



**VILNIAUS UNIVERSITETAS**  
**CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS**  
**GEOMOKSLŲ INSTITUTAS**  
**KARTOGRAFIJOS IR GEOINFORMATIKOS KATEDRA**

**Živilė Kudžmaitė**  
Studijų programa - Kartografija  
Magistro baigiamasis darbas

**AUGALŲ SUKCESIJOS PROCESO ANALIZĖ PALLYDOVINIŲ**  
**VAIZDŲ PAGALBA**  
**(Kazlų rūdos ir Pabradės poligonų teritorija)**

Darbo vadovas (-ė)  
dr. Donatas Ovodas

Leidžiama gintis \_\_\_\_\_  
(parašas)

Darbo įteikimo data \_\_\_\_\_  
Registracijos Nr. \_\_\_\_\_



**VILNIUS UNIVERSITY**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND GEOSCIENCES**  
**INSTITUTE OF CHEMISTRY GEOSCIENCES**  
**DEPARTMENT OF CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS**

**Živilė Kudžmaitė**

Degree program - cartography  
Master thesis

**ANALYSIS OF THE PLANT SUCCESSION PROCESS**  
**WITH THE SUPPORT OF SATELLITE IMAGES**  
(Territory of Kazlų Rūda and Pabradė landfills)

Scientific adviser  
prof. dr. Name Surname  
dr. Donatas Ovodas

*(permission to defend, date, signature)*

Date of submission \_\_\_\_\_

Registration No. \_\_\_\_\_

## TURINYS

Anotacija .....	4
ĮVADAS.....	5
PROBLEMOS APŽVALGA .....	8
DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI .....	11
1. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA .....	14
1.1. Atliktų tyrimų apžvalga Lietuvoje.....	14
1.2. Atliktų tyrimų apžvalga užsienyje.....	19
2. KARINIŲ POLIGONŲ APLINKOSAUGINĖ BŪKLĖ IR TEISINĖ BAZĖ.....	21
3. DARBO REZULTATAI .....	24
3.1. Normalizuoto augmenijos skirtumo indekso esmė ir jo išraišką palydovinėse nuotraukose ...	24
3.2. Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio poligono teritorijoje augalijos arealų išplitimo palyginimas 2015 m. ir 2019 m. ....	27
3.3. Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijoje augalijos arealų išplitimo palyginimas 2015 m. ir 2019 m. ....	33
3.4. Karinių poligonų augalų arealų plėtros palyginimas 2015 m. ir 2019 m. ....	37
IŠVADOS .....	39
SANTRAUKA.....	40
SUMMARY .....	42
LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS .....	44

**Kudžmaitė Ž.** Augalų sukcesijos proceso analizė palydovinių vaizdų pagalba (Kazlų rūdos ir Pabradės poligonų teritorija). Magistro darbas. Vilnius: VU. 2020.

**Anotacija.** Didėjant žmonių populiacijai, didėja poreikis užimti naujas teritorijas, plėstis. Priverstinė teritorijų kaita turi didelę įtaką biologinei įvairovei. Pasirinktų eksploatuojamų teritorijų būklė ir augalų sukcesijos kaita pasirinktuose plotuose priklauso ne tik nuo žmogaus įtakos, bet ir pačios bendrijos sukeliama aplinkos pokyčio, lemiančio sukcesijos pobūdį, reguliuoja pokyčių greitį, o dažnai ir kaitos ribas. Šio darbo tikslas - ištirti augalijos arealų plėtrą Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio ir Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijose 2015 m. ir 2019 m. laikotarpiu. Tikslui pasiekti buvo išskirti 4 uždaviniai – įvertinti teritorinę augalijos plėtrą pasirinktose teritorijose, atskleisti normalizuoto augmenijos skirtumo indekso esmę ir jo išraišką palydovinėse nuotraukose (Sentinel vaizduose), išnagrinėti normalizuoto augmenijos skirtumo indekso augalijos būklės vertinimui galimybes. Duomenų apdorojimui buvo imamos Sentinel-2A 2015 m. ir 2019 m. birželio ir liepos mėnesių nuotraukos. Palydovinių stebėjimų nuotraukos suteikia įvairios informacijos apie Žemės paviršių. Šios nuotraukos padeda nustatyti ne tik tokias paviršiaus savybes, kaip reljefas, urbanizuotos teritorijos, vandens telkiniai, tačiau ir detalesnę, specializuotą informaciją, kuri gali būti pritaikoma įvairiose srityse. Tiriamosiomis teritorijomis pasirinkti kariniai poligonai.

**Raktažodžiai:** sukcesijos procesas, arealų plėtra, NDVI.

## ĮVADAS

**Temos aktualumas.** Žmonių skaičiaus didėjimas pasaulyje skatina miestų gyvenviečių plėtrą, vartotojiškumą. Plečiantis teritorijoms pasaulyje, aktualia problema tampa natūralios gamtos įtakota ir neįtakota kaita. Specifinės teritorijos, kuriose tiesioginė įtaka aplinkos kokybei ir jos kaitai yra didelė tai kariniai poligonai, teritorijos naudojamos kariniams tikslams. Lietuvoje didžiausios pagal užimamą plotą karinės teritorijos yra išskiriami kariniai poligonai. Kariniai poligonai Lietuvoje išsidėstę atokiau nuo didelių gyvenviečių, nuošaliuose miškingose vietovėse, dėl savo naudojimo specifikos. Kai kuriuose Lietuvos poligonuose karinė veikla vykdoma jau daugiau nei 100 metų, todėl aplinkos sukcesijos pokyčiai yra akivaizdūs, dėl teritorijų specifinės paskirties, naudojamos technikos ir įvairios amunicijos. Didžiausia aplinkos poveikio įtaką dėl karinių poligonų veiklos stebima augalijos bendrijose. Lietuvos karinių poligonų teritorijose ypač daug plotų, kur dėl įvairaus pobūdžio veiklos bei vykstant sprogdinimų pratyboms, visiškai sunaikinta augalinė danga. Dėl nuolatinių pažeidimų augalija tokiose teritorijose ypač skurdi, daug kur jos beveik nėra, vyrauja smėlingos dykynės, dėl intensyvaus naudojimo prasideda dirvožemio erozijos procesai, kai kur ir dirvožemio degradacija. Pasirinkti kariniai poligonai yra vieni didžiausių Lietuvoje, Pabradės poligonas užima 8485,99 ha plotą o Kazlų Rūdos - 3708,57 ha plotą, todėl svarbu nustatyti padarytą žalą ir įvertinti augalijos plotų sunykimą, sukcesijos proceso kaitą. Darbų analizuojančių sukcesijos kaitą kariniuose poligonuose nėra. Atskirų komponentų sudėtinių dalių: miškų, vandens telkinio, dirvožemio sukcesijos procesų raidą analizuojamų darbų yra, tačiau bendrų visus gamtinius komponentus apimančių darbų, bet kuriose gamtinės geografijos srityse nėra.

Aplinka suprantama kaip gamtoje funkcionuojanti tarpusavyje susijusių komponentų: litosferos, hidrosferos, pedosferos, biosferos, organinių ir neorganinių medžiagų, antropogeninių komponentų visuma, kartu su visais sferas vienijančiomis natūraliomis ir antropogeninėmis sistemomis. „Švari ir sveika aplinka, neužteršta gamta yra didžiausias žmonijos turtas, tai būtina sąlyga žmonijos išlikimui ir egzistavimui. Nuo to, kaip mes saugome gamtą, naudojamės jos teikiamomis gėrybėmis, puoselėjame ir tausojame aplinką, priklauso mūsų visų ateitis (Lietuvos gamtinė aplinka, būklė, procesai raida, 2008.)“. Biosfera - tai savita biologinė įvairovė, su gyvūnų, augalų junginių ir organizmų ekosistemomis. Šiuo metu, dėl tam tikrų veiksnių, biologinė įvairovė nuolat mažėja, o tai itin neigiamai veikia gamtą ir žmogaus gerovę. Biologinė įvairovė yra vienas svarbiausių aplinkos komponentų, skatinančių gamtinių sistemų produktyvumą, funkcinę įvairovę, palaikanti gamtinės aplinkos rezistentiškumą, adaptaciją, atsistatymo gebą. Tai pagrindinė globali gyvybės palaikymo sferos – biosferos –

varomoji jėga. Lietuvos biologinė įvairovė yra sudėtinė globalios gyvybės sferos dalis, priklausanti ne tik nuo Europos regione vykstančių procesų, bet ir nuo globalios kaitos, vykstančios visose Žemės sferose (Bukantis A., 2008.).

Biologinės įvairovės nykimo priežastis – priverstiniai ir natūralūs arealų pokyčiai, sąlygojami intensyvios žemės ūkio veiklos, augančių statybos apimčių, kasybos darbų - karjerų eksploatavimo, intensyvaus miškų kirtimo, bei dirvožemio išteklių naudojimo, svetimžemių rūšių aklimatizacijos šalies teritorijoje, aplinkos taršos cheminiais ir biologiniais junginiais. Šiuos procesus galima apibūdinti kaip sukcesiją. Tai nesezoninis, kryptingas, negrįžtamas nepertraukiamas bendrijų, populiacijų, rūšių atsiradimas ir išnykimas konkrečioje vietovėje (Botanikos terminų žodynas, 1965). Lietuvoje aplinkos apsauga ir biologinės įvairovės išsaugojimas yra vienas svarbesnių kriterijų, norint išlaikyti ir puoselėti turimus gamtinius plotus, išteklius ir ekosistemas. Lietuvos biologinę įvairovę sudaro virš 20 000 gyvūnų, per 6500 grybų, apie 1800 augalų rūšių. Keičiantis klimatui Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje nyksta tam tikros augalų ir gyvūnų rūšys, šalyje nebūdingi augalai ir gyvūnai aklimatizuojasi ir užima vietinių bendrijų plotus, tuo pačiu ir sunaikindami juos. Pagrindinės Lietuvos floros įvairovės kaitos dažniausiai priklauso nuo išorės veiksnių, klimato kaitos, natūralios ekosistemų komponentų sukcesijų kaitos, visos eilės veiksnių, siejamų su antropogenine veikla (fizinis poveikis, tarša ir kt.) ir nuo netiesiogiai antropogeninio poveikio inicijuotais procesais (adventyvinių rūšių plitimas, įsigalėjimas, didesnės selektyvios konkurencijos bendrijose poveikis ir kt.) (Bukantis A., Gedžiūnas P., 2008.).

Vienu svarbiausių gamtinių išteklių Lietuvoje galima laikyti miškus. Nepriklausomai nuo miškų nuosavybės formos miškas pirmiausiai yra nacionalinis turtas, kuris turi būti išsaugotas ateities kartoms, tenkindamas ekologines bei socialines visuomenės reikmes. Miškas ne tik teikia medieną ir kitus miško produktus, bet ir yra esminis ekologinės pusiausvyros faktorius, kuriame kuriasi daugelio gyvūnijos ir augmenijos rūšių buveinės. Miškas stabdo dirvos eroziją, atlieka oro filtracijos ir absorbcijos funkciją, apsaugo gruntinius bei paviršinius vandenis, teikia prieglobstį gyvūnams, žmonėms - rekreacijos galimybes. Miškas - svarbus Lietuvos ekonomikos veiksnys, gamtinių išteklių šaltinis intensyviai naudojamas tiek Lietuvos, tiek ir užsienio rinkoje. Taip pat reikia nepamiršti ir kitų miško funkcijų – ne ką mažiau svarbių, ar net svarbesnių už medienos išteklius - tai apsauginė, rekreacinė bei estetinė funkcija.

Taigi, miškų, pievų ir kitų ekologiškai ir biologiškai svarbių plotų išsaugojimas ir didinimas yra gan svarbus ir opus Lietuvos miškų bei aplinkosaugos politikos uždavinys. Žinoma, ne visiems žmonėms besiverčiantiems miškininkyste, žemdirbyste ar kitomis veiklomis neretai trūksta žinių, kaip būtų galima kuo mažiau pažeisti biologinę įvairovę, tačiau

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu patvirtintos Pagrindinių miško kirtimų taisyklės apibrėžia, kad „plynas pagrindinis kirtimas – tai pagrindiniu miško kirtimų būdas, kai pagal kirtimų taisyklėmis nustatytus normatyvus suprojektuotame ir atribotame miško plote iškertami visi medžiai, išskyrus biologinės įvairovės požiūriu paliekamus medžius, arba kai paliekamo po kirtimų medyno skalsumas tampa ne didesnis kaip 0,2“. Šie medžiai ir yra itin vertingi saugant ir gausinant biologinę įvairovę. Tačiau, praktikoje šiai problemai skiriama vis dar nepakankamai dėmesio. Svarbiausia priežastis, kodėl nyksta miškų biologinė įvairovė, yra ta, kad miško resursai naudojami per daug intensyviai. Peržengiama riba, kuomet žmonių veikla miško buveines pakeičia tiek, kad kai kurių rūšių vietinės populiacijos nebegali išlikti, vyksta sukcesija – kaita, kai laipsniškai vienu augalų bendrijos pasikeičiamos kitomis, laiko bėgyje dėl nevienodo augalų dauginimosi, žmogaus poveikio ar tarprūšinės kovos ir įvairių aplinkos faktorių poveikio (Botanikos terminų žodynas, 1965). Miško, pievų, kraštovaizdžio įvairovė, užtikrina organizmų, buveinių gyvavimą, todėl labai svarbu, jog būtų išsaugota kuo įvairesni biologiniai plotai, miškai.

## PROBLEMOS APŽVALGA

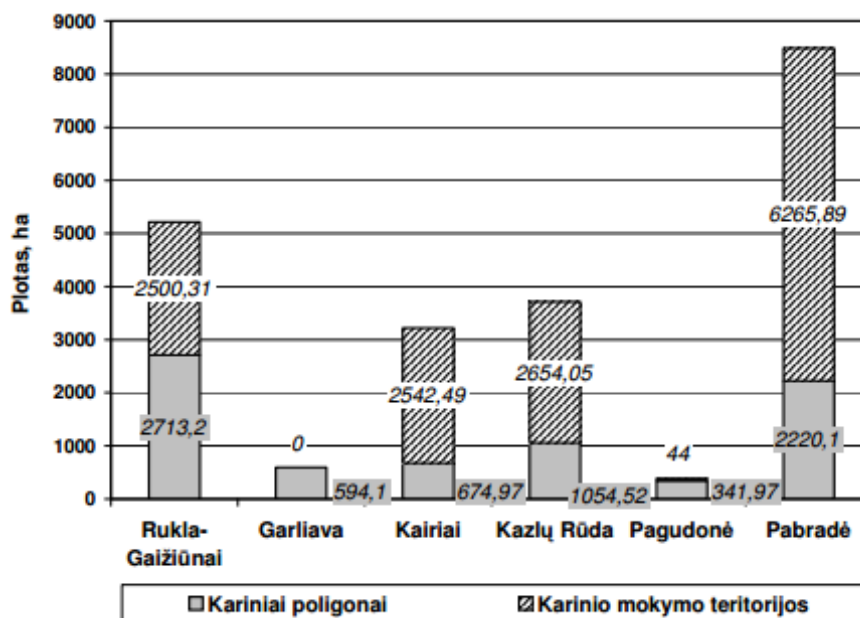
Lietuvos karinių poligonų ir juos supančių aplinkinių teritorijų naudojimo tvarka griežtai reglamentuota LR Vyriausybės 2000 gegužės 12 d. Nr. 545 patvirtintais naudojimo nuostatais „Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų valdymo ir naudojimo nuostatai“. Pagrindinė aplinkosauginė įstatyminė bazė: Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų valdymo bei naudojimo nuostatai (2000); Valstybinė aplinkos apsaugos strategija (1996); Aplinkos apsaugos įstatymas (1992) ir kiti teisiniai dokumentai, įstatymų sąvadai.

