

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS, MATEMATIKOS IR E. STUDIJŲ INSTITUTAS
MATEMATIKOS KATEDRA

Greta GRICIŪTĖ

Matematikos (gretutinė ekonomikos kryptis) studijų programos studentė

PILIAKALNIŲ GYNYBINĖS SISTEMOS
MATEMATINIS MODELIS

Bakalauro baigiamasis darbas

Darbo vadovas:

doc. dr. Vaidotas KANIŠAUSKAS

Šiauliai, 2015

TURINYS

ĮVADAS	3
1. ISTORINIAI ASPEKTAI	5
1.1. Lietuvos piliakalniai	5
1.2. Medinės pilys	7
1.3. Senovės Lietuvos gyvenvietės	9
1.4. Saulės žiedo medinių pilių gynybinė sistema šiaurės Lietuvoje XIII –XIV a.	11
1.5. Žmogaus regėjimas	12
2. MATEMATINIS TYRIMAS	14
2.1. Tyrimo metodas	14
2.2. Nagrinėjamų piliakalnių statistinis įvertinimas.....	15
2.3. Medinių pilių žvalgų matomas teritorijos atstumas	16
2.4. Nuo medinių pilių žvalgų matomų teritorijų plotai.....	20
2.5. Sėkmingas priešų įsiveržimas į pilių ir gyvenviečių kontroliuojamas teritorijas	21
2.5.1. Dienos metu sėkmingo priešų įsiveržimo į pilių ir gyvenviečių kontroliuojamą teritoriją matematinis modelis	23
2.5.2. Nakties metu sėkmingo įsiveržimo į pilių kontroliuojamą teritoriją matematinis modelis	35
IŠVADOS	42
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	44
SANTRAUKA.....	46
SUMMARY.....	47
PRIEDAI.....	48
1 Priedas. Nagrinėjami piliakalniai.....	48
2 Priedas. Piliakalniai.....	52

ĮVADAS

Darbo aktualumas. Daugybė Lietuvos teritorijoje esančių piliakalnių seniai domina ne vien tik archeologus, bet ir pačią Lietuvos visuomenę. Kyla daug klausimų apie juos: kodėl tiek daug mūsų krašte piliakalnių, kokia jų tikroji paskirtis, kokią reikšmę jie turėjo mūsų istorijoje.

Piliakalniai yra įdomūs ir svarbūs krašto paminklai senovės žmonių gyvenimui pažinti. Jokie kiti senovės paminklai neatidengia tiek daug paslapčių kaip piliakalniai (P. Tarasenko, 1956).

Piliakalniai atlikdavo įvairias funkcijas:

- Gynybines;
- Žvalgybines;
- Šventų vietų;

Archeologas G. Zabiela manė, kad prie kiekvieno piliakalnio buvo gyvenvietė (Zabiela, 2005). Piliakalnių papėdėse gyvendavo 30-100 žmonių bendruomenės. Su laiku vis labiau stiprėjo visuomeniniai ryšiai, dėl to kai kurios bendruomenės tapo turtingesnės, o kitos vargingesnės. Turtingesnės bendruomenės norėdavo dar geriau gyventi, tad prasidėjo kitų bendruomenių plėšikavimai. Žinoma, į Lietuvą atkeliavdavo ir priešai iš kitų valstybių, dėl to atsirado didesnis poreikis saugotis ir ginti savo turtus, bei visuomenę. Pradėtos statyti įvairios kliūtys, kasami apkasai, pilapi pylimai, statomos didesnės sienos, bei skiriama daugiau žmonių pilių apsaugai.

Darbo problema. Lietuvos archeologai kasinėjimus Lietuvoje atlieka tik trečią šimtmetį ir iširta yra pakankamai nedaug. Iš beveik tūkstančio (968 skaičius 1993 m.) piliakalnių tyrinėti ne daugiau kaip šimtas (iki 1995 m. iš 447 vėlyvųjų piliakalnių, t. y. II tūkst. pr., tyrinėti tik 84), o daugumos jų yra padaryti tik žvalgomieji tyrimai (V. Kanišauskas, 2013). Archeologai mano, kad visa informacija apie senovę glūdi žemėje, kurioje randami įvairūs to laikotarpio artefaktai. Tačiau tai nėra visiška tiesa, galima dar daug ko sužinoti, panaudojant kitus mokslus. Ypač naudingi matematiniai-statistiniai metodai, leidžiantys atskleisti netikėtus dėsningumus.

Chronologinės ribos. Tiriama I-II tūkstantmečio piliakalniai.

Tyrimo objektas – Šiaulių, Radviliškio (dalis Upytės), Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų – Papilės žemėse esantys piliakalniai, pilkapynai ir kapinynai.

Tyrimo tikslas – pritaikyti matematinius metodus, Šiaulių krašto piliakalnių gynybinių sistemų tyrimui.

Tyrimo uždaviniai:

1. Surinkti informaciją apie Šiaulių krašto archeologinius objektus (piliakalnius, kapinynus, pilkapynus, senovės gyvenvietes), nustatant jų buvimo vietą.
2. Matematiniais metodais nustatyti medinių pilių žvalgų kontroliuojamos teritorijos ribas.
3. Įvertinti tikimybes su kuriomis galėjo būti susekamas priešas, įsiveržęs į medinių pilių kontroliuojamą teritoriją.
4. Nustatyti su kokia tikimybe įsiveržęs priešas į senovines Šiaulių krašto teritorijas galėjo nebaudžiamai apiplėšti aplinkines gyvenvietes.
5. Atliekant tyrimą atsižvelgiama į paros metą.

Tyrimo metodai. Taikomi geometriniai, optometriniai, tikimybiniai, statistiniai bei palyginimo metodai. Taip pat taikoma rašytinių šaltinių ir mokslinės literatūros analizės.

Darbo struktūra. Darbas sudarytas iš 2 skyrių: teorinės dalies ir matematinio tyrimo. Teorinėje dalyje pateikta būtina informacija apie piliakalnius, jų pavidalus, gynybines savybes. Matematiniam tyrimui apskaičiuota žvalgų kontroliuojamos teritorijos, gyvenviečių kontroliuojamos teritorijos, įsiveržimo ir apiplėšimo tikimybės.

1. ISTORINIAI ASPEKTAI

1.1. Lietuvos piliakalniai

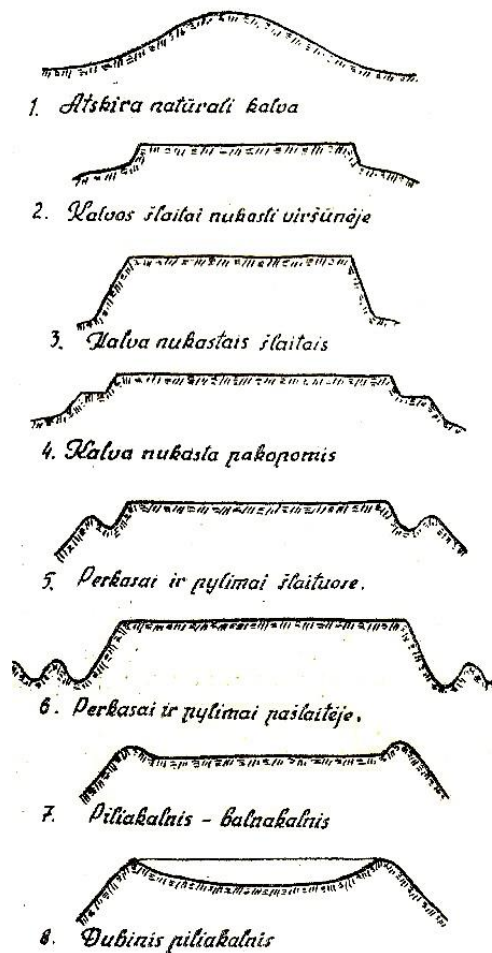
Piliakalniai yra viena gražiausių ir visuomenei žinomiausių Lietuvos archeologijos paminklų rūšių. Lietuvą galime pagrįstai vadinti piliakalnių kraštu. *Piliakalnis - tai įtvirtintos senovės vietos arba reljefo dariniai, turintys įtvirtinimus* (G. Zabiela, 2001). Piliakalnių Lietuvoje priskaičiuojama beveik 1000. Skaičiuojant piliakalnius pagal krašto teritoriją Lietuvoje jų tankumas 2-3 kartus didesnis nei kaimyninėse šalyse (G. Zabiela, 2001). Latvijoje piliakalnių yra apie 400, o Estijoje – tik apie 100 užregistruotų piliakalnių. Pasak G. Zabielos (2001) išskirtinę piliakalnių gausą mūsų šalyje nulėmė savita krašto raidos istorija. Piliakalnius įrenginėti imta II-I tūkstantmečių pr. Kr. sandūroje. Iš pradžių tai buvo atskiros pastatintais šlaitais kalvos, kurių plokštesnėse viršūnėse apsigyvendavo žmonės, o gyvenvietės būdavo aptveriamos medinėmis tvoromis (G. Zabiela, 2001).

Visi Lietuvos piliakalniai yra neįkainojami mūsų ankstyvosios beraštės istorijos šaltiniai, kadangi piliakalnius įrengė nepavieniai žmonės, o jų kolektyvai, todėl piliakalniuose rasti daiktai atspindi ne atskirų žmonių gyvenimo ypatumus, bet būrio žmonių. Remiantis Petro Tarasenos knygoje *Lietuvos piliakalniai, 1956 m.*, pateikta informacija, kuri teigia, kad kolektyvinio darbo paminklai, piliakalniai kalba ne apie kurio nors trumpo laikotarpio, bet apie kelis šimtmečius ar net tūkstantmečius trukusius mūsų krašto visuomenės gyvenimo laikotarpius.

Piliakalnius mokslininkai jau beveik du šimtus metų po truputį skaito juos kasinėdami ir tyrinėdami rastus daiktus ar jų liekanas. Ir nors simboliškai jau yra tyrinėta apie pusantro šimto piliakalnių, nepalyginamai daugiau piliakalnių dėl ankstesnių epochų žmonių ir gamtos veiklos kenkėjiškos veiklos yra negrįžtamai apardyti ar net sunaikinti ir praradę didžiąją dalį juose buvusių žmonių veiklos pėdsakų. Todėl išlikusių piliakalnių išsaugojimas ir jų tyrinėjimas ateities kartoms yra pirmaeilis visų mūsų uždavinys (G. Zabiela, 2001).

Piliakalniai atlikdavo įvairias funkcijas: gynybines, žvalgybines, tarnavo kaip šventyklos.

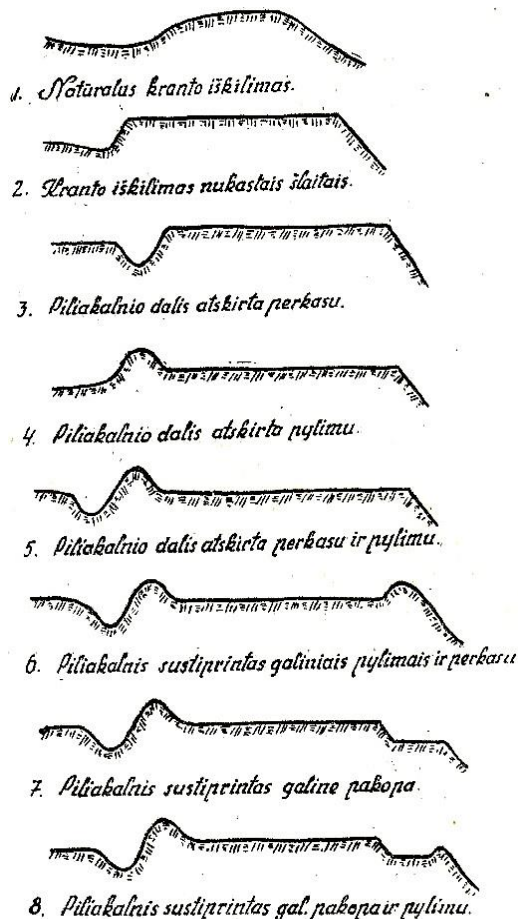
Piliakalniai buvo skirtingų tipų. Vieni iš jų – *kalvinio tipo* (žr. 1 pav.). Tokio tipo piliakalniai buvo įrenginėjami atskirai stovinčiose kalvose ar aukštumų kraštuose (P. Tarasenska, 1956).



1 pav. Įvairiai įrengtų kalvinio tipo piliakalnių pjūviai

Šaltinis: Tarasenska, P., (1956), *Lietuvos piliakalniai*, Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, Vilnius.

Kitiems piliakalniams įrengti buvo panaudotos upių bei ežerų krantinių aukštumų dalys, dažniausi siauri kyšuliai. Šių piliakalnių grupė sudaro *krantinio tipo piliakalnių* grupę (žr. 2 pav.). Taip pat yra piliakalnių įrengtų lygiuose laukuose, juos vadinama *lyguminio tipo piliakalniais*.



2 pav. Įvairiai įrengtų krantinio tipo piliakalnių pjūviai

Šaltinis: Tarasenska, P., (1956) *Lietuvos piliakalniai*, Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, Vilnius.

Pažvelgus į piliakalnius, nesunku pastebėti, kad jiems vieta buvo ruošiama vadovaujantis saugumo sumetimais. Paprastai būdavo parenkamos tokios vietos, kurias iš dalies saugodavo įvairios gamtinės kliūtys – upės, pelkės, ežerai bei aukšti šlaitai (P. Tarasenska, 1956). Kadangi vien gamta negalėjo apsaugoti gyvenviečių, piliakalnių nuo priešų puolimų, piliakalniai būdavo sustiprinti įvairiais žemės įtvirtinimais bei fortifikaciniais įrengimais. Žmonės nulygindavo piliakalnių aikšteles, stačiai nukasdavo piliakalnio šlaitus bei sustiprindavo juos grioviais, perkasais, pylimais arba pakopomis-terasomis.

1.2. Medinės pilys

XI – XV a. pradžios medinės pilys neatsirado staiga, jų užuomazgos siekia žymiai ankstesnius laikus ir yra tiesiogiai susijusios su piliakalnių raida (G. Zabiela, 1995). Visuose kraštuose įtvirtintų vietų atsiradimas reiškė naujus visuomeninius santykius, o įsitvirtinti reiškė apginti ir saugoti savo turtą. Ankstyvosios civilizacijos vystėsi mažai miškingose ir uolingose vietose, tad dažniausiai pilys ir jų įtvirtinimai būdavo krauti ar mūryti iš akmenų. Medinės pilys ir įtvirtinimai būdingi tik miškingoms zonoms, ten kur miškai dengdavo

uolingus kalnus – statomos mišrūs įtvirtinimai, t.y. iš medžio ir akmenų. Visgi, Lietuvai nėra labai būdingos uolingos vietos, tad Lietuvoje įtvirtinimai ir pilys būdavo medinės.

Pasak A. Kuncevičiaus (2004), pagal gynybos ir statybos požymius pilys skirstomos į keletą grupių:

1) gardinės pilys, statytos žemumose, pritaikytos gintis nuo frontinio puolimo be šaunamojo ginklo; skiriamasis šių pilių požymis – ant pačios sienos pastatyti bokštai, kuriuose buvo įrengtos gyvenamosios patalpos (Medininkų, Krėvos, Kauno);

2) pilys, statytos kalvose ir pritaikytos gintis nuo šaunamojo ginklo; joms būdinga 3 – 3,5 m storio sienos, su kyšančiais bokštais ir daugybe šaudymo angų (Vilniaus, Gardino, Trakų pusiasalio, vandens tipo Trakų salos pilis – reta išimtis);

3) bastioninės pilys, puolimą atlaikydavusios žemių pylimais, kuriuose griovio pakraščiu įrengti puslankiu einantys mūrai.

Medinės pilys turėjo įvairių gynybinių įrenginių, greta pilies šliejosi jos palydovai: priešpiliai (priešpilis, tai piliai būdingas elementas, atsiradęs dėl pačios pilies silpnumo, kai buvo būtina iškelti dalį gynybinių įrenginių už pilies ribų), papiliai, papėdės gyvenvietės (G. Zabiela, 1995). Papilyje gyveno didžioji pilies įgulos dalis su savo šeimomis. Žemiau esančiame paveiksle matoma, kaip galėjo atrodyti kai kurios Lietuvos medinės pilys (žr. 3 pav.).



3 pav. **Piliakalnio medinė pilis**

Šaltinis: Vaškevičiūtė, I., *Piliakalniai ir medinės Lietuvos pilys*.

Pasak G. Zabelos (1995) medinių pilių sunykimo procesai mažai tyrinėti, menkai užsifiksavę kultūriniame sluoksnyje. Pagal individualių radinių tankumą skiriama trys skirtingi medinių pilių variantai:

1. Pačių gynėjų apleisti piliakalniai. Mažesnius piliakalnius apleidžia patys gynėjai arba po didesnių puolių nebeatstato pilių;
2. Priešų ar savųjų sudegintos pilys;
3. Didesnės pilys nustotos atstatyti tik XVI a. antrojoje pusėje, valstybės lėšas ir jėgas koncentruojant mūrinių pilių statybai.

XVI a. viduryje išryškėjo medinių pilių silpnumas. Priešai jas užimdavo ir sudegindavo be didesnių mūšių ar apgulčių. Taip pat keitėsi kariavimo taktika ir ginklai. O atsiradus pirmosioms mūrinėms pilims, medinių pilių likimas buvo nulemtas. (G. Zabiela, 1995).

