



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**Deividas Serbenta**

**KORINIO TRANSLIAVIMO PASLAUGOS ĮTAKOS MOBILAUS  
ĮRENGINIO ENERGETINIŲ RESURSŲ SUNAUDOJIMUI  
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. Vitas Grimaila

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

**TELEKOMUNIKACIJŲ KATEDRA**

**KORINIO TRANSLIAVIMO PASLAUGOS ĮTAKOS MOBILAUS  
ĮRENGINIO ENERGETINIŲ RESURSŲ SUNAUDOJIMUI  
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas  
Išmaniosios telekomunikacijų technologijos (kodas 621H64001)

**Vadovas**

Doc. Vitas Grimaila

**Recenzentas**

Doc. dr. Darius Andriukai

**Projektą atliko**

Deividas Serbenta

**KAUNAS, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos

(Fakultetas)

Deividas Serbenta

(Studento vardas, pavardė)

Išmaniosios telekomunikacijų technologijos, 621H64001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas“

**AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA**

gegužės

20 15 . \_\_\_\_\_ 7 .

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Deivido Serbentos** baigiamasis projektas tema „Korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Serbenta, D. Korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. Vitas Grimaila; Kauno Technologijos Universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Telekomunikacijų katedra.

Kaunas, 2015. 52 psl.

### SANTRAUKA

Šio darbo tikslas – ištirti korinio transliavimo paslaugos įtaką mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui.

Darbo pirmoje dalyje apžvelgti moksliniai darbai ir straipsniai susiję su nagrinėjama problematika.

Antroje darbo dalyje yra apžvelgta korinio transliavimo paslauga, tinklo architektūra, atliktas SMS ir Korinio transliavimo paslaugų palyginimas, apžvelgtas ciklų formavimo metodas.

Trečioje dalyje yra atliekamas korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas. Paskaičiuojamas ir pamatuojamas mobiliosios stoties energetinių resursų suvartojimas, naudojant korinio transliavimo paslaugą įvairiuose režimuose. Nustatytas procentinis energijos suvartojimas įjungus korinio transliavimo paslaugą.

*Reikšminiai žodžiai: korinis transliavimas, energijos suvartojimas.*

Serbenta, Deividas. Investigation of Cellular Service Broadcasting Influence for Consumption of Mobile Device Energy. Final project of *master work* / supervisor doc. Vitas Grimaila; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Telecommunications.

Kaunas, 2015. 52 pages.

### SUMMARY

The aim of this work is to investigate Cellular Service Broadcasting Influence for Consumption of Mobile Device Energy.

The first part of the work to review scientific papers and articles related to the topic under discussion.

The second part is an overview of cellular broadcasting service, network architecture, made SMS and cellular broadcasting comparison, an overview of cycles forming method.

The third part is made of cellular broadcasting services affect mobile unit of energy resources consumption survey. Calculated and measured mobile station energy resource consumption using a cellular broadcasting service in various modes. Set percentage of energy consumption is switched cellular broadcasting service.

*Keywords: cell broadcast, energy consumption.*

## Turinys

Sutrumpinimų sąrašas.....	6
Įvadas .....	7
1. Problematikos analizė.....	9
2. Korinio transliavimo paslauga.....	13
2.1. Korinio transliavimo paslauga GPIS Lietuvoje .....	13
2.2. Korinio transliavimo technologija .....	14
2.2.1. GSM ir UMTS tinklų architektūros.....	17
2.2.2. Korinio transliavimo centro funkcijos .....	19
2.2.3. Bazinės stoties kontrolieris ir radijo tinklo kontrolieris .....	20
2.2.4. Mobilioji stotis ir vartotojo įranga .....	21
2.2.5. Įspėjamo pranešimo pristatymas GSM tinkle .....	21
2.2.6. Įspėjamo pranešimo pristatymas UMTS tinkle .....	23
2.2.7. CBS pranešimo struktūra.....	25
2.2.8. Trumpųjų žinučių perdavimo spartos galimybės.....	26
2.2.9. Dubliuoto pranešimo aptikimas .....	26
2.3. Ciklų formavimo metodas .....	27
2.3.1. Ciklų formavimo režimų skirtumai .....	28
2.3.2. Ciklų formavimo laikmačių veikimas .....	28
3. Korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas.....	31
3.1. Apskaičiuotas energetinių resursų suvartojimas galiniame įrenginyje.....	31
3.1.1. Tuščios eigos režimas neįjungus korinio transliavimo paslaugos.....	31
3.1.2. Tuščios eigos režimas įjungus korinį transliavimą.....	32
3.2. Atlikti korinio transliavimo paslaugos įtakos MS energetinių resursų sunaudojimui matavimai.....	35
3.2.1. Matavimo įranga ir priemonės .....	35
3.2.2. Matavimo režimų planas .....	37
3.2.3. Matavimų rezultatai .....	37
Išvados .....	49
Literatūros sąrašas.....	50

## Sutrumpinimų sąrašas

3GPP	Judriojo ryšio trečios kartos standartas (angl. <i>The 3rd Generation Partnership Project</i> )
BTS	Bazinės stoties kontroleris (angl. <i>Base Station Controller</i> )
CBC	Korinio transliavimo centras (angl. <i>Cell Broadcast Center</i> )
CBE	Korinio transliavimo organizacija (angl. <i>Cell Broadcast Entity</i> )
CBS	Korinio transliavimo sistema (angl. <i>Cell Broadcast System</i> )
CQI	Kanalo kokybės rodiklis (angl. <i>Channel Quality Indicator</i> )
DRX	Ciklų formavimo metodas (angl. <i>Discontinuous Reception</i> )
ETSI	Europos telekomunikacijų standartų institutas ( angl. <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )
ETWS	Žemės drebėjimų ir cunamių perspėjimo sistema (angl. <i>Earthquake and Tsunami Warning System</i> )
GSM	Globalus mobiliųjų telefonų standartas, antroji karta (angl. <i>Global Standart for Mobile Communications</i> )
LTE	Ketvirtosios kartos pažangesnė mobiliojo ryšio technologija (angl. <i>The Long Term Evolution</i> )
MMI	Mašina- Žmogus sąsaja (angl. <i>Man- Machine Interface</i> )
MS	Galinis vartotojo įrenginys- mobilioji stotis (angl. <i>Mobile Station</i> )
PDCCH	Fizinis žemynkryptis valdymo kanalas ( angl. <i>Physical Downlink Control Channel</i> )
PLMN	Visuomenės sausumos judrusis tinklas (angl. <i>Public Land Mobile Network</i> )
QoS	Paslaugos kokybė (angl. <i>Quality of Service</i> )
RNC	Radio tinklo kontroleris (angl. <i>Radio Network Controller</i> )
SMS	Trumposios žinutės paslauga (angl. <i>Short Message Service</i> )
SMSC	Trumpųjų žinučių siuntimo centras (angl. <i>Short Message Service Center</i> )
TTI	Nuoseklus perdavimo laiko intervalas (angl. <i>Transmission Time Interval</i> )
UMTS	Universali mobiliųjų telekomunikacijų sistema, trečioji karta (angl. <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> )
UTRAN	Universalus sausumos radijo prieigos tinklas (angl. <i>Universal Terrestrial Radio Access Network</i> )
VoIP	Balso ryšio perdavimo duomenų perdavimo tinklais naudojant interneto protokolą technologija (angl. <i>Voice over IP</i> )
VPN	Virtualus privatus tinklas ( angl. <i>Virtual Private Network</i> )
Wi-Fi	Bevielio (belaidžio) ryšio technologijos prekinis ženklas, priklausantis Wi-Fi aljansui
XML	Dokumentų aprašų kalba (angl. <i>Extensible Markup Language</i> )

## Įvadas

Artėjant gamtos stichijoms ar kitoms ekstremalioms situacijomis, kurios gali pakenkti žmonių gerovei yra labai svarbu įspėti visuomenę apie atsiradusią grėsmę jų gyvenamojoje teritorijoje. Tai įgyvendinti optimaliausias sprendimas tiek vartotojui, tiek operatoriui yra korinio transliavimo sistema.

Ši paslauga veikia valstybės teritorijos ribose ir įspėja tiek vietinius, tiek atvykusius, kurie turi aktyvuotą korinio ryšio paslaugą. Paslauga yra nemokama vartotojui ir veikia nepriklausomai nuo gyvenamosios vietos ar tai būtų miestas, ar kaimas, ar vartotojas yra kelionėje, ar namuose, ar darbe ar poilsiavietėje, svarbu kad tik patektų į korinio transliavimo sistemos ribas [1].

Šiuo metu Lietuvoje tokio pobūdžio paslaugą teikia visi trys judriojo ryšio paslaugų tiekėjai: „Omnitel“, „Bitė Lietuva“ ir „Tele2“. Šiuo metu paslauga teikiama GSM ir UMTS vartotojams. Vartotojai patys turi įsijungti korinio transliavimo paslaugą savo įrenginiuose, jei nori gauti pranešimus. Taip pat telefonų gamintojai jau pradėjo realizuoti automatinį perspėjimo pranešimų priėmimo nustatymą pagal tarptautinių standartų reikalavimus: EU-ALERT Europoje, Wireless Emergency Alert (WEA) JAV.

Tai ne nauja paslauga, o pasauliniu lygiu labai išplitus. Tačiau tiriamosios medžiagos ir tyrimų parodančių būtent, kad korinio transliavimo paslauga sumažina energetinius resursus mobiliajame terminale, nėra daug atlikta. Yra daug spekuliacijų, kad CBS (angl. Cell Broadcast System) sunaudoja „nemažai“ energetinių resursų mobiliajame telefone, tačiau realiai nėra patikimos informacijos ar kiekybinių tyrimų. Kita klausimo dalis yra optimalių mobiliojo ryšio tinklo nustatymų analizė parenkant ciklų formavimo metodus (DRX) ir charakteristikas. Darbe bus sudarytas realaus testinis modelis, pasirinktas matavimo prietaisas, sudaryta testavimo metodika ir atlikti realūs testai. Testų metu bus naudojami skirtingi įrenginio nustatymai, taip pat keičiami celės nustatymai ir parametrai. Apdoroti gauti rezultatai ir pateiktos išvados. Mano tikslas ir uždaviniai bus tyrimo metu patvirtinti arba paneigti energetinių resursų sunaudojimą mobiliajame terminale įjungus korinio transliavimo paslaugą. Tyrimai bus atliekami tik GSM tinkle.

Tyrimas yra aktualus, nes lankantis priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento civilinės saugos skyriaus situacijų kontrolės centre ir susipažįstant su esama gyventojų perspėjimo sistema, buvo išgirsta įvairių gyventojų nusiskundimų esama sistema. Vienas iš dažniausių, kad įjungus korinio transliavimo paslaugą yra stebimas ženklus energetinių resursų eikvojimasis.

**Darbo tikslas** – ištirti korinio transliavimo paslaugos įtaką mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui.

Darbo uždaviniai:

1. Prielaidų ir prielaidų įvardijimas, dėl kurių aktualu energetinių resursų mobiliajame telefone taupymas. Apžvelgti CBS panaudojimo atvejus ir būtinumą.
2. CBS sistemos architektūros, sudėtinių dalių bei jų veikimo ypatumų analizė.
3. Mobiliojo ryšio tinklo nustatymų analizė parenkant siuntimo ciklus ir aparatinės įrangos režimų nustatymas.
4. Realus testinio modelio sudarymas. Skirtingų celės ir aparatinės įrangos nustatymų parinkimas. Matavimų atlikimas pagal sudaryta matavimo metodiką bei pasirinktą aparatinę įrangą.
5. Išanalizavus tyrimų rezultatus pabandyti nustatyti faktorius, kurie lemia didesnę energijos suvartojimą.



## 1. Problematikos analizė

„Cell Broadcast“ – tai judriojo ryšio tinklų technologija, kuri įgalina tekstinių žinučių transliavimo paslaugas. Lietuvių kalboje šis angliškas terminas vis dažniau įvardijamas, kaip korinio transliavimo paslauga.

Nors bazinis CBS paslaugos (angl. *Cell Broadcast Service*) principas yra panašus į trumpųjų SMS (angl. *Short Message Service*) žinučių paslaugą, šiuo atveju informacijos mainai yra vykdomi ne tarp dviejų nutolusių vartotojų, bet naudojant vienas-daugeliui (angl. *one-to-many*) siuntimo principą [2]. Kitaip sakant „Cell Broadcast“ technologija suteikia galimybę tinklo operatoriams siųsti vieną paruoštą tekstinį pranešimą iš karto į visus mobiliuosius telefonus ar kitus panašius įrenginius, esančius tam tikroje geografinėje teritorijoje.

Geografinės teritorijos dydis gali būti parenkamas pagal konkrečios situacijos poreikius. „Cell Broadcast“ trumpųjų žinučių siuntimas gali būti vykdomas nedidelėje teritorijoje, t.y. tiesiog vienos bazinės stoties celės ribose arba gali apimti tam tikrą regioną, o esant poreikiui net ir visus judriojo ryšio operatoriaus PLMN (angl. *Public Land Mobile Network*) tinklo klientus [2].

Svarbiausia yra tai, kad „Cell Broadcast“ paslauga yra integruota daugelyje šiuolaikinių telefonų, o jos panaudojimo galimybės nėra ribojamos sudarytomis klientų duomenų bazėmis ir registrais [2]. Būtent dėl šios priežasties paslaugos pasiekiamumą gali gauti bet kuris judriojo ryšio abonentas net ir viešėdamas kitoje šalyje.

Tokio pobūdžio „Cell Broadcast“ technologijos koncepcija yra ypatingai paranki kuriant ir plėtojant įvairias išpėjamas sistemas, kurios gali pranešti apie artėjančias stichines nelaimes, staigius oro pasikeitimus ar kitus pavojus [2, 3]. Būtent tai vis dažniau ir dažniau tampa pagrindine „Cell Broadcast“ technologijos populiarėjimo priežastimi, kadangi tokių išpėjamų sistemų įgyvendinimas valstybėms padeda sutaupyti milijonus išlaidų, kurios būna patiriamos laiku neįspėjus gyventojų apie artėjančius įvairaus pobūdžio pavojus.

„Cell Broadcast“ naudojimo, kaip visuomenės informavimo ir išpėjimų sistemų tinkamumą dar geriau pagrindžia tas faktas, kad šio tipo paslaugoms judriojo ryšio tinkluose yra išskiriamas visiškai nepriklausomas signalizavimo kanalas [3]. Būtent tai leidžia išvengti galimų srautų aptarnavimo vėlinimų piko valandomis bei svarbiausių kasmetinių švenčių metu. Tai yra ypatingai svarbus ir esminis faktorius, kai kalbame apie masines gyventojų išpėjimų ir informavimo sistemas, kurios skirtos dideliame trumpųjų žinučių kiekiui siųsti.

Minėtų sistemų realizacija yra tik vienas iš daugelio CBS galimų panaudojimo variantų – jie gali būti plėtojami atsižvelgus į konkrečios valstybės poreikius. Šiuo atveju svarbiausia, kad susidomėjimas CBS yra pakankamas, jog ši technologija būtų integruojama ne tik GSM (angl.

*Global Standart for Mobile Communications*), bet ir UMTS (angl. *Universal Mobile Telecommunications System*) bei LTE (angl. *Long-Term Evolution*) tipo judriojo ryšio tinkluose [4].

Šiuo metu energetiniai resursai mobiliajame telefone yra gana svarbus aspektas, kadangi atsiradus didelių galimybių išmaniesiems telefonams, naudojantis įvairiomis funkcijomis, telefono baterijos talpa gana sparčiai senka. Manoma, kad ir korinio transliavimo paslauga prie to prisideda. Teigiama, kad baterija sparčiau senka įjungus mobiliajame telefone korinio transliavimo paslauga. Kaip Norrköpingo universiteto atliktas tyrimas „Korinio transliavimo pagalba globalioje pasaulinio perspėjimo sistemoje [5]“ teigia, kad apskaičiuotas baterijos gyvavimo laikas naudojant CBS santykinai mažas, palyginus su tokiais dabarties technologijomis kaip Bluetooth, Wi-Fi, UMTS, pilnos spalvų paletės ekranai, MP-3 grotuvai, kurie išnaudoja daug daugiau energetinių resursų telefone. Tačiau nežymus energijos suvartojimo padidėjimas stebimas dėlto, jog įjungus korinio transliavimo paslaugą, mobilioji stotis MS (angl. *Mobile Station*) pradeda naudoti papildomą kanalą, nors ir tinklas būna perpildytas. Taip pat tyrime nagrinėjama kita problema susijusi su korinio transliavimo paslauga, tai korinio transliavimo žinutės atvaizdavimas skirtingomis kalbomis. Buvo atliekami MS baterijos tiesioginiai matavimai, panaudojant osciloskopą. Testai buvo atliekami su trejomis skirtingomis MS, skirtinguose režimuose. Testiniai režimai buvo penki. Miego režimas nesiklausant CB kanalo, miego režimas klausant CB kanalo, klausant įjungus ekrano apšvietimą, klausant atliekant skambutį, klausant aktyvavus kitas paslaugas. Analizuojant gautų matavimų rezultatus, nustatytas nežymus energijos suvartojimo padidėjimas, klausant CB kanalo ir gaunant žinutes.