Viena svarbiausių dabarties problemų pasaulyje ir Lietuvoje - tai aplinkos tarša. Siekiant sumažinti aplinkos taršą reikia mažinti dabar vykdomas ūkines veiklas, bei nustatyti ir sutvarkyti iš praeities paveldėtas užterštas teritorijas. Tokioms užterštoms teritorijoms galima priskirti buvusias Sovietų Sąjungos įvairios paskirties karines bazines ir specialios paskirties karines teritorijas - karinius poligonus. 1992 m. devynių didžiausių Lietuvos Respublikos teritorijoje esančių karinių poligonų ir kartu prie jų prijungtų karinių girininkijų plotas buvo 54 519 ha, tai net 76 % visų karinių teritorijų buvusių Lietuvoje. Kariniai poligonai dislokuoti toliau nuo miestų ir gyvenviečių nuošaliuose miškingose vietovėse, kurios neretai pasižymi vertingu kraštovaizdžiu, retomis bei nykstančiomis biocenozėmis, turinčiomis didelę aplinkosauginę vertę. Poligonuose vykdoma karinė veikla daro poveikį tiek atskirų poligonų, tiek gretimų teritorijų aplinkai, retais atvejais, dėl poligonuose esančių teršalų gali pakenkti ir žmogaus sveikatai. Karinė digresija aplinkoje tai natūralios aplinkos būklės pakitimas, dėl tiesioginės karinės veiklos ir jos sukeltų pavojingų gamtinių procesų. (Baubinas, R.; Taminskas, J., 1998.) Mokomoji veikla kariniuose poligonuose daro neigiamą poveikį poligonų gamtiniam kraštovaizdžiui: sunaikina ar pakeičia reljefo formas supilant ar nukasant kalvas; daubas - iškasant, užpilant, dirbtinai pagilinant ar užlyginant jas. Tokie neigiamūs gamtinio kraštovaizdžio pokyčiai išlikę dėl sovietinės karinės veiklos. Ne visada kariniuose poligonuose vykdoma veikla daro neigiamą poveikį aplinkai, pastebėta, kad kariniai poligonai netiesiogiai padėjo išsaugoti kai kuriuos natūralius gamtos komponentus. Daugelis retų ir nykstančių Lietuvos augalų ir gyvūnų rūšių išliko, dabar sutinkama, kariniuose poligonuose, dėl šių teritorijų uždaro ir izoliacijos nuo visuomenės. Nuošaliuose poligono vietose išliko natūralios biocenozės su retomis augalų ir gyvūnų bendrijomis. Lietuvos kariniuose poligonuose vykdoma karinė veikla padės išsaugoti šias bendrijas ir pagerins esamą situaciją.

Pabradės poligonas - tai Lietuvos kariuomenės centrinis poligonas įkurtas dar XX a. pr. naudotas rusų ir japonų karo metais. 1940 m. vasarą šiame poligone įsikūrė sovietų kariuomenė.



Iki 1947 m. Pabradės poligonas (2020 ha) užėmė 20,20 km<sup>2</sup> plotą, nuo 1988 m. - (16 146 ha) 16,146 km<sup>2</sup>, kurioje 73 % teritorijos sudarė miškai. Poligone dažnai buvo organizuojami sausumos ir karinių oro pajėgų mokymai, poligono teritorijoje vyko intensyvus žmonių ir karinės technikos judėjimas. Lietuvos Vyriausybės potvarkiu 1992 m. Pabradės poligonas buvo perduotas Krašto apsaugos ir Miškų ūkio ministerijoms, nuo 2000 m. Lietuvos vyriausybės nutarimu įteisintas galutinis poligono teritorijos valdymas ir žemės sklypas Krašto apsaugos ministerijai buvo suteikta teisė valdyti 2220,1 ha Pabradės poligono teritoriją ir neterminuotai naudoti poligoną supančią 6265,89 ha karinio mokymo teritoriją valdomą miškų urėdijos. (Oficialus Lietuvos Krašto Apsaugos Ministerijos internetinis puslapis. 2005) Pabradės poligone vyksta kovinio šaudymo, sunkiosios kovinės ginkluotės, bei karinės technikos naudojimo pratybos (1 pav.) Kadangi poligoną daugiau kaip 70 % sudaro miškai, daugiausiai vyrauja spygliuočiai, vietomis mišrus miškas, kur medžių aukštis virš 20 m, atstumas tarp medžių apie 3 metrus, pelkėse vyrauja nendrės, teritorijoje daug nedidelių ežerų ir mažų upių. Už poligono ribų 5 artilerijos šaudymo rajonai perduoti panaudai pagal Vilniaus apskrities viršininko 2004 m. spalio 26 d. įsakymą Nr. 2.3-8178-86 „Dėl valstybinės žemės sklypų, esančių Švenčionių raj., suformavimo ir panaudos“. (Povilanskas, R., 1994).



**1 pav.** Lietuvos kariuomenės poligonai ir karinio mokymo teritorijos 1998 m.

Kazlų Rūdos poligonas – tai vienas iš didžiausių karinių poligonų Lietuvoje pradėtas statyti 1969 m., pirmas etapas buvo užbaigtas 1979 m., o antro statybų etapo atsisakė to meto SSRS armijos vadovybė. 1993 m. pasitraukus sovietų armijai poligoną perėmė Lietuvos

kariuomenė, o 1998 m. poligonas buvo perleistas Lietuvos kariuomenės Divizijos generolo Stasio Raštikio puskarininkių mokyklai. 2014 m. Lietuvos kariuomenės vado įsakymu Kazlų Rūdos poligonui suteiktas Brigados generolo Kazio Veverskio vardas. Kazlų Rūdos poligone įrengta: būrio atramos punktas, transporto technikų rengimo bazė, sunkvežimio SISU ir HMMWV trasa, mokymo vieta „Mūšis mieste“, 15 mokomųjų laukų (2 pav.)

Taip pat, 11 įvairaus nuotolio šaudymo zonų bei sprogdinimo darbų aikštelė. 2018 m. poligone dislokuotas sprogmenų neutralizavimo skyrius, kurio uždavinys teikti paramą, vykdyti sprogmenų neutralizavimo užduotis Lietuvos Respublikos sausumos teritorijoje ir NATO vadovaujamose tarptautinėse operacijose. Poligono bendras plotas - 38,51 kv. km, karinio poligono teritorijos plotas - 10,54 kv. km, karinio mokymo teritorijos plotas - 26,54 kv. km, privačios valdos - 1,427 kv. km ir Kazlų Rūdos aerodromo bendras plotas - 2,6 kv. km. KVP įrengta vienintelė Lietuvoje šaudykla „Oras - Žemė“ skirta šaudyti į antžeminius taikinius iš orlaivių. ([www.kam.lt](http://www.kam.lt))



**2 pav.** Brigados generolo Kazio Veverskio poligonas ([www.kam.lt](http://www.kam.lt))

Tai vienintelė teritorija Lietuvoje, kur kovinius šaudymus vykdo sraigtasparniai ir naikintuvai, taip pat teritoriją galima naudoti karinio mokymo, karo topografijos, karo taktikos pratyboms ištisus metus.

## DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Šio baigiamojo magistrinio darbo tikslas - Ištirti augalijos arealų plėtrą Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio ir Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijose 2015 m. ir 2019 m. laikotarpiu.

Uždaviniai:

1. Įvertinti teritorinę augalijos plėtrą pasirinktose teritorijose.
2. Atskleisti normalizuoto augmenijos skirtumo indekso esmę ir jo išraišką palydovinėse nuotraukose (Sentinel vaizduose).
3. Išnagrinėti normalizuoto augmenijos skirtumo indekso augalijos būklės vertinimo galimybes.
4. Nustatyti kaip augalijos sukcesijos procesas priklauso nuo poligono naudojimo intensyvumo.

Tyrimui naudoti metodai:

1. Literatūros šaltinių analizė
2. Statistinių duomenų analizė
3. Teritorijų planavimo dokumentų analizė
4. Matematinė statistinė analizė
5. Kartografinis metodas naudojant Sentinel 2 ir QGIS
6. QGIS
7. NDVI

Literatūros šaltinių analizė - tai teorinis tyrimo metodas, kuris padeda išanalizuoti, palyginti ir įvertinti ankstesnę literatūrą apie sukcesijos procesą įvairiose gamtinėse aplinkose. Padeda įvertinti esamą padėtį ir sprendžia tam tikras kylančias problemas. Analizuojant kitų autorių darbus apie sukcesijos procesą gali visapusiškai išnagrinėti šio procesą raišką kariniuose poligonuose, parodyti kaip skirtingų autorių idėjos, teorijos yra tarpusavyje susijusios, papildo vienas kitą, arba prieštarauja iškeltoms teorinėms paradigmoms. Literatūros šaltinių analizė yra įvadas į sukcesijos tyrimą kariniuose poligonuose. Aiškiai ir suprantamai pateikti mintis galima tik suprantant savo ir kitų autorių tekstą, gerai suvokiant esminę informaciją, jos pritaikymą rašto darbe. Kadangi darbų parašytų apie karinius poligonus ir sukcesijos procesą juose nėra, todėl tik visapusiškas gamtinės aplinkos suvokimas ir šios sukcesijos srities - vandens telkinių, želdinių ir gamtinių komponentų analizavimas, leidžia ne tik susidaryti bendrą vaizdą, bet ir atlikti kompleksinę teritorijos analizę.

Statistinių šaltinių analizė - tai empirinis tyrimo metodas, parodantis kariniuose poligonuose vykstančius kaitos procesus - teritorijų kaitą ir jos pažeistumą, dėl jose vykdomų pratybų ar mokymų. Vienas iš pagrindinių statistinių šaltinių analizės principų tai duomenų analizės programinė įranga. Įkeliant į QGIS Sentinel 2 palydovines poligonų nuotraukas, galima ne tik pamatyti, bet ir palyginti teritorijose atitinkamais laikotarpiais vykstančius procesus, pateikti jų grafines išraiškas, sutvarkyti duomenis, juos analizuoti, teikti informacijos sklaidą, bei grafiškai atvaizduoti gautus rezultatus.

Teritorijų planavimo dokumentų analizė - svarbus tiriamasis darbo objektas, kadangi kariniai poligonai priklauso kompleksiniams teritorijų planavimo dokumentams, nes apima valstybės teritorijos bendrąjį planą, savivaldybių bendruosius planus, bei detaliuose vietovės planus. Kariniai poligonai tai specialiojo statuso teritorijos, kurioms priklauso specialiųjų teritorijų planavimo žemėtvarkos dokumentai, miškų tvarkymo schemas, taip pat į karinių poligonų teritorijas įeina ir saugomos teritorijos, todėl svarbus ir saugomų teritorijų specialieji planavimo dokumentai, sistemos ar teritorijos dalių schemas, ribos ir tvarkymo planai. Poligonai kompleksinės teritorijos, todėl būtina teritorijų planavimo dokumentų analizė ne tik galimai plėtrai numatyti, bet ir teritorijos panaudojimo galimybėms vykdyti jose įvairias veiklas nepažeidžiant teritorijų planavimo reikalavimų.

Matematinė statistinė analizė - statistinių duomenų grupavimas ir jų analizavimas, siekiant parodyti kariniuose poligonuose vykstančius gamtinės aplinkos komponentų kaitos procesus nuo ypatingai pažeistų teritorijų, dėl jose vykdomų pratybų ar mokymų iki natūraliai atsikuriančių žmogaus veiklos nepalietusių teritorijų. Teritorijų analizavimas laiko prizmėje ir sėkmesijos dėsningume priklausomai nuo teritorijų naudojimo intensyvumo.

Kartografinis metodas - empirinis metodas, kurio pagalba palydovinės nuotraukos perkeliamos į QGIS. Kartografinis vaizdas tai žemėlapiu turinys apie objektus ir reiškinius, tarpusavio sąveiką, bei padėtį ir savybes analizuojamu laikotarpiu analizuojamose teritorijose. Daugelis kartografinės medžiagos vartotojui pateikiama skaitmeniniu būdu, nes vizualiai išanalizuoti teritoriją yra sudėtinga, todėl geriau pasitelkti kartografinį vietovės vaizdą. Kartografinė medžiaga atnaujinama naudojant fotogrametrinius bei kartometrinius metodus tinkantys didelėms teritorijoms kartografuoti aerokosminėse ar aerofotografinėse nuotraukose skenuojant nuotraukų turinį gaunami mozaikiniai duomenys. Vektorizuojama analizuojama teritorija ir nagrinėjami teritorijoje vykstantys pokyčiai analizuojamu laikotarpiu. Analizei buvo naudojami Sentinel 2 palydovų duomenys. Sentinel 2 duomenys yra surenkami MSI (Multi-Spectral Instrument liet. – multi- spektrinis instrumentas). Šis instrumentas turi 13 spektrinių kanalų, pasižyminčių įvairia raiška – nuo 10 iki 60 m<sup>2</sup> . Nagrinėjant Sentinel 2

nuotraukas, buvo atsižvelgta į debesuotumą, nes šio palydovo instrumentai negali fiksuoti paviršiaus duomenų per debesis, todėl analizei buvo naudojamos tik tos nuotraukos, kurių fiksavimo metu virš tiriamosios teritorijos buvo visiškai giedra. Tai lėmė gana nedidelį tinkamų analizei nuotraukų skaičių.

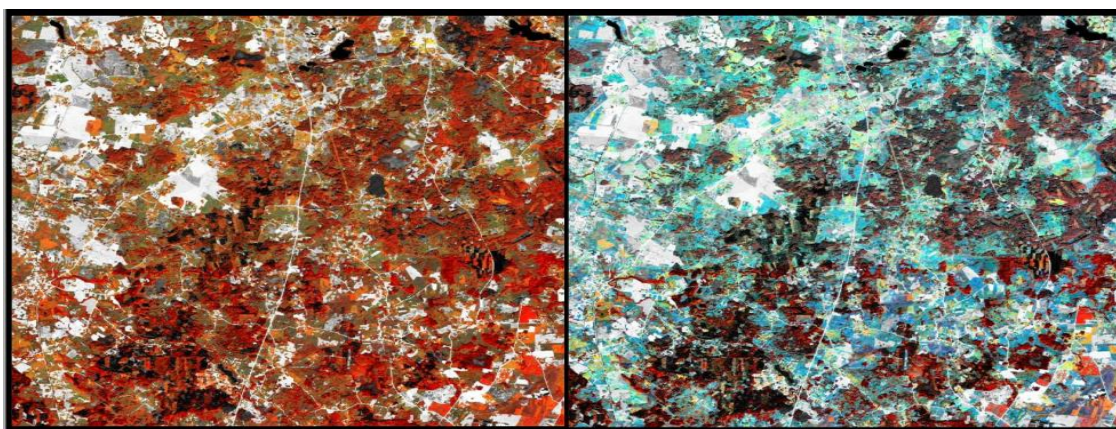
QGIS - atviro kodo tarplatforminė GIS sistema leidžianti palaikyti geoerdvinių duomenų peržiūrą, atlikti redagavimą ir duomenų analizę. Gautos nuotraukos buvo apkarpos atsižvelgiant į analizuojamą teritoriją. Palydoviniai duomenys buvo apdorojami QGIS programa.

NDVI - remiasi faktu, kad sveika augalija atspindi spindulius artimoje infraraudonoje zonoje (NIR) ir sugeria raudoną regimąją spinduliuotę. Leidžia išskirti augmeniją iš kitų paviršių, geriau nustatyti nesveikos ar išvargintos augmenijos sritis, pasižyminčias mažesniu atspindžiu artimoje infraraudonojoje zonoje.

# 1. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

## 1.1. Atliktų tyrimų apžvalga Lietuvoje

Priverstinė teritorijų kaita turi didelę įtaką biologinei įvairovei. Pasak V. Marozo žūsta ne tik fauna, bet nyksta ir flora, nes jos tarpusavyje susiję. Šiems veiksniams įtakos turi žmogaus atliekama veikla, biologinių išteklių eikvojimas ir skurdinimas. Prie biologinės įvairovės menkinimo ir skurdinimo prisideda: buveinių praradimas ir jų fragmentacija. Neracionaliai naudojant natūralias ekosistemas, pernelyg jas suskaidant į smulkesnes, teritorijos netenka savo biologinio vientisumo, mažėja biologinė įvairovė, kurią skurdina ir intensyvus naudojimas, augantis žmonių skaičius ir technologinė pažanga leidžianti intensyviai eksploatuoti biologinius išteklius, dėl to nyksta augalų ir gyvūnų bendrijos. Natūraliai ekosistemai kenkia ir dirvožemio bei atmosferos tarša, teršalai pažeidžia įprastas buveines ar augavietės, ilgainiui sumažėja rūšies gausumas, išnyksta pačios rūšys. Siekiant ištirti šiuos veiksnius tam tikrose teritorijose naudojant palydovinius vaizdus galima gan tiksliai ir greitai ištirti pažeistų teritorijų plotus. Anot Vaitkaus. G. Sentinel palydovinių vaizdų skiriamoji geba siekia 10 m ir pakartotinio apsilankymo dažnis siekia 3 (S1) arba 6 paras (S2), todėl jie puikiai tinka aplinkos monitoringo tyrimams. Galima nustatyti Žemės dangos struktūrą, dinamiką, fragmentaciją, apleistų, nenaudojamų žemių sukcesiją. Miškų, agrarinių ekosistemų, žemėnaudos intensyvumą ir sezoninius reiškinius. Ištirti pasėlių, ariamos žemės, pievų būklę bei patologiją. Išanalizuoti miškų kirtimo arba sodinimo dinamiką, medžių struktūrą. Padarinius po gaisrų, bei miškų atsistatymą. Ištirti landšafto hidrologinę būklę ir melioracijos sistemų funkcionavimą. Taip pat, vandeningus plotus – pelkes, šlapynes, jų hidrologinę būklę.



**3 pav.** Sentinel – 2 palydovinio vaizdo (2015.08.11) pirminio klasifikavimo metu išskirtas galimai apleistos ir nenaudojamos žemės sluoksnis (kairėje) ir jo antrinio klasifikavimo rezultatas (dešinėje). (Vaitkus G., 2017).

