

GEODEZINIŲ MATAVIMŲ IR KADASTRO DUOMENŲ ATNAUJINIMO PROCESŲ ANALIZĖ ENERGIJOS KAUPIMO ĮRENGINIŲ STATYBOS PROJEKTŲ ĮGYVENDINIME

Jonas VENCKUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas:
jonas.venckus@vdu.lt

Santrauka

Šiame straipsnyje nagrinėjama geodezinių matavimų tikslumo, procesų valdymo specifika ir kadastro duomenų atnaujinimo aspektai įrengiant elektros energijos kaupimo įrenginių pamatus. Taikant lyginamosios analizės metodą, ištirti du analogiški projektai: Trakų rajono (8 blokų baterijų parkas) ir Panevėžio rajono (11 blokų baterijų parkas) savivaldybių, kuriuos vykdė ta pati rangovinė organizacija, taikydama skirtingą geodezinės kontrolės intensyvumą. Tyrimo metu vertintas pamatų absoliutus (padėties erdvėje) ir santykinis (vidinės geometrijos) nužymėjimo tikslumas bei žmogiškojo faktoriaus įtaka galutiniam rezultatui. Nustatytas akivaizdus ryšys tarp tarpinių geodezinių patikrų dažnumo ir pamatų įrengimo absoliutaus vertikalios tikslumo. Trakų rajono objekte, taikant padidintos kontrolės modelį (5 vizitai, žymint kampus ir statybines ašis), pasiektas aukštas vertikalios tikslumas (vidutinis absoliutus nuokrypis $\Delta Z = 7,6$ mm). Tuo tarpu Panevėžio rajone objekte dėl skubos optimizavus procesus iki minimalios kontrolės (2 vizitai, tik kampų žymėjimui) absoliuti vertikali paklaida išaugo beveik dvigubai (iki 15,1 mm). Pažymėtina, kad abiejuose objektuose pavyko išlaikyti įrenginių gamintojų reikalaujamą <5 mm santykinį tikslumą (tarp taškų viename bloke), neviršijant leistinos 20 mm absoliutaus poslinkio tolerancijos. Rezultatų analizė atskleidė, kad pagrindiniai projektų pridavimo ir kadastrinių bylų rengimo vėlavimai kyla ne dėl matavimų lauke, o dėl sudėtingo absoliučių poslinkių (10–20 mm ribose) fiksavimo ir derinimo informacinėse sistemose. Atlikto tyrimo rezultatai taip pat leidžia daryti išvadą, kad EEKĮ projektų inžinerinė sėkmė ir sklandus kadastro duomenų atnaujinimas priklauso nuo privalomo statybinių ašių išnešimo bei periodinės geodezinės kontrolės (ne mažiau 4–5 vizitų), kuri garantuoja tiek gamintojų keliamų, tiek teisinių tolerancijų atitikimą.

Reikšminiai žodžiai: geodeziniai matavimai, kadastro duomenys, elektros energijos kaupimo įrenginiai (EEKĮ), geodezinė kontrolė ir matavimų tikslumas, pamatų nužymėjimas.

Išvadas

Lietuvai įgyvendinant strateginius energetinio saugumo tikslus ir sparčiai plečiant atsinaujinančių išteklių generaciją (Lietuvos Respublikos Seimas, 2018), elektros energijos kaupimo įrenginių (EEKĮ) integravimas į nacionalinį tinklą tampa kritiniu uždaviniu (Al-Ghussain et al., 2025). Šių objektų specifika – modulinė konstrukcija, griežti pamatų stabilumo reikalavimai (kur įrenginių gamintojai reikalauja <5 mm santykinio tikslumo) (Master Battery, 2023) ir būtinybė operatyviai prijungti juos prie sistemos – kelia naujus iššūkius inžinerijos ir nekilnojamojo turto formavimo procesams (Pažeraitė, Brandišauskas, 2022). Nors geodezija ir kadastras yra fundamentalus bet kokių statybų pagrindas, užtikrinantis tiek inžinerinį tikslumą, tiek teisinį nuosavybės aiškumą, praktikoje susiduriama su veiksniais, apsunkinančiais sklandų ir efektyvų šių projektų įgyvendinimą (Vaitkevičienė, Kumetaitienė, 2010).

