

Tiekėjas



Subtiekėjas:



**IAE BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS
REKONSTRAVIMO IR PERTVARKYMO Į ATLIEKYNĄ
PROJEKTAVIMO DOKUMENTŲ PARENGIMO PASLAUGOS
SUTARTIS Nr. Pst-136 (13.67), 2018-07-23**

**ATLIEKYNO AIKŠTELĖS VERTINIMO ATASKAITA
Nr. S/19/670**

Versija 2

UAB „Svertas Group“ direktorius
Aleksej Vetlugin



Visaginas, 2019



LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS

Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas
Tel. (8 37) 351403 • Faksas (8 37) 351271



S/14-1889.19.23/SER/R:2

BRANDUOLINĖS INŽINERIJOS PROBLEMŲ LABORATORIJA

**IAE BITUMUOTŲ RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ SAUGYKLOS
REKONSTRAVIMO IR PERTVARKYMO Į ATLIEKYNĄ POVEIKIO
APLINKAI IR SAUGOS VERTINIMAS**

ATLIEKYNO AIKŠTELĖS VERTINIMO ATASKAITA

2 versija

Habil. dr. P. Poškas

2019 m. gruodžio 20 d.

<i>Ataskaitos pavadinimas:</i> Atliekyno aikštelės vertinimo ataskaita		<i>Išleidimo data:</i> 2019-12-20
<i>Etapas ir pavadinimas:</i> 2 versija		
<i>Autoriai:</i> R. Kilda; A. Sirvydas; P. Poškas; E. Narkūnas; A. Šimonis; A. Narkūnienė; G. Poškas; D. Justinavičius; A. Šmaižys; J. Jankauskas; R. Poškas; R. Zujus; V. Ragaišis; K. Račkaitis; V. Šimonis	<i>Vadovas:</i> Habil. dr. P. Poškas 	<i>Psl. sk./Priedų psl. sk.:</i> 96 / 0
<i>Užsakovas:</i> UAB „Svertas Group“	<i>Sutarties data:</i> 2019-02-01	<i>Ataskaitos identifikatorius:</i> S/14-1889.19.23/SER/R:2
<i>Sutarties pavadinimas:</i> IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną poveikio aplinkai ir saugos vertinimas		<i>Sutarties Nr.:</i> S/14-1889.19.23
<i>Anotacija:</i> Ataskaitoje pateikta aikštelės, kurioje planuojamas esamą Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną, saugos analizė ir pagrindimas. Ataskaitoje yra pateiktas aikštelės charakteristikų, aplinkos sąlygų aprašymas bei jų vertinimas. Ataskaitoje identifiukuoti galimi aplinkos pokyčiai, apimantys gamtinius procesus ir žmogaus veiklą, galintys daryti įtaką planuojamo atliekyno saugai, bei veiksniai, sąlygojantys poveikį aplinkai ir žmogui radiacinės saugos požiūriu. Pateiktas poveikio gyventojams įvertinimas ilgalaikėje perspektyvoje. Analizės pabaigoje pateikti rezultatų apibendrinimai ir išvados, pagrindžiančios aikštelės tinkamumą saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną, bei preliminarūs radioaktyviųjų atliekų priėmimo radiologiniai kriterijai.		
<i>Reikšminiai žodžiai:</i> Radioaktyviosios atliekos, bitumuotų RA saugykla, RA atliekynas, aikštelės charakteristikos, išoriniai gamtiniai procesai, žmogaus veikla, radionuklidų sklaida, radiacinė sauga, atliekyno saugos vertinimas, atliekų priėmimo kriterijai.		
<i>Ataskaita perduota:</i> UAB „Svertas Group“, Branduolinės inžinerijos problemų laboratorijos saugyklai	<i>Saugojimo vieta ir bylos Nr.:</i> \\Server\Biblioteka\Sutartiniai_darbai\ B20_(Bitumuotu RAS pavertimas i atliekyna)\Ataskaitos\01 Aikštelės vertinimo\LT\ B20_SER_Rev2_Lt_2019-12-20.pdf	
Branduolinės inžinerijos problemų laboratorija Lietuvos energetikos institutas Breslaujos g. 3 LT-44403, Kaunas	Telefonas: 8 37 401891 Faksas: 8 37 351271 E-paštas: Povilas.Poskas@lei.lt WWW: http://www.lei.lt	

Patikrinta:

Branduolinės inžinerijos problemų
laboratorijos vadovas

P. Poškas



Patvirtinta:

Lietuvos energetikos instituto
direktorius

S. Rimkevičius



Versija	Išleidimo data	Pastaba
1	2019 m. gruodžio mėn. 6 d.	Užsakovo peržiūrai
2	2019 m. gruodžio mėn. 20 d.	VATESI peržiūrai

TURINYS

1. ĮVADAS	9
2. AIKŠTELĖS APRAŠYMAS	9
3. AIKŠTELĖS CHARAKTERISTIKOS	11
3.1 Geologinės sandaros ypatybės	11
3.2 Seismologija ir tektonika.....	12
3.3 Hidrologija ir hidrogeologija	15
3.4 Geocheminės ir hidrocheminės sąlygos.....	30
3.5 Aikštelės meteorologinės ir klimatinės sąlygos	31
4. REGIONO DEMOGRAFINIAI DUOMENYS IR SOCIALINĖ EKONOMINĖ APLINKA..	40
5. VEIKSNIAI, GALINTYS TURĖTI ĮTAKOS ATLIEKYNO SAUGAI	43
5.1 Ūkinė veikla aplinkoje.....	43
5.2 Antžeminis ir oro transportas	45
6. PROGNOZUOJAMI APLINKOS POKYČIAI	49
6.1 Paviršiaus gamtiniai procesai	49
6.2 Žmogaus veiklos įtaka	50
7. VEIKSNIAI, SĄLYGOJANTYS POVEIKĮ APLINKAI IR ŽMOGUI RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU	51
7.1 Šalinamų radioaktyviųjų atliekų savybės.....	51
7.2 Atliekyno aprašymas	61
8. IŠORINIŲ GAMTINIŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS	70
8.1 Žemės drebėjimas.....	70
8.2 Ekstremalūs krituliai.....	71
9. ŽMOGAUS VEIKLOS SUKELTŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS	72
9.1 Lėktuvo sudužimas.....	73

9.2	Gaisras	73
9.3	Drenažo sistemos gedimas (patvinimas)	74
10.	POVEIKIO GYVENTOJAMS VERTINIMAS	75
10.1	Išmetamų radionuklidų sudėtis ir aktyvumai	75
10.2	Radionuklidų sklaidos įvertinimas	77
10.3	Radiologinio poveikio gyventojams įvertinimas	85
11.	KITI AIKŠTELĖS SAUGOS ĮVERTINIMO ASPEKTAI	88
11.1	Galimybė taikyti reikiamas fizinės saugos priemones	88
11.2	Galimybė taikyti reikiamas avarinės parengties priemones	90
12.	AIKŠTELĖS SAUGOS ANALIZĖS IR PAGRINDIMO REZULTATAI IR IŠVADOS	92
13.	PRELIMINARŪS RADIOAKTYVIŪJŲ ATLIEKŲ PRIĖMIMO KRITERIJAI	93
14.	NUORODOS	94

SANTRUMPOS

AE	Atominė elektrinė
APK	Atliekų priėmimo kriterijai
APO	Avarinės parengties organizacija
APP	Avarinės parengties planas
IAE	Ignalinos atominė elektrinė
IGG	Inžineriniai geologiniai-geotechniniai (tyrimai)
LGT	Lietuvos geologijos tarnyba
LR	Lietuvos Respublika
RA	Radioaktyviosios atliekos
SAZ	Sanitarinės apsaugos zona
TATENA	Tarptautinė atominės energijos agentūra
VATESI	Valstybinė atominės energetikos saugos inspekcija
VĮ	Valstybės įmonė

Paveikslų sąrašas:

PAV. 2.1 158 STATINIO VIETA IGNALINOS AE TERITORIJOJE	10
PAV. 2.2 158 STATINIO VIETA IGNALINOS AE PRAMONINĖJE AIKŠTELĖJE [13]	10
PAV. 3.1. IGNALINOS AE REGIONO KRISTALINIO PAMATO PAVIRŠIAUS STRUKTŪRINĖ SCHEMA [2]:..	13
PAV. 3.2. BALTIJOS KRAŠTŲ SEISMINGUMAS:	14
PAV. 3.3. DRŪKŠIŲ EŽERO HIDROGRAFINIO TINKLO SCHEMA [2].....	16
PAV. 3.4. HIDROGEOLOGINIŲ PJŪVIŲ (AB IR CD) LINIJOS (RAUDONU STAČIAKAMPIU PAŽYMĖTAS PLOTAS, IŠ KURIO SURINKTI GRĘŽINIŲ DUOMENYS, PATALPINTI LGT DUOMENŲ BAZĖJE) [4]... 18	
PAV. 3.5. HIDROGEOLOGINIS PJŪVIS (MĖLYNAI PAŽYMĖTA VANDENINGI SLUOKSNIAI; RUDAI – VANDENSPAROS) PAGAL AB LINIJĄ (ŽR. PAV. 3.4): 1 – TECHNOGENINIS GRUNTAS; 2 – PELKIŲ NUOGULOS; 3 – ĮVAIRUS SMĖLIS; 4 – MOLIS; 5 – PRIEMOLIS IR PRIEMOLIS; 6 – GRĘŽINIO NUMERIS IR FILTRO INTERVALAS; 7 – POŽEMINIO VANDENS LYGIS [4]	21
PAV. 3.6. HIDROGEOLOGINIS PJŪVIS (MĖLYNAI PAŽYMĖTA VANDENINGI SLUOKSNIAI; RUDAI - VANDENSPAROS) PAGAL CD LINIJĄ (ŽR. PAV. 3.4): 1 – TECHNOGENINIS GRUNTAS; 2 – PELKIŲ NUOGULOS; 3 – ĮVAIRUS SMĖLIS; 4 – MOLIS; 5 – PRIEMOLIS IR PRIEMOLIS; 6 – GRĘŽINIO NUMERIS IR FILTRO INTERVALAS; 7 – POŽEMINIO VANDENS LYGIS. [4]	22
PAV. 3.7. INŽINERINIŲ-GEOLOGINIŲ PJŪVIŲ LINIJOS [4]	23
PAV. 3.8. INŽINERINIAI-GEOLOGINIAI PJŪVIAI I-I, II-II, III-III IR IV-IV, SUDARYTI IŠ DUOMENŲ, GAUTŲ IGG TYRIMŲ METU [4]	27
PAV. 3.9. APIBENDRINTA METINIO VANDENS BALANSO SCHEMA:	29
PAV. 3.10. VEIKIANTYS ARTEZINIAI GRĘŽINIAI (PAŽYMĖTI MĖLYNAIS SKRITULĖLIAIS) [2]	30
PAV. 3.11. IAE REGIONE VYRAUJANČIOS VĖJŲ KRYPTYS (VĖJO KRYPTIS – NUO IAE) [2, 5, 6].....	38
PAV. 4.1. GYVENTOJŲ PASISKIRSTYMAS 5, 10, 15, 20, 25 IR 30 KM ZONOSE [2].....	42
PAV. 5.1. GYVENAMŪJŲ IR KOMERCINIŲ OBJEKTŲ PANORAMA [2]:.....	44
PAV. 5.2. KELIŲ IR GELEŽINKELIŲ TINKLAS [2]	46
PAV. 5.3. LIETUVOS RESPUBLIKOS ORO LINIJOS [2].....	47
PAV. 5.4. LIETUVOS ORO UOSTAI, DRAUDŽIAMOS, APRIBOTOS IR PAVOJINGOS ZONOS [2].....	48
7.1 PAV. STATINIO 158 – BITUMUOTŲ RA SAUGYKLOS PERTVARKYMAS Į ATLIEKYNĄ. STATINIO 158 BENDRAS VAIZDAS DEMONTAVUS 2-OJO AUKŠTO PATALPAS (SUPAPRASTINTA SCHEMA) [13].62	
7.2 PAV. BITUMUOTŲ RA SAUGYKLOS (STATINIO 158) PERTVARKYMAS Į ATLIEKYNĄ. RAUDONA LINIJA PAŽYMĖTA 36 M PLOČIO ZONA APLINK STATINĮ, KURIAJĄ UŽIMS INŽINIERINIS BARJERAS ŠLAITO NUOLYDŽIUI ESANT 3:1 [13].....	62
7.3 PAV. SAUGYKLOS (STATINYS 158) REKONSTRUKCIJA Į ATLIEKYNĄ: 5,8 M STORIO INŽINERINĮ BARJERĄ LAIKANČIOSIOS METALINĖS KONSTRUKCIJOS A) –BENDRAS VAIZDAS, B) – SKERSPJŪVIS [13].....	65
7.4 PAV. SAUGYKLOS (STATINYS 158) PERTVARKYTOS Į ATLIEKYNĄ, 5,8 M STORIO INŽINERINIO BARJERO SANDARA (PJŪVIAI): 1 – DRENAŽO SLUOKSNIS (0,2 M SMĖLIO); 2 – IZOLIACINIS MOLIO SLUOKSNIS (1,5-2,4 M); 3 – DRENAŽO SLUOKSNIS (0,3 M ŽVYRINGO SMĖLIO); 4 – APSAUGINIS MOLIO SLUOKSNIS (0,7 M); 5-7 – DRENAŽO SLUOKSNIAI (0,6 M SMĖLIO, 0,6 M ŽVYRO IR 0,8 M SKALDOS); 8 – 0,2 M STORIO AUGALINIS SLUOKSNIS [13]	66
10.1 PAV. KONCEPTUALUS AIKŠTELĖS GEOLOGIJOS MODELIS, NAUDOTAS ANALIZĖJE:	80
10.2 PAV. RADIONUKLIDŲ PERNAŠOS (DIFUNDAVIMO) IŠ BITUMO KOMPAUNDO PER 158 STATINIO IŠORINES GELŽBETONINES KONSTRUKCIJAS (SIENAS IR DUGNO PLOKŠTĘ) KONCEPTUALUS MODELIS: 1 – VANDENS SRAUTAS; 2 – 158 STATINIO GELŽBETONINĖS KONSTRUKCIJOS; 3 – INERTINĖS MEDŽIAGOS SLUOKSNIS; 4 – BITUMUOTOS RA (BITUMO MATRICA); 5 – SUSIFORMAVUSIOS POROS	82
10.3 PAV. RADIONUKLIDŲ PERNAŠOS (IŠPLOVIMO) IŠ SMĖLIO-ŽVYRO RADIOAKTYVIŲJŲ ATLIEKŲ PER 158 STATINIO DUGNO PLOKŠTĘ KONCEPTUALUS MODELIS: 1 – VANDENS SRAUTAS; 2 – 158 STATINIO GELŽBETONINĖS KONSTRUKCIJOS; 3 – SMĖLIO-ŽVYRO RADIOAKTYVIOSIOS ATLIEKOS; 4 – DIFUZINIS-ADVEKCINIS SRAUTAS	83

Lentelių sąrašas:

LENT 3.1. PAGRINDINĖS DRŪKŠIŲ EŽERO CHARAKTERISTIKOS	16
LENT. 3.2. IEA REGIONO VIDUTINĖS MĖNESINĖS IR METINĖS TEMPERATŪROS, °C [4, 5]	32
LENT. 3.3. VIDUTINIS MĖNESINIS IR METINIS KRITULIŲ KIEKIS, MM, IAE REGIONE [4, 5].....	34
LENT 3.4. VIDUTINĖS IR MAKSIMALIOS VĖJO GREIČIO REIKŠMĖS, M/S, IAE REGIONE [2, 4, 5]	35
LENT. 3.5. PAGRINDINIAI LIETUVOS KLIMATO PARAMETRAI [2].....	40

LENT. 4.1. GYVENTOJŲ PASISKIRSTYMAS (TŪKSTANČIAI) IAE REGIONE 30 KM ZONOJE (2007 M.) [2]..	41
LENT. 4.2. PAGRINDINIAI DEMOGRAFINIAI IAE REGIONO RODIKLIAI 2018 METAIS	43
LENT. 5.1. ĮMONĖS IR ORGANIZACIJOS, ĮSTEIGTOS VISAGINE.....	43
LENT. 5.2. DARBINGI GYVENTOJAI IR PENSININKAI IAE REGIONE [2]	44
LENT. 7.1. GRYNO (NEUŽTERŠTO) BITUMO FIZINĖS SAVYBĖS [25, 26, 27].....	52
LENT. 7.2. BITUMUOTŲ RA FIZINĖS SAVYBĖS [24].....	53
LENT. 7.3. KANJONŲ UŽPILDYMO EIGA IR ATLIEKŲ KIEKIAI [14].....	57
LENT. 7.4. DEKLARUOJAMŲ RADIONUKLIDŲ AKTYVUMAI UŽPILDYTUOSE 158 STATINIO KANJONUOSE, ĮVERTINTI 2015 M. GRUODŽIO 31 D. [14]	58
LENT. 7.5. 2018-01-01 DATAI NUSTATYTAS NUKLIDINIS VEKTORIUS A1 BLOKO SMĖLIO UŽPILDUI [12]	60
7.6 LENT. PLANUOJAMO ATLIEKYNO SLUOKSNIŲ PARAMETRAI, VERTINTI RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS ANALIZĖJE [13]	67
8.1 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUNA REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS, VARTODAMAS GRĘŽINIO VANDENĮ, VERTĖS ŽEMĖS DREBĖJIMO ATVEJU	71
8.2 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS VARTODAMAS GRĘŽINIO VANDENĮ, VERTĖS VANDENS INFILTRACIJOS PER AERACIJOS ZONĄ SUIINTENSYVĖJIMO (MAKSIMALIŲ KRITULIŲ) ATVEJU	72
9.1 LENT. LĖKTUVO KRITIMO ANT PLANUOJAMO ATLIEKYNO TIKIMYBĖS	73
9.2 LENT. APŠVITOS DOZĖS, KURIAS GAUTŲ REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS VARTODAMAS EŽERO VANDENĮ, VERTĖS POTVYNIO ATVEJU	74
10.1 LENT. BITUMUOTŲ ATLIEKŲ AKTYVUMAI PLANUOJAMAME ATLIEKYNE [13].....	75
10.2 LENT. SMĖLIO-ŽVYRO ATLIEKŲ AKTYVUMAI PRIIMTI RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS IŠ PLANUOJAMO ATLIEKYNO ANALIZEI [13]	76
10.3 LENT. VERTINTŲ RADIONUKLIDŲ FIZINIAI IR CHEMINIAI PARAMETRAI (IŠSAMIAU ŽR. [13]).....	78
10.4 LENT. APIBENDRINTOS AERACIJOS ZONOS CHARAKTERISTIKŲ VERTĖS	80
10.5 LENT. APIBENDRINTOS VANDENINGOJO SLUOKSNIŲ CHARAKTERISTIKŲ VERTĖS	81
10.6 LENT. PAGRINDINIAI BIOSFEROS PARAMETRAI [13]	81
10.7 LENT. RADIONUKLIDŲ SKLAIDOS VANDENS KELIU SCENARIJŲ SUVESTINĖ	83
10.8 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS DĖL RADIONUKLIDŲ UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO NATŪRALIOS ATLIEKYNO RAIDOS SCENARIJAUS ATVEJU, VERTĖS	85
10.9 LENT. APŠVITOS DOZIŲ, KURIAS GAUTŲ REFERENTINĖS GYVENTOJŲ GRUPĖS NARYS DĖL UŽTERŠTO VANDENS VARTOJIMO ATLIEKYNO INŽINERINIŲ BARJERŲ DEGRADAVIMO SCENARIJAUS ATVEJU, VERTĖS	86
10.10 LENT. KELIO TIESIMO SCENARIJAUS ATVEJU APSKAIČIUOTOS MAKSIMALIOS DOZĖS, TENKANČIOS DARBUOTOJUI.....	87
13.1 LENT. RADIOLOGINIAI APK, IŠVESTI PLANUOJAMAME ATLIEKYNE NUMATOMOMS ŠALINTI RADIOAKTYVIOSIOMS ATLIEKOMS	93

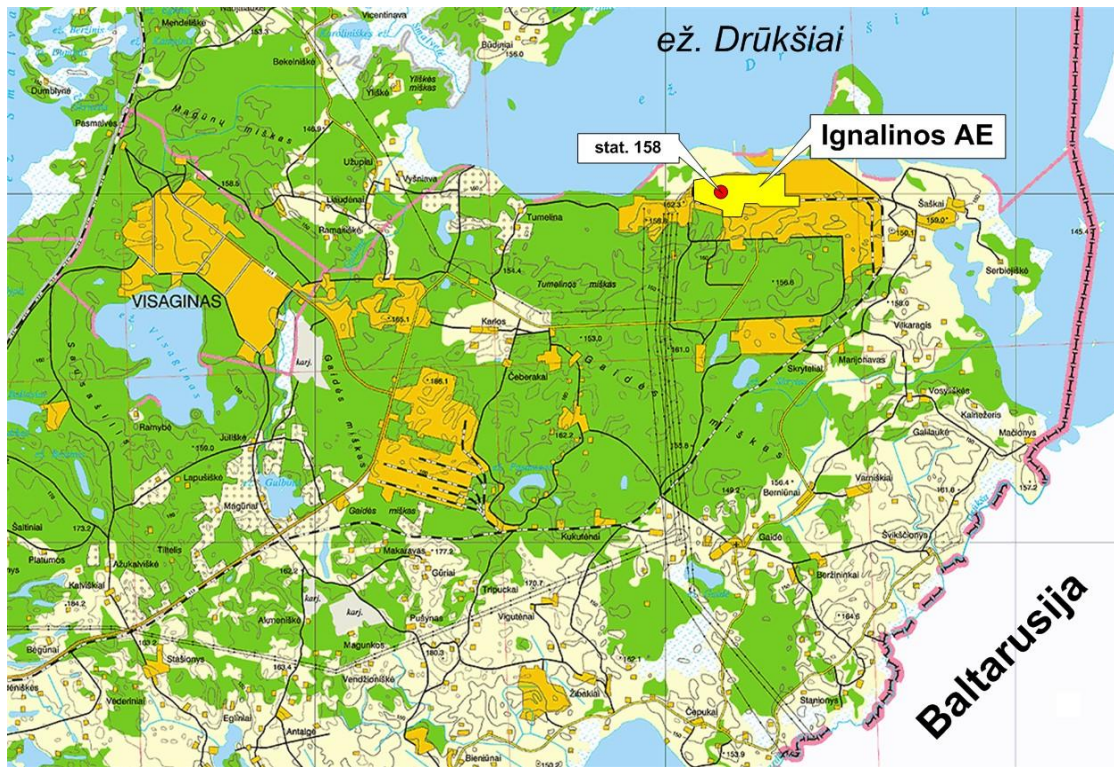
1. ĮVADAS

Šioje ataskaitoje pateikta aikštelės, kurioje planuojamas esamos Ignalinos AE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną, saugos analizė ir pagrindimas. Dokumentas yra paruoštas pagal VATESI reikalavimų [1] VIII skyriaus nuostatas.

Ataskaitoje yra pateiktas aikštelės charakteristikų aprašymas, apimantis geologinės sandaros ypatybes, seismologiją bei tektoniką, hidrologinių, hidrogeologinių, meteorologinių ir kt. sąlygas bei jų vertinimą. Taip pat yra aprašyta regiono demografinė bei socialinė-ekonominė aplinka. Ataskaitoje identifikuoti galimi aplinkos pokyčiai, apimantys gamtinius procesus ir žmogaus veiklą, galintys daryti įtaką planuojamo atliekyno saugai, bei veiksniai, sąlygojantys poveikį aplinkai ir žmogui radiacinės saugos požiūriu, ir pateiktas poveikio gyventojams įvertinimas ilgalaikėje perspektyvoje bei kiti aikštelės saugos įvertinimo aspektai. Analizė baigiama rezultatų apibendrinimu ir išvadomis, pagrindžiančiomis aikštelės tinkamumą saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną, bei preliminarių radioaktyviųjų atliekų priėmimo radiologinių kriterijų suvestinė.

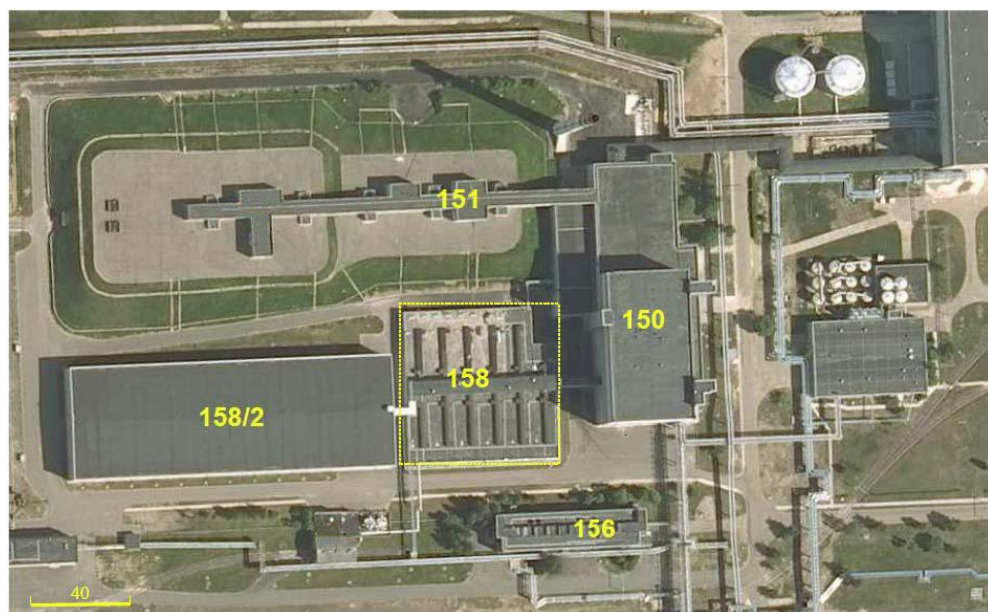
2. AIKŠTELĖS APRAŠYMAS

Bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugykla (158 statinys) yra Ignalinos AE pramoninės aikštelės šiaurės vakarinėje dalyje: apie 200 m į vakarus nuo pirmojo reaktoriaus bloko ir apie 600 m nuo Drūkšių ežero pietinės pakrantės. (Pav. 2.1).



Pav. 2.1 158 statinio vieta Ignalinos AE teritorijoje

Saugykla (158 statinys) pėsčiųjų ir technologinėmis galerijomis sujungta su 150 statiniu (skystųjų RA apdorojimo, bitumavimo ir cementavimo, statinys) iš rytų pusės ir 158/2 statiniu (cementuotų skystųjų RA laikinoji saugykla) iš vakarų pusės (Pav. 2.2) [13]. Minimalus atstumas tarp saugyklos ir šių statinių yra apie 9 m.



Pav. 2.2 158 statinio vieta Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje [13]

3. AIKŠTELĖS CHARAKTERISTIKOS

3.1 Geologinės sandaros ypatybės

3.1.1 Prekvartero sluoksniai

Ignalinos AE geologinį pjūvį sudaro kristalinio pamato ir nuosėdinės dangos uolienos. Kristalinis pamatas slūgso 703–756,7 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Jį sudaro apatinio proterozojaus uolienos – dažniausiai biotito ir amfibolo sudėties gneisas, granitas, migmatitas ir kt [4].

Nuosėdinę stromę sudaro prekvartero ir kvartero uolienos. Jos storis 703–756,7 m. Prekvartero stromėje išplitusios viršutinio proterozojaus, vendo komplekso ir paleozojaus uolienos. Vendo kompleksą sudaro gravelitas, įvairaus rupumo feldšpatinis kvarcinis smiltainis, aleurolitas ir argilitas. Paleozojaus eratemos geologinį pjūvį sudaro apatinio, vidurinio kambro, ordoviko, apatinio silūro ir vidurinio bei viršutinio devono uolienos. Apatinį kambą sudaro įvairaus rupumo, dažniausiai smulkus ir smulkutis, kvarcinis su nežymia glaukonito priemaiša smiltainis, aleurolitas ir molis; apatinį-vidurinį kambą – smulkus ir smulkutis kvarcinis smiltainis; ordoviką – klinties ir mergelio sluoksniai, apatinį silūrą – domeritas ir dolomitas, vidurinį devoną – gipsinga brekčija, domeritas, dolomitas, taip pat smulkaus ir smulkučio smiltainio, aleurolito ir molio sluoksniai; viršutinį devoną – smulkaus ir smulkučio smėlio, smiltainio, aleurolito ir molio sluoksniai. Vendo komplekso storis – 139–159 m, bendras apatinio ir vidurinio kambro uolienų storis – 93–114 m, ordoviko – 144–153 m, apatinio silūro – 28–75 m, devono uolienų storis siekia 250 m [4].

Gamtinių išteklių buvimą lemia vietinės geologinės sąlygos, kurias, savo ruožtu, sąlygojo geologiniai procesai, suformavę nuosėdinį IAE regiono sluoksnį. Regionas iš esmės buvo suformuotas paskutinio ledynmečio epochoje, todėl tipinis šio regiono ypatumas – pramoniniam naudojimui tinkami smėlio ir žvyro išteklių [7].

3.1.2 Kvartero geologija

Kvartero nuogulos slūgso ant nelygaus, paleojūrežiais išraižyto, pokvarterinio paviršiaus. Jų storis kinta nuo 62,0 iki 260,0 m, dažniausiai sudaro 85,0–105,0 m, o paleojūrežiuose – 160,0–240,0 m.

Kvartero stromę sudaro pleistoceno ir holoceno nuogulos. Pleistoceno stromę sudaro susisluoksniuojančios Dzūkijos, Dainavos, Žemaitijos, Medininkų ir Viršutinio Nemuno svitos,

Grūdų ir Baltijos posvičių glacialinės smulkios, fliuvioglacialinės rupios ir limnoglacialinės smulkios bei rupios nuogulos bei lokaliai išplitę Būtėnų, Snaigupėlės, Merkinės ir Vidurinio Nemuno tarpledynmetinės aliuvinės, limninės ir pelkių nuogulos (įvairaus rupumo smėlis, dulkis, durpės, sapropelis). Holoceno nuogulas sudaro aliuvinės (įvairaus rupumo smėlis), ežerinės (molis, aleuritas, smėlis, sapropelis), deliuvinės (molingas smėlis) nuogulos ir pelkių (durpės) nuogulos.

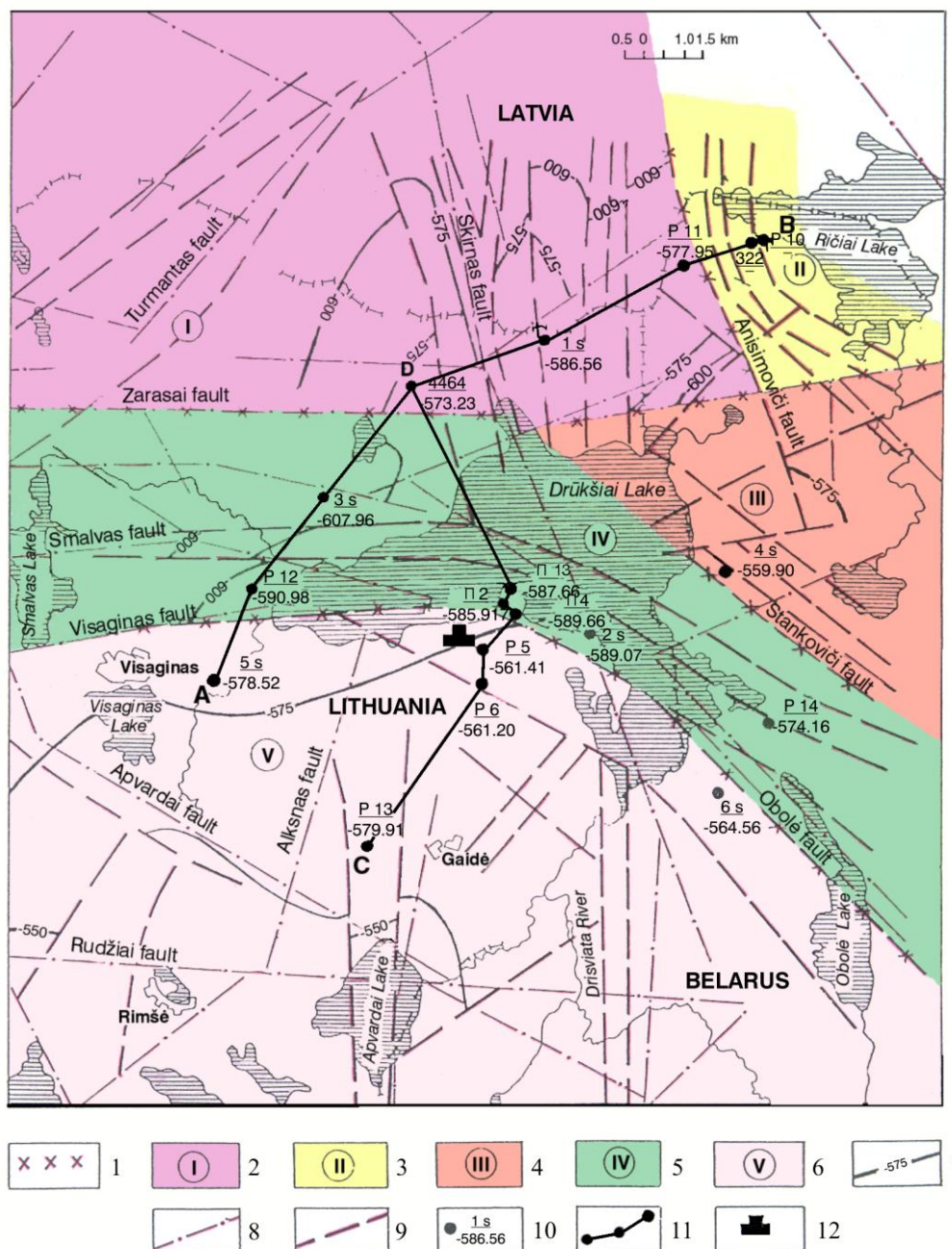
3.2 Seismologija ir tektonika

Ignalinos AE teritorijoje išaiškinti dviejų tipų tektoniniai lūžiai: ikiplatforminiai (nekertantys nuosėdinės dangos) ir platforminiai (kertantys nuosėdinę dangą). Platforminiai lūžiai yra subplatuminės, submeridianinės, šiaurės vakarų ir šiaurės rytų krypčių (Pav. 3.1). Ryškiausiai išsiskiria Drūkšių įlinkio (grabeno) ir Anisimovičių grabeno lūžių serijos

Šiaurės rytų ir šiaurės vakarų krypties lūžiai išaiškinti visose Ignalinos AE teritorijos tektoninėse struktūrose (blokuose). Jų ilgis kinta nuo 3-5 iki 15-18 km, amplitudės yra 15-20 m [2].