Vis dažniau žmonių poreikiams didėjant ir plečiantis teritorijoms, kertami miškai. Kirtimų metu sunaikinama miško ekosistema, kuri reikalinga palaikyti augalijos ir gyvūnijos tarpusavio procesus. Kertant mišką „nukertami visi simbioziniai ryšiai, ypatingai svarbūs miško atsikūrimui. Lietuvos gamtinėmis sąlygomis ilgaamžių medžių miškas yra paskutinė sukcesijos stadija, tačiau sunaikinus visą ekosistemą, kaip, pavyzdžiui, plyno kirtimo atveju, turi praeiti visos sukcesijos stadijos (krūmynų, trumpaamžių medžių ir įvairios tarpinės formos) iš naujo, kad vėl gautume pilnavertį mišką. Tokį, koks jis buvo iki kirtimo. Taigi natūraliai ilgaamžių medžių miškas po plyno kirtimo atsikuria ne per šimtą metų, tačiau per kur kas ilgesnį laikotarpį“ (Gaidamavičius, 2005). Teritorijos, kuriose, dėl tam tikrų priežasčių, iškertami dideli miškų plotai, o miškai jose neatsodinami, yra vadinami plynaisiais kirtimais. Plynieji kirtimai neišvengiama intensyvaus miškų ūkio dalis. Anksčiau miškai buvo veikiami tik natūralių procesų, kurių pasėkoje susidarydavo laikinos didesnės ar mažesnės aikštės. Pripažįstama, kad gyvūnija prisitaikė prie tokio natūralaus, stabiliai dinamiško režimo. Tai leidžia greta egzistuoti pirmųjų ir klimakso sukcesijos stadijų miško gilumos gyvūnams. (Gaidamavičius, 2005). Plynieji kirtimai turi kiek galima geriau imituoti natūralius trikdymo procesus, kurie iš dalies leistų gyvūnams prie jų prisitaikyti. Atrodytų, kad dabartinis Lietuvos miškų plotas yra pakankamas, tačiau įvertinus tai, kad atskiros rūšys gali būti aptinkamos tik tam tikrose miško sukcesijos stadijose, tam tikrų buveinių nykimas gali būti svarbiu rūšies egzistencijos veiksmu. Natūraliai pažeistos vietos skiriasi nuo plynų kirtimų tuo, kad pirmosiose lieka gan daug sveikų, pažeistų ir džiūstančių medžių, kurie labai tinkami uoksiniams paukščiams ir paukščiams, mintantiems čia aptinkamais bestuburiais. (Jesevičius V., 2009). Drėgnose vietose, plynuose kirtimuose, vyksta užpelkėjimo procesai, todėl keičiasi natūrali sukcesijos eiga. Spygliuočių miškams įtaką turi gaisrai, o lapuočių - vėjas ir gyvūnų daromi pažeidimai. Lapuočių miškuose natūraliai pažeistų medynų plotai dažnai mažesni nei dabartinės kirtavietės, pažeistų plotų ribos ne geometrinės.

Lietuvos miškų plotų kaitai ištirti naudojamos geografinės informacinės sistemos (GIS). Ortofotografiniai skaitmeniniai žemėlapiai iki 2002 metų naudoti žemės reformai, bendros paskirties georeferencinių GIS duomenų bazių sudarymo tikslais, todėl savo informacinėmis savybėmis nepilnai tenkino miškotvarkos poreikius (Mozgeris, 1998). Nuo 2001 metų atliekamas specializuotas miškų aerofotografavimas ir ortofoto transformuotų aerovaizdų gamyba (Mozgeris, 2002). Šio aerofotografavimo darbų rezultatas – skaitmeniniai ortofoto transformuoti aero vaizdai.

Sentinel palydovų pagalba ir gautais duomenimis naudojantis yra atliekama nemažai vandens teritorijų tyrimų. Tai viena iš priemonių įvertinti potvynių pavojų, paplitimą ir

sukeliamą materialinę žalą. Sentinel palydoviniai duomenys taikomi nagrinėjant upes ir jų užliejamas teritorijas, slėnius. Taip pat, tinka analizuoti kitus hidrologinius objektus, tokius kaip pelkės, ežerai. Labai svarbų vaidmenį hidrologijoje atlieka pelkes. Esant dideliame kritulių kiekiui pelkės sugeria itin didelę dalį vandens ir laiko savyje, o esant sausesniam klimatui, išdžiūsta. Keičiantis kritulių pasiskirstymui, naudojantis Sentinel teikiamais duomenimis galima nustatyti ir išskirti teritorijas, kurios buvo užlietos, arba labiausiai įmirkusiu paviršiumi. Šis būdas padeda suprasti hidrologinį režimą, pelkių dalyvavimą vandens apytakoje ir įtaką pelkių ekosistemai (Uselis G., 2018) Naudojantis Sentinel palydovo duomenimis ir indeksais skirtais vandeniui aptikti, buvo tiriamas Artosios aukštapelkės bei kitų aplinkinių aukštapelkių, žemapelkių ir tarpinio tipo pelkių užliejimas vandeniui ir užliejimo masto kaita laike. Palydovinių duomenų panaudojimas vertinant Artosios pelkės užliejamus plotus yra apsunkintas augalinės dangos. Joje nedaug atviro vandens plotų net ir laikotarpiams kai vandens lygis aukštas. Artosios aukštapelkėje dominuojanti augalinė danga yra kiminai, visoje pelkėje auga retos žemaūgės pušys. Žemapelkėse ir tarpinio tipo pelkėse vyrauja žolinė augmenija, yra krūmynų ir juodalksnyų. (Uselis G., 2018)

**1 lentelė.** Karinių teritorijų skaičius ir pasiskirstymas pagal plotą

<b>Plotas, ha</b>	<b>Karinių teritorijų skaičius</b>	<b>Bendras plotas, ha</b>
Mažiau nei 1	60	17
1 - 10	78	309
10 - 100	80	2718
100 - 1000	45	13594
1000 - 10000	13	37262
Daugiau nei 10 000	1	13862
<b>Viso:</b>	<b>277</b>	<b>67762</b>

1940-1993 m. daugiausia karinių objektų buvo didžiausiuose Lietuvos miestuose: Vilniuje – 26 (293,58 ha), Kaune – 79 (667,05 ha), Klaipėdoje – 29 (74,11 ha), Šiauliuose – 19 (26,95 ha). Buvusių karinių teritorijų skaičius ir pasiskirstymas pagal jų užimamą plotą pateiktas 1 lentelėje. Lietuvoje devyni kariniai poligonai užėmė 54 519 ha plotą (76 % visų karinių teritorijų ploto).

Teritorijų plėtrą įtakoja ne tik žemės ūkio naudmenų poreikis, bet ir karinių teritorijų poreikis. Lietuvos kariuomenės poligonų plėtra pradėta vykdyti dar 2014 metais, įvertinus Lietuvos ir sąjungininkų poreikius pratyboms ir treniruotėms. Be pagrindinių poligonų

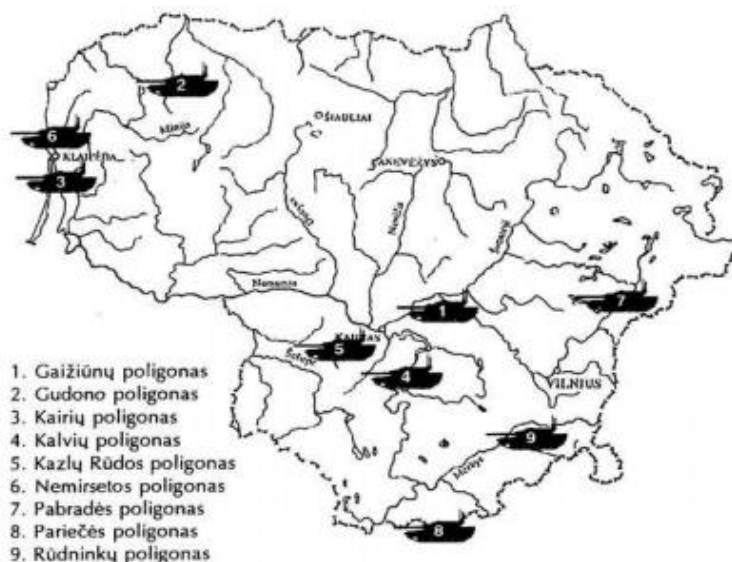


Gaižiūnuose ir Pabradėje, taip pat rengiami ir Generolo Kazio Veverskio (Kazlų Rūda), Rokų (Kaunas), Kairių (Klaipėda), Pagudonės (Telšių r.) poligonų plėtros planai. Pagrindiniai projektai šiuo metu yra vykdomi dviejuose valstybinės svarbos pripažintuose objektuose – Generolo S. Žukausko poligone Pabradėje ir šalia Ruklos esančiame Gaižiūnų poligone. Plėtros darbus šiuose poligonuose planuojama baigti iki 2022 metų (www.kam.lt).

**2 lentelė.** Karinių poligonų užimama teritorija.

Eil.Nr.	Poligono pavadinimas	Patvirtinti plotai (ha)	Buvo užimta buvusios sovietų kariuomenės (ha)	Patvirtinta plotų palyginus su buvusiais plotais (proc.)
1	Pabradės	8485,99	16855	50,34
2	Gaižiūnų	5213,51	13993	37,26
3	Kazlų Rūdos	3708,57	7116	52,12
4	Kairių	3217,46	3921	82,06
5	Rokų	594,1	604	98,25
6	Pagudonės	385,97	800	48,25
7	Iš viso	21605,6	43289	49,91

Pagrindiniai Lietuvos kariniai poligonai: Pariečės, Rūdininkų, Pabradės, Kazlų Rūdos, Gaižiūnų, Kalvių, Kairių, Nemirsetos, Gadūnavos (Gudono). Poligonų išsidėstymas pateikiamas 4 pav.



**4 pav.** Kariniai poligonai Lietuvoje (Povilanskas, 1994)

1994 – 1995 metais buvo vykdytas projektas kurio metu „Buvusių karinių bazių inventorizavimas ir aplinkai padarytos žalos įvertinimas“ buvo siekiama buvusių karinių poligonų poveikį aplinkai. Atliekant šį projektą buvo inventorizuotos 277 buvusios Sovietų

Sąjungos karinės bazės nuo 100 m<sup>2</sup> iki 14 000 ha. Išanalizavus duomenis ir įvertinus taršos mastą, žalą aplinkai nustatyta, kad pažeistos žemės užėmė 6111 ha, tame tarpe labai stipriai pažeista 10,7 %, stipriai – 42,3 %, vidutiniškai – 14,7 %, silpnai – 32,3 %. Užterštos žemės užėmė 58 % karinės paskirties 12 teritorijų ploto (888 ha). Naftos produktais rasta užteršta 36 ha, sąvartynai – 17 ha, užteršta buitinėmis ir kitomis atliekomis – 835 ha. (Greičiūtė K., 2006) 1993 m. buvo atliktas bendras Danijos ir Lietuvos apsaugos fondo projektas, kurio metu buvo atlikta gamtos vertybių inventorizacija „Biologinė įvairovė ir gamtos vertybės buvusiose Sovietų karinėse teritorijose“. Šio projekto metu buvo atrinktos visos buvusių Sovietų sąjungos karinės bazės kurių plotas didesnis negu 500 ha. Į šį skirstymą nebuvo įtrauktos karinės oro bazės. Atlikus skirstymą buvo atrinktos devynios teritorijos. Lietuvos tyrimų rezultatai yra labai panašūs į analogiškus tyrimus, atliktus kitose šalyse. Dvejus metus buvo stebima buvusios uždaros teritorijos ir analizuojama biologinė įvairovė. Nepaisant to, kad karinė veikla paveikė aplinką (užterštas dirvožemis, kraštovaizdžio degradacija, erozija), šios teritorijos dėl riboto žmonių poveikio vis dar yra turtingos biologine įvairove, kurią atspindi į Raudonąją knygą įrašytos gyvūnų ir augalų rūšys: 68 augalų rūšys (39,9 % viso sąrašo), 4 žinduolių rūšys (16,6 %), 45 paukščių rūšys (65,7 %), 4 roplių ir varliagyvių rūšys (80 %) bei 12 vabzdžių rūšių (7,8 %) (Greičiūtė K., 2006).

Anot P. Baltrėno kariniai poligonai tiek ankščiau tiek ir dabar yra įkuriami rečiau apgyvendintose miškingose, neretai pelkėtose teritorijose. Tam tikslui miškai buvo intensyviai kertami, tačiau reikia pažymėti, jog pelkėtiosios vietovės (žemapelkės, aukštapelkės ar užliejamos pievos) Lietuvos poligonų teritorijoje išliko, ir jose išlikusi didelė rūšių įvairovė. Tačiau vienas iš labiausiai dėl karinės veiklos nukenčiančių aplinkos komponentų yra dirvožemis. Dirvožemis labiausiai pažeidžiamas mechanškai, atliekant sprogdinimus, įkuriant sunkiasvorių mašinų trasas, šaudymo laukus. Dirvožemis suardomas, sunaikinamas po dirbtinėmis dangomis, suslegiamas, pakeičiamas reljefas. Kariniuose poligonuose pažeidus dirvožemį prasideda erozija. Tokie karinių veiksmų padariniai yra labai ilgalaikiai. Kariniai veiksmai stipriai veikia unikalius biotopus, saugomas teritorijas. Kadangi karinės teritorijos dažniausiai kuriasi nuošaliau, šalia karinių objektų suveši nebūdingos kraštovaizdžiui augalų bendrijos. Sutrinka gyvūnų populiacija, neretai gyvūnai susižeidžia į karinius įrenginius miškuose. Pažeidžiama gyvūnų migracijos keliai, sumažėja populiacija, atsparumas, išgyvenimo ir išlikimo sąlygos. Lietuvoje karinio poveikio zonose kuriasi neatsparios, nebūdingos ir neilgalaikės gyvūnų populiacijos, o tipingų ir genetinio fondo apsaugos požiūriu svarbių gyvūnų populiacijos nyksta (Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos ministerija, 1998). Nustatyta, jog augalinė danga Lietuvos poligonuose yra degradavusi keturis kartus

labiau nei vidutiniškai Lietuvos miškuose. Anot M. Žalynaitės antropogeninio poveikio karinėse teritorijose, iškirtus miškus ir atsivėrus plynėms, tose vietose pradėjo plisti svetima toms vietoms augmenija. Nebūdingose vietose ėmė augti šiukšlynų, dykviečių augalai. Lietuvos karinių poligonų teritorijose išskiriamos šios pažeidimo problemos: gruntinio vandens tarša, paviršinio sluoksnio sunaikinimas arba pažeidimas, augalijos pažeidimai, nykimas, natūralių biotopų sunaikinimas.

## 1.2. Atliktų tyrimų apžvalga užsienyje

Naudojantis Sentinel 1 palydovo duomenimis, Nyderlanduose buvo tiriamas agrokultūros žemėnaudų užliejamumas. Tyrimo metu buvo analizuojami šeši stebimi laukai. (Liu, 2016). Atlikus palydovo užfiksuotų duomenų apdorojimą ir panaudojus pagalbinę dirvožemio drėgnumo, kritulių ir NDVI indekso informaciją, buvo išskirtos teritorijos, kurių paviršiuje yra stovinčio vandens. Darbo eigoje buvo pastebėta, kad Sentinel – 1 palydovo nuotraukos yra žemos raiškos, ko pasėkoje tampa sudėtinga išskirti užlietas teritorijas. Kadangi gaunami vaizdai ne visuomet sutampa su užliejamų teritorijų laikotarpiu, todėl ne visuomet pavyksta užfiksuoti drėgniausius periodus analizuojamoje teritorijoje. Taip pat, dėl vaizdų kokybės neįmanoma išskirti nedidelių užliejamų plotų.