Darbo aktualumą lemia tai, kad egzistuojantis teisinis reglamentavimas (STR 1.05.01:2017) ir pagrindinių valstybinių informacinių sistemų (IS „Infostatyba“, Topografijos ir inžinerinės infrastruktūros informacinės sistemos (TIIS) bei Nekilnojamojo turto kadastro) algoritmai ne visada lanksčiai reaguoja į statybų aikštelės realybę, kurioje tenka laviruoti tarp absoliutaus (padėties erdvėje) ir santykinio (vidinės geometrijos) tikslumo reikalavimų (Giniotis, 2007). Dažnai EEKĮ projektų pridavimo sėkmę ir trukmę lemia ne tik naudojamos matavimų technologijos, bet ir geodezinės kontrolės intensyvumas statybos metu bei sklandi šių faktinių duomenų integracija į valstybinius registrus (Kavanagh, Slattery, 2014). Šis tyrimas yra naujas tuo, kad kompleksiskai žvelgia į EEKĮ projektus vertindamas žmogiškąjį faktorių – geodezinės priežiūros algoritmų įtaką galutinei statinio kokybei ir sklandžiam statybos užbaigimo bei objekto įregistravimo procesui.

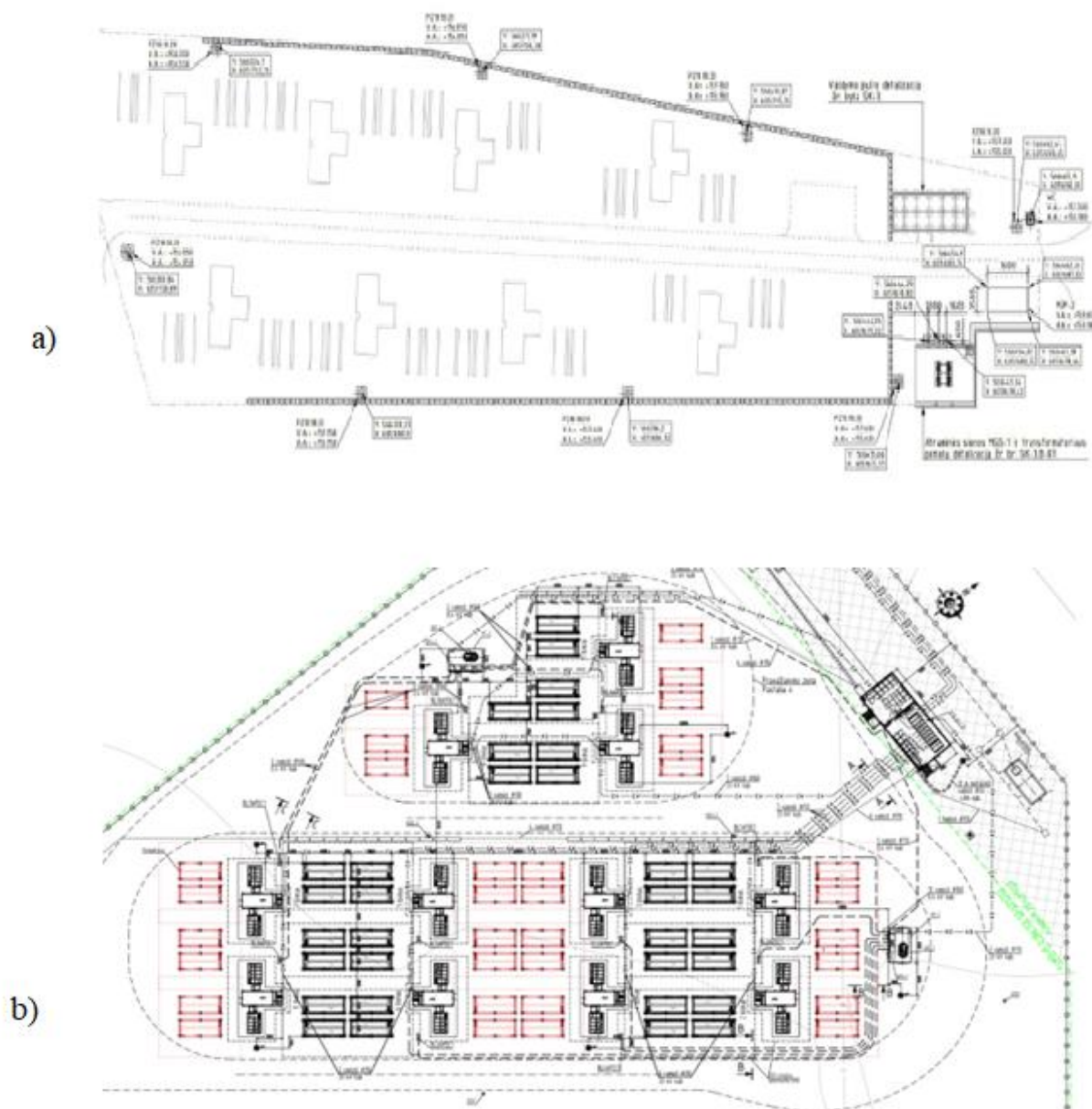
Tyrimo tikslas – atlikti kompleksinę geodezinių matavimų ir kadastro duomenų atnaujinimo procesų analizę elektros energijos kaupimo įrenginių (EEKĮ) statybos projektuose, siekiant nustatyti technologinių bei administracinių veiksnių įtaką efektyviam šių projektų įgyvendinimui.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Ištirti ir palyginti absoliutųjį bei santykinį pamatų įrengimo tikslumą taikant skirtingo intensyvumo geodezinės kontrolės modelius.
2. Įvertinti žmogiškojo faktoriaus („patirties paradokso“) ir skubos įtaką vertikaliam bei horizontaliam statinių lygiavimui.
3. Išanalizuoti faktinių inžinerinių nuokrypių integravimo į kadastro informacines sistemas problematiką ir pateikti rekomendacijas šių procesų optimizavimui.