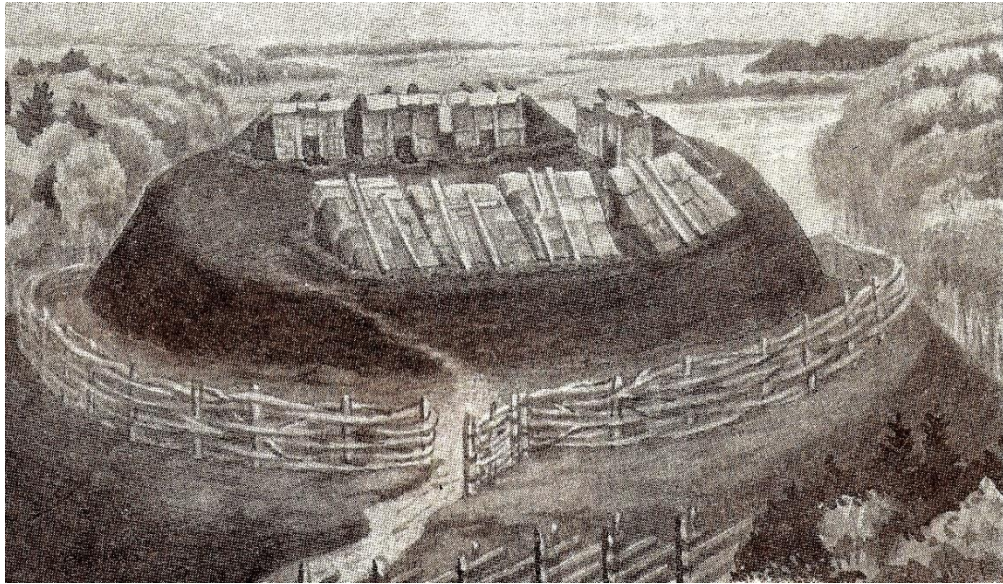
1.3. Senovės Lietuvos gyvenvietės

Senovės gyvenvietės – viena pagrindinių ir gausiausių mūsų krašto archeologinių paminklų grupių. Tuometinių laidojimo paminklų kasinėjimai teikia daugiau duomenų žmonių dvasinei kultūrai pažinti, o tyrinėjant tas gyvenvietes, sukaupiama nemažai buitinės medžiagos, atspindinčios vieno ar kito laikotarpio kasdieninį žmonių gyvenimą (V. Daugudis, 1985).

Gyvenvietės būdavo įrengiamos įvairios formos ir dydžio, priklausomai nuo kalvos. Įrenginėjamos pakilesnėse vietose prie upių, ežerų, pelkėtų įdubų. Gyvenvietės savo ruožtu skirstomos į įtvirtintas ir neįtvirtintas gyvenvietes (V. Daugudis, 1985).

Pasak V. Daugučio (1985), seniausios gyvenvietės mūsų krašte atsirado maždaug prieš 11-12 tūkstančių metų, kai čia atsikėlė pirmieji žmonės. Einant šimtmečiams, gyvenvietės praėjo gana ilgą ir sudėtingą raidos kelią: nuo akmens bei žalvario amžiaus neįtvirtintų gyvenviečių iki medinių bei mūrinių pilių statybos ir atskirų kaimų, net miesto susiformavimo.

Įrengdami gyventojai savo sodybas įvairiomis kliūtimis sustiprintuose piliakalniuose, gyventojai pirmiausia pasistatydavo gyvenamuosius trobesius. Dažniausiai trobesiai statyti ištisa grandine aikštelių pakraščiuose (žr. 4 pav.).



4 pav. Gyventojų sodyba piliakalnyje (rekonstrukcija)

Šaltinis: Tarasenska, P., (1956) *Lietuvos piliakalniai*, Valstybinė politinės ir mokslinės literatūros leidykla, Vilnius.

Čia pat, netoli piliakalnių ir prie jų esančių sodybviečių aplinkoje dažnai pastebimos atitinkamo laikotarpio senovinės laidojimo vietos (P. Tarasenska, 1956).

Įvairiais istoriniais laikotarpiais mirusieji būdavo skirtingai laidojami. Būdavo laidojami arba nesudeginti lavonai, arba sudegintų kūnų liekanos. Lavonai ir sudegintų kūnų liekanos kartais būdavo laidojami lygiuose laukuose iškastose duobėse, gal būt, net supilant nežymų kauburėlį ant kapo, kuris vėliau išnyko. Tokios kapavietės vadinamos plokštiniais *kapinynais* (P. Tarasenska, 1956).

Daugiausiai pastebimi *pilkapynai*. Pilkapiai, tai iš žemės arba iš žemės ir akmenų supilti įvairaus dydžio, net iki 3 metrų aukščio iki 10-12 m. skersmens kauburiai – kapai. Tokio tipo kapai dažnai būna apkasti grioviais arba apdėti akmenų vainikais. Nesudeginti lavonai arba sudegintų kūnų liekanos būdavo laidojamos įvairiose pilkapio vietose (P. Tarasenska, 1956).

Piliakalniuose gyvenusios bendruomenės būdavo gausios, 30-100 žmonių. Ilgai gyvendamos piliakalniuose, patriarchalinės šeimos gausėdavo ir joms pasidarydavo ankšta, tad stipresnės jaunos šeimos gaudavo dalį gyvulių ir iškeliaudavo ir įsirengdavo kur nors netoliese naują sodybinį piliakalnį. Sparčiai vystantis gamybinėms jėgoms ir gausėjant šeimos, materialinė giminių pasidarydavo nevienoda. Vienos giminės praturtėdavo, kitos buvo neturtingos, kitos stiprios ir silpnos. Tad dažnai stiprios gentys užpuldavo silpnesnes, norėdamos pagrobti patogesnius žemės plotus ir jų turtą. Dėl tokių įvykių kilo poreikis labiau apsaugoti savo šeimas be savo turtą. Nauji visuomeniniai santykiai buvo ta priežastis dėl kurių apgyvendinti piliakalniai būdavo apleidžiami.

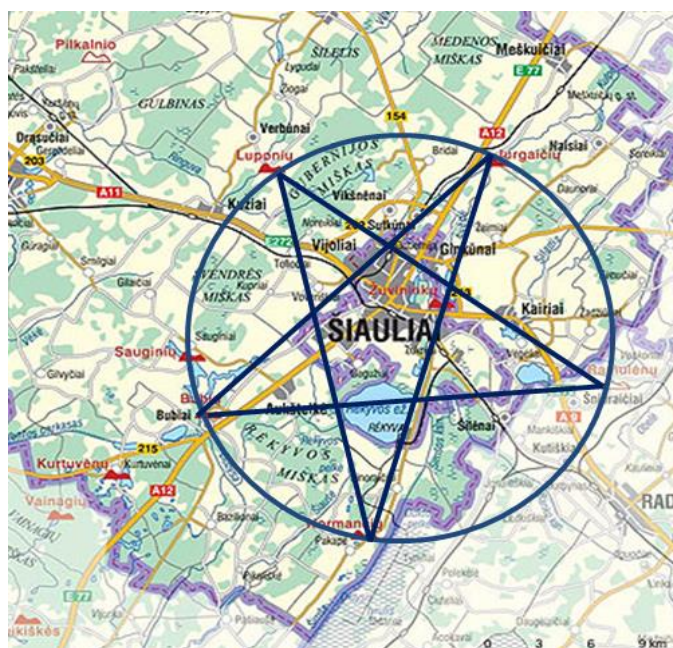
1.4. Saulės žiedo medinių pilių gynybinė sistema šiaurės Lietuvoje XIII –XIV a.

Ankstesniuose skyreliuose aptartos pagrindinės piliakalnių funkcijos, viena iš jų – gynybinė. Gyventojų saugumui užtikrinti piliakalniai būdavo pilami aukšti, su stačiais šlaitais, kliūtėmis. Aštrėjant visuomeniniams santykiams imta labiau užpildinėti priešus, taip įgyjant daugiau valdomos žemės, tad galima teigti, kad piliakalniai buvo pilami apgalvojant, o ne padrikai. Šiaulių žemėse ši gynybinė piliakalnių sistema buvo puikiai įrengta ir apsaugotos visos Šiaulių žemės.

Šiaulių medinių pilių gynybinę sistemą plačiau nagrinėjo V. Kanišauskas (2014), visus savo apmąstymus aprašęs straipsnyje *Saulės žiedo medinių pilių gynybinė sistema Šiaurės Lietuvoje XIII-XIV a.*

Remiantis V. Kanišausko straipsniu publikuotu *Padubysio kronikose* (2014) tyrinėjant Šiaulių rajono piliakalnius, buvo pastebėta, kad sujungus vėlyvuosius, t. y., II tūkst. piliakalnius, esančius aplink Šiaulių miestą, susidaro beveik taisyklinga penkiakampė žvaigždė. Tad, jei galima per piliakalnius nubrėžti penkiakampę žvaigždę, tai turbūt galima nubrėžti ir apskritimą. Apskritimą nubrėžti pavyko ir jis tiksliai ėjo per visus šešis piliakalnius, išsidėsčiusius aplink Šiaulių miestą. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad Šiaulių kraštas turėjo gan stiprią gynybinę medinių pilių sistemą.

Žemiau pateiktame paveiksle pavaizduota Šiaulių žemių piliakalnių gynybinė medinių pilių sistema (žr. 5 pav.).



5 pav. Šiaulių žemių medinių pilių gynybinė sistema

Šaltinis: žemėlapis sudarytas autorės, remiantis V. Kanišausko darbu *Saulės žiedo medinių pilių gynybinė sistema Šiaurės Lietuvoje XIII –XIV a.*

Puikią Šiaulių žemių medinių pilių sistemą patvirtina ir tuometiniai karai su Livonijos ordinu. Pirmą kartą Šiaulių žemės kovoje su Livonijos ordinu buvo paminėtos 1208 metais, kai didelės žemgalių pajėgos, įkalbėtos jų vadovo Vestardo, su kalavijuočiais patraukė į Lietuvą. Priešai buvo sutriuškinti raitelių būrių pagalba. Spėjama, kad tai įvyko netoli Meškuičių. (V. Kanišauskas, 2014).

Remiantis šios kovos duomenis V. Kanišauko straipsnyje pateikiama keletą išvadų:

- Šiaulių žemėje veikė nebloga signalinė sistema, kurios pagalba buvo pranešta apie artėjantį priešą;
- Visos karinės apylinkės pajėgos buvo operatyviai mobilizuotos;
- Šios žemės turėjo kavaleriją arba raitelių būrius, apmokytus kautis raitomis.

Remiantis istorijos duomenimis, nuo to laiko Šiaulių žemės nebuvo puldinėjamos Livonijos kariuomenės 28 metus, iki 1236 metų Saulės mūšio.

Kadangi kuriant šią gynybinę sistemą buvo įdėta daug pastangų, žmonės norėjo, kad ši sistema visada funkcionuotų ir juos gintų. Sugriuvus bent vienai gynybinei piliai iš šios sistemos (sistemą sudarė 6 gynybinės pilys ir viena pilis buvo šios sistemos centre), ji būdavo greitai atstatyta. Pasak V. Kanišausko (2014), geometrinis piliakalnių išsidėstymas Šiaulių mieste ir aplink jį suteikia Saulės žemių vardo egzistavimo paaiškinimą. Salduvės piliakalnio pilyje, kaip centrinėje ir ginamoje satelitinių pilių, turėjo būti tų žemių valdovas.

1.5. Žmogaus regėjimas

Ankstesniuose skyreliuose aptartos senovės gyvenvietės, kurios buvo įsikūrusios piliakalniuose. Atsirandančiam vis stipresniam visuomeniniam ryšiui, atsirado ir skirtingų luomų bendruomenių, vienos bendruomenės tapo turtingesnės – stipresnės, o kitos silpnos. Dėl šios priežasties žmonės ėmė įrenginėti įvairias kliūtis, kurios padėtų apsaugoti juos ir jų turtą, taip pat pradėjo stebėti jų gyvenvietę supančią aplinką ir teritoriją. Bendruomenės turėdavo žvalgus, kurie pranešdavo apie artėjantį priešą. Akis – jutimo organas, kuris žmogui teikia daugiausiai informacijos ir padeda palaikyti ryšį su išoriniu pasauliu. Žmogaus regėjimas yra visiškai unikali sistema, net 80% viso pasaulio suvokimo atitenka regėjimui (www.eaglevision.lt, 2015).

Remiantis Natalie Wolchover (2012) straipsniu, nors žemės paviršius išsilenkia ir iš regėjimo lauko dingsta už 5 kilometrų, tačiau mūsų regos aštrumas siekia daug daugiau kilometrų. Jeigu žemė būtų plokščia arba žmogus stovėtų ant kalvos žvalgydamasis galėtų pastebėti ryškias šviesas esančias už šimtų kilometrų. Pasak autorės, tamsią naktį žmogus galėtų pamatyti žvakės šviesą už 48 kilometrų.

Dar 1941 metais regos mokslininkas Seligas Hetchas su kolegomis iš Kolumbijos universiteto atliko vis dar patikimais laikomus regos „absoliučios ribos“ matavimus. Mokslininkai nustatė minimalų fotonų skaičių. Jie atliko eksperimentą, kurio metu nustatė, jog tam, kad tyrimo dalyviai pastebėtų šviesos žybsnį, reikia, kad į jų akies obuolius patektu 5 – 118 fotonu. Tačiau remiantis tinklainės absorbcijos matavimais nustatyta, kad užteka nuo 5 iki 14 fotonų, kad smegenys gautų signalą, jog kažką matome. Atlikti šie mokslininkų tyrimai įrodo, kad žmogaus rega tikrai yra aštri, o žmogaus dydžio objektai išskiriami už 3 kilometrų atstumo (tokiu atstumu galime pamatyti ir atpažinti dvi skirtingas automobilio priekines šviesas) (Natalie Wolchover, 2012).

Žemiau pateiktoje lentelėje pateikti atstumai ir žmogaus regėjimo galimybės. Iš šios lentelės matoma, kad žmogus kitą žmogų nesunkiai gali atpažinti iš beveik 1 kilometro atstumo, o tai reiškia, kad kažkokią tai šviesą žmogus pamatys iš dar didesnio atstumo (žr. 1 lentelė).

1 lentelė

Žmogaus matomumo ribos

ŽMOGAUS MATOMUMAS			
Stovint	Gulint	Judant	Atstumas
Matomas akių linijos, kuprinės ir batų kontūrai	Matomas ginklas, kita ekipiruotė. Galima nustatyti kuo žmogus ginkluotas	Matomos ginklo detalės	Iki 100 m
Matomi delnai	Matoma veido spalva	Galima matyti dujokaukę	Iki 150 m
Matoma veido spalva, galvos apdangalas	Matomi galvos ir pečių kontūrai	Matomos rankos, galvos ir pečių kontūrai	Nuo 200 iki 300 m
Matomi galvos ir pečių kontūrai		Matomi einančio žmogaus rankų judesiai, matoma kad kažkas nešama	Iki 400 m
Matoma žmogaus galva ir kūnas		Matomi einančio žmogaus rankų judesiai	Iki 500 m
Matomas bendras kūno kontūras		Matomos einančio žmogaus kojos žiūrint iš šono	Iki 600 m
		Matomos einančio žmogaus kojos žiūrint smailiu kampu į einantįjį	Iki 700 m
Galima tvirtinti, kad eina žmogus		Matomi žmogaus judesiai	Iki 800 m

Šaltinis: prieiga per internetą: <http://www.de2.lt/naudinga-informacija/lentel%C4%97s/1435-%C5%BEmogaus-matomumo-ribos,-atstumas>.

1 lentelės duomenys parodo žmogaus matomumo galimybes, kai matomas objektas yra tam pačiam horizonto lygyje, kitaip tariant abu objektai yra ant plokščios žemės. O jei žmogus būtų ant kalno ir viską matytų iš aukščiau, žmogaus galimybės pamatyti objektą padidėja.

2. MATEMATINIS TYRIMAS

Piliakalniais vadinami įtvirtinti senųjų gyvenviečių, dažniausiai pilių, plotai, buvę įrengti upių slėniuose ar pelkių apjuostose kalvose, krantų kyšuliuose. Tokių kalvų šlaitai būdavo statūs, viršūnėse išsidėsčiusios įvairios formos aikštelės, kuriose ir buvo statomi gyvenamieji namai, ūkio statiniai. Vėliau tokios gyvenvietės būdavo apjuosiamos grioviais, pylimais, medinėmis apsaugos sienomis. Piliakalniai vieni seniausių archeologinių paminklų (R. Repšienė, 2007).

Lietuvoje žinoma apie 1000 piliakalnių, daugelyje jų yra išlikusių įtvirtinimų ar senosios kultūros pėdsakų. Piliakalniai kasinėjami ir dabar, taip kuriama Lietuvos kultūra ir tiriama jos praeitis. Piliakalniai ne tik puošia kraštovaizdį, bet ir vertinami kaip saugotini gamtos objektai.

Šiam skyriui parengti naudoti [6], [7] šaltiniai.

2.1. Tyrimo metodas

Matematinio tyrimo tikslas – pritaikyti matematinius metodus, tiriant Šiaulių krašto piliakalnių gynybines sistemas.

Kadangi tikslų optometrinių duomenų apie žmogaus matymo laukus nėra daug, buvo atliktas matematinis tyrimas, kurio metu įvertintos įvairios žmogaus matymo galimybės. Pritaikę geometrinę tikimybę, apskaičiuotos tikimybės su kuriomis buvo pastebėti įsiveržę priešai į pilių kontroliuojamas teritorijas. Taip pat apskaičiuotos tikimybės, su kuriomis nustatyta sėkmingos priešo įsiveržimo tikimybės.

Tyrimas atliekamas dienos ir nakties metu. Kiekvienu paros metu nagrinėti trys skirtingi atvejai.

Diena:

1. Pilių žvalgų matoma teritorija priklauso nuo piliakalnio šlaitų aukščio; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 2$ km spinduliu;
2. Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 3$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 1$ km spinduliu;
3. Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 1,5$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,5$ km spinduliu.

Naktis:

1. Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 1$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,5$ km spinduliu;
2. Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 0,3$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,3$ km spinduliu;
3. Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 30$ m spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 30$ m spinduliu.

2.2. Nagrinėjamų piliakalnių statistinis įvertinimas

Tiriamajoje Lietuvos dalyje yra 33 piliakalniai. XVI a. Saulės žemė greičiausiai sumažėjo dėl gretimų Knituvos (Kuršėnų), Vaiguvos (Kelmės r.) ir dalies Upytės (Radviliškio r.) žemių spaudimo spėjama dideliame senoviniame Saulės (Šiaulių) žemės areale, kuris dabar skilęs į kelis gretimus Kuršėnų, Šiaulių, Radviliškio ir Kelmės rajonus. Archeologiniai duomenys apie nagrinėjamus piliakalnius paimti iš internetinės svetainės www.piliakalniai.lt. Gauti duomenys apie piliakalnius susisteminti ir pateikti 1 priede (žr. 1 priedas).