Šaltinyje [6] daug dėmesio skiriama GSM korinio transliavimo paslaugos saugumo analizei. Buvo nagrinėjamos CBS įgyvendinimo programinės įrangos spragos. Gauti rezultatai atskleidė, kad kiekvienas mobilus įrenginys pateikia ir atvaizduoja CBS pranešimą skirtingai, o panaudojus suklastotą CBS pranešimą tam tikras operacines sistemas naudojantys mobilūs įrenginiai praranda savo pilnavertį funkcionalumą. Taip pat aprašomi skirtingų tipų CBS pranešimai. Tačiau šaltinyje yra nagrinėjama ir korinio transliavimo paslaugos veikimas pačiame GSM tinkle. Nagrinėjama GSM tinkle esančių komponentų tarpusavio sąveika perduodant pranešimą. Aprašomi detalizuoti loginiai kanalai tokie kaip transliavimo, įprastiniai ir kvietimo. Taip pat pateikiami komunikacinių protokolų aprašymai.

Remiantis Europos telekomunikacijų standartų instituto (ETSI) techninėmis specifikacijomis šaltyje [7] pateikiamos blokinės 2G ir 3G tinklų architektūros reikalingos CBS pranešimus siųsti, taip pat pateikiamas perėjimas ir prie šiuo metu naujausios 4G tinklo architektūros. Taip pat atliekant lyginamąją analizę yra pateikiamas 2G ir 3G tinklo dalių palyginimas, tam tikros tinklo dalys yra identiškos ir atlieka tą pačią funkciją abiejuose tinkluose, kitos turi panašumų ir skirtumų.

Skirtumai pasireiškia tinklo įrenginiuose tuo pačiu kitai yra elgiama ir su pačiu CBS pranešimu. Šaltinyje taip pat pateikiamas kaip yra vykdomas CBS pranešimo siuntimas abiejuose tinkluose, pateikiami pranešimo formatai ir protokolai.

Dokumente [8] taikoma 3GPP sistema galiniams įrenginiams, jame aprašomi bandymo metodai, kurie nustato baterijos energijos suvartojimą konkrečioms technologijoms, taikomosioms programoms ir paslaugoms. Dokumente nėra konkrečių matavimo verčių, o tik išvesti metodai, kaip nustatyti baterijos gyvavimą ir eikvojimąsi naudojant tuos metodus. Aprašyti visi rekomenduojami nustatymai ir režimai, kuriose turėtų būti atliekami testai. MS bandymų metodai aprašyti skirtingiems tinklo režimams ir skirtingiems MS režimams. Šis dokumentas yra tik patarimojo, bet neprivalomojo pobūdžio.

Moksliniame straipsnyje [9] aprašoma kokia svarbi yra baterijos valdymo energija ir kaip ji yra paskirstoma išmaniajame telefone. Geras energijos valdymas reikalauja gerai išmanyti energijos pasiskirstymą. Tuo tikslu pateikiamas išsamus naujausio modelio telefono Openmoko Neo Freerunner energijos suvartojimo pasiskirstymas. Įvertinama ne tik visos sistemos galia, bet ir jos pasiskirstymas konkrečioms techninės įrangos dalims, tokioms kaip pagrindinis procesorius, siųstuvas, imtuvas ir t.t. Tie patys matavimai taip pat pakartojami su kitais dviem telefonų modeliais HTC Dream ir Google Nexus One. Sukuriamas energijos pasiskirstymo matavimo modelis Freerunner telefonui, kadangi autoriams pavyko gauti detalias elektrines schemas šiam įrenginiui ir tas modelis pritaikomas kitiems dviems telefonams. Analizuojamas energijos suvartojimas skirtinguose komponentuose ir pateikiama, kuriose vietose galima būtų atlikti patobulinimus ateityje, kad prailginti limituotą baterijos gyvavimą.

Šaltinyje [10] nagrinėjamas pertraukiamo priėmimo (DRX) mechanizmas universaliųjų mobiliųjų telekomunikacijų sistemoje (UMTS). DRX mechanizmas randasi tarp tinklo dalies ir mobiliosios stoties (MS) ir naudojamas tam, kad taupyti MS energiją. DRX mechanizmas kontroliuojamas dviem parametrais: neveiklumo laikmačio ribos ir DRX ciklo. Autoriai pasiūlo analitinius ir imitacinius modelius kurie turi poveikį šiems dviems parametrams. Tyrimas kiekybiškai rodo, kaip pasirinkti tinkamas neveiklumo laikmačio ir DRX ciklo vertes įvairiuose srautuose.

Moksliniame straipsnyje [11] remiantis LTE standartu nagrinėjamas DRX mechanizmas, kuris taupo energiją galiniame MS. MS išjungia savo radijo siųstuvo- imtuvo schemą kai netransliuojami ir negaunami paketai. Šis dokumentas pristato du adaptyvius algoritmus, kurie dinamiškai reguliuoja DRX parametrus tam, kad sumažintų kartu ir energijos suvartojimą ir papildomą vėlinimą. DRX reguliavimui algoritmai taiko paslaugos kokybės QoS (angl. Quality of Service) ir kanalo kokybės informacijos CQI (angl. Channel Quality Information) rodiklius.

Tyrimas atliktas remiantis ns3 modeliavimo įrankiu parodė, kad naudojant algoritmus galima sumažinti paketų vėlinimą lyginant su statiniu DRX iki 60%, 60% ir 75%, ir sumažinti energijos sąnaudas iki 75%, 43% ir 90% atitinkamai vaizdo transliacijoms, VoIP ir didelių duomenų paraiškoms.

Šaltinyje [12] teigiama, kad energijos taupymas LTE tinkluose priklauso nuo intervalų ir pozicijos išdėstymo tarp trumpojo DRX ciklo, ilgojo DRX ciklo ir DRX klausymosi laikmačio. Pasiūlymas pateiktas šiame dokumente yra dvejopas. Pirma, miego laikotarpis ir periodai yra apskaičiuoti remiantis minimaliu vėlinimu ir energijos taupymu MS. Šios reikšmės paprastai yra fiksuotos ir nustatytos esančiuose energijos saugojimo režimuose. Antra, baterijos taupymo režimai yra kombinuojami sustatant į įvairias eiles trumpąjį ir ilgąjį DRX ciklus. Esamam režime MS stipriai nukenčia, nes padidėja vėlinimas ir energijos suvartojimas, todėl autoriai renkasi kombinuoti įvairius laikotarpius. Pastebėta, kad atsako vėlavimas ir energijos suvartojimas sumažinamas 5.35% ir 47.14% atitinkamai renkantis aikštės ir stačiakampio modelius, negu egzistuojantys hibridiniai modeliai.

Visi analizuoti užsienio moksliniai straipsniai ir dokumentai daugiau aprašo norimus pasiūlyti mechanizmus padedančius sumažinti baterijos eikvojimąsi, kiti apžvelgia korinio transliavimo sistemos architektūrinės dalis, tačiau konkretaus tyrimo kiek veikianti korinio transliavimo sistema turi įtakos veikiančiai MS baterijos talpai nebuvo tiriama. Tyrimų atliktų Lietuvoje taip pat nebuvo atlikta. Taigi, mano **darbo tikslas bus nustatyti korinio transliavimo paslaugos įtaką mobilaus įrenginio energetinių resursų suvartojimui** naudojantis surinkta teorine medžiaga, bei atlikus realius matavimo testus. Norint pasiekti užsibrėžtą tikslą, darbe reikės atlikti šiuos **uždavinius**:

1. Įvardinti prielaidas ir priežastis, dėl kurių aktualu energetinių resursų mobilajame telefone taupymas. Apžvelgti CBS panaudojimo atvejus ir būtinumą.
2. Atlikti CBS sistemos architektūros, sudėtinių dalių bei jų veikimo ypatumų analizę.
3. Išanalizuoti mobiliojo ryšio tinklo nustatymus, parenkant siuntimo ciklus ir aparatinės įrangos darbinis režimus.
4. Sudaryti realų testinį modelį. Parinkti skirtingus celės ir aparatinės įrangos nustatymus. Atlikti matavimus pagal sudarytą matavimo metodiką bei pasirinktą aparatinę įrangą.
5. Išanalizavus tyrimų rezultatus pabandyti nustatyti faktorius, kurie lemia didesnę energijos suvartojimą.

## **2. Korinio transliavimo paslauga**

„Cell Broadcast“ technologija buvo aprašyta dar GSM standarte, o vėliau adaptuota ir 3GPP (angl. *3rd Generation Partnership Project*) standartų šeimai. Šiame skyriuje pateikiami minėtuose standartuose numatyti „Cell Broadcast“ technologijos diegimo į judriojo ryšio tinklą techniniai aspektai, aptariama CBS paslaugų žinučių struktūra bei tokių paslaugų teikimo spartos galimybės. CBS pranešimų palyginimas su SMS žinutėmis.

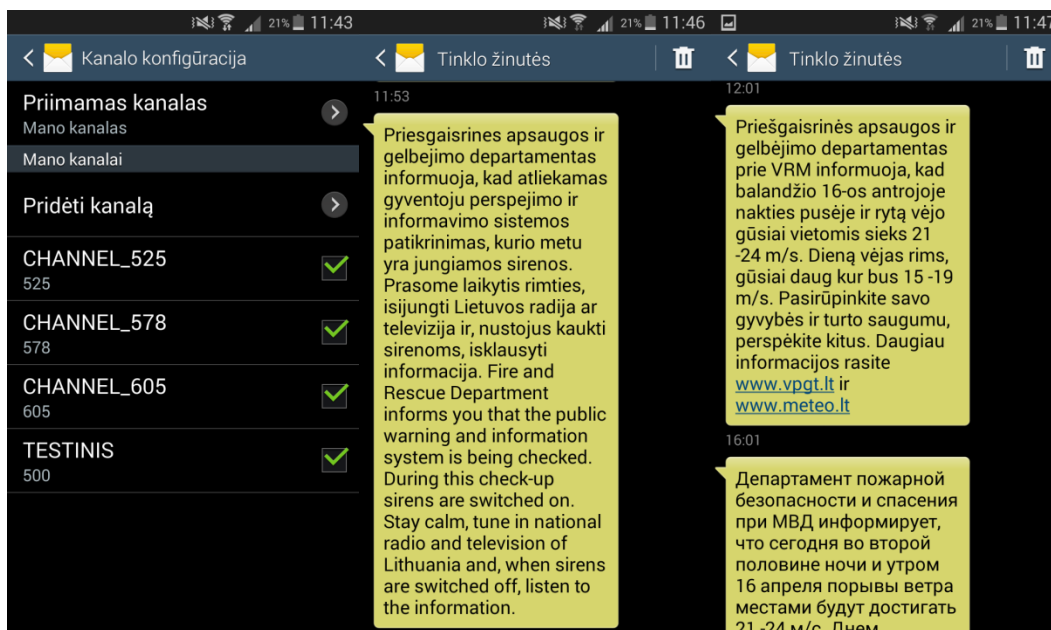
### **2.1. Korinio transliavimo paslauga GPIS Lietuvoje**

Dėl sąlyginai mažo „Cell Broadcast“ populiarumo tarp vartotojų, apie šį technologinį sprendimą daugiau vartotojų sužinojo tik pradėjus kurti įspėjimų dėl galimų pavojų sistemas. Pavyzdžiui, „Cell Broadcast“ paslaugos pas kai kuriuos judriojo ryšio operatorius buvo teikiamos jau tuo metu, kai mobiliųjų tinklų rinka Lietuvoje dar tik formavosi. Vis dėlto tuo metu ypatingas dėmesys CBS paslaugų reklamai nebuvo skiriamas, o apie šių paslaugų naudą buvo pradėta kalbėti tik tada, kai buvo sukurta gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema.

Gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema GPIS – tai patikima ir gerai išplėtotą korinio transliavimo sistema Lietuvoje, kuria informacinius pranešimus platina Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamentas [1].

GPIS sistemos pranešimai Lietuvoje yra perduodami trimis skirtingomis kalbomis naudojant atskirus transliavimo kanalus: 578 – lietuvių k., 525 – anglų k., 605 – rusų k. [1]. Esant poreikiui vartotojas savo telefone gali priimti pranešimus ir iš visų kanalų, o jeigu turi poreikį, papildomai susikonfigūruoti ir taip pat naudoti kitų tarnybų „Cell Broadcast“ transliavimo kanalus.

Nors tai jau buvo minėta anksčiau, bet reikėtų dar kartą pabrėžti, kad „Cell Broadcast“ transliavimo kanalų priėmimas dažniausiai telefone turi būti įjungiamas paties abonto, o jų aktyvavimas gali šiek tiek skirtis priklausomai nuo mobilaus įrenginio modelio. Pavyzdžiui, „Samsung Galaxy S3 Neo“ išmaniajame telefone paslaugos aktyvavimo ir gautų CBS pranešimų peržiūros pavyzdys pateikiamas 2.1 pav.



2.1 pav. GPIS paslaugos aktyvavimas ir gautų informacinių pranešimų pavyzdžiai

Tikėtina, kad ateityje tokių gyventojų įspėjimo ir informavimo sistemų abonentams patiems konfigūruoti nereikės. Būtent naujai Europoje „EU-ALERT“ priimtas įstatymas numato, kad gamintojas prieš parduodant mobilųjį telefoną turi iš karto atlikti gyventojų perspėjimo ir informavimo sistemos CBS kanalų konfigūravimą atsižvelgiant į šalyje naudojamus transliavimo kanalus. Pavyzdžiui, Lietuvoje pagal šio įstatymo reikalavimus jau yra paruošiami ir parduavinėjami „LG Nexus 4“ ir „LG Nexus 5“ išmaniųjų telefonų modeliai [1].

Ši gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema Lietuvoje yra sukurta naudojant „Mass Alert“ paruoštą platformą, kuri be „Cell Broadcast“ technologijos, informacinius pranešimus taip pat gali platinti tiesiai į išmaniųjų telefonų taikomas programėles, specialią kompiuterinę programinę įrangą, skaitmeninės televizijos signalus ar tiesiog per IP bei specifinį valstybinių agentūrų ir avarinių paslaugų (policija, gaisrinė, greitoji medicinos pagalba) TETRA tinklą [19]. Vis dėlto Lietuvoje kol kas didžioji dalis „Mass Alert“ sukurtos platformos privalumų nėra išnaudojama, o GPIS sistema valstybės gyventojams informacinius ir perspėjimo pranešimus siunčia tik naudodama „Cell Broadcast“ technologiją.

## 2.2. Korinio transliavimo technologija

Korinis transliavimas (angl. Cell Broadcast, CB) yra mobiliųjų tinklų GSM (angl. Global System for Mobile) ir UMTS (angl. Universal Mobile Telecommunications System) funkcija, skirta perduoti vienalaikes žinutes visiems mobiliems telefonams, kurie yra šios paslaugos aprėpties zonoje. Ta zona savo aprėptimi gali būti maža kaip viena radijo celė arba didelė, kaip visas tinklas

ir bet koks zonų tarpinis klasteris [13].

Korinis transliavimas gali būti panaudotas siųsti teksto žinutes tam tikroms vietovėms. Šios žinutės yra informacinio pobūdžio apie avarines situacijas arba vietines naujienas kaip artėjančias pavojingas orų prognozes.

Atitinkamos institucijos praneša apie artėjančią įvykį operatoriui, jis identifikuoja pavojingas teritorijas ir siunčia pranešimus juose ar greta esantiems vartotojams. Tačiau šiuos pranešimus gaus abonentai, kurie yra aktyvavę korinio transliavimo paslaugą.

Įspėjamą informaciją galima perduoti SMS (angl. Short Message Service) žinute, tačiau tai nėra optimalus variantas, SMS ir CBS paslaugų palyginimas pateikti 1 ir 2 lentelėse.