Tyrimų objektas ir metodai

Pagrindinis tyrimo objektas – elektros energijos kaupimo įrenginių (EEKI) parko ir su jais susijusios inžinerinės infrastruktūros statybos projektai bei jų metu vykdomi geodeziniai ir kadastriniai procesai. Tyrimui pasirinkti du analogiški objektai: Trakų rajono savivaldybėje, Senųjų Trakų seniūnijoje, Šventininkų kaime ir Panevėžio rajono savivaldybėje, Panevėžio seniūnijoje, Bliūdžių kaime. Objektai strategiškai lokalizuoti šalia 110 kV transformatorių pastatų, siekiant užtikrinti efektyvų prijungimą prie AB „LITGRID“ ir AB „Energijos skirstymo operatorius“ valdomų tinklų. Nagrinėjamus objektus sudaro atskiri EEKI blokai: Trakų rajono savivaldybėje įrengti 8 blokai (žr. 1 pav. a)), o Panevėžio rajono savivaldybėje – 10 blokų (žr. 1 pav. b)). Kiekvieną bloką sudaro galios transformatorius, du srovės keitikliai ir keturi kaupikliai (baterijų konteineriai). Taip pat kiekvienoje teritorijoje suprojektuoti valdymo pulto pastatas su 30 kV uždara skirstykla, modulinė transformatorinė bei 19 m aukščio žaibosaugos stiebai.



Šaltinis: sudaryta pagal EEKI parkų projektavimo brėžinius.
Source: Compiled based on the design drawings of BESS parks.

1 pav. Tiriamųjų objektų įrenginių pamatų planai: a) Trakų rajono savivaldybės EEKI parkas (8 blokai); b) Panevėžio rajono savivaldybės EEKI parkas (10 blokų).