Darbai reikalingiems statistiniams skaičiavimams atlikti naudojama atviro kodo programa PSPP. Programa yra vienos iš labiausiai paplitusių statistinės informacijos apdorojimo programinių paketų SPSS programos analogas. Darbe pateiktos originalios PSPP lentelės.

Remiantis priede esančia lentele (žr. 2 priedas), galima atlikti piliakalnių šlaitų aukščio analizę. Žemiau pavaizduotame paveiksle (6 pav.) matyti piliakalnių šlaitų aukščio dažnių lentelė, kurioje atsispindi reikšmių dažnumas. Iš paveikslo duomenų matome, kad dažniausiai pasikartojanti reikšmė yra 8, t.y., daugiausiai nagrinėjamų piliakalnių yra 8 metrų aukščio. Rečiausiai pasitaikančių reikšmių yra net keletas – 6 m, 15 m, 17 m ir 18 metrų aukščio piliakalnių yra tik po vieną.

<i>Reikšmės etiketė</i>	<i>Reikšmė</i>	<i>Dažnis</i>	<i>Procentais</i>
	6	1	3,03
	7	2	6,06
	8	6	18,18
	9	4	12,12
	10	2	6,06
	11	4	12,12
	12	2	6,06
	13	3	9,09
	14	2	6,06
	15	1	3,03
	17	1	3,03
	18	1	3,03
	20	2	6,06
	24	2	6,06
	<i>Iš viso</i>	33	100,0

6 pav. Piliakalnių šlaitų aukščių dažnių lentelė

Šaltinis: apskaičiuota autorės, naudojant PSPP programą.

7 paveiksle matome piliakalnių šlaitų aukščio padėties ir sklaidos charakteristikas. Nagrinėjamų piliakalnių yra 33, jų aukščio vidurkis 12,03 metro. Tarp jų yra 24 metrų aukščio du piliakalniai – Kubilių piliakalnis, esantis Kelmės r., Tytuvėnų seniūnijoje ir Burbaičių piliakalnis esantis Kelmės r., Kukečių seniūnijoje, kurie apskrityje yra aukščiausi, o žemiausias yra tik 6 metrų aukščio piliakalnis – Baimainių piliakalnis (Panevėžio r., Krekenavos sen.). Kaip jau buvo matyti 6 paveiksle daugiausiai yra 8 metrų aukščio piliakalnių.

<i>N</i>	<i>Galiojančių</i>	33
	<i>Praleistų</i>	0
<i>Vidurkis</i>		12,03
<i>Moda</i>		8,00
<i>St. nuokrypis</i>		4,77
<i>Mazžiausia</i>		6,00
<i>Didžiausia</i>		24,00
	50 (mediana)	11

7 pav. Piliakalnių šlaitų aukščių charakteristikos

Šaltinis: apskaičiuota autorės, naudojant PSPP programą.

2.3. Medinių pilių žvalgų matomas teritorijos atstumas

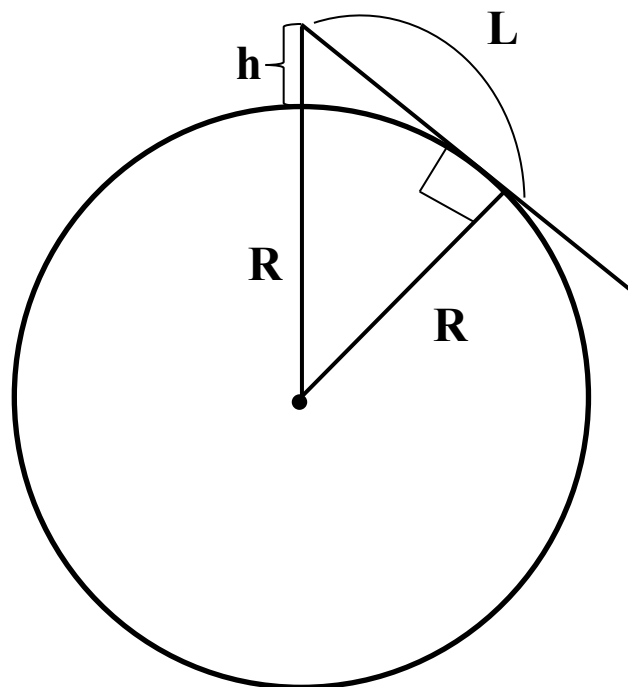
Senovės piliakalniai buvo skirti gynybai, nesvarbu nuo ko saugantis – priešišku genčių ar laukinių žvėrių. Piliakalniai visada buvo įrenginėjami tokiose vietose, kur būtų geras matomumas, įrenginėjami tarp upių, kasami grioviai, daromos apsauginės pilių sienos. Gyvenviečių ir pilių saugumui didelę įtaką turėjo piliakalnio šlaitai, jų statumas, aukštumas. Kuo piliakalnis aukštesnis tuo geresnis matomumas ir greičiau pastebimi artėjantys priešai.

Pasak G. Zabelos, piliakalnį kaip gynybinį įrenginį sudaro du pagrindiniai elementai: pati įtvirtinta vieta bei jos įtvirtinimai. Įtvirtinta vieta – tai piliakalnio aikštelė – buvęs pilies

ar kitokio įtvirtinimo kiemas. Čia stovėjo pastatai, buvo telkiama kariuomenė, slėptis subėgdavo apylinkių gyventojai, tad piliakalniuose stovėjusios pilaitės gynė aplinkines gyvenvietes, kurių gyventojai tiekdavo pilies įgulai visus būtinus produktus.

Žemiau esančioje 3 lentelėje, remiantis priede esančioje lentelėje pateiktais piliakalnių šlaitų aukščiais, pateikta nagrinėjamų piliakalnių žvalgų matoma teritorija, nepaisant aplinkos (tarkime piliakalnis stovėjo plyname lauke) ir kai aplink piliakalnį auga 4 metrų aukščio medžiai bloginantys matomumą. 4 metrų aukščio medžiai matomumą sumažina 7,1 kilometro.

Matomas teritorijos atstumas priešais save apskaičiuojamas remiantis žemiau esančiu brėžiniu (žr. 8 pav.).



8 pav. **Matomumo atstumas**

Šaltinis: Plait, P., (2009). How far away is the horizon?

Žemė yra gana taisyklinga sfera, kurios skersmuo 12742 kilometrų. Kadangi liestinė prie apskritimo sudaro statų kampą su apskritimo spinduliu, tai sudarę statų trikampį galime taikyti Pitagoro teoremą.

$$(R + h)^2 = L^2 + R^2$$

$$L^2 = (R + h)^2 - R^2$$

$$L^2 = R^2 + 2Rh + h^2 - R^2$$

$$L^2 = 2Rh + h^2$$

$$L^2 = dh + h^2$$

Iš čia išplaukia žmogaus, esančio medinėje pilyje matymo į tolį atstumas. Apskaičiuojamas pagal formulę:

$$L = \sqrt{h^2 + dh} \quad (1)$$

čia:

L – matomas teritorijos atstumas priešais save,

h – piliakalnio šlaito aukštis,

R – žemės spindulys,

d – žemės skersmuo ($d=12\,742\,000\text{ m}$).

Taip pat prie kiekvieno piliakalnio šlaito aukščio buvo pridėta 3 metrų aukščio gynybinė siena ant kurios užlipę kariai matydavo toliau.

Pavyzdžiai.

1) $h=4$, $d=12742000$. Rasime matymo lauką $L(4)$. Remiantis (1) formule gauname:

$$L(4) = \sqrt{4^2 + 12742000 \cdot 4} = \sqrt{50968016} = 7139,18\text{ m} = 7,1\text{ km}$$

Žmogus esantis 4 metrų aukštyje mato 7,1 km spinduliu. Jei aplink piliakalnį 4 metrų aukščio medžiai, tai žmogaus matomumas nuo piliakalnio sumažėja 7,1 km.

2) $h=20$, tačiau prie piliakalnio šlaitų aukščio pridedame 3 metrų aukščio gynybinę sieną, tad žvalgas bus ant 23 metrų aukščio piliakalnio, $d=12742000$. Analogiškai, remiantis (1) formule rasime $L(23)$:

$$L(23) = \sqrt{(20 + 3)^2 + 12742000 \cdot (20 + 3)} = \sqrt{293066529} = 17119,18\text{ m} = 17,1\text{ km}$$

Esant žvalgui 23 metrų aukštyje, jis mato 17,1 km spinduliu į tolį. Tačiau, jei aplink piliakalnį yra 4 metrų aukščio medžiai, tai žvalgo matomumas suprastėja. Tuomet žvalgas mato:

$$L(23) - L(4) = 17,1 - 7,1 = 10\text{ km}$$

Taigi, esant aplink 4 metrų aukščio medžiams, žvalgo matomumo nuo 23 metrų aukščio spindulys yra 10 km.

3) $h=13$, tačiau prie piliakalnio šlaitų aukščio pridedame 3 metrų aukščio gynybinę sieną, tad žvalgas bus ant 16 metrų aukščio piliakalnio, $d=12742000$. Analogiškai, remiantis (1) formule rasime $L(16)$.

$$L(16) = \sqrt{(13 + 3)^2 + 12742000 \cdot (13 + 3)} = \sqrt{203872256} = 14278,38\text{ m} = 14,3\text{ km}$$

Esant žvalgui 16 metrų aukštyje jis mato 14,3 km spinduliu į tolį. Tačiau, jei aplink piliakalnį yra 4 metrų aukščio medžiai, tai žvalgo matomumas suprastėja. Tuomet žvalgas mato:

$$L(16) - L(4) = 14,3 - 7,1 = 7,2 \text{ km}$$

Taigi esant aplink 4 metrų aukščio medžiams žvalgo matomumas nuo 16 metrų aukščio yra 7,2 km spinduliu.

Nagrinėjamų piliakalnių žvalgų matomos teritorijos analogiškai apskaičiuotos kaip pavydžiuose, remiantis (1) formule bei susistemintos žemiau esančioje 3 lentelėje.

3 lentelė

Žvalgų matoma teritorija

Piliakalnis	Matomumas km (nepaisant aplinkos)	Matomumas km (kai aplink 4m. aukščio medžiai)	Piliakalnis	Matomumas km (nepaisant aplinkos)	Matomumas km (kai aplink 4m. aukščio medžiai)
Papilė I	17,1	10	Raginėnai	12,4	5,3
Papilė II	14,3	7,2	Ramulėnai	11,8	4,7
Burbaičiai	18,5	11,4	Vaitiekūnai	13,4	6,3
Galiniai	12,4	5,3	Velžiai	11,8	4,7
Gudeliai	14,3	7,2	Žuvininkai	15,1	8
Kalniškiai II	13,4	6,3	Bubiai	14,7	7,6
Kubiliai	18,5	11,4	Jurgaičiai	11,8	4,7
Pagryžuvis	14,3	7,2	Luponiai	12,4	5,3
Papilalis	13,4	6,3	Normančiai	11,3	4,2
Papiliai	17,1	10	Rekčiai	15,1	8
Naujaupis	11,3	4,2	Romučiai	12,9	5,8
Vaidatoniai	16	8,9	Sauginiai	11,8	4,7
Vainagiai	14,7	7,6	Šilėnai	13,8	6,7
Peleniškiei	11,8	4,7	Baiminiai	10,7	3,6
Tričiai	11,8	4,7	Gyvoliai	13,4	6,3
Diauderiai	12,9	5,8	Buišai	12,4	5,3
Kudinai	16,4	9,03			

Šaltinis: apskaičiuota autorės naudojantis (1) formule.

Apskaičiavus piliakalnių žvalgų matomas teritorijas ir jas susisteminus 3 lentelėje matoma, kaip nuo piliakalnių šlaitų aukščio kinta matoma teritorija. Akivaizdu, kad kuo aukštesnis piliakalnis, tuo nuo jo toliau matyti.

2.4. Nuo medinių pilių žvalgų matomų teritorijų plotai

Kaip jau minėta, pagrindinė piliakalnių paskirtis buvo gynybinė. Archeologai piliakalniuose ir aplink juos randa senovinių daiktų, kurie padeda kurti mūsų praeitį ir sužinoti, kaip ankščiau vystėsi gyvenimas.

Nors praeityje Lietuvos žemės buvo suskirstytos į Kuršių žemės, Žiemgalių, Sėlių ir kitų, darbe naudojamas šiuolaikinis žemių administracinis susiskirstymas rajonais.

Žvalgų matomų teritorijų plotai apskaičiuoti pagal formulę:

$$S = \pi R^2, \quad (2)$$

čia:

R – apskritimo spindulys (matymo atstumas priešais save),

$\pi \approx 3,14$.

Pavyzdžiai.

1) Tiriamo piliakalnio aukštis $h=20$, tačiau prie piliakalnio šlaitų aukščio pridedame 3 metrų aukščio gynybinę sieną, tad žvalgas bus ant 23 metrų aukščio piliakalnio. Nuo jo žvalgas matys 17,1 km spinduliu į tolį (apskaičiuota remiantis (1) formule), jei aplink piliakalnį bus lyguma (t.y. nėra medžių). Tuomet visas žvalgo matomos teritorijos plotas apskaičiuojamas remiantis (2) formule ($S = \pi R^2$):

$$S = 3,14 \cdot 17,1^2 = 918,17 \text{ km}^2$$

Medinės pilies žvalgo kontroliuojama teritorija yra 918,17 km².

2) Tiriamo piliakalnio aukštis $h=20$, tačiau prie piliakalnio šlaitų aukščio pridedame 3 metrų aukščio gynybinę sieną, tad žvalgas bus ant 23 metrų aukščio piliakalnio. Nuo jo žvalgas matys 10 km spinduliu į tolį (apskaičiuota remiantis (1) formule), jei aplink piliakalnį bus 4 metrų aukščio medžiai. Žvalgo matomos teritorijos plotas:

$$S = 3,14 \cdot 10^2 = 314 \text{ km}^2$$

Medinės pilies žvalgo kontroliuojama teritorija yra 314 km².

3) Tiriamo piliakalnio aukštis $h=13$, tačiau prie piliakalnio šlaitų aukščio pridedame 3 metrų aukščio gynybinę sieną, tad žvalgas bus ant 16 metrų aukščio piliakalnio. Nuo jo žvalgas matys 14,3 km spinduliu į tolį (apskaičiuota remiantis (1) formule), jei aplink piliakalnį nebus medžių. Žvalgo matomos teritorijos plotas:

$$S = 3,14 \cdot 14,3^2 = 642,10 \text{ km}^2$$

Medinės pilies žvalgo kontroliuojama teritorija yra 642,10 km².

Piliakalnių žvalgų matomų teritorijų plotai apskaičiuoti analogiškai kaip pavyzdžiuose ir susisteminti žemiau pateiktoje 4 lentelėje.

4 lentelė

Pilių žvalgų matomų teritorijų plotai

Piliakalnis	Plotas nepaisant supančios aplinkos (km ²)	Plotas, kai aplink 4m aukščio medžiai (km ²)	Piliakalnis	Plotas nepaisant supančios aplankos (km ²)	Plotas, kai aplink 4m aukščio medžiai (km ²)
Papilė I	918,17	314,00	Raginėnai	482,81	88,20
Papilė II	642,10	162,78	Ramulėnai	437,21	69,36
Burbaičiai	1074,67	408,07	Vaitiekūnai	563,82	124,63
Galiniai	482,81	88,20	Velžiai	437,21	69,36
Gudeliai	642,10	162,78	Žuvininkai	715,95	200,96
Kalniškiai II	563,82	124,63	Bubiai	678,52	181,37
Kubiliai	1074,67	408,07	Jurgaičiai	437,21	69,36
Pagryžuvis	642,10	162,78	Luponiai	482,81	88,20
Papilalis	563,82	124,63	Normančiai	400,95	55,39
Papiliai	918,17	314,00	Rekčiai	715,95	200,96
Naujaupis	400,95	55,39	Romučiai	522,53	105,63
Vaidatoniai	803,84	248,72	Sauginiai	437,21	69,36
Vainagiai	678,52	181,37	Šilėnai	597,98	140,95
Peleniškiei	437,21	69,36	Baimainiai	359,50	40,69
Tričiai	437,21	69,36	Gyvoliai	563,82	124,63
Diauderiai	522,53	105,63	Buišai	482,81	88,20
Kudinai	844,53	256,04			

Šaltinis: apskaičiuota autorės.

Aukščiau esančioje 4 lentelėje pateikti piliakalnių žvalgų matomų teritorijų plotai, kuriuos kontroliuoja pilys.

2.5. Sėkmingas priešų įsiveržimas į pilių ir gyvenviečių kontroliuojamas teritorijas

Didėjant pavojui bendruomenei atsirado būtinybė kuo labiau apsisaugoti. Pradėta statyti įvairias kliūtis, kasami grioviai, pilami pylimai, imta labiau stebėti supančią aplinką. Šio matematinio tyrimo uždaviniai įvertinti tikimybes su kuriomis galėjo būti susekamas priešas, įsiveržęs į medinių pilių kontroliuojamą teritoriją ir nustatyti su kokia tikimybe įsiveržęs priešas į senovines Šiaulių krašto teritorijas galėjo nebaudžiamai apiplėšti aplinkines gyvenvietes*.

Įsiveržimo tikimybių apskaičiavimui naudojama geometrinė tikimybė. Geometrinės tikimybės apskaičiuojamos remiantis žemiau esančiomis formulėmis (žr. 3, 4, 4*, 5 formulės).

* Kapinynų bei pilkapynų galimoms vietoms nustatyti naudojamas Mindaugo Škleiniko (2007) baigiamasis bakalauro darbas „Archeologinių tyrimų dinamika ir geografija Šiaulių apskrityje“, Šiauliai.