Pagal morfometrines ir morfostruktūrinės analizės bei kosminių nuotraukų dešifravimo duomenis Ignalinos AE teritorijoje išaiškinta sudėtinga neotektoniškai aktyvių linijinių zonų, kurių dauguma beveik sutampa su pagal geofizikinių metodų ir gręžimo duomenis išskirtų tektoninių lūžių zonomis arba atskirais lūžiais, sistema (Pav. 3.1). Neotektoniškai aktyvios linijinės zonos yra tokių pačių krypčių kaip ir tektoniniai lūžiai, tik šiek tiek pasislinkusios tektoninių lūžių atžvilgiu. Su neotektoniškai aktyviomis linijinėmis zonomis susiję ir siauri paleoįrėžiai, kartais siekiantys beveik 200 m gylį (nuo pokvarterinio paviršiaus). Platuminės krypties neotektoniškai aktyvi linijinė zona kerta ir Ignalinos AE teritoriją. Su šia zona susijusio paleoįrėžio gylis yra virš 70 m nuo prekvartero paviršiaus [2].

IAE regione paviršinės nuosėdos yra nevienarūšės. Molingas ir bendro smėlingo molio pagrindas regione dominuoja. Be to, IAE statybos metu viršutiniam grunto sluoksniui žmogaus įtaka yra akivaizdi [2].



Pav. 3.1. Ignalinos AE regiono kristalinio pamato paviršiaus struktūrinė schema [2]:

- 1 – tektoninių struktūrų (blokų) ribos; 2 – šiaurės Zarasų pakopa; 3 – Anisimovičių gabenas;
 4 – rytų Drūkšių pakilimas; 5 – Drūkšių įlankis (grabenas); 6 – pietų Drūkšių pakilimas;
 7 – stratoizohipsės, abs.a.m.; 8 – tektoniniai lūžiai, nustatyti pagal aeromagnetinės ir gravitacinės nuotraukos duomenis; 9 – tektoniniai lūžiai, numatyti pagal seisminės žvalgybos duomenis; 10 – gręžinys: skaitiklyje – gręžinio numeris, vardiklyje – kristalinio pamato paviršiaus absoliutinis aukštis, m; 11 – geologinio pjūvio linija;
 12 – Ignalinos AE



Pav. 3.2. Baltijos kraštų seismingumas:

apskritimai – istoriniai įvykiai nuo 1616 iki 1965 m.; šešiakampiai – tektoniniai įvykiai, užregistruoti nuo 1965 iki 2004 m.; trikampiai – veikiančios seisminės stotys

Lietuvos teritorija tradiciškai traktuojama kaip aseisminė arba labai mažo seismingumo sritis. Tą apsprendžia geologinės sandaros ypatumai (ankstyvojo prekambro konsolidacijos Žemės pluta) bei didžiulis nuotolis iki aktyvių tektoninių sričių. Tačiau turimi duomenys rodo, jog gretimuose Lietuvai kraštuose yra buvę juntamų žemės drebėjimų (Pav. 3.2) [2].

Paskutiniai 4,4 ir 5,0 magnitudės (pagal Richterio skalę) stiprumo žemės drebėjimai buvo užfiksuoti Rusijos Kaliningrado srities teritorijoje 2004 m. rugsėjo 21 d. Juos užfiksavo pasaulinės seisminės stotys, o taip pat Ignalinos AE seisminio monitoringo stotis [2].

Nuo 1616 m. 250 km spinduliu aplink IAE įvyko devyniolika istorinių žemės drebėjimų. IAE 1999 m. įrengtos 4 seismologinių stebėjimų stotys. Nuo to laiko Lietuvos geologijos tarnyba pagal susitarimą su IAE apdoroja ir analizuoja šiose stotyse surenkamus duomenis [2].

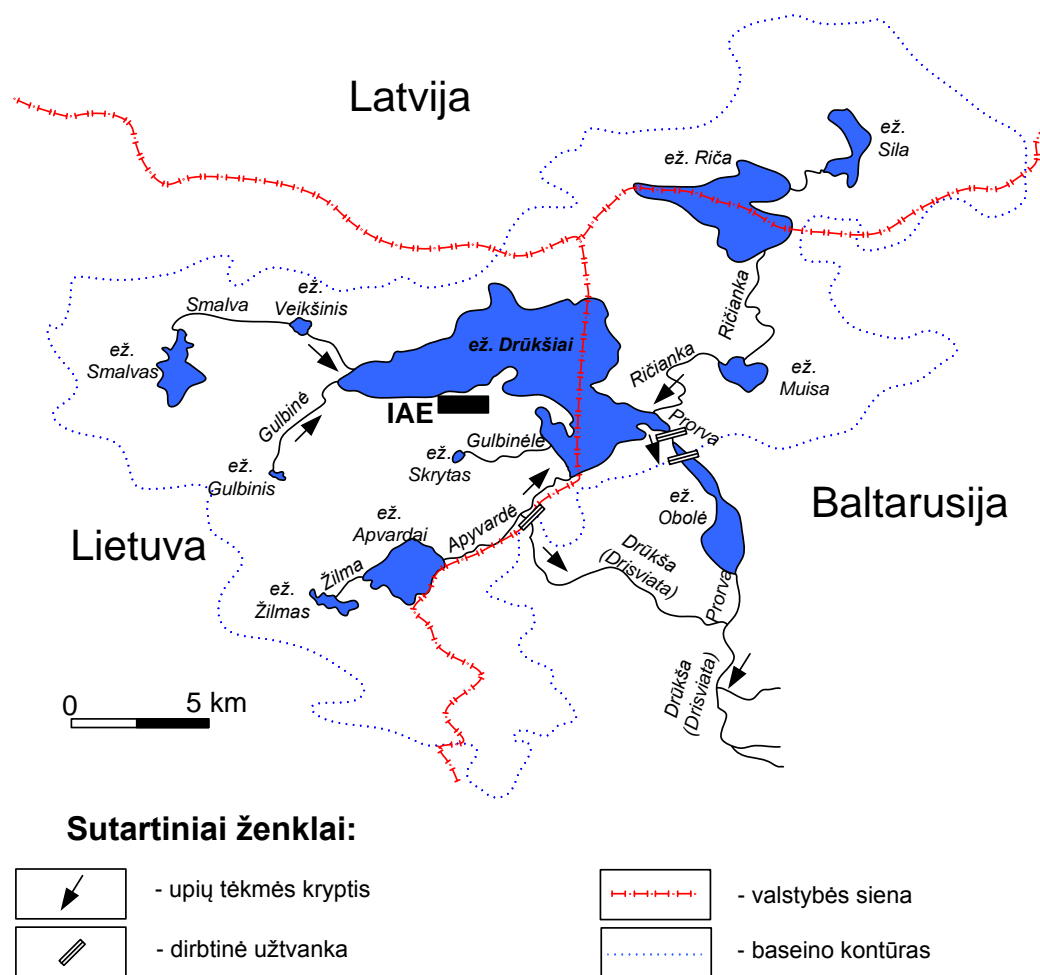
Šiandieninį lūžių aktyvumo stebėjimui atliekami vertikalių Žemės paviršiaus judesių matavimai aplink Drūkšių ežerą įrengtame geodinamiame poligone. 1989–1994 m. (o Lietuvos teritorijoje paskutinis matavimas atliktas 1998m.) tyrimų rezultatai rodo, kad vertikalūs Žemės paviršiaus judesiai Ignalinos AE rajone susiję su atskirų Žemės plutos blokų, kuriuos riboja kristalinio pamato ir nuosėdinės dangos lūžiai, judesiais. Santykinė vertikalių Žemės plutos blokų judesių amplitudė šiame rajone siekia iki 2–3 mm per metus, o horizontalių – iki 14 mm per metus [4].

Pagal šiuo metu turimus duomenis Lietuvos geologijos tarnyba vertina, kad IAE teritorijoje yra 6 balų (MSK-64) projektinis žemės drebėjimų lygmuo su vieno karto per 100 metų dažniu (maksimalus grunto pagreitis $a_{\max} = 0,5 \text{ m/s}^2 = 0,05\text{g}$). Neprojektinis žemės drebėjimo lygmuo IAE teritorijoje yra 7 balai pagal MSK-64 skalę su vieno karto per 10 000 metų dažniu (maksimalus grunto pagreitis $a_{\max} = 1 \text{ m/s}^2 = 0,1\text{g}$). Pagrindiniai intervalai – nuo 0,15 iki 0,4 s [2].

3.3 Hidrologija ir hidrogeologija

158 pastatas yra 600 m atstumu į pietus nuo Drūkšių ežero. Drūkšių ežeras yra didžiausias ežeras Lietuvoje, jo hidrografinio baseino schema parodyta Pav. 3.3. Dabartinis visuminis ežero plotas yra apie 45 km². 37 km² šio ploto yra Lietuvos teritorijoje. Didžiausias gylis siekia 33,3 m, vidutinis gylis – 8,2 m [2]

Yra 11 intakų į Drūkšių ežerą ir viena upė (Prorva) ištekanti iš jo. pagrindinės upės, įtekančios į ežerą, yra Ričianka, Smalva, Apyvardė ir Gulbinė [2].



Pav. 3.3. Drūkšių ežero hidrografinio tinklo schema [2]

Beveik visas paviršinis vanduo (74 %) patenka Ričankos ir Drūkšos upėmis į pietinę Drūkšių ežero dalį. Likęs paviršinis vanduo Smalvos ir Gulbinės upėmis įteka iš vakarų pusės. Iš pietinės Drūkšių ežero dalies vanduo išteka Prorvos upe. Pagrindinių Drūkšių ežero charakteristikų suvestinė pateikta Lent 3.1 [2].

Lent 3.1. Pagrindinės Drūkšių ežero charakteristikos

Parametras, vienetai	Reikšmė
Plotas, ha	4480 / 3700*
Vidutinis gylis, m	8,2
Didžiausias gylis, m	33,3
Vandens tūris, tūkst. m ³	367 650
Vandens baseino plotas, km ²	620
Vandens kaita % per metus	29

* Bendrasis / Lietuvos teritorijoje.

Vidutinis ežero vandens lygis yra apie 141,6 m virš jūros lygio, o per pavasarinius potvynius didžiausia vandens lygio vertė gali siekti 142,35 m. Drūkšių ežero vandens režimas yra sąlygojamas ir natūralios, ir antropogeninės kilmės veiksnių. Pagrindinis gamtinės kilmės veiksnys yra regiono klimatinės sąlygos, t. y. atmosferinių kritulių kiekis, patenkantis į ežerą, ir garavimas nuo ežero paviršiaus bei jo baseino. Antropogeninės kilmės veiksniams priskiriamas elektrinės hidroinžinerinio komplekso eksploatavimas bei ežero vandens cirkuliacija dėl jo poreikio elektrinės įrenginių aušinimui. 1953 metais buvo pastatytas hidroinžinerinis kompleksas (užtvanka) ant Prorvos upės prieš įtekėjimą į Obolės ežerą. Tai pakėlė vandens lygį Drūkšių ežere 0,3 m iki dabartinio 141,6 m lygi [2].

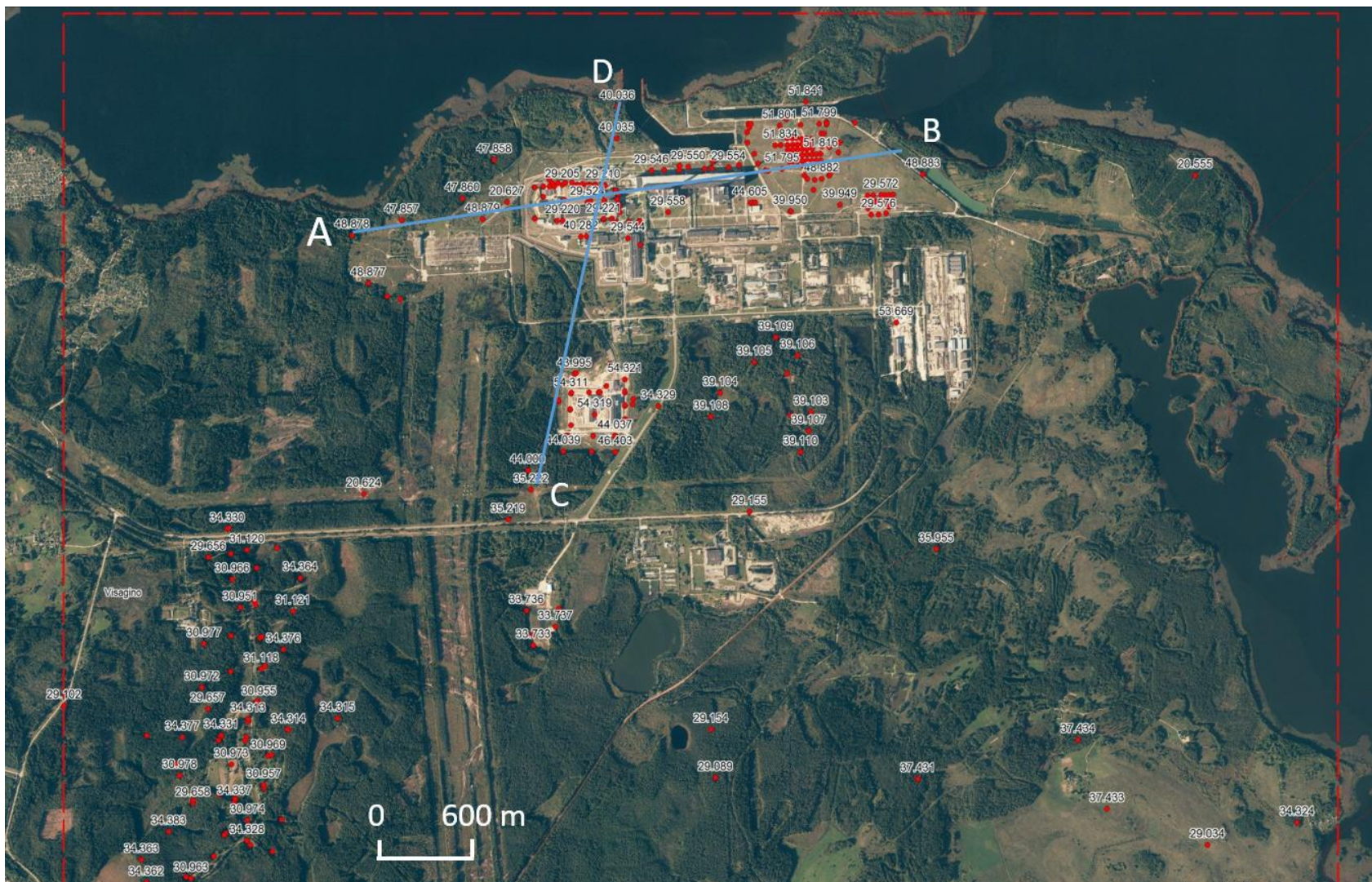
Vandens pakilimo iki 143.5 m tikimybė yra mažiau nei $2,12E-08$ [2].

Drūkšių ežero baseino plotas (žr. Pav. 3.3), yra santykinai mažas – tik 620 km^2 . Maksimalus baseino ilgis (iš pietvakarių į šiaurės rytus) yra 40 km, maksimalus plotis – 30 km, vidutinis plotis – 15 km. Ežerui būdinga palyginti lėta vandens apykaita. Pagrindinis ištekėjimas vyksta Prorvos upe (99 % visų paviršinių ištakų). Toliau ištakos iš Drūkšių ežero ilgu ir sudėtingu apie 550 km ilgio keliu pasiekia Rygos įlanką Baltijos jūroje [2].

Visagino miesto statymo metu, pramoninis kanalizacijos vanduo buvo nukreiptas į Skripkų ežerą (ežeras Skrytas). Iš ten jis teka į upę Gulbinėlę, kuri įteka į Drūkšių ežerą [2].

IAE regione per daugelį metų buvo išgręžta daug skirtingos paskirties ir atitinkamai skirtingo gylio gręžinių, informacija apie kuriuos patalpinta LGT informacinėje sistemoje. Hidrogeologinių sąlygų apibūdinimui buvo pasirinktos 2 kryptys (Pav. 3.4) A–B ir C–D, pagal kurias sudaryti du hidrogeologiniai pjūviai, kertantys 158 statinio aikštelę [4].

Nagrinėjamame IAE regione kvartero sistemos nuogulų geologinis pjūvis sudėtingas, storumė sudaryta iš moreninio priemolio, molio ir priesmėlio sluoksnių ir lęšių, kuriuos skiria fliuvioglacialinių ir akvaglacialinių bei limnoglacialinių nuosėdų sluoksniai, talpinantys požeminį vandenį [4].



Pav. 3.4. Hidrogeologinių pjūvių (AB ir CD) linijos (raudonu stačiakampiu pažymėtas plotas, iš kurio surinkti gręžinių duomenys, patalpinti LGT duomenų bazėje) [4]

Ataskaitoje [4] pažymėta, kad pagal A–B profilį pirmą nuo žemės paviršiaus sluoksnį sudaro moreninės nuogulos gIII_{nm3}: molis (grėžinys Nr. 47857 – 44,4 m storio), dulkis (grėžinys Nr. 47860 – 1,8 m storio) bei moreninis priemolis ir priemelis (grėžinys Nr. 20627 – 18,4 m storio). Dėl reljefo išlyginimo statybos tikslams daug kur ant gamtinių gruntų žemės paviršiuje suformuotas technogeninis (piltinis) gruntas, kurio storis kinta nuo 1,8 m iki 10 m storio (Pav. 3.5). Pirmą vandeningą sluoksnį sudaro fliuvioglacialinės nuogulos (fIII_{nm3}) – dažniausiai, smėlis su rupesnėmis grunto atmainomis, tik ties grėžiniu Nr. 29221 smėlį pakeičia vandeningas molis. Sluoksnio storis kinta nuo 2 iki 14 m. Ties grėžiniais Nr. 29220 ir 29221 fIII_{nm3} nuogulos aptinkamos profilio paviršiuje, čia vandeningam sluoksniui būdingas laisvas paviršius. Šį vandeningą sluoksnį riboja moreninio priemolio (gIII_{nm3}) sluoksnis, kurio kraigas giliausiai yra ties grėžiniu Nr. 51795 – 18 m gylyje. Sluoksnį gIII_{nm3} daugiausiai sudaro moreninis priemolis, o jo storis kinta nuo 2,6 m (Nr. 29544) iki 20,4 m (Nr. 51814). Antras vandeningas fliuvioglacialinis sluoksnis fII_{md} aptinkamas 20 – 30 m gylyje. Šį sluoksnį iš apačios riboja Medininkų morenos (gII_{md}) dariniai. Profilyje AB sluoksnio gII_{md} kraigas yra 18,4–22 m gylyje, o padas 25–54,4 m gylyje [4].

Pagal ataskaitos [4] duomenis, dauguma pagal C–D profilį (Pav. 3.6) išsidėsčiusių grėžinių yra apie 30 metrų gylio, tik grėžinys Nr. 44000 yra gilesnis (65 m gylio). Kadangi dauguma grėžinių yra nepakankamo gylio detaliam hidrogeologinių sąlygų apibūdinimui, todėl kvarterinių nuogulų ir nuosėdų storumės dalį, slūgsančią giliau, galima apibūdinti tik labai schematiškai pagal įvairių šaltinių duomenis [4].

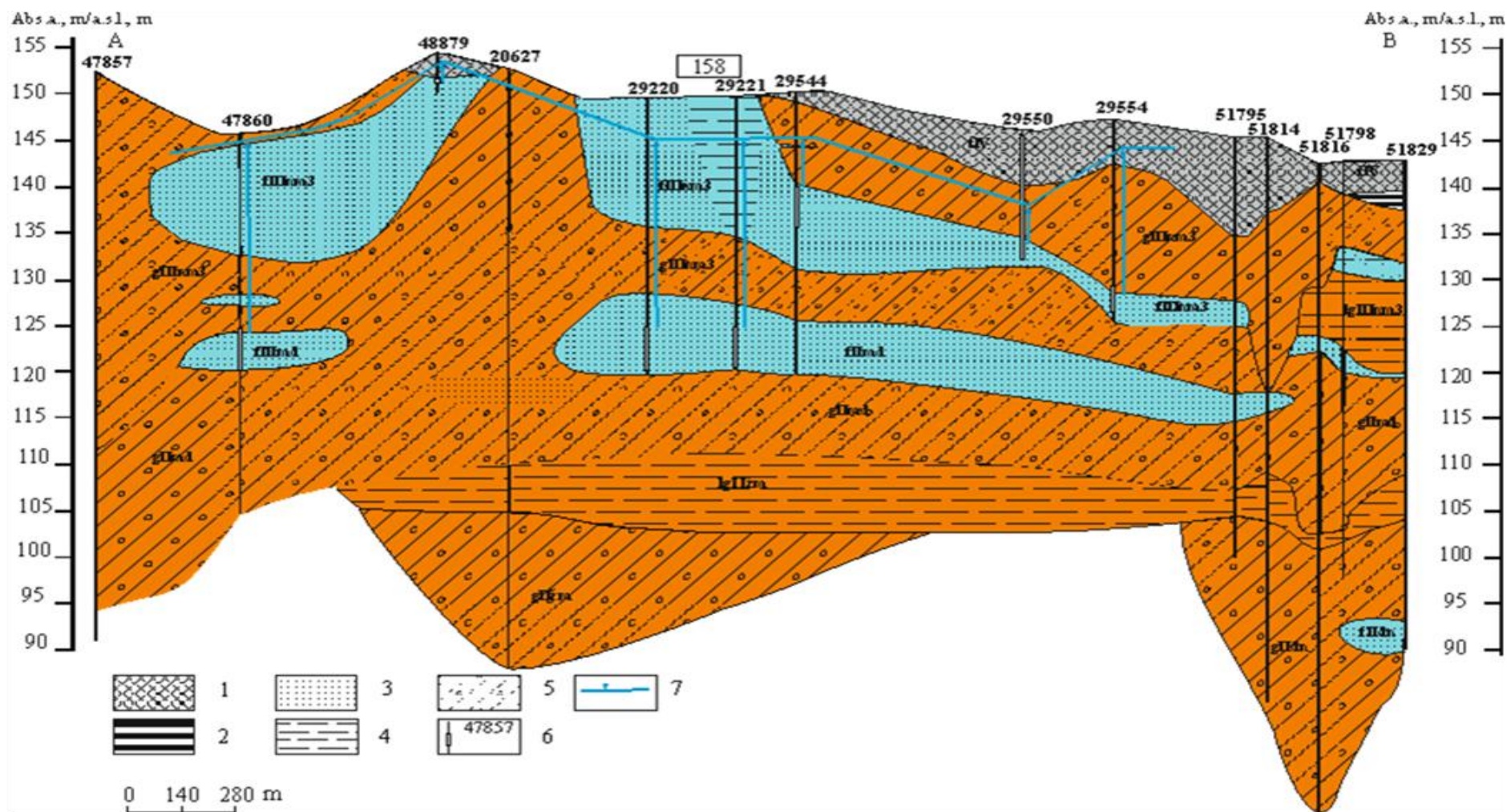
Hidrogeologinis pjūvis C–D (Pav. 3.6) išreikštas sluoksnių ir lęšių pavidalo sturyme, kurioje vyrauja moreninis priemolis, molis ir priemelis (gIII_{nm3}). Taip pat čia paplitę vandeningų smėlingų fliuvioglacialinių (fIII_{nm3}) nuogulų sluoksniai ir lęšiai. Ties Drūkšių ežeru aptinkama ir limninių (II_V) nuosėdų [4].

Moreninės nuogulos (gIII_{nm3}) paplitę visoje nagrinėjamoje teritorijoje. Šį sluoksnį sudaro priemolis ir priemelis, tačiau pasitaiko ir smėlio su žvirgždu bei gargždu tarp sluoksnių. Morenos storis kinta nuo 1,8 m iki 9,5 m, o ties grėžiniais Nr. 44000 ir Nr. 44039 moreninės nuogulos išeina į paviršių, kitur jas dengia technogeninis gruntas (tIV), limninės (II_V) nuosėdos (smėlis, aleuritas) bei fliuvioglacialinės (fIII_{nm3}) nuogulos [4].

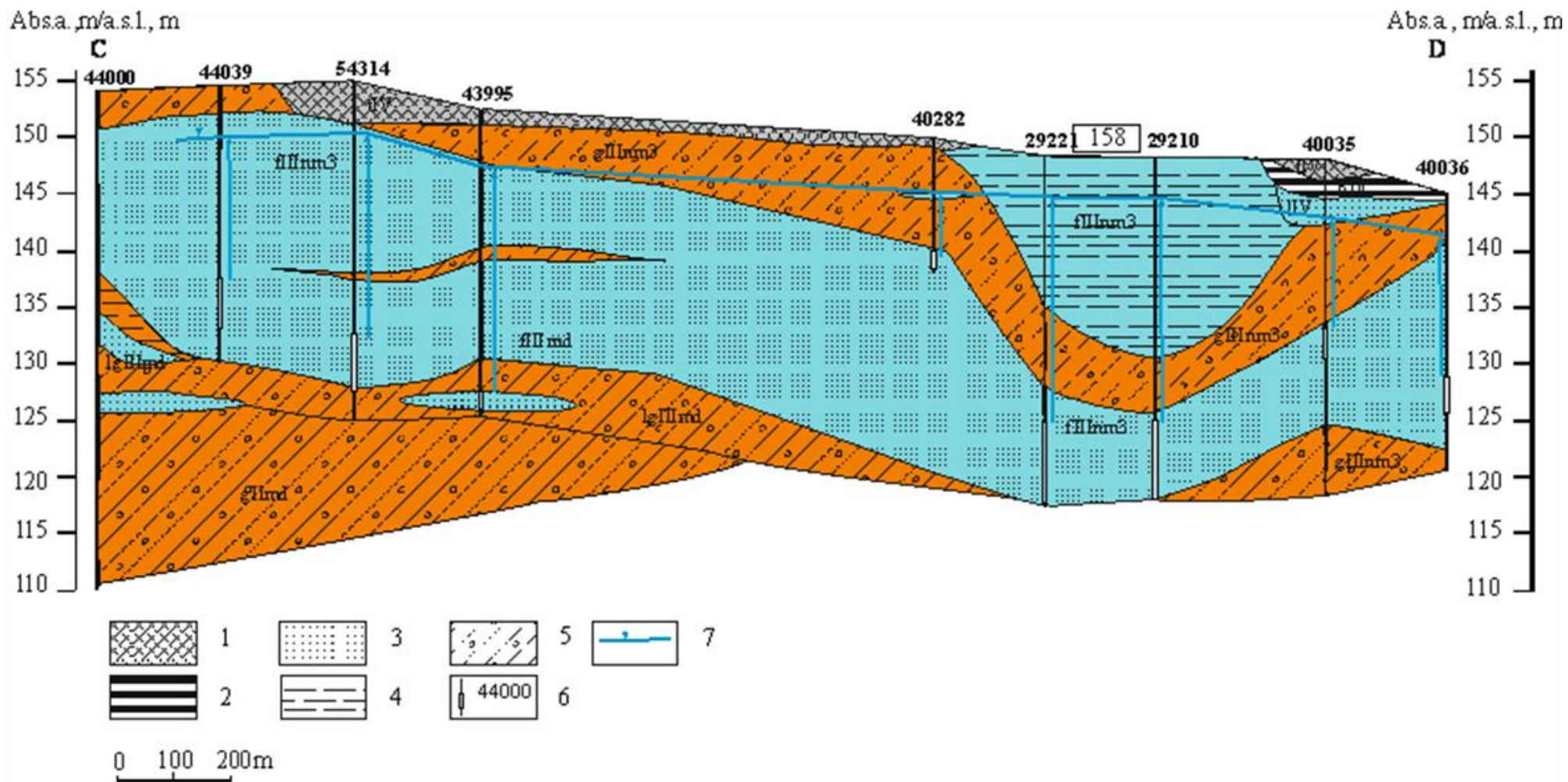
Po moreninių nuogulų sturyme slūgso smėlingos, vandenį talpinančios fliuvioglacialinės (fIII_{nm3}) nuosėdos. Fliuvioglacialinės nuosėdos aptinkamos 2–5,6 m gylyje, ties grėžiniais Nr. 29221 ir Nr. 29210 fliuvioglacialinės nuosėdos fIII_{nm3} aptinkamos žemės paviršiuje ir yra 13–

14 m storio, čia jas sudaro molis su vandeningo smėlio tarp sluoksniais. Antras vandeningas sluoksnis fIIImd aptinkamas ribotai, iš apačios šį, daugiausia iš smėlio sudarytą sluoksnį, 16–21,8 m gylyje riboja limnoglacialinių nuogulų IglIImd sluoksnis, kuris ties gręžiniais Nr. 44000 ir Nr. 43995 sudarytas iš smėlio, molio, priesmėlio bei priemolio persisluoksniavimų (IglIImd). Šį sluoksnį iš apačios riboja gIIImd vandenspara, kuri gręžinyje Nr. 44000 aptinkama 28 m gylyje ir čia sudaro 18 m storio priesmėlio ir priemolio sluoksnį [4].

Tarpmoreninius vandeninguosius sluoksnius vieną nuo kito skiria vandeniui pusiau laidūs įvairaus (nuo 0,5–1,0 iki 50–70 m), dažniausiai nuo 10–15 iki 25–35 m storio moreninių smulkių nuogulų sluoksniai. Šios nuogulos yra plyšiuotos, jose yra smėlio bei žvyro lęšių, todėl per juos vyksta vertikali vandens apykaita tarp tarpmoreninių vandeningųjų sluoksnių. Tose vietose, kur moreninių nuogulų sluoksnių nėra (dažniausiai paleoįrėžuose) gretimi tarpmoreniniai sluoksniai turi glaudų hidraulinį ryšį. Tokiais atvejais glaudus hidraulinis ryšys yra taip pat tarp gruntinio vandens bei žemiau slūgsančių tarpmoreninių vandeningų sluoksnių [4].