1 lentelė. SMS ir CBS paslaugų žinučių palyginimas [4]

Charakteristika	SMS	CBS
<b>Žinutė</b>		
Žinutės dydis	140-160 simbolių. Maksimaliai 5 žinutės gali būti sujungtos	93 simboliai. Maksimaliai 15 sujungtų lapų (pages)
Žinutės tipas	Statinis. Žinutės bus siunčiamos tik registruotiems numeriams	Pasirenkamas. Žinutės gali būti siunčiamos į skirtingas zonas pranešti skirtingas įspėjimų būkles
Suderinamumas su telefonais	Su visais suderinama	Suderinama su dauguma telefonų, tačiau gali prireikti papildomo konfigūravimo
Pristatymo patvirtinimas	Yra. Siuntėjas gali prašyti pristatymo patvirtinimo	Nėra pristatymo patvirtinimo
Kalbos pasirinkimas	Nėra. Identiška visiems gavėjams	Yra. Žinutė gali būti ištransliuota vartotojo pasirinkta kalba

2 lentelė. SMS ir CBS paslaugos palyginimas [4]

Charakteristika	SMS	CBS
<b>Paslauga</b>		
Perdavimo tipas	Taškas-taškas	Taškas-vietovė
Žinutės priklausomybė nuo mobilaus numerio	Taip. Reikalauja įvesties konkretaus telefono numerio ir duomenų bazės priežiūros	Ne. Nereikia įvesti konkretų numerį

Žinutės priklausomybė nuo vietovės	Ne. Žinutė gaunama nepriklausomai nuo vietovės, tiksliai registruoti numeriai informuojami	Taip. Visos mobilios stotys viduje apibrėžtos teritorijos informuojamos
Dvipusis ryšys	Taip. Abu vartotojai gali tiesiogiai gauti ir atsakyti siuntėjui	Nėra tiesioginio atsakymo. Vartotojai gali tik atsakyti per pateiktą numerį ar URL žinutėje
Jautrumas blogiausioms tinklo sąlygoms	Dažniausiai veiks blogomis radijo sąlygomis, atsiranda keletos ms vėlinimas. Naudoja signalinius radijo kanalus, kurie gali būti veiksmu sukelti perkrovą.	Transliacijos yra siunčiamos priskirtais kanalais, todėl perkrovimai negalimi, tačiau vėlinimai žinučių gali atsirasti prastos aprėpties zonose
Pakartojimas	Nėra	Žinutė gali būti pakartotinai periodiškai pertransliuojama GSM BSC/BTS 2s – 32 min intervale. UMTS tinkle ilgiausiai iki 1s
Tarptinklinis ryšys	Svečiai dažniausiai priklauso namų tinklui žinučių maršrutizavimui. Besinaudojantis paslauga dažniausiai išliks savo tinkle žinučių siuntimui.	Žinutė siunčiama visoms mobilioms stotims esančioms adresuotoje celėje
Saugumas ir duomenų vientisumas	Prastas. Nėra jokių požymių, kad žinutė yra sukurta teisėtos įstaigos, žinutė gali būti melagingai atsiųsta iš kito telefono.	Geras. Apsaugos įrenginys apsaugo nuo pašaliečių generavimo korinio transliavimo žinutes, tai gi melagingi pranešimai negalimi

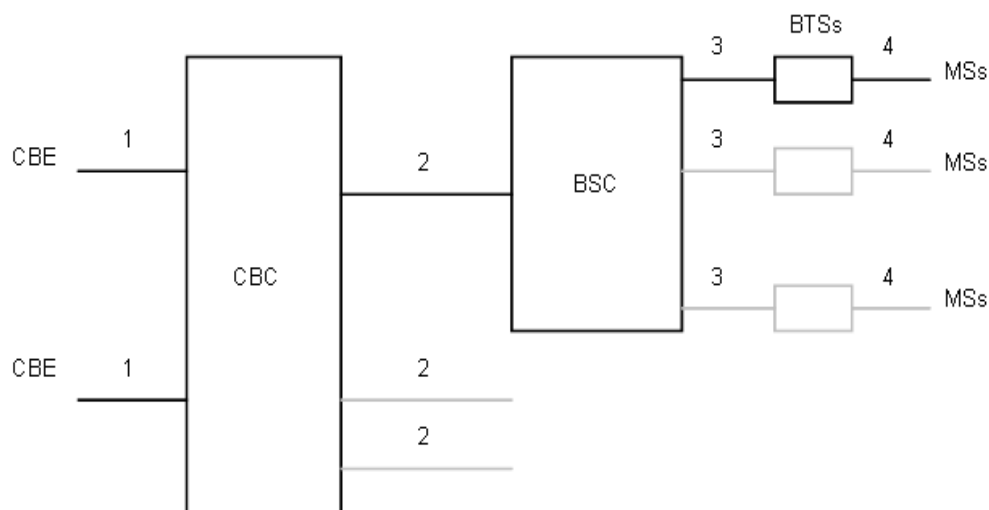
Palyginus šias paslaugas, išpėjamus pranešimams parankiau siųsti naudojant CBS, kadangi ji reikalauja mažiau administravimo ir eikvoja mažesnius tinklo resursus, taip pat pateikta informacija joje bus autentiška. Didžiausias šios sistemos trūkumas yra tai, kad ji dažniausiai mobiliame įrenginyje pagal nutylėjimą yra išjungta, o susikonfigūruoti reikia atitinkamų žinių.

Lietuvoje taip veikia CBS, tačiau kol kas tik 2G tinkle. „Šiuo metu viešojo judriojo telefono ryšio paslaugų teikėjai intensyviai diegia 3G (UMTS) tinklus, labai sparčiai auga išmaniųjų įrenginių, kurie pagal nutylėjimą automatiškai pasirenka aukštesnio lygio tinklą, todėl dalis gyventojų, kurių įrenginiai yra 3G tinkle, perspėjimo pranešimų kol kas negaus. Siekdami užtikrinti gyventojų perspėjimą ir informavimą, nepriklausomai nuo to kokiame tinkle 2G ar 3G yra jų mobilusis įrenginys, departamentas siekia esamą GPIS išplėsti ir į 3G (UMTS) tinklus“ [1]. Kadangi ši paslauga jau įgyvendinama ir 3G tinkle, sekančiame skyriuje ji bus apžvelgta abiem



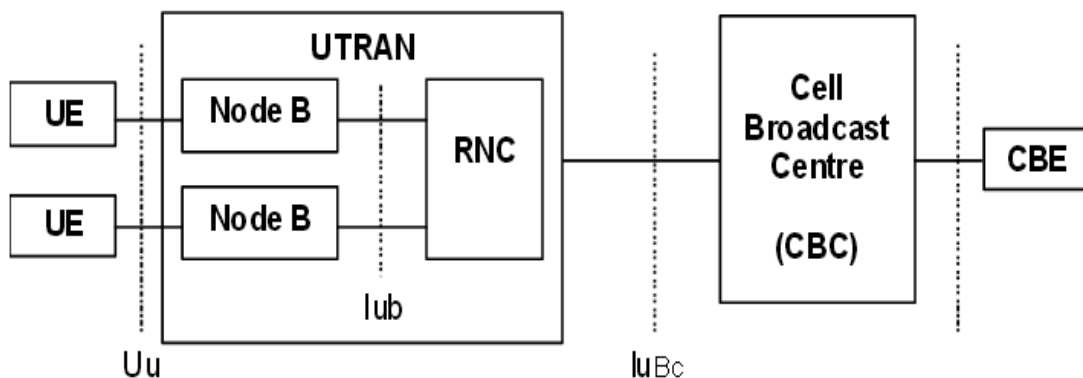
### 2.2.1. GSM ir UMTS tinklų architektūros

Korinio transliavimo centras CBC (angl. Cell Broadcast Center) yra atsakingas už gaunamas žinutes iš korinio transliavimo organizacijos CBE (angl. Cell Broadcast Entity). CBC gavus žinutę ją apipavidalina pridėdama būtinus parametrus ir nusiunčia toliau į bazinės stoties kontrolierį BSC (angl. Base Station Controller), kuris savo ruožtu siunčia žinutes į atitinkamą grupę bazinių stočių BTS (angl. Base Station Transceiver), o šios stotys ištransliuoja žinutę į mobiliąsias stotis MS (angl. Mobile Station), kurios yra padengtos baziniu stočių [6]. Tipinė CBS tinklo struktūra GSM tinklui pateikta 2.2 pav.



2.2 pav. GSM CBS tinklo struktūra [7]

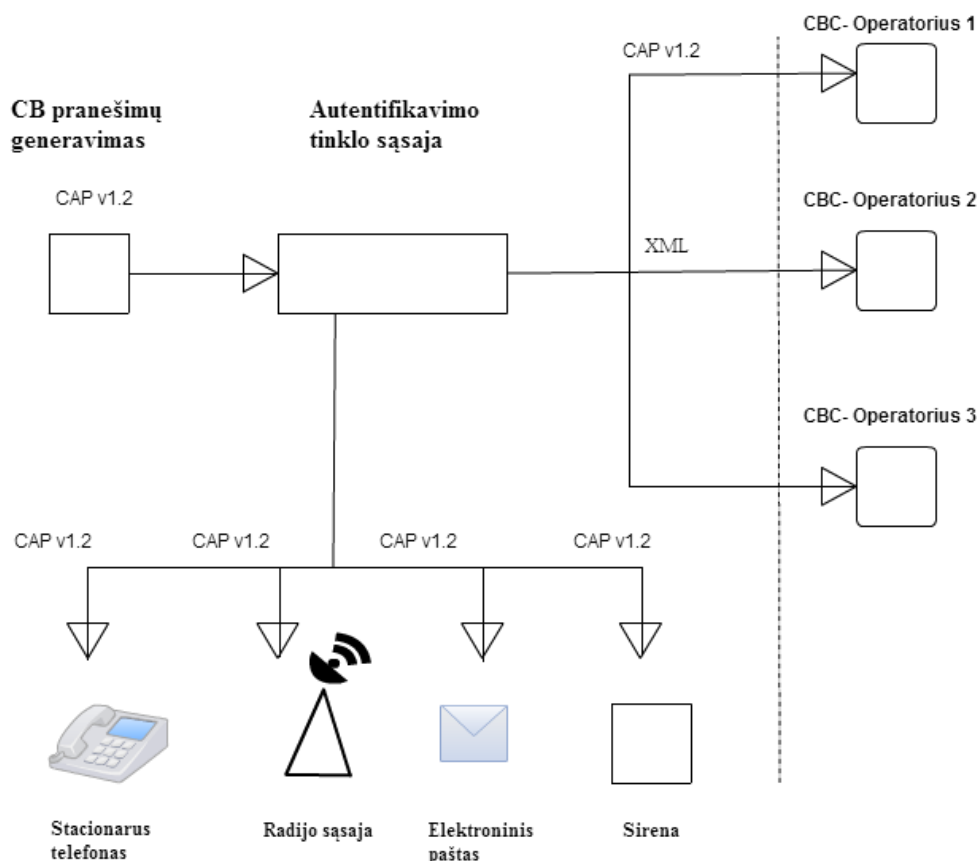
UMTS tinklo atveju 2.3 pav. schema labai panaši, tačiau skiriasi tinklo elementai ir iš dalies jų funkcionavimas. UMTS tinklo atitikmenys GSM tinklui: vartotojo įranga UE (angl. User Equipment) atitinka MS, Mazgas B (angl. Node B) – BTS, radijo tinklo kontrolieris RNC (angl. Radio Network Controllers) – BSC, CBC ir CBE yra identiški abiem tinklams. Apjungti moduliai Node B ir RNC vadinami universaliu sausumos radijo prieigos tinklu UTRAN (angl. Universal Terrestrial Radio Access Network).



2.3 pav. UMTS CBS tinklo struktūra [7]

2.3 pav. žymėjimai Iu, Uu, IuBc reiškia sąsajas jungiančias iš vidaus ir išorės kitus funkcinis elementus.

Jeigu kalbame apie „Cell Broadcast“ naudojimą, kaip gyventojų įspėjimo ir informavimo sistemą, tikėtina, kad bendroji tinklo architektūra bus šiek tiek sudėtingesnė dėl įdiegtų papildomų saugumo bei naudojamų turinio autentifikavimo mechanizmų. Šiuos saugumo mechanizmus turinti bendrinė tinklo architektūra yra pateikiama 2.4 pav.



2.4 pav. Tipinė „Cell Broadcast“ vartotojų įspėjimo ir informavimo sistemos tinklo architektūra [4]

Šiuo atveju didesnio saugumo poreikis yra grindžiamas tuo, kad būtų išvengta bet kokios pobūdžio fiktyvių pranešimų masiško perdavimo šalies gyventojams. Saugumui realizuoti, vienas anksčiau aptartas korinio transliavimo subjekto CBE komponentas yra keičiamas į trumpųjų įspėjimo žinučių generavimo ir autentifikavimo tinklų sąsajos komponentus [4]. Būtent tokiu principu yra atskiriamas tiesioginis CBE sujungimas su CBC, todėl kiekviena tam tikros valstybinės organizacijos sukurta informacinė žinutė būna papildomai patikrinama tinklų sąsajoje ir tik tuomet transliuojama į judriojo ryšio tinklus.

Tinklų sąsaja šiuo atveju taip pat atlieka ir įprastą telekomunikacinių tinklų sujungimo funkciją, todėl perduotas informacinis pranešimas per ją gali būti transliuojamas ne tik į skirtingų judriojo ryšio operatorių korinio transliavimo centrus CBC, bet ir į kitas realizuotas perspėjimo sistemas (laidiniai telefonai, elektroninio pašto pranešimai, sirenos ir t.t.). Šiuo atveju būtina pabrėžti ir tai, kad 3GPP standartai neapibrėžia sąveikos tarp CBE dalies ir CBC sąsajos, todėl informacijos transliavimas dažniausiai yra vykdomas pasitelkiant gerai žinomą ir populiarią dokumentų aprašų kalbą XML (angl. *Extensible Markup Language*), o perduodamos informacijos šifravimas užtikrinamas naudojant VPN (angl. *Virtual Private Network*) tunelius [4].

### **2.2.2. Korinio transliavimo centro funkcijos**

CBE. CBE nėra apimamas GSM ir UMTS specifikacijų, todėl nebus detalai aprašytas, tačiau galima teigti, kad jis yra atsakingas už visus aspektus sudarant CBS, įskaitant suskaidymą CBS žinutės į puslapių kiekį.

CBC. Šis modulis yra bendras tiek GSM, tiek UMTS tinklui, tad jo veikimas bus pateiktas bendrai. CBC gali būti sujungtas su keletu BSC/RNC taip pat ir su keletu CBE. CBC yra atsakingas už CBS žinučių valdymą, įskaitant funkcijas [7]:

- Serijinių numerių priskyrimas;
- CBS pranešimų laikomų BSC/RNC modifikavimas ar panaikinimas;
- Transliavimo inicijavimas siunčiant fiksuoto ilgio CBS pranešimus į BSC/RNC, kurie pateikiami reikalinga kalba atitinkamai celei;
- Celių rinkinio pasirinkimas į kurias bus CBS pranešimai transliuojami, ir nurodant serijinį numerį geografiniai padėčiai kiekvienam CBS pranešimui;
- Laiko nusprendimas, kuriuo metu CBS pranešimas turi būti pradėtas transliuoti;
- Laiko nusprendimas, kuriuo metu CBS pranešimas turi būti pabaigtas transliuoti, po

to pranešama kiekvienam BSC/RNC baigti transliuoti CBS pranešimą;

- Apibrėžti laiko intervalą, kada CBS pranešimas turi būti pakartotinai pertransliuojamas;
- Nustatymas celės transliavimo kanalo, kuriuo CBS pranešimas turėtų būti transliuojamas.

Efektyviam darbui tarp sąsajų, BSC/RNC kurie dažniausiai kontroliuoja daugiau nei vieną celę transliacijos zonoje, turėtų būti panaudojami kaip koncentratoriai iki tol, kol tai susiję su CBS žinutės valdymu. Taigi, CBC turėtų dirbti su sąrašu celių, kai susiduriama su susijusiais CB užklausų nukreipimais į BSC/RNC.

### **2.2.3. Bazinės stoties kontroleris ir radijo tinklo kontroleris**

BSC/RNC turi sąsają su vienu CBC. BSC/RNC gali turėti keletą sąsajų su BTS/Node B. Šių elementų funkciniai panašumai [7]:

- Jie interpretuoja komandas gautas iš CBC ir saugo CBS pranešimus;
- Praneša CBC kada pasirinktas pakartojimo laikas negali būti įgyvendinamas;
- Vykdo CBC patvirtinimus sėkmingai įvykdytų sėkmingų komandų, kuriuos buvo gautos iš CBC;
- Praneša CBC trikdžius, kai komandą gauta iš CBC nėra suprantama ar negali būti įvykdoma;
- Sukuria grafiką žinučių, pagal kurį bus reikalaujama perduoti numatytas žinutes.

Nors ir turi bendro šie elementai, tačiau tuo pačiu atitinkamas jų funkcionalumas skirias. BSC atveju planavimas CBS pranešimų yra CBC kanale, tuo tarpu RNC jos planuojamos susijusiuose radijo resursuose. Toliau BSC atveju perduodant CBS informaciją kiekvienai tinkamai BTS per keturias nuoseklias SMS transliacijos užklausos žinutes ir vieną SMS transliacijos vykdymo pranešimą nurodant kanalą, kuris turėtų būti naudojamas. Kai tuo tarpu Node B neatlieka jokių funkcijų susijusių su CBS. Tai reiškia, kad CBS pranešimas neturi būti aiškiai perduotas Node B tolimesniam apdorojimui [7].

Norint, kad šios sąsajos dirbtų efektyviai, BSC/RNC turėtų perduoti CB susijusius pranešimus CBC, iki tol kol taikomas celių sąrašas.

## 2.2.4. Mobilioji stotis ir vartotojo įranga

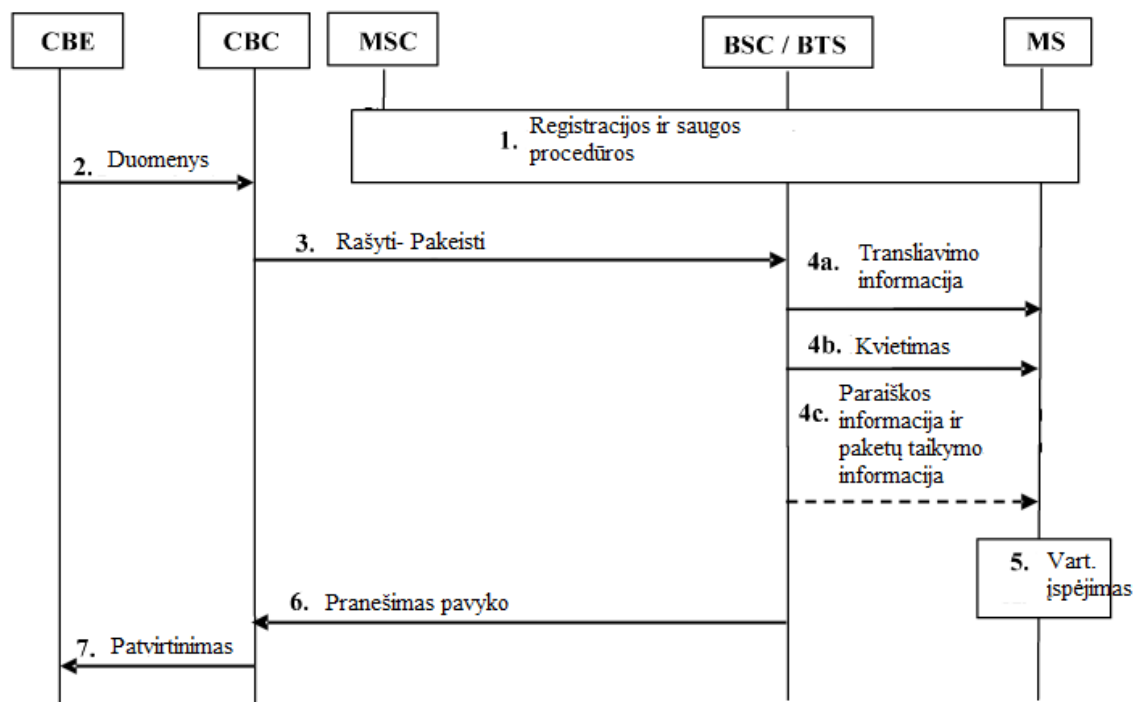
Abiejų tinklų vartotojo įranga priimanti informacinį pranešimą turi funkcinį panašumą ir skirtumą. Pradėsime nuo panašumų [7]:

- Gali atmesti CBS informaciją, kuri nėra tinkama duomenų kodavimo schemai;
- Turi galimybę atmesti CBS pranešimą, jeigu pranešimas pažymėtas kaip nedominančiu pagal savo pobūdį;
- Vartotojas gali aktyvuoti/ deaktyvuoti CBS vartotojo sąsaja įrenginyje;
- Gali priimti CBS pranešimus susidedančius iš 15 lapų (angl. pages).