Tikimybė, kad įsiveržę priešai bus pastebėti pilių žvalgų:

$$P_1 = \frac{S_2}{S_1} \quad (3)$$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai sėkmingai užgrobs gyvenvietę, kai priešai bus pastebėti pilių žvalgų:

$$P_2 = \frac{S_3^{(1)}}{S_1 - S_2} \quad (4)$$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai sėkmingai užgrobs gyvenvietę, kai priešai nebus pastebėti pilių žvalgų:

$$P_3 = \frac{S_3^{(2)}}{S_1 - S_2} \quad (4^*)$$

Pilių nekontroliuojama teritorija:

$$Q_1 = 1 - P_1 \quad (5)$$

čia:

S_1 – visos nagrinėjamos teritorijos plotas;

S_2 – piliakalnių (medinių pilių) kontroliuojami plotai;

$S_3^{(1)}$ – gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) kontroliuojami plotai, įeinantys į pilių kontroliuojamas teritorijas;

$S_3^{(2)}$ – gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) kontroliuojami plotai, neįeinantys į pilių kontroliuojamas teritorijas;

P_1 – tikimybė, kad įsiveržę priešai bus pastebėti pilių žvalgų;

Q_1 – su tokia tikimybe medinės pilys nekontroliuojama teritorijos;

P_2 – tikimybė, kad įsiveržę priešai sėkmingai užgrobs gyvenvietę, kai priešai bus pastebėti pilių žvalgų ir jie bus sučiupti;

P_3 – tikimybė, kad įsiveržę priešai sėkmingai užgrobs gyvenvietę, kai priešai nebus pastebėti pilių žvalgų, tad priešai galės nevaržomai prisiplėšti gyvenviečių turtų.

2.5.1. Dienos metu sėkmingo priešų įsiveržimo į pilių ir gyvenviečių kontroliuojamą teritoriją matematinis modelis

Šiame skyrelyje nagrinėjamos įsiveržimo tikimybės dienos metu, kai matymo teritorijos skiriasi, tačiau visos nagrinėjamos teritorijos plotas visose žemėse vienodas.

Žmogaus regėjimas yra žymiai aštresnis nei žmonės galvoja. Giedrą dieną žmogaus akis gali matyti 20 kilometrų atstumu (Robert Jones, 2012), tačiau žmogus tokiu atstumu gali matyti tik tuo atveju jei yra ant kalno ar kokio kito aukšto pastato. Remiantis fizikos svetainės atliktais skaičiavimais (prieiga per internetą: <http://www.fizika.lm.lt/content/view/501/74/>) vidutiniškai žmogaus, kurio ūgis apie 160 centimetrų stovėdamas ant lygios žemės gali matyti tik 4,8 km atstumu priešais save. Kuo žmogus aukštesnis tuo toliau jis gali matyti, žinoma visi apskaičiuoti atstumai remiasi teoriniais duomenimis, kiekvieno individo matymas priešais save skiriasi. Tolesniame darbo tyrime paanalizuosime keletą skirtingų matymo teritorijų dienos metu.

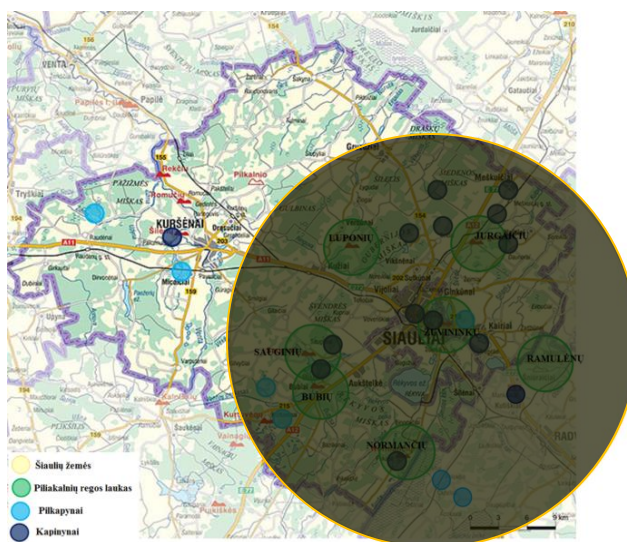
Išnagrinėsime Šiaulių krašto medinių pilių kontroliuojamas teritorijas bei gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) kontroliuojamas teritorijas. Taip pat apskaičiuosime tikimybę pastebėti įsiveržusius priešus į pilių kontroliuojamus plotus bei tikimybės priešams sėkmingai užgrobti ir apiplėšti gyvenvietes.

Nagrinėsime tris dienos atvejus: 1) Pilių žvalgų matoma teritorija priklauso nuo piliakalnio šlaitų aukščio; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 2$ km spinduliu; 2) Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 3$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 1$ km spinduliu; 3) Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 1,5$ km spinduliu; prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,5$ km spinduliu.

Vieną iš atvejų išnagrinėsime išsamiai, kitų – pateiksime analogiškų skaičiavimų rezultatus. Analizei pasirinkta Šiaulių žemės, kuomet žvalgai nuo piliakalnių mato $r=3$ km spinduliu į tolį, o gyvenviečių (pilkapynai, kapinynai) gyventojai mato $r=1$ km spinduliu.

Šiaulių žemėse yra 7 piliakalniai ir 18 gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų). Visos nagrinėjamos teritorijos, kurios spindulys $R=22$ km, plotas (apskaičiuotas remiantis (2) formule) Šiaulių žemėse yra (žr. 9 pav.):

$$S_1 = 3,14 \cdot 22^2 = 3,14 \cdot 484 = 1519,76 \text{ km}^2$$



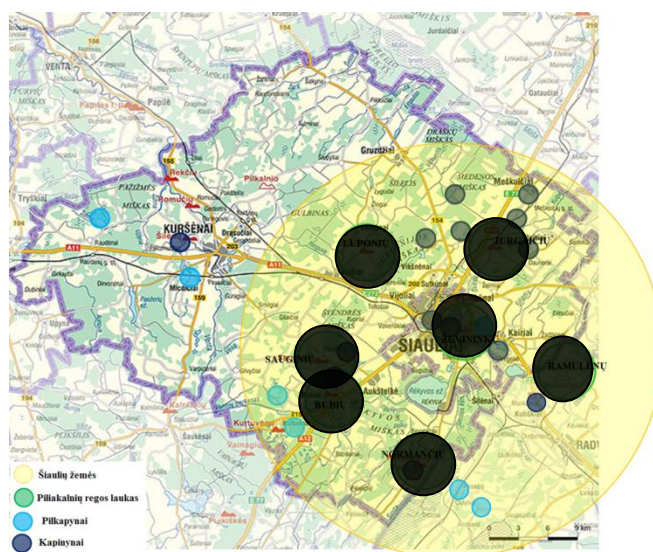
9 pav. Visa nagrinėjama teritorija

Šaltinis: sudaryta autorės.

Šioje analizuojamoje Šiaulių žemėje yra 7 piliakalniai, kuriuose esančių pilių žvalgai mato 3 km spinduliu į tolį. Tokiu atveju, visų medinių pilių žvalgų matomos teritorijos Šiaulių žemėse yra 192,68 km² (žr. 10 pav.)

$$n = 7,$$

$$S_2 = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 7 - 5,14 = 3,14 \cdot 9 \cdot 7 - 5,14 = 192,68 \text{ km}^2$$



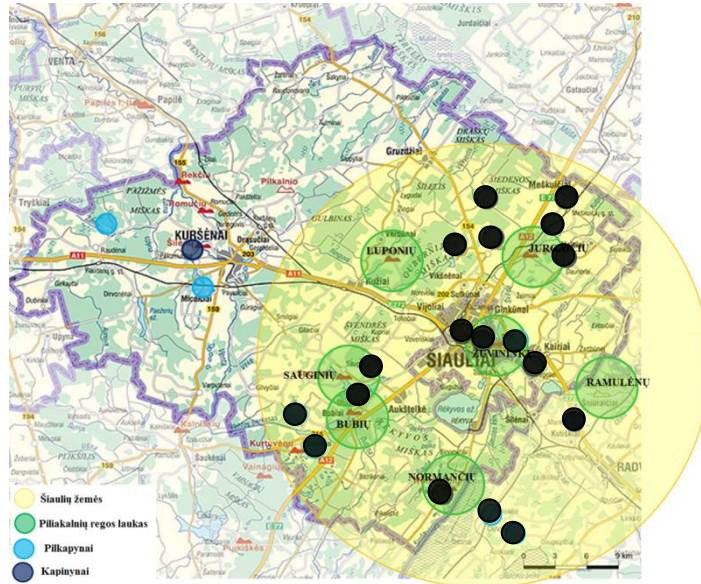
10 pav. Medinių pilių kontroliuojama teritorija

Šaltinis: sudaryta autorės.

Nagrinėjamoje Šiaulių žemių teritorijoje (žr. 9 pav.) yra 18 gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų), kai kurios gyvenvietės įeina į pilių kontroliuojamas teritorijas. Kiekvienos gyvenvietės gyventojai mato 1 km spindulio atstumu į tolį. Tokiu atveju, visos gyvenvietės kontroliuoja 56,52 km² tiriamos teritorijos (žr. 11 pav.):

$$n = 18,$$

$$S_3^{(1)} = 3,14 \cdot 1^2 \cdot 18 = 3,14 \cdot 1 \cdot 18 = 56,52 \text{ km}^2$$

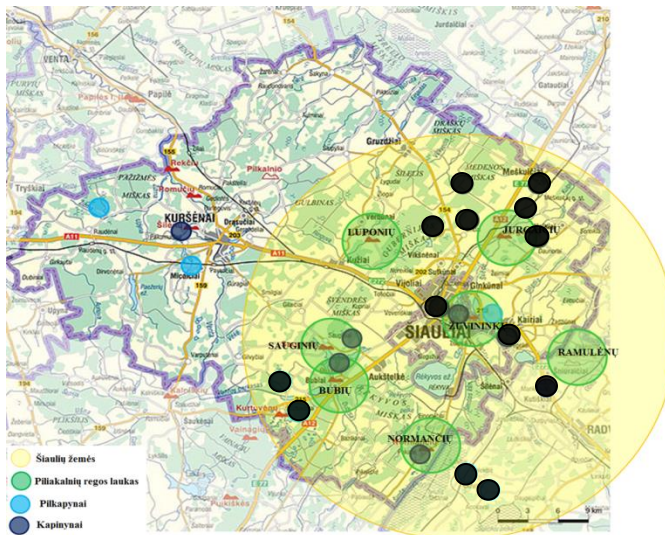


11 pav. Gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) kontroliuojama teritorija
Šaltinis: sudaryta autorės.

Kadangi vienos gyvenvietės (pilkapynai, kapinynai) įeina į pilių kontroliuojamas teritorijas, jas apiplėšti priešams sunkiau. Gyvenviečių, kurios nepatenka į pilių kontroliuojamas teritorijas, kontroliuojamos teritorijos, kai jos gyventojai mato 1 km spinduliu, sudaro (žr. 12 pav.):

$$n = 12,5,$$

$$S_3^{(2)} = 3,14 \cdot 1^2 \cdot 12,5 = 3,14 \cdot 1 \cdot 12,5 = 39,25 \text{ km}^2$$



12 pav. Gyvenviečių kontroliuojama teritorija
Šaltinis: sudaryta autorės.

Apskaičiavus kontroliuojamas teritorijas, galima nagrinėti atitinkamas tikimybes.

Tikimybė, kad Šiaulių krašto medinių pilių žvalgai pamatys įsiveržusius priešus į jų kontroliuojamas teritorijas (kontroliuojamas plotas $192,68 \text{ km}^2$) yra $P_1=0,1268$. Įsiveržusių priešų pastebėjimo tikimybė apskaičiuota remiantis (3) formule:

$$P_1 = \frac{192,68}{1519,76} = 0,1268$$

čia:

$$S_2 = 192,68 \text{ km}^2$$

$$S_3 = 1519,76 \text{ km}^2$$

Tikimybė, kad pilių žvalgai pamatys įsiveržusius priešus į jų kontroliuojamą teritoriją ir juos atrems yra $P_1=12,68\%$.

Minėta, kad kai kurios gyvenvietės patenka į pilių kontroliuojamas teritorijas, kitos ne. Nepaisant to ir neatsižvelgus į tai, kad kitas gyvenvietes stebi pilių žvalgai, tikimybė, priešams sėkmingai užgrobti ir apiplėšti gyvenvietes apskaičiuojama remiantis (4) formule:

$$P_3 = \frac{56,52}{1519,76 - 192,68} = \frac{56,52}{1327,08} = 0,0426$$

čia:

$$S_3^{(1)} = 56,52 \text{ km}^2$$

$$S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$$

$$S_2 = 192,68 \text{ km}^2$$

Gyvenvietes stebint pilių žvalgams ir jas saugant nuo priešų, tikimybė, kad įsiveržę priešai sėkmingai apiplėš gyvenvietę yra $P_2= 4,26\%$.

Kuomet pilių žvalgai stebi gyvenvietes, jas priešams užpulti daug sunkiau, kadangi pilių kariai juos pamatę sučiups. Tačiau kitos gyvenvietės yra toliau nuo piliakalnių ir jų medinių pilių žvalgai nemato. Tikimybė, kad priešai sėkmingai įsiverš ir apiplės gyvenvietes:

$$P_3 = \frac{39,25}{1519,76 - 192,68} = \frac{39,25}{1327,08} = 0,0296$$

čia:

$$S_3^{(2)} = 39,25 \text{ km}^2$$

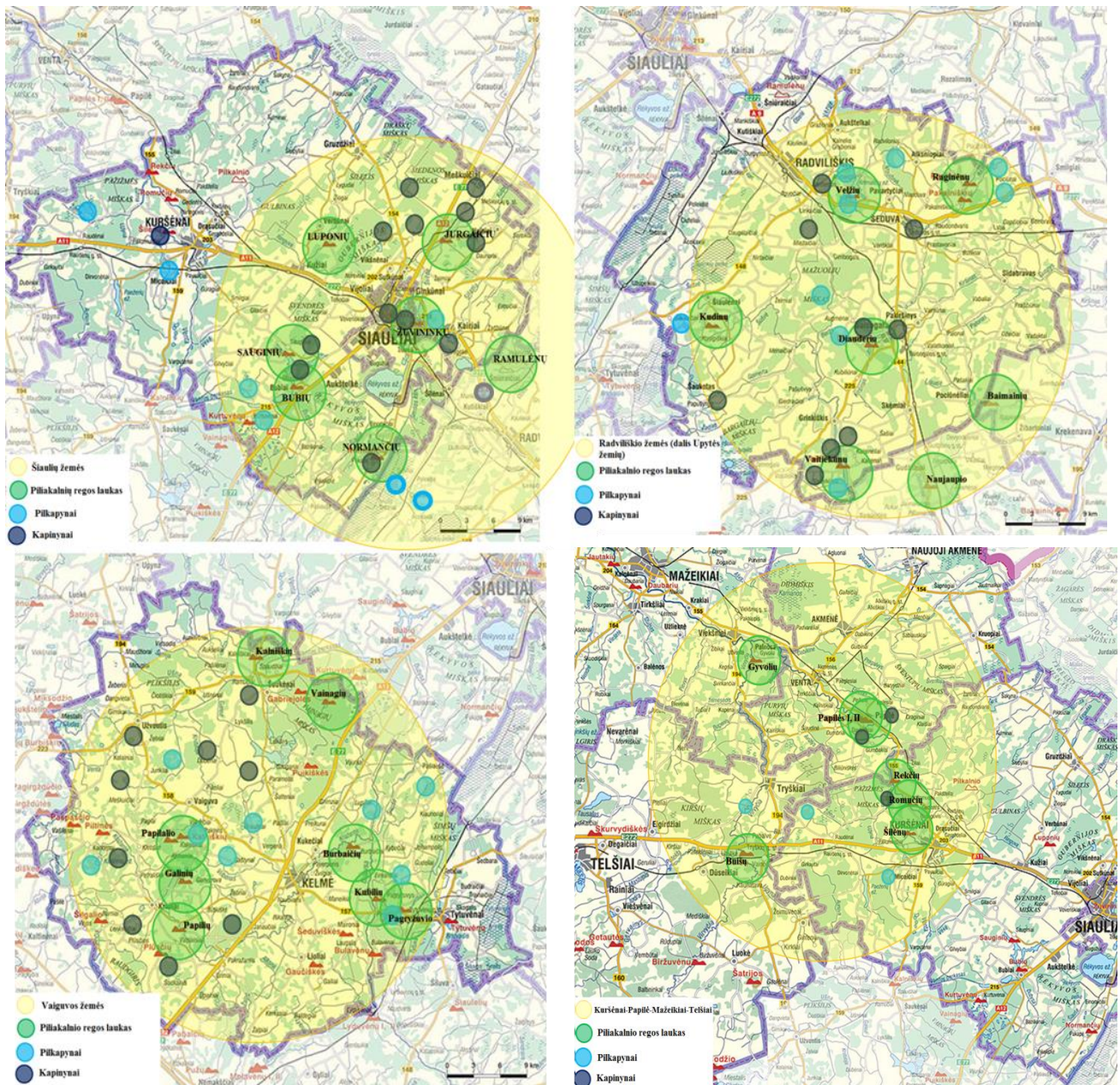
$$S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$$

$$S_2 = 192,68 \text{ km}^2$$

Tikimybė, kad priešai įsiverš į gyvenviečių kontroliuojamą teritoriją ir sėkmingai užgrobs bei apiplėš gyvenvietę yra $P_3 = 2,96\%$.

Tolesniame darbo tyrime atliekama analogiška 4 teritorijų (Šiaulių, Kuršėnų - Papilės, Radviliškio, Kelmės) analizė minėtais trimis aspektais.

- *Piliakalnių žvalgų matoma teritorija $r=3$ km spinduliu, gyvenviečių (kapinynų ir pilkapyių) gyventojų matoma teritorija $r=1$ km spinduliu (žr. 13 pav.).*



13 pav. Šiaulių, Radviliškio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija ($r=3$ km) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=1$ km)

Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir remiantis gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 192,68 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_2 = 197,82 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_2 = 178,52 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 147,61 \text{ km}^2$

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 56,52 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_3^{(1)} = 53,38 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_3^{(1)} = 56,52 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 18,84 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,1268$ (12,68%)

Radviliškis - $P_1 = 0,1302$ (13,02%)

Kelmė - $P_1 = 0,1175$ (11,75%)

Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,0971$
(9,71%)

Sėkmingas priešams

gyvenviečių užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,0426$ (4,26%)

Radviliškis - $P_2 = 0,0404$ (4,04%)

Kelmė - $P_2 = 0,0421$ (4,21%)

Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,0137$
(1,37%)

$Kelmė - Q_1 = 0,88$, $Radviliškis - Q_1 = 0,87$, $Šiauliai - Q_1 = 0,87$ $Kuršėnai – Papilė - Q_1 = 0,90$.