Karinės teritorijos – maži nagrinėtos teritorijos. Nėra atlikta daug tyrimų kurie nustatytų karinėse teritorijose atliekamų veiksmų neigiamą poveikį aplinkai. Trylikoje labiausiai išsivysčiusių šalių (įskaitant Rusijos) karinėms reikmės naudoja 1,5 mln. km<sup>2</sup> žemės plotą. Tai ne tik kariniai poligonai, bet ir didelės apsauginės karinių objektų teritorijos, buvusioje vakarų Vokietijoje tiesiogiai kariniams poligonams naudojama teritorija apėmė 1 mln. ha (2,8 %) šalies teritorijos, tuo tarpu apsauginė zona 5,6 %. Olandijoje kariniai poligonai sudaro 1,2 % šalies teritorijos ploto, apsauginei zonai ir netiesiogiai dar 10,5 %. Europoje daugelyje šalių karinės teritorijos užima 1 - 3 % šalies teritorijos. Didžiausi kariniai poligonai buvo tuometinėje Tarybų Sąjungoje, ir Rytų Europoje, nėra surandamų tikslių duomenų tačiau Kazachstane karinės teritorijos apėmė 200 000 km<sup>2</sup>. Tuometinėje LTSR okupacijos metais kariškiams tiesiogiai buvo skirta 0,9 - 1,3 % šalies teritorijos, o įvairioms reikmės papildomai naudoja apie 6 % šalies teritorijos. Į karines teritorijas patenka ne tik žemės plotai, bet ir jūrų akvatorijos: uždaros karinių uostų akvatorijos, branduoliai povandeninių laivų budėjimo rajonai, karinės aviacijos ir jūrinių pajėgų manevrų rajonai, bazės, oro erdvė. Per metus Vokietijoje atliekama iki 1 mln. karinių skrydžių tai sudaro 15 % visų šalyje vykdomų skrydžių. Kalifornijoje vien tik Mohavės dykumos bazės aptarnavimui skirta 47 000 km<sup>2</sup> erdvė. Iš viso

JAV karo reikmėms naudojama 30 - 50 % oro erdvės. Lietuvoje lėktuvų manevravimo zonos driekiasi virš Šiaulių, Panevėžio, Kėdainių. Plačiai karo reikmėms naudojama ir kosminė erdvė, kurioje dislokuojami kosminiai žvalgybos, ryšio palydovai, priešraketinės gynybos sistemos. Karinėms reikmėms sunaudojama daug gamtinių išteklių. JAV karinės energetinės sąnaudos sudaro apie 3,4 %, Rusijoje – 3,9 %, Vokietijoje – 1,4 %, Olandijoje – 2–5 %. Lietuvos karinėse teritorijose, Valčiūnuose, Kazlų Rūdoje, Pagėgiuose, prie aerodromų buvusiose saugyklose buvo 100–150 tūkst. m<sup>3</sup> naftos produktų talpų, apie 10 tūkst. m<sup>3</sup> raketinio kuro (Baubinas R., 1997-1998). Kariniai poligonai svarbūs, tai rodo ir didelis dirbančiųjų žmonių skaičius juose, Lotynų Amerikoje ir Karibų salose teritorijose dirba apie 8000 kariškių.

Buvusios Rytų Vokietijos Jutenburgo poligone dėl šimtmetį trunkusios karinio poveikio visiškai sunaikinus augaliją 120 km<sup>2</sup> plote, susidarė iki 20 m aukščio kontinentinės kopos. Labai giliai pažeidžiamas dirvožemis karinių veikslių metu. Vienas iš pavyzdžių Vietnamo karas. Po bombų sprogamų buvo permesta 2,5 mlrd. m<sup>3</sup> grunto. Po karo liko 10 mln. duobių, kurių gylis 6–9 metrai. Daugelį ir jų užliejo vanduo (The Environmental Aspects of Reusing Former Military Lands, 1996). 1943 metais vykusiame kurso mūšyje buvo iškasta daugiau nei 5000 km apkasų, išrausta ir įrengta 300 km pločio zona. Tokie paviršiaus pakitimai yra ilgalaikiai (Kuzin, A., 1995).

## **2. KARINIŲ POLIGONŲ APLINKOSAUGINĖ BŪKLĖ IR TEISINĖ BAZĖ**

Lietuvos kariuomenė kaip ir kitos organizacijos vykdo karinę ūkinę veiklą, ko pasekoje yra potenciali aplinkos teršėja. Lietuvos kariuomenė būdama Lietuvos krašto apsaugos organizacija privalo paisyti aplinkos apsaugos įstatymų. Aplinkos apsauga kariuomenėje pradėta rūpintis nuo 1993 metų. Iš Lietuvos teritorijos pasitraukus nedraugiškų pajėgų daliniams buvo atlaisvintos užimtos karinės teritorijos, kuriose buvo dislokuoti 462 daliniai. Krašto apsaugos ministerijai buvo perduota 16,3 proc. buvusių sovietų karinių teritorijų (Beinoravičius M., 2001). Rūpinimasis aplinkosauga daliniuose buvo padalintas tiek kariuomenėje dirbantiems tiek tarnaujantiems kariams. Kaip rūpintis aplinkos apsauga buvo aiškinama per kasdienes užduotis dalinyje. Buvo išskirti keletas pagrindinių aplinkos apsaugos tikslų kariuomenėje: vadovavimasis įstatymais, taršos prevencija, aplinkos išteklių tausojimas, rūpinimasis užteršta aplinka. Siekiant, kad būtų užtikrinta aplinkos apsauga, buvo sudarinėjami ilgalaikiai ir trumpalaikiai aplinkos apsaugos planai. Poligonų teritorijos patenka į padidinto jautrumo zonos dėl jose vykdomų karinių veiksmų, mokymų ir pratybų, tačiau jose taip pat gausu natūralių bei pusiau natūralių plotų, pasižyminčių didele biologine įvairove. Šios teritorijos labai svarbios vertingų buveinių ar retų bei nykstančių rūšių išlikimui. Ūkinės veiklos ribojimas leidžia susiformuoti sąlyginai stabilioms ekosistemų subsekcijoms (Ignatavičius, Oškinis G., 2007). Kariniai poligonai labiausiai užteršti sunkiaisiais metalais. Vykdamas nuolatinius mokymus, bombardavimus, šaudymo pratybas tai yra pagrindinis taršos šaltinis. Ne ką mažiau žalos padaro sunkioji karinė technika. Atlikti tyrimai rodo, kad labiausiai mechaniškai pažeistos vietos sunkiosios technikos bei šarvuočių trasose ar keliuose. Tokiose teritorijose visiškai sunaikintas arba pažeistas dirvožemis (Baltrėnas P., Ignatavičius G., ir kt., 2005). Siekiant suvaldyti šiuos aplinkos taršos veiksnius yra būtinas vadovavimasis įstatymais. Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų valdymo ir naudojimo nuostatose (2000) apibrėžiama valdymo teisės, poligonų naudojimo paskirtis, miškų priežiūra, karinių vadovų bei miškų urėdų pareigos, teisės ir atsakomybė. Miškais, kurie patenka į poligonų teritorijas rūpinasi miškų urėdijos pagal įstatymų nustatytą tvarką. Karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų plotai medžioklei nėra naudojami, nebent išskirtiniais atvejais turint atskirą Aplinkos ministerijos leidimą, suderintą su Krašto apsaugos ministerija. Leidžiama rinkti miško gėrybes, kada nevyksta mokymai ar pratybos. Valstybinė aplinkos apsaugos strategija (1996). Strategijoje išdėstomos skubos tvarka sprendžiamos aplinkos apsaugos problemos, informacija apie aplinkos būklę, pokyčius, problemas. Apibrėžiama aplinkos būklė,

svarbiausios spręstinios problemos, teigiami ir neigiami požymiai. Taip pat, strategijoje nurodoma, kad labiausiai užterštos yra senų sąvartynų, buvusių tarybinės kariuomenės dislokacijos, bei poligonų vietos.

Teritorijų planavimo įstatymas (1995). Šiame įstatyme nurodoma bendrojo, specialiojo bei detaliojo teritorijų planavimo procesai, teritorijų planavimo reglamentavimas, viešumas ir priežiūra.

Aplinkos apsaugos įstatymas (1992). Šio įstatymo paskirtis yra reguliuoti visuomeninius santykius aplinkos apsaugos srityje, bei nustatyti pagrindines juridinių ir fizinių asmenų teises ir pareigas išsaugant Lietuvos Respublikai būdingą biologinę įvairovę, ekologines sistemas ir kraštovaizdį. Svarbus kriterijus išsaugoti ir gerinti jau užterštus plotus, gerinti jų kokybę, skatinti atsistatymą. Siekti išvengti dirvožemio erozijos bei defliacijos, užtikrinti švaresnę aplinką, bei struktūrizuotą gamtos išteklių panaudojimą, švaresnius vandenį, išsaugotą gyvūniją, Šio įstatymo pagrindu priimami kiti gamtos išteklių naudojimą ir aplinkos apsaugą reglamentuojantys įstatymai bei kiti teisės aktai.

Miškų įstatymas (1994). Šiame įstatyme apibrėžiama miškų eksploatacijos galimybės ir principai, siektinas vienalytis miškų panaudojimo principas. Taip pat, apibrėžiama miškų atsodinimo bei tvarkymo taisyklės. Pagrindinis tikslas išsaugoti ir nepažeisti natūralių buveinių, augimviečių, biologinės įvairovės. Siekiama derinti miško savininkų ir visuomenės interesus.

Aplinkos monitoringo įstatymas (1997). Šiame įstatyme reglamentuojama stebėsenos organizacinė struktūra, vykdymo tvarka bei atsakomybė.

Laukinės augalijos įstatymas (1999). Įstatyme nurodoma ir apibrėžiami laukinės augalijos naudojimo principai, kad nebūtų pažeista natūrali bendrijų įvairovė, augavietės. Šis įstatymas nustato laukinės augalijos naudojimą, bei apsaugos ir atkūrimo tvarką Lietuvos Respublikos teritorijoje, jos žemyniniame šelfe ir ekonominėje Baltijos jūros zonoje.

Laukinės gyvūnijos įstatymas (1997). Įstatyme nurodoma laukinės gyvūnijos išgyvenimo sąlygos, migracijos kelių išsaugojimas, sąlygos būtinos dauginimuisi.

Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas (1999). Įstatymas taikomas visiems Lietuvos respublikos piliečiams užsiimantiems ūkine veikla. Įstatyme nustatyta mokesčio už aplinkos teršimo mokėjimo tvarka ir kontrolė. Šiame įstatyme nurodomos kriterijai kurie skatina tausoti gamtą ir aplinką, mažinti aplinkos teršimą, neviršyti leistinų taršos normų.

Aplinkos oro apsaugos įstatymas (1999). Įstatyme nustatoma žmonių teisės ir pareigos, kad oras būtų švarus. Apibrėžiamos žmonių veiklos, siekiant sumažinti oro taršą kas gali pakenti tiek žmonėms tiek visai aplinkai.

Vandens įstatymas (1997). Šiame įstatyme pateikiami vandens esančio aplinkoje valdymo kriterijai.

Saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrijų įstatymas (1997). Šiame įstatyme nustatoma juridinių ir fizinių asmenų santykiai su saugoma flora ir faunas, grybų bei bendrijų ir jų vadaviečių, augaviečių apsaugą. Įstatyme apibrėžiama gyvūnų bei augalų ir kitų gamtos komponentų išsaugojimo tvarką.

Saugomų teritorijų įstatymas (1993). Šiame įstatyme apibrėžiamos taisyklės kurios nurodo visuomenei, kaip reiktų elgtis saugomose teritorijose. Apibrėžiamos jų lankymo taisyklės, mokslinių tyrimų taisyklės. Įstatymo paskirtis - reguliuoti šias teritorijas, garantuojant gamtinių ir kultūros kompleksų ir objektų apsaugą.

Energetikos įstatymas (2002). Įstatymas apibrėžia energetikos panaudojimo, funkcionavimo ir plėtojimo veiklą. Svarbus kriterijus – efektyvus energijos ir jos išteklių vartojimas.

Kariniai poligonai apima tiek jūrų zoną, oro zoną bei sausumą. Pagrindinė jų eksploatacinė paskirtis – rengti karinius mokymus, atlikti įvairius kovos pratimus. Lyginant ankstesnius laikus karinių teritorijų skaičius yra gerokai sumažėjęs. Kiekvienoje karinėje teritorijoje yra laikomasi aplinkos apsaugos įstatymų bei LR nutarimų. Karinių poligonų ir aplink juos esančių mokymo teritorijų naudojimo tvarką reglamentuoja „Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų valdymo ir naudojimo nuostatai“. Nuostatai patvirtinti LR Vyriausybės 2000 gegužės 12 d. Nr. 545 nutarimu.

### 3. DARBO REZULTATAI

#### 3.1. Normalizuoto augmenijos skirtumo indekso esmė ir jo išraišką palydovinėse nuotraukose

Tiriamąjį darbą analizei buvo pasirinkta Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio poligonas ir Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligonas. Kazlų Rūdos poligonas įsikūręs vakarinėje Lietuvos dalyje į šiaurę nuo Kazlų Rūdos miesto. Pabradės karinis poligonas įsikūręs į šiaurės rytus nuo Pabradės, Švenčionių rajone. Tiriamosios teritorijos vieta bei analizuojamos žemėnaudos Tyrime buvo naudojami 2015 m. ir 2019 m. liepos mėnesių palydoviniai duomenys atsisiųsti iš Copernicus Open Access Hub duomenų bazės (<https://scihub.copernicus.eu/>). Copernicus – tai Europos kosmoso agentūros vykdoma žemės stebėjimų programa.

Tyrimui naudoti metodai:

1. Literatūros šaltinių analizė
2. Statistinių duomenų analizė
3. Teritorijų planavimo dokumentų analizė
4. Matematinė statistinė analizė
5. Kartografinis metodas naudojant Sentinel 2 ir QGIS
6. QGIS
7. NDVI

NDVI – normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas (angl. Normalized Difference Vegetation Index), kuris globaliu mastu skaičiuojamas nuo 1981 metų NOAA poliarinės orbitos palydovuose. NDVI remiasi faktu, kad sveika augalija atspindi spindulius artimoje infraraudonojoje zonoje (NIR) ir sugeria raudoną regimąją spinduliuotę. Leidžia išskirti augmeniją iš kitų paviršių, geriau nustatyti nesveikos ar išsvargintos augmenijos sritis, pasižyminčias mažesniu atspindžiu artimoje infraraudonojoje zonoje. NDVI reikšmė mažesnė nei sveikos žalios augmenijos.

NDVI skaičiavimo metodika  $NDVI = (1-a \text{ originalaus aerovaizdo spektro juosta} - 2-a \text{ originalaus aerovaizdo spektro juosta}) / (1-a \text{ originalaus aerovaizdo spektro juosta} + 2-a \text{ originalaus aerovaizdo spektro juosta})$ . Indeksas nustatomas naudojant skirtumą tarp atspindėtų artimojo infraraudonojo spektro dalies (angl. NIR) ir matomųjų spindulių spektro dalies (angl. VIS) bangų (formulė):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$



- jei yra debesys, sniegas, vanduo – NDVI indekso reikšmės kinta nuo -1 iki ~ 0;
- jei yra dirvožemis, dirbtinės dangos – nuo 0 iki ~ 0,2;
- jei yra menka augmenija – nuo ~ 0,2;
- augmenijai tankėjant, augalų būklei gerėjant, reikšmė didėja, kol pasiekia +1.

NIR – artimųjų infraraudonųjų spindulių spektro bangos ilgis;

R – matomų spindulių spektro – raudonos spalvos bangos ilgis.

NIR (angl.: Near Infra-Red) mozaika. Sudaryta iš NIR R G spektrinių juostų kombinacijos:

- NIR - Artimų infraraudonųjų spindulių;
- R - Raudonos;
- G - Žalios.

RGB (angl.: Red Green Blue) mozaika. Sudaryta iš RGB spektrinių juostų kombinacijos:

- R - Raudonos;
- G - Žalios;
- B - Mėlynos.

Kuo labiau mes naudojame žemės išteklius, tuo svarbiau yra turėti savalaikę ir patikimą informaciją, kad galėtume laiku priimti tinkamus sprendimus. Šiandien tarpe tokios informacijos, vis svarbesnę vietą užima patikimi, nuoseklūs laike ir žinoma įperkami erdviniai duomenys. Jų poreikis pasaulyje nuolat auga, o pats svarbiausias etapas, susijęs su erdviniais duomenimis yra jų rinkimas. Tokių duomenų svarba ir paklausa priklauso nuo to, kaip didelėje teritorijoje greitai, patikimai, tiksliai ir nebrangiai galime šį darbą atlikti. Nuotolinių tyrimų (NT) technologijos yra būtent tai, kas pastaraisiais dešimtmečiais nepaprastai ištobulėjo ir tampa vis labiau prieinamos įvairiose srityse, o erdvinį duomenų rinkimas taikant NT technologijas ne išimtis. Nuotoliniai tyrimai nagrinėja informaciją apie objektus, teritorijas ar reiškinius, analizuojant duomenis, gautus iš jutiklių, kurie neturi tiesioginio kontakto su tiriamais objektais, teritorijomis ar reiškiniiais. Duomenys yra renkami matuojant objektų atspindėtą, išspinduliuotą ar išsklaidytą elektromagnetinę spinduliuotę, tam naudojant įvairiausios konstrukcijos jutiklius, veikiančius spektro zonose nuo regimųjų spindulių iki mikrobangų. Jutikliai elektromagnetinę spinduliuotę paprastai registruoja vaizdų pavidalu, kurie vėliau apdorojami ir analizuojami siekiant gauti prasmingos informacijos apie juose pavaizduotus objektus ir reiškinius.

