.78	9.38
>12	2111.93	24.12
Укупно	8757.45	100

5.3. Удаљеност од насеља

Нуклеарне електране као антропогена творевина имају највећи негативан утицај, уколико дође до акцидентне ситуације, управо на оно биће које уништава и загађује највише природу – човека. Нажалост, ни остали живи свет и животна средина нису поштеђени тог утицаја. Услед излагања прекомерној радиоактивности јављају се разне варијације у генима живих бића, а животна средина остаје контаминирана скоро заувек. Из тих разлога, удаљеност од насеља јесте битан фактор при одређивању локације НЕ. Површине на којима је непожељно градити нуклеарне електране простиру се највећим делом простора истраживања (6406.25 km^2), док су оне на којима би била могућа изградња површине 356.50 km^2 .



Слика 14 – Карта удаљености од насеља

Табела 12 – Удаљеност од насеља, њихова површина и удео у простору истраживања

Удаљеност од насеља [km]	Површина [km ²]	Удео [%]
<2.5	6406.25	73.15
2.5-5	1994.73	22.78
5-10	356.50	4.07
Укупно	8757.45	100

6. Оцена терена за изградњу нуклеарних електрана

Аналитичко-хијерархијски процес (АХП) је метод за подршку у процесу доношења одлука који се заснива на формирању хијерархије проблема и оригиналној процедури за вредновање елемената по нивоима хијерархије док се у коначној синтези не утврди тежина свих елемената на најнижем/највишем нивоу.

За добијање потенцијалних површина за изградњу нуклеарних електрана у простору истраживања вршено је поређење критеријума у 3 групе, а затим и коначно поређење резултата добијених из сваке од 3 групе посебно. Критеријуми из табела постављени су у међусобни однос, да би се затим добиле матрице како би се даље наставило ка добијању тежинског коефицијента за сваки критеријум.

Табела 13 – Додељивање вредности и поређење између параметара прве групе

	Геологија	Сеизмизам	Нагиб	Раседи
Геологија	1	0.5	2	1.5
Сеизмизам	2	1	2.5	2.5
Нагиб	0.5	0.4	1	1
Раседи	0.667	0.4	1	1

Табела 14 - Додељивање вредности и поређење између параметара друге групе

	Насеља	Саобраћајнице	Пруге	Граница
Насеља	1	2.5	4	5
Саобраћајнице	0.4	1	2.5	3
Пруге	0.25	0.4	1	2
Граница	0.2	0.333	0.5	1

Табела 15 - Додељивање вредности и поређење између параметара треће групе

	CORINE	ОЗП	ЗПД
CORINE	1	1	1.5
ОЗП	1	1	1.5
ЗПД	0.667	0.667	1

Табела 16 - Додељивање вредности групама и поређење параметара

	Група 1	Група 2	Група 3
Група 1	1	3	4
Група 2	0.333	1	2
Група 3	0.25	0.5	1

Математичком операцијом квадрирања матрице добија се нова, код које се сумирањем вредности за сваки ред матрице (критеријум) и дељењем сваке суме реда са укупним збиром добија коефицијент, односно значај за сваки критеријум.

Табела 17 – Матрица прве групе параметара

	Геологија	Сеизмизам	Нагиб	Раседи		
Геологија	4	2.4	6.75	6.25	19.4	0.253562
Сеизмизам	6.925	4	11.5	10.5	32.925	0.430336
Нагиб	2.47	1.45	4	3.75	11.67	0.152529
Раседи	2.64	1.535	4.34	4	12.515	0.163573
					76.51	1

Табела 18 – Матрица друге групе параметара

	Насеља	Саобраћајнице	Пруге	Граница		
Насеља	4	8.265	16.75	25.5	54.515	0.524699
Саобраћајнице	2.025	4	8.1	13	27.125	0.261074
Пруге	1.06	2.091	4	6.45	13.601	0.130908
Граница	0.6582	1.366	2.6325	4	8.6567	0.083319
					103.8977	1