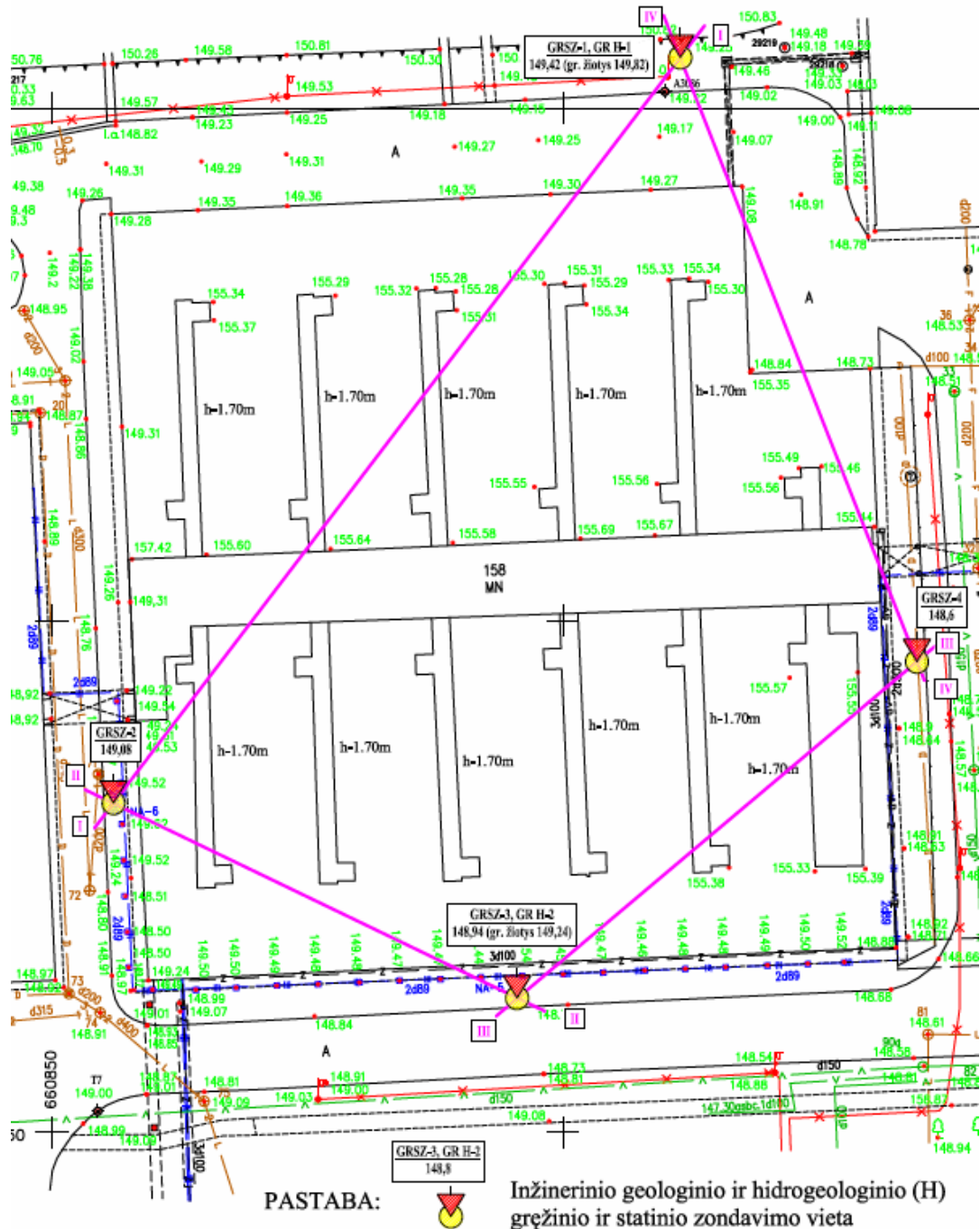


Pav. 3.5. Hidrogeologinis pjūvis (mėlynai pažymėta vandeningi sluoksniai; rudai – vandensparos) pagal AB liniją (žr. Pav. 3.4): 1 – technogeninis gruntas; 2 – pelkių nuogulos; 3 – įvairūs smėlis; 4 – molis; 5 – priesmėlis ir priemolis; 6 – gręžinio numeris ir filtro intervalas; 7 – požeminio vandens lygis [4]



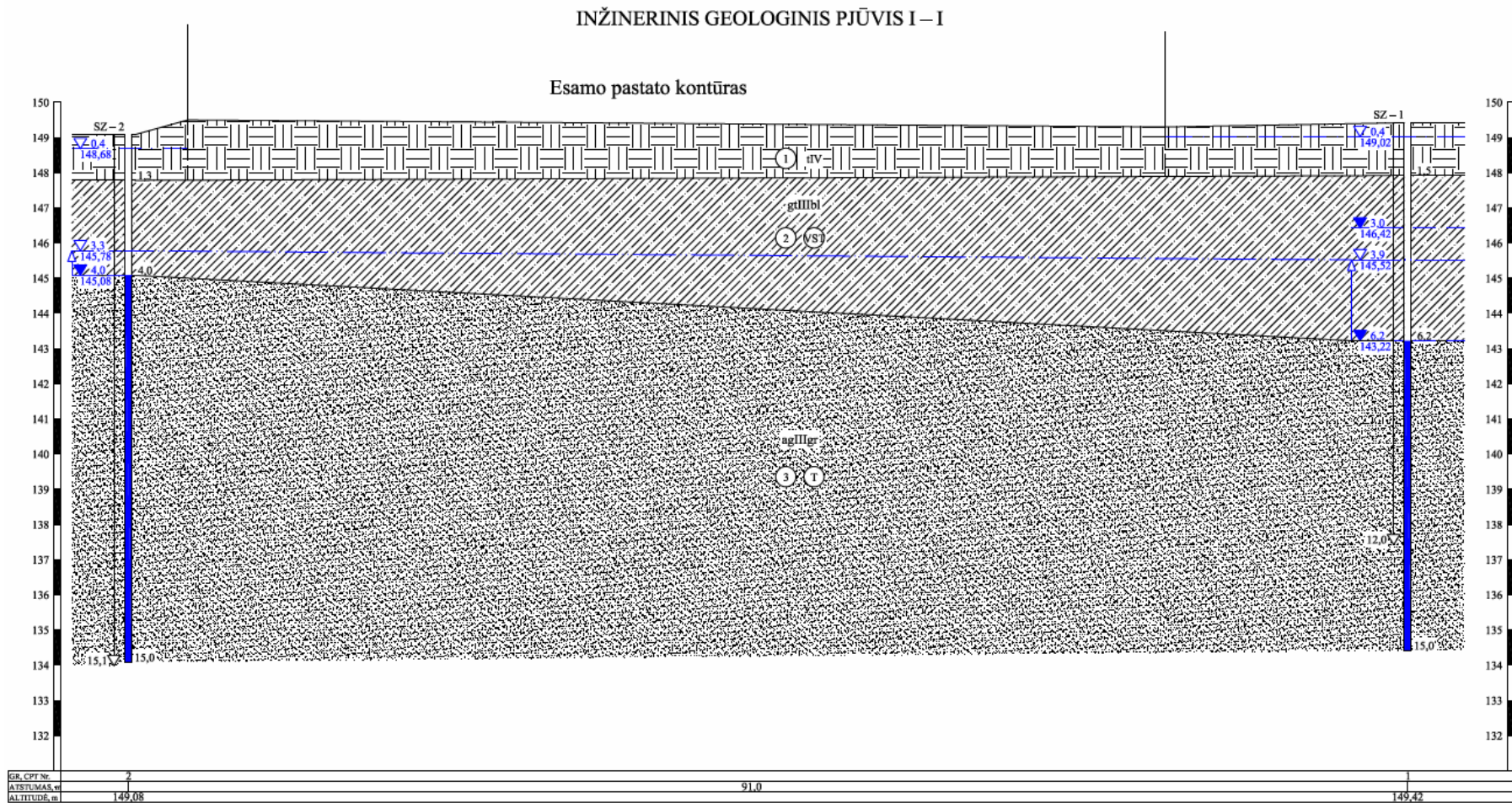
Pav. 3.6. Hidrogeologinis pjūvis (mėlynai pažymėta vandeningi sluoksniai; rudai - vandensparos) pagal CD liniją (žr. Pav. 3.4): 1 – technogeninis gruntas; 2 – pelkių nuogulos; 3 – įvairus smėlis; 4 – molis; 5 – priemolis ir priemolis; 6 – gręžinio numeris ir filtro intervalas; 7 – požeminio vandens lygis. [4]

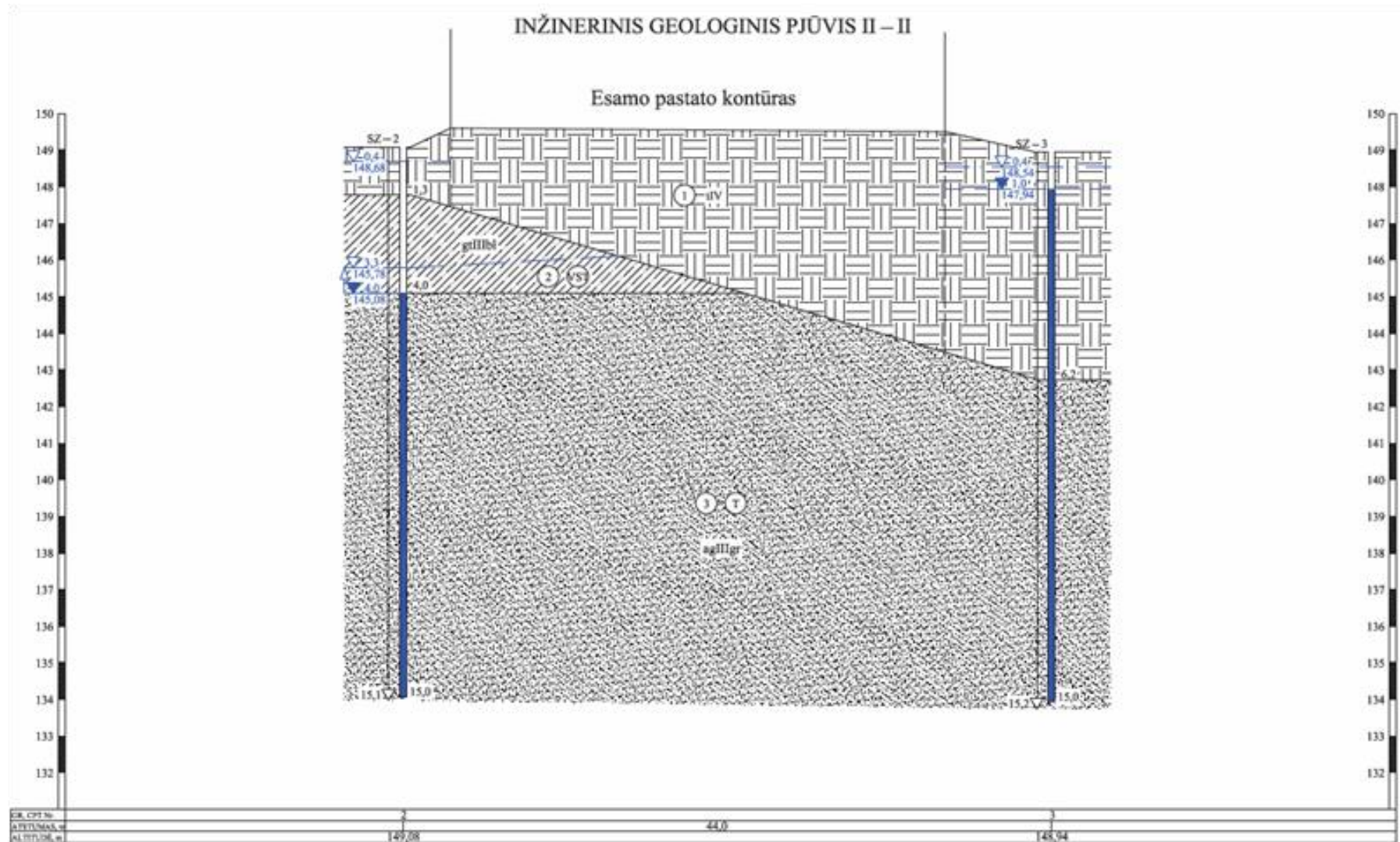
Gruntų litologiniai sudėčiai nustatyti, hidrogeologinių sąlygų įvertinimui, grunto ir požeminio vandens bandinių paėmimui šalia planuojamo rekonstruoti 158 statinio buvo išgręžti keturi inžineriniai geologiniai gręžiniai iki 15,0 m gylio ir įrengti du hidrogeologiniai gręžiniai iki 12,0 m gylio grunto filtracinių savybių „in-situ“ įvertinimui išpumpavimo metodu. Gręžimo metu gauti duomenys pateikti inžineriniuose-geologiniuose pjūviuose (Pav. 3.7, Pav. 3.8).

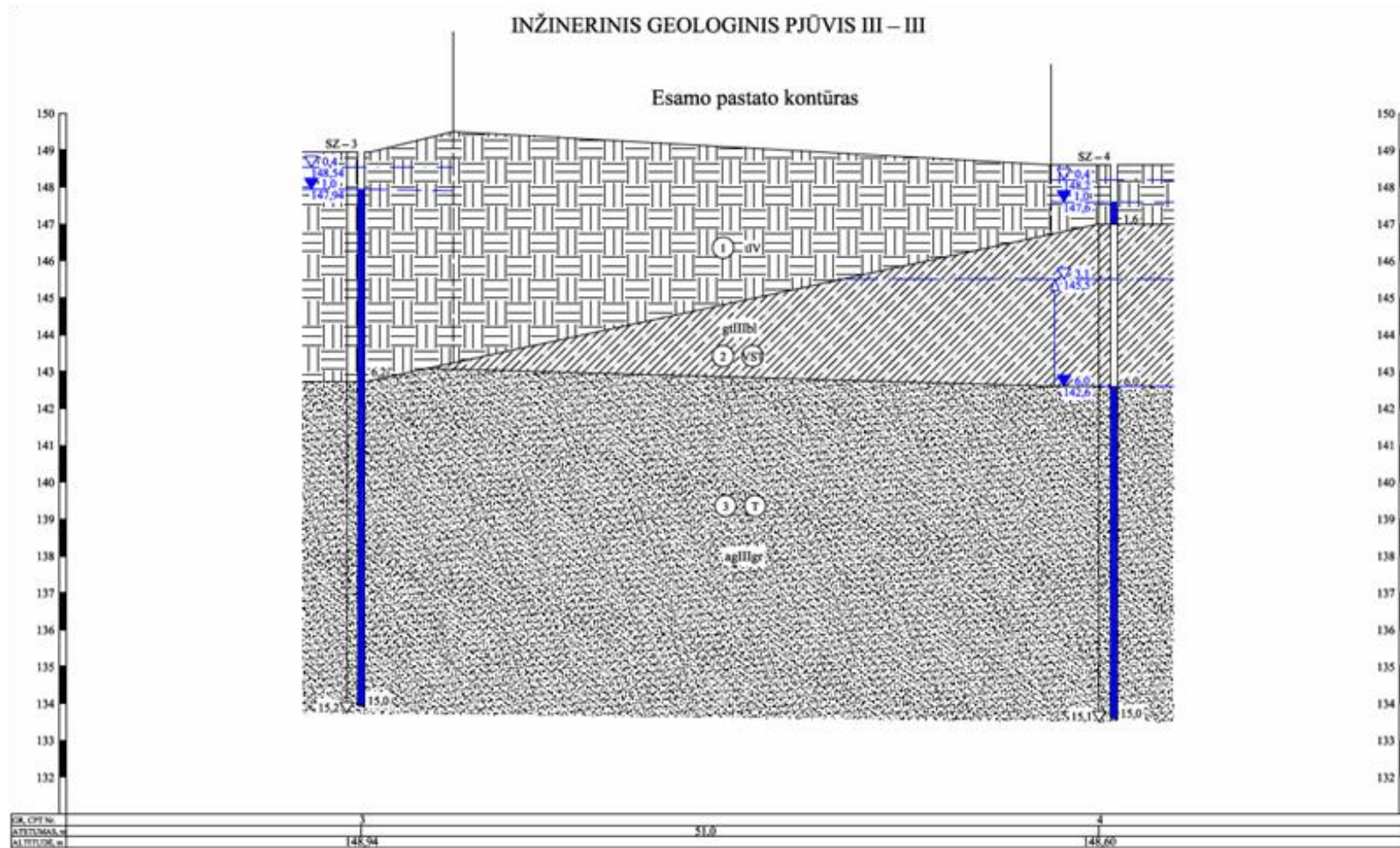


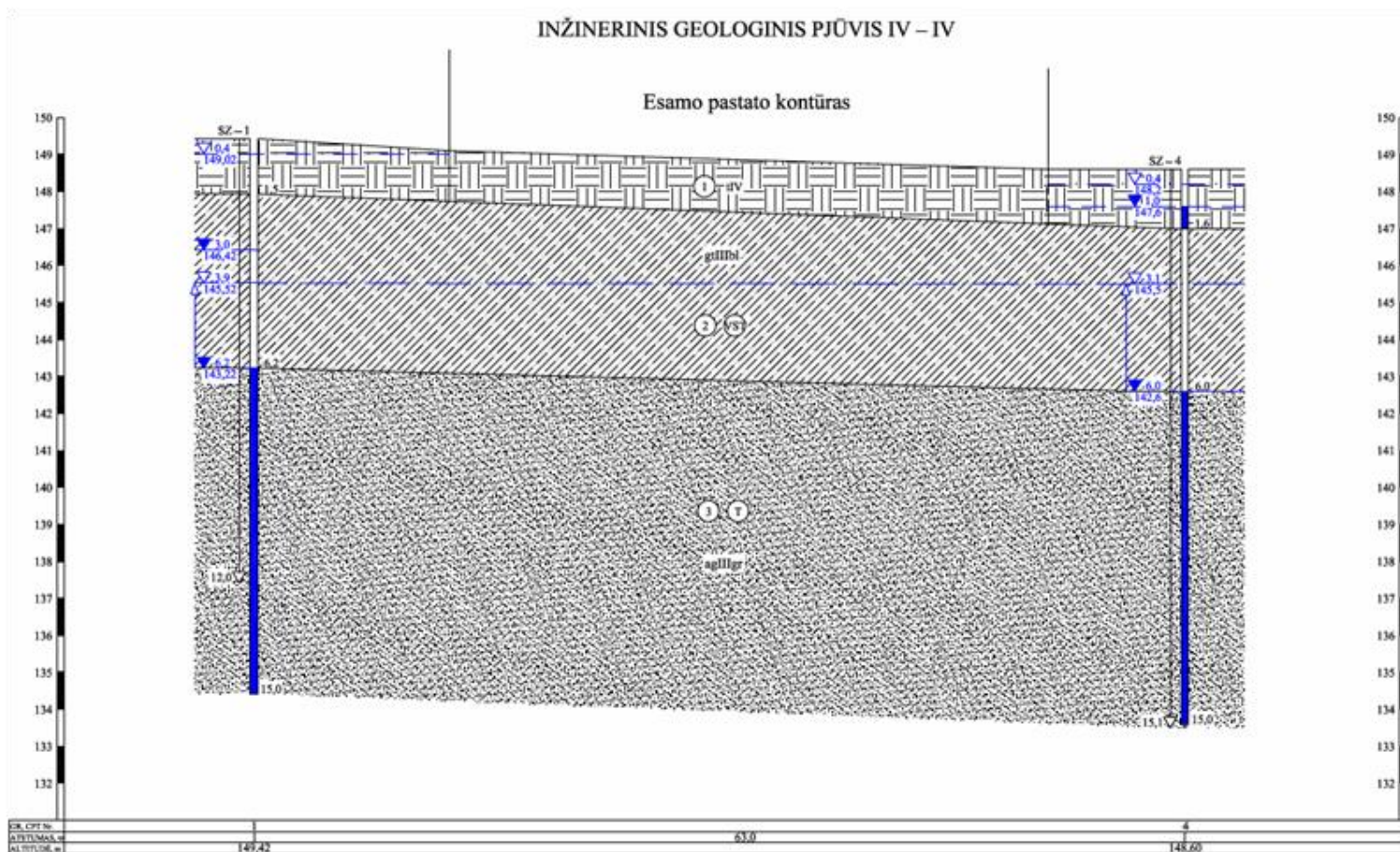
Pav. 3.7. Inžinerinių-geologinių pjūvių linijos [4]

IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir
 pertvarkymo į atliekyną poveikio aplinkai ir saugos vertinimas









Pav. 3.8. Inžineriniai-geologiniai pjūviai I-I, II-II, III-III ir IV-IV, sudaryti iš duomenų, gautų IGG tyrimų metu [4]

Atlikus aikštelės projektinius inžinerinius geologinius ir geotechninius tyrimus buvo išskirti šie kvartero laikotarpio sluoksniai: technogeninis (piltinis) gruntas (tIV), viršutinio pleistoceno, Nemuno ledynmečio, Baltijos stadijos kraštinių moreninių darinių smulkios nuogulos (gtIIIbl) ir tarpmoreninių akvaglacialinių darinių rupių nuogulų sluoksnis (agIIIgr) [4].

Technogeninis (piltinis) gruntas (tIV) aptiktas visuose tyrimo gręžiniuose iki 1,3–6,2 m gylio. Didžiausias piltinio grunto sluoksnio storis (6,2 m) aptiktas pietinėje pastato dalyje (gręž. Nr. 3). Pagal archyvinis duomenis šalia pastato vakarinės dalies piltinio grunto sluoksnis slūgso iki 0,3–1,3 m gylio [4].

Viršutinio pleistoceno, Nemuno ledynmečio, Baltijos stadijos kraštinių moreninių darinių smulkios nuogulos (gtIIIbl) aptikto gręžiniuose Nr. 1, 2 ir 4 po piltiniu gruntu iki 4,0–6,2 m gylio.

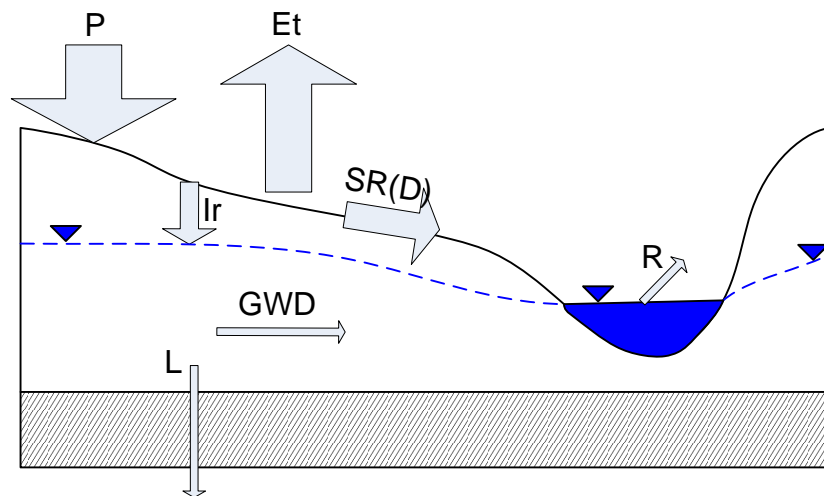
Tarpmoreninių akvaglacialinių darinių rupių nuogulų sluoksnis (agIIIgr) slūgso po morena ir piltiniu gruntu (gręž. Nr. 3) iki tyrimais pasiekto gylio (15,0 m). Sluoksnio padas tyrimais nepasiektas. Pagal archyvinis tyrimo duomenis šių nuogulų padas slūgso žemiau 25,0 m gylio [4].

IGG tyrimų ataskaitoje [4] konstatuota, kad tyrimų vietos (t. y. 158 statinio aikštelės) inžinerinės geologinės ir hidrogeologinės sąlygos leidžia įgyvendinti numatytą projektą.

Pagal IGG tyrimų ataskaitos duomenis [4] nustatytos šios apibendrintos požeminio vandens parametrų vertės:

- *Aeracijos zonos (artimoje 158 statinio aplinkoje):* piltinis smėlis/priemolis (1 m storio), kurio hidraulinis laidumas (filtracijos koeficientas) $-4,62E-05$ m/s (vidutinė vertė), $2,12E-04$ (maksimali vertė), vandens srautas nukreiptas vertikaliai žemyn, į gruntinio vandens ir vandeningojo sluoksnio pusę;
- *Gruntinio vandens ir pirmojo vandeningojo sluoksnio* (8 m storio): atstumas iki išleidimo taško (Drūkšių ežero) – 600 m, išilginis dispersiškumas (didžiausias) – 60 m (10 % atstumo iki ežero), hidraulinis gradientas – 0,005, apibendrintas hidraulinis laidumas $-1,31E-04$ m/s,.

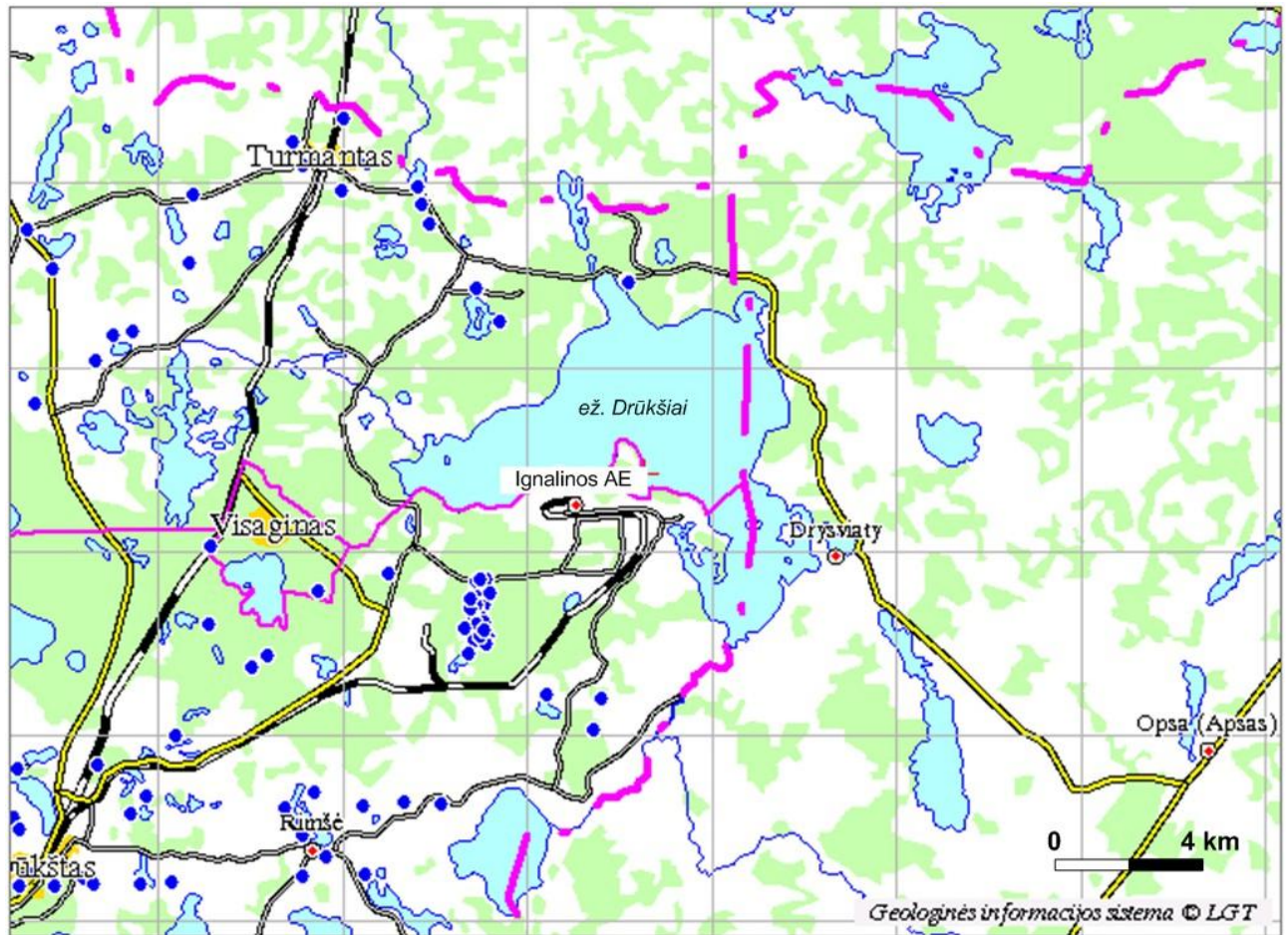
Remiantis IGG tyrimų ataskaitos duomenimis [4] nustatytas bendras IAE regiono vandens srauto balansas pateiktas Pav. 3.9.



Pav. 3.9. Apibendrinta metinio vandens balanso schema:

P – krituliai 767 mm, Et – bendras išgarinimas 480 mm, SR(D) – viršutinis (drenažo) nuotėkis – 168 mm, Ir – infiltracinis maitinimas – 40 mm, kurį sudaro dvi komponentės: I) GWD – požeminis nuotėkis į hidrografinį tinklą ir II) L – pertekėjimas į vandeningąjį sluoksnį

Pagal meteorologinius duomenis (žr. 3.5.3 skyrių), daugiametis vidutinis kritulių kiekis IAE regione yra apie 767 mm per metus. Kadangi bendras išgaravimas regione siekia 480 mm, likusieji nuo bendro vandens srauto 287 mm pasiskirsto tarp paviršinio nuotėkio (247 mm) ir infiltracijos į gilesnius grunto sluoksnius (40 mm). IAE regione veikiantys arteziniai gręžiniai, parodyti Pav. 3.10, nepatenka į požeminio vandens kryptį, kuris teka nuo 158 statinio į ežero pusę [2].



Pav. 3.10. Veikiantys arteziniai gręžiniai (pažymėti mėlynais skritulėliais) [2]

3.4 Geocheminės ir hidrocheminės sąlygos

Pagal geocheminės analizės duomenis [4] gruntinis vanduo – mažai agresyvūs betonui, kurioje sudėtyje yra portlando tipo cemento. Nustatyta gruntinio vandens pH vertė – apie 7,1 – 7,2.

Pagal gruntų litologines savybes (molinių gruntų paplitimas) ir gruntinio vandens cheminės sudėties duomenis galima konstatuoti, jog galima koloidų ir organinių medžiagų įtaka radionuklidų pernešimo savybėms. Be to, Fe ir Al buvimas geologinėje aplinkoje koloidų įtaką didina. Ignalinos AE regiono gruntiniame vandenyje aptikti šie koloidus formuojančių komponentų kiekiai: Fe ir Mn – nuo 0,3 iki 3,0 mg/l, C_{org} – nuo 10 iki 40 mg/l [9]. Dėl aukščiau paminėtų priežasčių, radionuklidų sklaidos atliekų šalinimo sistemos komponentėmis vertinimuose reikėtų naudoti konservatyvias sorbcijos koeficientų (K_d) vertes.

3.5 Aikštelės meteorologinės ir klimatinės sąlygos

3.5.1 Oro temperatūra

Duomenys apie IAE regiono vidutines mėnesines ir metines oro temperatūras 2009 – 2018 m. laikotarpyje yra pateikti Lent. 3.2.

Vidutinė metinė temperatūra laikotarpyje 2009 – 2018 m. kinta nuo 6,3 °C 2010 ir 2012 metais iki 7,6 °C 2018 metais. Vidutinė temperatūra -11,9 °C sausio mėn. 2010 m. mažiausia registruota per aprašomą laikotarpį. Vidutinė temperatūra +22,5 °C liepos mėn. 2010 m. yra didžiausia [5].

Vidutinės paskaičiuotos oro temperatūros šalčiausiuoju 5 dienų laikotarpiu yra -27 °C. Absolūtus užregistruotos temperatūros maksimumas yra 36 °C, o absolūtus minimumas yra -40 °C. Skaičiuojamos temperatūros absoliutus maksimumas skaičiuotas su dažniu 1 per 10000 metų yra 40,5 °C ir absoliutus temperatūros minimumas skaičiuojamas 1 per 10000 metų yra -44,4 °C [2].

Lent. 3.2. IEA regiono vidutinės mėnesinės ir metinės temperatūros, °C [5, 6]

Mėnuo Metai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vidutinė metinė
2009	-3,2	-4,2	0,2	8,3	12,4	15,1	18,1	16,1	13,6	4,9	3,5	-3,6	6,8
2010	-11,9	-4,8	-0,5	7,6	14,1	17,0	22,5	19,8	11,5	4,5	3,3	-7,4	6,3
2011	-3,7	-9,6	-0,4	8,3	13,1	18,4	20,6	17,4	13,3	7,0	3,1	1,3	7,4
2012	-4,7	-10,5	0,8	7,4	13,8	15,0	19,4	16,0	12,9	6,5	3,9	-5,4	6,3
2013	-7,9	-3,0	-6,3	4,8	15,8	18,3	18,0	16,7	11,2	7,7	4,1	0,9	6,7
2014	-7,4	-0,2	4,1	7,7	13,1	14,3	19,5	17,3	12,1	5,8	1,3	-2,3	7,1
2015	-1,3	-0,9	3,3	6,6	11,1	15,3	16,8	18,0	12,7	4,4	3,7	2,0	7,6
2016	-8,6	0,7	0,6	6,9	14,1	16,9	18,2	16,7	12,6	4,4	-0,4	-0,8	6,8
2017	-4,8	-3,2	2,2	4,6	11,4	14,5	15,9	16,6	12,7	6,1	2,7	0,3	6,6
2018	-2,4	-7,8	-2,8	9,0	15,2	16,1	19,1	18,1	13,8	7,0	1,5	-2,1	7,1
Minimali	-11,9	-10,5	-6,3	4,1	11,1	14,3	15,9	16,0	11,2	4,4	-0,4	-7,4	6,3
Vidutinė	-5,6	-4,4	0,1	7,1	13,4	16,1	18,8	17,3	12,6	5,8	2,7	-1,7	6,9
Maksimali	0,1	1,2	5,0	10,9	16,5	18,4	22,5	19,8	13,8	7,7	4,1	2,0	7,6

3.5.2 Drėgmė

2009 – 2018 m. laikotarpiui [5, 6]:

- mažiausia santykinės oro drėgmės reikšmė 46,2 % buvo užregistruota 2009 m. balandžio mėn.;
- didžiausia oro santykinės drėgmės reikšmė yra 92,5 % registruota 2012 m. spalio mėn.;
- metinė vidutinė oro santykinė drėgme yra 76,9 % ir kinta nuo 66,7 % 2011 metais iki 82,8 % 2017 metais.

3.5.3 Krituliai

Duomenys apie vidutinius mėnesinius ir metiniu kritulių kiekius IAE regione 2009 – 2018 m. laikotarpyje yra pateikti Lent. 3.3.

Ilgalaikis (1987 – 2018 m.) vidutinis metinis kritulių kiekis yra 688,2 mm. 47 % kritulių iškrenta vasarą (balandžio – spalio mėn.) 53 % nuo lapkričio iki kovo. Mažiausias kritulių kiekis registruotas 2006 sausio mėn. (10 mm), didžiausias (227,8 mm) liepos mėn. 2010 m. Didžiausias metinis kritulių kiekis (1054 mm) registruotas 2017 metais, mažiausias (529,4 mm) registruotas 2008 metais [5].

Lent. 3.3. Vidutinis mėnesinis ir metinis kritulių kiekis, mm, IAE regione [5, 6]

Mėnuo Metai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Suma per metus
2009	43,8	48	32,2	7,4	25,7	126	132,1	49,7	103,9	104,3	68,7	78,9	820,7
2010	22,7	44,5	53,3	47,2	90,8	105,9	227,8	110,8	94	43,7	55,8	105,8	1002,3
2011	64,9	39,8	18,9	15,2	74,8	58,9	108,8	82,6	68,3	29,3	24,4	59	644,9
2012	64,7	47,6	44,3	63,5	49,7	137,3	56,8	69,6	36,2	83,5	93,5	58,2	804,9
2013	42,7	59,9	42,8	27,9	41,9	51,2	102,2	60,9	50,3	32	63,4	26,3	601,5
2014	44,3	41	38,4	36,7	102,9	90,1	50,7	113,4	29,8	52,7	16,2	55,2	671,4
2015	84,6	20,4	24,1	50,9	72,8	15,9	99,4	14,2	117,4	29,5	76,8	40	646,0
2016	41,8	66,6	49,7	61,9	32,2	69,8	162,1	53,2	11,1	112,3	67,1	57,6	785,4
2017	41,1	49,2	89,7	70,8	23,4	87,2	219,7	147,1	113,3	91,9	55,7	64,9	1054
2018	51,7	24,8	24,8	44,7	52,4	58,9	102,3	77,9	52,0	67,4	23,5	61,7	642,1
Minimalus	22,7	20,4	18,9	7,4	23,7	15,9	50,7	14,2	11,1	29,3	16,2	26,3	601,5
Vidutinis	50,2	44,2	41,8	42,6	56,7	80,1	126,2	77,9	67,6	64,7	54,5	60,8	767,3
Maksimalus	84,6	66,6	89,7	70,8	102,9	137,3	227,8	113,4	117,4	112,3	93,5	105,8	1054

3.5.4 Sniego danga

Sniego danga regione išsilaiko apie 100 dienų per metus. Vidutinis sniego dangos storis yra maždaug 16 cm, o maksimalus – 64 cm. Sniego dangos tankis palaipsniui didėja nuo 0,2 iki 0,5 g/cm³ kovo viduryje. Stebėjimo metu nuo 1966 iki 1989 absoliutus registruotas sniego dangos maksimumas 1,2 kN/m². Šis dydis taip pat priimtas IAE pramoninei aikštei [2].

Pagal statybos techninį reglamentą STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ IAE yra priskirta II regionui pagal iškrentančio sniego kiekį. Šiuo atveju specifinė sniego apkrova yra iki 1,6 kN/m² [2].

3.5.5 Vėjas

Vyrauja vėjai, kurių greitis mažesnis nei 7 m/s, tai iliustruoja užregistruoti įvykiai, kurie sudaro daugiau nei 90 % visų stebėtų atvejų.

Užregistruoti atvejai, kai vėjo greitis didesnis nei 10 m/s nėra dažni – mažiau nei 10 atvejų per metus [2].

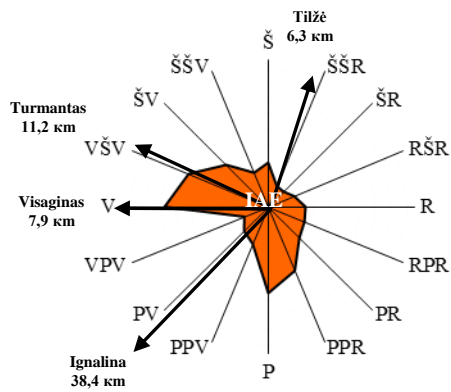
Pagal regioninius vėjo matavimus, darytus 2009 – 2018 metais, žiūr. Lent 3.4, Pav. 3.11, nustatyta, kad dominuoja vakarų ir pietvakarių vėjai. Vyraujančios kryptys nekito žymiai matavimo periodu. Egzistuojančios atmosferos sąlygos yra palankios IAE išmetimų išsklaidymui atmosferoje [2].