Vienas plačiai naudojamas vaizdų transformavimas yra normalizuoto skirtumo augmenijos indeksas (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), naudojamas stebėti augmenijos sąlygas žemyniniais ir pasauliniais masteliais. NDVI remiasi faktu, kad sveika

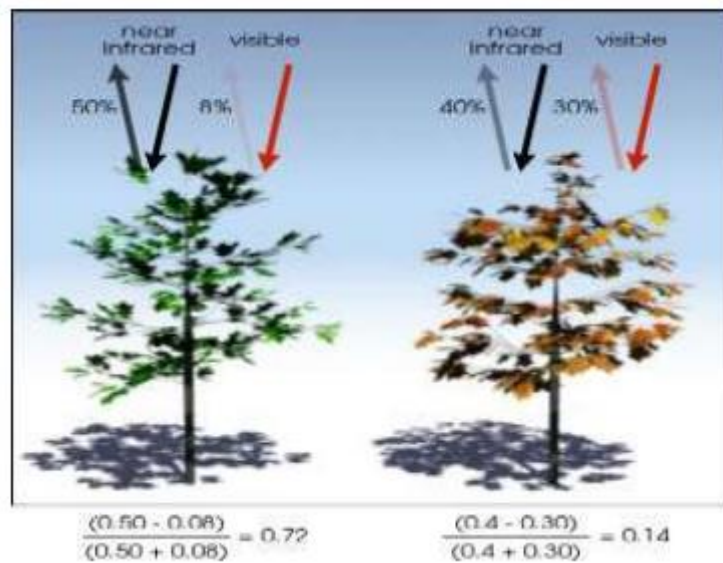
augmenija stipriai atspindi spindulius artimojoje infraraudonojoje zonoje (NIR) ir stipriai sugeria raudoną regimąją spinduliuotę. Tuo pat metu kitų tipų paviršiai, pavyzdžiui, dirvožemis ir vanduo, vienodai atspindi tiek artimojoje infraraudonojoje, tiek raudonojoje zonose. Lietuvos teritorijai sudarytas NDVI žemėlapis iš Sentinel-2A palydovo darytų vaizdų 2015 m., kur debesuotumas neviršija 5 proc. Pagaminta naudojant Europos kosmoso agentūros (ESA) Copernicus programos kosminių vaizdų duomenis, vaizdai apdoroti ir peržiūros paslauga sukurta VĮ "GIS-Centras" (5 pav.).



**5 pav.** NDVI žemėlapis iš Sentinel-2A palydovo fragmentas „GIS-Centras“

### 3.2. Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio poligono teritorijoje augalijos arealų išplitimo palyginimas 2015 m. ir 2019 m.

Pritaikius NDVI (normalizuotas augmenijos skirtumo indekso (angl. Normalized Difference Vegetation Index) formulę, sudaromi žemėlapiai, kurie leidžia įvertinti augalinės dangos būklę. Sentinel – 2 palydovų duomenys suteikia galimybę stebėti įvairius žemės dangos pokyčius, nes duomenys atnaujinama yra kas 5 dienas. Surinkti Sentinel palydovų duomenys leidžia sudaryti NDVI žemėlapi ir jame stebėti, analizuoti, bei kaupti duomenis apie augalinės dangos paviršiaus būklę atitinkamu laikotarpiu. NDVI parodo santykinę biomasę vietovėje. Šis indeksas išnaudoja dviejų rastrinių duomenų rinkinio kanalų: chlorofilo pigmento sugertą ir didelę augalų atspindėjimo gebą. Itin mažos arba neigiamos NDVI reikšmės - teritorijos be augalijos dangos: užstatytos teritorijos, keliai, dykynės. Vidutinės reikšmės atspindinti krūmokšnių sritis ir pievas, o didelė reikšmė pasižymi miškingos sritys su tankia augmenijos danga - miškais apaugusios teritorijos. (6 pav.)

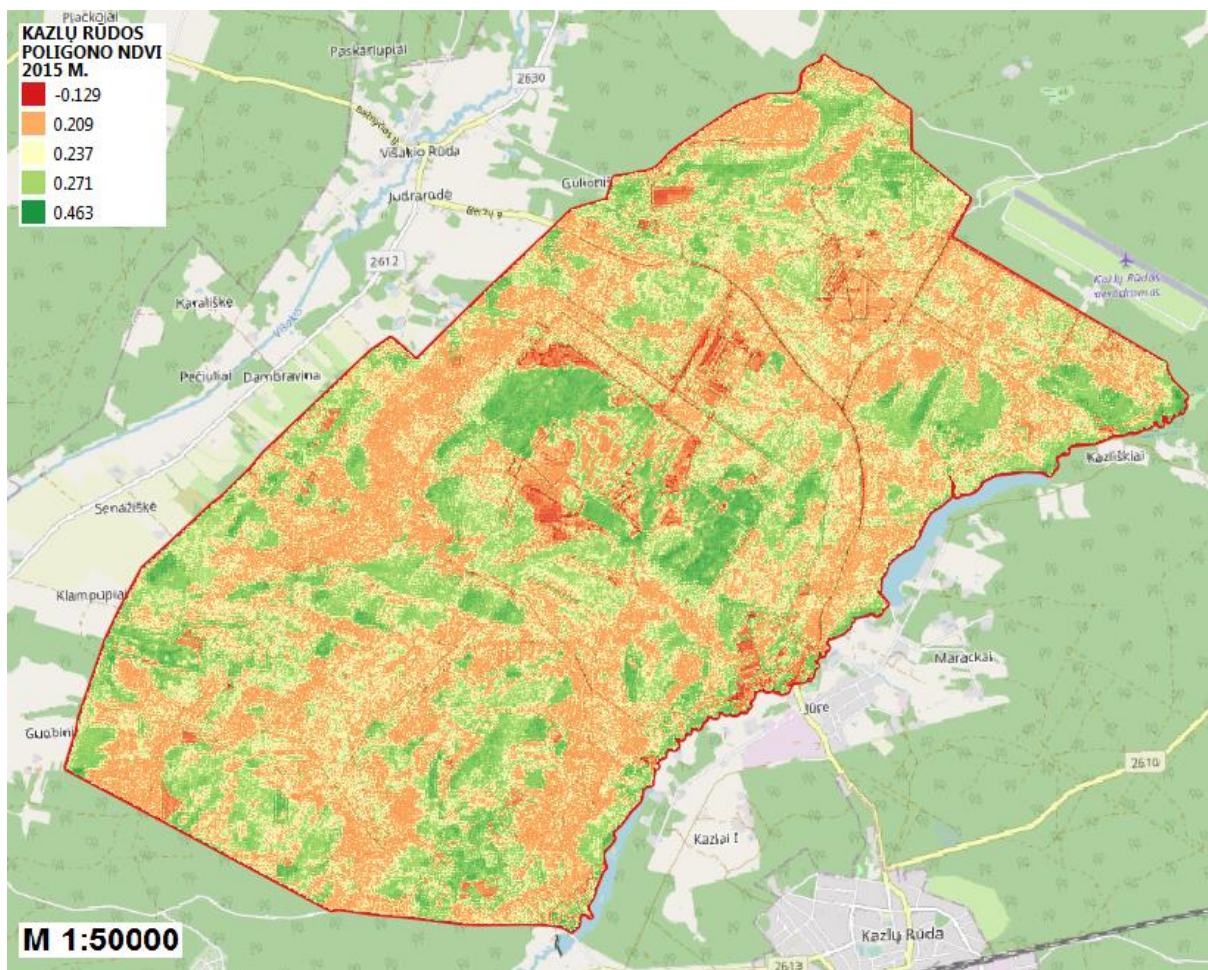


**6 pav.** Sveiko ir pažeisto augalo regimosios ir netoli infraraudonojo spektro šviesos atspindžių palyginimas ([www.earthobservatory.nasa.gov](http://www.earthobservatory.nasa.gov))

Tyrimė buvo naudojami 2015-2019 m. palydoviniai duomenys atsisiųsti iš Copernicus Open Access Hub duomenų bazės (<https://scihub.copernicus.eu/>). Analizei buvo naudojami Sentinel 2 palydovų duomenys. Kiekvienam indeksui buvo pritaikyta individuali spalvinė gama, su skirtingu spalvinių reikšmių skaičiumi. Šis skaičius buvo parinktas atsižvelgiant į tai, kokiame diapazone analizuojamuose duomenyse kito kiekvieno indekso reikšmės per visą tiriamąjį laikotarpį. Taip pat atsižvelgta į spalvinės gamos gebėjimą suteikti informatyvią vizualinę medžiagą, parodančią kurios teritorijos yra labai pažeistos ir kurių būklė yra gera

skirtingais laikotarpiais. Indeksų spalvinės reikšmės neišskiria teritorijas kurios suskirstytos pagal pažeidimo lygį, pagal naudojamą skalę.

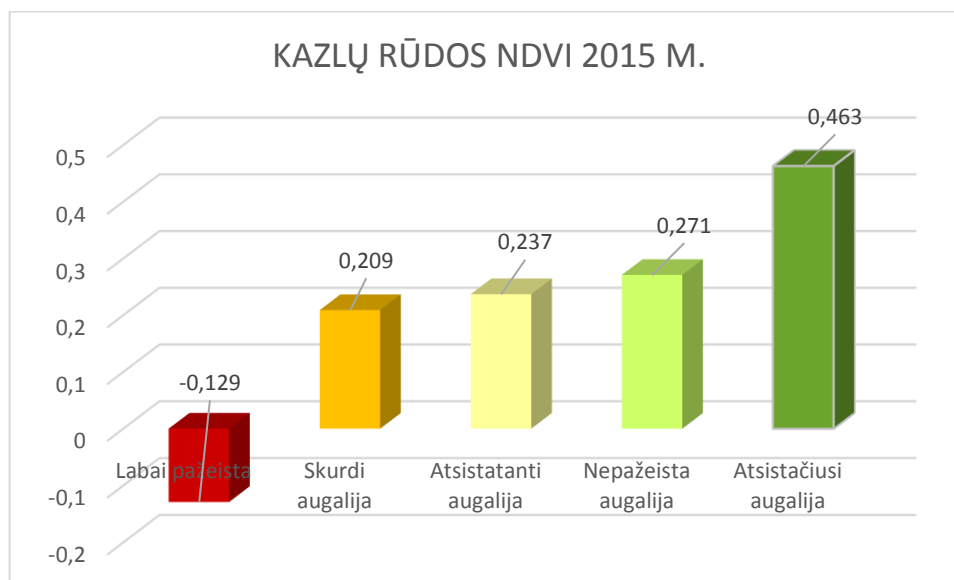
Apskaičiuoti Kazlų Rūdos poligono NDVI buvo pasirinkti 2015 metų liepos mėnesio duomenys  $NDVI = ("T34UFF\_20150725T094006\_B05" - "T34UFF\_20150725T094006\_B04") / ("T34UFF\_20150725T094006\_B05" + "T34UFF\_20150725T094006\_B04")$ .



**7 pav.** Normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas Kazlų Rūdos poligone 2015 m.

Atsižvelgiant į Sentinel 2 ortofoto nuotraukas galime pamatyti ir palyginti vietovėje įvykusius gamtinės aplinkos pokyčius. Didžiausi gamtinės aplinkos pokyčiai yra aktyviai naudojamose poligonų teritorijose, ten kur vyksta intensyvūs kariniai mokymo procesai ne tik Lietuvos, bet ir ES sąjungininkų pratybos įskaitant ir Lietuvos kariuomenės dalyvavimą jose. Kazlų Rūdos poligone yra naikinami rasti seni sprogstamieji užtaisai, rengiamos pratybos kurių metu yra leidžiamos aviacinės bombos. Poligono centrinėje dalyje yra stipriai pažeistų teritorijų. Šioje poligono dalyje dažniausiai atliekami įvairaus tipo šaudymai. Taip pat,

didžiausiai pažeidimai matomi prie pagrindinių poligono kelių. Poligone gausu sunkiasvorės technikos kelių kurie gan stipriai ardo paviršinę dangą.



**8 pav.** Augalinės dangos sukcesija Kazlų Rūdos poligone 2015 m.

Didžiausia sukcesijos įtaka centrinėje Kazlų rūdos poligono dalyje, ten kur vykdomi sprogdinimai iš oro ir sausumos; šalia pagrindinių kelių sankirtų, kur intensyviausias yra karinės technikos judėjimas, intensyviausiai vyksta visapusiškas asmenų ir technikos judėjimas, didžiausia antropogeninė veikla, kuri ir atsispindi NDVI kartografiniame vaizde. Labiausiai pažeistų teritorijų indeksas yra (-0,129), tai susiję su teritorijos naudojimo ypatybėmis. Mažiausia pažeista teritorija pakraštiniuose poligono dalyse ir didesniuose miškų masyvuose, kurių naudojimą apriboja karinių teritorijų teisinė bazė ir miškų panaudos galimybės poligonų viduje. Nagrinėjamas poligonas ne tik didžiausias, bet ir veikiantis visus metus, bei turintis daug panaudos galimybių.

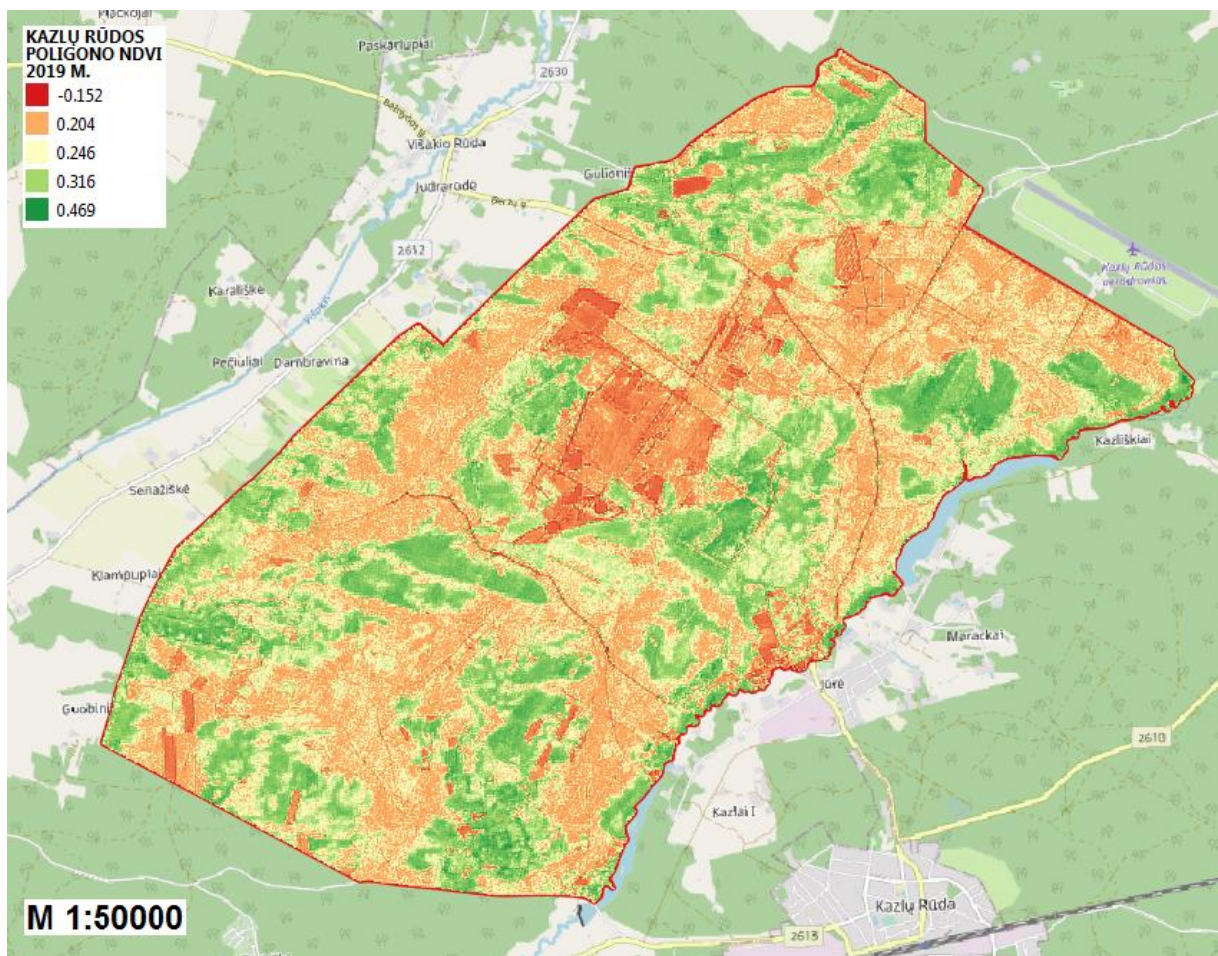
Poligonas išsiskiria ir tuo, kad jame vykdomi sprogmėnų atrastų Lietuvoje nuo Antrojo pasaulinio karo laikų neutralizavimo darbai. Tai ir aviacinės bombos, prieštankinės minos ir kiti statybų, kelių platinimo metu šalies teritorijoje iškasti užsilikę, bet nesprogę sprogmėnys, kurie paveikti ir laiko sąlygų, surūdiję ir ypatingai pavojingi.