Pagrindinis skirtumas tarp šitų elementų, kad MS pasirenkamai gali praleisti priėmimą likusių CBS pranešimų blokų, kurie neturi celės transliavimo informacijos, taip pat MS atveju galima skaityti pranešimą ištestame kanale [7]

## 2.2.5. Įspėjamo pranešimo pristatymas GSM tinkle

Įspėjamo pranešimo užklausa iš CBE sukels transliaciją CBS pranešimų radijo sąsajoje. Įspėjamojo pranešimo pristatymo procedūra pateikta 2.5 pav.



2.5 pav. Įspėjamojo pranešimo pristatymas GSM tinkle [7]

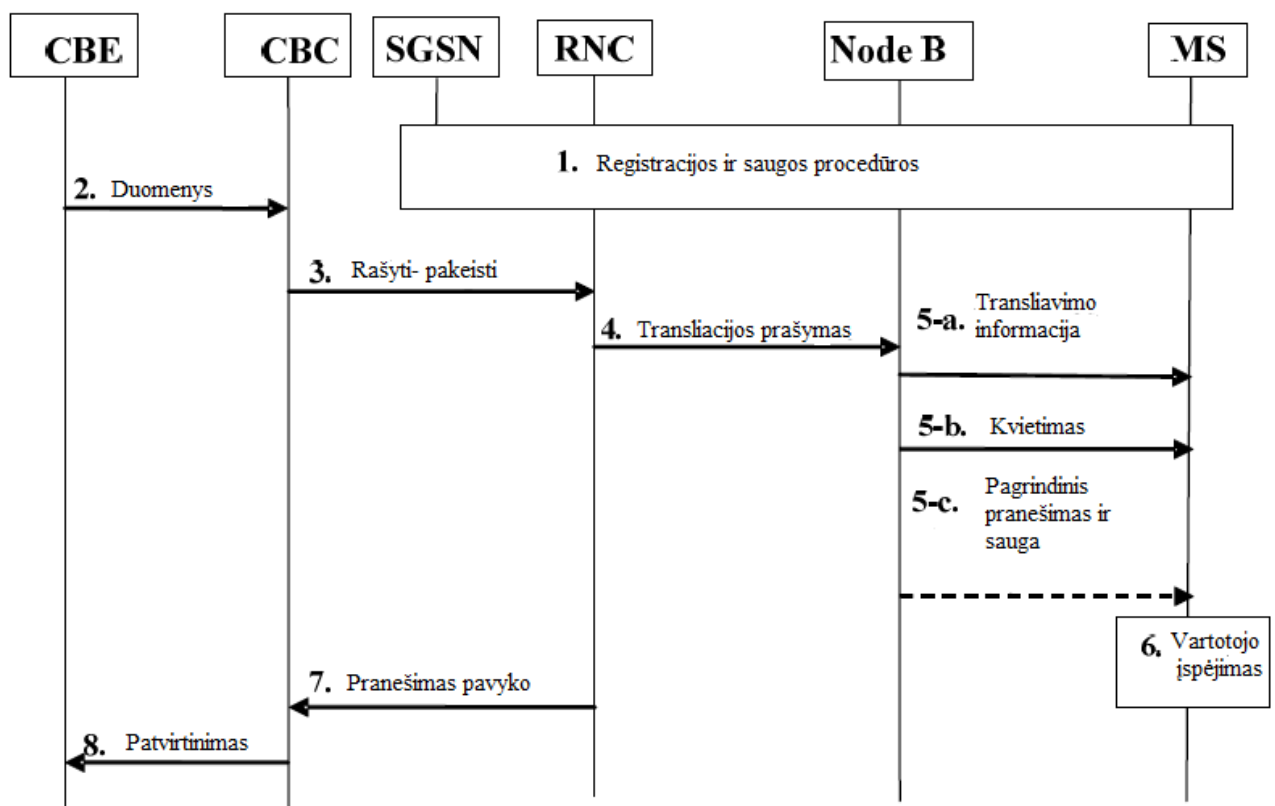
Įspėjamojo pranešimo pristatymo etapai [7]:

1. Tinklo registracijos ir saugumo procesų atlikimas.
  2. CBE siunčia pavojaus įspėjimą (įspėjimo tipas, įspėjimo žinia, paveikta vietovė ir laiko intervalas) CBC. CBC autentifikuoja pranešimą. O prie įspėjimo tipo prideda reikšmę ar tai atliekamas testas, ar audra, ar kita kokia stichija.
  3. Naudojant paveiktos vietovės informaciją, CBC identifikuoja su kuriais BSC reikia susisiekti ir sudaryti celių sąrašą, kurioms celėms informacija turi būti transliuojama. CBC turi išsiųsti rašyti- pakeisti (angl. Write-Replace) pranešimą visoms identifikuotoms BSC. Rašyti-pakeisti pranešimo tikslas duoti ženklą, kada CBC nusprendžia siųsti naują pranešimą arba pakeisti esamą pranešimą, kuris bus transliuojamas su nauju pranešimu.
  4. BSC naudoja celių sąrašo informaciją identifikuoti, kuriose celėse įspėjamasis pranešimas turi būti ištransliuotas. Taip lygiagrečiai atliekami veiksmai BSC/BTS:
    - a) CBS pranešimo transliavimas remiantis laiko periodu, kuris yra reikalaujamas CBE.
    - b) Kvietimo pranešimų siuntimas įspėjant mobiliuosius įrenginius esančius tuščioje eigoje jog šie pradėtų skaityti CB kanalą, kad gautų CBS pranešimus.
    - c) Gali siųsti ETWS (angl. Earthquake and Tsunami Warning System) svarbiausią perspėjimo pranešimą, kad kiti pranešimai pasiektų mobiliuosius įrenginius sujungimo režime.
  5. Mobilioji stotis skubiai įspėja vartotoją naudodama įspėjimo tipo reikšmę, kai tik gauna ETWS svarbiausią įspėjimą pranešimą, jeigu MS gali priimti ETWS ir jeigu MS buvo autentifikuota esamoje celėje pagrindinio tinklo (angl. core network).
- Pastabos. Jei MS gauna tą patį ETWS svarbiausią perspėjimo pranešimą daugiau nei kartą, jis pagal nutylėjimą atmeta vėliau gautą perspėjimo pranešimą. Jeigu MS nėra autentifikuota esamos celės pagrindiniame tinkle, mobilioji stotis nebandys gauti transliuojamų CBS pranešimų apibūdintų žemiau.
- Kai tik MS priima ETWS svarbiausią perspėjimo pranešimą, ji pradeda skaityti CB kanalus, kad gautų antrinį perspėjimą. MS vartotojui parodo antrinio perspėjimo pranešimo turinį. MS turi atsižvelgti į dubliuotą pranešimą, jeigu žinutės identifikavimo ir serijinio numerio kombinacija sutampa su prieš tai gautos žinutės iš to pačios PLMN (angl. Public Land Mobile Network). Mobilioji stotis turi ignoruoti dubliuotą pranešimą. Dubliuoto pranešimo aptikimas turi būti atliktas nepriklausomai svarbiausiam ir antriniam perspėjimui.
6. BSC nusiunčia Pranešimas Pavyko (angl. Report-Success) pranešimą CBC kaip atsaką į Rašyti- Pakeisti pranešimą.

7. CBC nusiunčia patvirtinimą CBE.

### 2.2.6. Įspėjamo pranešimo pristatymas UMTS tinkle

Šiuo atveju pranešimo skaidymas su nauju avariniu nurodymu gali sukelti CBS pranešimų siuntimą į mobiliuosius terminalus be MMI (angl. Man-Machine Interface). Mobiliosios stotys suaktyvintos gauti CBS pranešimus, jų siuntimas nutraukiamas po tam tikro laiko intervalo, kuris neturėtų būti mažesnis nei 30 minučių kai DRX-Level-2 (angl. Discontinuous reception) panaudojamas ir 2 minutės kai DRX-Level-1 panaudojamas. 2.6 pav. pateiktas įspėjamojo pranešimo pristatymas UMTS tinkle.



2.6 pav. Įspėjamojo pranešimo pristatymas UMTS tinkle [7]

Įspėjamojo pranešimo pristatymo etapai [7]:

1. Tinklo registracijos ir saugumo procesų atlikimas.
2. CBE siunčia pavojaus išpėjimą (ispėjimo tipas, ispėjimo žinia, paveikta vietovė ir laiko intervalas) CBC. CBC autentifikuoja pranešimą. O prie ispėjimo tipo prideda reikšmę ar tai atliekamas testas, ar audra, ar kita kokia stichija.
3. Naudojantis paveiktos vietovės informacija, CBC identifikuoja su kuriais RNC turi

sisisiekti ir sudaro paslaugos zonos ID sąrašą celėms, kurioms informacija turi būti ištransliuota. CBC siunčia Rašyti- Pakeisti pranešimą visiems identifikuotiems RNC.

4. RNC panaudoja paslaugos zonos ID sąrašo informaciją identifikuoti su kuriais Node B reikia susisiekti ir tada jie perduoda toliau jiems informaciją naudodami atitinkamas Iub sąsajos pranešimus.

5. Node B gavęs pranešimą iš Iub su avariniu nurodymu imasi lygiagrečių veiksmų:

a) Pradedama transliacija išpėjamų pranešimų. Tai yra transliuojama panaudojant CB kanalą ir modifikavus sistemos informacijos pranešimus. Ši transliacijos informacija yra kartojama be perstojo iš Node B CBE pareikalautą laiko intervalą.

b) Kvietimo pranešimų siuntimas išpėjant mobiliuosius įrenginius esančius tuščioje eigoje jog šie pradėtų skaityti CB kanalą, kad gautų CBS pranešimus.

c) Gali siųsti ETWS nurodymus kituose pranešimuose, kad pasiektų mobiliąsias stotis sujungimo režime. Įtraukimas ETWS nurodymų toks pat kaip ir skaidymas pranešimų paminėtas aukščiau.

6. Vartotojo įranga skubiai išpėja vartotoją naudodama išpėjimo tipą reikšmę priimta iš ETWS nurodymo, jeigu vartotojo įranga sukonfigūruota gauti ETWS išpėjimus ir vartotojo įranga buvo autentifikuota pagrindinio tinklo Node B į kurį pateko.

Pastabos. Jei vartotojo įranga gauna tą patį ETWS nurodymą daugiau nei kartą, jis pagal nutylėjimą atmeta nebūtiną pirminį perspėjimą.

Priėmus ETWS nurodymą, vartotojo įranga aktyvuoja priėmimą transliacinių pranešimų turinčių perspėjimą, kaip antrinį pranešimą. Vartotojo įranga vartotojui parodo perspėjimo pranešimo turinį. Vartotojo įranga turi atsižvelgti į dubliuotą pranešimą, jeigu žinutės identifikavimo ir serijinio numerio kombinacija sutampa su prieš tai gautos žinutės iš to pačios PLMN. Vartotojo įranga turi ignoruoti pranešimą aptiktą kaip dublikatą. Dubliuoto pranešimo aptikimas turi būti atliktas nepriklausomai svarbiausiam ir antriniam perspėjimui.

7. RNC mazgas siunčia Pranešimas Pavyko pranešimą į CBC kaip atsaką į Rašyti-Pakeisti.

8. CBC siunčia patvirtinimo pranešimą CBE.



### 2.2.7. CBS pranešimo struktūra

Korinio transliavimo žinutė praktiškai nėra pasikeitusi visiems mobilaus ryšio standartams. Ji sudaryta iš 88 oktetai, kur vienas oktetas atitinka aštuonis bitus duomenų informacijos. Pirmi 6 oktetai naudojami identifikuoti ir apibūdinti pranešimo charakteristikas, likusieji 82 oktetai naudojami pernešti žinutės apkrovą. Tai suteikia iš viso 93 galimus simbolius viename pranešimo lape, tačiau jei naudojamas standartinis 7 bitų GSM alfabetas, kai kurioms kalboms yra reikalingi 2\*8 bitai vienam simboliui, tad bendras simbolių kiekis sumažėja iki 41 simbolio viename lape. Standartiniu atveju pranešimas gali susidėti iš 15 sujungtų lapų. Vieno pranešimo bazinė struktūra pateikta 3 lentelėje [6].

3 lentelė. CBS pranešimo struktūra

Okteto numeris (1 oktetas = 8 bitai)	Lauko pavadinimas ir paskirtis
1 – 2	<i>Serijinis numeris.</i> „Cell Broadcast“ paslaugų pranešimo identifikatorius, kuris nurodo paruoštos informacinės žinutės platinimo geografinę vietovę, o taip pat leidžia pagal unikalų žinutės kodą atskirti to paties tipo žinutes vieną nuo kitos.
3 – 4	<i>Žinutės identifikatorius.</i> Tai parametras, kuris identifikuoja pranešimo siuntėją. Identifikatoriaus numeris dešimtainėje išraiškoje gali kisti nuo 0 iki 999 ir gali būti standartizuojamas pagal judriojo ryšio operatoriaus poreikius. Būtent atsižvelgus į žinutės identifikatoriaus numerį (kanalą), klientams yra vykdomas masinis paruoštų „Cell Broadcast“ pranešimų transliavimas.
5	<i>Duomenų kodavimo schema.</i> Tai parametras, kuris skirtas nustatyti kokiomis savybėmis pasižymį konkreti siunčiama CBS paslaugos trumpoji žinutė, t.y. kokia kalba ar alfabeto forma yra naudojama. Tokiu būdu judriojo ryšio abonentas užsisakęs tam tikro kanalo prenumeratą, gali ignoruoti informacinius pranešimus, kurie bus siunčiami jam nesuprantama kalba.
6	<i>Puslapiavimas parametras.</i> Nurodo koks puslapių skaičius sudaro siunčiamą CBS paslaugos pranešimą bei nurodo kuriame iš 15 galimų puslapių yra siunčiamas informacinio pranešimo turinys.
7 – 88	<i>Žinutės informacinis turinys.</i> Likusieji 82 oktetai yra naudojami „Cell Broadcast“ trumpųjų žinučių informaciniam turiniui, t. y. apkrovai talpinti. Perduodamos informacinės žinutės turinys gali būti pateikiamas tiek įprasta tekstine, tiek dvejetainine forma.

### **2.2.8. Trumpųjų žinučių perdavimo spartos galimybės**

Kaip jau buvo minėta anksčiau, trumposios SMS žinutės organizuojant informacinio pobūdžio paslaugas dideliame žmonių kiekiui, negali konkuruoti su „Cell Broadcast“ technologija. Pagrindinis aspektas, kuris neleidžia to daryti – ribotos naudojamų SMS perdavimo kanalų judriojo ryšio tinkluose galimybės. Kitaip sakant siunčiamos SMS žinutės visų pirma patenka į trumpųjų žinučių centrą SMSC (angl. *Short Message Service Center*), o šis tinklo komponentas per apibrėžtą laiko periodą gali aptarnauti pakankamai ribotą skaičių žinučių. Taigi dėl tos priežasties didžiųjų metų švenčių metu galime pajusti pakankamai didelį siunčiamų trumpųjų žinučių perdavimo vėlinimą, o tai patvirtina faktą, kad SMS nėra tinkamas masiniam informacinių žinučių perdavimui.

Tuo tarpu „Cell Broadcast“ technologija trumpųjų žinučių perdavimui judriojo ryšio tinkluose turi išskirtą visiškai atskirą signalizavimo kanalą, kurio srauto perkrovos galimybė yra sunkiai tikėtina, todėl CBS žinučių pristatymo vėlinimas galimas tik dėl prastos bazinės stoties celių teritorijos aprėpties [17, 18]. Pavyzdžiui, GSM standarte yra nurodoma, kad CBS žinutė gali būti išsiunčiama kas 1,883 sekundės. Žinoma, tam tikrą vėlinimą sudaro korinio transliavimo centro žinučių paskirstymas bazinėms stotims, tačiau praktiniai eksperimentai rodo, kad 40 tūkst. bazinių stočių gali būti aptarnaujama per 30 sekundžių, o 500 tūkst. aktyvių CBS paslaugos vartotojų žinutes turėtų gauti per 1 sekundę, kai tuo tarpu tokį žinučių skaičių per tokį laiko periodą išsiųsti per SMS gali nepakakti ir 500 atskirų SMSC [3].