Lent 3.4. Vidutinės ir maksimalios vėjo greičio reikšmės, m/s, IAE regione [2, 5, 6]

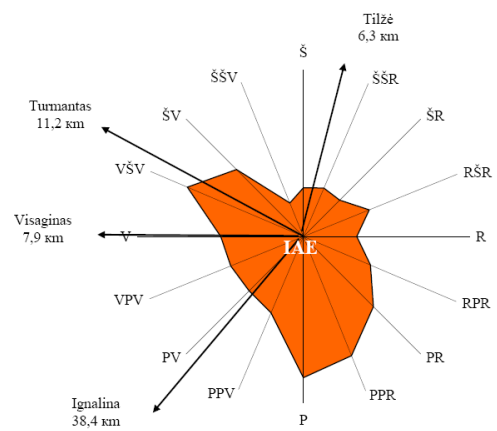
2009 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,1	3,9	4,1	4,2	4,3	4,2	2,8	2,7	2,9	3,2	3,4	3,4
Maksimalus	10,1	8,6	9,4	10,0	10,6	11,0	7,0	6,4	6,9	7,7	7,1	7,8
2010 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,0	2,9	3,6	2,9	3,0	3,1	2,5	2,6	3,2	3,3	3,2	2,8
Maksimalus	6,4	6,1	8,1	6,9	7,0	7,3	6,1	6,6	7,3	7,3	7,3	6,6
2011 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,3	3,4	3,9	3,1	2,9	2,9	2,8	2,7	3,2	3,0	3,1	4,0
Maksimalus	7,5	7,6	8,9	7,2	7,2	7,2	6,7	6,5	7,6	7,0	7,3	9,3
2012 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,2	2,9	3,7	3,2	2,9	3,0	2,6	2,8	3,1	3,0	3,4	3,8
Maksimalus	22,9	16,4	23,3	20,5	19,3	16,0	23,0	22,8	15,7	35,9	15,6	17,9

2013 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,8	3,2	4,1	3,6	3,0	2,8	3,0	2,9	3,3	3,2	3,7	4,3
Maksimalus	22,8	20,9	18,3	21,5	18,3	21,8	16,7	22,8	18,0	16,3	23,5	21,1
2014 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,1	3,6	3,9	3,1	3,5	3,3	2,9	3,3	2,8	3,4	3,3	3,5
Maksimalus	16,3	21,4	25,5	21,9	16,2	15,6	14,6	16,7	15,8	14,4	12,5	20,7
2015 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	4,3	3,1	3,9	4,0	3,3	3,1	3,3	2,8	2,9	3,0	3,5	4,2
Maksimalus	31,1	15,7	14,9	21,8	16,2	14,1	23,4	18,1	17,5	15,8	17,8	23,3
2016 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,2	4,2	3,1	3,4	2,9	3,4	3,1	3,1	2,7	4,1	3,9	3,8
Maksimalus	21,5	23,3	23,6	16,3	15	16,5	18,5	15,8	17,6	25,1	21,5	19,9
2017 m.												
Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,5	3,5	3,3	3,4	2,8	3,7	4,8	3,0	3,4	3,7	3,5	3,6
Maksimalus	22,2	16,9	25,9	22,1	16,8	19,1	18,5	15,7	17,8	34,6	16,4	27,4
2018 m.												
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vėjo greitis, m/s												
Vidutinis	3,7	2,7	3,6	4,1	3	3,2	3	2,7	3,2	3,4	3,2	3,2
Maksimalus	20,3	19,8	14,1	18,8	14,8	18,2	23,8	16,6	19,8	20	15,4	23,4

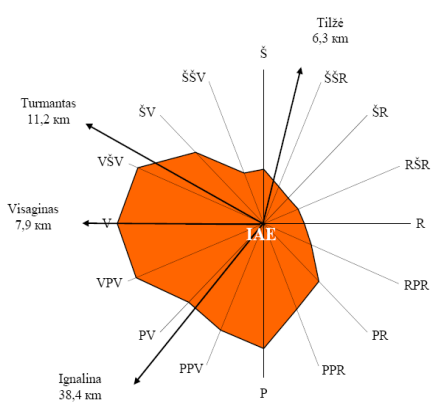
2009



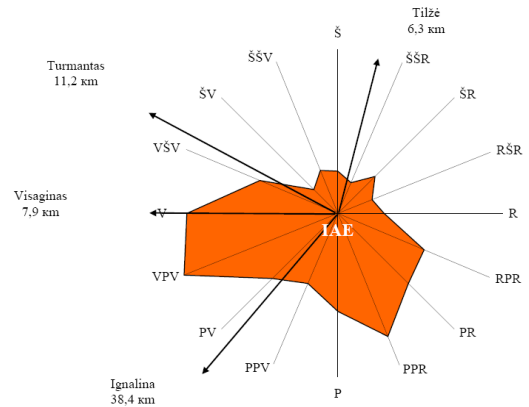
2010



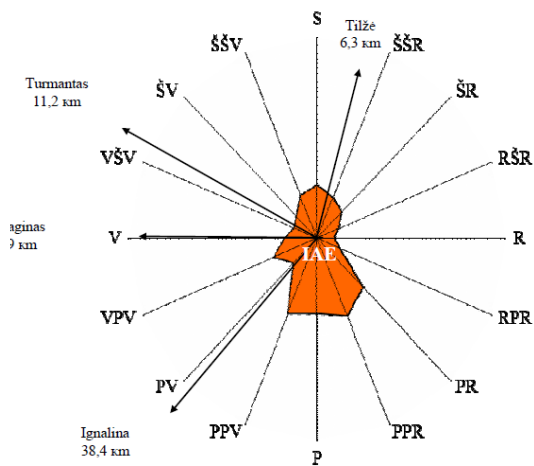
2011



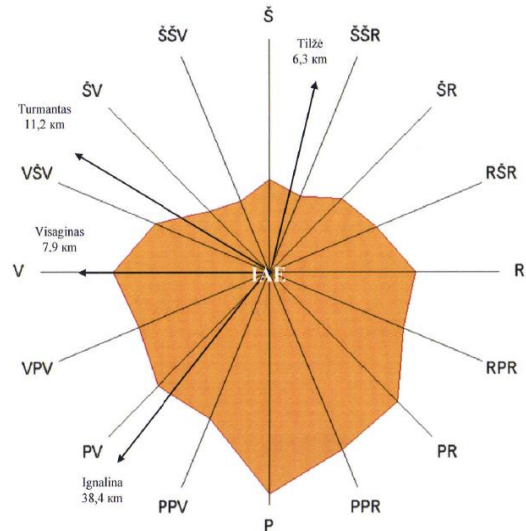
2012



2013

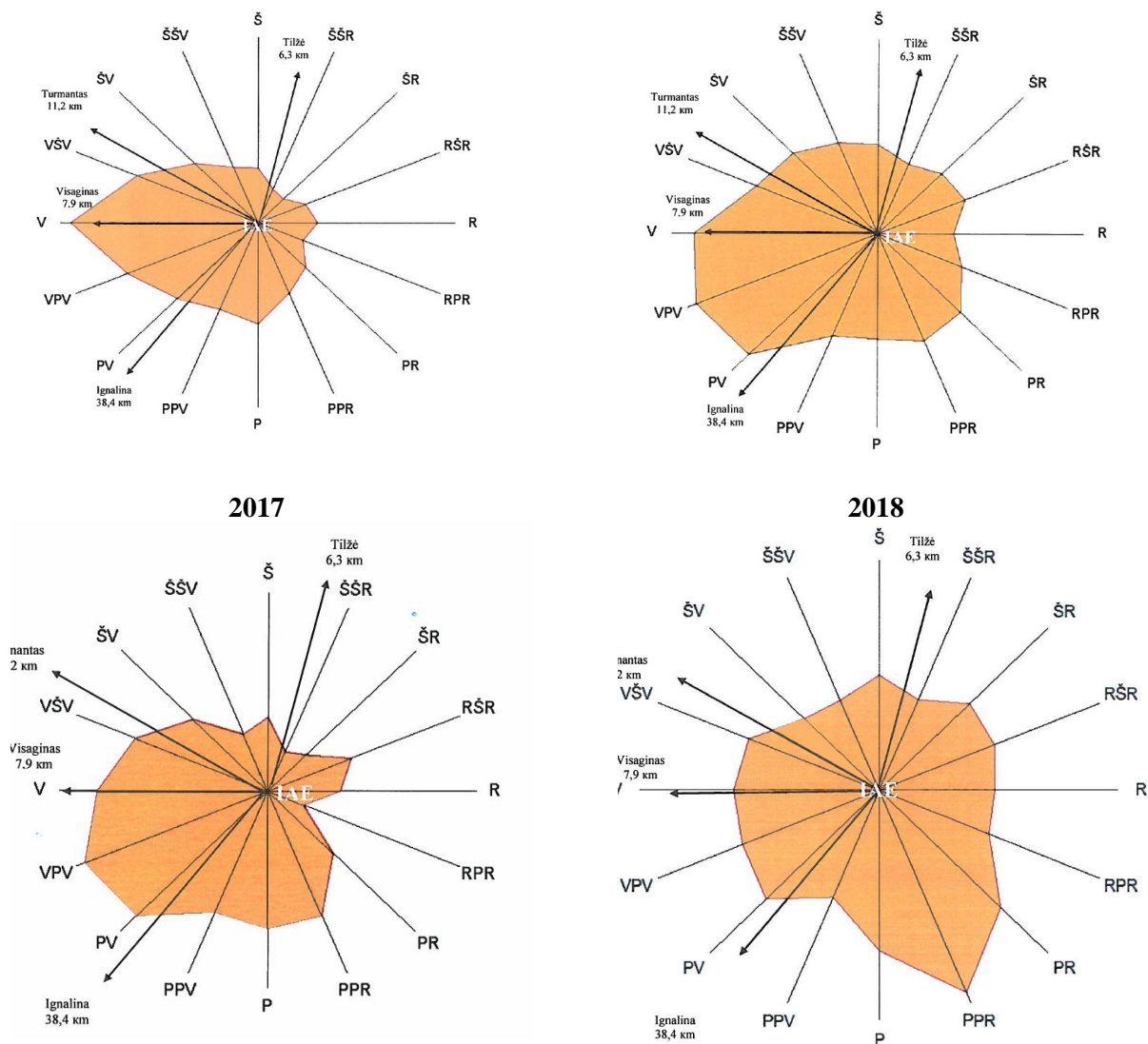


2014



2015

2016



Pav. 3.11. IAE regione vyraujančios vėjų kryptys (vėjo kryptis – nuo IAE) [2, 5, 6]

3.5.6 Ekstremalūs įvykiai (uraganai, viesulai)

2009 – 2018 metais kontroliuojamoje IAE zonoje registruoti šie stiprūs vėjai [2, 5, 6]:

- trys įvykiai su vėjo greičiu didesniu nei 30 m/s: 2012 m. spalio mėn. – 35,9 m/s, 2015 m. sausio mėn. – 31,1 m/s, 2017 m. spalio mėn. – 34,6 m/s;
- keturi įvykiai su vėjo greičiu didesniu nei 25 m/s: 2014 m. kovo mėn. – 25,5 m/s, 2016 m. spalio mėn. – 25,1 m/s, 2017 m. kovo mėn. – 25,9 m/s, 2017 m. gruodžio mėn. – 27,4 m/s.

Kontroliuojamoje IAE zonoje 2009 – 2018 m. laikotarpyje registruotas vidutinis vėjo greitis nuo 2.5 iki 4,8 m/s. Stiprūs vėjai, kurių greitis didesnis nei 30 m/s sudaro 1,5 %, daugiau nei 25 m/s – 3 %, daugiau nei 20 m/s – 20 % [2, 5, 6].

IAE aikštelės aplinkoje pasitaikančių viesulų stiprumas neviršija F-2 klasės pagal Fujita klasifikaciją F-2 klasės viesulų tikimybė 1 km² plote yra lygi 1 įvykiui per 61 667 metų. F-1 klasės viesulų tikimybė yra 1 įvykis per 43 023 metus. F-0 klasės viesulų tikimybė yra 1 įvykis per 10 000 metų [2].

Viesulų sezonas prasideda balandžio mėn. pabaigoje ir baigiasi pirmoje rugsėjo pusėje. Viesulų judėjimo kryptis 75 % atvejų yra iš pietvakarių į šiaurės rytus. Vidutinis viesulų trajektorijos ilgis yra apie 20 km ir kinta nuo 1 iki 50 km. Vidutinis viesulo plotis yra 50 m ir kinta nuo 10 iki 300 m. Skaičiuotas viesulo didžiausias greitis yra 39 m/s ir pasitaiko kartą per 10 000 metų [2].

3.5.7 Klimatinės sąlygos

IAE regionas yra kontinentinėje Rytų Europos klimato zonoje. Viena iš pagrindinių šio regiono klimato ypatybių yra ta, kad virš jo nesiformuoja oro masės. Ciklonai dažniausiai susiję su poliariniu frontu, tuo sudarydami pastovų oro masių judėjimą. Jie formuojasi Atlanto vandenyno vidutinėse platumose ir juda virš Rytų Europos iš vakarų į rytus, o IAE regionas dažnai atsiduria ciklonų, atnešančių drėgną jūros orą, kelių sankirtoje. Kadangi jūros ir žemyno oro masių kaita dažna, regiono klimatas yra pereinamasis – nuo Vakarų Europos jūrinio klimato iki Eurazijos žemyninio klimato [8].

Regiono mastu klimato sąlygos priklauso nuo atstumo iki Baltijos jūros. Dėl oro srautų įsiveržimo iš artimiausių geografinių zonų rytiniai Lietuvos regionai (t. y. IAE regionas), palyginus su vakarinėmis dalimis, apibūdinami didesniais metiniais temperatūrų pokyčiais, šaltesnėmis ir ilgesnėmis žiemomis su gausesne sniego danga ir šiltesnėmis, bet trumpesnėmis vasaromis [2].

IAE regiono meteorologinių sąlygų analizė buvo neseniai padaryta ruošiant IAE 1 bloko periodinės saugos analizės ataskaitą. Išvada yra tokia, jog nėra pastebėta jokių ypatingų meteorologinių sąlygų pokyčių [8].

Pagrindiniai meteorologiniai parametrai, aprašantys Lietuvos klimatą antroje 20 amžiaus pusėje (stebėjimo periodo 1961-1990 vidutinės reikšmės), pateikti Lent. 3.5.

Lent. 3.5. Pagrindiniai Lietuvos klimato parametrai [2]

Parametras, vienetai	Reikšmė
Saulės spinduliavimas, MJ/m ²	3 690
Vandens temperatūra, °C:	
Mėnesio vidurkis (laikotarpiu 1961-1990 m.)	5,5–7,0
Sausis	-6,5– -2,8
Balandis	4,5–6,2
Liepa	16,1–17,5
Spalis	6,3–9,0
Debesuotumas (metinis vidurkis laikotarpiu 1961-1990 m.), klasė	6,7–7,2
Krituliai, mm:	
Metinis vidurkis (periode 1961-1990)	550–900
Vasaros sezonu (Balandis–Spalis)	375–525
Žiemos sezonu (lapkritis–kovas)	175–350
Sniego paklodės trukmė, dienos	70–105

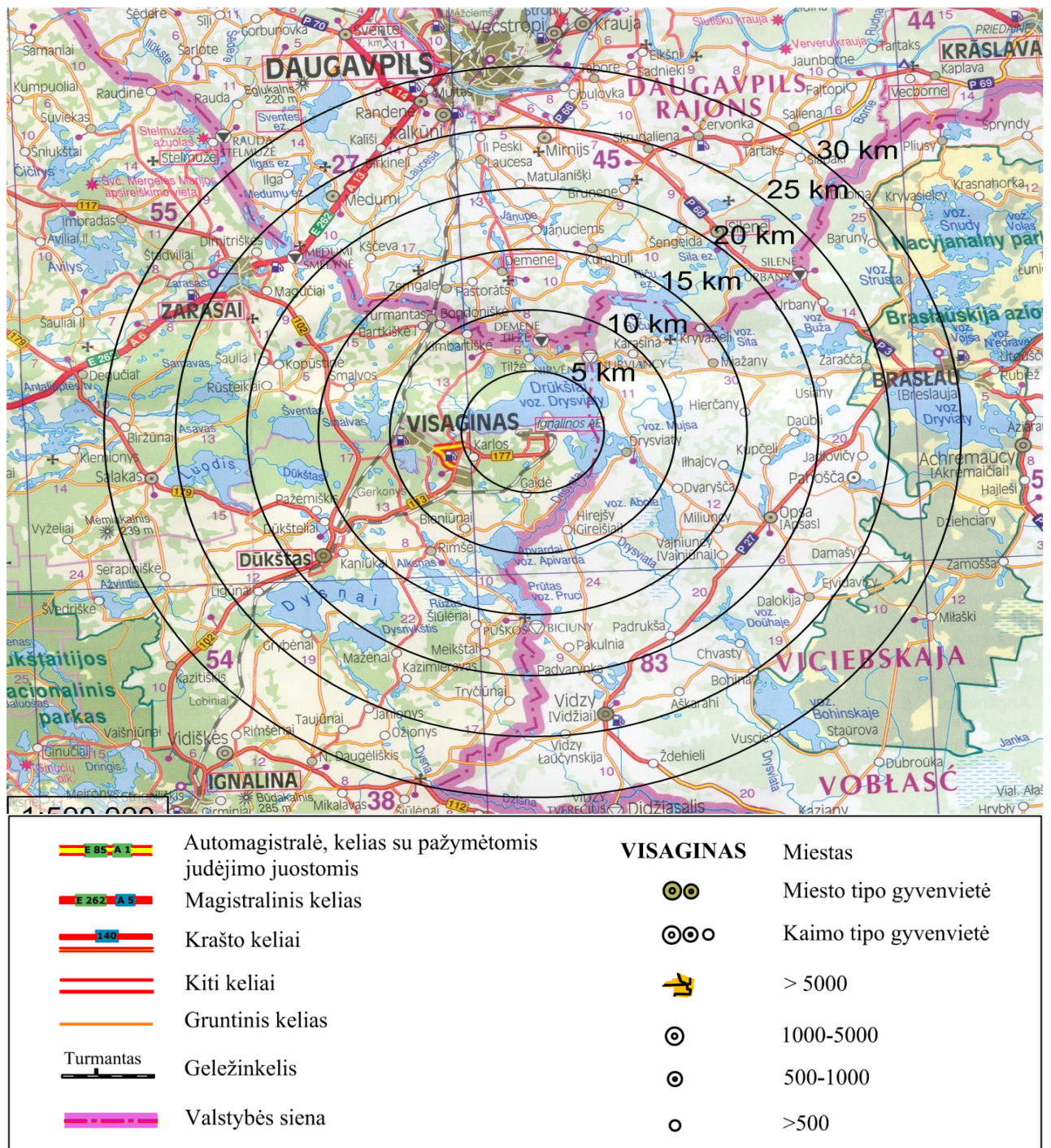
4. REGIONO DEMOGRAFINIAI DUOMENYS IR SOCIALINĖ EKONOMINĖ APLINKA

Oficialiosios statistikos portaluose skelbiama, kad 2018 metais IAE regione bendras gyventojų skaičius (įskaitant Visagino savivaldybę (58 km²), Ignalinos rajoną (1 447 km²) ir Zarasų rajoną (1 334 km²)) buvo 49 548 (Visagine 18 514 žmonių ir Ignalinos bei Zarasų rajonuose 15 366 ir 15 668 žmonių atitinkamai). Tai sudaro apie 4,3 % Lietuvos teritorijos ir 1,8 % bendro gyventojų skaičiaus.

Į 30 km spindulio zoną yra įtraukti ir apie 38 000 Daugpilio (Latvija) gyventojų, kadangi 30 % Daugpilio teritorijos yra 27–30 km atstumu nuo Ignalinos AE (Pav. 4.1). 30 km spinduliu gyventojų tankumas yra maždaug 48 žmonės/km². Tai yra mažiau nei nominalus gyventojų tankumas Lietuvoje, kuris yra lygus 56,7 žmonės/km². Faktiškai gyventojų tankumas IAE regione yra vienas iš mažiausių Lietuvoje. Sanitarinės apsauginės zonos ribose (R = 3 km) nėra nei sodybų, nei gyventojų. Visaginas yra artimiausias miestas apie 8 km atstumu nuo IAE. Gyventojų pasiskirstymo regione 30 km spinduliu duomenys yra pateikti Lent. 4.1 ir Pav. 4.1.

Lent. 4.1. Gyventojų pasiskirstymas (tūkstančiai) IAE regione 30 km zonoje (2007 m.) [2]

Segmento kryptis Rato spindulys, km	Š	ŠR	R	PR	P	PV	V	ŠV	Gyventojų skaičius	
									žiede	rate
30 km	27,9	0,6	6,3	1,0	1,2	1,7	1,7	0,7	39,9	99,3
25 km	0,9	0,7	1,8	1,8	3,3	1,1	1,0	6,1	16,9	58,4
20 km	0,3	0,2	1,0	0,9	0,9	2,0	0,6	0,5	6,4	41,7
15 km	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	0,2	0,7	4,7	35,3
10 km	0,3	0,4	0,5	0,3	0,7	0,3	27,7	0,2	30,4	30,6
5 km	27,9	0,6	6,3	1,0	1,2	1,7	1,7	0,7	39,9	99,3
3 km	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Iš viso segmente	29,6	2,5	10,2	4,6	6,9	6,0	31,2	8,3	Iš viso 99,3	



Pav. 4.1. Gyventojų pasiskirstymas 5, 10, 15, 20, 25 ir 30 km zonose [2]

Pagrindiniai IAE regiono demografiniai rodikliai 2018 metais pateikti Lent. 4.2.

Lent. 4.2. Pagrindiniai demografiniai IAE regiono rodikliai 2018 metais

Rodiklis	Ignalinos rajonas	Zarasų rajonas	Visagino rajonas	IAE rajonas (vidurkis)
Gyventojai jaunesni nei 15 metų, %	11,1	12,3	15,0	12,8
Gyventojai 15-44 metų, %	29,9	30,3	26,0	28,7
Gyventojai 45-64 metų, %	31,6	32,3	40,9	34,9
Gyventojai 65-74 metų, %	12,7	11,9	11,0	11,9
Gyventojai vyresni nei 75 metų, %	14,9	13,3	7,2	11,8
Migracija (vidinė ir išorinė) 2018 metais, žmonių sk.	-258	-193	-176	-209
Natūralus gyventojų skaičiaus pasikeitimas 2017 metais	-157	-110	-28	-89

5. VEIKSNIAI, GALINTYS TURĖTI ĮTAKOS ATLIEKYNO SAUGAI

5.1 Ūkinė veikla aplinkoje

Ūkiniu požiūriu [2] IAE regionas yra nepakankamai išvystytas Lietuvos regionas (išskyrus Visagino miestą). Regione dominuoja mažai intensyvus žemės ūkis ir miškininkystė (pvz., gyvulininkystės intensyvumas yra apie 1,4 karto mažesnis nei vidutinis Lietuvoje).. IAE regione dominuoja mažai intensyvūs žemės ūkis ir miškininkystė. Daugiausia užsiimama gyvulininkyste ir daržovių auginimu pardavimui[3]. Regione nerasta svarbių mineralų (išskyrus kvarco smėlį). Mažmeninės prekybos apyvarta regione yra 1,5 karto, o paslaugų apimtis daugiau nei 2,5 karto mažesnė nei šalies vidutinė. Prie IAE yra didelių ir vidutinių įmonių ir organizacijų Visagino mieste, žr. Lent. 5.1 [2].

Lent. 5.1. Įmonės ir organizacijos, įsteigtos Visagine

Nr.	Pavadinimas	Personalo kiekis (apdraustieji)	Kategorija
1.	UAB "Visagino linija"	791	Didelė
2.	UAB "Visatex"	549	Didelė
3.	Visagino ligoninė	327	Didelė
4.	Visagino savivaldybė	210	Vidutinė
5.	UAB "Visagino energija"	192	Vidutinė
6.	UAB "Visagino būstas"	136	Vidutinė
7.	UAB "Kogus"	142	Vidutinė
8.	Visagino poliklinika	90	Vidutinė

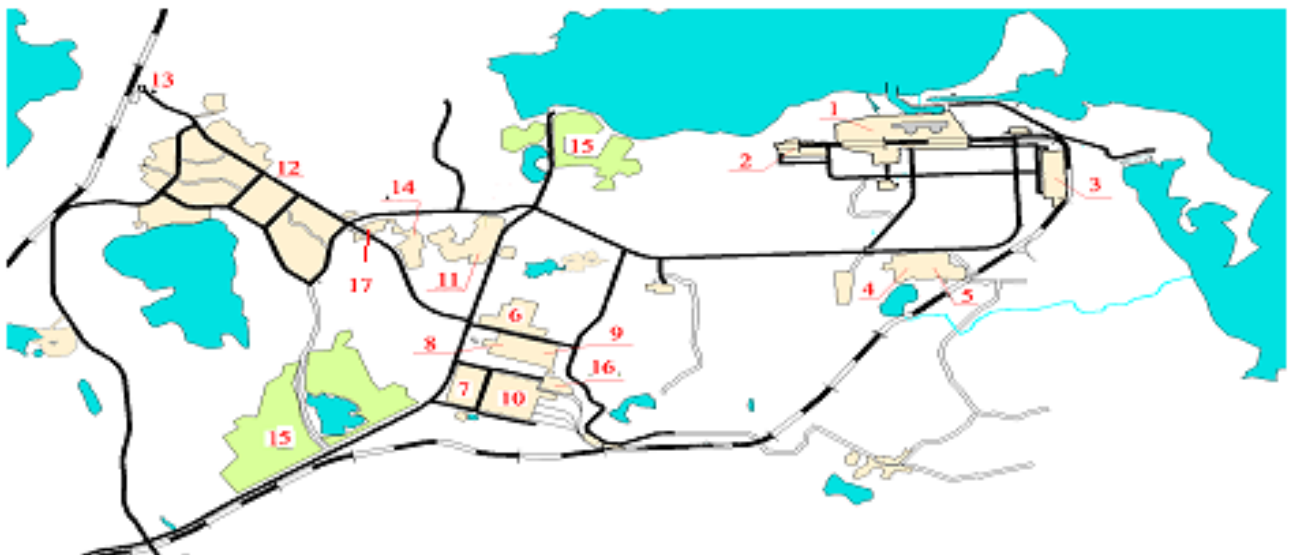
Visagino miesto darbo jėga yra urbanistinio tipo turintys geresnį išsilavinimą ir įvairesnio pobūdžio profesinį pasirengimą. Ignalinos ir Zarasų rajonuose dominuoja kaimiško tipo darbo jėga – senesnio amžiaus, turintys žemesnį išsilavinimą ir nedidelio įvairumo profesinį pasirengimą.

Lent. 5.2 yra pateikti skaičiai darbingo amžiaus gyventojų ir pensininkų IAE regione pagal Statistikos departamento prie LR Vyriausybės duomenis.

Lent. 5.2. Darbingi gyventojai ir pensininkai IAE regione [2]

Regionas	Darbingo amžiaus žmonės (18 -64 m. amžiaus)	Pensininkai (65 m. ir didesnio amžiaus)
Ignalinos rajonas	8 964	4 226
Zarasų rajonas	9 321	3 935
Visagino rajonas	11 939	3 366

Aplink IAE didelių komercinių įmonių nėra. Apytiksliai 5 km atstumu pietvakarių kryptimi nuo IAE yra buvusi karinė bazė, autotransporto skyriai, katilinė, o apytiksliai 6 km atstumu yra miesto autotransporto skyrius, statybinė bazė, baldų gamykla („Visagino linija“) bei drabužių siuvykla („Visatex“). Visagino miestas yra apytiksliai 8 km atstumu į vakarus nuo IAE žr. Pav. 5.1 [2].



Pav. 5.1. Gyvenamųjų ir komercinių objektų panorama [2]:

1 – IAE aikštelė, 2 – atviroji paskirstymo sistema, 3 – sandėliai, 4 – nutekamųjų vandenų valymo įrenginiai, 5 – Visagino autotransporto skyrius, 6 – miesto tiekimo bazė, 7 – miesto autotransporto skyrius, 8, 9 – autotransporto skyriai, 10 – statybinė bazė, 11 – sveikatos klinika, 12 – Visagino miestas, 13 – geležinkelio stotis, 14 – miesto transformatorinė, 15 – poilsio zona, 16 – katilinė, 17 – drabužių siuvykla VISATEX.

Planuojama ūkinė veikla bus vykdoma pramoninėje IAE aikštelėje. IAE esamoje sanitarinės apsaugos zonoje nėra pastoviai gyvenančių gyventojų, ūkinė veikla joje ribojama.

Jokios įtakos socialinei-ekonominei aplinkai ar žymių jos pasikeitimų nenumatoma.

5.2 Antžeminis ir oro transportas

5.2.1 Keliai

Artimiausias plentas yra už 12 km į vakarus nuo KATSK. Šis plentas jungia Ignalinos miestą su Zarasais ir Dūkštu, iš jo taip pat yra išvažiavimas į Kauno-Sankt Peterburgo plentą. Įvažiavimas į plentą iš pagrindinio nuo IAE einančio kelio yra netoli Dūkšto miestelio (Pav. 5.2). Kelio atkarpa nuo Ignalinos AE iki Dūkšto yra maždaug 20 km ilgio [2].

Iš Visagino miesto yra du įvažiavimai į pagrindinį kelią Dūkštas – Zarasai. Pirmas eina per poilsio paslaugų centrą – 6 km atstumu; kitas yra arčiau Dūkšto – 14 km atstumu. Išvažiavimas iš IAE teritorijos yra galimas taip pat per vietinį kelių tinklą pietų kryptimi link Gaidės ir Rimšės [2].



Pav. 5.2. Kelių ir geležinkelių tinklas [2]

5.2.2 Geležinkelis

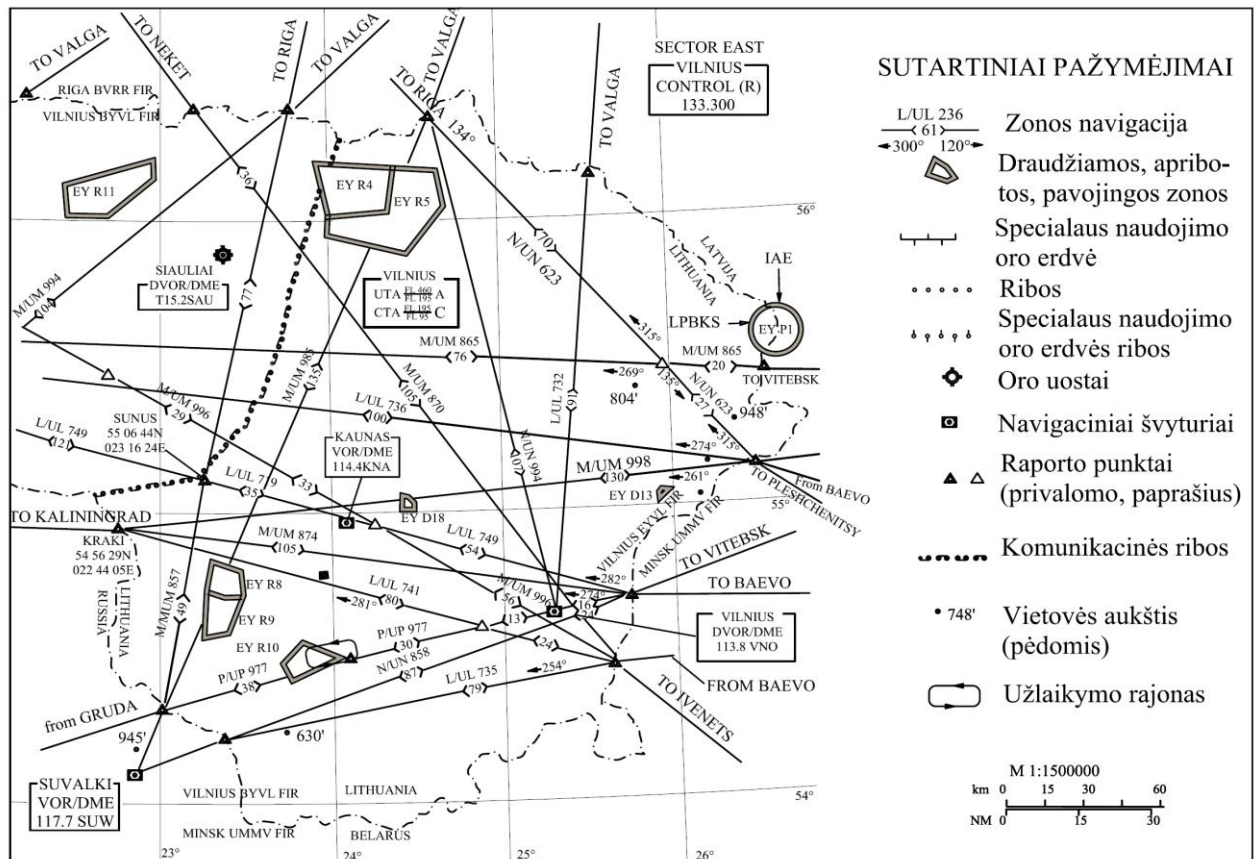
Pagrindinė geležinkelio magistralė Vilnius – Turmantas praeina už 9 km į vakarus nuo IAE. Taip pat yra vienvėžė geležinkelio atšaka nuo IAE iki Dūkšto (Pav. 5.2).

5.2.3 Oro koridoriai

Pro Lietuvos Respublikos oro erdvę praeina virš 20 tarptautinių oro linijų (Pav. 5.3). Šalies teritorijoje veikia 30 civilinių, karinių ir mišrios paskirties aerouostų. Artimiausi aerouostai yra Daugpilyje (50 km pietų kryptimi nuo IAE) ir Vilniuje (130 km pietvakarių kryptimi nuo IAE) [2].

Lietuvoje nustatytos 3 neskraidymo zonos, virš kurių skrydžiai yra draudžiami. Tai 5,4 mylių (10 km) teritorija virš IAE, 3 mylių teritorijos virš Jonavos gamyklos „Achema“ ir virš Mažeikių naftos perdirbimo gamyklos. Be to, nustatytos 8 zonos, susietos su 5 teritorijomis, virš

kurių skrydžiai yra apriboti (didesne dalimi tai susiję su kariniais tikslais). Taip pat išskirtos 7 pavojingos zonos, susiję su teritoriniais kariniais veiksmais (kariniai poligonai). Šios zonos sukonzentruotos šiaurinėje ir pietrytinėje (Jonava–Marijampolė–Alytus) Lietuvos dalyse (Pav. 5.4) [2].