Табела 19 – Матрица треће групе параметара

	CORINE	ОЗП	ЗПД		
CORINE	3	3	4.5	10.5	0.375
ОЗП	3	3	4.5	10.5	0.375
ЗПД	2	2	3	7	0.25
				28	1

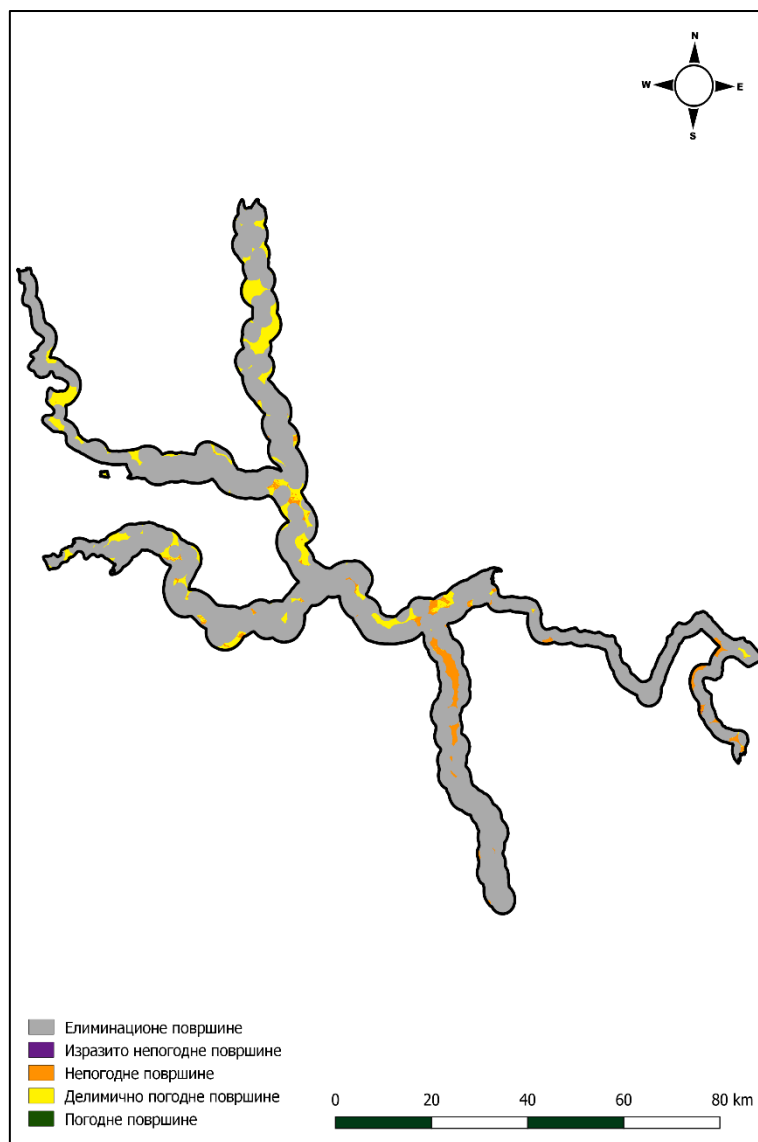
Табела 20 – Матрица све три групе

	Група 1	Група 2	Група 3		
Група 1	3	8	14	25	0.626305
Група 2	1.16667	3	5.3333	9.49997	0.237995
Група 3	0.66667	1.75	3	5.41667	0.1357
				39.91664	1

Коначни коефицијент сваког параметра добијен је множењем тежинског коефицијента унутар групе којој припада и тежинског коефицијента групе када се поредила са осталим групама. Даље, помоћу ГИС-а, множењем сваког параметара са својим коначним коефицијентима и међусобним сабирањем параметара добијена је финална карта

Табела 21 – Коначни коефицијенти сваког параметра

Геологија	0.158807	Насеља	0.124876	CORINE	0.050887
Сеизмизам	0.269522	Саобраћајнице	0.062134	ОЗП	0.050887
Нагиб	0.09553	Пруге	0.031155	ЗПД	0.033925
Раседи	0.102447	Граница	0.01983		



Слика 15 – Карта погодних локација за изградњу нуклеарних електрана у простору истраживања

Резултат АХП-а јесте карта погодних локација за изградњу нуклеарних електрана у простору истраживања (слика 15). Класификоване вредности су: елиминационе површине, изразито непогодне, непогодне, делимично погодне и погодне површине.