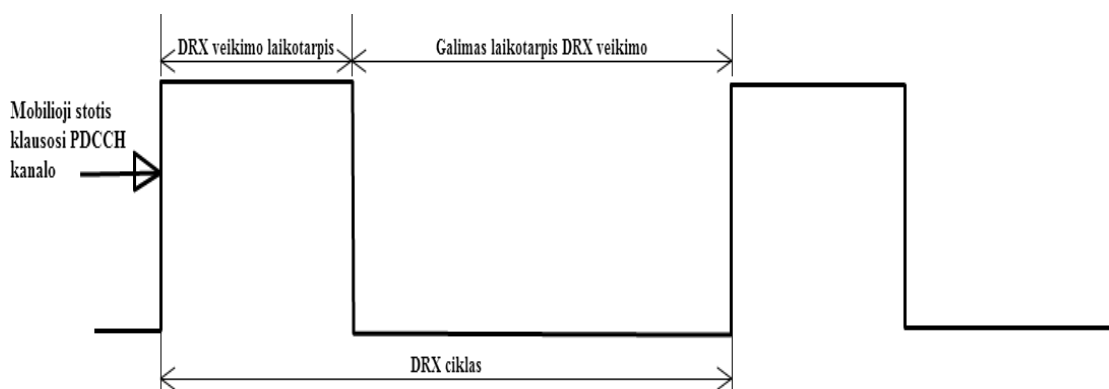
### **2.2.9. Dubliuoto pranešimo aptikimas**

Mobiliosios stotys atmeta transliuojamus pranešimus, kurie buvo jau gauti. Tai yra atliekama dėl dubliavimo aptikimo mechanizmo, kuris atlieka serijinio numerio ir pranešimo identifikavimo patikrinimą. Buvęs pranešimas padalinamas į tris laukus, kurie kartu unikalčiai identifikuoja transliacinio pranešimo turinį ir geografinę apimtį. Kita vertus pranešimo identifikavimo reikšmė turi informaciją priklausomą nuo transliacinio pranešimo temos. Jei korinis pranešimas yra transliuojamas su tomis pačiomis dvejomis reikšmėmis, kurios buvo naudojamos nusakyti geografinę sritį, kuri jau buvo panaudota prieš tai siųstame pranešime su ta pačia geografinė erdve, tai siunčiamasis pranešimas yra atmetamas MS. Tai yra svarbi savybė, nes ji apsaugo nuo pasikartojančių CBS arba ETWS pranešimo, taip ženkliai sumažindama gaunamų pranešimų į mobilias stotis. Šis atvejis yra priešingas SMS pranešimams, kuriems nerūpi kokie jų ID ar turinys, jos visada gaunamos.

### 2.3. Ciklų formavimo metodas

Ciklų formavimo metodas DRX mobiliajame ryšyje egzistuoja tarp tinklo ir mobilios stoties, o jo paskirtis tausoti mobilios stoties energiją. Ciklų formavimas leidžia mobiliai stočiai išjungti radijo imtuvą iš anksto numatytam laiko intervalui vietoje nuolatinio radijo kanalo klausymosi. Ciklų formavimo mechanizmas yra valdomas dviejų parametru: neaktyvaus laikmačio slenksčio ir ciklų formavimo ciklo [10]. Remiantis šaltiniu [15] toliau apžvelgiami kiti DRX parametrai:

- Aktyvus laikas: laikas kuriuo metu vartotojo įranga yra budėjimo režime. Kai DRX yra sukonfigūruotas aukštesnio lygmens tada įtraukiamas ir DRX veikimo laikotarpis – tai laikas kuriuo metu vartotojo įranga ištiesai stebi fizinį žemynkryptį valdymo kanalą PDCCH (angl. Physical Downlink Control Channel), kol DRX neveiklumo laikmatis nepasibaigė ir vartotojo įranga ištiesai stebi PDCCH, kol DRX retransliavimo laikmatis nepasibaigė;
- Ciklų formavimo ciklas: apibūdina periodiškus pasikartojimus DRX veikimo laikotarpio kartu su galimu laikotarpiu kuriuo metu galėtų veikti DRX (2.7 pav.);



2.7 pav. DRX ciklas

- Ciklų formavimo neveiklumo laikmatis: apibūdina nuoseklių perdavimo laiko intervalų TTI (angl. Transmission Time Interval) kiekį, kuriuos vartotojo įranga stebi po sėkmingo PDCCH dekodavimo. PDCCH parodo pradinį aukštynkryptį ir žemynkryptį vartotojo duomenų perdavimą galinei įrangai;
- Ciklų formavimo retransliavimo laikmatis: apibūdina kiekį TTI, kuriuos vartotojo įranga stebės PDCCH kai tik yra tikimasi žemynkrypčio retransliavimo iš vartotojo įrangos;
- Ciklų formavimo trumpojo ciklo laikmatis: šis parametras apibūdina kiekį TTI, kuriuos trumpus DRX ciklus vartotojo įranga turi sekti pasibaigus DRX neveiklumo laikmačiui;
- Hibridinis automatinis užklausų pakartojimo uždaro laiko HARQ; RRT (angl.

Hybrid Automatic Repeat reQuest; Round Trip Time) laikmatis: šis parametras apibūdina minimalų kiekį TTI prieš tai kai tikimasi iš vartotojo įrangos žemynkrypčio HARQ;

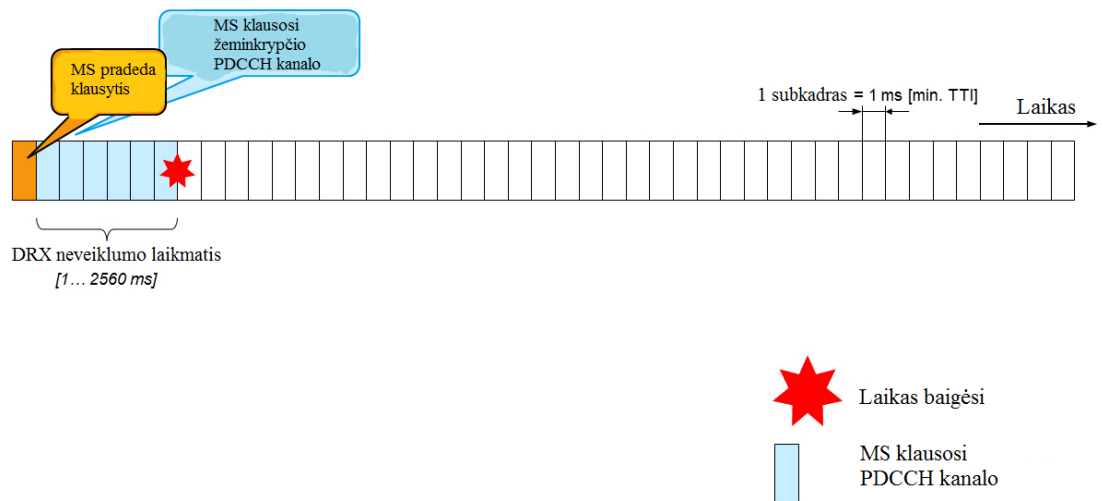
- Veikimo laikmatis: apibūdina kiekį nuoseklių TTI, kuriuos vartotojo įranga stebės PDCCH galimiems paskirstymams. Veikimo laikmatis yra dalis DRX ciklo;
- Atsitiktinės prieigos radijo tinklo laikinas identifikatorius RA-RNTI (angl. Random Access Radio Network Temporary Identifier): RA-RNTI yra naudojamas kartu su PDCCH kada atsitiktinės prieigos atsakymo žinutės yra perduodamos.

### **2.3.1. Ciklų formavimo režimų skirtumai**

Yra du DRX režimai LTE (angl. Long-Term Evolution) ryšiui: tuščios eigos ir prijungtasis, pastarasis dar gali būti vadinamas cDRX. Toliau bus palyginami skirtumai tarp šių dviejų režimų. Tuščios eigos režimas apibūdina būklę, kurioje nėra radijo resursų valdymo RRC (angl. Radio Resource Control) tarp įrenginio ir tinklo, tačiau įrenginys vis tiek klausosi tokių pranešimų kaip ateinantys ryšiai, sistemos informacijos pakeitimai ar PWS įspėjimai. Teoriškai ieškoma radijo tinklo laikino identifikatorius P-RNTI (angl. Paging-Radio Network Temporary Identifier) PDCCH kas milisekundę. Stebint kanalą išvien baterijos išsikrovimo trukmė gali reikšmingai padidėti. Tuščios eigos režime įrenginys stebės tik būtinus subkadrus (angl. subframes) specifiniuose radijo kadruose ir ieškos tik pranešimo. Taigi vartotojo įrenginyje įsijungs “miego“ režimas su tikslu taupyti baterijos energiją. Pirminė konfigūracija tuščios eigos DRX ciklui ateis iš aukštesnių lygmenų – neprieinamo sluoksnio NAS (angl. Non-Access Stratum) signalizavimo, bet priklausomai nuo įrenginio jie gali skirtis. Kaip alternatyva ji gali būti transliuojama naudojant sistemos informacijos bloką SIB (angl. System Information Block) kaip numatytą ieškojimo ciklą. Tokiu atveju specifinė celė yra bendra visiems įrenginiams esantiems toje celėje. Remiantis nustatytais parametrais terminalas apibrėžia radijo kadro subkadrus kuriose ieškos pranešimų. Panašus yra ir cDRX režimas tik tai jame tinklas nustato būtinus parametrus siunčiant pranešimą [16].

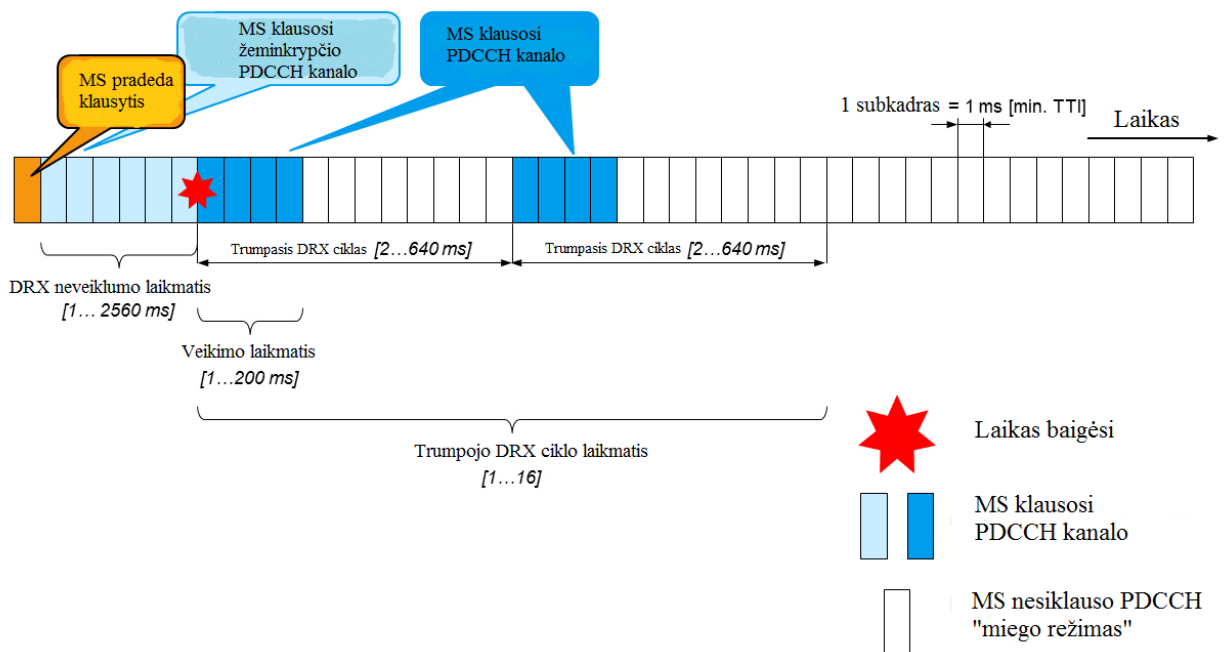
### **2.3.2. Ciklų formavimo laikmačių veikimas**

Kai vartotojo įrenginys gauna suplanuotą leidimą žemynkrypčiui arba aukštyntypčiui ryšiui (2.8 pav.), terminalas visada atstato DRX neveiklumo laikmatį (angl. drx-InactivityTimer).



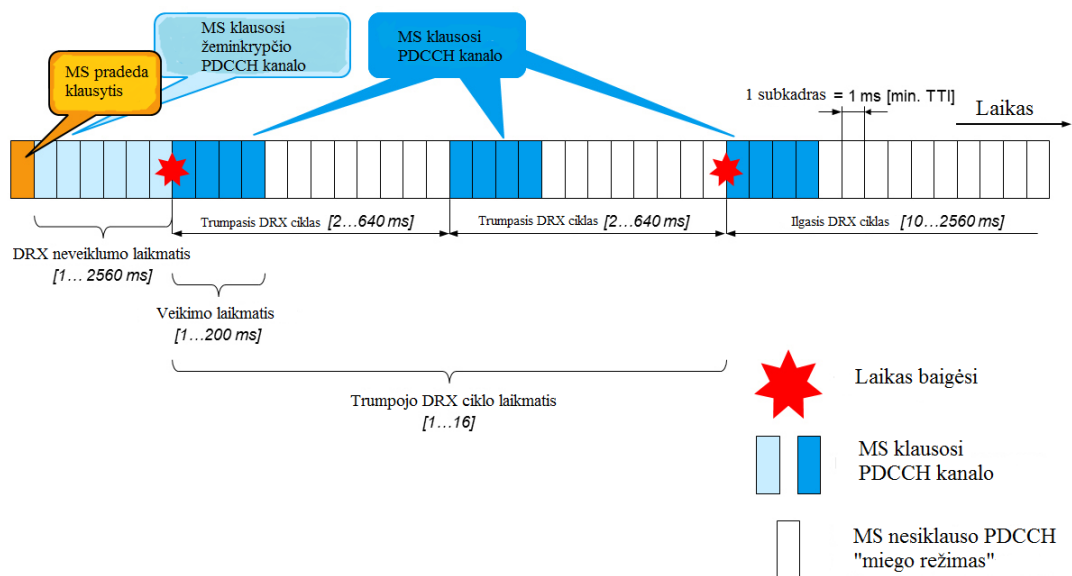
2.8 pav. Prijungtasis DRX apibūdinant tik neveiklumo laikmatį [16]

Šio laikmačio intervalas yra nuo 1 ms iki 2560 ms. Jeigu įrenginys negauna kito suplanuoto leidimo subkadrai arba sekančiam iš eilės subkadrai, tada įrenginys neatstatys laikmačio į pradinę padėtį, o leis laikui toliau „tikseti“. Kai kuriais atvejais, priklausomai nuo nustatymų, laikmatis pasibaigs ir tada įrenginys bus priverstas pereiti į DRX ciklą. Patys DRX ciklai yra dviejų tipų: ilgasis ir trumpasis. Įrenginys duoda ženklą, kad palaiko abu ciklus vykstant registracijai ir pridedamam procesui. Vartotojo įrenginys pateikia savo galimybes tinklui, kuris įtraukia jo savybes grupės indikatoriui FGI (angl. Feature Group Indicator). FGI yra 32 bitų taškinis atvaizdas, kur 4 ir 5 bitas parodo jog palaiko ilgą ir trumpą DRX ciklą. Pasibaigus neveiklumo laikmačiui įrenginys vėl įjungia trumpąjį DRX ciklą (2.9 pav) [16].



2.9 pav. Prijungtasis DRX įvertinant trumpąjį DRX ciklą [16]

Ilgasis ir trumpasis DRX ciklai yra charakterizuoti veikimo laikmačiu (angl. on Duration Timer) ir “miego“ laikotarpiu, kuriuo metu imtuvas gali būti išjungtas. Tam tikram laikotarpiui terminalas stebės PDCCH gaunamus planuotus leidimus. Neveiklumo trukmė yra apibrėžta trumpojo DRX ciklo (angl. short DRX-Cycle), kurio trukmė iki 640 ms. Trumpojo DRX ciklo laikmatis (angl. drx Short Cycle Timer) nurodo kiekį trumpųjų DRX ciklų, kurių gali būti nuo 1 iki 16, prieš įrenginiui pereinant į ilgąjį DRX ciklą. Vykstant ilgajam DRX ciklui (2.10 pav.) įrenginys stebi žemynkryptį ryšį, kurio laikas yra nustatytas veikimo laikmačio, tačiau “miego“ laiko tarpas yra ilgesnis už mažąjį DRX ciklą. Taip atsiranda galimybė išsaugoti daugiau baterijos energijos. Dažniausiai ilgasis DRX ciklas yra sudaromas iš keleto trumpų DRX ciklų [16].



2.10 pav. Prijungtasis DRX įvertinant ilgąjį DRX ciklą [16]

Tai gi manipuluojant minėtais parametrais galima nustatyti įvairias reikšmes, kurios padės tausoti baterijos energiją. Kuo ilgesni du ciklai ir kuo trumpesni laikmačiai būna, tuo daugiau bus išsaugoma energijos vykstant aktyviems ryšiams. Visgi naudojant VoLTE (angl. Voice over Long-Term Evolution) technologiją yra svarbu, kad ilgasis ir trumpasis DRX ciklai atitiktų balso paketo trukmę – 20 ms. Dėl šios priežasties šie du ciklai turi būti nustatyti 20 ms arba 40 ms, kas leistų priėmimą iki dviejų balso paketų. Toliau veikimo laikmatis ir neveiklumo laikmatis turi būti nustatyti naudojant minimalias vertes. Visi DRX parametrai yra paremti tinklo parametrais. Paslaugos tiekėjas patvirtina skirtingas kombinacijas vykstant išplėstinio paleidimo testavimui LTE tinklo optimizacijai palaikant VoLTE. Taip pat jie atlieka konfigūracijas paremtas duomenų rinkimu tinkle. Tai reiškia, kad skirtingi DRX nustatymai gali būti atliekami skirtinguose vietovėse ir skirtingose rinkose [16].