Dėl patogios geografinės poligono padėties ir jo dydžio jame rengiamos rezervo karių pratybos, kurių metu mobiliame miestelyje naujausias technologijos gynybos srityje pristatė ir augančios gynybos ir saugumo įmonės. Šalyje veikia daugelis pažangių ir modernių įmonių gaminančių karo pramonei skirtą įrangą ir didžiąją jos dalį 90 proc. eksportuojančią į pažangias Europos ir Š. Amerikos šalis pvz.: Prancūziją, Vokietiją, JAV. Šiame poligone 2018 m. vyko

ir Lietuvos gynybos ir saugumo pramonės asociacijos renginys „Industry day“, kurio metu buvo galima apžiūrėti ir vadavietę, išbandyti savo jėgas šaudymo simulatoriuje, bei išbandyti kariuomenės amuniciją. Poligonas aktyviai išnaudojamas ne tik tarptautinėms pratyboms rengti, bet ir šauktiniams, rezervo kariams apmokyti, todėl visus metus yra didelis žmonių ir sunkiosios technikos judėjimas, todėl sukcesijos procesai poligono teritorijoje yra augantys.

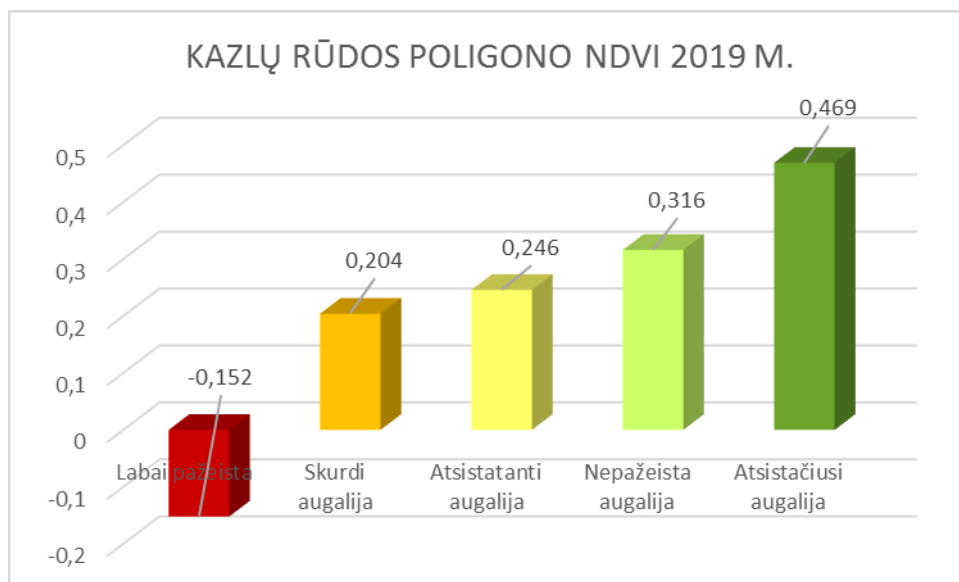
Nuo 2017 m. poligone pradėti modernizavimo darbai - aviacijos šaudyklos įrengimas talkininkaujant JAV Pensilvanijos valstijos nacionalinei gvardijai ir Lietuvos karinėms pajėgoms. Poligone ir toliau vyksta modernizavimo darbai tvarkomos ir plečiamos šaudyklos, kurios reikalingos kariniams įgūdžiams tobulinti, toliau gerinamos lauko stovyklos sąlygos. Lietuva patraukli šalis kariniams mokymams atlikti, todėl karinės infrastruktūros atnaujinimas ir plėtra - vienas iš pagrindinių aspektų ne tik Lietuvos, bet ir sąjungininkų karių pratyboms.

Apskaičiuoti Kazlų Rūdos poligono NDVI buvo pasirinkti 2019 metų birželio mėnesio duomenys  $NDVI = ("T34UFF\_20190604T094031\_B05" - "T34UFF\_20190604T094031\_B04") / ("T34UFF\_20190604T094031\_B05" + "T34UFF\_20190604T094031\_B04")$ .



8 pav. Normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas Kazlų Rūdos poligone 2019 m.

2015 m. sukcesijos procesai Kazlų Rūdos poligone buvo gerokai mažesni nei 2019 m. kaitą poligono teritorijoje įtakoje tarptautinės pratybos vykusios Lietuvoje praėjusiais metais, be to ir intensyvesnis Lietuvos karinių poligonų panaudojimas Šiaurės Europos šalių gynybos pratybose. 2019 m. birželio mėnesį Lietuvoje vyko tarptautinės pratybos „Geležinis vilkas“ trukusios dvi savaites. Pratybos skirtos įvertinti NATO Priešakinių pajėgų kovinės grupės rotacijos bei dviejų „Geležinio vilko“ brigados batalionų pasirengimą planuoti ir vykdyti karines operacijas. Pratybose dalyvavo 10 valstybių kariniai daliniai. Pratybas organizavo Lietuvos kariuomenė kartu su NATO priešakinėmis pajėgomis iš Vokietijos, Belgijos, Čekijos, Nyderlandų, Norvegijos, Danijos, Didžiosios Britanijos, Estijos, JAV ir Lenkijos kariuomenės pajėgų. Tarptautinių pratybų metu vyko ne tik kompleksinės lauko pratybos, bet ir kovinio šaudymo pratybos. Iš viso pratybose dalyvavo 40000 karių. Poligone 2019 m. vyko Lietuvos ir JAV karinių oro 2-ojo bombonešio sparno pratybos. Pratybų metu pirmą kartą buvo panaudotos ir skaitmeninės mūšio valdymo sistemos. Pratybų metu mokomasi veikti tarptautinėje aplinkoje, su skirtinga įranga (šiose pratybose dalyvavo bombonešis B-52, karinių oro pajėgų orlaivis „Spartan“, atakos lėktuvas, nuotoliniu būdu valdomas orlaivis „Scan Eagle“) ir skirtingomis taktikomis, skirtingo tipo užduotimis vienu metu. Tikslumas, preciziškumas ir veiksmų suderinimas pagrindiniai tarptautinių pratybų mokymo elementai.



**9 pav.** Augalinės dangos sukcesija Kazlų Rūdos poligone 2019 m.

Pagal apskaičiuotą NDVI Kazlų Rūdos poligone 2019 metais ir pateiktą grafiką galima teigti, kad labai pažeistų teritorijų padaugėjo. Didžiausias pažeistumas matomas tiek centrine

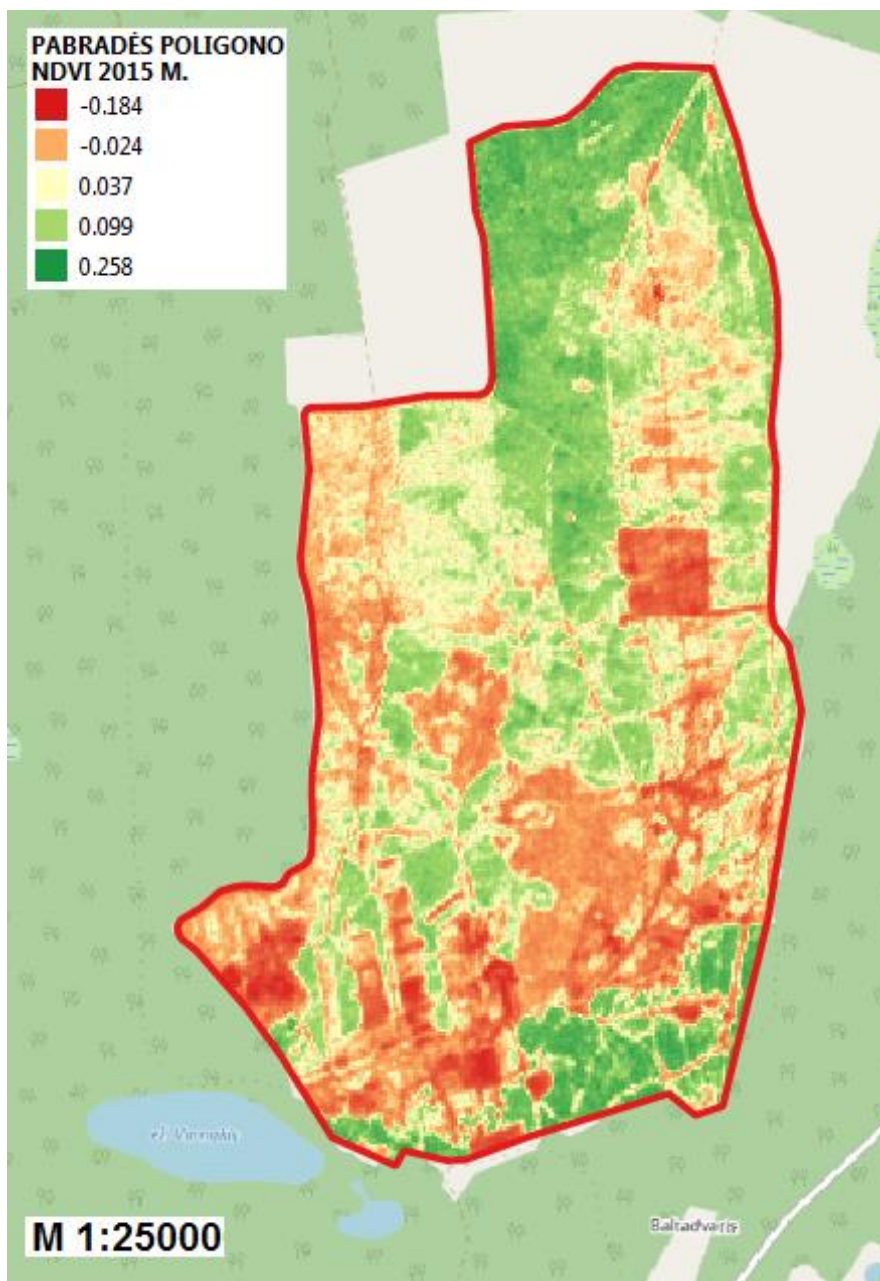
poligono dalimi kurioje pratybų ar mokymų metu vyksta sprogdinimo ar šaudymo darbai, bei prie pagrindinių poligono kelių, sunkiosios technikos trasų. Taip pat, reiktų atkreipti dėmesį į nepažeistos ir atsistačiusios augalijos plotus. Lyginant su 2015 metų duomenimis šių plotų padaugėjo.



### 3.3. Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijoje augalijos arealų išplitimo palyginimas 2015 m. ir 2019 m.

Apskaičiuoti Pabradės poligono NDVI buvo pasirinkti 2015 metų liepos mėnesio duomenys taikant formulę

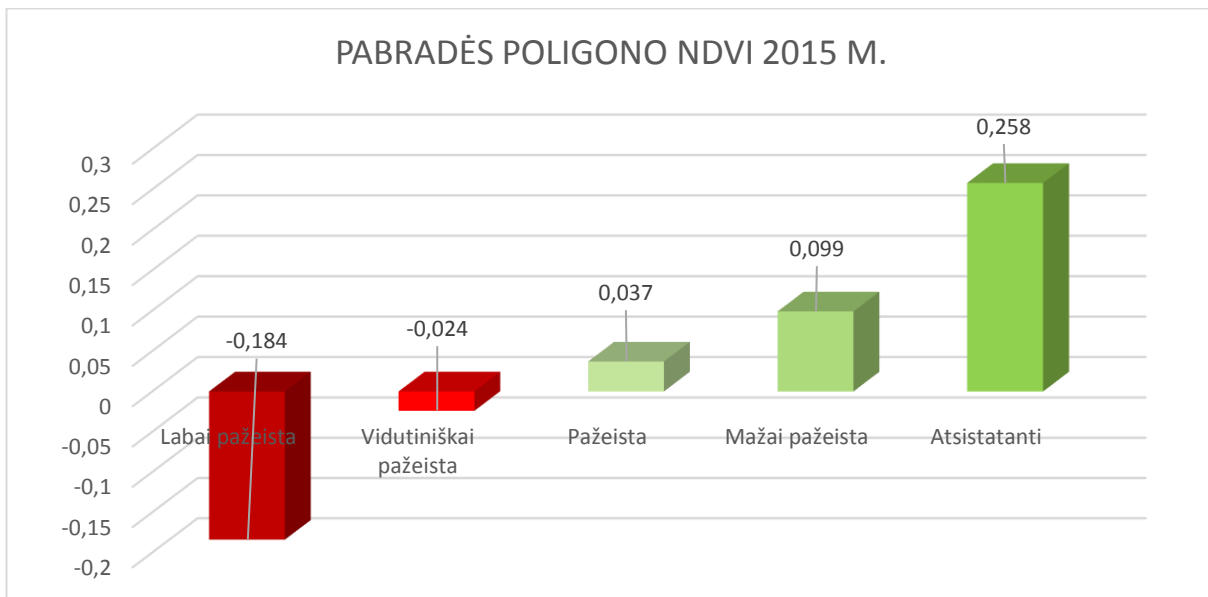
$$NDVI = \frac{("T35UMB\_20150725T094006\_B04" - "T35UMB\_20150725T094006\_B03")}{("T35UMB\_20150725T094006\_B04" + "T35UMB\_20150725T094006\_B03")}$$



10 pav. Normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas Pabradės poligone 2015 m.

Sukcesijos procesas Pabradės poligone yra gan ryškus. Nemaža dalis poligono yra labai pažeista. Poligono teritorijoje vykdomi kovinio šaudymo ir sunkiosios kovinės ginkluotės

bei technikos naudojimo pratybos. Poligone pratybas vykdo ir sraigtasparniai bei naikintuvai. Karinio mokymo teritorija naudojama fiziniam karių rengimui, karo topografijos, taktikos pratyboms, artilerijos pozicijoms šaudyti aukšta trajektorija į taikinius poligone bei laikinoms stovyklavietėms įrengti, karine technika (išskyrus tankus) važiuoti miško keliukais, kasti apkasus. Iš pateikto NDVI vaizdo galime spręsti, kad labiausiai pažeistos vietos yra šaudymo laukai. Taip pat, labai pažeisti pagrindiniai keliai ir augmenija aplink juos.



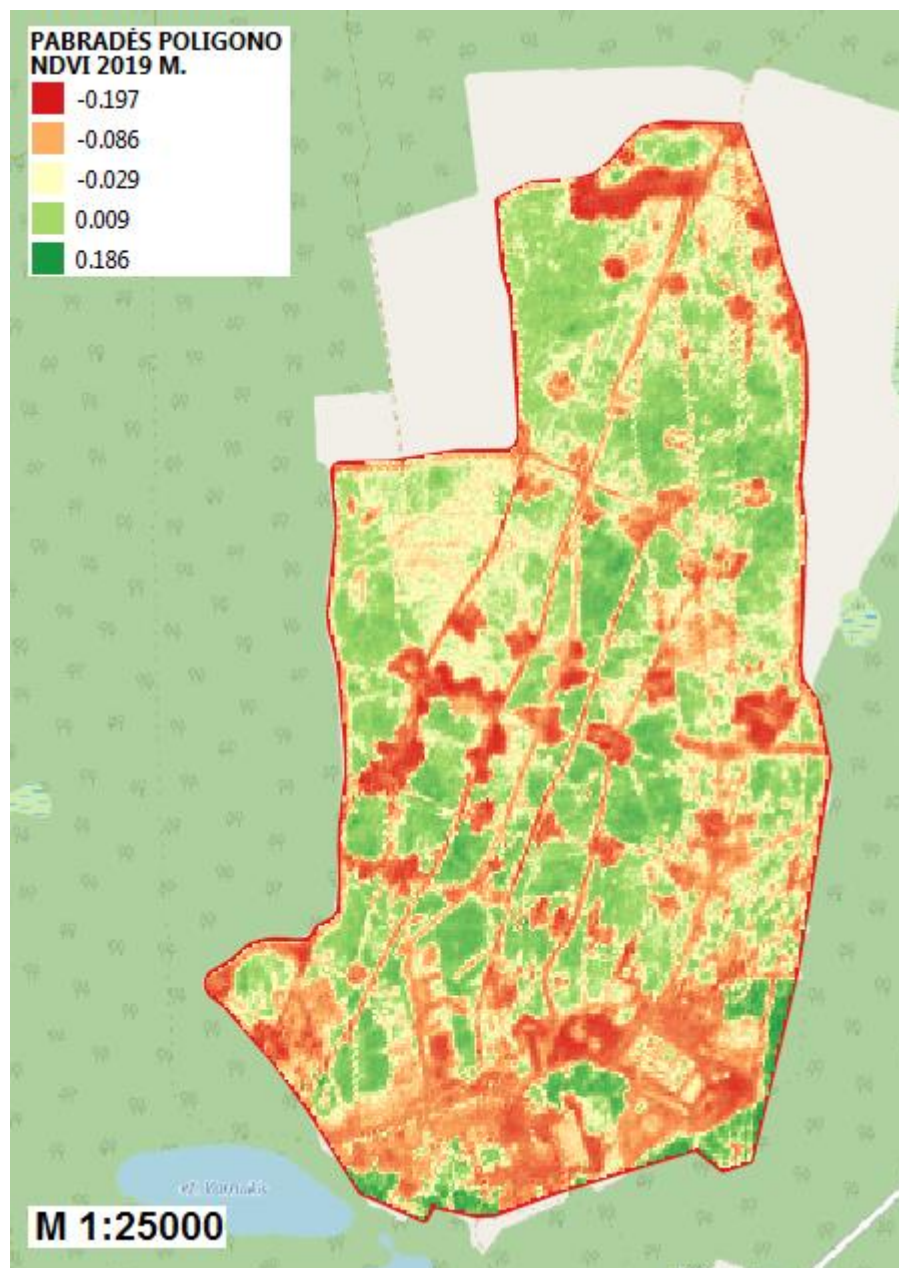
**11 pav.** Augalinės dangos sukcesija Pabradės poligone 2015 m.