Fig. 1 Equipment foundation plans of the investigated facilities: a) Trakai District Municipality EES park (8 units); b) Panevėžys District Municipality EES park (10 units).

Prieš pradėdant statybos darbus, abiejų objektų (tiek Trakų, tiek Panevėžio rajono savivaldybėse) teritorijos buvo naudojamos žemės ūkio veiklai. Inžineriniai geologiniai tyrimai parodė, kad abiejų sklypų paviršių dengia 0,3–2,8 m storio dirvožemio ir piltinio grunto sluoksnis, po kuriuo slūgso purus dulkingas žvyringas smėlis arba vidutinio stiprumo

smėlingas molis. Gruntinis vanduo tyrimų metu (iki 6,0 m gylio) nefiksuotas nė vienoje iš teritorijų, todėl statiniams abiejuose objektuose parinkti seklieji pamatai (žr. 2 pav.).



Šaltinis: autoriaus nuotrauka.
Source: Photo by the author.

Pav. 2 Elektros energijos kaupimo įrenginių (EEKI) sekliųjų pamatų įrengimo ir statybvietės paruošimo darbai.
Fig. 2 Installation of shallow foundations and site preparation works for Electrical Energy Storage (EES) facilities.

Siekiant užsibrėžto tikslo, darbe taikyta **kompleksinė tyrimų metodika**, apjungianti teorinę analizę, teisinį vertinimą ir instrumentinį atvejo tyrimą. Tyrimo metu gauti rezultatai analizuojami dviem pjūviais: vertinant inžinerinį geodezinių matavimų tikslumą (techninis aspektas) ir kadastro duomenų tvarkymo procesų efektyvumą (administracinis aspektas). Siekiant įvertinti procesų valdymo veiksmų įtaką galutiniam rezultatui, atlikta lyginamoji geodezinių matavimų duomenų analizė abiejuose EEKI objektuose: Trakų rajono savivaldybėje (8 blokų baterijų parkas) ir Panevėžio rajono savivaldybėje (11 blokų baterijų parkas). Kadangi abu projektus vykdė ta pati rangovinė organizacija, taikydama skirtingą geodezinės kontrolės intensyvumą, gauti duomenys leidžia objektyviai įvertinti statybos darbų tikslumo ir geodezinės priežiūros dažnumo koreliaciją.

Atvejo analizė. Empiriniam tyrimui pasirinktas lyginamosios atvejo analizės metodas, leidžiantis sugretinti dviejų analogiškų objektų duomenis. Tyrimo metu analizuota geodezinės kontrolės intensyvumo (vizitų skaičiaus ir žymėjimo metodikos) įtaka faktiniam pamatų įrengimo tikslumui. Duomenų surinkimui naudoti instrumentiniai geodeziniai matavimai, atlikti derinant palydovinius (GNSS) ir antžeminius (elektroninės tacheometrijos) metodus. Gauti matavimų rezultatai leido objektyviai įvertinti tiek absoliučius statinių padėties nuokrypius erdvėje, tiek santykinę vidinę jų geometriją, atskleidžiant esmines atitikties tarp statybos normų ir technologinių gamintojo reikalavimų.

Geometrinė kontrolė ir duomenų apdorojimas. Pamatų įrengimo kokybę vertinta lyginant faktines koordinatas su projektinėmis. Taikytos griežtos leistinos paklaidos: planinė padėtis ± 20 mm, aukščių ± 20 mm, gamintojų reikalaujamą < 5 mm santykinį tikslumą (tarp taškų viename bloke).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus instrumentinius matavimus, nustatyti faktiniai EEKI pamatų koordinačių nuokrypiai nuo projektinių reikšmių trijose ašyse (X, Y, Z). Apibendrinti Trakų ir Panevėžio rajono savivaldybių objektų statistiniai rodikliai, atspindintys skirtingo geodezinės kontrolės intensyvumo įtaką, pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Pamatų konstrukcijų nuokrypių nuo projekto statistiniai rodikliai

Table 1. Statistical indicators of deviations in foundation structures from the design.