### 3. Korinio transliavimo paslaugos įtakos mobilaus įrenginio energetinių resursų sunaudojimui tyrimas

Šioje dalyje bus paskaičiuotas energetinių resursų suvartojimas galiniame įrenginyje, atlikti matavimai skirtinguose darbinuose režimuose ir iš gautų rezultatų nustatyta kokią reikšmę energetiniams resursams turi įjungta korinio transliavimo paslauga.

#### 3.1. Apskaičiuotas energetinių resursų suvartojimas galiniame įrenginyje

Remiantis [5] šaltiniu, galima paskaičiuoti kiek energijos turėtų suvartoti MS. Veikianti mobilioji stotis visada ir pastoviai klausosi tam tikrų kanalų. Šie kanalai atsiranda nustatytais laiko intervalais tam tikrais laiko tarpniais apie kuriuos MS žino. Tik per šiuos laiko tarpnius MS įjungia savo radijo imtuvą ir pradeda klausytis kanalų. Jei korinio transliavimo paslauga įjungta telefone, tada MS turi įjungti savo radijo imtuvą dažniau. Tam, kad ištirti kaip korinis transliavimas veikia energijos sąnaudas MS, galima palyginti, kiek daugiau turėtų MS suvartoti energijos kai įjungta korinio transliavimo paslauga ir atvirkščiai kiek mažiau jei neįjungta, jei darome tokią prielaidą. Vienas iš svarbių faktorių, kuris taip pat turėtų padidinti energijos suvartojimą yra gautos korinio transliavimo žinutės apdorojimas MS. Šią faktorių atmesime, nes atliekant skaičiavimus yra sunku nustatyti konkrečias srovės sunaudojimo vertes kai vyksta žinutės apdorojimas. MS tuščios eigos (angl. idle mode) režimas, tai toks režimas kada mobilioji stotis yra veikianti, kanalų yra klausomasi, bet ekranas yra „miego“ būsenoje, kitaip neaktyvuotas.

##### 3.1.1. Tuščios eigos režimas neįjungus korinio transliavimo paslaugos

Kaip teigiama [5] šaltinyje, MS klausosi trijų skirtingų kanalų tuščios eigos režime: Kvietimo kanalo PCH (angl. Paging Channel), transliavimo kontrolės kanalo BCCH (angl. Broadcast Control Channel) ir dažnio korekcijos kanalo FCCH (angl. Frequency Correction Channel). Yra galimos skirtingos signalizavimo kanalų kombinacijos, kurios priklauso nuo skirtingų gaunamų kadrų struktūros. Duomenų kanalai naudoja 26 multikadrų struktūrą, o signalizavimo kanalai 51 multikadro stuktūrą. Skaičiuosime 4 ir 5 kombinacijas (4 lentelė).

4 lentelė. Kanalų kombinacijos GSM tinkle [5]

Kombinacijos Nr.	Naudojami kanalai
1	TCH/FS+FACCH/FS+SACCH/FS
2	TCH/HS+FACCH/HS+SACCH/HS

3	TCH/HS(0)+FACCH/HS(0)+SACCH/HS(0)+TCH/HS(1)+ +FACCH/HS(1)+SACCH/HS(1)
4	FCCH+SCH+CCCH+BCCH
5	FCCH+SCH+CCCH+BCCH+SDCCH/4+SACCH/4
6	CCCH+BCCH
7	SDCCH/8+SACCH/8

Dažnio koregavimo kanalas pasirodo kas 51 multikadrą 5 laikiniuose intervaluose (angl. time slot) ir mobilioji stotis naudoja visus penkis laikrodžio sinchronizavimui. Transliavimo kontrolės kanalas perduodamas kas 51 multikadrą keturiuose laikiniuose intervaluose. Kvietimo kanalas dažnai grupuojamas su kitais įprastiniais kontrolės kanalais CCCH (angl. common control channels). Laikoma, kad kvietimo kanalas pasirodo kas 51 superkadra. Apibendrinus, tuščios eigos režime MS turi klausytis devynių laikinių intervalų kas kiekvieną 51 multikadrą plus vieną papildomą kas penktą 51 superkadra. Kombinavimas signalizavimo kanalų užima vieną laikinį intervalą kas kiekvieną kadra, tuo tarpu kai kitos kombinacijos yra priskirtos kitiems likusiems septyniems laikiniams intervalams. Teoriškai skaičiuojame tik laiką kai MS klausosi kanalų. Taigi apdorojimai vykdomi MS kai klausomasi kanalų yra atmetami. 51 multikadras susideda iš  $51 * 8 = 408$  laikinių intervalų, kur 51 laikinis intervalas naudojamas signalizavimo kanalų kombinacijoms, kurios tuo metu būna reikalingos, o kiti laikiniai intervalai yra rezervuojami miegui ar kitom MS funkcijoms. Kad paskaičiuoti visiems kanalams, lengviausia yra paimti visus penkis 51 superkadro laiko periodus ir tai duoda  $5 * 408 = 2040$  laikinius intervalus. Per šituos 51 multikadrus MS klausosi  $5 * 9 + 1 = 46$  laikinius intervalus jei korinis transliavimas neįjungtas. Šitie 46 laikiniai intervalai atitinka maždaug 2,25 % iš 2040. Šie skaičiai bus panaudoti kitame skyriuje, tam kad paskaičiuoti energetinių resursų galimą teorinį padidėjimą

### 3.1.2. Tuščios eigos režimas įjungus korinį transliavimą

Kai korinio transliavimo paslauga įjungta MS pradeda klausytis papildomo korinio transliavimo kanalo CBCH (angl. Cell Broadcast Channel), kuris yra dalis autonominio skirtojo valdymo kanalo SDCCH (angl. Stand- Alone Dedicated Control Channels). CBCH atsiranda keturiuose laikiniuose intervaluose kas kiekviena 51 multikadrą. Kaip jau minėta ankstesnėje dalyje, korinio transliavimo pranešimas yra padalintas į 4 blokus, kurie transliuojami kas 4 laikinius intervalus kiekvienas. Kai CBCH yra tuščios eigos režime, pusę laiko kiekvienas blokas reikalauja



2 multikadrų periodo, kuriame tik vienas multikadras iš 4 CBCH laikinių intervalų yra naudojamas.

Priklausomai nuo to ar pranešimas yra dominantis MS paskaičiuojamas procentiškai laikinių intervalų klausimosi padidėjimas skirtinguose režimuose. Ir tai galima prilyginti procentiniam energetinių resursų sunaudojimui MS.

- **Korinis transliavimas aktyvuotas MS, bet BCCH neteikia instrukcijų mobilajai stočiai kada ji turi klausytis pranešimų.** Šitame režime korinio transliavimo paslauga įjungta MS, bet tinklas pats neturi galimybės jos įjungti. Galima sakyti, kad operatorius neaktyvavęs paslaugos. Tada MS veiks taip pat kaip ir tuščios eigos režimu neįjungta paslauga.
- **Korinis transliavimas aktyvuotas MS, bet nesiunčiami jokie pranešimai į ją.** Šiame režime MS žino kuriuos CBCH laikinius intervalus ji turi klausyti, pvz. tą kuris turi antraštę. MS įjungia savo radijo imtuvą, kai žino kada reik klausytis kanalo ir išjungia tada kai supranta jog niekas nėra siunčiama. MS elgiasi taip pat kaip ir klausytų kitų kanalų, pavyzdžiui PCH.
- **CB aktyvuotas MS, bet išsiųsti pranešimai yra nedominantys MS.** Tada MS perskaitys tik pirmąjį bloką kiekvienos žinutės. Šitame režime priimama tokia sąlyga, kad CB pranešimas yra periodiškai siunčiamas ( bet negaunamas visas) su pasikartojančiu siuntimo periodu kas 1,883 s, be nustatyto planavimo. Planavimas - tai paslauga kuria nustato operatoriaus- tinklo pusė. Šitas režimas yra realiausias, nes mobilioji stotis gavus pranešimą ir palyginus su prieš tai gautu ir jei pranešimas identiškas, jį atmeta. Realu, kad stichinės nelaimės, apie kurias bus pranešama vyks viena po kitos ir bus sugeneruojami nauji pranešimai skirtingais laikiniais intervalais, todėl tai privers MS gauti visus 4 CB pranešimo blokus kas kiekvieną 1,883 s. Per aštuonių 51 multikadro periodą MS šitu režimu perskaitys pirmus 4 laiko momentus ir ignoruos kitus. „Miego“ režime neįjungus CB tokiam režimui kai MS klausosi CBCH, laikiniai intervalai gali būti paskaičiuoti  $8 * 408 = 3264$ . MS klausosi 4 laikinių intervalų iš jų, kurie atitinka 0,12 % intervalų padidėjimą. Paėmus kartu laikinius intervalus kurių visada MS klausosi (3.1.1. skyrius) gaunasi  $2,25 + 0,12 = 2,37\%$  padidėjimas. Skirtumas procentiškai nuo režimo CB neaktyvuotas būtų  $0,12 / 2,25 = 5,4\%$ .
- **CB aktyvuotas MS ir išsiųsti pranešimai yra dominantys MS.** Šitame režime MS perskaito visą pranešimą pilnai, t.y. gauna visus 4 pranešimo blokus. Tai mažai tikėtinas režimas įspėjamosioms žinutėms gauti, daugiau gal tai tiktų komercinių

žinučių gavimui. MS klausosi 4 laikinių intervalų kas kiekvieną kitą 51 multikadrą per periodą iš aštuonių 51 multikadro, darant prielaidą kad korinio transliavimo pranešimai siunčiami nuolat kas 1,883 s periodą ir gaunamos pilnai. Galima procentiškai paskaičiuoti laikinius intervalus kada MS klausosi CBCH. Kad gauti vieną bloką, periodas iš dviejų 51-multikadrų yra galimas, paskaičiuojant būtų  $2 * 408$  laikinių intervalų, sumoje 816. Jei MS klausosi 4 laikinių intervalų, jie sudaro 0,5%. Tai padidėjimas klausant būtų  $2,25 + 0,5 = 2.75\%$ . Tai bendras padidėjimas  $0,5 / 2.25 = 22.2\%$ . Šita reikšmė procentais galima tik tada, kai MS tikrai gauna korinio transliavimo pranešimus.

- **CB yra aktyvuotas MS ir naudojamas planavimas.** MS skaito pilną suplanuotą pranešimą, kuris domina MS. Šitame režime sunku paskaičiuoti kiek papildomai daugiau laikinių intervalų MS turi klausytis, prieš gaunant CB pranešimą, prieš tai MS turi gauti pranešimą iš CBCH. Nauja planavimo žinutė yra siunčiama MS kai pasikeičia MS geografinė vietovė. Visas planavimo periodas susideda iš 40 laikinių intervalų, pvz.  $40 * 1,883$  sekundės (apytiksliai tai lygu 75 sekundėms). Taigi, darome prielaidą, kad kai CB įjungtas, tiksliai po to kai planavimo žinutė buvo išsiųsta, atsiranda 75 sekundžių vėlinimas, kol MS gauna kitą planavimo žinutę su informacija, kurią CB turės gauti ir pilnai apdoroti. Per šitą vėlinimo periodą MS gauna pirmąjį bloką kiekvienos CB išsiųstos žinutės. Taigi yra sunku šitame režime paskaičiuoti kiek laikinių intervalų MS klausosi, nes vėlinimas gali dar daugiau padidėti, kai atsiranda MS geografinis poslinkis. Tam, kad teoriškai paskaičiuoti daromos tokios prielaidos: vartotojas yra suinteresuotas gauti tik įspėjamuosius CB paslaugos pranešimus; 32 pranešimų planavimo periodas yra naudojamas ir vienas iš tų 32 pranešimų turi savyje „skaitymo patarimą“ tai reiškia, kad MS turi klausytis būtent to laikinio intervalo. Kartu su 32 žinutėmis yra siunčiama planavimo žinutė, tai viso sudaro 33 CB žinutes. Šituo laiko periodu MS naudoja 4 laikinius intervalus tam, kad gauti visą pilną žinutę ir 1 laikinį intervalą su „skaitymo patarimu“ iš laikinio intervalo. Viso tai sudaro planavimo periodo  $33 * 8 * 408 = 107712$  laikinius intervalus. 5 laikiniai intervalai, kurių mobilioji stotis klausosi ar gauna atitinka  $4,64 * 10^{-7}\%$  iš visų laikinių intervalų kurių MS klausosi. Taigi gaunasi 2,25% padidėjimas ir tai nesudaro reikšmingo laikinių intervalų padidėjimo.

Taigi paskaičiavus korinio transliavimo paslaugos laikinių intervalų padidėjimą įvairiuose režimuose matome, kad tuščioje eigoje neįjungus korinio transliavimo paslaugos MS suvartoja 2,25

procento bendros baterijos energijos, įjungus paslaugą padidėjimas varijuoja atitinkamai nuo naudojamo režimo. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 5 lentelėje.

5 lentelė. Energijos suvartojimas paskaičius laikinių kanalų padidėjimą

Režimo Nr.	Tuščios eigos režimai	Energijos suvartojimas paskaičius laikinių kanalų padidėjimą (%)
1	Neįjungtas CB	2,25
2	Įjungtas CB, BCCH neteikia instrukcijų kada ji turi klausytis pranešimų	2,25
3	Įjungtas CB, nesiunčiami jokie pranešimai į MS	2,25
4	Įjungtas CB, išsiųsti pranešimai yra nedominantys MS	5,4
5	Įjungtas CB, išsiųsti pranešimai yra dominantys MS	22,2
6	Įjungtas CB, naudojamas planavimas	2,25

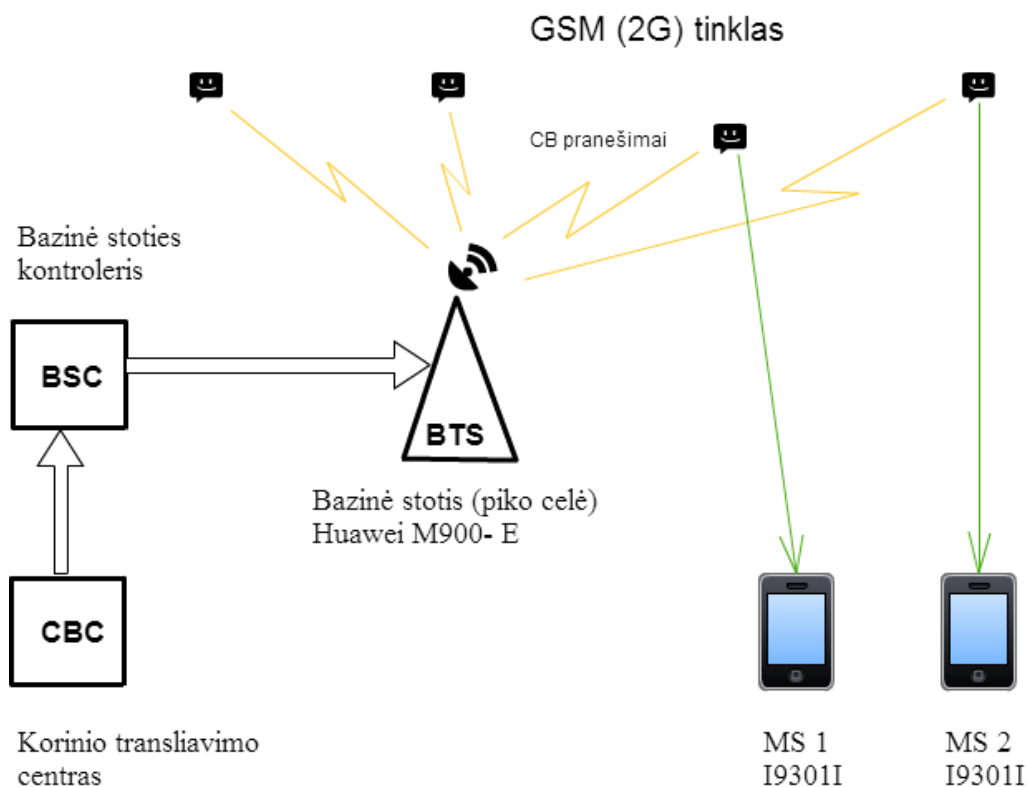
### 3.2. Atlikti korinio transliavimo paslaugos įtakos MS energetinių resursų sunaudojimui matavimai

Šitoje dalyje bus aprašomi atlikti matavimai GSM (2G) tinkle. Matavimai buvo atlikti kompanijoje „NTService“, kuri nuo 1999 metų teikia profesionalias telekomunikacijų ir informacinių sistemų projektavimo, diegimo ir priežiūros paslaugas didiesiems Lietuvos, Latvijos, Ukrainos ir Kazachstano mobilaus bei fiksuoto ryšio operatoriams.

#### 3.2.1. Matavimo įranga ir priemonės

Matavimai buvo atliekami 2015 metais kovo 25 dieną „NTService“ kompanijos patalpose. Matavimų shema pateikta 3.1 pav.. CB pranešimai buvo generuojami vienoje pico bazinėje stotyje Huawei M 900- E, kurios CellID 61441. Siunčiami CB pranešimai buvo gaunami dviejuose MS. Naudojami matavimuose MS Samsung I9301I Galaxy S3 Neo (3.2 pav.). Juose buvo įdiegta

aplikacija Battery Monitor Widget PRO (3.2 pav.), kuri matavo energetinių resursų sunaudojimą parenkant skirtingus CB gavimo režimus. Matavimo reikšmes aplikacija fiksuodavo kas 5 sekundes. Kiekvienam režime celė buvo įjungtiama naujam laiko intervalui. Matavimų dieną užfiksuotas bazinės stoties signalo lygis abejuose MS buvo -51dBm. CB pranešimai į MS buvo gaunami naudojant operatoriaus „Omnitel“ Extra SIM micro korteles.