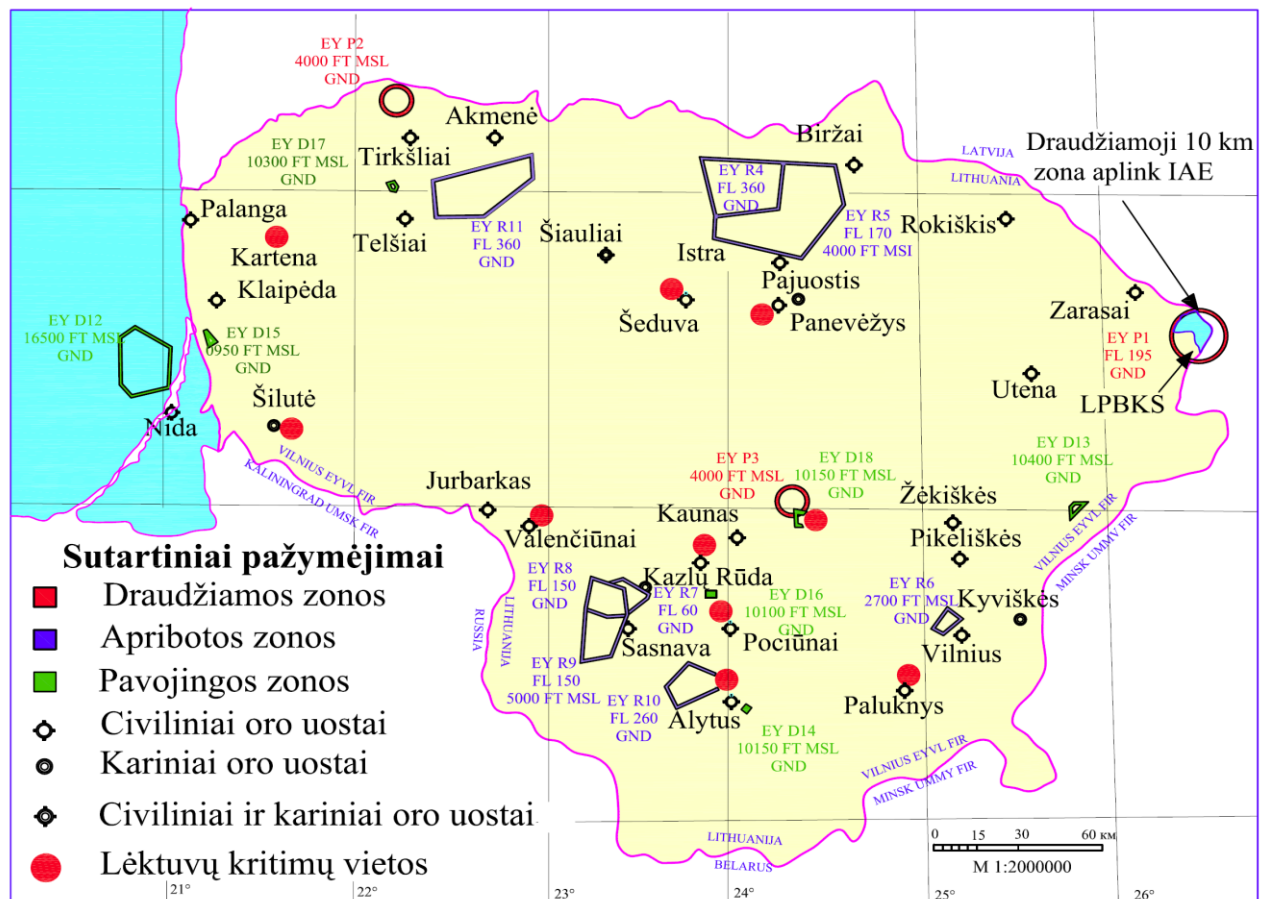


Pav. 5.3. Lietuvos Respublikos oro linijos [2]

Kaip matyti iš Pav. 5.3, mažiausias aerouostų tinklas yra Lietuvos šiaurės-vakarų ir šiaurės-rytų dalyse. Daugiausia aerouostų sukonzentruota Vilniaus–Kauno–Marijampolės ir Panevėžio–Palangos teritorijose [2].

Oro linija M865 per dieną vidutiniškai praskrenda 1 ar 2 civiliniai lėktuvai (Airbus A319, Airbus A320, ATR 72-210, Avro RJ100, Boeing 737-300, Boeing 737-500, Boeing 737-800, Bombardier CRJ200, Bombardier CRJ900, Bombardier Dash 8 Q400, Embraer E-170, Embraer E-175, Embraer E-190, Fokker 100, Fokker 70, Saab 2000). Minimalus atstumas nuo oro linijos iki IAE yra 10–15 km. Oro linija virš Baltarusijos Respublikos teritorijos per dieną vidutiniškai praskrenda 6 civiliniai 900 km/h greičiu. Minimalus atstumas nuo oro linijos iki IAE yra 15–20 km [2].

Pagal civilinės aviacijos administracijos duomenis per praėjusį dešimtmetį Lietuvos teritorijoje įvyko 40 lėktuvų avarių. Dauguma šių avarių įvyko aerouostų ir aeroklubų apylinkėse. Šios avarijos nepakenkė pastatams žemėje. Didieji lėktuvai, kertantys Lietuvos oro erdvę ir čia besileidžiantys, niekada nepatyrė jokių avarių [2].



Pav. 5.4. Lietuvos oro uostai, draudžiamos, apribotos ir pavojingos zonos [2]

5.2.4 Vamzdynai

Dujotiekio linija jungia Visagino miestą su IAE šildymo katiline. Vamzdyno ilgis yra apie 12 km. Mažiausias atstumas tarp dujų vamzdyno ir pastato 158 yra apie 150 m. Dujų debitas vamzdyne yra 4000 m³/h, vamzdžių skersmuo – 180 mm ir slėgis vamzdyne – 6 barai [2].

Dujotiekio atšakoje tarp naujosios IAE šildymo katilinės ir naujosios garo boilerinės yra įrengtos avarinės sklendės. Atstumas tarp šių sklendžių yra 8,5–9 km. Sklendžių uždarymas avariniu atveju (slėgio sumažinimas) įvyksta per vieną minutę [2].

Šilumos tiekimo magistralinis vamzdynas jungia IAE su Visagino miestu. mažiausias atstumas tarp šiluminės trasos vamzdyno ir 150 pastato yra apytiksliai 50 m, tarp vamzdyno ir

pastato 158 apytiksliai 110 m. Vamzdyno skersmuo yra 800 mm, slėgis vamzdyne – 16 kg/cm² ir temperatūra – 128 °C [2].

6. PROGNOZUOJAMI APLINKOS POKYČIAI

Pagal VATESI reikalavimų [1] nuostatas, galimų aplinkos pokyčių potencialaus poveikio planuojamam atliekynui įvertinimui šiame skyriuje yra pateikta natūralių (gamtinių) paviršiaus procesų, galinčių vykti aikštelėje, prognozė taip pat identifikuoti aikštei būdingi išoriniai, sąlygoti žmogaus veiklos, veiksniai ir procesai.

6.1 Paviršiaus gamtiniai procesai

Pagal TATENA sukurtą savybių, įvykių ir procesų (*angl.* FEPs) sisteminės analizės metodiką [10] (išsami analizė bus atlikta ruošiant preliminarią saugos analizės ataskaitą) išoriniai veiksniai, kurie potencialiai galėtų daryti poveikį planuojamam atliekynui, yra susiję su gamtiniais geologiniais procesais ir jų poveikiu bei klimatiniais procesais ir įvykiais.

Šiame projekto etape, aplenkiant išsamią FEPs analizę, tik procesai, kurie, tikėtina, sąlygotų sunkias pasekmes, susijusias su planuojamo branduolinio įrenginio sauga, yra nagrinėjami šioje ataskaitoje, būtent žemės drebėjimas, grunto sėdimas bei ekstremalūs atmosferiniai krituliai ir potvynis.

Pagal ataskaitos [11] duomenis seisminis pavojus nėra labai didelis, nes galimi seisminiai šaltiniai yra pakankamai toli. Tačiau, nepaisant, kad atliekynas suprojektuotas taip, kad atlaikytų VII balų žemės drebėjimą, priimama hipotezė, kad žemės drebėjimas galėtų turėti įtakos atliekyno vientisumui ir tokiu būdu pagreitinti bitumuotų RA (bitumo kompaundo) drėgmės sugėrimą, o tuo pačiu ir radionuklidų išskyrimą į aplinką. Šis atvejis yra nagrinėjamas šios ataskaitos poveikio įvertinimo skyriuje. Identiškos pasekmės, t. y., atliekyno inžinerinių barjerų pažeidimas, gali atsirasti ir dėl po statinio pamatais galimo intensyvesnio gamtinių gruntų judėjimo (nors ataskaitoje [13] konstatuota, kad saugyklos sėdimas stabilizavosi ir sudaro nedaugiau nei 1 mm per metus). Tačiau priimama, kad žemės drebėjimas – konservatyvus atvejis, t.y., staigus ir didesnius sugriovimus sąlygojantis įvykis.

Kalbant apie klimato pokyčius regiono ir aikštelės mastu po išsamios analizės [12] padaryta išvada, kad per trumpą arba vidutinės trukmės laikotarpį dabartinių sąlygų priėmimas šiam

laikotarpiui būtų konservatyvus, nes dėl padidėjusio bendro išgaravimo (tai lemia aukštesnė temperatūra) ir sumažėjusio kritulių kiekio vidutinis prasiskverbiantčio vandens kiekis sumažėtų. Palyginus paskutinių dešimtmečių atmosferinių kritulių duomenis su turimais praeito šimtmečio duomenimis, stebimas išaugęs ekstremalių reiškinų skaičius. Kadangi atmosferinių kritulių kiekio padidėjimas tiesiogiai susijęs su vandens infiltracijos intensyvumu per aeracijos zoną išaugimu, šis atvejis yra išanalizuotas šios ataskaitos poveikio vertinimo skyriuje.

Geomorfologiniai pokyčiai dėl ledyno atsitraukimo nenagrinėjami, nes aptariamas laikotarpis yra trumpesnis. Numatoma, kad kitas ledynmetis gali prasidėti po 60 000 – 100 000 metų (maksimaliai po 180 000 metų). Iki to laiko radionuklidų srautas iš atliekyno būtų nereikšmingo dydžio.

6.2 Žmogaus veiklos įtaka

Geologinių tyrimų metu aikštelė yra išsamiai ištirta ir apibūdinta. Nei aikštelėje, nei jos apylinkėse gamtinių išteklių nerasta. Gręžinių atveju bus pašalinta tik maža dalis medžiagų ir geologinės aplinkos suardymas bus ribotas. Taigi, šis atvejis toliau nenagrinėjamas.

Paviršiaus kasinėjimai – tai bet kokia paviršiaus aplinkoje atliekama žmogaus veikla, kuri gali paveikti inžinerinius barjerus. Paprastai analizuojami tokie kasinėjimo darbai, kaip gyvenamųjų, industrinių pastatų statyba, transportavimo kelių tiesimo darbai. Tipinės veiklos, kurios numatomos pasibaigus aikštelės institucinės priežiūros laikotarpiui, ir yra analizuojamos – tai kelio tiesimas bei apsigyvenimas aikštelės teritorijoje. Šių veiklų metu į paviršių galimai bus iškastos atliekos arba užteršta žemė, dėl to įsibrovėliai patirs radiacinę apšvitą. Šis atvejis yra įvertintas šios ataskaitos poveikio vertinimo skyriuje.

Šalinamose atliekose nėra sprogstamųjų medžiagų, o atliekyno konstrukcija neleidžia kauptis dujoms. Taigi į analizę įtraukti tik išorinių susidūrimų ir sprogamų ir atvejai. Prie jų priskiriamos lėktuvo kritimo avarijos. Lėktuvo kritimas kaip rimčiausia ir daugiausiai žalos galinti atnešti avarija nagrinėjama šios ataskaitos poveikio vertinimo skyriuje.

Hidrologinė bei hidrogeologinė aikštelės situacija yra išsamiai aprašyta aikštelės apibūdinimo skyriuose. Atliekų saugyklos pertvarkymo į atliekyną metu (įskaitant šalia esančių statinių ir su jais susijusių sistemų nugriovimą) labai tikėtina, kad bus pakeistas aikštelės vandens balansas, apimantis ir aikštelės drenažo sistemą. Nustojus funkcionuoti drenažo sistemai aikštelėje

tikėtinas potvynio kilimas. Todėl mažiausiai palankus potvynio atvejis yra nagrinėjamas šios ataskaitos poveikio vertinimo skyriuje.

7. VEIKSNIAI, SĄLYGOJANTYS POVEIKĮ APLINKAI IR ŽMOGUI RADIACINĖS SAUGOS POŽIŪRIU

7.1 Šalinamų radioaktyviųjų atliekų savybės

Pagal Eskiziniame projekte pateiktus pasiūlymus [13] atliekyne bus talpinamos bitumuotos RA (t. y. šalinamos devyniuose kanjonuose jau esančios atliekos), o į likusius tris tuščius kanjonus – smėlio-žvyro RA iš IAE reaktorių zonos. Žemiau pateiktas planuojamų šalinti atliekų savybių aprašymas.

7.1.1 Bitumuotos RA

7.1.1.1 Atliekų kilmė

Nudrenuotas vanduo iš 101 (reaktoriaus pastato), 130, 150 (skystų atliekų garinimo ir bitumavimo), 156 (specialiosios skalbyklos) ir 159 pastato surenkamas į saugojimo talpyklas 151, 154 ir 154A/B pastatų komplekse. Talpyklų parką sudaro 12 iš betono pastatytų ir apkaltų nerūdijančiu plienu talpyklų. Šešiose 1500 m³ talpos talpyklose kaupiamas:

iš reaktoriaus priežiūros zonų nudrenuotas vanduo;

vanduo iš specialiosios skalbyklos;

kondensatas iš garinimo įrenginių;

panaudotos jonų pakaitos dervos ir perlitas.

Šešiose 5000 m³ talpos talpyklose daugiausia būna apdorotas vanduo, kuris pakartotinai tiekiamas į reaktorių.

Vanduo iš priimančių talpyklų 151 pastate tiekiamas į vieną iš dviejų tarpusavyje sujungtų garinimo įrenginių, esančių 150 pastate. Šiame pastate taip pat yra bitumavimo įrenginys. Garintuve nudrenuotas vanduo garinamas tol, kol druskos koncentracija pasiekia 130 g/l. Po to koncentratas toliau koncentruojamas pakartotinio garinimo įrenginyje, kol pasiekiami 360-390 g/l druskos koncentracija. Po nusėdimo garintuvo koncentratas tiekiamas į vieną iš dviejų ekstruderio tipo bitumavimo įrenginių. Bitumo mišinys, kuriame druskų koncentracija siekia apie 40% (pagal masę), perkeliamas į bitumuotų atliekų saugojimo pastatą 158.

7.1.1.2 Atliekų klasė

Pagal naująją atliekų klasifikavimo sistemą [23] bitumuotos RA priskiriamos B ir C klasių kietosioms radioaktyviosioms atliekoms [24], t.y. trumpaamžėms mažo ir vidutinio aktyvumo radioaktyviosioms atliekoms. Pagal radioaktyviųjų atliekų tvarkymo reikalavimus [23], B ir C klasių RA turi būti palaidotos paviršiniame atliekyne. Tikimasi, kad bitumuotos IAE eksploatavimo nutraukimo atliekos priklausys C klasės radioaktyviosioms atliekoms. Tai yra konservatyvi prielaida.

7.1.1.3 Fizinės savybės

Šiuo metu atliekų bitumavimo procese naudojamas BND 90/130 bei BDUS 70/100 tipo grynas bitumas. Anksčiau buvo naudojamas BND 60/90 tipo bitumas. Gryno bitumo fizinės savybės yra pateiktos Lent. 7.1. Bitumuotų RA fizinės savybės yra duotos Lent. 7.2.

Lent. 7.1. Gryno (neužteršto) bitumo fizinės savybės [26, 27, 28]

Parametras ir jo matavimo vienetai	Vertė bitumo tipui		
	BND 90/130	BND 60/90	BDUS 70/100
0,1 mm skersmens adatos prasiskverbimo gylis esant 25 °C, mm	90 – 130	61 – 90	71 – 100
0,1 mm skersmens adatos prasiskverbimo gylis esant 0 °C, mm, ne mažiau	28	20	23
Suminkštinimo temperatūra pagal žiedą ir rutulį, ne mažiau, °C	43	47	43 – 51
Taşumas, esant 25 °C, cm, ne mažiau	65	50	110
Taşumas, esant 0 °C, cm, ne mažiau	4	3,5	3,7
Trapumo temperatūra, °C, ne daugiau	-17	-15	-15
Užsidegimo temperatūra, °C, ne mažiau	230	230	240
Užsiliepsnojimo temperatūra, °C, ne mažiau	300	300	300
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, ne mažiau, °C	380	380	380
Drėgnis, %	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2
Tankis, kg/m ³	940	940	940
Darbinė temperatūra, °C	100 – 125	100 – 125	100 – 125
Darbinis slėgis, kg/cm ²	3 – 7	3 – 7	3 – 7

Lent. 7.2. Bitumuotų RA fizinės savybės [25]

Parametras ir jo matavimo vienetai	Vertė
Druskų dalis atliekose, %	35-45
Drėgnis, %	0,5-2
Tankis, kg/m ³	1 155-1 215
Darbinė temperatūra (transportavimo temperatūra), °C	100-129
Darbinis slėgis, kg/cm ²	1-2

Priimta, kad vidutinė bitumuotų RA tankio vertė yra 1 200 kg/m³ [25].

7.1.1.4 Ilgalaikės savybės

7.1.1.4.1 Radiolizė

Dėl radiolizės susidariusių dujų kiekis priklauso nuo bitumo tipo, dozės galios ir sugertosios dozės [27]. Esant dideliame bitumuotų atliekų aktyvumui, jose dėl radiolizės vyksta dujų išsiskyrimas, kurių 95 % sudaro vandenilis [27]. Eksperimentiniu būdu nustatyta, kad:

- esant sugertosios dozės vertei mažesnei, nei 0,1 MGy, radiolizės efektas dujų susidarymui, išbrinkimui, kietėjimui, įšilimui ir atsparumo išplovimui pokyčiams – nežymus.
- esant sugertosios dozės vertei 0,1-2 MGy intervale, dujų išsiskyrimas turi būti įvertintas bitumuotų atliekų pakavimo metu, pavyzdžiui, užtikrinama galimybė dujoms laisvai išeiti iš pakuotės ir paliekama pakankamai papildomos erdvės dėl atliekų išbrinkimo. Bitumuotų atliekų pakuotės mechaninės savybės ar atsparumas išplovimui kinta nežymiai.
- kai sugertosios dozės vertės dar didesnės (2-10 MGy intervale), atliekų išbrinkimas bus pakankamai didelis.

Ataskaitoje [29] buvo nustatyta, kad apšvitos dozė, atitinkanti 158 statinyje esančių atliekų nuklidinę sudėtį, yra kelias dešimtis kartų mažesnė už aukščiau nurodytą, todėl priimta, kad išbrinkimas nevyksta.

Priėmus konservatyvias prielaidas, dokumente [30] buvo įvertinta, kad saugyklos kanjonuose esančiose bitumuotose atliekose vandenilio susidarymas dėl radiolizės – nežymus. Remiantis apskaičiavimų rezultatais nustatyta, kad sukelti sprogimą vandenilio koncentracija kanjonuose nesusidarys. Nepaisant to, saugyklos kanjonuose periodiškai (kartą per ketvirtį) atliekami vandenilio matavimai.

Pagal IAE duomenis [31], vandenilio kanjonų ore neaptikta (matavimų duomenimis jis sudaro 0,00 %, o leistina vertė yra 0,4 %).

Tačiau priimant, kad dujų susidarymo galimybė bitumuotose atliekose išlieka, planuojamo atliekyno koncepcijoje yra numatytas dujų nuvedimo ir pasišalinimo sluoksnis (žr. 7.6 lent.)

7.1.1.4.2 *Biologinis irimas*

Biologinio irimo greitis paprastai būna mažas [27]. Ypatingai tai būdinga anaerobinėms sąlygoms (kurios, kaip numatoma, vyraus planuojamame atliekyne). Todėl tikėtina, kad biologinio irimo įtaka radionuklidų išsiskyrimo iš bitumo matricos greičiui bus nedidelė [27]. Tą patvirtina ir gamtinio bitumo bei gamtinio bitumo analogų ilgalaikio stabilumo tyrimai, nurodantys, kad bitumas išlieka stabilus ilgiau nei $10^4 - 10^7$ metų [27]. Padaryta išvada, kad mikroorganizmų poveikis ilgalaikėms bitumuotų atliekų savybėms gali būti nežymus [27].

7.1.1.4.3 *Senėjimas*

Pagrindinis senėjimo poveikis pasireiškia tuo, kad bitumas tampa kietesnis ir trapesnis, o tai gali sąlygoti trūkinėjimą [27]. Numatoma, kad svarbiausias senėjimo procesas trumpalaikėje perspektyvoje yra oksidacija [27]. Tačiau atliekyno sąlygos tam nėra palankios (tamsa ir anaerobinė aplinka). Deguonis gali prasiskverbti tik į ploną netoli matricos paviršiaus esantį sluoksnį. Bitumo matricos tūris, kurį veikia oksidacija, yra mažas palyginus su tūriu, kurį veikia vandens sugėrimas. Priešingai nei oksidacija, bitumo kietėjimas, kurį sukelia molekulių perskirstymas ar angliavandenilių garavimas, vyksta visame bitumo tūryje [27]. Iš pradžių vandens sugėrimo greičiui kietėjimo procesas neturi įtakos, tačiau bitumui kietėjant ir atliekoms brinkstant gali sumažėti gebėjimas deformuotis [27]. Medžiagoje gali atsirasti mažų įtrūkimų [27]. Tai savo ruožtu padidina vandens sugėrimo, brinkimo ir radionuklidų išsiskyrimo greitį. Senėjimo proceso įtaka bitumo matricai ilgalaikėje perspektyvoje nežinomas [27].

7.1.1.4.4 *Vandens sugėrimas*

Nepaisant to, kad bitumas yra hidrofobinė medžiaga, vanduo gali būti transportuojamas į bitumo matricą [36]. Šis procesas paprastai apibūdinamas kaip vandens garų difuzija. Vandens sugėrimas vyksta ne tik vandens prisotintose sistemose, bet ir drėgname ore [27]. Gryname bitume vandens sugėrimas yra nereikšmingas. Tačiau, kadangi bitumuojamos atliekos dažnai yra higroskopiškos (pvz., druskos), egzistuoja varomoji jėga vandens garams patekti į bitumo matricą [27]. Atliekos vienalytėje bitumo fazėje pasklinda dalelių forma. Vandens garai į atliekų daleles gali

pasklisti per jas supantį bitumo sluoksnį. Kai atliekų dalelės absorbuoja vandenį, jos pradeda brinkti [27].

Galimas brinkimas bus glaudžiai susijęs su naudojamu atliekų apdorojimo procesu [27]. Paprastai neįmanoma įvertinti brinkimo, neatliekant bandymų su realiomis atliekomis [27].

Dalelių brinkimas gali turėti keletą pasekmių [27]:

- matricoje susidarys vidiniai įtempiai;
- gali išaugti bitumo matricos dydis;
- atstumas tarp dalelių ir tuo pačiu bitumo sluoksnio storis tarp jų gali sumažėti.

Kai susigers pakankamas vandens kiekis, susidarys atviras susisiekiantis poringumas [27].

Tai gali įvykti dviem būdais [27]:

- vidinės įtampos sąlygoja įtrūkių ir plyšių susidarymą;
- atliekų dalelės gali didėti tol, kol ims liestis viena su kita.

Vandens sugėrimo procesas priklauso daugiausia nuo atliekų kiekio matricoje, atliekų sudėties ir bitumo tipo. Kiti veiksniai, darantys įtaką vandens sugėrimui, yra atliekyno sąlygos, pvz., temperatūra, medžiagos, supančios matricą, ir tūris, kuris gali išbrinkti. Įtrūkimai ir atviros poros lemia didesnę vandens pernašą į matricą [27]. Buvo nustatyta, kad bitumuotose atliekose sugerto vandens kiekis yra proporcingas laiko kvadratinei šakniai [27]. Ataskaitoje [27] išanalizuoti duomenys rodo, kad vandens sugėrimas turėtų būti labai lėtas procesas, todėl turėtų praeiti daug laiko, kol prasiskverbęs vanduo ženkliai paveiktų atliekas matricoje.

7.1.1.4.5 Išplovimas

Sąvoka „išplovimas“ daugiausia vartojama nurodant bitumo matricoje imobilizuotų radioaktyviųjų komponentų išsiskyrimą [27]. Išsiskyre radionuklidai gali būti ištirpę arba jie gali sorbuoti, nusėsti ar sudaryti kompleksus [27]. Radionuklidų geba difunduoti nepažeistame bitume yra nežymi. Todėl porų arba įtrūkimų tinklas matricoje yra būtinas, kad išsiskirtų nuklidai [27]. Kaip aptarta ankstesniuose skyriuose, yra keli tokio atviro poringumo susidarymo mechanizmai. Kai susiformuoja susisiekiantis poringumas, radionuklidai ištirpsta ir difuzijos būdu išsiskiria iš bitumo matricos [27]. Galima laikyti, kad didelio tirpumo radionuklidai garintuvo koncentrate išsiskiria tuo pačiu greičiu, kaip didelio tirpumo druskos [27]. Mažai tirpūs radionuklidai ir nuklidai mažai tirpiose druskose gali likti porų sistemoje ilgą laiką. Supaprastintame modelyje galima nustatyti du skirtingus atvejus [27]:

- didelio tirpumo radionuklidų išsiskyrimą lemia atvirų porų susidarymo greitis.

- mažai tirpių radionuklidų ir nuklidų mažai tirpiose druskose išsiskyrimą lemia radionuklidų tirpimo greitis.

Išsiskyrimo greitis priklauso nuo bitumo rūšies, atliekų rūšies, atliekų įkrovimo, nuklidų tūrinio aktyvumo tirpale ir visų veiksnių, įtakančių radionuklidų gebą difunduoti (pvz., temperatūros). Kompleksų susidarymas gali padidinti išsiskyrimo greitį. Priešingai, radionuklidų sorbcija bitume arba netirpiose druskose ją sumažins [27]. Radionuklido gebą būti išplautam charakterizuoja jo išplovimo greitis. Kuo mažesnis išplovimo greitis, tuo sunkiau nuklidas išsiskiria iš matricos. Išplovimo greitis paprastai būna didesnis iš kieto bitumo sudarytoms bitumo matricoms, nei sudarytosioms iš minkšto bitumo [27]. Išplovimo greitis didėja, augant mineralizacijos laipsniui. Taip gali būti dėl plonesnio druskos kristalus supančio bitumo sluoksnio, didėjant druskos kiekiui [27]. Remiantis eksperimentų duomenimis įvertinta, kad iš 200 litrų statinės su bitumuotu koncentratu Na^+ ir NO_3^- bus išplauti atitinkamai mažiau nei per 13000 ir 20000 metų [27]. Mažo tirpumo nuklidams išplovimo greitis bus netgi mažesnis [27].

7.1.1.4.6 Dujų susidarymas

Pagal bendrą susitarimą priimta, kad vertinant saugą būtina atsižvelgti į tris galimus žymaus dujų išsiskyrimo atliekynuose šaltinius [32]. Tai:

- a) metalų (plieno) korozija;
- b) organinių medžiagų mikrobinis irimas; ir
- c) radiolizė.

Aplinkoje, kurioje nėra ištirpusio deguonies, gali vykti vandenilį išskirianti korozija, kurios metu reaguojant geležiai su vandeniu susidaro magnetitas ir vandenilio dujos (bendroji reakcija: $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2(\text{d})$). Ši reakcija prasidės tik tada, kai aerobinė korozija arba kita tokia deguonį naudojanti reakcija, kaip mikrobinis irimas, sunaudos deguonį, kuris bus atliekyne po jo uždarymo. Pradžioje plieno anaerobinė korozija vyksta gana greitai, bet, paviršiui pasidengus plonu magnetito sluoksniu, sparčiai lėtėja. Po keleto tūkstančio valandų, netgi agresyviausiame vandenyje anaerobinės plieno korozijos sparta siekia apie $0,1 \mu\text{m}/\text{metus}$ [33]. Esant didžiausiai išmatuotajai ilgalaikės korozijos spartai, vandenilio dujų išsiskyrimo greitis siekia apie $0,5 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{metus})$ [33]. Griežtai anaerobinės sąlygos kanjone yra mažai tikėtinos, kadangi į atliekyną patekusiame gruntiniame vandenyje bus ištirpusio deguonies. Be to, betono armatūrą nuo korozijos saugo cemento ir plieno kontaktiniame paviršiuje vykstančios cheminės reakcijos ir jų metu plieno paviršiuje susidarantis apsauginis sluoksnis bei didelio šarmingumo (didelės pH reikšmės)

sąlygojamas pasyvumas, o taip pat betono danga, skirianti nuo aplinkos. Taigi, galimybė, kad vyks anaerobinė korozija ir išsiskirs vandenilio dujos, yra labai maža.

Vandenilis yra puikus energijos šaltinis daugeliui mikroorganizmų [34] ir jiems dalyvaujant gali reaguoti su įvairiais junginiais (pvz., sulfidais, azotu, nitritais, metanu, acetatais ir įvairiais kitais organiniais junginiais). Be to, organinių junginių sintezės metu daugeliui vandenilio naudotojų anglies dioksidas yra anglies šaltinis. Bendrai galima tikėtis išsiskiriant tam tikro dujų kiekio (vandenilio ar anglies dioksido), tačiau, kaip pastebėta literatūroje [35], mikrobiologinis bitumo irimas bus lėtas ir nereikšmingas procesas.

Dujų išsiskyrimas dėl bitumuotų atliekų radiolizės aptartas ankstesniame, 7.1.1.4.1 skyrelyje.

Susidariusių dujų pašalinimui numatytas smėlio sluoksnis (žr. [13]).

7.1.1.5 Kiekiai

Atliekų kiekiai kanjonuose atitinkamais jų užpildymo laikotarpiais pateikti Lent. 7.3.

Lent. 7.3. Kanjonų užpildymo eiga ir atliekų kiekiai [15]

Kanjono Nr.	Užpildymo laikotarpis	Tūris, m ³
UF44B01	1987 – 1989 vasaris	1 963
UF44B02	1989 vasaris – 1990 rugpjūtis	2 054
UF59B01	1991 gegužė – 1991 gruodis	844
UF44B03	1992 sausis – 1994 birželis	1 964
UF44B04	1994 birželis – 1996 liepa	1 745
UF45B01	1996 rugsėjis – 2001 balandis	2 002
UF45B02	2001 gegužė – 2006 lapkritis	1 862
UF59B03	2006 lapkritis – 2007 gegužė	1 950
UF59B02	2015 – 2017 birželis	38
Iš viso:		~14 422¹⁾

¹⁾ Įskaitant bitumo tūrį, naudojamą apsauginiams apatiniams ir viršutiniams sluoksniams.

1989 –2017 m. laikotarpiu saugykloje sukaupta apie 14 422 m³ bitumuotų RA.

7.1.1.6 Aktyvumai

Duomenys apie bitumuotų radioaktyviųjų atliekų nuklidinę sudėtį bei jų aktyvumą pateikti Lent. 7.4. Radionuklidų aktyvumai įvertinti 2015 m. gruodžio 31 dienai., t. y. iki kada buvo vykdomas atliekų dėjimas į kanjonus.

Iš lentelės matyti, kad bendrąjį atliekų aktyvumą daugiausiai lemia ^{137}Cs radionuklido aktyvumas, lygus $2,48\text{E}+14$ Bq.

Lent. 7.4. Deklaruojamų radionuklidų aktyvumai užpildytuose 158 statinio kanjonuose, įvertinti 2015 m. gruodžio 31 d. [15]

Radio nuklidas	Bendrasis aktyvumas (Bq) kanjonuose									
	UF44B01	UF44B02	UF59B01	UF44B03	UF44B04	UF45B01	UF45B02	UF59B03	UF59B02	Suma
^{14}C	1,17E+10	1,63E+10	6,14E+09	1,49E+10	1,38E+10	1,71E+10	1,80E+10	2,11E+10	3,57E+08	1,19E+11
^{60}Co ¹⁾	3,10E+09	5,64E+09	2,85E+09	9,28E+09	1,21E+10	2,66E+10	6,75E+10	2,18E+11	8,77E+09	3,53E+11
^{59}Ni	2,78E+08	3,88E+08	1,46E+08	3,54E+08	3,29E+08	4,07E+08	4,29E+08	5,03E+08	8,49E+06	2,84E+09
^{63}Ni	3,13E+10	4,35E+10	1,64E+10	3,97E+10	3,70E+10	4,57E+10	4,82E+10	5,65E+10	9,53E+08	3,19E+11
^{90}Sr	1,05E+10	1,46E+10	5,52E+09	1,34E+10	1,24E+10	1,54E+10	1,62E+10	1,90E+10	3,21E+08	1,07E+11
^{94}Nb	6,10E+09	8,49E+09	3,20E+09	7,75E+09	7,21E+09	8,92E+09	9,40E+09	1,10E+10	1,86E+08	6,23E+10
^{99}Tc	8,85E+09	1,23E+10	4,64E+09	1,12E+10	1,05E+10	1,29E+10	1,36E+10	1,60E+10	2,70E+08	9,03E+10
^{129}I	1,44E+07	2,01E+07	7,57E+06	1,83E+07	1,71E+07	2,11E+07	2,22E+07	2,61E+07	4,40E+05	1,47E+08
^{134}Cs ¹⁾	1,88E+07	5,47E+07	4,58E+07	2,55E+08	6,13E+08	4,03E+09	5,16E+10	1,17E+12	1,55E+11	1,38E+12
^{137}Cs ¹⁾	2,41E+13	3,35E+13	1,26E+13	3,06E+13	2,85E+13	3,52E+13	3,71E+13	4,35E+13	7,34E+11	2,46E+14
^{234}U	7,96E+04	1,11E+05	4,18E+04	1,01E+05	9,41E+04	1,16E+05	1,23E+05	1,44E+05	2,43E+03	8,13E+05
^{235}U	5,22E+03	7,26E+03	2,74E+03	6,63E+03	6,17E+03	7,63E+03	8,04E+03	9,43E+03	1,59E+02	5,33E+04
^{238}U	2,33E+04	3,25E+04	1,22E+04	2,96E+04	2,76E+04	3,41E+04	3,60E+04	4,22E+04	7,11E+02	2,38E+05
^{237}Np	4,50E+05	6,26E+05	2,36E+05	5,71E+05	5,32E+05	6,58E+05	6,93E+05	8,13E+05	1,37E+04	4,59E+06
^{238}Pu	1,27E+07	1,76E+07	6,64E+06	1,61E+07	1,50E+07	1,85E+07	1,95E+07	2,29E+07	3,86E+05	1,29E+08
^{239}Pu	1,12E+07	1,56E+07	5,87E+06	1,42E+07	1,32E+07	1,64E+07	1,73E+07	2,02E+07	3,41E+05	1,14E+08
^{240}Pu	1,41E+07	1,96E+07	7,40E+06	1,79E+07	1,67E+07	2,06E+07	2,17E+07	2,55E+07	4,30E+05	1,44E+08
^{241}Pu	1,04E+09	1,44E+09	5,44E+08	1,32E+09	1,23E+09	1,52E+09	1,60E+09	1,88E+09	3,16E+07	1,06E+10
^{241}Am	6,83E+08	9,50E+08	3,58E+08	8,67E+08	8,07E+08	9,98E+08	1,05E+09	1,23E+09	2,08E+07	6,97E+09
Bendras:	2,42E+13	3,36E+13	1,26E+13	3,07E+13	2,86E+13	3,53E+13	3,73E+13	4,50E+13	9,00E+11	2,48E+14

¹⁾ Tiesiogiai matuojamas radionuklidas (atraminis radionuklidas)

7.1.2 Smėlio-žvyro RA

7.1.2.1 Atliekų kilmė ir kiekis

Reaktoriaus šachta, kurios skerspjūvis yra 21,6 x 21,6 m tarp didžiojo ir mažojo vandens bakų (išorinis skersmuo 19,0 m) ir šachtos sienų (11,6 m aukščio) užpildyta smėlio-žvyro mišiniu [13].