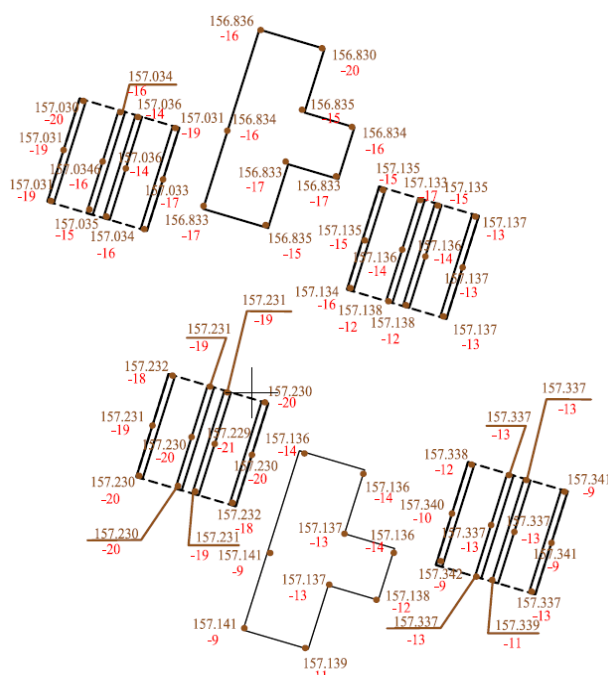
Objektas	Vidutinis absoliutus nuokrypis ΔX	Vidutinis absoliutus nuokrypis ΔY	Vidutinis absoliutus nuokrypis ΔZ	Kontrolės metodika (žymėjimas)	Geodezininko vizitų skaičius
Trakų r.	15,2 mm	11,9 mm	7,6 mm	Kampai + išneštos ašys	5
Panevėžio r.	13,5 mm	13,7 mm	15,1 mm	Tik kampai	2

Išanalizavus 1 lentelėje pateiktus duomenis, esminis tyrimo atradimas – nustatytas reikšmingas ryšys tarp geodezinio paženklinimo etapų skaičiaus ir vertikalios pamatų lygiavimo tikslumo ΔZ . Trakų rajono objekte, kuris rangovui buvo pirmasis tokio pobūdžio projektas, buvo taikomas padidintos kontrolės modelis. Geodezininkas objekte lankėsi 5 kartus, atlikdamas dubliuotą žymėjimą – fiksuoti ne tik pamatų kampai, bet ir išneštos statybinės ašys. Dėl šios technologinės drausmės pasiektas itin aukštas vertikalus tikslumas: vidutinė paklaida ΔZ siekė vos 7,6 mm. Priešinga

tendencija užfiksuota vėlesniame Panevėžio rajono objekte. Pasireiškus „patirties paradoksui“, procesai buvo optimizuoti, o statybų tempas padidintas. Geodezinė kontrolė sumažinta iki minimumo (2 vizitai), atsisakant ašių išnešimo ir pasikliaujant tik kampų žymėjimu. Nors horizontalūs nuokrypiai (ΔZ , ΔY) abiejuose objektuose išliko panašūs ir stabilūs (11–15 mm ribose), Panevėžio r. vertikali paklaida išaugo beveik dvigubai – iki 15,1 mm. (žr. 3 pav.).

Šis rezultatų skirtumas įrodo, kad pamatų klojinių niveliavimas yra kritinis statybos etapas. Remiantis gautais matavimų rezultatais, retinant kontrolės etapus ir atsisakius ašių nužymėjimo, žmogiškojo faktoriaus ir skubos nulemta vidutinė vertikali paklaida ΔZ išaugo nuo 7,6 mm iki 15,1 mm. Tai reiškia, kad paklaidų rizika vertikaloje ašyje padidėja beveik dvigubai.