3.1 pav. CBS įtakos MS energetinių resursų sunaudojimui GSM tinkle matavimų schema



3.2 pav. Matavimo įranga ir priemonės

### 3.2.2. Matavimo režimų planas

Tyrimo metu buvo atlikti 6 matavimai lygiagrečiai laiko atžvilgiu su 2 MS. Bazinės stoties siuntimo parametrai buvo keičiami 6 kartus kas valandą. MS režimai buvo parinkti skirtingi, tai viso gavosi 12 matavimų (6 lent.).

6 lentelė. Matavimo režimų planas

Matavimo Nr.	MS 1 kanalai	MS 2 kanalai	Paros matavimo laikas (t=3600s)	CB pranešimo kartojimas (s)	CB siuntimo ciklas (s)
1.	1 (578 LT)	3 (578 LT, 525 EN, 605 RU)	10.00- 11.00	60	3600
2.	0 (išjungtas CB)	3 (578 LT, 525 EN, 605 RU)	11.00- 12.00	60	3600
3.	Visi kanalai+ Bluetooth+ WiFi	Visi kanalai	12.00- 13.00	60	3600
4.	1 (525 EN)	2 (578 LT, 525 EN)	13.00- 14.00	60	3600
5.	1 (500)	1 (500)	14.25- 15.25	60	120
6.	1 (500)	1 (500)	15.30- 16.30	60	300

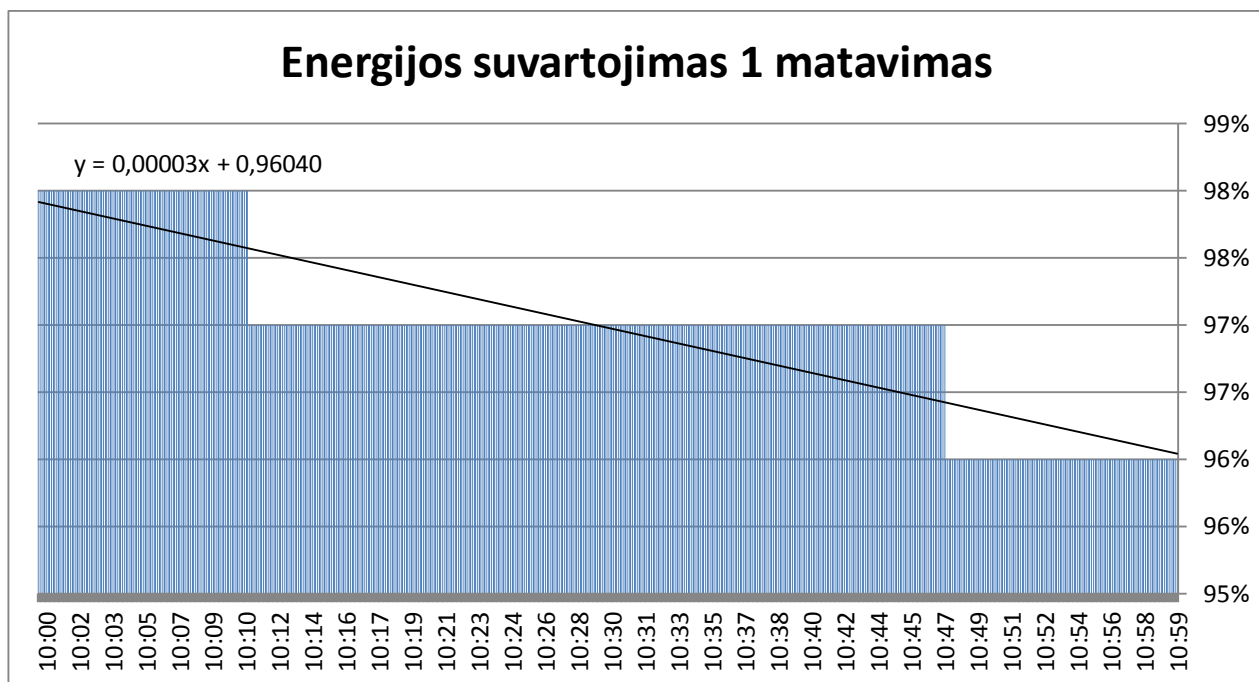
5 ir 6 matavimuose buvo siunčiama daug skirtingo turinio pranešimų.

### 3.2.3. Matavimų rezultatai

Aplikacija „Battery Monitor Widget Pro“ fiksavo tokias baterijos reikšmes: baterijos šilumą Celsijais, baterijos energijos suvartojimą milivoltais, baterijos energijos suvartojimą miliamperais, baterijos resursų suvartojimą procentais. Reikšmės buvo fiksuojamos kas 5 sekundes valandos laikotarpyje. Baterijos šilumos pasiskirstymas nebus nagrinėjamas.

**1 matavimas:**

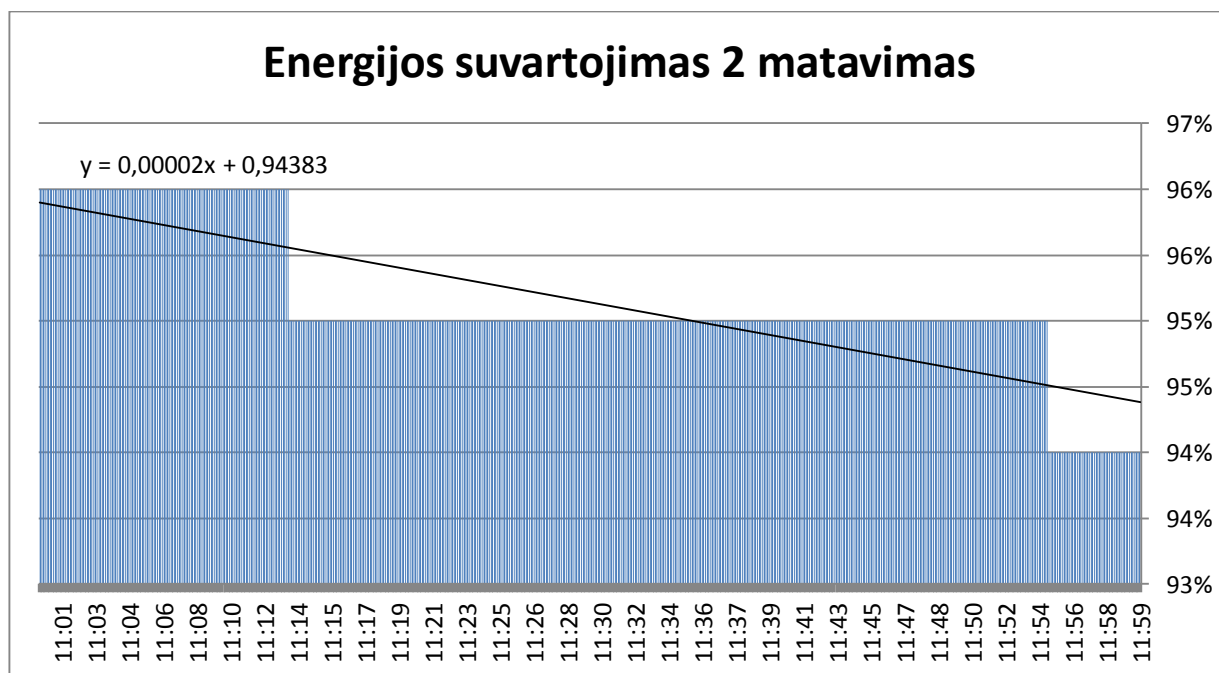
Matavimo laikas 1h (10- 11 val.) . Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 578 LT (3.3 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 2 %.



3.3 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**2 matavimas:**

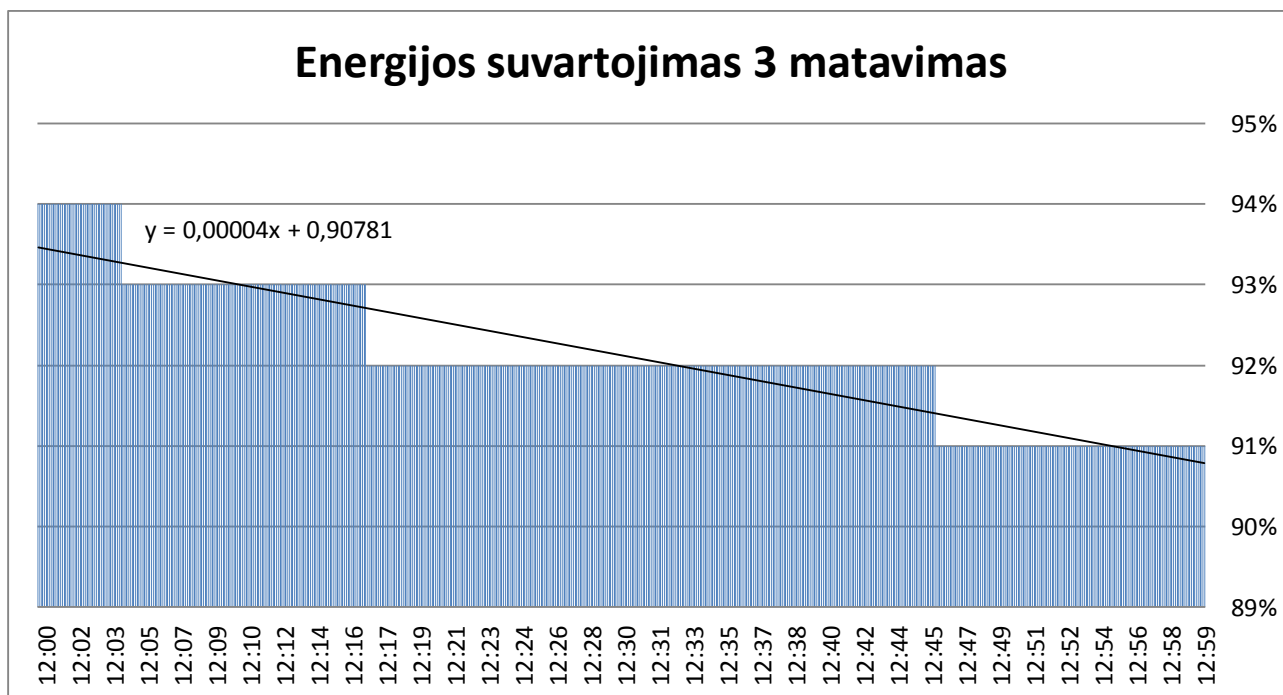
Matavimo laikas 1h (11- 12 val.) . Ciklas 1h. Išjungtas CB (3.4 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 2 %.



3.4 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**3 matavimas:**

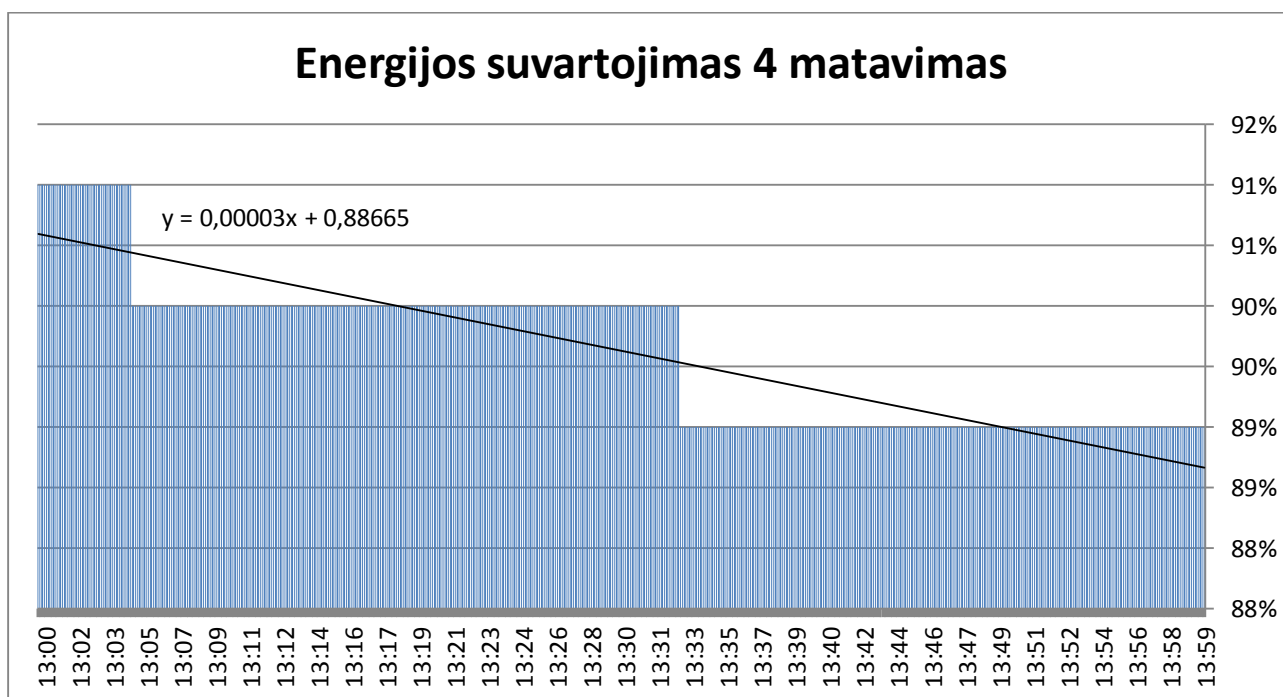
Matavimo laikas 1h (12- 13 val.) Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi visų kanalų+ įjungtas WiFi + įjungtas Bluetooth (3.5 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 3 %.



3.5 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**4 matavimas:**

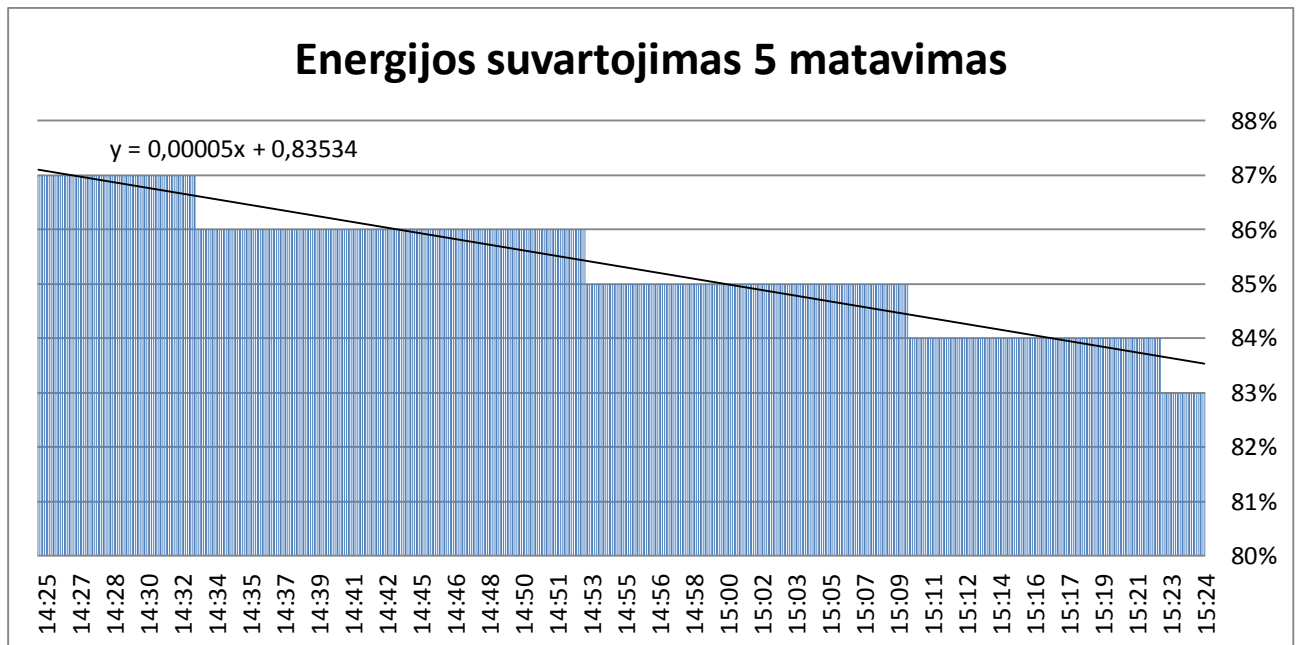
Matavimo laikas 1h (13- 14 val.). Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 525 EN (3.6 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 2 %.