Елиминационе површине подразумевају сва заштићена природна добра која се налазе у самом простору или у близини простора истраживања, као и удаљеност од насеља јер је немогуће са више аспеката изградити нуклеарну електрану на таквим површинама. Најидеалније површине не налазе се ни неколико километара уз саму границу, али уколико две државе направе сарадњу о заједничком коришћењу енергије (попут Хрватске и Словеније), није немогуће пронаћи адекватну локацију.

Табела 22 – Класификоване вредности, њихове површине и удео у истраживаном простору

Класификоване вредности	Површина [km ²]	Удео [%]
Елиминационе површине	7459.86	88.15
Изразито непогодне површине	0.75	0.01
Непогодне површине	266.88	3.15
Делимично погодне површине	734.74	8.68
Погодне површине	0.01	0.0002

Коришћењем аналитичко-хијерархијског процеса добијена је карта потенцијалних локација за изградњу нуклеарних електрана, где је 88.15% простора истраживања елиминисано, 0.01% су изузетно непогодне површине за изградњу, 3.15% су непогодне површине, 8.68% делимично погодне, а само 0.002% погодне површине за изградњу, што је наравно недовољно за било коју врсту изградње.

Са карте се закључује да су у селу Мартонош, које припада општини Кањижа погодне и делимично погодне површине за изградњу нуклеарних електрана. Интересантан је и податак да се у зони од 5 километара од реке Велике Мораве, само у насељима Мала Крсна, Скобаљ и Осипаоница (које припадају општини Смедерево) и у Пожаревцу налазе делимично погодне локације за изградњу нуклеарних постројења. Општина Неготин, са насељима Михајловац, Јабуковац и Мала Крсна има изразито непогодне површине за потенцијалне локације НЕ.

На површинама око Дунава, делимично погодне површине су у општинама Апатин, Озаци, Бач, Бачка Паланка, Шид, Нови Сад, Палилула, Панчево, Ковин, Велико Градиште и Кладово. Река Сава у својој зони, такође, у одређеним општинама има делимично погодне површине. Сремска Митровица се посебно истиче јер нуди највише таквих површина.

7. Закључак

Географски информациони системи омогућавају корисницима да визуализују, истражују, анализирају и интерпретирају велику већину података како би се дошло до бољег разумевања проблема (Damoom et al.). Анализом природних и антропогених фактора и коришћењем ГИС технологије добијени су релевантни резултати потенцијалних локација за изградњу нуклеарних електрана на простору површине 8757.45 km², што је око 10% читаве територије Републике Србије.

Доношење одлуке о изградњи нуклеарне електране није ни мало лак нити наиван задатак јер поред сагледавања свих природних и антропогених фактора држава треба да има стабилан систем и утврђене законе како би се рад НЕ одвијао несметано и како би се у свакој непогодној ситуацији одреаговало на правилан начин.

Србија као недовољно развијена земља далеко је од идеје, а тек реализације било каквог пројекта који би узео у обзир могућност примене овакве врсте енергије. Наравно, прва препрека реализације јесте мораторијум који је наступио након хаварије у Чернобиљу. Свака нуклеарна електрана после одређеног времена и уз различите технолошке процесе доводи до стварања великих количина радиоактивног, опасног отпада чије збрињавање подлеже посебним критеријумима.

Без обзира на јасно сазнање о великим енергетским потребама, било која енергетска политика мора бити заснована на најпоузданијим научно-техничким чињеницама које нам стоје на располагању. Једна непожељна последица нуклеарне фисије је накупљање фисионих продуката у нуклеарним горивним елементима. Дакле, свака нуклеарна електрана за неко време рада створи врло велику количину радиоактивних елемената. На овај начин, конструише се радијациона опасност огромне потенцијалне моћи у случају да у току нуклеарног акцидента радиоактивни елементи доспеју у околину. Последице јесу забрињавајуће и односе се на свеукупан живи свет, али нуклеарне електране и даље представљају један од најчистијих начина добијања енергије.