Pagal pateiktus duomenis smėlio-žvyro mišinio tūris per abu blokus yra apie 5 000 m³. Įvertinus projekcinį 1 300 kg/m³ smėlio tankį tai sudarytų apie 6 500 tonų [13].

7.1.2.2 Atliekų fizinės savybės

Realiai bandymais nustatytas smėlio-žvyro tankis, yra didesnis (dėl didesnio drėgnumo, dėl stambesnių smėlio-žvyro frakcijų) todėl tikėtina jo masė būtų apie 8 300 tonų. Tokiu atveju realus išmatuotas smėlio-žvyro tankis yra apie 1 650 kg/m³ [13].

7.1.2.3 Atliekų radiologiniai duomenys

1-ojo bloko atliekų (betono, smėlio, serpentinito) radiologiniai tyrimai atlikti dar 2012 metais. Pagal IAE pateiktus duomenis smėlio-žvyro bandinių radiologiniai matavimai parodė [13], kad:

- yra smėlio užpildymo netolygumas pagal aukštį 0,4-1,5 m ir radiologinių parametru padidėjimas paviršiniame 0,5 m sluoksnyje;
- bendrai gama spinduliuotės ekvivalentinė dozės galia (EDG) neviršija 0,16 μSv/h, lokaliai maksimalios reikšmės siekia 2,8 μSv/h ir 0,24 μSv/h;
- smėlio bandiniuose yra gamtiniai (natūralūs) radionuklidai su tokiais aktyvumais: K-40 – 706,13 Bq/kg, Ra-226 – 15,74 Bq/kg, Th-232 – 19,35 Bq/kg;
- pagrindiniai technogeniniai radionuklidai yra Cs-137 ir Co-60;
- daugelio bandinių pagrindinių technogeninių radionuklidų aktyvumai yra: Co-60 – 12,71 Bq/kg ir Cs-137 – 32,03 Bq/kg;
- paviršiniame 0,5 m smėlio sluoksnyje Co-60 aktyvumas siekia 28 060 Bq/kg ir Cs-137 – 1 043 Bq/kg.

2-ojo bloko atliekų (betono, smėlio, serpentinito) radiologiniai tyrimai atlikti 2018 metų pabaigoje. Pagal IAE ataskaitoje pateiktus duomenis smėlio-žvyro bandinių radiologiniai matavimai parodė [13], kad:

- gama spinduliuotės ekvivalentinė dozės galia neviršija 0,16 μSv/h;
- smėlio bandiniuose yra pagrindiniai gamtiniai (natūralūs) radionuklidai su tokiais aktyvumais: K-40 – 540,04 Bq/kg, Ra-226 – 29,4 Bq/kg, Th-232 – 24,56 Bq/kg;
- pagrindiniai technogeniniai radionuklidai yra Cs-137 ir Co-60;
- prie didesnių EDG pagrindinių technogeninių radionuklidų aktyvumai yra: Co-60 – 12,25 Bq/kg ir Cs-137 – 10,68 Bq/kg.

7.1.2.4 Atliekų klasės

Pagal atliktus 1-ojo ir 2-ojo bloko radiologinius matavimus IAE smėlio-žvyro RA pagal naująją atliekų klasifikavimo sistemą klasifikuojamos [13]:

- 1-ajame bloke, kaip sąlyginai neradioaktyvios atliekos (90%), kas atitiktų 0 klasę, o likę 10% priskiriamos A klasei;
- 2-ajame bloke visos smėlio-žvyro atliekos priskiriamos 0 klasei.

Nebekontroliuojamos atliekos (0 klasės) tvarkomos ir šalinamos vadovaujantis BSR-1.9.2-2018 nuostatomis [13].

Labai mažai radioaktyvios atliekos (A klasės) šalinamos paviršiniame atliekyne (LMAA).

7.1.2.5 Atliekų nuklidinis vektorius

Iš radiologio A1 bloko konstrukcijų ir sistemų įvertinimo buvo nustatytas nuklidinis vektorius smėlio atliekoms: neaktyvuoto smėlio konstrukcijos charakterizuojamos šiuo **nuklidų sąrašu**: ^{14}C , ^{36}Cl , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{93m}Nb , ^{94}Nb , ^{93}Zr , ^{99}Tc , ^{110m}Ag , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{135}Cs , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm ; neaktyvuoto smėlio konstrukcijose **nedeklaruojami** ^3H , ^{91}Nb , ^{92}Nb , ^{93}Mo , ^{108m}Ag , ^{133}Ba , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{158}Tb , ^{166m}Ho , ^{232}U , ^{233}U , ^{236}U , ^{242m}Am , ^{243}Am , ^{246}Cm radionuklidai [13].

2018-01-01 datai nustatytas nuklidinis vektorius A1 bloko smėlio užpildui pateikti lentelėje.

Lent. 7.5. 2018-01-01 datai nustatytas nuklidinis vektorius A1 bloko smėlio užpildui [13]

Radionuklidas	Proporcingumo koeficientas
^{14}C	9,80E-03
^{36}Cl	1,00E-03
^{54}Mn	3,50E-02
^{55}Fe	7,20E+00
^{59}Ni	1,10E-01
^{60}Co	1,00E+00
^{63}Ni	1,20E+01
^{65}Zn	5,70E-09
^{90}Sr	3,50E-02
^{93m}Nb	2,80E-01
^{94}Nb	1,10E-02
^{93}Zr	1,10E-02
^{99}Tc	1,60E-04
^{110m}Ag	2,20E-08
^{129}I	2,40E-06
^{134}Cs	1,70E-03

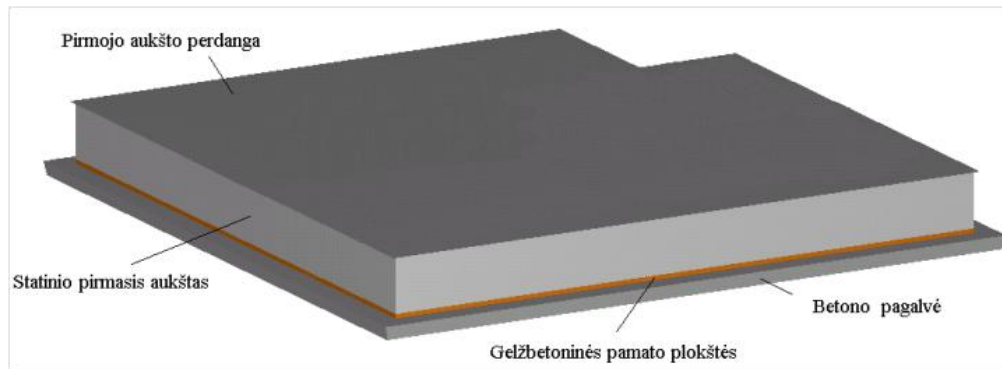
Radionuklidas	Proporcingumo koeficientas
^{135}Cs	3,80E-06
^{137}Cs	8,60E-01
^{234}U	5,10E-07
^{235}U	1,30E-08
^{238}U	1,50E-07
^{237}Np	2,30E-08
^{238}Pu	1,20E-04
^{239}Pu	6,50E-05
^{240}Pu	8,40E-05
^{241}Pu	7,60E-03
^{241}Am	4,90E-04
^{244}Cm	2,80E-04

7.2 Atliekyno aprašymas

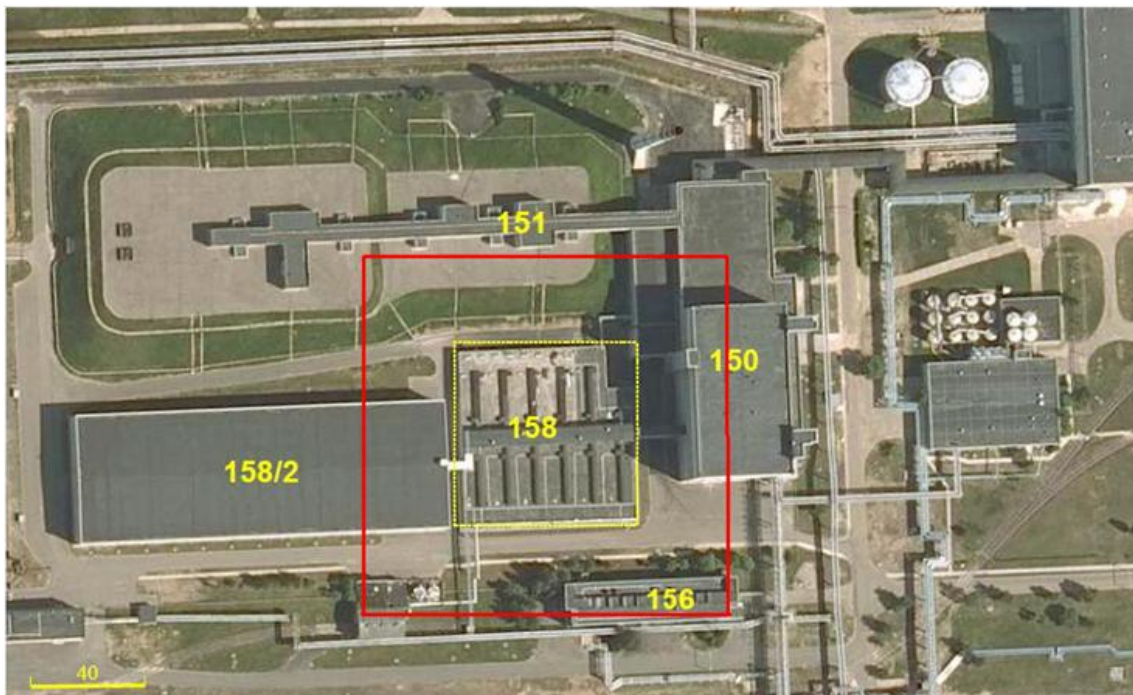
7.2.1 Saugyklos (158 statinio) rekonstravimas ir pertvarkymas į Atliekyną

IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) pertvarkymas į atliekyną apims šias veiklas [13]:

1. Saugyklos remonto darbai ir tinkamos techninės būklės palaikymas Saugyklos remonto darbai ir tinkamos techninės būklės palaikymas (preliminariai 2020 – 2040 m.).
2. Saugyklos pamatinių plokščių apkrovimo išlyginimas (preliminariai 2025 – 2026 m.).
3. Saugyklos visų kanjonų užpildymas (preliminariai 2026 – 2027 m.).
4. Saugyklos II aukšto demontavimas (preliminariai 2026 – 2027 m.) (7.1 pav.).
5. Saugyklos visos perdangos ir visų išorinių sienų padengimas hidroizoliacine danga (preliminariai 2026 – 2027 m.).
6. Saugyklos konservavimas ir jos priežiūra (preliminariai 2027 – 2039 m.).
7. Šalia esamų 150, 151, 156 ir 158/2 pastatų demontavimas (preliminariai 2035 – 2039 m.).
8. Būsimo atliekyno inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) atramų ant statinio 158 perdangos įrengimas (preliminariai 2039 – 2040 m.).
9. Atliekyno inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) įrengimas (preliminariai 2039m – 2040 m.) (7.2 pav.).



7.1 pav. Statinio 158 – bitumuotų RA saugyklos pertvarkymas į atliekyną. Statinio 158 bendras vaizdas demontavus 2-ojo aukšto patalpas (supaprastinta schema) [13]



7.2 pav. Bitumuotų RA saugyklos (statinio 158) pertvarkymas į atliekyną. Raudona linija pažymėta 36 m pločio zona aplink statinį, kurią užims inžinerinis barjeras šlaito nuolydžiui esant 3:1 [13]

Išsamus IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos pertvarkymo į atliekyną pagrindinių veiklų aprašymas yra pateiktas ataskaitoje [13].

7.2.2 Inžinieriniai ir techniniai sprendimai bei priemonių pasiūlymai dėl Saugyklos 7-9 ir 11 kanjonų užpildymo ne bitumuotomis RA

Kuo tolygiau užpildyti statinio 158 (bitumuotų RA saugyklos) kanjonai, tuo tolygiau apkraunamos jos statybinės konstrukcijos, todėl tiek pertvarkant saugyklą į atliekyną, tiek ją užkonservuojant rekomenduotina likusius tuščius kanjonus (7-9 ir 11) užpildyti medžiagomis [13]. Kokias medžiagas (atliekas) būtų galima panaudoti saugyklos užpildymui lemia tokie pagrindiniai faktoriai: esamos saugyklos konstrukcijų mechaninis atsparumas, techninės atliekų patalpinimo galimybės ir galimas RA radiologinis bei toksinis poveikis. Dar viena svarbi saugyklos kanjonų užpildo savybė – kuo mažesnis higroskopiskumas, t. y. gebėjimas absorbcijos arba adsorbcijos būdu iš aplinkos pritraukti vandens molekules, nes Saugyklą aklina užsandarinus dėl jos viduje esančios drėgmės gali suintensyvėti statybinių konstrukcijų senėjimo, armatūros korozijos ir pan. procesai [13].

Iš IAE esamų medžiagų, kuriomis būtų galima užpildyti likusius saugyklos kanjonus, techninėje specifikacijoje [15] nurodyti smėlis, betono atliekos ir serpentinitas.

Smėlis, kaip reaktorių zonos konstrukcinė medžiaga, yra RA su paviršiniu užterštumu. Pagal IAE atliktus ^{60}Co matavimus smėlio RA savitasis aktyvumas yra mažesnis, nei bitumuotų atliekų. Preliminariais skaičiavimais iš abiejų reaktorių jo kiekis sudarytų apie 5000 m³, taigi, juo būtų galima užpildyti šiek tiek daugiau nei 2 tuščius kanjonus iš esamų trijų, nevertinant dalinai užpildyto kanjono Nr. 11. Smėlio RA patalpinimas į kanjonus per Saugyklos perdangoje esančias angas techniškai neturėtų būti labai sudėtingas, problemų galėtų kilti nebent tik baigiamajame etape, kai pro santykinai nedidelę angą pilamą smėlį reikia paskleisti plonu sluoksniu po visą kanjono plotą [13].

Betono atliekos, kaip reaktorių zonos konstrukcinė medžiaga, taip pat priklauso atliekomis su paviršiniu užterštumu, kurių savitasis aktyvumas mažesnis nei bitumuotų atliekų. Šių atliekų kiekiai ir galimi betono nuolaužų dydžiai nėra žinomi. Betono atliekų patalpinimas į kanjonus gali būti problemiškas dėl betono nuolaužų dydžio (jos turi tilpti pro santykinai nedidelę, 0,7×0,7 m ploto angą, be to, bus sunku tokias nuolaužas tolygiai paskirstyti kanjone, ir kuo stambesnės bus nuolaužos, tuo didesni liks oro (gali būti ir drėgno) tarpai tarp jų. Angos padidėjimas gali kelti papildomų problemų kanjonų konstrukciniam stiprumui, todėl šiuo atveju tegalima siūlyti betono atliekas kuo labiau susmulkinti [13].

Serpentinito RA patalpinimas į bitumuotų RA atliekyną būtų sudėtingiausias atvejis, nes pirma, dalis jų yra aktyvuotos RA, ir antra – serpentinitas yra toksinė medžiaga, turinti asbesto.

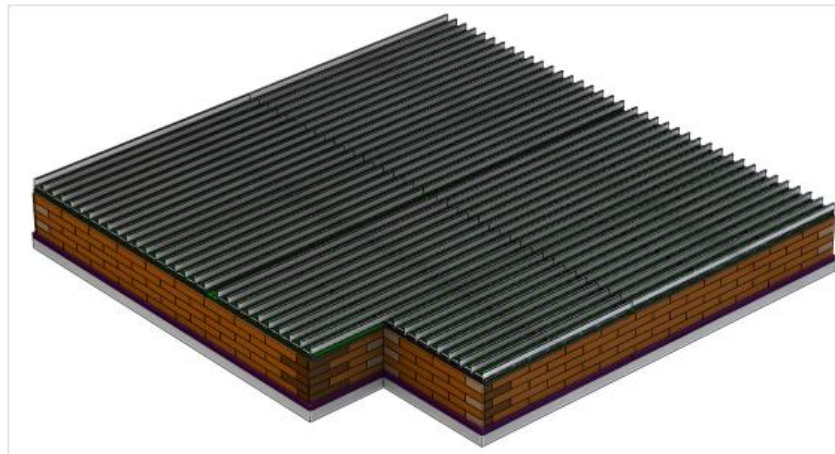
Serpentinio atliekų patalpinimas į kanjonus keltų papildomų problemų dėl padidinto dulkelėjimo ir asbesto plaušelių sklaidos ore, kuris atliekų krovimo į atliekyną metu sukeltų padidintą radiologinį bei toksinį pavojų aplinkai ir žmonėms. Be to, tikėtinas dalinis serpentinito dalelių suirimas, kas sąlygotų papildomą asbesto dalelių susidarymą. Preliminariais duomenimis serpentinito atliekų kiekis galėtų užimti maždaug apie vieną tuščią kanjoną [13].

Šioje ataskaitoje atliekyno sauga yra išanalizuota atvejui, kai į tuščius kanjonus yra sudėtos smėlio-žvyro radioaktyviosios atliekos iš reaktoriaus zonos.

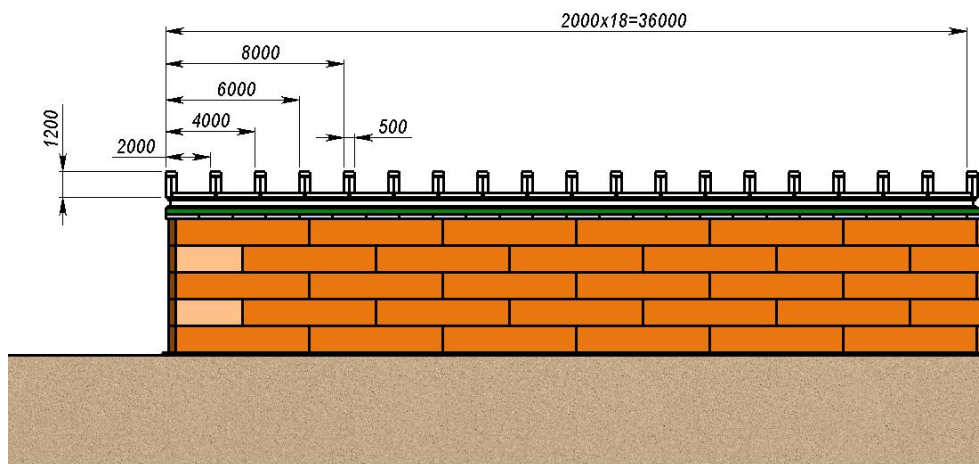
7.2.3 Planuojamo atliekyno aprašymas

Bitumuotų radioaktyviųjų atliekų Saugyklą pertvarkant į atliekyną ant gelžbetoninės statinio 158 viršutinės perdangos būtų įrengiamos plieno-gelžbetonio konstrukcijos (bendras vaizdas parodytas 7.3 pav. a)), kurios laikytų virš statinio įrengtą 5,8 m storio inžinerinį barjerą (daugiasluoksnį kaupą) [13]. Laikantysis rėmas, besiremiantis į visas 158 statinio sienas (įskaitant pertvaras tarp kanjonų) pagamintas iš stambesnio profilio dvitėjinių sijų (HD310x310x500), o standumą užtikrinančios sijos - dvitėjiniai profiliai (HE1000B profiliai) Metalinės konstrukcijos bus ne tiesiogiai užpiltos inžinerinio barjerą sudarančiu gruntu (kelių sluoksnių kaupų), bet prieš tai juos apibetonavus išilgai sijų 500 x 986 mm skerspjūviu (7.3 pav. b)). Betonavimas šiuo atveju tiek padidina sijų laikančiąją gebą (neleidžia suklypti), tiek apsaugo plienines sijas nuo korozijos.

Vykdamas Saugyklos rekonstravimą ir pertvarkymą į Atliekyną bus atliktas 158 statinio hidroizoliavimas. Būsimo Atliekyno metalo konstrukcijos turi būti padengtos atitinkama antikorozine danga, plieniniai elementai (pagrindinės laikančiosios dvitėjinės sijos) turi būti apibetonuojami šalčio ciklams atspariu betonu (pvz. F1000 klasės). 5,8 m storio inžinerinio barjero (daugiasluoksnių kaupų) įrengimas užtikrina konstrukcijos apsaugą nuo aplinkos (atmosferos) poveikių (temperatūros, drėgmės, mechaninio ir kt.). Aukščiau išvardintos apsaugos priemonės užtikrina visų 158 statinio konstrukcijų savybių pastovumą ir jų nepakeitimą nemažiau 100 metų laikotarpiu [13].



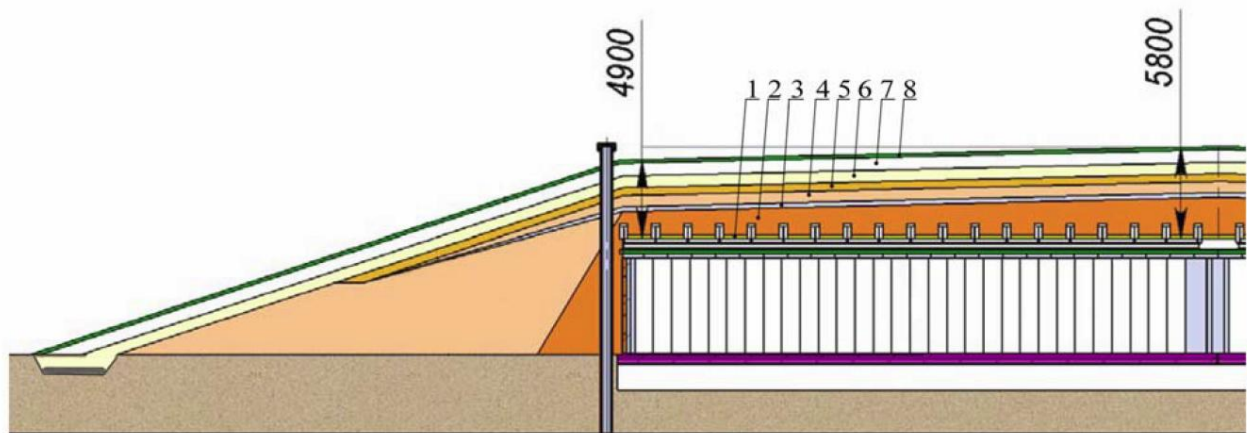
a)



b)

7.3 pav. Saugyklos (statinys 158) rekonstrukcija į atliekyną: 5,8 m storio inžinerinį barjerą
laikančiosios metalinės konstrukcijos a) – bendras vaizdas, b) – skerspjūvis [13]

Ant minėtų laikančiųjų konstrukcijų sluoksnis po sluoksnio supilant skirtingos paskirties ir savybių grunto sluoksnius ir juos reikiamai sutankinant suformuojamas inžinerinis barjeras (daugiasluoksnio kaupo sandara parodyta 7.4 pav.), kuris iš viršaus padengiamas viršutiniu augaliniu sluoksniu, suformuotu apželdinant atliekyną slepiantį ir saugantį nuo išorinių poveikių pylimą regionui būdinga augalija [13].



7.4 pav. Saugyklos (statinys 158) pertvarkytos į atliekyną, 5,8 m storio inžinerinio barjero sandara (pjūviai): 1 – drenažo sluoksnis (0,2 m smėlio); 2 – izoliacinis molio sluoksnis (1,5-2,4 m); 3 – drenažo sluoksnis (0,3 m žvyringo smėlio); 4 – apsauginis molio sluoksnis (0,7 m); 5-7 – drenažo sluoksniai (0,6 m smėlio, 0,6 m žvyro ir 0,8 m skaldos); 8 – 0,2 m storio augalinis sluoksnis [13]

Išsamus inžinerinio barjero (daugiasluoksnio kaupo) įrengimo ir jį sudarančių medžiagų savybių aprašymas yra pateiktas ataskaitoje [13].

Be to ataskaitoje [13] pasirinktai atliekyno koncepcijai atlikta preliminari paties inžinerinio barjero funkcionalumo (gebėjimo atlaikyti eksploatacines apkrovas (savojo svorio bei sniego dangos) ir saugyklos konstrukcinių elementų, ant kurių bus įrengiamas inžinerinis barjeras, gebėjimo atlaikyti savo, bitumuotų bei smėlio-žvyro RA ir papildomas inžinerinio barjero svorio apkrovas) skaičiuojamoji analizė, kuri parodė, kad saugyklos rekonstravimas ir pertvarkymas į Atliekyną su inžineriniu 5,8 m barjeru ir papildoma laikinąja konstrukcija, besiremiančia ties visomis statinio sienomis (įskaitant pertvaras tarp kanjonų), atlikus Saugyklos pamatinių plokščių apkrovimo išlyginimą užpildant visus kanjonus iki pat lubų inertine medžiaga techniškai gali būti realizuojamas.

7.2.4 Atliekyno parametrai

Atliekyno inžinerinių barjerų, į kuriuos atsižvelgiama atliekant analizę, parametrų suvestinė pateikiama 7.6 lentelėje.

7.6 lent. Planuojamo Atliekyno sluoksnių parametrai, vertinti radionuklidų sklaidos analizėje [14]

Pavadinimas	Medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas		Filtracijos koeficientas, m/s			Efektyvusis difuzijos koeficientas, m ² /s		
				Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos		Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	
							1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)		1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)
Drenažo sluoksnis (smėlio ir žvyro mišinys)	Smėlis	0,6				5,0E-05					
Apsauginis sluoksnis nuo išorinių sąlygų	Moreninis molis	0,7	2 250		0,35	1,0E-06					
Drenažo sluoksnis	Žvyringas smėlis	0,3	2 000		0,55	1,7E-04					
Izoliacinis sluoksnis	Molis	1,5 – 2,4	1 920		0,7	1,0E-09	≥ 1,0E-08				
Sluoksnis dujų nuvedimui	Smėlis	0,20	1 800		0,6	1,2E-04					
Gelžbetonio sluoksnis	Betonas	0,20	2 295	0,15	0,25	1,0E-09	1,0E-08	5,0E-05	3,0E-11	1,0E-10	5,0E-10
Atraminės metalinės konstrukcijos	Plienas	-									

Pavadinimas	Medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas		Filtracijos koeficientas, m/s			Efektyvusis difuzijos koeficientas, m ² /s		
				Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos		Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	
							1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)		1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)
Viršutinė gelžbetonio perdanga	Betonas	0,6	2 295	0,15	0,25	1,0E-09	1,0E-08	5,0E-05	3,0E-11	1,0E-10	5,0E-10
Užpildas (tik bitumuotoms RA)	-	0,9									
Sluoksnis neužteršto bitumo (tik bitumuotų RA atveju)	Bitumas	~0,1									
Bitumuotos RA/Smėlio-žvyro RA	Bitumo kompaundas / smėlis-žvyras	5,0/6,0	1 200 / 1 650 kg	0,40 ³⁾ / 0,40		- / 5,0E-05			- / 1,0E-10		
Kanjonų gelžbetonio šoninės sienos	Betonas	0,80	2 295	0,15	0,25	1,0E-09	1,0E-08	5,0E-05	3,0E-11	1,0E-10	5,0E-10
Gelžbetonio dugnas	Betonas	0,62	2 295	0,15	0,25	1,0E-09	1,0E-08	5,0E-05	3,0E-11	1,0E-10	5,0E-10

Pavadinimas	Medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas		Filtracijos koeficientas, m/s			Efektyvusis difuzijos koeficientas, m ² /s		
				Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos		Barjeras nesudegra- davęs	Po barjero degradacijos	
							1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)		1 stadija (100 m. po Atliekyno uždarymo)	2 stadija (500 m. po Atliekyno uždarymo)
158 statinio pagrindo betoninis užpildas („pagalvė“)	Betonas	1,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pastabos:

Tamsia fono spalva pažymėti barjerai ir sluoksniai, kuriuos planuojama įrengti pertvarkant saugyklą į atliekyną.

Kadangi „pagalvės“ nei dabartinė nei būsima būklė nėra nustatyta, tai radionuklidų sklaidos analizėje ji nėra vertinama (konservatyvi prielaida).

8. IŠORINIŲ GAMTINIŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS

Pagal TATENA rekomendacijas, pateiktas [16, 17] dokumentuose, bei remiantis atliktos analizės [25] duomenimis, į analizę buvo įtraukti šie galimi išoriniai gamtiniai įvykiai, dėl kurių galima tikėtis atliekyno pažeidimų bei radionuklidų pasklidimo:

- žemės drebėjimas/grunto sėdimas;
- atmosferos kritulių kiekio padidėjimas (ekstremalūs krituliai).

8.1 Žemės drebėjimas

Kadangi projektiniais žemės drebėjimais Ignalinos AE regionui laikomi 6 balų intensyvumo pagal MSK-64 skalę žemės drebėjimai, pasikartojantys kartą per 100 metų, o neprojektiniais – 7 balų intensyvumo pagal MSK-64 skalę žemės drebėjimai, pasikartojantys kartą per 10 000 metų [25], žemės drebėjimo galima tikėtis ir institucinės priežiūros laikotarpyje, ir jam pasibaigus. Dėl žemės drebėjimo Atliekyno inžineriniuose barjeruose gali atsirasti plyšiai. Daroma prielaida, kad dėl žemės drebėjimo visiškai sugrius atliekyno šoninės sienos bei viršutinė perdengimo plokštė, ir vandens sugėrimas galės vykti visame RA bitumo matricos paviršiuje, išskyrus apatinį atliekų paviršių, besiribojantį su atliekyno dugnu, t.y., nei atliekyno sienos, nei viršutinė perdanga po žemės drebėjimo nebeatlieka RA sulaikymo funkcijos. Jeigu aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu inžinerinius barjerus galima atstatyti, tai jam pasibaigus tokios galimybės nebus. Todėl nagrinėjamas atvejis, kai žemės drebėjimas įvyksta praėjus 100 metų po atliekyno uždarymo, t.y., iškart pasibaigus aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiui, ir dėl vandens sugėrimo atsidengus atliekoms, radionuklidai migruoja iš bitumo matricos tiesiai į aeracijos zoną.

Identiškos pasekmės, t. y., atliekyno inžinerinių barjerų pažeidimas, gali atsirasti ir dėl po statinio pamatais galimo intensyvesnio gamtinių gruntų judėjimo, nei rodo dabartiniai matavimai. Tačiau priimama, kad žemės drebėjimas – konservatyvus atvejis, t.y., staigus ir didesnius sugriovimus sąlygojantis įvykis.

Radionuklidų išsiskyrimo iš bitumo matricos bei išplovimo iš smėlio-žvyro atliekų ir jų pernašos aeracijos zona matematiniai modeliai ir vertinime priimtos įvesties parametrų vertės yra pateiktos ataskaitoje [14].

Apšvitos dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys, vartodamas gręžinio vandenį, vertės žemės drebėjimo atveju pateiktos 8.1 lentelėje.

8.1 lent. Apšvitos dozių, kurias gauna referentinės gyventojų grupės narys, vartodamas gręžinio vandenį, vertės žemės drebėjimo atveju

Radionuklidas	Iš bitumuotų RA		Iš smėlio-žvyro RA		Bendra dozė, mSv/metai
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	
¹⁴ C	4,28E-04	110	8,31E-06	79	4,28E-04
³⁶ Cl	-	-	3,78E-06	4	3,78E-06
⁹⁰ Sr	5,05E-04	120	-	-	5,05E-04
⁹⁴ Nb	2,40E-05	13 200	-	-	2,40E-05
⁹⁹ Tc	4,88E-05	690	-	-	4,88E-05
¹²⁹ I	8,62E-05	110	-	-	8,62E-05
¹³⁷ Cs	2,02E-02	120	-	-	2,02E-02
²³⁹ Pu	1,15E-05	840	-	-	1,15E-05
²⁴⁰ Pu	1,34E-05	690	-	-	1,34E-05
²⁴¹ Am	2,06E-04	250	-	-	2,06E-04
Bendroji:	2,15E-02		1,21E-05		2,15E-02

Kaip matyti iš aukščiau pateiktos lentelės, žemės drebėjimo atveju referentinės gyventojų grupės nario apšvitos dozė, kurią didžiausia dalimi sąlygotų ¹³⁷Cs, sudaro apie 2,15E-02 mSv per metus, ir ji yra kelis kartus mažesnė nei projektavimo kriterijaus vertė 0,1 mSv per metus ir dviem dydžio eilėmis mažesnė nei ribinė dozė 5 mSv per metus, nustatyta gyventojams neprojektinių avarijų atveju [1]. Bendrosios dozės maksimalios vertės pasirodymo tikimasi praėjus 120 metų po atliekyno uždarymo (arba praėjus 20 metų po žemės drebėjimo).