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai, ir atitinkamos tikimybės P_1 , P_2 , P_3 . Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas 3 km spinduliu; kapinynų bei pilkapynų matymo teritorija 1 km spinduliu.

Nagrinėti 4 žemių plotai:

- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog didžiausią kontroliuojamą pilių plotą turi Radviliškio žemės ($S_2 = 197,82 \text{ km}^2$), o atitinkamai tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus į jų pilių kontroliuojamą teritoriją yra $P_1 = 0,13$. Mažiausiai teritorijos kontroliuoja Kuršėnų – Papilės pilys ($S_2 = 147,61 \text{ km}^2$), o tai reiškia, kad tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus į jų kontroliuojamą teritoriją yra mažiausia iš visų keturių žemių, tai yra $P_1 = 0,0971$. Didžiausią plotą kapinynai ir pilkapynai kontroliuoja Šiaulių ir Kelmės žemėse, kontroliuojama $S_3^{(1)} = 56,52 \text{ km}^2$, tačiau didžiausią sėkmę užgrobti ir apiplėšti

yra Šiaulių žemėse esančius pilkapynus ir kapinynus, $P_2 = 0,0426$. Tačiau reikėtų atsižvelgti į tai, kad kai kurie kapinynai ir pilkapynai jau yra kontroliuojamoje piliakalnių teritorijoje, tai esančiai ten bendruomenei apsisaugoti nuo priešų daug paprasčiau, kadangi įsiveržusius priešus gali pastebėti pilių žvalgai. Tad keisis pilkapynų ir kapinynų kontroliuojama teritorija.

Atitinkamose žemėse:

- Šiaulių žemėse - 12,5 pilkapynų ir kapinynų;
- Radviliškio žemėse - 13 pilkapynų ir kapinynų;
- Kelmės žemėse - 16 pilkapynų ir kapinynų;
- Kuršėnų-Papilės žemėse - 3,5 pilkapynai ir kapinynai.

Pilkapynų ir kapinynų kontroliuojama teritorija

$$\text{Šiauliai} - S_3^{(2)} = 39,25 \text{ km}^2$$

$$\text{Radviliškis} - S_3^{(2)} = 40,82 \text{ km}^2$$

$$\text{Kelmė} - S_3^{(2)} = 50,24 \text{ km}^2$$

$$\text{Kuršėnai} - \text{Papilė} - S_3^{(2)} = 10,99 \text{ km}^2$$

Sėkmingas priešams gyvenviečių užgrobimas

$$\text{Šiauliai} - P_3 = 0,0296 (2,96\%)$$

$$\text{Radviliškis} - P_3 = 0,0309 (3,09\%)$$

$$\text{Kelmė} - P_3 = 0,0375 (3,75\%)$$

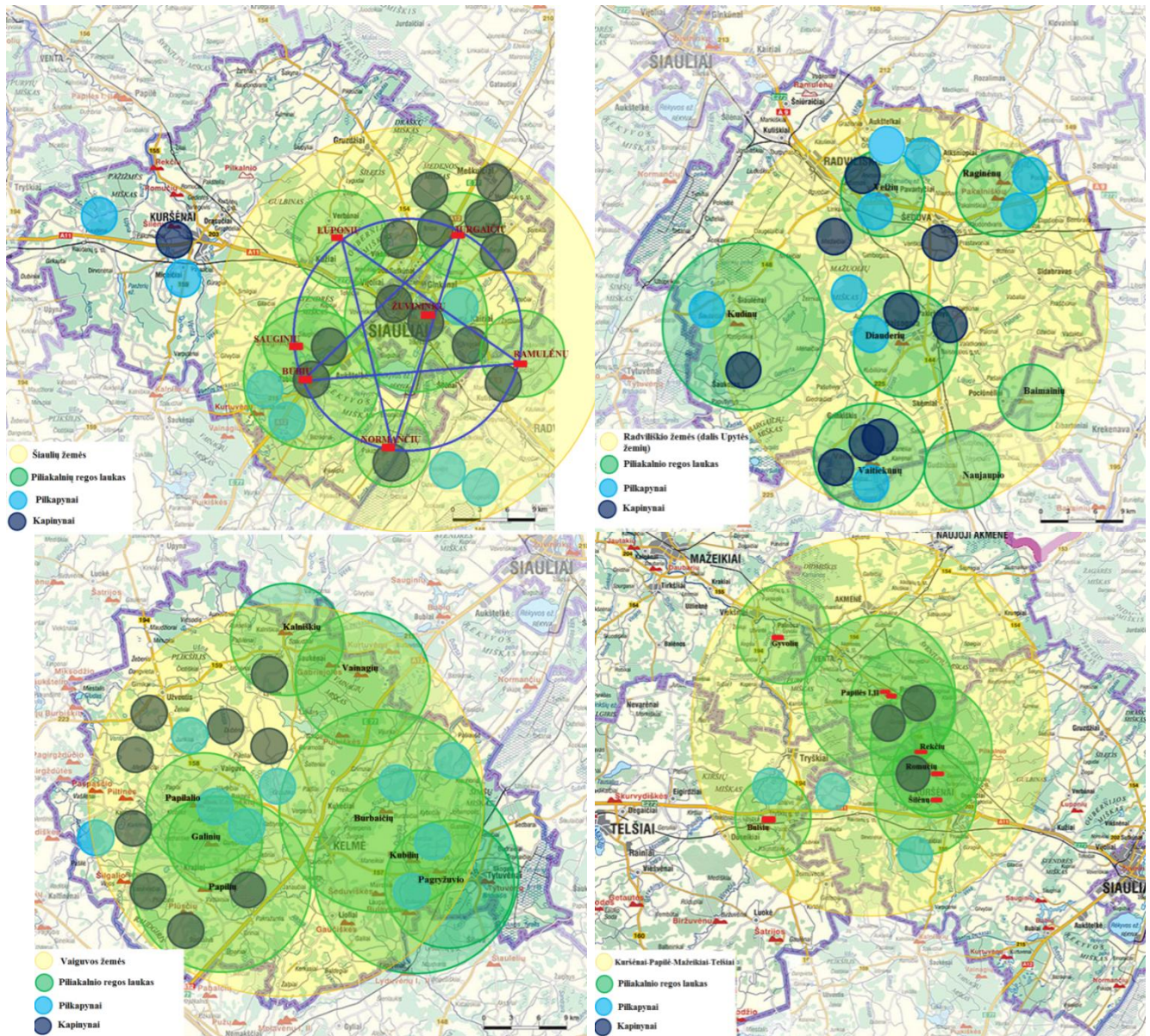
$$\text{Kuršėnai} - \text{Papilė} - P_3 = 0,0080 (0,80\%)$$

Taigi atsižvelgus į tai, jog kai kurie pilkapynai ir kapinynai, jau yra pilių kontroliuojamoje teritorijoje ir jų saugumas tampa du kartus didesnis, nei tų kurie turi saugotis patys. Įvertinus šį faktorių kontroliuojama pilakpynų ir kapinynų teritorija sumažėja. Daugiausiai teritorijos kontroliuoja Kelmės žemėse esantys pilkapynai ir kapinynai ($S_3^{(2)} = 50,24 \text{ km}^2$), mažiausiai žemių kontroliuoja Kuršėnų-Papilės pilkapynai ir kapinynai, šiuo atveju jie kontroliuoja $10,99 \text{ km}^2$. Tačiau didžiausią sėkmę užpulti ir apiplėšti priešai turi Kelmės pilkapynus ir kapinynus, $P_3 = 0,0375$.

Apibendrinant galima teigti, kad kuo didesnę plotą kontroliuoja pilys, tuo didesnė tikimybė, laiku pastebėti priešus ir juos atremti. Tačiau kai kontroliuojama teritorija nėra didelė ir jei priešo nepastebima, ar jis pastebimas per arti, tuomet sunku bus atremti priešą, nes kariai nebus pasiruošę ir nespės tinkamai sureaguoti.

- Piliakalnių žvalgų matoma teritorija priklausoma nuo piliakalnio šlaitų aukščio, gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) gyventojų matoma teritorija $r=2$ km spinduliu.

Žvalgų matoma teritorija nuo piliakalnių priklauso nuo piliakalnio šlaitų aukščio. Žemiau pateiktame 14 paveiksle matoma teritorija dieną (žali apskritimai) yra didžiausia kokia gali būti, kai aplink piliakalnius yra 4 metrų aukščio medžiai.



14 pav. Šiaulių, Radviliškio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija (r priklauso nuo piliakalnio šlaitų aukščio) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=2$ km)

Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir remiantis gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 548,81 \text{ km}^2$
Radviliškis - $S_2 = 637,35 \text{ km}^2$
Kelmė - $S_2 = 980,98 \text{ km}^2$
Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 634,55 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,3611$ (36,11%)
Radviliškis - $P_1 = 0,4194$ (41,94%)
Kelmė - $P_1 = 0,6455$ (64,55%)
Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,4175$
(41,75%)

Šiauliai - $Q_1 = 0,639$; Radviliškis - $Q_1 = 0,58$; Kelmė - $Q_1 = 0,35$; Kuršėnai – Papilė - $Q_1 = 0,58$.

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 226,08 \text{ km}^2$
Radviliškis - $S_3^{(1)} = 200,96 \text{ km}^2$
Kelmė - $S_3^{(1)} = 219,8 \text{ km}^2$
Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 75,36 \text{ km}^2$

Sėkmingas priešams

gyvenviečių užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,2328$ (23,28%)
Radviliškis - $P_2 = 0,2277$ (22,77%)
Kelmė - $P_2 = 0,408$ (40,80%)
Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,0851$
(8,51%)

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, bei kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai, ir tikimybės. Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas priklausė nuo piliakalnio šlaitų aukščio, t.y. kuo aukštesnis piliakalnis, tuo didesnė matymo teritorija; kapinynų ir pilkapynų matymo teritorija 2 km spinduliu.

Nagrinėti 4 žemių plotai:

- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog didžiausią kontroliuojamą pilių plotą turi Kelmės žemės ($S_2 = 980,98 \text{ km}^2$), o tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus į jų pilių kontroliuojamą teritoriją yra $P_1 = 0,6455$. Mažiausiai teritorijos kontroliuoja Šiaulių žemės ($S_2 = 548,81 \text{ km}^2$), o tai reiškia, kad tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus į jų kontroliuojamą pilių teritoriją yra mažiausia iš visų keturių žemių, tai yra $P_1 = 0,3611$. Didžiausią plotą kapinynai ir pilkapynai kontroliuoja Šiaulių žemėse, kontroliuojama $S_3^{(1)} = 226,08 \text{ km}^2$, tačiau didžiausią sėkmę užgrobti ir apiplėšti kapinynus ir pilkapynus yra

Kelmės žemėse, net $P_2 = 0,408$. Tačiau reikėtų atsižvelgti į tai, kad kai kurie kapinynai ir pilkapynai jau yra kontroliuojamoje piliakalnių teritorijoje, tai esančiai ten bendruomenei apsisaugoti nuo priešų daug paprasčiau, kadangi pilių žvalgai gali pastebėti įsiveržusius priešus į jų kontroliuojamą teritoriją. Tad keisis pilkapynų ir kapinynų kontroliuojama teritorija.

Atitinkamose žemėse:

- Šiaulių žemėse - 5,5 pilkapynai ir kapinynai;
- Radviliškio žemėse - 5 pilkapynai ir kapinynai;
- Kelmės žemėse - 7 pilkapynai ir kapinynai;
- Kuršėnų-Papilės žemėse - 2 pilkapynai ir kapinynai;

Pilkapynų ir kapinynų kontroliuojama teritorija

$$\text{Šiauliai} - S_3^{(2)} = 69,08 \text{ km}^2$$

$$\text{Radviliškis} - S_3^{(2)} = 62,8 \text{ km}^2$$

$$\text{Kelmė} - S_3^{(2)} = 87,92 \text{ km}^2$$

$$\text{Kuršėnai} - \text{Papilė} - S_3^{(2)} = 25,12 \text{ km}^2$$

Sėkmingas priešams gyvenviečių užgrobimas

$$\text{Šiauliai} - P_3 = 0,0712 (7,12\%)$$

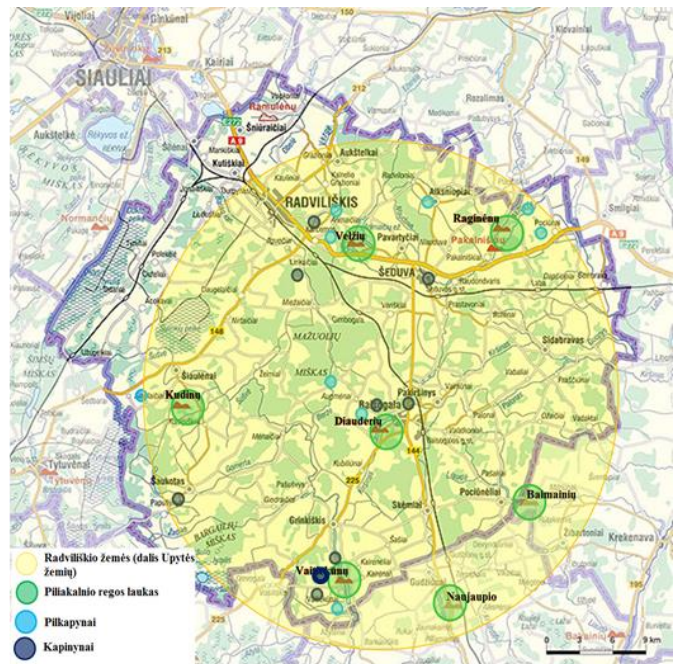
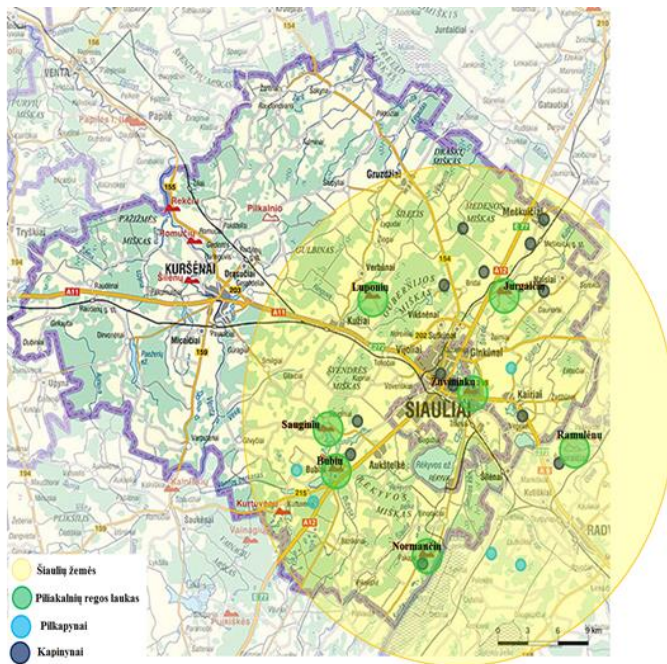
$$\text{Radviliškis} - P_3 = 0,0712 (7,12\%)$$

$$\text{Kelmė} - P_3 = 0,1632 (16,32\%)$$

$$\text{Kuršėnai} - \text{Papilė} - P_3 = 0,0284 (2,84\%)$$

Taigi atsižvelgus į tai, jog kai kurie pilkapynai ir kapinynai, jau yra pilių kontroliuojamoje teritorijoje ir jų saugumas tampa du kartus didesnis, nei tų kurie turi saugotis patys. Įvertinus šį faktorių kontroliuojama pilakpynų ir kapinynų teritorija sumažėja. Daugiausiai teritorijos kontroliuoja Kelmės žemėse esantys pilkapynai ir kapinynai ($S_3^{(2)} = 87,92 \text{ km}^2$), mažiausiai žemių kontroliuoja Kuršėnų-Papilės pilkapynai, šiuo atveju jie kontroliuoja tik $25,12 \text{ km}^2$. Tačiau didžiausią sėkmę užgrobti ir apiplėšti priešai turi Kelmės pilkapynus ir kapinynus, $P_3 = 0,1632$.

- Piliakalnių žvalgų matoma teritorija $r = 1,5$ km spinduliu, gyvenviečių (pilkapynų ir pilkapynų) gyventojų matoma teritorija $r = 0,5$ km spinduliu (žr.15 pav.).



15 pav. Šiaulių, Radviliskio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija ($r=1,5$ km) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=0,5$ km)
 Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir remiantis gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 49,46 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_2 = 49,46 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_2 = 56,52 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 42,39 \text{ km}^2$

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 13,35 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_3^{(1)} = 13,35 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_3^{(1)} = 14,13 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 4,71 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiveržė priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,0325$ (3,25%)

Radviliškis - $P_1 = 0,0325$ (3,25%)

Kelmė - $P_1 = 0,0372$ (3,72%)

Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,0279$
(2,79%)

Sėkmingas priešams gyvenviečių

užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,0091$ (0,91%)

Radviliškis - $P_2 = 0,0091$ (0,91%)

Kelmė - $P_2 = 0,0096$ (0,96%)

Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,0032$
(0,32%)

Šiauliai- $Q_1 = 0,967$; Radviliškis- $Q_1 = 0,967$; Kelmė- $Q_1 = 0,963$; Kuršėnai- Papilė- $Q_1 = 0,972$.

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, bei kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai bei tikimybės P_1 , P_2 . Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas 1,5 km spinduliu; kapinynų ir pilkapynų matymo teritorija 0,5 km spinduliu.