Iš grafike pateiktų NDVI duomenų matome, kad Pabradės poligone labai pažeistų teritorijų plotas viršija atsistatančios ar mažai pažeistos augalijos plotą. Tai rodo, kad poligonas yra stipriai eksploatuojamas ir didžiąją dalį teritorijos užima pažeisti arba labai pažeisti plotai. Poligono teritorija suskirstyta į 20 mokomųjų laukų ir 8 artilerijos šaudymo rajonus, taip pat teritorijoje yra taikinių rajonai, bei kovinio šaudymo zonos ir stacionarios šaudyklės ir trys kariniai miesteliai. Visa ši infrastruktūra ir poligono suskirstymas turi tiesioginės įtakos ir augalijos pažeidimams poligono teritorijoje. Lietuvos kariuomenės vado 2000 m. rugsėjo 19 d. įsakymu Nr. 481 patvirtintas leidinys „Šaudyklų įrengimas ir eksploatacija (pėstininkų ginklai)“ reglamentuoja šaudyklų įrengimo ir eksploatacavimo principus (e-seimas.lrs.lt). Bet kokio masto pratybos, kuriose dalyvautų Lietuvos kariuomenės padaliniai batalionai ar kuopos priklauso nuo poligono dydžio, geografinės vietovės ypatumų, šaudymo sektoriai turi įtakos šaudymo pratybų apimtims ir galimybėms. Labai pažeistų teritorijų atsiradimas Pabradės poligone sąlygotas ir 2010-2012 m. atliktos karinių poligonų panaudos analizės, kurioje skelbiama, kad dabartinis (2012 m. buvęs poligonas) poligonas nenaudojamas pilnu pajėgumu, nes jame nėra

sudarytos sąlygos užtikrinti rengimą pagal nustatytus standartus. Modernizavus poligoną, kas ir buvo padaryta, aprūpinus jį reikiama įranga jame daugiau karių gali dalyvauti mokomosiose pratybose, padidintas poligono efektyvumas, o tai savo ruožtu padidino sukcesijos procesus jame. Poligone yra galimybė naudoti priešlėktuvinę ginkluotę naudojamą oro gynybos batalionuose, esant tam poreikiui, taip pat esant galimybei galima atlikti artimą paramą iš oro „Close air support“.

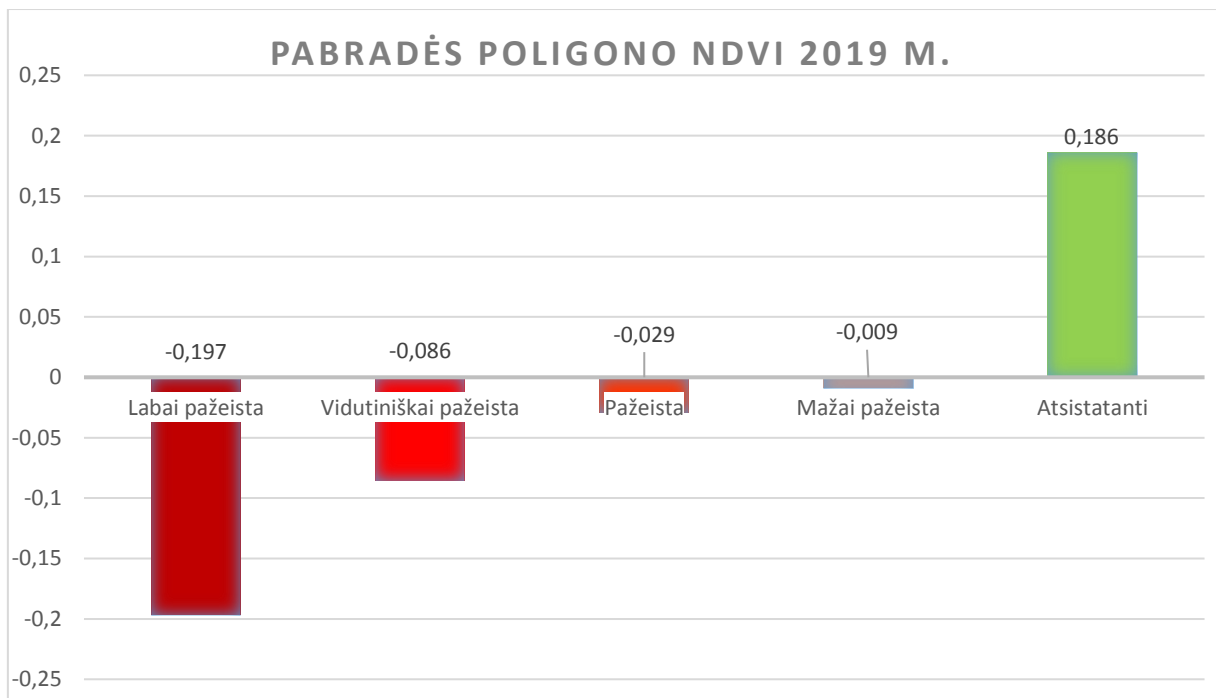
Apskaičiuoti Pabradės poligono NDVI buvo pasirinkti 2019 metų birželio mėnesio duomenys taikant formulę

$$NDVI = \frac{("T35UMB\_20190609T094039\_B04" - "T35UMB\_20190609T094039\_B03")}{("T35UMB\_20190609T094039\_B04" + "T35UMB\_20190609T094039\_B03")}$$



**12 pav.** Normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas Pabradės poligone 2019 m.

2019 m. Pabradės poligone vyko karinės Lietuvos ir vienuolikos NATO šalių, čia vyko „Geležinis vilkas II“ pratybos. Šių pratybų tikslas buvo pajėgos prieš pajėgas, kur kovojama vienas prieš kitus. „Geležinis vilkas“ pratybose dalyvauja kariai iš Lietuvos, Belgijos, Čekijos, Didžiosios Britanijos, Estijos, JAV, Lenkijos, Norvegijos, Nyderlandų, Portugalijos ir Vokietijos. Be to, kad pratybose dalyvavo 4000 karių iš Lietuvos ir sąjungininkų valstybių, jose dalyvavo taip pat ir 1000 karinės technikos - tankų, pėstininkų kovos mašinų, šarvuočių ir artilerijos pabūklų, kitos paskirties administracinio ir aprūpinimo transporto. Kaip ir Kazlų Rūdos poligone taip ir Pabradės poligone vyksta tarptautinės pratybos.

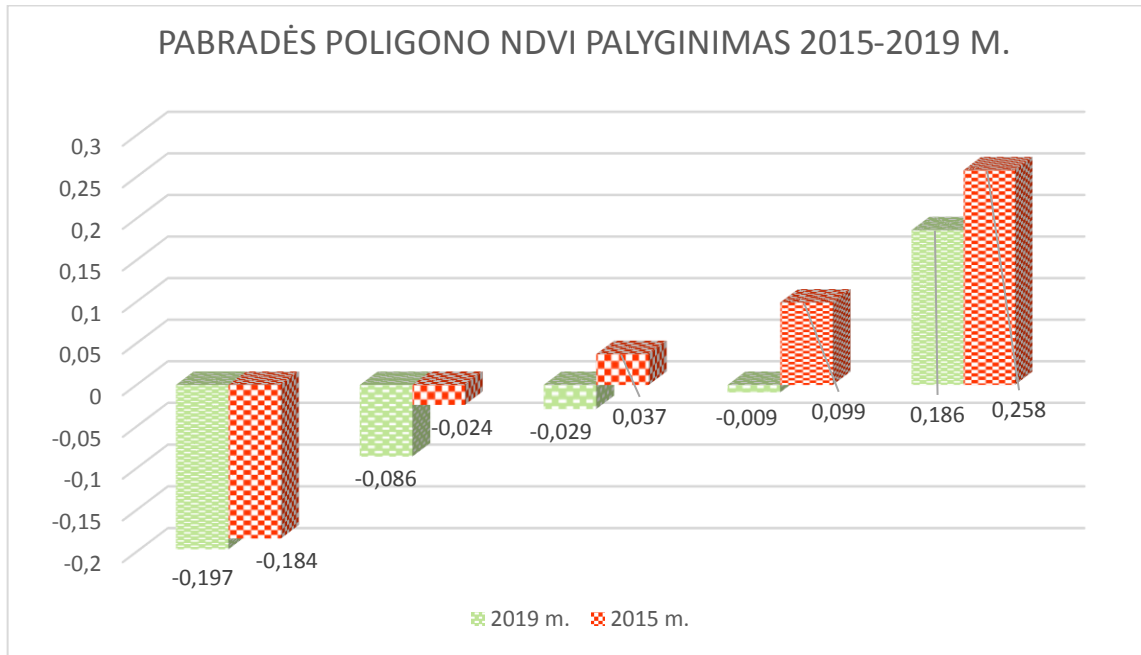


**13 pav.** Augalinės dangos sukcesija Pabradės poligone 2019 m.

2018 m. jame vyko „Inžinierių griausmas 2018“ tarptautinės pratybos kuriose dalyvavo inžinierinio bataliono kariai iš Lietuvos, Vokietijos, Nyderlandų, Norvegijos, Didžiosios Britanijos. „Perkūno griausmas“, „Kardo kirtis“ dėl intensyvaus poligono naudojimo tarptautinių pratybų metu, sukcesijos procesai poligone yra ryškūs, poligono teritoriją nuolat veikia didelis žmonių ir karinės technikos skaičius. Didėjant pratybų kiekiui ir mastui, pradėta eksploatuoti naujos teritorijos skirtos kariniams miesteliams įrengti, laikinoms stovyklavietėms įkurti. To pasėkoje kelių metų laikotarpyje iškiršta nemaža dalis miškų, pakeistas kraštovaizdis, reljefas.

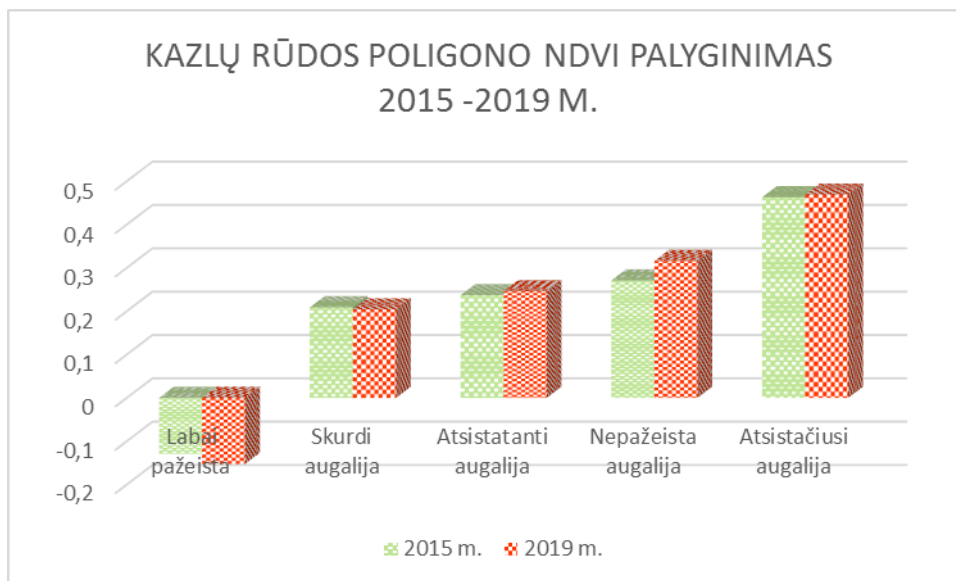
### 3.4. Karinių poligonų augalų arealų plėtros palyginimas 2015 m. ir 2019 m.

Analizuojant 2015 - 2019 m. Pabradės poligono NDVI galima teikti, kad poligono matomumas ir jo panaudojamumas yra išaugęs, ne tik Lietuvos, bet ir tarptautinių karinių pratybų ribose.



**14 pav.** Augalinės dangos sukcesija Pabradės poligone 2015-2019 m.

Per 4-rių metų laikotarpį labai pažeistos augalijos padidėjo -0,013 indeksinių vienetų prasiplėtė šaudymo teritorijos, padaugėjo ir pratybų. Pažeistų teritorijų plotų yra gerokai daugiau nei buvo 2015 m., jei 2015 m. pažeistų teritorijų buvo dvi, tai per keturių metų laikotarpį jų skaičius padvigubėjo. Vidutiniškai pažeistų teritorijų skaičius padidėjo nuo -0,024 iki -0,086 indeksinių vienetų arba daugiau nei tris kartus, kuo didesnis antropogeninis faktorius, tuo gamtinės aplinkos pažeistumo lygis didesnis. Sumažėjo ir nepažeistos augalinės dangos poligono teritorijoje nuo 0,258 iki 0,186 indeksinių vienetų.



**15 pav.** Augalinės dangos sukcesija Kazlų Rūdos poligone 2015-2019 m.

Lyginant 2019 metų ir 2015 metų rodiklius galime pastebėti augalijos būklės pagerėjimą tam tikrose poligono vietose 2019 metais, tačiau dar labiau pažeista daugiausiai eksploatuojamos poligono sritys t. y šaudymo laukai, keliai, sunkiasvorės technikos trasos. Lyginant 2015 - 2019 metus išaugo nepažeistos augalijos dangos plotai poligono teritorijoje tai sudaro 0,045 indekso vertės. Atsistačiusi augalija pakito, padidėjimas yra nežymus tik 0,006 indekso vertės, tačiau lyginant su poligono naudojimo intensyvu rodiklis labai geras. Išaugo labai pažeistos augalijos dangos teritorija padidėjimas 0,023 indekso vertės nuo -0,129 iki -0,152, tokie drastiški pasikeitimai sąlygoti tik intensyvaus poligono naudojimo ne tik Lietuvos, bet Tarptautiniams karių mokymams organizuoti.

## IŠVADOS

1. Atlikus NDVI skaičiavimus Kazlų Rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio poligono ir Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijose 2015-2019 m. metais buvo nustatyta, kad natūralios ir nepažeistos augalijos plotai dėl didelės teritorinės eksploatacijos gerokai sumažėję. Pabradės poligone sukcesijos procesai didesni, dėl poligono modernizacijos darbų ir platesnio jo pritaikomumo mokymo bei karinių pratybų tikslams, kartu su sąjungininkų kariuomenėmis.

2. Sentinel vaizdų pagalba labai greitai galima gauti reikiamo laikotarpio duomenis, tačiau kokybiškam NDVI apskaičiavimui reikalingi aukštos kokybės, mažo debesuotumo vaizdai. NDVI leidžia išskirti augmeniją iš kitų tipų paviršiaus dangų ir geriau nustatyti nesveikos arba išsvargintos augmenijos sritis, kurios pasižymi mažesniu atspindžiu artimojoje infraraudonojoje zonoje, ir, tuo pačiu, mažesne NDVI reikšme negu sveikos žalios augmenijos. Šio darbo metu buvo lyginami du laikotarpiai, skirtingose teritorijose skaičiuojant NDVI. Gautuose rezultatuose puikiai išreikšta stipriai pažeistos teritorijos ir augalijos dangos gerėjimo paplitimas. Didžiausias pažeistumas centrinėse teritorijose, kur intensyviai vykdoma šaudymo veikla ir pagrindinių transporto arterijų teritorijose, kur intensyvus ne tik antropogeninis ir techninis naudojimo faktorius.

3. Atlikus NDVI skaičiavimus, gan ryškiai išsiskiria pažeisti ir nepažeisti augalijos dangos plotai. Dėl tiriamų didelių plotų apimties NDVI skaičiavimai nėra labai ryškūs, tačiau gauti rodmenys iliustruoja augalijos dangos būklę pasirinktu laikmečiu tiriamose teritorijose. Labiausiai pažeistos teritorijos intensyviai naudojamose teritorijose, nuošaliai nuo pagrindinių kelių ar šaudyklų esančiose teritorijose augalijos būklė yra geresnė, augalija mažai pakitusi artima natūraliai augalijai. NDVI indeksas pažeistų teritorijų Pabradės poligone 2015-2019 m. padidėjo daugiau kaip 3 kartus, o Kazlų Rūdos poligone pažeistų teritorijų padidėjimas mažas.