8.2 Ekstremalūs krituliai

Šiuo atveju vertinant galimą radionuklidų sklaidą priimama, kad atmosferinių kritulių kiekio padidėjimas tiesiogiai susijęs su vandens infiltracijos intensyvumo per aeracijos zoną išaugimu. Vidutinis vandens srauto per aeracijos zoną greitis yra lygus 4,62E-05 m/s, o maksimalus – 2,12E-04 m/s (žr. 3.3 skyrių). Taigi šiuo atveju priimama, kad jis padidėtų apie 4,5 karto.

Visos vertinimo sąlygos ir įvesties parametrų vertės yra pateiktos ataskaitoje [14].

Apšvitos dozių, kurias gautų referentinė gyventojų grupės narys, vartodamas gręžinio vandenį, vertės, kai pasiektas maksimalus vandens srauto per aeracijos zoną greitis ekstremalių kritulių atveju, pateiktas 8.2 lentelėje.

8.2 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys vartodamas gręžinio vandenį, vertės vandens infiltracijos per aeracijos zoną suintensyvėjimo (maksimalių kritulių) atveju

Radionuklidas	Iš bitumuotų RA		Iš smėlio-žvyro RA		Bendra dozė, mSv/metai
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	
¹⁴ C	7,09E-05	1 200	3,91E-06	636	7,48E-05
³⁶ Cl	-	-	3,58E-06	16	3,58E-06
⁵⁹ Ni	-	-	1,16E-06	642	1,16E-06
⁶³ Ni	-	-	7,79E-06	414	7,79E-06
⁹⁰ Sr	7,35E-05	170	3,34E-04	71	4,08E-04
⁹⁴ Nb	2,16E-05	16 200	-	-	2,16E-05
⁹⁹ Tc	1,20E-04	1 030	-	-	1,20E-04
¹²⁹ I	6,61E-05	520	-	-	6,61E-05
¹³⁷ Cs	3,33E-03	170	-	-	3,33E-03
Bendroji:	3,68E-03		3,50E-04		4,03E-03

Kaip matyti iš 8.2 lentelės, bendros apšvitos dozės vertė nagrinėjamu atveju išlieka daugiau nei viena dydžių eile mažesnė už projektavimo kriterijaus vertę 0,1 mSv per metus.

9. ŽMOGAUS VEIKLOS SUKELTŲ PAVOJŲ ĮVERTINIMAS

Pagal TATENA rekomendacijas, pateiktas [18, 19] dokumentuose, bei remiantis atliktos analizės [25] duomenimis, į tolesnį nagrinėjimą buvo įtraukti šie galimi žmogaus veiklos sąlygoti įvykiai, dėl kurių galima tikėtis atliekyno pažeidimų bei radionuklidų pasklidimo:

lėktuvo sudužimas atliekyno aikštelėje;

gaisras;

įrangos ar jos komponentų, tokių kaip drenažo sistemos, gedimas.

9.1 Lėktuvo sudužimas

Nukritus lėktuvui ant atliekyno būtų sugriauti jo inžineriniai barjerai. Lėktuvo nukritimo tikimybė priklauso nuo tokių parametru, kaip skrydžių intensyvumas regione, pataikymo plotas ir kt. Lėktuvo kritimo ir jo pataikymo į atliekyną tikimybės įvertinimas yra pateiktas ataskaitoje [14].

Apskaičiuotų lėktuvo kritimo ant bitumuotų RA atliekyno tikimybių rezultatai pateikti 9.1 lentelėje. Apskaičiavimuose konservatyviai priimta, kad atliekyno aikštelės spindulys – 100 m, o atliekyno (kanjonų) plotas - 6 400 m² (80 m × 80 m).

9.1 lent. Lėktuvo kritimo ant planuojamo atliekyno tikimybės

Tikimybės tipas	Vertė
Lėktuvo nukritimo tikimybė, susijusi su oro uostais, esančiais toliau nei už 8 km	2,26E-10
Lėktuvo kritimo tikimybė, kai oro eismo koridorius praeina atstumu $s=10$ km nuo objekto	3,24E-10
Lėktuvo kritimo tikimybė, kai lėktuvai praskrenda pro 50 km zoną tiesia linija, liesdami 10 km zoną aplink IAE	2,11 E-08

Lėktuvo kritimo tikimybių skaičiavimai akivaizdžiai parodė, kad visais atvejais tikimybė yra mažesnė už tikimybinę atrankos ribą (branduolinės energetikos objektams jos reikšmė lygi 10E-07 per metus), todėl galimas šio įvykio poveikis toliau neanalizuojamas (nepriklausomai nuo jų pasekmių) [22].

9.2 Gaisras

Pagal eskiziniame projekte pateiktus pasiūlymus į likusius tuščius kanjonus bus dedamos smėlio-žvyro atliekos [13], kurios nėra degios. Deguonies patekimą prie atliekų ribos statinio konstrukcija bei įrengti paviršiniai inžineriniai barjerai. Kaip parodyta ataskaitoje [13], bitumo savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra lygi 400 °C. Tyrinėjimai parodė, kad bitumuotose atliekose, kuriose yra apie 45% išgarinto koncentrato, užsidegimo galimybę galima atmesti [21]. Atsižvelgiant į aukščiau nurodytus faktorius, gaisras dėl užsidegimo toliau neanalizuojamas.

9.3 Drenažo sistemos gedimas (patvinimas)

Aikštelės patvinimas nėra tikėtinas net ir prie konservatyvių prielaidų, (žr. [4]). Šiuo atveju hipotetiškai priimama, kad sugedus drenažo sistemai iš atliekyno išsiskyrusių radionuklidų srautas bus perneštas paviršiniu vandeniu į Drūkšių ežerą, aplenkiant aeracijos zoną bei vandeningąjį sluoksnį. Tuo atveju, jei drenažo sistema sugestų aktyvios institucinės priežiūros metu, būtų imtasi atstatomųjų priemonių, todėl daroma prielaida, kad potvynis prasidės praėjus 100 metų po atliekyno uždarymo, t. y. iš karto pasibaigus aktyviai institucinei priežiūrai.

Visos vertinimo sąlygos ir įvesties parametrų vertės yra pateiktos ataskaitoje [14].

Apšvitos dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys vartodamas ežero vandenį, vertės potvynio atveju pateiktos 9.2 lentelėje.

9.2 lent. Apšvitos dozės, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys vartodamas ežero vandenį, vertės potvynio atveju

Radionuklidas	Iš bitumuotų RA		Iš smėlio-žvyro RA		Bendra dozė, mSv/metai
	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	Maksimali dozės vertė, mSv/metai	Maksimumo pasirodymo laikas po atliekyno uždarymo, metais	
^{14}C	4,75E-06	1 150	1,28E-07	1 030	4,88E-06
^{90}Sr	-	-	1,83E-08	53	1,83E-08
^{129}I	2,98E-008	520			2,98E-008
^{137}Cs	-	-	7,43E-08	50	
Bendroji:	4,81E-06		2,21E-07		4,93E-06

Kaip matyti iš aukščiau pateiktos lentelės, įvykus potvyniui bendrosios apšvitos dozės vertė lieka keliomis dydžių eilėmis mažesnė nei projektavimo kriterijus 0,1 mSv per metus. Nagrinėjamu atveju bendrosios apšvitos dozės vertę daugiausia sąlygotų ^{14}C , o kitų radionuklidų įnašas būtų nereikšmingas.

10. POVEIKIO GYVENTOJAMS VERTINIMAS

10.1 Išmetamų radionuklidų sudėtis ir aktyvumai

10.1.1 Bitumuotų RA spinduliuotės šaltinis

Bendrieji deklaruojamų radionuklidų bitumuotose RA aktyvumai, įvertinti pagal Ignalinos AE duomenis, yra pateikti 10.1 lentelėje [14]. taip pat aktyvumas buvo įvertintas 2025 metų sausio mėn. 1 d., t. y. kai planuojama pradėti saugyklos rekonstravimo darbus.

158 statinio devyniuose kanjonuose sukaupta apie 14 422 m³ bitumuotų RA [14].

10.1 lent. Bitumuotų atliekų aktyvumai planuojamame atliekyne [14]

Radionuklidas	Bendrasis aktyvumas, Bq	
	Įvertintas 2015-12-31	Įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia)
¹⁴ C	1,19E+11	1,19E+11
⁶⁰ Co	3,53E+11	1,08E+11
⁵⁹ Ni	2,84E+09	2,84E+09
⁶³ Ni	3,19E+11	2,99E+11
⁹⁰ Sr	1,07E+11	8,64E+10
⁹⁴ Nb	6,23E+10	6,23E+10
⁹⁹ Tc	9,03E+10	9,03E+10
¹²⁹ I	1,47E+08	1,47E+08
¹³⁴ Cs	1,38E+12	6,68E+10
¹³⁷ Cs	2,46E+14	2,00E+14
²³⁴ U	8,13E+05	8,13E+05
²³⁵ U	5,33E+04	5,33E+04
²³⁸ U	2,38E+05	2,38E+05
²³⁷ Np	4,59E+06	4,59E+06
²³⁸ Pu	1,29E+08	1,20E+08
²³⁹ Pu	1,14E+08	1,14E+08
²⁴⁰ Pu	1,44E+08	1,44E+08
²⁴¹ Pu	1,06E+10	6,87E+09
²⁴¹ Am	6,97E+09	6,87E+09
Suma:	2,48E+14	2,01E+14

Laikotarpiui po atliekyno uždarymo konservatyviai priimti tokie patys bitumuotose RA deklaruojamų radionuklidų aktyvumai, kaip ir rekonstrukcijos laikotarpio pradžioje, neatsižvelgiant į radioaktyvųjų skilimą, kuris labiau reikšmingas būtų kai kuriems trumpaamžiams radionuklidams.

Bitumuotų RA tankis yra –1 200 kg/m³, o poringumas – 0,4 [14].

10.1.2 Smėlio-žvyro RA spinduliuotės šaltinis

Bendrieji deklaruojamų radionuklidų smėlio-žvyro RA aktyvumai, įvertinti 2025-01-01 datai yra pateikti 10.2 lentelėje.

10.2 lent. Smėlio-žvyro atliekų aktyvumai priimti radionuklidų sklaidos iš planuojamo atliekyno analizei [14]

Radionuklidas	Bendras aktyvumas, įvertintas 2025-01-01 (rekonstrukcijos pradžia), Bq
¹⁴ C	2,15E+07
³⁶ Cl	2,19E+06
⁵⁴ Mn	2,62E+05
⁵⁵ Fe	2,61E+09
⁶⁰ Co	8,72E+08
⁵⁹ Ni	2,41E+08
⁶³ Ni	2,50E+10
⁶⁵ Zn	8,75E-03
⁹⁰ Sr	6,49E+07
^{93m} Nb	4,29E+08
⁹⁴ Nb	2,41E+07
⁹³ Zr	2,41E+07
⁹⁹ Tc	3,51E+05
^{110m} Ag	4,02E-02
¹²⁹ I	5,26E+03
¹³⁴ Cs	3,53E+05
¹³⁵ Cs	8,32E+03
¹³⁷ Cs	1,60E+09
²³⁴ U	1,12E+03
²³⁵ U	2,85E+01
²³⁸ U	3,29E+02
²³⁷ Np	5,04E+01
²³⁸ Pu	2,49E+05
²³⁹ Pu	1,42E+05
²⁴⁰ Pu	1,84E+05
²⁴¹ Pu	1,19E+07
²⁴¹ Am	1,06E+06
²⁴⁴ Cm	4,69E+05
Suma:	3,09E+10

Smėlio-žvyro RA tankis yra lygus 1 650 kg/m³, poringumas – 0,4 [14].

10.2 Radionuklidų sklaidos įvertinimas

Radionuklidų sklaidos įvertinimas atliktas pagal TATENA parengtą ir rekomenduojamą paviršinių radioaktyviųjų atliekų atliekynų saugos vertinimo ISAM metodologiją [10]. Jos pagrindiniai etapai išsamiau aprašyti ataskaitoje [14] – tai 1) *Uždavinio formulavimas*; 2) *Atliekų šalinimo sistemos apibūdinimas*; 3) *Radionuklidų sklaidos scenarijų ir conceptualių modelių sudarymas*; 4) *Matematinų modelių sudarymas ir skaičiavimai*; ir 5) *Rezultatų analizė*.

10.2.1 Uždavinio formulavimas

Šioje ataskaitoje pateiktos analizės tikslas – įvertinti galimą radiologinį poveikį aplinkai ir gyventojams, kurį gali sąlygoti radionuklidų sklaida iš numatomo bitumuotų atliekų atliekyno, įrengto pagal eskiziniame projekte priimtus inžinerinius-techninius sprendinius ir pasiūlytas priemones, ilgalaikės saugos požiūriu.

Analizė atlikta atsižvelgiant į radioaktyviųjų atliekų, esamų bitumuotų ir numatomų šalinti smėlio-žvyro, fizines ir chemines savybes bei eskizinį atliekyno projektą ir atliekyno aikštelės ypatybes.

Atliekyno saugos analizėje įvertintos maksimalios referentinės gyventojų grupės nario apšvitos dozių vertės lyginamos su projektavimo kriterijumi, kuris planuojamam atliekynui yra nustatytas 0,1 mSv per metus (išsamiau žr. dokumentą [14]), t. y. mažesnis nei gyventojų apribotosios metinės efektinės dozės vertė, 0,2 mSv, kuri yra nustatyta eksploatuojant ir nutraukiant branduolinės energetikos objektų eksploatavimą Lietuvos higienos normos HN 73:2001 reikalavimuose.

Netyčinio įsibrovimo į atliekyną scenarijų analizei 10 mSv ribinė metinė dozė yra nurodyta VATESI dokumente BSR-3.2.2-2016.

Pagal Lietuvos higienos normos HN 73:2001 reikalavimus, vertinant poveikį turi būti įvertinti ir tie greta atliekyno aikštelės esantys ir planuojami branduolinės energetikos įrenginiai, kurie galėtų sąlygoti analizuojamos referentinės gyventojų grupės nario gaunamą metinę efektinę dozę (išsamiau žr. dokumentą [14]).

Analizuojamas laikotarpis apima atliekyno institucinės priežiūros (aktyvios – 100 m. ir pasyvios – 200 m.) laikotarpį bei laiko tarpą po institucinės priežiūros, kol galimas didžiausias poveikis referentinės gyventojų grupės nariui.

Tam, kad būtų galima parodyti, kaip atskiros atliekų šalinimo sistemos komponentės (inžineriniai barjerai, aeracijos zona ir vandeningasis sluoksnis) atlieka RA sulaikymo ir saugos funkcijas, galima radionuklidų sklaida analizuojama šiuose būdinguose stebėjimo taškuose:

- kanjonų gelžbetoninių sienų ir dugno išorinėje pusėje, jų ribojimosi su gruntu vietoje;
- aktyvumų iškrovos vandeningajame sluoksnyje vietose: grėžinyje, įrengtame 50 m atstumu nuo atliekyno (galima aikštelės SAZ riba) bei Drūkšių ežere, esančiame 600 m atstumu nuo atliekyno.

10.2.2 Atliekų šalinimo sistemos apibūdinimas

Spinduliuotės šaltinio, panaudoto analizėje, aprašymas yra pateiktas 10.1 skyriuje. Žemiau, 10.3 lentelėje pateikti fiziniai ir cheminiai nagrinėjamų saugos analizėje radionuklidų parametrai. Konservatyviai priimta, kad sorbcija bitumo matricoje nedaro jokios įtakos, todėl sorbcijos koeficientų vertės bitume visiems radionuklidams lygios 0.

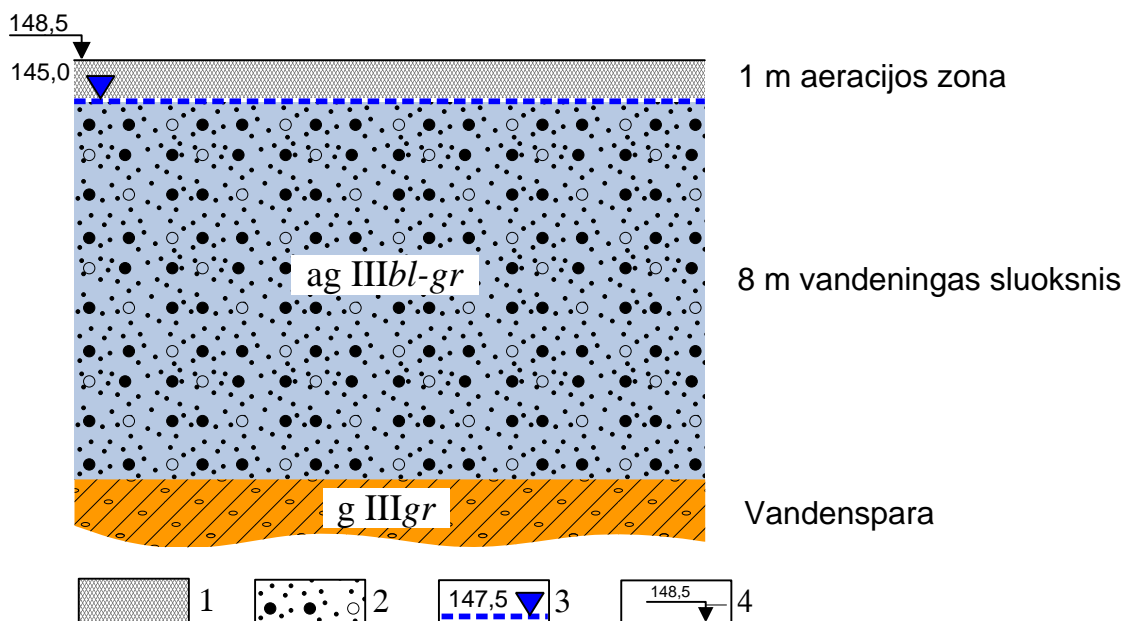
10.3 lent. Vertintų radionuklidų fiziniai ir cheminiai parametrai (išsamiau žr. [14])

Radio-nuklidas	Pusėjimo trukmė, metai	Sorbcijos koeficientai (K_d) medžiagoje (ar zonoje), m ³ /kg							
		Bitumuotos RA	Smėlio -žvyro RA	Betonas (dugno plokštė ir pastato sienos)		Priemolis (aeracijos zona)	Smėlis (vandeningas sluoksnis)	Dirvožemis	Suspen-duotos dalelės
				Nedegrada-vės	Degrada-vės				
¹⁴ C	5,73E+03	0	0,0005	0,2	0,02	0	0	0,1	0,1
³⁶ Cl	3,01E+05	0	0	0,001	0,0001	0	0	0,001	1
⁵⁴ Mn	8,54E-01	0	0,049	0,1	0,01	0,18	0,049	0,18	1
⁵⁵ Fe	2,70E+00	0	0,018	0,1	0,01	0,8	0,005	0,16	5
⁶⁰ Co	5,27E+00	0	0,01	0,04	0,004	0,5	0,015	0,54	5
⁵⁹ Ni	7,50E+04	0	0,01	0,04	0,004	1,411	0,335	0,67	10
⁶³ Ni	9,60E+01	0	0,01	0,04	0,004	1,411	0,335	0,67	10
⁶⁵ Zn	6,68E-01	0	0,016	0,001	0,0001	7,6	0,34	2,4	0,5
⁹⁰ Sr	2,91E+01	0	0,0001	0,001	0,001	0,1	0,015	0,11	1
^{93m} Nb	1,36E+01	0	0,5	0,5	0,05	6,9	6,9	0,9	10
⁹⁴ Nb	2,03E+04	0	0,5	0,5	0,05	6,9	6,9	0,9	10
⁹³ Zr	1,53E+06	0	0,5	0,5	0,1*	0,8	0,005	3,3	1
⁹⁹ Tc	2,13E+05	0	0,3	0,5	0	0,038	0,217	0,0012	0,005

Radio-nuklidai	Pusėjimo trukmė, metai	Sorbcijos koeficientai (K_d) medžiagoje (ar zonoje), m^3/kg							
		Bitumuotos RA	Smėlio-žvyro RA	Betonas (dugno plokštė ir pastato sienos)		Priemolis (aeracijos zona)	Smėlis (vandeningas sluoksnis)	Dirvožemis	Suspen-duotos dalelės
				Nedegrada- vės	Degrada- vės				
^{110m}Ag	6,84E-01	0	0,01	0,001	0,001	0	0	0,18	2
^{129}I	1,57E+07	0	0	0,003	0,0003	0,0091	0	0,18	0,01
^{134}Cs	2,06E+00	0	0,01	0,001	0,001	2	0,3	1,8	1
^{135}Cs	2,30E+06	0	0,01	0,001	0,001	2	0,3	1,8	1
^{137}Cs	3,00E+01	0	0,01	0,001	0,001	2	0,3	1,8	1
^{234}U	2,44E+05	0	1	5	0,1	0,046	0,56	1,5	0,05
^{235}U	7,04E+08	0	1	5	0,1	0,046	0,56	1,5	0,05
^{238}U	4,47E+09	0	1	5	0,1	0,046	0,56	1,5	0,05
^{237}Np	2,14E+06	0	1	5	0,1	7,6	0,34	0,055	0,01
^{238}Pu	8,77E+01	0	1	5	1	7,6	0,34	4,9	100
^{239}Pu	2,41E+04	0	1	5	1	7,6	0,34	4,9	100
^{240}Pu	6,54E+03	0	1	5	1	7,6	0,34	4,9	100
^{241}Pu	1,44E+01	0	1	5	1	7,6	0,34	4,9	100
^{241}Am	4,32E+02	0	1	1	0,2	7,6	0,34	8,1	5
^{244}Cm	1,81E+01	0	1	1	0,2	1	1	10	5*

Planuojamo Atliekyno sluoksnių parametrai, vertinti radionuklidų sklaidos analizėje, yra pateikti 7.2.4 skyriuje.

Žemiau pateiktas radionuklidų sklaidos analizei sudarytas konceptualus geologinis modelis, remiantis 3 skyriuje pateiktais duomenimis.



10.1 pav. Konceptualus aikštelės geologijos modelis, naudotas analizėje:

1 – piltinis gruntas; 2 – priemėlis; 3 – piezometrinis požeminio vandens lygis ir jo absoliutus aukštis (m); 4 – 158 statinio dugno altitudė (absoliutus aukštis, m)

Remiantis 3 skyriuje pateiktais duomenimis, 10.4 lentelėje pateikta aeracijos zonos parametrų, reikalingų galimos radionuklidų sklaidos analizei, suvestinė. Difuzijos procesas radionuklidų pernašoje geosferos zonoje nėra dominuojantis, todėl efektyviojo difuzijos koeficiento vertė aeracijos zonai buvo priimta $1,0E-10 \text{ m}^2/\text{s}$.

10.4 lent. Apibendrintos aeracijos zonos charakteristikų vertės

Vyraujanti sluoksnio medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas	Hidraulinis laidumas, m/s	
				Vidurkis	Maksimumas
<i>Piltinis priemolio gruntas</i>	1,0	1 500	0,2	4,62E-05	2,12E-04

Remiantis 3 skyriuje pateiktais duomenimis, 10.5 lentelėje pateiktos vandeningojo sluoksnio charakteristikos, reikalingos radionuklidų sklaidos analizei.

10.5 lent. Apibendrintos vandeningojo sluoksnio charakteristikų vertės

Vyraujanti sluoksnio medžiaga	Storis, m	Sausos medžiagos tankis, kg/m ³	Efektyvusis poringumas	Hidraulinis laidumas, m/s	Hidraulinis gradientas
<i>Įvairaus rupumo smėlis</i>	8	1 750	0,15	1,31E-04	0,005

10.6 lentelėje duotos biosferos parametrų vertės, atsižvelgiant į vietinės aplinkos sąlygas. Užteršto vandens iš gręžinio ar ežero vartojimo atveju (radionuklidų sklaidos požeminiu vandeniu scenarijai) atsižvelgiama ir į vidinės, ir į išorinės apšvitos trasas. Išorinės apšvitos trasa – daržo dirvožemis, po daržovių palaistymo radionuklidais užterštu vandeniu. Atsižvelgta į šias referentinės gyventojų grupės nario vidinės apšvitos trasas:

- oro, užteršto iš dirvos pakilusiomis dulkėmis darbų darže metu, įkvėpimas;
- užteršto vandens nurijimas geriant;
- daržovių, laistytų užterštu vandeniu, vartojimas;
- mėsos ir pieno, gautų iš užterštu vandeniu girdytų gyvulių, vartojimas;
- žuvies, pagautos iš užteršto ežero, vartojimas;
- atsitiktinis dirvožemio (pvz., žemės dalelių, likusių ant daržovių) prarijimas.

Referentine grupe laikoma vietinių gyventojų grupė, kurią sudaro 8 žmonės, auginantys daržoves 200 m² ploto darže bei laikantys 4 pienines karves bei 4 mėšinius galvijus.

10.6 lent. Pagrindiniai biosferos parametrai [14]

Parametro pavadinimas, matavimo vienetai	Vertė
Drūkšių ežero plotas, m ²	4,9E+09
Drūkšių ežero tūris, m ³	3,69E+08
Drūkšių ežero pratakumas, metai	3,5
Lapinių daržovių derlius, kg/m ²	0,7
Šakniavaisių derlius, kg/m ²	1
Mėsos ir mėsos produktų vartojimas, kg/metai	70
Pieno ir pieno produktų vartojimas, l/metai	300
Žuvies vartojimas, kg/metai	20
Lapinių daržovių vartojimas, kg/metai	36,5

Parametro pavadinimas, matavimo vienetai	Vertė
Šakniavaisių vartojimas, kg/metai	130
Vandens vartojimas, l/metai	600

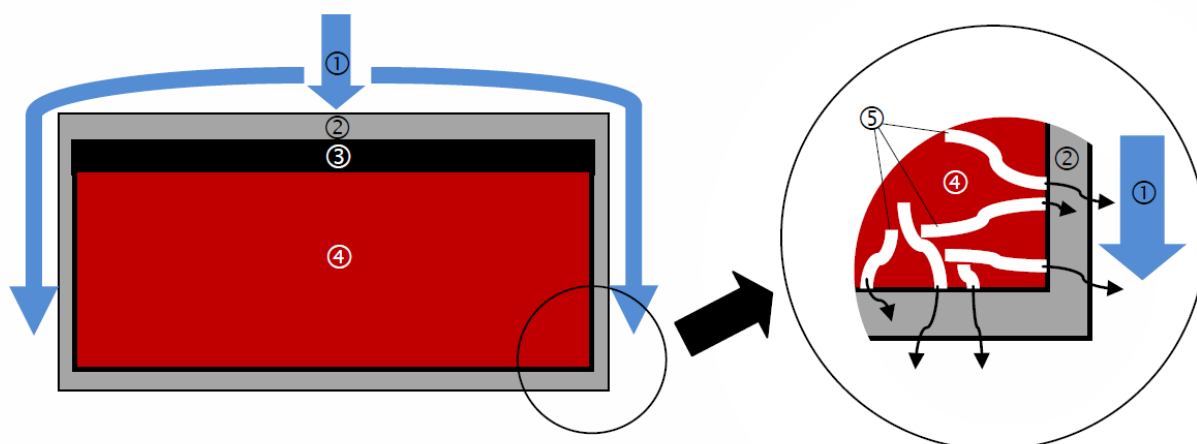
Netyčinio įsibrovimo į atliekyną, pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui, atveju referentinės grupės nariu būtų gyventojas, įsikūręs atliekyno teritorijoje (įsikūrimo scenarijus), vartojantis darže užaugintas daržove, arba darbininkas, tiesiantis kelią (kelio tiesimo scenarijus), kurio apšvitą sąlygotų atidengtos RA.

10.2.3 Radionuklidų sklaidos keliai ir scenarijai

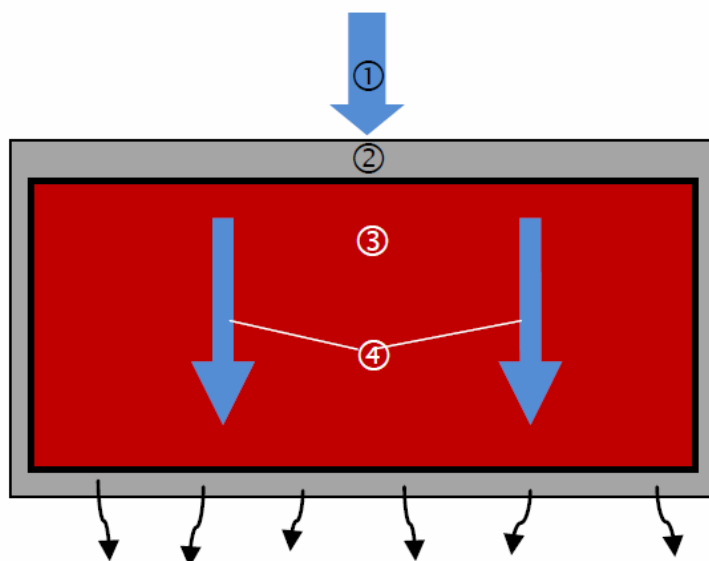
Spinduliuotės šaltinio, panaudoto analizėje, aprašymas yra pateiktas 10.1 skyriuje. Žemiau, 10.3 lentelėje pateikti fiziniai ir cheminiai nagrinėjamų saugos analizėje radionuklidų parametrai. Konservatyviai priimta, kad sorbcija bitumo matricoje nedaro jokios įtakos, todėl sorbcijos koeficientų vertės bitume visiems radionuklidams lygios 0.

10.2.3.1 Vandens kelio scenarijai

Vandens kelio scenarijai (natūralios atliekyno raidos ir barjerų degradavimo) buvo sudaryti pagal ISAM metodiką, kuri detaliau aprašyta ataskaitoje [14]. Radionuklidų sklaidos iš atliekų zonos (iš pačių bitumo ir smėlio-žvyro atliekų per atliekyno inžinerinius barjerus) į geosferą konceptualūs modeliai yra pateikti 10.2 pav., 10.3 pav. atitinkamai bitumuotų ir smėlio-žvyro radioaktyviųjų atliekų atvejams.



10.2 pav. Radionuklidų pernašos (difundavimo) iš bitumo kompaundo per 158 statinio išorines gelžbetonines konstrukcijas (sienas ir dugno plokštę) konceptualus modelis: 1 – vandens srautas; 2 – 158 statinio gelžbetoninės konstrukcijos; 3 – inertinės medžiagos sluoksnis; 4 – bitumuotos RA (bitumo matrica); 5 – susiformavusios poros



10.3 pav. Radionuklidų pernašos (išplovimo) iš smėlio-žvyro radioaktyviųjų atliekų per 158 statinio dugno plokštę conceptualus modelis: 1 – vandens srautas; 2 – 158 statinio gelžbetoninės konstrukcijos; 3 – smėlio-žvyro radioaktyviosios atliekos; 4 – difuzinis-advekcinis srautas

10.7 lent. pateikiama radionuklidų sklaidos vandens keliu scenarijų suvestinė, kurioje parodytos atitinkamos atliekų šalinimo sistemos komponentų būsenos ir jų pokyčiai nagrinėjamu laikotarpiu bei vertinami procesai, sąlygojantys radionuklidų sklaidą atliekų šalinimo sistemos komponentėmis.

10.7 lent. Radionuklidų sklaidos vandens keliu scenarijų suvestinė

Scenarijus	Laikotarpis (trukmė)	Bitumo kompaundo būseną	Inžinerinių barjerų (šoninių sienų ir dugno plokštės) būseną	Geosferos būklė	Biosferos būklė	Vertinami procesai
Natūralios raidos	<i>Aktyvi priežiūra</i> (100 metų)	Pažeistas. Dėl vandens sugėrimo pro šonines sienas bei dugno plokštę visame atliekų tūryje susidarė poros. Bitumo matrica neatlieka RA sulaikymo funkcijos.	Nepažeisti	Be pokyčių.	Be pokyčių	Radioaktyvusis skilimas, radionuklidų difuzija per šonines sienas bei dugno plokštę bitumuotų RA atveju, radionuklidų išplovimas bei difuzija-advekcija per atliekų zoną smėlio-žvyro RA atveju, advekcija – dispersija geosferoje.
	<i>Pasyvi priežiūra</i> (200 metų)		Degradavę Kaupo sluoksnių bei betoninių konstrukcijų savybės kinta kaip nurodyta 7.6 lent.			
	<i>Po institucinės priežiūros</i>					

Scenarijus	Laikotarpis (trukmė)	Bitumo kompaundo būseną	Inžinerinių barjerų (šoninių sienų ir dugno plokštės) būseną	Geosferos būklė	Biosferos būklė	Vertinami procesai
Inžinerinių barjerų degradavimo	<i>Aktyvi priežiūra</i> (100 metų)	Pažeistas. Dėl vandens sugėrimo pro šonines sienas ir dugno plokštę visame atliekų tūryje susidarė poros. Bitumo matrica neatlieka RA sulaikymo funkcijos.	Nepažeisti	Be pokyčių.	Be pokyčių	Radioaktyvusis skilimas, radionuklidų difuzija per šonines sienas bei dugno plokštę bitumuočių RA atveju, bitumuočių RA atveju, radionuklidų išplovimas bei difuzija-advekcija per atliekų zoną smėlio-žvyro RA atveju, advekcija – dispersija geosferoje.
	<i>Pasyvi priežiūra</i> (200 metų)		Degradavę. Kaupo sluoksnių (mažai pralaidaus molio) bei betoninių konstrukcijų būseną staigiai pasikeičia į 2 stadijos sudegradavusį betoną			
	<i>Po institucinės priežiūros</i>					

Išsamūs radionuklidų sklaidos vandens keliu konceptualių ir matematinių modelių aprašymai yra pateikti ataskaitoje [14].

10.2.3.2 Netyčinio įsibrovimo scenarijai

Numatoma, kad pasibaigus institucinės priežiūros laikotarpiui, kai bus atšaukti veiklos ir žemės panaudos apribojimai atliekyno teritorijoje, gali įvykti netyčinis įsibrovimas į atliekyną, kuris paprastai reprezentuojamas dviem scenarijais, t.y. žmogaus įsikūrimo atliekyno teritorijoje scenarijumi ir kelio tiesimo per atliekyno teritoriją scenarijum. Tai tipiniai scenarijai, rekomenduojami TATENA dokumentuose [10, 43]. Kiti scenarijai, kaip pvz. gręžinių gręžimas ar didelio masto kasinėjimai yra labai mažai tikėtini. Vandens gręžinio įrengimas ant suformuoto inžinerinių barjerų kaupo (kalvos) yra labai mažai tikėtinas, o kasyba ar kita požeminė veikla nenumatoma, nes naudingų iškasenų vietovėje neaptikta.