Absoliutaus ir santykinio tikslumo vertinimas kadastro duomenų kontekste. Vertinant tyrimo rezultatus, būtina atskirti absoliutųjį ir santykinį matavimų tikslumą. Inžineriniu požiūriu visi gauti absoliutūs pamatų padėties nuokrypiai nuo projektinių koordinatų (7–15 mm) visiškai atitiko bendrąsias statybos normas, kurios leido iki 20 mm poslinkį. Tuo tarpu įrenginių gamintojų keltas itin griežtas <5 mm tikslumo reikalavimas buvo taikomas **santykiniam tikslumui** – t. y. atstumams ir aukščių skirtumams tarp kontrolinių taškų (pamatų varžtų ar kampų) vieno baterijų bloko viduje. Tyrimo kontroliniai matavimai patvirtino, kad nors visas statinys pasaulinių koordinatų sistemoje galėjo pasislinkti iki 20 mm (kas yra leistina ir atitinka normas), jo vidinė geometrija abiejuose objektuose buvo išlaikyta idealiai – tarpusavio taškų paklaidos viename bloke neviršijo gamintojo reikalaujamos 5 mm ribos. (žr. 4 pav.).



Šaltinis: autoriaus brėžinys.
Source: Author's drawing.

Pav. 4 Išpildomosios nuotraukos fragmentas, atskleidžiantis dvilypį tikslumo standartą.
Fig. 4 A fragment of the as-built survey revealing a dual standard of accuracy.

Visgi šis dvilypis tikslumo standartas atskleidžia sisteminę biurokratinę problemą atnaujinant kadastro duomenis. Rengiant išpildomasias nuotraukas ir perduodant duomenis į informacines sistemas (pvz., IS „Topogis“), sistema fiksuoja būtent absoliučius poslinkius nuo pradinio projekto. Nors inžineriniu požiūriu statinys įrengtas nepriekaištingai (išlaikyta <5 mm vidinė geometrija), šių absoliučių poslinkių (10–20 mm ribose) derinimas su esamais inžineriniais tinklais ir Nekilnojamojo turto kadastru tampa pagrindiniu projektų vėlavimo veiksniumi. Tai patvirtina būtinybę EEKĮ projektuose taikyti dubliuotą geodezinę kontrolę (žymint ašis) ne tik statybos broko išvengimui, bet ir sklandžiam faktinių duomenų įrašymui į Nekilnojamojo turto kadastrą.

Išvados

1. Palyginus skirtingo intensyvumo geodezinės kontrolės modelius nustatyta, kad abiem atvejais pavyko išlaikyti gamintojų reikalaujamą santykinį (vidinės geometrijos) tikslumą (< 5 mm), neviršijant statybos normose leistinos 20 mm absoliutaus poslinkio ribos. Tačiau atskleistas tiesioginis ryšys tarp kontrolės intensyvumo ir vertikalios absoliutaus tikslumo: taikant dubliuotą kontrolės modelį (5 vizitai, ašių ir kampų žymėjimas), vidutinė absoliuti vertikali paklaida ΔZ siekė vos 7,6 mm, o sumažinus kontrolę iki minimalios (2 vizitai, tik kampų žymėjimas) – rizika išaugo beveik dvigubai (iki 15,1 mm).

2. Įvertinus žmogiškojo faktoriaus ir „patirties paradokso“ įtaką statybų kokybei atskleista, kad rangovo įgyta patirtis ir dėl to padidintas statybų tempas, nesant adekvačios instrumentinės geodezinės priežiūros, tiesiogiai lemia technologinės drausmės kritimą. Geodezininko įsitraukimo retinimas ir skuba vertikalų nuokrypių sklaidą elektros

energijos kaupimo įrenginių (EEKI) objektuose padidino beveik dvigubai (nuo 7,6 mm iki 15,1 mm), kas įrodo nuolatinės instrumentinės kontrolės kritinę svarbą.