4. Suksecijos procesas kariniuose poligonuose gan plačiai paplitęs. Laipsniškas vienu augalų bendrųjų pasikeitimas kitomis laiko bėgyje dėl nevienodo augalų dauginimosi, žmogaus poveikio, tarprūšinės kovos ir įvairių aplinkos faktorių poveikio karinių poligonų teritorijoje gan ryškus. Tiriamojo laikotarpio metu poligonai gausiai eksploatuojama, ko pasėkoje daugelyje tiriamos teritorijos vietų susidarė antrinė sukcesija. Pabradės poligono labai pažeistų teritorijų rodiklis beveik siekia mažai pažeistų teritorijų rodiklius. Šiek tiek geresnė situacija Kazlų rūdos poligone. Tiriamoje teritorijoje daugiau mažai pažeistų plotų, tačiau vis labiau pažeidžiamos nuolat eksploatuojamos teritorijos.

**SANTRAUKA**  
**VILNIAUS UNIVERSITETAS**  
**CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS**

**ŽIVILĖ KUDŽMAITĖ**  
**Augalų sukcesijos proceso analizė palydovinių vaizdų pagalba**  
**(Kazlų Rūdos ir Pabradės poligonų teritorija)**

Pažeistos teritorijos – tai žmogaus netinkamos veiklos ir gamtinės sąveikos padarinys. Nemaža dalis tokių teritorijų atsiranda, dėl netinkamo požiūrio į jas, jų tvarkymą, tuo pačiu į ekologiją. Priverstinė teritorijų kaita turi didelę įtaką biologinei įvairovei. Pasirinktų eksploatuojamų teritorijų būklė ir augalų sukcesijos kaita pasirinktuose plotuose priklauso ne tik nuo žmogaus įtakos, bet ir pačios bendrijos sukeliama aplinkos pokyčio, lemiančio sukcesijos pobūdį, reguliuoja pokyčių greitį, o dažnai ir kaitos ribas. Būtent šiais laikais padaroma didžiulė žala aplinkai, dėl įvairių žmonių veiksmų – neapgalvoto vartojimo poreikio, nuolatinės industrijos plėtros. To pasekoje, Lietuvoje bei pasaulyje gausėja pažeistų, apleistų ar netinkamai tvarkomų teritorijų. Šio darbo tikslas – ištirti augalijos arealų plėtrą Kazlų rūdos Brigados generolo Kazio Veverskio ir Pabradės Generolo Silvestro Žukausko poligono teritorijose 2015 m. ir 2019 m. laikotarpiu. Magistro darbą sudaro turinys, anotacija, įvadas, problemos apžvalga, ankstesnių tyrimų apžvalga, darbo metodologija, praktinės darbo dalies rezultatų analizė bei išvados, santrauka lietuvių ir anglų kalbomis. Darbe apžvelgta augalijos arealų plėtra dviejuose pasirinktose karinėse teritorijose – Kazlų rūdis ir Pabradės poligonuose. Analizei atlikti buvo pasirinkta 2015 metų ir 2019 metų birželio ir liepos mėnesiai. Augalų arealų plėtrai ir žemės dangos pokyčiui pasirinktose teritorijose nustatyti buvo naudojama Sentinel-2 nuotraukos. Palydovinių stebėjimų nuotraukos suteikia įvairios informacijos apie žemės paviršių. Šios nuotraukos padeda nustatyti ne tik tokias paviršiaus savybes, kaip reljefas, urbanizuotos teritorijos, vandens telkiniai, tačiau ir detalesnę, specializuotą informaciją, kuri gali būti pritaikoma įvairiose srityse. Augalijos dangos pokyčiams ištirti pritaikiau normalizuoto skirtumo augmenijos indeksą kuris skaičiuojamas pagal formulę:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

sudaromi žemėlapiai, kurie leidžia įvertinti augalinės dangos būklę. Sentinel – 2 palydovo duomenys suteikia galimybę stebėti įvairius žemės dangos pokyčius. Surinkti Sentinel – 2



palydovo duomenys leidžia sudaryti NDVI žemėlapi ir jame stebėti, analizuoti, bei kaupti duomenis apie augalinės dangos paviršiaus būklę atitinkamu laikotarpiu. Darbo gale pateikiamos išvados. Tyrimas parodė, kad 2015-2019 metais, pasirinktose teritorijose, natūralios ir nepažeistos augalijos plotai dėl didelės teritorinės eksploatacijos yra gerokai sumažėję. Pabradės poligone sukcesijos procesai didesni, dėl poligono modernizacijos darbų ir platesnio jo pritaikomumo mokymo bei karinių pratybų tikslams, kartu su sąjungininkų kariuomenėmis. Šio darbo metu buvo lyginami du laikotarpiai, skirtingose teritorijose skaičiuojant NDVI. Gautuose rezultatuose puikiai išreikšta stipriai pažeistų teritorijų ir augalijos dangos gerėjimo paplitimas. Didžiausias pažeistumas centrinėse teritorijose, kur intensyviai vykdoma šaudymo veikla ir pagrindinių transporto arterijų teritorijose, kur intensyvus ne tik antropogeninis ir techninis naudojimo faktorius. NDVI indeksas pažeistų teritorijų Pabradės poligone 2015-2019 m. padidėjo daugiau kaip 3 kartus, o Kazlų Rūdos poligone pažeistų teritorijų padidėjimas nežymus.

**Raktažodžiai:** sukcesijos procesas, arealų plėtra, NDVI, poligonai.

## SUMMARY

VILNIUS UNIVERSITY  
FACULTY OF CHEMISTRY AND GEOSCIENCES

ŽIVILĖ KUDŽMAITĖ

### **Analysis of the plant succession process with the support of satellite images (territory of Kazlų Rūda and Pabradė landfills)**

Areas that are damaged is the result of human misconduct and natural interactions. A considerable amount of such areas arise due to inappropriate standpoint to their treatment, management and ecology. Forced land change has a major impact on biodiversity. The conditions of selected exploited areas and the change of plants succession in selected areas depends not only on human influence, but also on the environmental changes caused by the community itself, which determines the nature of succession, regulates the rate of change and often the limit of change. Significant damage that is done to the environment these days, is done due to various human factors. One of those factors is the need for reckless consumption and another one the constant development of the industry. As a result, there are more and more damaged, abandoned or improperly managed territories in Lithuania and in the world. The aim of this work is to investigate the development of vegetation areas in the Kazlų Rūda Brigadier General Kazys Veverskis and Pabradė General Silvestras Žukauskas territories, in 2015-2019 period. The master's thesis consists of content, annotation, introduction, problem overview, review of previous research, work methodology, analysis and conclusions of the practical part of the work, summary in Lithuanian and English languages. The paper reviews the development of vegetation in two selected military areas, in Kazlų Rūda and Pabradė. The June and July months of 2015-2019 were selected for the analysis. Sentinel – 2 satellite photographs were used to determine vegetation development and land cover changes in selected areas. Satellite observations provides a variety of information about the earth surface. These photographs helps to identify not only surface features such as terrain, urban areas, water reservoirs, but also more detailed, specialized information that can be applied in a variety of areas. For the investigation of the changes in vegetation covers, the vegetation index of the normalized difference was applied, which is calculated according to the following formula:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

according to this formula maps were made to assess the conditions of the vegetation. The data from the Sentinel – 2 satellite allows to monitor various changes in the ground cover. The collected data from the Sentinel – 2 satellite allows to create a map of NDVI, analyze and monitor the surface condition of the vegetation in the relevant period. Conclusions are presented at the end of the work. The study showed that the natural and undamaged vegetation in the selected areas during 2015-2019 period have significantly decreased due to high territorial exploitation. Succession processes at the Pabradė military area are larger, due to the modernization of the military exercise fields and it is wider applicability for training and military exercises. In this work, two periods were compared by NDVI calculation in different territories. The results obtained are an excellent expression of the prevalence of severely damaged areas and vegetation cover improvement. The greatest damage is in the central areas, where shooting activities are intensive, and in the areas of the main transport arteries, where not only the anthropogenic and technical use factor is intensive. NDVI index of damaged areas in Pabradė in 2015-2019 increased more than 3 times, and the increase of damaged areas in Kazlų Rūda is negligible.

**Keywords:** succession process, habitat development, NDVI.

## LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

### Literatūros šaltiniai:

1. Baltrėnas P.; Oškiniš V.; Ignatavičius G., Kumpienė J., 2001, Vilnius, Mechaniniai Lietuvos kariuomenės centrinio poligono tankodromo dirvožemio pažeidimai ir aplinkos apsaugos gerinimo galimybės;
2. Baltrėnas, P.; Ignatavičius, G., 1998, Vilnius, Užterštų Lietuvos karinių teritorijų įtaka aplinkai;
3. Basalykas A., 1977, Lietuvos TSR kraštovaizdis;
4. Baubinas R., Taminskas J., 1997-1998, Vilnius, Karinė gamtonauda Lietuvoje sovietmečiu: ekloginės pasekmės;
5. Baubinas R., Taminskas J., Ribokas G., Petrokienė L., Dilys K., 1996, Vilnius, Pažeistų karinių teritorijų atkūrimo landšaftinis ekologinis pagrindimas;
6. Beinoravičius M., 2001, Vilnius, Aplinkos apsaugos vadyba Lietuvos krašto apsaugos sistemoje. Kariuomenė ir aplinkos apsauga;
7. Bukantis A., Gedžiūnas P., Giedraitienė J., Ignatavičius G., Jonynas J., Kavaliauskas P., Lazauskienė J., Reipšleger R., Sakalauskienė G., Sinkevičius S., Šulijienė G., Žilinskas G., Valiukevičius G., 2008, Vilnius, Lietuvos gamtinė aplinka, būklė, procesai ir raida;
8. Buvusių Sovietų Sąjungos karinių poligonų inventorizavimas, 1992, Vilnius, Techninė užduotis;
9. Dagys J., 1965, Vilnius, Botanikos terminų žodynas;
10. Daniulis J., 1998, Vilnius, Aerofotometodai. Enciklopedija;
11. Dėdelė A., Kniuipytė I., Miškinytė A., 2018, Kauno miesto parkų paviršiaus padengimo nustatymas naudojant NDVI;
12. Gaidamavičius A., 2005, Vilnius, Alternatyvus požiūris į miško kirtimo būdus;
13. Greičiūtė K., 2006, Vilnius, Karinių poligonų dirvožemio pažeidimų ir taršos tyrimai bei elektrokinetinio metodo taikymo galimybės;
14. Ignatavičius G., Oškiniš V., 2007, Vilnius, Some aspects of interaction between military activities and environmental protection on Lithuanian military grounds;
15. Jasevičius V., 2003, Biologinės įvairovės medžių, paliktų plynose kirtavietėse, vertinimas vėlyvalstybinių miškų urėdijos, varėnos regioninio padalinio kaniavos girininkijoje;
16. Kaplan G., Avdan U., 2017, Mapping and monitoring wetlands using Sentinel-2 satellite imagery. 2017 4th International Geo Advanced Workshop;

17. Kazlų Rūdos poligono vidinės miškotvarkos projektas, 2003, VMI;
18. Kuzin A. I., Safronov, V. G., 1995, Environmental Conditions on the Territories of Russian Armed Forces Disposition. Ministry of Defense of the Russian Federation;
19. Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų valdymo ir naudojimo nuostatai, 2000, Nr. 40 – 1128; 2001; Nr. 95 – 3366;
20. Liu C., 2016, Analysis of Sentinel-1 data for mapping standing water in the Twente region. Thesis submitted for the degree of master of science in geo-information science and earth observation.
21. Marozas V., 2008, Vilnius, Miško ekologija.: Enciklopedija.
22. Mozgeris G., 2002, Lietuvos miškotvarkoje naudojami ortofoto transformuoti aerovaizdai //Miškų kartografija: dabartis ir naujausios technologijos. Mokslinės konferencijos pranešimai. Lietuvos žemės ūkio universitetas;
23. Povilanskas, R. ir kt., 1994, Vilnius, Vieversiai virš poligonų. Buvusių karinių teritorijų Lietuvoje tyrimai;
24. Ruzgienė B., 1999, Skaitmeninių ortofotografinių žemėlapių sudarymo tikslumas, Geodezija ir kartografija;
25. The Environmental Aspects of Reusing Former Military Lands: Technical Report, Phase Brussels: NATO CCMS, 1996;
26. Uselis G., 2018, Vilnius, Užliejamų pelkių plotų tyrimas remiantis sentinel palydovų duomenimis;
27. Vaitkus. G., 2017, Sentinel palydovinių vaizdų panaudojimas žemės ūkio, miškų ir aplinkos monitoringui.
28. Žalynaitė M., 2001, Vilnius, Pavojingosios ir kenksmingosios medžiagos. Kariuomenė ir aplinkos apsauga.

#### **Interneto svetainės:**

1. Augalinės dangos būklės atlasas <http://www.meteo.lt/lt/augalines-dangos-bukles-atlasas> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 balandžio 3 d.);
2. Globali aplinkos kaita [http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2014/02/Globali\\_aplinkos\\_kaita\\_web.pdf](http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2014/02/Globali_aplinkos_kaita_web.pdf) (paskutinį kartą žiūrėta 2020 vasario 19 d.);
3. <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?fwid=2r1mqy9n&documentId=6f7bb960171c11e4aa9bb36470fb9e6e&category=TAP> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 gegužės 18 d.);

4. Kraštovaizdžio pokyčių įtaka biologinei įvairovei <http://vhost.asu.lt/nm/l-projektas/kraštovaizdzioekologija/15.htm> (paskutinį kartą žiūrėta 2019 gegužės 19 d.);
5. LegalSource™ 2015 metinio audito ataskaita VĮ Kazlų Rūdos mokomajai miškų urėdijai <https://www.nepcon.org/sites/default/files/publicsummaries/Kazlu%20Ruda%20State%20Forest%20Enterprise%20LS%20audit%2015%20LIT%20public.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 kovo 19 d.);
6. Lietuvos kariuomenės karinių poligonų ir karinio mokymo teritorijų, esančių Jonavos rajono savivaldybėje, Ruklos seniūnijoje ir Švenčionių rajono savivaldybėje Pabradės seniūnijoje, išplėtimo galimybių studija <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=2r1mqy9n&documentId=6f7bb960171c11e4aa9bb36470fb9e6e&category=TAP> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 kovo 2 d.)
7. Lietuvos teritorijos apimantys ortofotografiniai žemėlapiai <https://zis.lt/atnaujiniami-trecdali-lietuvos-teritorijos-apimantys-ortofotografiniai-zemelapiai/> / (paskutinį kartą žiūrėta 2020 vasario 19 d.);
8. Miško ekosistemų dinaminis tvarumas [https://www.forestgen.mi.lt/content/13\\_DINAMIKA\\_Misko\\_kaitos\\_ed\\_49.pdf](https://www.forestgen.mi.lt/content/13_DINAMIKA_Misko_kaitos_ed_49.pdf) (paskutinį kartą žiūrėta 2019 gegužės 19 d.);
9. Miškų naudojimas ir statistika <http://www.amvmt.lt/index.php/miskotvarka-misko-naudojimas-ir-misku-ukio-statistika> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 vasario 25 d.);
10. Ortofoto nuotraukos <https://www.geoportal.lt/map/> (paskutinį kartą žiūrėta 2019 gegužės 19 d.);
11. Sentinel – 2 duomenys <http://spatialforces.lt/duomenys/trumpai-apie-sentinel/> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 balandžio 20 d.);
12. Sukcesijos <https://mokslai.lt/referatai/zemes-ukis/sukcesijos.html> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 vasario 12 d.);
13. Teisės aktai rengiantys karines teritorijas [https://kam.lt/lt/teisine\\_informacija\\_568/teises\\_aktai\\_569/teises\\_aktai\\_reguliuojantys\\_karines\\_teritorijas.html](https://kam.lt/lt/teisine_informacija_568/teises_aktai_569/teises_aktai_reguliuojantys_karines_teritorijas.html) (paskutinį kartą žiūrėta 2020 balandžio 10 d.);
14. Teritorijų planavimas [https://kam.lt/lt/veikla\\_576/teritoriju\\_planavimas.html](https://kam.lt/lt/veikla_576/teritoriju_planavimas.html) (paskutinį kartą žiūrėta 2019 gegužės 19 d.);
15. Valstybės aplinkos apsaugos strategija. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/609a6f82ea4e11e4ada6f94d34be6d75?jfwid=9tq147qo0> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 gegužės 19 d.);

16. VĮ VALSTYBINIŲ MIŠKŲ URĖDIJOS ŠIAULIŲ REGIONINIO PADALINIO (IKI 2018 M. SAUSIO 8 D. BUVUSI VĮ ŠIAULIŲ MIŠKŲ URĖDIJA) VIDINĖS MIŠKOTVARKOS PROJEKTO SUDEDAMOJI DALIS <https://www.vivmu.lt/wp-content/uploads/2018/08/%C5%A0iauliai-GPP-ai%C5%A1kinamasis-ra%C5%A1tas.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2020 kovo 6 d.);