Nagrinėti 4 žemių plotai:

- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

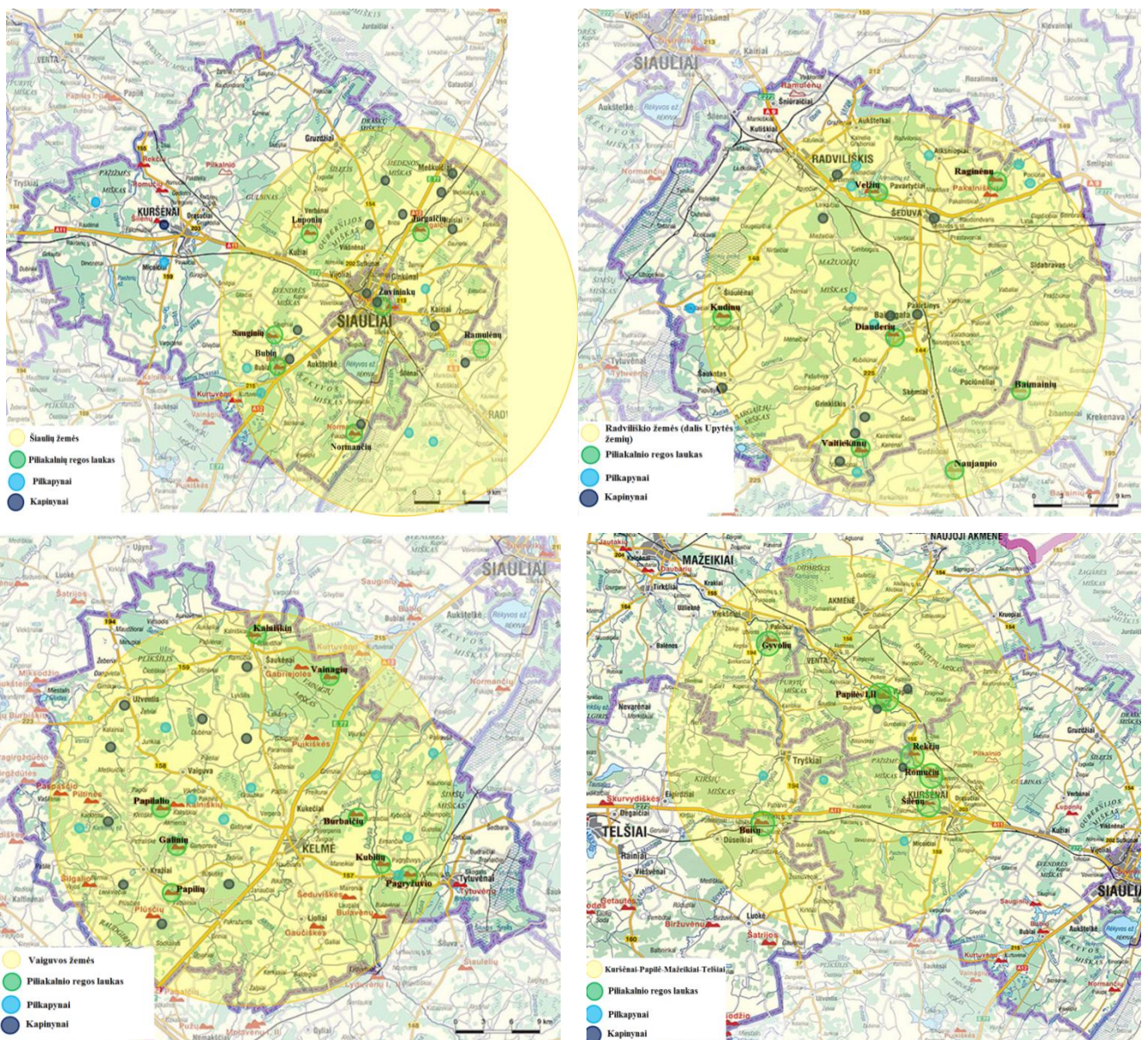
Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog didžiausią kontroliuojamą pilių plotą turi Kelmės žemės ($S_2 = 56,52 \text{ km}^2$), o tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus į jų pilių kontroliuojamą teritoriją yra $P_1 = 0,0372$. Mažiausiai teritorijos kontroliuoja Kuršėnų – Papilės žemė ($S_2 = 42,39 \text{ km}^2$), o tai reiškia, kad pastebėti priešus šios žemės pilių žvalgams yra sudėtingiau, tai yra $P_1 = 0,0279$. Didžiausią plotą kapinynai ir

pilkapynai kontroliuoja Kelmės žemėse, kontroliuojama $S_3^{(1)} = 14,13 \text{ km}^2$, didžiausią sėkmę užgrobti ir apiplėšti priešams yra Kelmės pilkapynus ir kapinynus, $P_2 = 0,0096$.

2.5.2. Nakties metu sėkmingo įsiveržimo į pilių kontroliuojamą teritoriją matematinis modelis

Šiame skyrelyje nagrinėjamos įsiveržimo tikimybės dienos metu, kai matymo teritorijos skiriasi, tačiau visos nagrinėjamos teritorijos plotas visose žemėse vienodas.

- *Piliakalnių žvalgų matoma teritorija $r = 1 \text{ km}$ spinduliu, gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) gyventojų matoma teritorija $r = 0,5 \text{ km}$ spinduliu (žr. 16 pav.).*



16 pav. Šiaulių, Radviliškio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija ($r=1 \text{ km}$) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=0,5 \text{ km}$)

Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir remiantis gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 21,98 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_2 = 21,98 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_2 = 25,12 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 18,84 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,0145$ (1,45%)

Radviliškis - $P_1 = 0,0145$ (1,45%)

Kelmė - $P_1 = 0,0165$ (1,65%)

Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,0124$
(1,24%)

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 14,13 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_3^{(1)} = 13,35 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_3^{(1)} = 14,13 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 4,71 \text{ km}^2$

Sėkmingas priešams gyvenviečių

užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,0089$ (0,89%)

Radviliškis - $P_2 = 0,0089$ (0,89%)

Kelmė - $P_2 = 0,0095$ (0,95%)

Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,0031$
(0,31%)

Šiauliai - $Q_1 = 0,985$; Radviliškis - $Q_1 = 0,985$; Kelmė - $Q_1 = 0,983$; Kuršėnai - Papilė - $Q_1 = 0,988$.

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, bei kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai ir atitinkamos tikimybės P_1 , P_2 . Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas 1 km spinduliu. Kapinynų, bei pilkapynų matymo teritorija 0,5 km spinduliu.

Nagrinėti 4 žemių plotai:

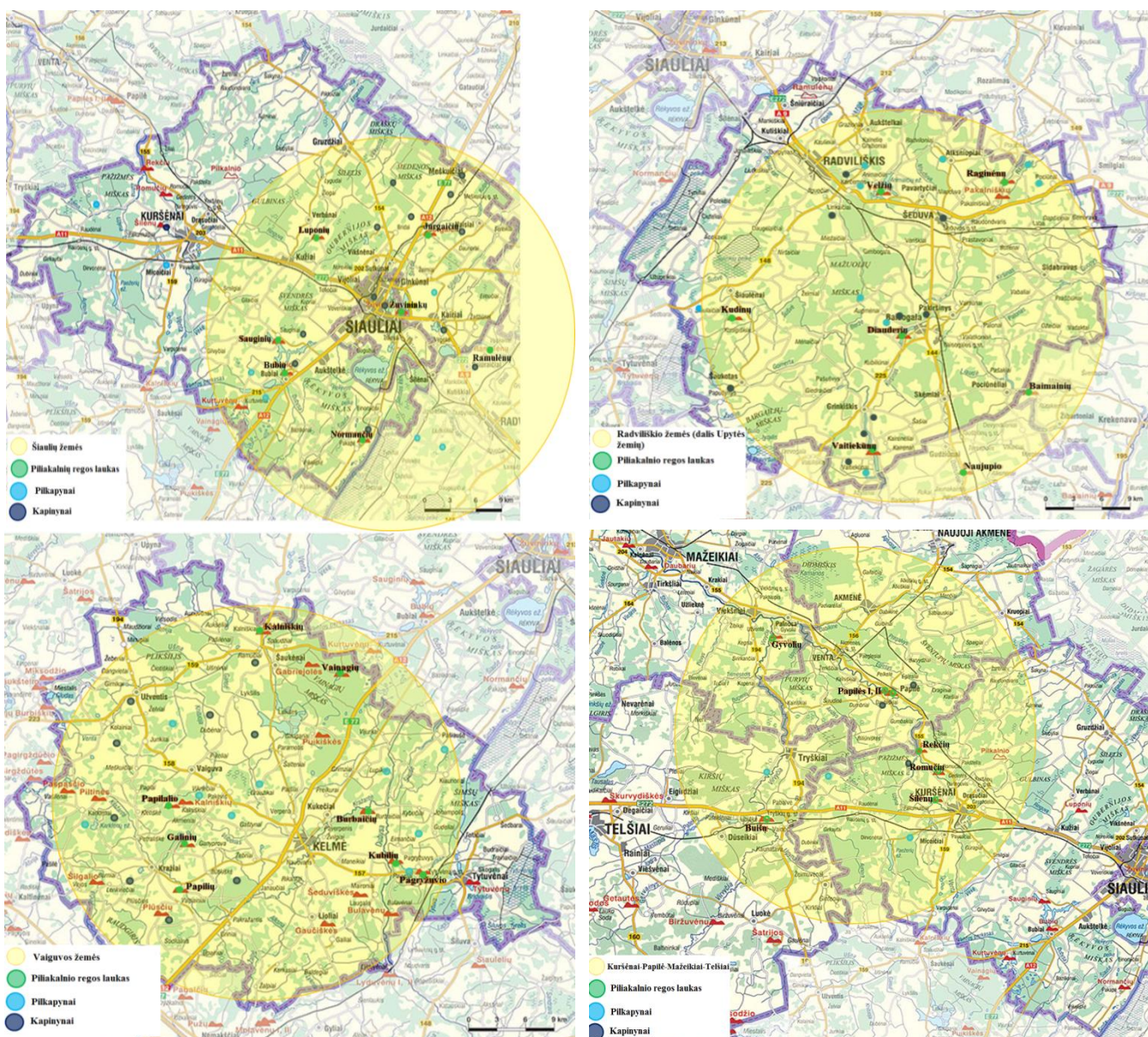
- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog didžiausią kontroliuojamą pilių plotą turi Kelmės žemės ($S_2 = 25,12 \text{ km}^2$), o tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus yra $P_1 = 0,0165$. Mažiausiai teritorijos kontroliuoja Kuršėnų – Papilės žemė ($S_2 = 18,84 \text{ km}^2$), tai reiškia, kad tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus yra mažiausia iš visų keturių žemių, tai yra $P_1 = 0,0124$. Didžiausią plotą kapinynai ir pilkapynai kontroliuoja

Šiaulių ir Klemės žemėse, kontroliuojama $S_3^{(1)} = 14,13 \text{ km}^2$, tačiau didžiausią sėkmę užgrobti ir apiplėšti priešai turi Kelmės pilkapynus ir kapinynus, $P_2 = 0,0095$.

- *Piliakalnių žvalgų matoma teritorija $r = 0,3 \text{ km}$ spinduliu, gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) gyventojų matoma teritorija $r = 0,3 \text{ km}$ spinduliu (žr. 17 pav.).*

Tamsiu paros metu žmogaus pojūčiai suaustrėja, imama atidžiau dairytis, labiau klausytis supančios aplinkos garsus. Budriems pilies kareiviams atpažinti priešą esantį už 300 metrų neturėtų būti didelė problema, kadangi priešai taip pat nėjo be šviesos šaltinio, tikriausiai buvo nešini deglais. O teorinėje dalyje minėta, kad žmogaus akis šviesos šaltinį gali pamatyti net už 48 kilometrų.



17 pav. Šiaulių, Radviliškio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija ($r=0,3 \text{ km}$) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=0,3 \text{ km}$)

Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 1,98 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_2 = 1,98 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_2 = 2,26 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 1,98 \text{ km}^2$

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 5,09 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_3^{(1)} = 4,8 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_3^{(1)} = 5,09 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 1,70 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiverže priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,0013$ (0,13%)

Radviliškis - $P_1 = 0,0013$ (0,13%)

Kelmė - $P_1 = 0,0015$ (0,15%)

Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,0013$
(0,13%)

Sėkmingas priešams gyvenviečių

užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,0034$ (0,34%)

Radviliškis - $P_2 = 0,0032$ (0,32%)

Kelmė - $P_2 = 0,0034$ (0,34%)

Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,0011$
(0,11%)

Šiauliai- $Q_1 = 0,9987$; Radviliškis- $Q_1 = 0,9987$; Kelmė- $Q_1 = 0,9985$, Kuršėnai-Papilė- $Q_1 = 0,9987$.

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, bei kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai ir atitinkamos tikimybės P_1 , P_2 . Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas 0,3 km spinduliu. Kapinynų, bei pilkapynų matymo teritorija 0,3 km spinduliu.

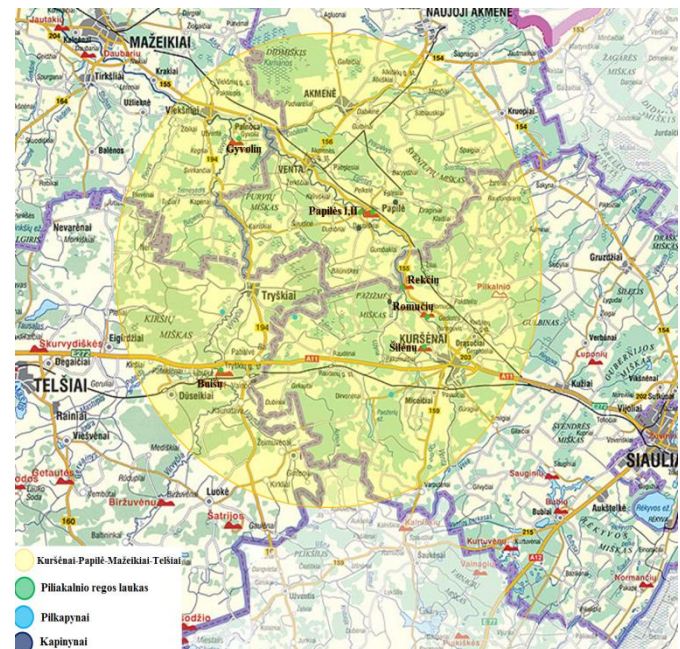
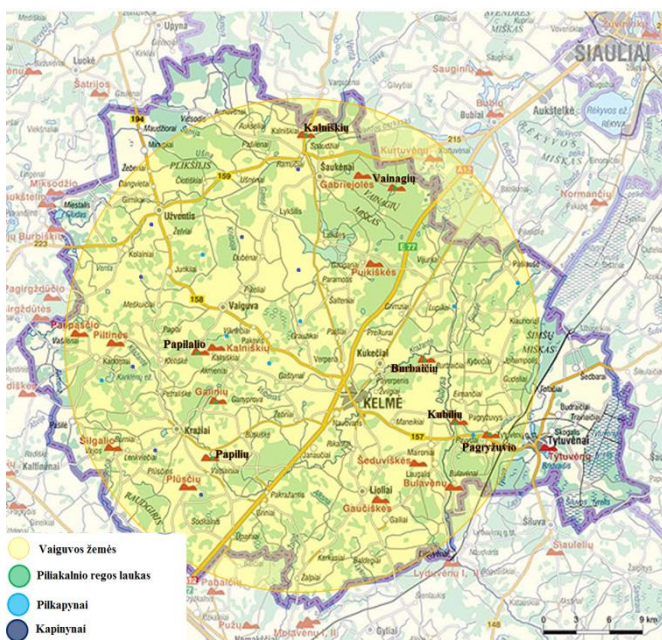
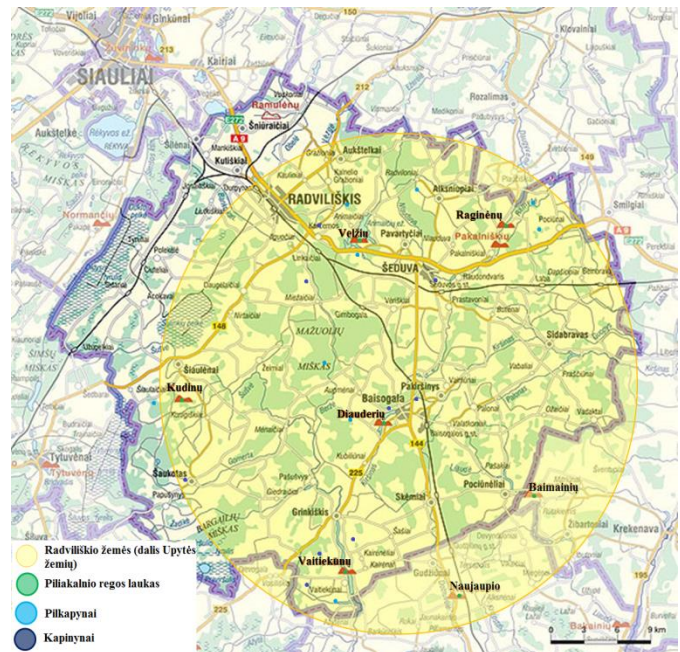
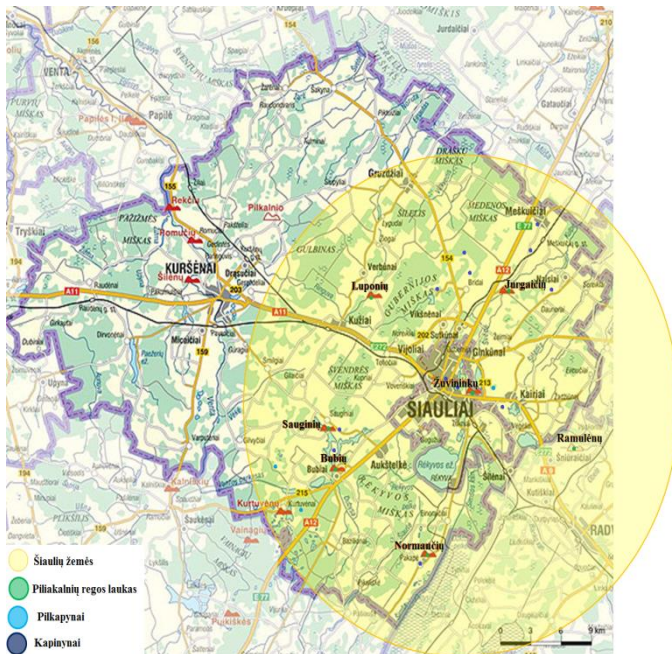
Nagrinėti 4 žemių plotai:

- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog Šiaulių, Radviliškio, bei Kuršėnų-Papilės žemėse esančios pilys kontroliuoja tokį pat plotą - $S_2 = 1,98 \text{ km}^2$, o pastebėti priešus tikimybė yra $P_1 = 0,0013$. Didžiausią teritoriją kontroliuoja Kelmės žemėse esančios pilys ($S_2 = 2,26 \text{ km}^2$), atitinkamai tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus yra didžiausia, $P_1 = 0,0015$. Didžiausią plotą kapinynai ir pilkapynai kontroliuoja Šiaulių ir Kelmės žemėse,

kontroliuojama $S_3^{(1)} = 5,09 \text{ km}^2$, taip pat didžiausią sėkmę priešam užpulti ir apiplėšti yra Šiaulių ir Kelmės pilkapynus ir kapinynus, $P_2 = 0,0034$.