Įsikūrimo atliekyno teritorijoje scenarijus

Pasiūlytuose Atliekyno įrengimo sprendimuose viršutinių inžinerinių barjerų storis yra disesnis nei 5 m. Pagal TATENA dokumentus [10, 43], norint įrengti namui pamatą reikia iškasti apie 2,5 – 3 m gylio duobę. Taigi, statant namą įsibrovimo gylis yra nepakankamas, kad būtų pasiektos atliekos, todėl šio scenarijaus pasekmių vertinti nereikia. Tokia nuostata atitinka anksčiau minėtame TATENA dokumente [43] išdėstytas nuostatas. Toliau nevertinama.

Kelio tiesimo scenarijus

Kelio tiesimo scenarijuje priimama, kad kelias bus tiesiamas išilgai Atliekyno. Įvertinus atliekyno matmenis (apie $120 \times 120 \text{ m}^2$), priimama, kad per atliekyną tiesiamo kelio atkarpa bus 120 m ilgio. Iškastos radioaktyviosios atliekos susimaišys su atliekyno viršutinių inžinerinių barjerų ir statybinėmis medžiagomis. Kelią tiesiantys darbininkai gaus dozes dėl išorinės apšvitos nuo atidengtų, iškastų ir sumaišytų su dirvožemiu bei statybinėmis medžiagomis radioaktyviųjų atliekų, o taip ir dėl vidinės apšvitos nuo įkvėptų dulkių ir netyčia prarytų žemių dalelių.

Išsamūs radionuklidų sklaidos konceptualių ir matematinių modelių aprašymai įsibrovimo scenarijų atveju yra pateikti ataskaitoje [14].

Radionuklidų sklaidos atliekų zonoje, geosferoje bei biosferoje modeliavimas atliktas naudojant kompiuterinę programą AMBER [20].

10.3 Radiologinio poveikio gyventojams įvertinimas

10.3.1 Vandens kelio scenarijai

Maksimalios dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys dėl užteršto vandens iš gręžinio arba ežero naudojimo kasdienėms reikmėms, vertės natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju pateiktos 10.8 lentelėje.

10.8 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys dėl radionuklidais užteršto vandens vartojimo natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo			Dėl vandens iš ežero vartojimo		
	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai
^{14}C	7,09E-05	2,62E-06	7,25E-05	4,81E-06	1,97E-07	5,01E-06
^{36}Cl	-	3,46E-06	3,46E-06	-	-	-
^{55}Fe	-	6,95E-06	6,95E-06	-	-	-
^{90}Sr	7,34E-05	3,14E-04	3,87E-04	-	-	-
^{94}Nb	2,16E-05	-	2,16E-05	-	-	-
^{99}Tc	1,20E-04	-	1,20E-04	-	-	-

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo			Dėl vandens iš ežero vartojimo		
	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai
^{129}I	6,61E-05	-	6,61E-05	2,96E-08	-	2,96E-08
^{137}Cs	3,20E-03	4,65E-06	3,20E-03	-	-	-
Bendroji:	3,56E-03	3,32E-04	3,89E-03	4,84E-06	1,97E-07	5,04E-06

Kaip matyti 10.8 lentelėje, bendrosios maksimalios dozės, gaunamos dėl užteršto vandens iš gręžinio vartojimo, vertė yra trimis dydžių eilėmis didesnė negu gaunama dėl užteršto ežero vandens vartojimo ir dviem dydžių eilėmis mažesnė negu projektavimo kriterijus 0,1 mSv per metus. Maksimalią dozę lemia ^{137}Cs , o jos pasirodymo tikimasi ne anksčiau kaip po 170 metų po atliekyno uždarymo (išsamiau žr. ataskaitą [14]). Smėlio-žvyro RA sąlygota dozė būtų apie 10 kartų mažesnė, nei bitumuotų RA sąlygota dozė.

Maksimalios dozių vertės inžinerinių barjerų degradavimo scenarijaus atveju pateiktos 10.9 lentelėje.

10.9 lent. Apšvitos dozių, kurias gautų referentinės gyventojų grupės narys dėl užteršto vandens vartojimo atliekyno inžinerinių barjerų degradavimo scenarijaus atveju, vertės

Radionuklidas	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo			Dėl vandens iš ežero vartojimo		
	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai
^{14}C	7,05E-05	2,68E-06	7,32E-05	4,77E-06	1,79E-07	4,95E-06
^{36}Cl	-	3,46E-06	3,46E-06	-	-	-
^{55}Fe	-	6,95E-06	6,95E-06	-	-	-
^{90}Sr	3,35E-04	3,14E-04	6,49E-04	-	-	-
^{94}Nb	2,16E-05	-	-	-	-	-
^{99}Tc	1,19E-04	-	-	-	-	-
^{129}I	3,97E-05	-	-	1,79E-08	-	1,79E-08

Radionuklidai	Dėl vandens iš gręžinio vartojimo			Dėl vandens iš ežero vartojimo		
	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota bitumuotų RA, mSv/metai	Didžiausia dozės vertė, sąlygota smėlio-žvyro RA, mSv/metai	Suminė, mSv/metai
¹³⁷ Cs	1,39E-02	4,65E-06	1,39E-02	-	-	-
Bendroji:	1,45E-02	3,32E-04	1,45E-02	4,79E-06	1,79E-07	4,97E-07

Kaip matyti iš 10.9 lentelės, įvertinta maksimali bendrosios dozės vertė vandens iš gręžinio vartotojui inžinerinių barjerų degradavimo scenarijaus atveju yra apie 3 kartus didesnė nei natūralios atliekyno raidos scenarijaus atveju, tačiau ji išlieka daug mažesnė (maždaug viena dydžių eile) už projektavimo kriterijų 0,1 mSv per metus. Užteršto vandens iš ežero vartojimo atveju dozė išlieka keliomis dydžių eilėmis mažesnė nei projektavimo kriterijus 0,1 mSv per metus. Smėlio-žvyro RA sąlygota dozė būtų apie 10 kartų mažesnė, nei bitumuotų RA sąlygota dozė. Maksimalių verčių, kurias lemia ¹³⁷Cs, pasirodymo degradavimo scenarijaus atveju tikimasi praėjus apie 140 metų po atliekyno uždarymo (išsamiau žr. ataskaitą [14]).

10.3.2 Netyčinio įsibrovimo scenarijai

Įvertinimų rezultatai kelio tiesimo atliekyno teritorijoje scenarijui pateikti 10.10 lentelėje. Lentelėje pateiktos tik tų radionuklidų dozės, kurių vertės didesnės nei 1.0E-20 mSv/metus.

10.10 lent. Kelio tiesimo scenarijaus atveju apskaičiuotos maksimalios dozės, tenkančios darbuotojui

Radionuklidai	Išorinės apšvitos dozė, mSv/metai	Įkvėpimo dozė, mSv/metai	Prarijimo dozė, mSv/metai	Bendra dozė, mSv/metai
¹⁴ C	2,12E-12	3,50E-11	9,91E-11	1,36E-10
³⁶ Cl	4,47E-11	4,66E-12	1,68E-11	6,62E-11
⁵⁹ Ni	-	3,08E-11	1,25E-10	1,56E-10
⁶³ Ni	-	1,09E-09	3,55E-09	4,63E-09
⁹⁰ Sr	2,80E-13	2,38E-12	1,18E-11	1,45E-11
^{93m} Nb	8,38E-17	5,15E-17	9,74E-17	2,33E-16
⁹⁴ Nb	1,75E-06	3,41E-10	3,35E-10	1,75E-06
⁹³ Zr	-	1,76E-10	2,19E-10	3,94E-10
⁹⁹ Tc	3,39E-13	1,35E-12	1,88E-12	3,56E-12
¹²⁹ I	5,21E-13	5,52E-14	4,78E-12	5,36E-12
¹³⁵ Cs	2,42E-15	2,09E-14	1,37E-13	1,61E-13

Radionuklidai	Išorinės apšvitos dozė, mSv/metai	Įkvėpimo dozė, mSv/metai	Prarijimo dozė, mSv/metai	Bendra dozė, mSv/metai
¹³⁷ Cs	1,09E-11	1,79E-11	1,69E-10	1,98E-10
²³⁴ U	3,45E-15	3,06E-12	4,52E-13	3,51E-12
²³⁵ U	1,56E-13	7,05E-14	1,11E-14	2,37E-13
²³⁸ U	1,63E-15	7,66E-13	1,22E-13	8,90E-13
²³⁷ Np	3,59E-14	7,38E-13	4,60E-14	8,20E-13
²³⁸ Pu	2,80E-14	7,44E-10	4,41E-11	7,89E-10
²³⁹ Pu	3,19E-13	4,94E-09	2,91E-10	5,23E-09
²⁴⁰ Pu	2,08E-13	6,23E-09	3,68E-10	6,60E-09
²⁴¹ Pu	2,85E-19	4,26E-15	2,52E-16	4,52E-15
²⁴¹ Am	2,18E-10	1,84E-08	1,08E-09	1,97E-08
²⁴⁴ Cm	4,86E-18	7,98E-14	4,76E-15	8,46E-14
Iš viso:	1,75E-06	3,20E-08	6,32E-09	1,79E-06

Kaip matyti iš 10.10 lentelės, darbininko, tiesiančio kelią atliekyno teritorijoje, bendra apšvitos dozė 1,79E-06 mSv/metus yra keliomis dydžio eilėmis mažesnė už nustatytą dozės ribą 10 mSv/metus. Bendrosios apšvitos dozės vertę daugiausiai sąlygotų ⁹⁴Nb. Kitų, į analizę įtrauktų, radionuklidų dalis – nereikšminga. Nurodytiems radionuklidams didžiąją dozės dalį sudarytų dozė, gaunama darbų metu dėl išorinės apšvitos nuo su atliekomis sumaišyto grunto.

11. KITI AIKŠTELĖS SAUGOS ĮVERTINIMO ASPEKTAI

11.1 Galimybė taikyti reikiamas fizinės saugos priemones

Branduolinės energijos įstatyme [36] numatyti branduolinės energetikos objektų, branduolinių medžiagų ir branduolinio kuro ciklo medžiagų fizinės saugos tikslai:

- garantuoti tinkamą branduolinės energetikos objekto, branduolinių medžiagų ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagų apsaugą nuo neteisėto jų užvaldymo ar pagrobimo;
- užtikrinti apsaugą nuo nesankcionuoto pašalinių asmenų patekimo į branduolinės energetikos objekto apsaugos zonas;
- apsaugoti branduolinės energetikos objektą, branduolines medžiagas ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagas nuo veiksmų, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai keltų riziką žmonių sveikatai ir saugumui dėl jonizuojančiosios spinduliuotės, išvengti branduolinės energetikos objektų normalios veiklos sutrikdymo;

- užtikrinti neteisėto branduolinės energetikos objekto, branduolinių medžiagų ir (ar) branduolinio kuro ciklo medžiagų užvaldymo ar pagrobimo, nesankcionuoto pašalinių asmenų patekimo į branduolinės energetikos objekto apsaugos zonas, taip pat veiksmų, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai keltų riziką žmonių sveikatai ir saugumui dėl jonizuojančiosios spinduliuotės, ir branduolinės energetikos objektų normalios veiklos sutrikdymo prevenciją.

Įstatymo nuostatų įgyvendinimas apibrėžtas VATESI branduolinės saugos taisyklėse BSR 1.6.1-2012 [37]. Taisyklės nurodo tokius esminius fizinės saugos principus:

- privaloma skirti tinkamą dėmesį fizinės saugos kultūrai, jos vystymui ir palaikymui kaip būtiną faktorių užtikrinant efektyvų fizinės saugos tikslų įgyvendinimą;
- reikalavimai fizinei saugai yra diferencijuoti, atsižvelgiant į numatomą grėsmę, branduolinių medžiagų kategorijas ir galimas pasekmes neteisėto branduolinių ir (arba) branduolinio kuro ciklo medžiagų užvaldymo ir (arba) panaudojimo atveju ir neteisėtos veikos branduolinės energetikos objekto, branduolinių ir (arba) branduolinio kuro ciklo medžiagų atžvilgiu atveju;
- organizuojant ir užtikrinant branduolinės energetikos objekto, branduolinių ir (arba) branduolinio kuro ciklo medžiagų fizinę saugą privaloma vadovautis „apsaugos gilyn“ principu, tai yra, kelių fizinės saugos lygmenų sukūrimu.

Planuojamas bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos pervarkymas į atliekyną vykdomas išskirtinai Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje.

Fizinė sauga Ignalinos AE aikštelėje yra organizuojama pagal iš anksto parengtą ir reguliuojančios institucijos patvirtintą fizinės saugos užtikrinimo planą. Planas paruoštas ir patvirtintas remiantis VATESI branduolinės saugos reikalavimais BSR-1.6.1-2012 [37] ir branduolinės saugos taisyklėmis BST-1.6.1-2012 [38]. Planas parengtas atsižvelgiant į Ignalinos AE aikštelės skirstymą į apsaugos zonas. Fizinės saugos planas ir jį papildantys dokumentai yra įslaptinti ir šioje ataskaitoje nėra vertinami. Jeigu bus reikalingos papildomos fizinės saugos priemonės, susijusios su planuojama veikla, jos bus numatytos IAE aikštelės fizinės saugos užtikrinimo plane. Taip pat ir po atliekyno uždarymo, aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu, atsižvelgiant į aikštelės ir jos aplinkos savybių pokyčius, atliekyno aikštelėje bus numatytos ir taikomos reikiamos fizinės saugos priemonės, atitinkančios galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimus ir nuostatas.

11.2 Galimybė taikyti reikiamas avarinės parengties priemones

Branduolinio energetikos objekto (BEO) avarinės parengties tikslas [39] yra užtikrinti avarių ir incidentų prevenciją bei įvykus avarijai:

- vykdyti priemones, kad BEO būtų grąžintas į normalios eksploatacijos padėtį;
- apsaugoti žmones, esančius BEO;
- švelninti avarijos pasekmes;
- nustatyti avarijos klasę;
- informuoti apie avariją VATESI ir kitas valstybės valdymo ir priežiūros institucijas, dalyvaujančias reagavime į avariją;
- pasitelkti į pagalbą avarines tarnybas už objekto ribų;
- vykdyti radioaktyviųjų išmetimų monitoringą BEO viduje ir sanitarinės apsaugos zonoje;
- padėti valstybės valdymo ir priežiūros institucijoms informuoti visuomenę.

Planuojamas bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimas ir pertvarkymas į atliekyną vykdomas išskirtinai Ignalinos AE pramoninėje aikštelėje. Pagal IAE avarinės parengties valdymo procedūrą [40] planuojama veikla bus integruojama į IAE avarinę parengtį. IAE avarinė parengtis aprašyta 11.2.1 skyriuje.

Ilgalaikėje perspektyvoje identifikuotos galimos avarinės situacijos įvertintos 8 ir 9 skyriuose. Visais nagrinėtais atvejais tikėtinos dozės išlieka kelis kartus ar net dydžio eilėmis mažesnės nei projektavimo kriterijaus vertė 0,1 mSv per metus, arba įvykio tikimybė yra mažesnė už tikimybinę atrankos ribą. Todėl pagal atliktus vertinimus bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymas į atliekyną vykdymui kažkokios specialios avarinės parengties priemonės nėra reikalingos.

Po IAE eksploatacijos nutraukimo (numatoma 2030 m. ar vėliau) IAE aikštelė pasieks taip vadinamo „rudojo lauko“ stadiją su veikiančiomis PBK ir ilgaamžių radioaktyviųjų atliekų saugyklomis. Nutraukus IAE eksploataciją, 158 statinio avarinė parengtis bus integruota į IAE aikštelės avarinę parengtį.

11.2.1 Avarinė parengtis IAE

Avarinė parengtis IAE vykdoma pagal Avarinės parengties planą (APP). APP yra pagrindinis dokumentas, kuriame numatomos organizacinės, techninės ir kitos priemonės, susiję su avarijos švelninimu, medicinine pagalba, evakuacija ir kitais veiksmais, kurių imamasi, siekiant

apsaugoti darbuotojus ir gyventojus nuo technogeninių ir gamtos reiškinių sukeltų avarijų IAE. APP ruošiamas pagal įsigalėjusius reikalavimus ir derinamas su valdžios institucijomis pagal nustatytą procedūrą [39]. Po atliekyno uždarymo, aktyvios institucinės priežiūros laikotarpiu, APP bus peržiūrėtas ir atitinkamai koreguotas, atsižvelgiant į aikštelės ir jos aplinkos savybių pokyčius bei galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimus.

11.2.2 Avarinės parengties planas

Dabartinėje APP versijoje numatoma IAE situacija po uždarymo, įskaitant eksploatacijos nutraukimo veiksmų detales, PBK tvarkymą ir naujų branduolinės energetikos objektų, planuojamų pradėti eksploatuoti 2011–2020 m., statybą.

APP sudaro dvi dalys:

- bendroji dalis su priedais;
- darbinė dalis (instrukcijos).

Bendrąją APP dalį [41] sudaro:

- bendrosios nuostatos, įskaitant tikslo, užduočių ir APP turinio aprašymą, APO struktūros aprašymą ir APO vadovaujančiųjų darbuotojų pareigų apibrėžimą;
- avarių klasifikacijos bendrosios nuostatos;
- neprojektinių avarių valdymo ir jų pasekmių likvidavimo organizavimo tvarka, įskaitant pradinio avarių įvertinimo tvarką, APO vadovaujančiųjų darbuotojų ir personalo informavimą ir sušaukimą, APO vadovaujančiųjų darbuotojų avarijos valdymo veiksmus, valstybinių ir valdžios institucijų informavimą, bendradarbiavimą su pagalbos tarnybomis ir avarinės parengties būklės atšaukimą;
- techninių priemonių, išteklių, patalpų ir APO priskirtų užduočių vykdymui reikalingų ryšio sistemų aprašymas;
- bendrųjų saugos veiksmų, avarinės apšvitos apribojimų ir darbuotojų apsauginių priemonių aprašymas;
- priedai: APO vadovaujančiųjų darbuotojų sąrašas, APO struktūros diagrama, sprendimų priėmimo medžio diagrama, avarių valdymo ir jų pasekmių likvidavimo pagrindinių veiksmų detalus planas, apsaugomųjų veiksmų taikymo kriterijai, APO vadovaujančiųjų darbuotojų atsakomybės apibrėžimas, pagrindinių avarijos pasekmių valdymo veiksmų detalus planas, darbuotojų apsauginių priemonių saugojimo vietų sąrašas, t. t.

APP atnaujinamas kartą per trejus metus.

12. AIKŠTELĖS SAUGOS ANALIZĖS IR PAGRINDIMO REZULTATAI IR IŠVADOS

Iš aikštelės geologinių, seismologinių/tektoninių ir hidrologinių/hidrogeologinių charakteristikų bei geocheminių/hidrocheminių ir meteorologinių sąlygų apibūdinimo, gauto atlikus IGG tyrimus aikštelėje ir išanalizavus anksčiau atliktų tyrimų duomenis [4], bei pateiktų duomenų apie prognozuojamus aplinkos pokyčius ir veiksnius, galinčius turėti įtakos planuojamo atliekyno saugai, jokių faktorių, kurie prieštarautų aikštelės tinkamumui esamą bitumuotų atliekų saugyklą (158 statinį) rekonstruoti ir pertvarkyti į atliekyną nenustatyta. Inžinierinių geologinių tyrimų atlikimo metu nebuvo aptikta kokių nors trūkumų, reikalaujančių kompensuojamų priemonių taikymo esamoms inžinierinėms geologinėms ir geotechninėms sąlygoms [13].

Ataskaitoje pateiktas atliekyno ilgalaikės saugos vertinimas laikotarpiui po atliekyno uždarymo, apimantis potencialios radionuklidų sklaidos vandens keliu ir žmogaus netyčinio įsibrovimo į atliekyną scenarijus bei išorinių gamtinių ir žmogaus veiklos sukeltų pavojų avarines situacijas, parodė, kad radioaktyviųjų atliekų sąlygotas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis gyventojams visais išnagrinėtais atvejais išliktų nuo kelių kartų iki kelių dydžio eilių mažesnis nei nustatyta projektavimo kriterijaus vertė 0,1 mSv per metus.

Ataskaitoje aprašytos ir įvertintos galimybės taikyti reikiamas fizinės saugos bei avarinės parengties priemones. Dėl nereikšmingo numatytų avarinių situacijų poveikio papildomos avarinės parengties priemonės, nei nurodytos esamame IAE avarinės parengties plane, nėra numatytos.

Ataskaitoje taip pat pateikti preliminarūs radiologiniai atliekų priėmimo kriterijai planuojamoms atliekyne šalinti bitumuotoms atliekoms bei smėlio-žvyro radioaktyviosioms atliekoms iš IAE reaktorių zonos.

Atlikus aikštelės analizę jokių aikštelės trūkumų, galinčių turėti neigiamą poveikį atliekyno saugai, kuriuos reikėtų kompensuoti projekto techniniais sprendimais bei organizacinėmis priemonėmis neaptikta.

Atliktos analizės apimtyje aikštelė gali būti pripažinta kaip tinkama esamos bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos (158 statinio) rekonstravimui ir pertvarkymui į atliekyną.

13. PRELIMINARŪS RADIOAKTYVIŪJŲ ATLIEKŲ PRIĖMIMO KRITERIJAI

Radioaktyviųjų atliekų, dedamų į planuojamą bitumuotų radioaktyviųjų atliekų atliekiną, priėmimo radiologiniai kriterijai yra nustatyti, remiantis VATESI reikalavimais [42] ir atsižvelgiant į TATENA rekomendacijas [43], o taip pat į atliekų galutinį sutvarkymą aikštelėje rekonstruojant esamą bitumuotų atliekų saugyklą į atliekiną. Radiologinių APK vertinimo metodika iš išvedimas išsamiai yra aprašytas ataskaitoje [14].

Planuojamam atliekinui išvesti ribiniai savitieji ir bendri aktyvumai pateikti 13.1 lentelėje.

13.1 lent. Radiologiniai APK, išvesti planuojamame atliekyne numatomoms šalinti radioaktyviosiems atliekoms

Radio- nuklidas	Pusėjimo trukmė, metai	Ribiniai savitieji aktyvumai, Bq/kg				Ribiniai bendri aktyvumai, Bq	
		$A_{i,max}$ natūralios raidos (išplovimo) scenarijus		$C_{i,max}$ netyčinio įsibrovimo į PA scenarijus			
		Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA	Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA	Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA
¹⁴ C	5,73E+03	9,34E+06	3,52E+03	3,41E+14	6,17E+10	1,62E+14	2,92E+10
³⁶ Cl	3,01E+05	-	7,62E+03	-	1,29E+10	-	6,33E+10
⁵⁴ Mn	8,54E-01	-	**	-	**	-	***
⁵⁵ Fe	2,70E+00	-	4,52E+06	-	**	-	3,76E+13
⁵⁹ Ni	7,50E+04	2,34E+07	4,14E+06	7,12E+12	6,04E+11	4,05E+14	3,43E+13
⁶³ Ni	9,60E+01	8,36E+09	1,46E+09	2,52E+13	2,11E+12	1,45E+17	1,21E+16
⁶⁰ Co	5,27E+00	1,50E+16	2,88E+14	**	**	***	***
⁶⁵ Zn	6,68E-01	-	2,02E+06	-	**	-	1,68E+13
⁹⁰ Sr	2,91E+01	1,55E+06	2,49E+03	2,27E+15	1,75E+12	2,68E+13	2,06E+10
⁹³ Zr	1,53E+06	-	1,54E+08	-	4,25E+11	-	1,28E+15
^{93m} Nb	1,36E+01	-	7,99E+06	-	4,04E+16	-	6,63E+13
⁹⁴ Nb	2,03E+04	1,67E+07	1,34E+04	1,39E+10	5,38E+06	2,88E+14	1,11E+11
⁹⁹ Tc	2,13E+05	4,36E+06	3,54E+01	9,90E+15	3,85E+10	7,55E+13	2,93E+08
^{110m} Ag	6,84E-01	-	4,17E+06	-	**	-	3,46E+13
¹²⁹ I	1,57E+07	1,27E+04	9,50E-01	1,07E+13	3,83E+08	2,20E+11	7,88E+06
¹³⁴ Cs	2,06E+00	1,99E+15	3,07E+10	**	**	***	2,55E+17
¹³⁵ Cs	2,30E+06	-	1,15E+05	-	2,02E+10	-	9,59E+11
¹³⁷ Cs	3,00E+01	2,43E+11	4,15E+06	3,85E+17	3,16E+12	4,20E+18	3,44E+13
²³⁴ U	2,44E+05	8,11E+04	2,33E+02	9,04E+10	1,25E+08	1,40E+12	1,93E+09
²³⁵ U	7,04E+08	5,62E+04	6,26E+01	8,78E+10	4,69E+07	9,72E+11	5,20E+08
²³⁸ U	4,47E+09	2,75E+05	7,91E+02	1,04E+11	1,44E+08	4,75E+12	6,57E+09

Radio-nuklidai	Pusėjimo trukmė, metai	Ribiniai savitieji aktyvumai, Bq/kg				Ribiniai bendri aktyvumai, Bq	
		$A_{i,max}$ natūralios raidos (išplovimo) scenarijus		$C_{i,max}$ netyčinio įsibrovimo į PA scenarijus			
		Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA	Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA	Bitumuotoms RA	Smėlio-žvyro RA
^{237}Np	2,14E+06	2,02E+05	4,63E+00	2,19E+12	2,40E+07	3,50E+12	3,84E+07
^{238}Pu	8,77E+01	3,11E+08	1,36E+06	5,90E+10	1,23E+08	5,39E+15	1,13E+13
^{239}Pu	2,41E+04	1,04E+06	2,71E+03	8,51E+09	1,06E+07	1,81E+13	2,25E+10
^{240}Pu	6,54E+03	7,03E+06	1,87E+04	8,52E+09	1,09E+07	1,22E+14	1,56E+11
^{241}Pu	1,44E+01	4,47E+10	1,69E+08	5,66E+17	1,03E+15	7,73E+17	1,40E+15
^{241}Am	4,32E+02	6,41E+08	2,07E+05	1,36E+11	2,11E+07	1,11E+16	1,72E+12
^{244}Cm	1,81E+01	-	3,15E+05	-	2,16E+12	-	2,62E+12

** Vertės viršija 1E+20 Bq/kg

*** Vertės viršija 1E+20 Bq

Išvedant ribinį savitąjį aktyvumą bitumuotoms RA priimta, kad bitumuotų atliekų masė yra 17 306 400 kg.
Išvedant ribinį savitąjį aktyvumą smėlio-žvyro RA priimta, kad smėlio-žvyro atliekų masė yra 8 300 000 kg.

Atliekos priimamos šalinti atliekyne, jeigu tenkinami šie sumavimo kriterijai: $\sum_i \frac{Q_i}{A_{i,max}} \leq 1$; $\sum_i \frac{Q_i}{C_{i,max}} \leq 1$,

čia: ribinio savitojo aktyvumo $A_{i,max}$ vertės apskaičiuojamos pagal atliekyno natūralios raidos scenarijų;
 $C_{i,max}$ – pagal netyčinio įsibrovimo į atliekyną scenarijų; Q_i – i -ojo radionuklido atliekų pakuotėje faktinis savitasis aktyvumas.

14. NUORODOS

1. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.2.2-2016. Radioaktyviųjų atliekų atliekynai. VATESI 2016-11-30.
2. Skystųjų radioaktyviųjų atliekų cementavimo įrenginio ir pastatų 150, 151/154, 158/2 periodinė saugos analizės ataskaita. IAE, 2018 (rusų k.).
3. Ignalinos AE naujasis kietųjų atliekų apdorojimo ir saugojimo kompleksas (B34). Atnaujinta saugos analizės ataskaita, 2 versija, 1 leidimas. NUKEM Technologies GmbH, Lietuvos energetikos institutas, 2017.
4. Laikinos bitumuotų RA saugyklos rekonstrukcija Drūkšinių k., Visagino sav. III GK projektiniai inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai. Inžinerinių geologinių ir hidrogeologinių tyrimų bendrovė „Geotestus“, GTC Branduolinės geofizikos ir radioekologijos laboratorija, UAB „Svertas Group“, 2019.
5. IAE regiono 2017 m. radiologinio monitoringo rezultatų ataskaita, IAE 2018.
6. IAE regiono 2018 m. radiologinio monitoringo rezultatų ataskaita, IAE 2019.
7. Lietuvos geologija. Monografija. Geologijos institutas, Vilnius, 1994.
8. IAE naujasis kietųjų atliekų apdorojimo ir saugojimo kompleksas (B34). Atnaujinta saugos analizės ataskaita, 2 versija, 1 leidimas. NUKEM Technologies GmbH, Lietuvos energetikos institutas, 2017.

9. Preliminariai parinktų aikštelių trumpaamžių mažo ir vidutinio radioaktyvumo atliekų kapinynui aplinkos kompleksiniai tyrimai. GGI ataskaita. Vilnius, 2004.
10. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Results of a co-ordinated research project. Vol. 1 & 2. IAEA Vienna. 2004.
11. Project B25-1 Near-Surface Repository for Low and Intermediate Level Short-Lived Radioactive Waste (Design). Report on Tectonics, Fault Activity and Seismic Hazard of Stabatiškė Site. Šliaupa S., Gadeikis S., Koženevskij M.; "Specialus montażas-NTP". Visaginas, 2010.
12. Project B25-1 Near-Surface Repository for Low and Intermediate Level Short-Lived Radioactive Waste (Design). Preliminary Safety Analysis Report, Revision 3 Issue 1. Lithuanian Energy Institute, 2017.
13. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugos sutartis nr. pst-136 (13.67), 2018-07-23 Atliekyno koncepcija, Nr. S/19/669, Versija 1. I tomas Atliekyno eskizinis projektas. LEI, UAB "Svertas Group", Visaginas 2019.
14. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugos sutartis nr. pst-136 (13.67), 2018-07-23 Atliekyno koncepcija, Nr. S/19/669, Versija 1. II tomas Pasirinktos atliekyno koncepcijos saugos pagrindimas. LEI, 2019.
15. IAE bitumuotų radioaktyviųjų atliekų saugyklos rekonstravimo ir pertvarkymo į atliekyną projektavimo dokumentų parengimo paslaugų pirkimo techninė specifikacija. VĮ IAE Eksploatacijos nutraukimo departamento projektų valdymo tarnybos B19 projekto valdymo grupė, 2017.
16. Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.3. IAEA Vienna. 2002.
17. Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.4. IAEA Vienna. 2003.
18. Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, IAEA Safety Series No. 118. IAEA Vienna 1994.
19. External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.1. IAEA Vienna. 2002.
20. QUANTISCI, AMBER 4.4 Reference Guide, QuantiSci Limited, Henley-on-Thames. 2002.
21. IAEA-TECDOC-972. Technologies for in situ immobilization and isolation of radioactive wastes at disposal and contaminated sites, 1997.
22. External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Guide No. NS-G-3.1. IAEA Vienna. 2002.
23. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.1.2-2017. Radioaktyviųjų atliekų tvarkymas branduolinės energetikos objektuose iki jų dėjimo į radioaktyviųjų atliekų atliekyną. VATESI, 2017-07-31.
24. Ignalina NPP Unit 1 Final Shut Down and Defueling Phase Decommissioning Project U1DP0. A1.4/ED/B4/0004, Issue 06.
25. SKB Safety Analysis Report for Existing buildings used as interim storage for bituminised

- waste. Task 13, SAR/T13/001205, date 2000-12-05.
26. Periodic safety assessment report. Storage facility of bitumen compound, bld 158. INPP 2013 (in Russian).
 27. Viscous petroleum road bitumen (GOST 22245-90). Technical specification (in Russian).
 28. Improved petroleum road bitumen from Western Siberia oils. Technical specification (in Russian).
 29. Assessment of Long Term Safety of Existing Storage Facility for Bitumenised Waste at INPP. SKB Report. Stockholm, Sweden, 1998.
 30. Explanatory note to the design drawings of the chemical service buildings, Vol. 1, Technical solutions. Book 1, Descriptive matter. 1221.X-II3.1.1, 1983 (in Russian).
 31. Analysis of in the canyons of bld. 158. Protocol No. 20, of 2006 11 07, INPP, 2006 (in Russian).
 32. A Thematic Network on Gas Issues in Safety Assessment of Deep Repositories for Radioactive Waste (GASNET). Final Report. European Commission. Nuclear Science and Technology. 2003.
 33. Smart N. R., Rance A. P., Fennell P., Werme L. Expansion due to Anaerobic Corrosion of Steel and Cast Iron: Experimental and Natural Analogues Studies. In "Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Systems", D. Féron and D. D. Macdonald (eds.), European Federation of Corrosion Publications, No. 36. 2003.
 34. Pedersen K., Karlsson F. Investigations of subterranean microorganisms. Their importance for performance assessment of radioactive waste disposal SKB Technical Report TR 95-10. 1995.
 35. Wolfram J H, Rogers, R D, Gazso, L G. Microbial Degradation Processes in Radioactive Waste Repository and in Nuclear Fuel Storage Areas. // NATO ASI Series, 1. Disarmament technologies – Vol 11. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1997.
 36. Lietuvos Respublikos Branduolinės energijos įstatymas, 1996-11-14 (2011-10-01 redakcija).
 37. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-1.6.1-2012. Branduolinės energetikos objektų, branduolinių ir branduolinio kuro ciklo medžiagų fizinė sauga. VATESI, 2012-04-04.
 38. Branduolinės saugos taisyklės BST-1.6.1-2012. Fizinės saugos užtikrinimo plano rengimas. VATESI, 2012-09-04.
 39. Avarinės parengties reikalavimus branduolinės energetikos objektą eksploatuojančiai organizacijai (P-2008-01). VATESI, 2008-10-24.
 40. Avarinės parengties valdymo procedūros aprašas. IAE, MS-2-008-1, DVSta-0811-1.
 41. VĮ IAE Avarinės parengties planas (Bendroji dalis), IAE, DVSta-0841-1.
 42. Branduolinės saugos reikalavimai BSR-3.2.1-2015. Radioaktyviųjų atliekų priėmimo į paviršinį radioaktyviųjų atliekų atliekyną kriterijai. VATESI, 2015-05-27.
 43. IAEA-TECDOC-1380 Derivation of activity limits for the disposal of radioactive waste in near surface disposal facilities. 2003.