3. Išanalizavus inžinerinių nuokrypių integravimo problematiką nustatyta, kad praktikoje susidaro dvilypis tikslumo standartas: nors pamatų vidinė geometrija išlaikoma nepriekaištinga (santykinė paklaida < 5 mm), absoliutūs poslinkiai valstybinėje koordinatinių sistemoje siekia 10–20 mm. Kadangi erdvinių duomenų informacinės sistemos remiasi absoliučiomis koordinatėmis, šie normatyviniai nuokrypiai tampa formalių neatitikimų priežastimi. Siekiant išvengti šių fiksavimo neatitikimų ir užtikrinti sklandų duomenų įregistravimą, EEKI projektuose rekomenduojama taikyti privalomą kompleksinę geodezinę kontrolę (ne mažiau kaip 4–5 vizitų algoritmas), visais atvejais įtraukiant statybinių ašių išnešimą lauke.

Literatūra

1. Al-Ghussain, L., et al. (2025). Battery energy storage systems: Energy market review, challenges, and opportunities in frequency control ancillary services. *Energies*, 18(15), 4174. <https://doi.org/10.3390/en18154174>
2. Giniotis, V. (2007). *Inžinerinė geodezija*. Technika.
3. Kavanagh, B. F., & Slatery, D. K. (2014). *Surveying with construction applications* (8th ed.). Pearson
4. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2017). *Statybos techninis reglamentas STR 1.05.01:2017 „Statybos užbaigimas“*. Teisės aktų registras. <https://e-seimas.lrs.lt>
5. Lietuvos Respublikos Seimas. (2018). Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas Nr. XIII-1288 „Dėl Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“. Teisės aktų registras. <https://e-seimas.lrs.lt>
6. Master Battery. (2023). SCS 261kWh BESS installation and operation manual. <https://www.masterbattery.es>
7. Pažėraitė, A., & Brandišauskas, D. (2022). Assessment of the barriers towards more rapid development of solar power: The case of Lithuania. *Energetika*, 68(1), 68–78. <https://doi.org/10.6001/energetika.v68i1.4858>.
8. Vaitkevičienė, J., & Kumetaitienė, A. (2010). Kadastrinių matavimų tikrinimo ir derinimo probleminiai aspektai. *Žemėtvarka ir hidrotechnika*, 2(10), 45–50.

ANALYSIS OF GEODETIC SURVEYING AND CADASTRAL DATA UPDATING PROCESSES IN THE CONSTRUCTION OF ENERGY STORAGE FACILITIES

Abstract

This article examines the specifics of geodetic measurement accuracy, process management, and aspects of cadastral data updating during the installation of foundations for Battery Energy Storage Systems (BESS). Applying the method of comparative analysis, two analogous projects were investigated: a facility in the Trakai district (8 blocks) and a battery park in the Panevėžys district (11 blocks), both executed by the same contracting organization but applying different intensities of geodetic control. During the study, the absolute (spatial position) and relative (internal geometry) setting-out accuracy of the foundations, as well as the impact of the human factor on the final result, were evaluated. A direct correlation was established between the frequency of intermediate geodetic inspections and the absolute vertical accuracy of foundation installation. In the Trakai district project, by applying an enhanced control model (5 site visits, marking both corners and construction axes), high vertical accuracy was achieved (mean absolute deviation $\Delta Z = 7.6$ mm). Meanwhile, in the Panevėžys district project, where processes were optimized to minimal control due to time constraints (2 site visits, corner marking only), the absolute vertical error almost doubled (to 15.1 mm). It should be noted that both projects successfully maintained the relative accuracy of <5 mm (between points within a single block) required by the equipment manufacturers, without exceeding the allowable absolute displacement tolerance of 20 mm. The analysis of the results revealed that the primary delays in project handover and the preparation of cadastral files arise not from field measurements, but from the complex registration and coordination of absolute displacements (within the 10–20 mm range) in stringent information systems. The findings of the conducted study also lead to the conclusion that the engineering success of BESS projects and the smooth updating of cadastral data depend on the mandatory setting-out of construction axes and periodic geodetic control (a minimum of 4–5 site visits), which ensures compliance with both the manufacturers' requirements and legal tolerances.

Keywords: geodetic measurements, cadastral data, Battery Energy Storage Systems (BESS), geodetic control and measurement accuracy, foundation setting-out.