- *Piliakalnių žvalgų matoma teritorija $r = 30 \text{ m}$ spinduliu, gyvenviečių (kapinynų ir pilkapynų) gyventojų matoma teritorija $r = 30 \text{ m}$ spinduliu (žr. 18 pav.).*



18 pav. Šiaulių, Radviliškio, Kelmės (Vaiguva), Kuršėnų-Papilės žemių žvalgų matoma teritorija ($r=30 \text{ m}$) ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) matoma teritorija ($r=30 \text{ m}$)

Šaltinis: sudaryta autorės, naudojantis www.piliakalniai.lt duomenimis ir gautais duomenimis.

Teritorijos plotas - $S_1 = 1519,76 \text{ km}^2$

Pilių kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_2 = 0,020 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_2 = 0,020 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_2 = 0,023 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_2 = 0,020 \text{ km}^2$

Pilkapynų ir kapinynų

kontroliuojama teritorija

Šiauliai - $S_3^{(1)} = 0,051 \text{ km}^2$

Radviliškis - $S_3^{(1)} = 0,048 \text{ km}^2$

Kelmė - $S_3^{(1)} = 0,051 \text{ km}^2$

Kuršėnai – Papilė - $S_3^{(1)} = 0,017 \text{ km}^2$

Tikimybė, kad įsiveržę priešai

bus pastebėti pilių žvalgu

Šiauliai - $P_1 = 0,000013$ (0,0013%)

Radviliškis - $P_1 = 0,000013$ (0,0013%)

Kelmė - $P_1 = 0,000015$ (0,0015%)

Kuršėnai – Papilė - $P_1 = 0,000013$
(0,0013%)

Sėkmingas priešams gyvenviečių

užgrobimas

Šiauliai - $P_2 = 0,000034$ (0,0034%)

Radviliškis - $P_2 = 0,000032$ (0,0032%)

Kelmė - $P_2 = 0,000034$ (0,0034%)

Kuršėnai – Papilė - $P_2 = 0,000011$
(0,0011%)

Šiauliai- $Q_1 = 0,999987$; Radviliškis- $Q_1 = 0,999987$; Kelmė- $Q_1 = 0,999985$; Kuršėnai – Papilė- $Q_1 = 0,999987$.

Remiantis (3), (4), (4*) bei (5) formulėmis apskaičiuoti piliakalnių, bei kapinynų ir pilkapynų kontroliuojami plotai ir atitinkamos tikimybės P_1 , P_2 . Piliakalnių žvalgų matomos teritorijos plotas 30 m spinduliu; kapinynų bei pilkapynų matymo teritorija 30 m spinduliu.

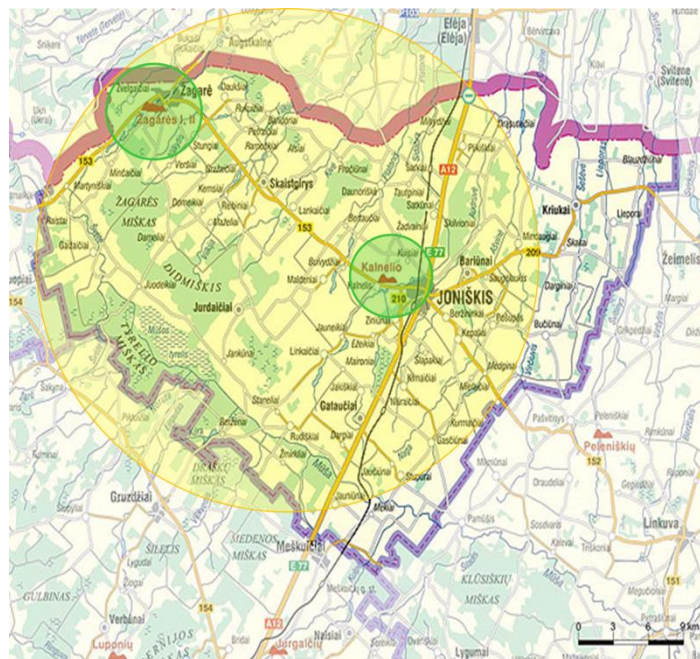
Nagrinėti 4 žemių plotai:

- Šiaulių žemės: 7 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Radviliškio (dalis Upytės) žemės: 7 piliakalniai ir 17 pilkapynų – kapinynų;
- Kelmės (Vaiguva) žemės: 8 piliakalniai ir 18 pilkapynų – kapinynų;
- Kuršėnų - Papilės žemės: 7 piliakalniai ir 6 pilkapynai – kapinynai.

Pateikti pilių kontroliuojamų teritorijų plotai (S_2) parodo, jog Šiaulių, Radviliškio, bei Kuršėnų-Papilės žemėse esančios pilys kontroliuoja tokį pat plotą - $S_2 = 0,020 \text{ km}^2$, o tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus yra $P_1 = 0,000013$. Didžiausią teritoriją kontroliuoja Kelmės žemėse esančios pilys ($S_2 = 0,023 \text{ km}^2$), atitinkamai tikimybė pastebėti įsiveržusius priešus yra $P_1 = 0,000015$. Didžiausią plotą kapinynai ir pilkapynai kontroliuoja Šiaulių ir Kelmės žemėse, kontroliuojama $S_3^{(1)} = 0,051 \text{ km}^2$, tačiau didžiausią sėkmę užpulti ir apiplėšti priešai turi Kelmės ir Šiaulių pilkapynus ir kapinynus, $P_2 = 0,000034$.

Išnagrinėjus dabartinėse Šiaulių apskrityse esančius piliakalnius, suskirsčius juos į keturias žemes ir atlikus matematinį tyrimą, galima teigti, kad šiose žemėse pilami piliakalniai ir išdėstomi buvo ne bet kaip, o tam tikra sistema. Matyti, kad kiekviename dabartiniame rajone (Šiaulių r., Kelmės r., Radviliškio r., Papilės r.) buvo sistemingai išdėstyti piliakalniai, kiekviename rajone buvo mažiausiai 7 piliakalniai, kurie saugodavo ir gindavo tose žemėse esančias gyvenvietes bei saugodavo Lietuvos žemes nuo priešų iš kitų valstybių. I-II tūkstantmetyje Lietuvos tuometinėms žemėms nepriklausė dabartinis Joniškio rajonas, tai pagrįsti padeda atliktas šis matematinis tyrimas. Dabartiniame Joniškio rajone buvo tik du piliakalniai, kurie gindavo žemes, o tai tik dar labiau patvirtina, kad žemės aplink Šiaulius turėjo tam tikrą sistemą, kurios pagalba apgindavo žemes.

Žemiau pateiktas Joniškio žemių žemėlapis (žr. 19 pav.), kuris parodo, jog piliakalnių sistema yra visiškai kitokia nei tuometinės sukurtos sistemos, kuri buvo aplink Šiaulių žemes.



19 pav. Joniškio žemės su išsidėsčiusiais piliakalniais

Šaltinis: sudaryta autorės, remiantis www.piliakalniai.lt duomenimis.

IŠVADOS

Remiantis literatūros analize, bei empirinėje dalyje gautais tyrimo rezultatais, pateikiamos išvados:

1. Nagrinėjamosiose žemėse nustatytos piliakalnių ir gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų) buvimo vietos:
 - Šiaulių žemėse – 7 piliakalniai, 18 gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų);
 - Radviliškio žemėse – 7 piliakalniai, 17 gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų);
 - Kelmės žemėse – 7 piliakalniai, 18 gyvenviečių (pilkapynų, kapinynų);
 - Kuršėnų – Papilės žemėse – 7 piliakalniai, 6 gyvenvietės (pilkapynai, kapinynai);
2. Ištyrus piliakalnių buvimo vietas galima teigti, kad Šiaulių krašte ir kaimyninėse teritorijose piliakalniai buvo supilami tam tikra sistema, kurios pagalba buvo ginamos tose žemėse esančios gyvenvietės;
3. Matematinis tyrimas atliktas atsižvelgiant į paros metą. Kiekvienu paros metu nagrinėti trys skirtingi atvejai.

Diena:

- Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 3$ km spinduliu, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 1$ km spinduliu;
- Pilių žvalgų matoma teritorija – priklauso nuo piliakalnio šlaitų aukščio, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 2$ km spinduliu;
- Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 1,5$ km spinduliu, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,5$ km spinduliu.

Naktis:

- Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 1$ km spinduliu, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,5$ km spinduliu;
- Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 0,3$ km spinduliu, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 0,3$ km spinduliu;
- Pilių žvalgai mato teritoriją $r = 30$ m spinduliu, prie kapinynų ir pilkapynų gyvenviečių gyventojai mato $r = 30$ m spinduliu.

4. Matematiniam tyrimui nustatytos kontroliuojamų teritorijų ribos – matymo teritorija. Burbaičių ir Kubilių piliakalnių medinių pilių žvalgai mato toliausiai iš

visų nagrinėtų 33 piliakalnių, t.y. 18,5 km spinduliu į tolį, kai aplink piliakalnį lyguma. O kai aplink auga 4 metrų medžiai žvalgai mato 11,4 km spinduliu. Žemiausias piliakalnis tyrime yra Baimainių piliakalnis, atitinkamai nuo jo žvalgai mato mažiausiai, t.y. 10,7 km spinduliu, kai aplink lyguma, o kai aplink piliakalnį auga 4 metrų aukščio medžiai mato tik 3,6 km spinduliu į tolį.

5. Įvertinus tikimybes su kuriomis galėjo būti susekamas priešas, įsiveržęs į pilių kontroliuojamas teritorijas (atsižvelgiant) į paros metą, nustatyta, kad visuose nagrinėjamuose atvejuose didžiausia tikimybė pastebėti ir sustabdyti artėjančius priešus Kelmės žemės kariams. Atitinkamai tikimybės pastebėti dieną priešus, kai žvalgai mato 3 km spinduliu yra $P_1 = 11,75\%$. Kai žvalgų matymo laukas priklauso nuo piliakalnių aukščio tikimybė pastebėti priešus yra $P_1 = 64,55\%$; matoma 1,5 km spinduliu, tikimybė $P_1 = 3,72\%$. Naktį žvalgų matomumas suprastėja, tikimybė pastebėti priešus, kai matoma 1 km spinduliu yra $P_1 = 1,65\%$; kai matoma 0,3 km spinduliu atitinkama tikimybė $P_1 = 0,15\%$; kai matymo laukas 30 metrų spinduliu tikimybė pastebėti priešą $P_1 = 0,0015\%$. O mažiausia tikimybė visuose nagrinėjamuose atvejuose pastebėti priešus yra Kuršėnų – Papilės žemės žvalgams.
6. Remiantis tyrimo rezultatais galime teigti, jog kuo didesnę teritoriją žvalgai mato ir kontroliuoja, tuo didesni šansai atremti ir nugalėti priešą, kadangi priešas bus pastebėtas laiku;
7. Atlikus tyrimą, pastebima, kad Kelmės žemėse esančias gyvenvietes priešai turi didžiausią sėkmę apiplėšti, lyginant su kitų teritorijų gautomis tikimybėmis. Atitinkamos tikimybės sėkmingai priešams apiplėšti gyvenvietes, kai gyventojai dieną mato 2 km spinduliu, tikimybė $P_3 = 2,84\%$. Kuomet gyventojai mato 1 km spinduliu, $P_3 = 3,75\%$; gyventojai mato 0,5 km spinduliu tikimybė gyvenvietę sėkmingai apiplėšti yra $P_2 = 0,96\%$. Naktį gyventojų matomumas prastesnis, tad kai gyventojai mato 0,5 km spinduliu, tikimybė sėkmingai apiplėšti priešams gyvenvojams yra $P_2 = 0,95\%$; kai mato 0,3 km spinduliu, tikimybė $P_2 = 0,34\%$; kai mato 0,3 m, tikimybė lygi $P_2 = 0,0034\%$.

LITERATŪRA IR ŠALTINIAI

1. *10 įdomių faktų apie regėjimą* (2015). Prieiga per internetą: <http://www.eaglevision.lt/10-idomiu-faktu-apie-regejima/>.
2. Daugudis, V. *Senoji medinė statyba Lietuvoje*, Vilnius, 1985. Prieiga per internetą: http://www.lad.lt/data/com_ladlibrary/640/1-112.pdf.
3. *Horizonto tolymas*. Prieiga per internetą: <http://www.fizika.lm.lt/content/view/501/74/>.
4. Kanišauskas, V. (2013). Baigiamasis bakalauro darbas, *Pilių gynybinės sistemos problema XI-XV a. Šiaurės Lietuvoje*. Šiauliai.
5. Kanišauskas, V. *Saulės žiedo medinių pilių gynybinė sistema Šiaurės Lietuvoje XIII-XIV a.*, 2014, psl. 16-32. Prieiga per internetą: http://www.rofondas.lt/wp-content/uploads/2014/07/Padubysio-kronikos_2014_12.pdf.
6. Kanišauskas, V. *Tikimybių teorijos ir matematinės statistikos pagrindai*. Šiauliai, 2000.
7. Kruopis, J. *Matematinės statistikos pagrindai, mokymo priemonė*. Vilnius, 1975.
8. Kuncevičius A. *Lietuvos pilys ir jų panaudojimo kultūriniam turizmui galimybės // „Lietuvos muziejai“* 2004 m. Nr. 1. Prieiga per internetą: http://www.ethnicart.lt/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=178
9. *Lietuvos piliakalniai*. Prieiga per internetą: www.piliakalniai.lt.
10. Plait, Ph. *How far away is the horizon?*, 2009. Prieiga per internetą: <http://blogs.discovermagazine.com/badastronomy/2009/01/15/how-far-away-is-the-horizon/#.VS1iapOj9el>.
11. Repšienė, R., Varnaitė, A. *Lietuvos piliakalnių legendos*. Kaunas, 2007.
12. Škleinikas, M. baigiamasis bakalauro darbas „Archeologinių tyrimų dinamika ir geografinė Šiaulių apskrityje“, Šiauliai, 2007.
13. Tarasienka, P. *Lietuvos piliakalniai*. Vilnius, 1956.
14. Vaškevičiūtė, I. *Piliakalniai ir medinės Lietuvos pilys*. Prieiga per internetą: http://www.ethnicart.lt/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=178.
15. Wolchover, N. *How far can the human eye see?*, 2012. Prieiga per internetą: <http://www.livescience.com/33895-human-eye.html>.
16. Zabiela, G. *Lietuvos medinės pilys*. Vilnius, 1995.

17. Zabiela, G. *Piliakalnio vieta ir struktūra*, 2005. Prieiga per internetą:
http://www.piliakalniai.lt/apie_piliakalnius.php.
18. Zabiela, G. *Viduramžių archeologija Lietuvoje*. Lietuvos istorijos institutas, Vilnius, 2001.
19. *Žmogaus matomumo ribos, atstumas*. Prieiga per internetą:
<http://www.de2.lt/naudinga-informacija/lentel%C4%97s/1435-%C5%BEmogaus-matomumo-ribos,-atstumas>.

PILIAKALNIŲ GYNYBINĖS SISTEMOS MATEMATINIS MODELIS

SANTRAUKA

Greta Griciūtė. Baigiamasis bakalauro darbas.

Šiame darbe analizuojama literatūra susijusi su piliakalniais, jų savybėmis, bei analizuojama literatūra, susijusi su žmogaus regėjimu.

Tyrimo objektas yra Šiaulių krašto ir kaimyninių teritorijų piliakalnių gynybinė sistema. Tyrimo tikslas – pritaikyti matematinius metodus, tiriant Šiaulių krašto piliakalnių gynybines sistemas. Taikomi geometriniai, optometriniai, tikimybiniai ir statistiniai metodai. Taip pat taikoma rašytinių šaltinių ir mokslinės literatūros analizės.

Matematiniam tyrimui analizuojami Šiaulių krašto archeologiniai objektai (piliakalniai, kapinynai, pilkapynai, senovės gyvenvietės), nustatant jų buvimo vietas. Remiantis matematiniais metodais nustatomos medinių pilių kontroliuojamos teritorijos ribos, įvertinamos tikimybės su kuriomis galėjo būti susekamas priešas, įsiveržęs į medinių pilių kontroliuojamą teritoriją. Nustatomos tikimybės, su kuriomis įsiveržęs priešas į senovines Šiaulių krašto teritorijas galėjo nebaudžiamai apiplėšti aplinkines gyvenvietes.

Matematinis tyrimas atliekamas atsižvelgiant į paros metą – dieną ir naktį. Kiekvienam paros metui nagrinėti trys skirtingi atvejai. Atlikus tyrimą ir išanalizavus gautus rezultatus nustatyta, kad didžiausią tikimybę pastebėti ir sustabdyti įsiveržusius priešus turi Kelmės žemių kariai, tačiau nepaisant to, Kelmės gyvenvietes apiplėšti priešai turėjo daugiausiai galimybių.

MATHEMATICAL MODEL FOR MOUND DEFENSE SYSTEM

SUMMARY

Greta Griciūtė. Bachelor thesis.

This work focuses on analyzing the literature related to the mounds, their properties, and analyzing the literature related to human vision.

The object of this work is the Siauliai region and neighboring areas mounds defensive system. The work purpose - to adapt mathematical methods in researching Siauliai region mounds defensive systems. In this work we use geometric, optoelectronics, probabilistic and statistical methods.

Mathematical research analyze Siauliai region archaeological objects (mounds, necropolis, burial mounds, ancient village) to determine their locations. Also, using mathematical methods determine controlled areas of the wooden castles, assess the probability with which could be traced enemy invaded the wooden castle-controlled territory. Determined the probability with which invaded the ancient village enemy Siauliai region areas could rob without no punishment.

The mathematical research is performed according to the time of day - day and night. Every time of the day case has three different cases. The investigation and analysis of the results showed that the highest probability to notice and stop invading enemies have Kelme lands warriors, but despite this, Kelme villages had the biggest potential to be robbed by enemies.

PRIEDAI

1 priedas

Nagrinėjami piliakalniai

Papilė I – Piliakalnis yra Akmenės rajone, Papilės seniūnijoje. Pirmasis piliakalnis įrengtas Ventos kairiajame krante, aukštumoje, santakoje su bevardžiu upeliu. Aikštelė beveik keturkampė, 55x25 m dydžio. Šlaitai statūs, R nuo Ventos – 20 m, V nuo upelio – iki 15 m aukščio. Aikštelėje ir griovyje yra dar XIX a. įrengtos kapinės, kurių kapai sunaikino čia buvusį kultūrinį sluoksnį, apardė ir pylimą. Piliakalnis apaugęs lapuočiais. Piliakalnyje stovėjo Papilės pilis, kurios apylinkes kryžiuočiai puolė 1339 ir 1359 m. Piliakalnis datuojamas I tūkst. antra pusė – XIV a.

Papilė II – Piliakalnis yra Akmenės rajone, Papilės seniūnijoje. Piliakalnis yra Ventos dešiniajame krante, jos santakoje su bevardžiu upeliu, 1 km į R nuo Papilės I piliakalnio. Išlikusi piliakalnio dalis yra labai suardyta, joje sunku įžiūrėti piliakalnio požymius. Aikštele laikomas aukštumos smaigalyje esantis 20 m ilgio RV kryptimi ir 13 m pločio R gale trikampis plotas. Šlaitai statūs, iki 13 m aukščio. Nei piliakalnyje, nei jo aplinkoje kultūrinio sluoksnio neaptikta. Piliakalnis apaugęs jaunais lapuočiais medžiais ir dygiais krūmeliais, spėjamas papilys dirvonuoja.

Burbaičiai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Kukečių seniūnijoje. Aikštelė ovali, 13x10 m dydžio. Šlaitai statūs, 24 m aukščio. Piliakalnis apaugęs smarkiai praretintais lapuočiais. 1992-1994 m. sustabdyta šlaito į Kražantę erozija, į pylimą įrengti laiptai, priešais piliakalnį padaryta lauko estrada. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Galiniai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Kražių seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje, juosiamoje šlapių pievų. Aikštelė apvali, 20 m skersmens. Šlaitai vidutinio statumo, 8-9 m aukščio. Piliakalnis apardytas arimų, apaugęs eglėmis ir krūmais. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Gudeliai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Pakražančio seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas Ančios kairiajame krante esančiame aukštumos kyšulyje. Aikštelė keturkampė 8x8 m dydžio. Šoniniai piliakalnio šlaitai statūs, 12-13 m aukščio. Pylimai aikštelės kraštuose apardyti duobių, R išorinis pylimas nuskleistas. Piliakalnis apaugęs smarkiai išretintais lapuočiais. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Kalniškiai II – piliakalnis yra Kelmės rajone, Šaukėnų seniūnijoje. Piliakalnis (Biržės Kalnas) įrengtas Ventos kairiojo kranto aukštumos kyšulyje. Aikštelė ovali, pailga R-V kryptimi, 23x19 m dydžio. Šlaitai statūs, 11 m aukščio. Medžiai nukirsti, auga atžalos. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Kubiliai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Tytuvėnų seniūnijoje. Piliakalnis (Birutkalnis) įrengtas kranto kyšulyje, Dubysos kairiajame ir Gryžuvos dešiniajame krantuose, ties upių santaka. Aikštelė keturkampė 78x43 m dydžio. Šlaitai statūs, 24 m aukščio. Piliakalnis apardytas arimų, pirmoji terasa - apkasų, P šlaitas - į jį įsirežusio kelio. Dirvonuoja, šlaitai apaugę lapuočiais, kurie gerokai prakirsti. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Pagryžuvis – piliakalnis yra Kelmės rajone, Tytuvėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas Gryžuvos kairiajame krante esančiame aukštumos kyšulyje. Aikštelė netaisyklingo ovalo formos, pailga Š-P kryptimi, 11 m pločio, 18 m ilgio (buvo apvali). Šlaitai statūs, 12-13 m aukščio. Aikštelės R dalis ir Š šlaitas nuplauti Gryžuvos. Piliakalnis apaugęs lapuočiais, pomiškis iškirstas, aikštelė dirvonuoja. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Papilalis – piliakalnis yra Kelmės rajone, Vaiguvos seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė apvali, 35 m skersmens. Šlaitai statūs, 5–11 m aukščio. Piliakalnis apardytas arimų, trianguliacijos bokšto. Medžiai nuo jo nukirsti, auga atžalos. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Papiliai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Pakražančio seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje, Kražantės dešiniajame krante. Aikštelė ovali, pailga PV-ŠR kryptimi, 65x45 m dydžio. Šlaitai vidutinio statumo, 7-20 m aukščio. Aikštelė dirvonuoja, beveik visi šlaituose augę medžiai iškirsti. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIII a.

Vaidatoniai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Pakražančio seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas kranto kyšulyje. Aikštelė trikampė, pailga PV-ŠR kryptimi, 14 m ilgio, 10 m Šlaitai statūs, 17 m aukščio. Pylimas ir aikštelė apardyti erozijos bei bulviarūšių. Apaugęs lapuočiais. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Vainagai – piliakalnis yra Kelmės rajone, Šaukėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje, iš visų pusių juosiamoje pelkių. Aikštelė ovali, 45x22 m dydžio. Šlaitai statūs, 14 m aukščio. Apaugęs praretintomis eglėmis. Piliakalnis datuojamas II tūkst. pradžia.

Peleniškiei – piliakalnis yra Pakruojo rajone, Pašvitinio seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė keturkampė, 50x25 m dydžio. Šlaitai statūs, apie 8 m aukščio. Aikštelė dirvonuoja, šlaitai apaugę praretintais lapuočiais ir pušimis. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIII a.

Tričiai – piliakalnis yra Pakruojo rajone, Linkuvos seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė ovali 40x25 m dydžio. Šlaitai vidutinio statumo, 2-8 m aukščio. Piliakalnis labai suardytas ariant, pylimai iškasinti duobėmis. Jis dirvonuoja, auga paskiros eglės. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIII a.

Diauderiai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Baisogalos seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas aukštumos kyšulyje. Aikštelė trapecinė, 40x20,5 m dydžio. Šlaitai statūs, 10 m aukščio. Piliakalnis apaugęs pušimis ir paskirais lapuočiais. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Kudinai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Šiaulėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė apvali, 25 m skersmens. Šlaitai statūs, 12-18 m aukščio. Aikštelės centre stovi kryžius. Piliakalnis dirvonuoja, šlaituose auga pavieniai medžiai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Raginėnai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Pakalniškių seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas aukštumoje. Aikštelė keturkampė, 20x10 dydžio. Šlaitai statūs, 9 m aukščio. Piliakalnis dirvonuoja, nuo lankytojų srauto Š šlaite takų vietose formuojasi erozijos. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Ramulėnai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Aukštelkų seniūnijoje. Piliakalnis buvo įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė buvo apie 60-70 m ilgio R-V kryptimi ir apie 20-25 m pločio, su kultūriniais sluoksniais. Šlaitai statūs, 8 m aukščio. Piliakalnis sunaikintas XX a. 7 dešimtmetyje jį nukasant žvyriui. Dabar jo vietoje žvyruobė.

Vaitiekūnai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Grinkiškio seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas Šušvės dešiniąjame krante, santakoje su Vingriu (dabar - tvenkinys). Aikštelė trikampė, 36 m ilgio Š-P kryptimi ir 17 m pločio P. Šlaitai statūs, 11 m aukščio. Aikštelės R kraštas nugriuvęs, dirvonuoja. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Velžiai – piliakalnis yra Radviliškio rajone, Šeduvos seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas Arimaičių ežero P krante (dabar - tvenkinys). Aikštelė apvali, 25 m skersmens. Šlaitai statūs, 8 m aukščio (dabar 6 m). Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Žuvininkai – piliakalnis yra Šiaulių mieste. Piliakalnis (Salduvės Kalnas) įrengtas aukščiausioje atskiros didelės kalvos dalyje. Aikštelė apskrita, 20 m skersmens. Šlaitai statūs, 10-15 m aukščio. Piliakalnis dirvonuoja, V šlaite įrengti laiptai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIV a.

Bubiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Bubių seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas Dubysos kairiojo kranto aukštumos kyšulyje. Aikštelė keturkampė, 80x35 m dydžio. Šlaitai statūs, 10-14 m aukščio. Piliakalnis dirvonuoja, R šlaite įrengti laiptai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. viduriu - XIV a.

Jurgaičiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Meškuičių seniūnijoje. Piliakalnis (Kryžių Kalnas) įrengtas atskiroje kalvoje Kulpės kairiajame krante. Aikštelė ovali, 17 m ilgio, 25 m pločio. Šlaitai statūs, 6-8 m aukščio. Piliakalnis apardytas nuo XIX a. vidurio jame statant ir tarybiniu laikotarpiu 1961, 1975 m. griaunant kryžius, kurių čia dabar yra daugiau kaip 100 tūkst. Ant R pylimo stovėjo koplyčia. Visas piliakalnio paviršius užstatytas kryžiais, išilgai per jį eina takas. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIV a.

Kurtuvėnai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Bubių seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė ovali, 68x27 m dydžio. Šlaitai statūs, 4-5 m aukščio. Piliakalnį labai apardė jame XV a. pabaigoje - XVIII a. stovėjusi bažnyčia, aplink ją įrengtos kapinės. Š šlaitas nuardytas kelio. Piliakalnis apaugęs stambiais lapuočiais, aikštelėje - kapai, jos centre - medinė koplyčia. Piliakalnis datuojamas I tūkst. pr. Kr.

Luponiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Kužių seniūnijoje. Piliakalnis (Perkūnkalnis) įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė ovali, 40x33 m dydžio. Šlaitai statūs, 8-9 m aukščio. Piliakalnio pylimai apardyti apkasų, ŠV pylime įkastas reperis, jo papėdėje aikštelės pusėje išlyginta keturkampė aikštelė gegužinėms. Piliakalnis ir priešpilis dirvonuoja, piliakalnio šlaituose auga keli klevai, priešpilio šlaituose - krūmai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. antrąja puse - XIV a.

Normančiai – piliakalnis yra Šiaulių mieste. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė ovali, 25x13 m dydžio. Šlaitai vidutinio statumo, 4-7 m aukščio. Piliakalnis labai apardytas ariant, dirvonuoja, aikštelėje ir šlaituose auga pavieniai beržai ir ąžuolai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIV a.

Rekčiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Kuršėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas aukštumos kyšulyje. Aikštelė beveik apvali, 7 m ilgio Š-P kryptimi ir 6 m pločio. Šlaitai statūs, 8-12 m aukščio. Piliakalnis dirvonuoja, pylimo papėdėje auga liepa ir keli ąžuolai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. viduriu - XIV a.

Romučiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Kuršėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas aukštumos kyšulyje, Ventos dešiniajame krante, santakoje su Upiuku. Aikštelė keturkampė, 35x20 m dydžio. Šlaitai statūs, 6-10 m aukščio. Piliakalnis apardytas jame XIX-XX a. pradžioje buvusių kapinių (ant pylimo tebestovi kryžiai ir mūrinė koplytelė), P šlaitas - keliuko. Aikštelė dirvonuoja, šlaitai apaugę lapuočiais, krūmų pomiškis iškirstas. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Sauginiai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Kužių seniūnijoje, Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje Jonelaičių ežero Š krante (dabar sala Dubysos tvenkinyje). Aikštelė ovali, 28x20 m dydžio. Šlaitai vidutinio statumo, 7-8 m aukščio (dabar tik 4 m). Piliakalnis apardytas arimų, R šlaite kastas žvyras, V ir P šlaitai stačiais skardžiais griūna į tvenkinį, piliakalnis dirvonuoja. Piliakalnis datuojamas I tūkst. pr. Kr. pabaiga ir II tūkst. pradžia.

Šilėnai – piliakalnis yra Šiaulių rajone, Kuršėnų seniūnijoje. Piliakalnis įrengtas atskiroje kalvoje. Aikštelė ovali, 28x22 m dydžio. Šlaitai statūs, 11-12 m aukščio. Piliakalnis apardytas arimų, aikštelėje stovi geodezinis reperis. Aikštelė dirvonuoja, šlaituose auga paskiri lapuočiai. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIV a.

Buišai - Piliakalnis (Tauragis) įrengtas Virvyčios upės dešiniajame krante. Aikštelė trapecinė, orientuota R-V kryptimi, 15 m ilgio, 18 m pločio R, 24 m – V pusėje. Šlaitai statūs, 9 m aukščio. V aikštelės dalis nuplauta Virvyčios (erozija stabilizuota 1994-1996 m.). Nuo piliakalnio buvo nukirsti medžiai, kurie dabar vėl atauga. Piliakalnis datuojamas I tūkst. – II tūkst. pradžia.















Gyvoliai - Piliakalnis įrengtas Virvytės dešiniojo kranto kyšulyje, suformuotame santakos su bevardžiu upeliu. Aikštelė ovali, pailga P-Š kryptimi, 40x30 m dydžio. Šlaitai statūs, 11 m aukščio. Pylimas apardytas apkasų ir bulviarūšių. Piliakalnis apaugęs lapuočiais medžiais, nuo aikštelės beveik visi medžiai nukirsti. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - XIII a.

Naujaupis - Piliakalnis (Rusų Kapinės) įrengtas Dotnuvėlės kairiajame krante, jos santakos su Grioviuku suformuotame kranto kyšulyje. Aikštelė trikampė, pailga P-Š kryptimi, 44 m ilgio, 35 m pločio Š krašte. Šlaitai statūs, 5-7 m aukščio. Piliakalnį apardė jo aikštelės Š dalyje 1934 m. pastatyta mūrinė koplyčia, V šlaite įrengti platūs betoniniai laiptai. XIX a. piliakalnyje buvo sentikių kapinės. Apaugęs lapuočiais ir krūmais. Piliakalnis minimas ir Pilionių vardu. P ir PV papėdėse yra 2,5 ha dydžio papėdės gyvenvietė. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Baimainai - Piliakalnis įrengtas aukštumos kyšulyje, Liaudos dešiniajame krante, prie santakos su bevardžiu upeliu. Aikštelė trapecinė, pailga R-V kryptimi, 42 m ilgio, 42 m pločio V, 30 m pločio R gale. Šlaitai statūs, 6 m aukščio. Piliakalnį apardė aikštelėje XVII-XVIII a. buvusios kapinės. Piliakalnis minimas ir Vilkų vardu. Piliakalnis datuojamas I tūkst. - II tūkst. pradžia.

Piliakalniai

Nr.	Pavadinimas	Aikštelė		Aukščiausias šlaitas (m)	Vieta	Tūkstantmetis
		Forma	Matmenys (m)			
1	Papilė I		55x25	20	Akmenės r., Papilės sen.	I tūkst. antra pusė – XIV a.
2	Papilė II		20 ilgis, 13 plotis	13	Akmenės r., Papilės sen.	
3	Burbaičiai		13x10	24	Kelmės r., Kukečių sen.	I tūkst.-II tūkst. pr.
4	Galiniai		20	9	Kelmės r., Kražių sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
5	Gudeliai		8x8	13	Kelmės r., Pakražančio sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
6	Kalniškiai II		23x19	11	Kelmės r., Šaukėnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
7	Kubiliai		78x43	24	Kelmės r., Tytuvėnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
8	Pagryžuvis		18x11	13	Kelmės r., Tytuvėnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
9	Papilalis		35	11	Kelmės r., Vaiguvos sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
10	Papiliai		65x45	20	Kelmės r., Pakražančio sen.	I tūkst. - XIII a.
11	Vaidatoniai		14 ilgis, 10 plotis	17	Kelmės r., Pakražančio sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
12	Vainagiai		42x22	14	Kelmės r., Šaukėnų sen.	II tūkst. pr.
13	Peleniškiei		50x25	8	Pakruojo r., Pašvitinio sen.	I tūkst. - XIII a.
14	Tričiai		40x25	8	Pakruojo r., Linkuvos sen.	I tūkst. - XIII a.
15	Diauderiai		40x20,5	10	Radviliškio r., Baisogalos sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
16	Kudinai		25	18	Radviliškio r., Šiaulėnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
17	Raginėnai		20x10	9	Radviliškio r., Pakalniškių sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
18	Ramulėnai		65x22,5	8	Radviliškio r., Aukštelkų sen.	
19	Vaitiekūnai		36 ilgis, 17plotis	11	Radviliškio r., Grinkiškio sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.

20	Velžiai		25	8	Radviliškio r., Šeduvos sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
21	Žuvininkai		20	15	Šiaulių miestas	I tūkst. - XIV a.
22	Bubiai		80x35	14	Šiaulių r., Bubių sen.	I tūkst. vid. - XIV a.
23	Jurgaičiai		17x25	8	Šiaulių r., Meškuičių sen.	I tūkst. - XIV a.
24	Luponiai		40x33	9	Šiaulių r., Kužių sen.	I tūkst. ant. p. - XIV a.
25	Normančiai		25x13	7	Šiaulių miestas	I tūkst. - XIV a.
26	Rekčiai		6,5	12	Šiaulių r., Kuršėnų sen.	I tūkst. vid. - XIV a.
27	Romučiai		35x20	10	Šiaulių r., Kuršėnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
28	Sauginiai		28x20	8	Šiaulių r., Kužių sen.	I tūkst. pr. Kr. pab. - II tūkst. pr.
29	Šilėnai		28x22	12	Šiaulių r., Kuršėnų sen.	I tūkst. - XIV a.
30	Buišai		15 ilgis, 18 plotis	9	Telšių r., Tryškių sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
31	Gyvoliai		40x30	11	Mažeikių r., Vieksnių sen.	I tūkst. - XIII a.
32	Naujaupis		44 ilgis, 35 plotis	7	Kėdainių r., Gudžiūnų sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.
33	Baiminiai		42 ilgis, 42 plotis	6	Panevėžio r., Krekenavos sen.	I tūkst. - II tūkst. pr.