3.6 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**5 matavimas:**

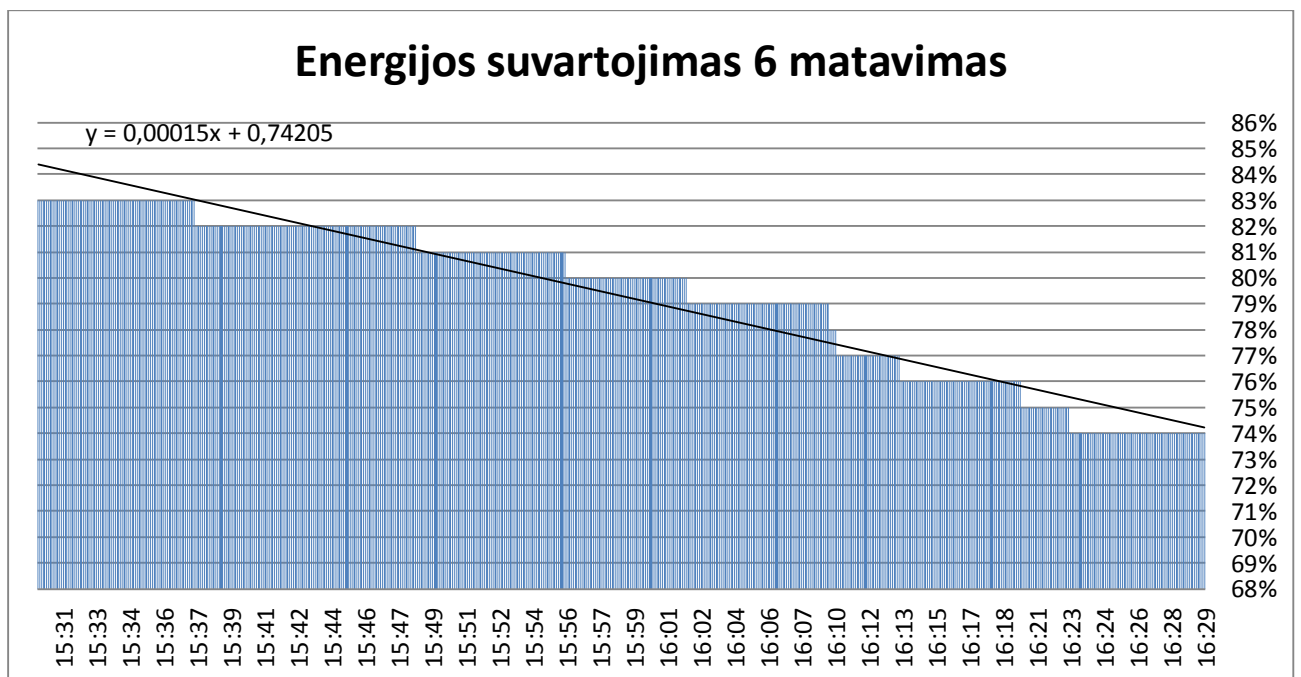
Matavimo laikas 1h (14:25- 15:25 val.). 30 ciklų per 1h, kas 120 s. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 500 (3.7 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 4 %.



3.7 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**6 matavimas:**

Matavimo laikas 1h (15:30- 16:30 val.). 12 ciklų per 1h, kas 300 s. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 500 (3.8 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 9 %.

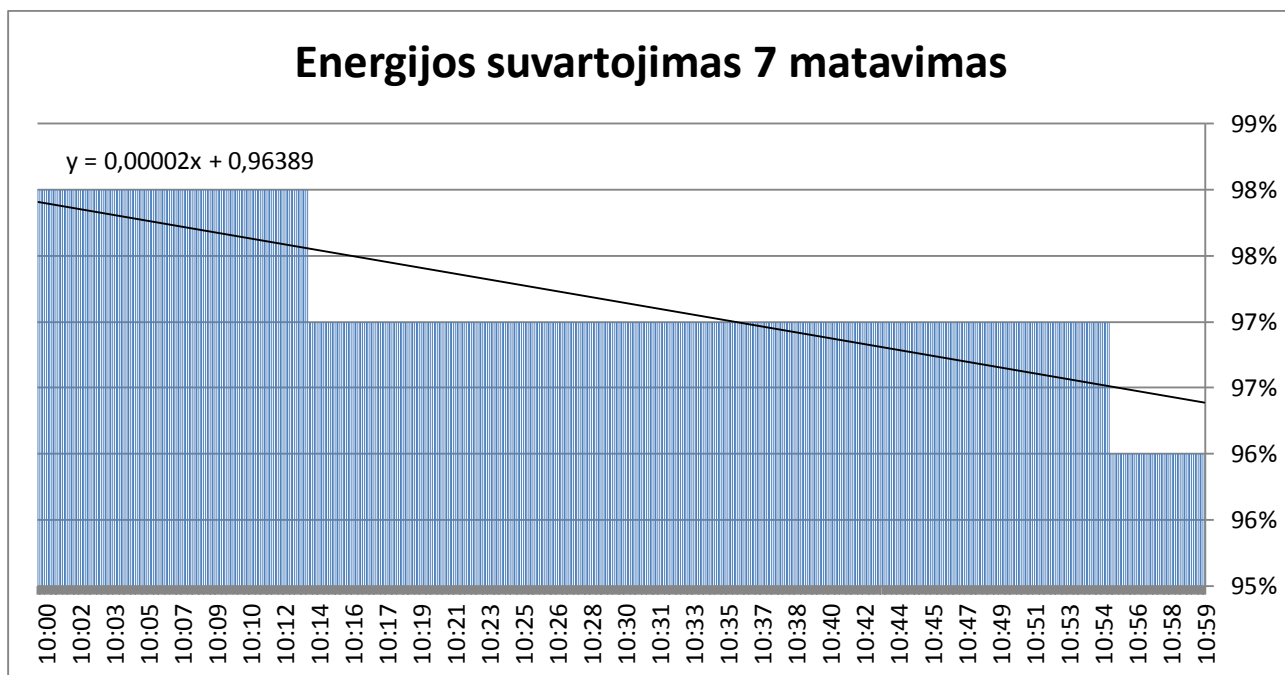


3.8 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą



**7 matavimas:**

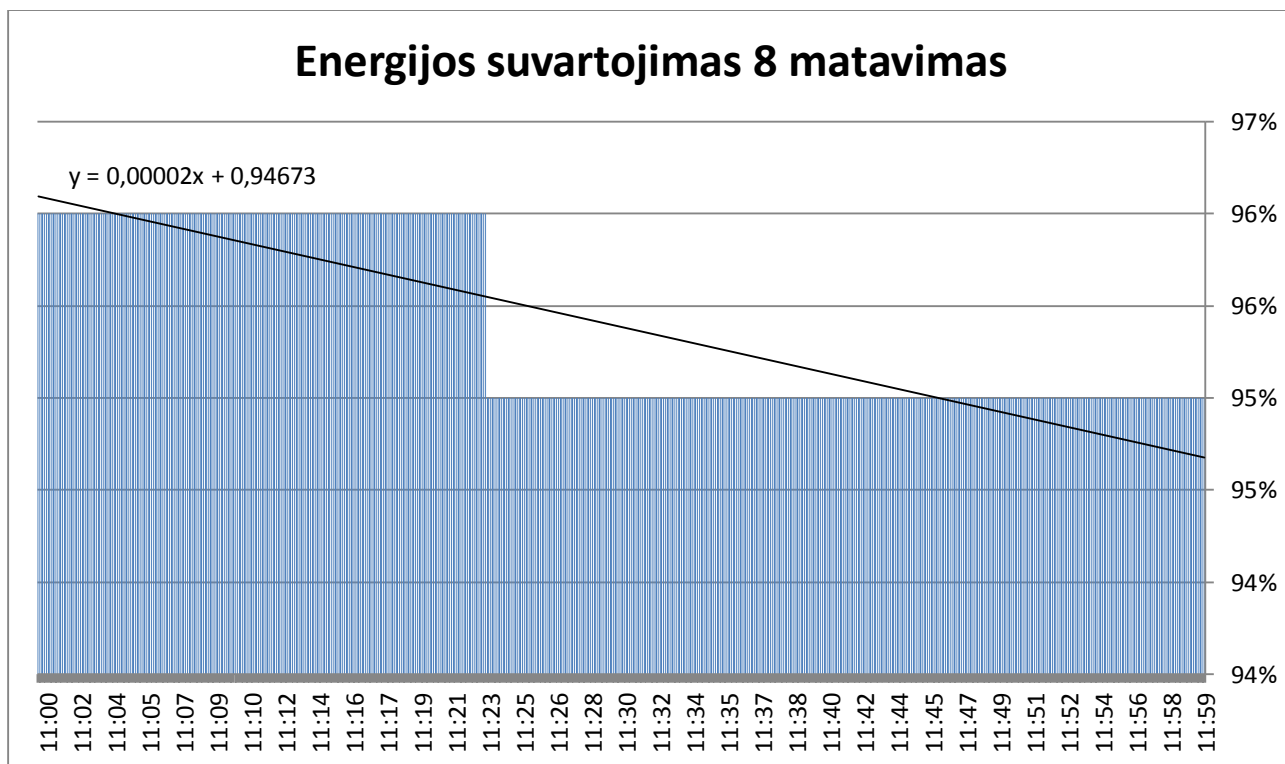
Matavimo laikas 1h (10- 11 val.). Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi trijų kanalų 578 LT, 525 EN, 605 RU (3.9 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 2 %.



3.9 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**8 matavimas:**

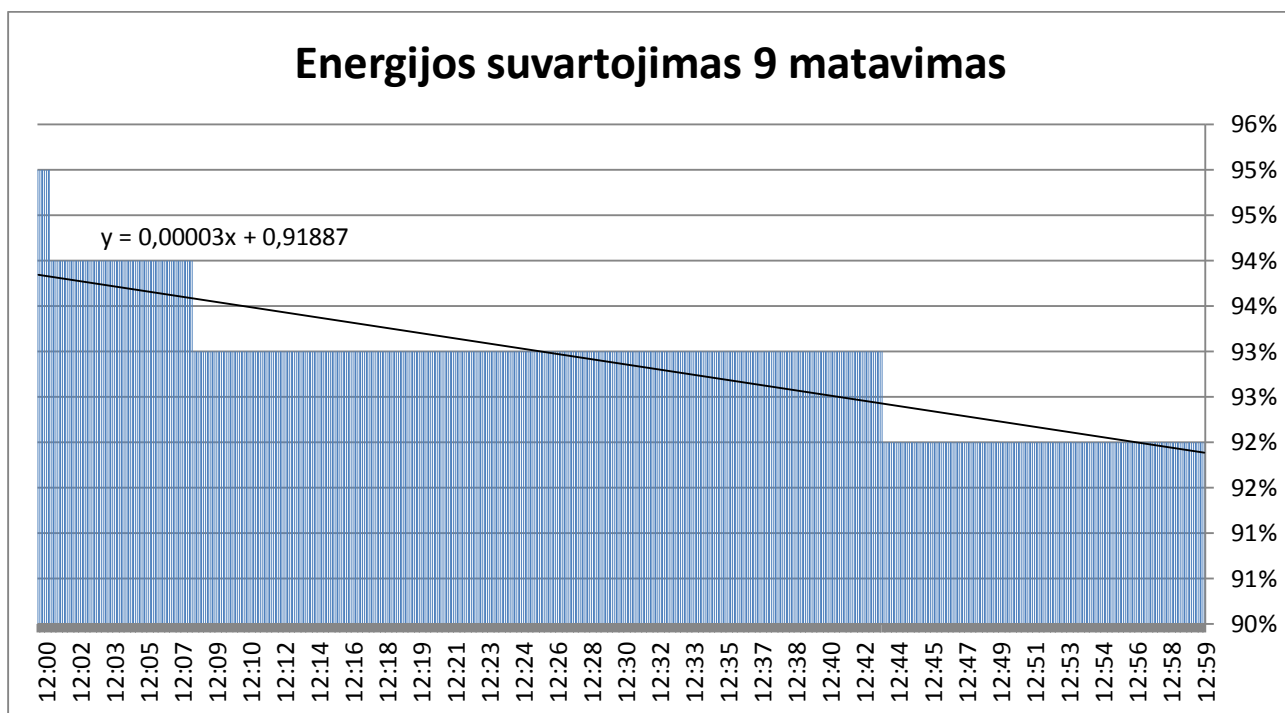
Matavimo laikas 1h (11- 12 val.). Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi trijų kanalų 578 LT, 525 EN, 605 RU (3.10 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 1 %.



3.10 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**9 matavimas:**

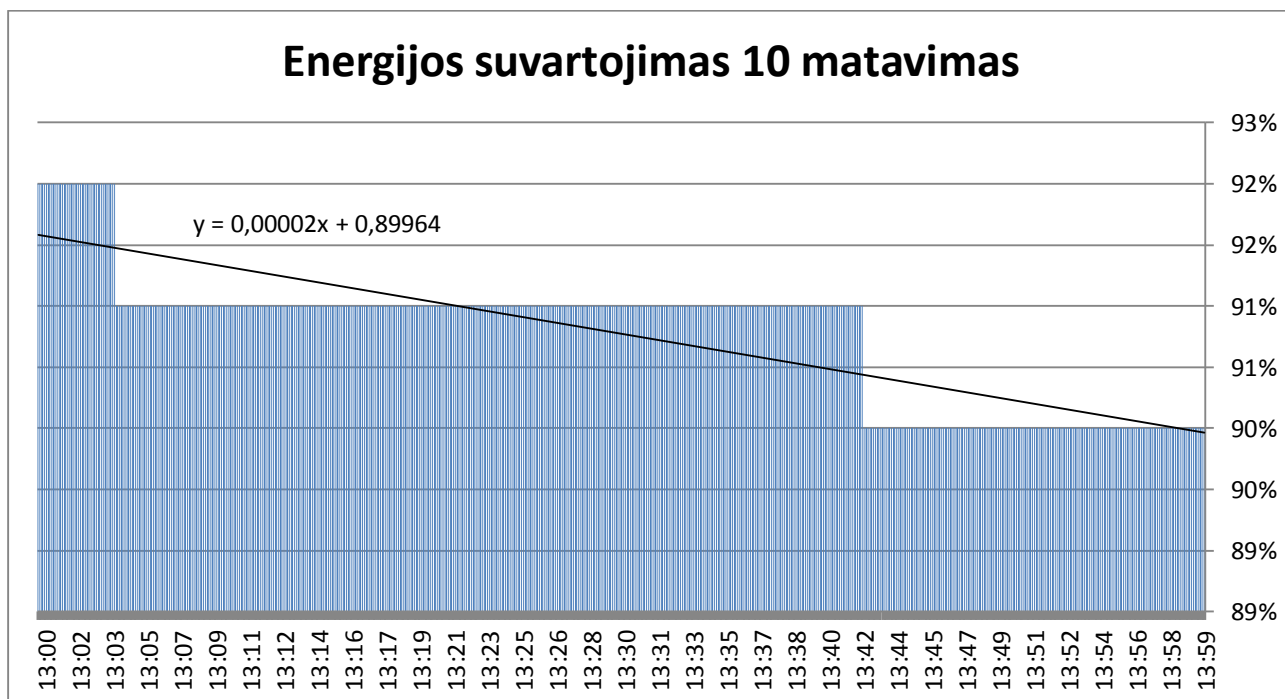
Matavimo laikas 1h (12- 13 val.). Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi visų kanalų (3.11 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 3 %.



3.11 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**10 matavimas:**

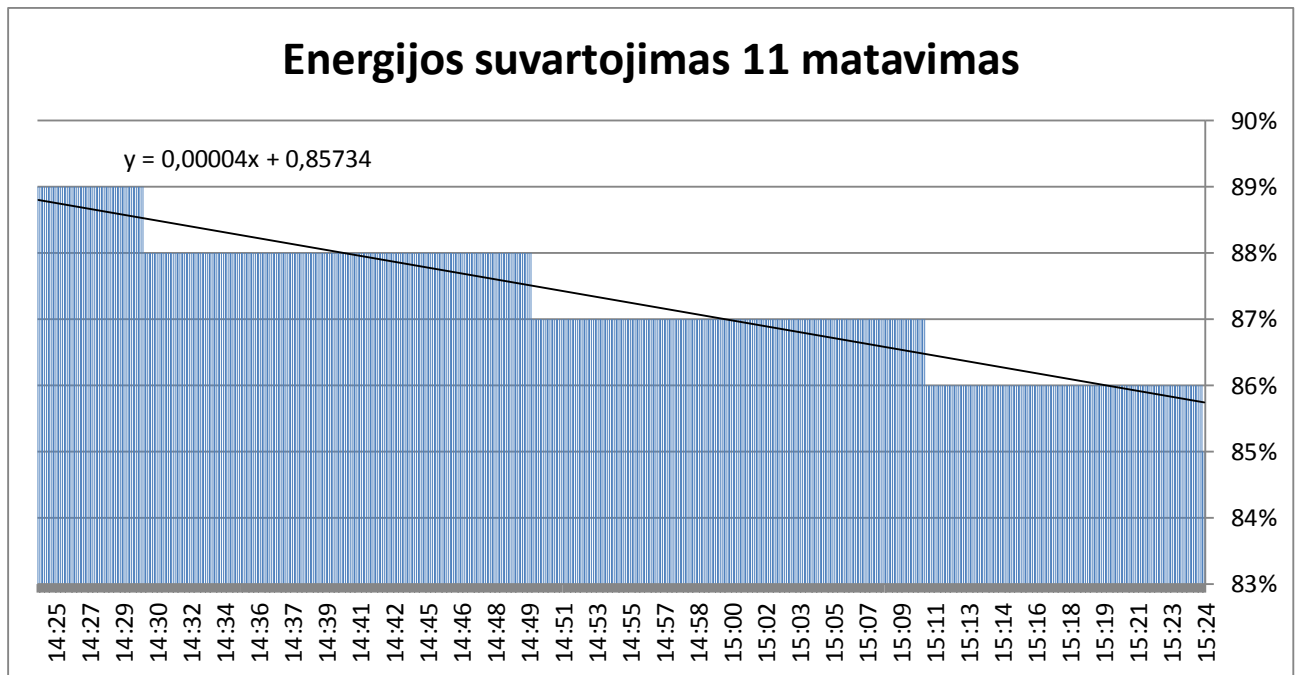
Matavimo laikas 1h (13- 14 val.). Ciklas 1h. Įjungtas CB, MS klausosi dviejų kanalų 578 LT, 525 EN (3.12 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 2 %.



3.12 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**11 matavimas:**

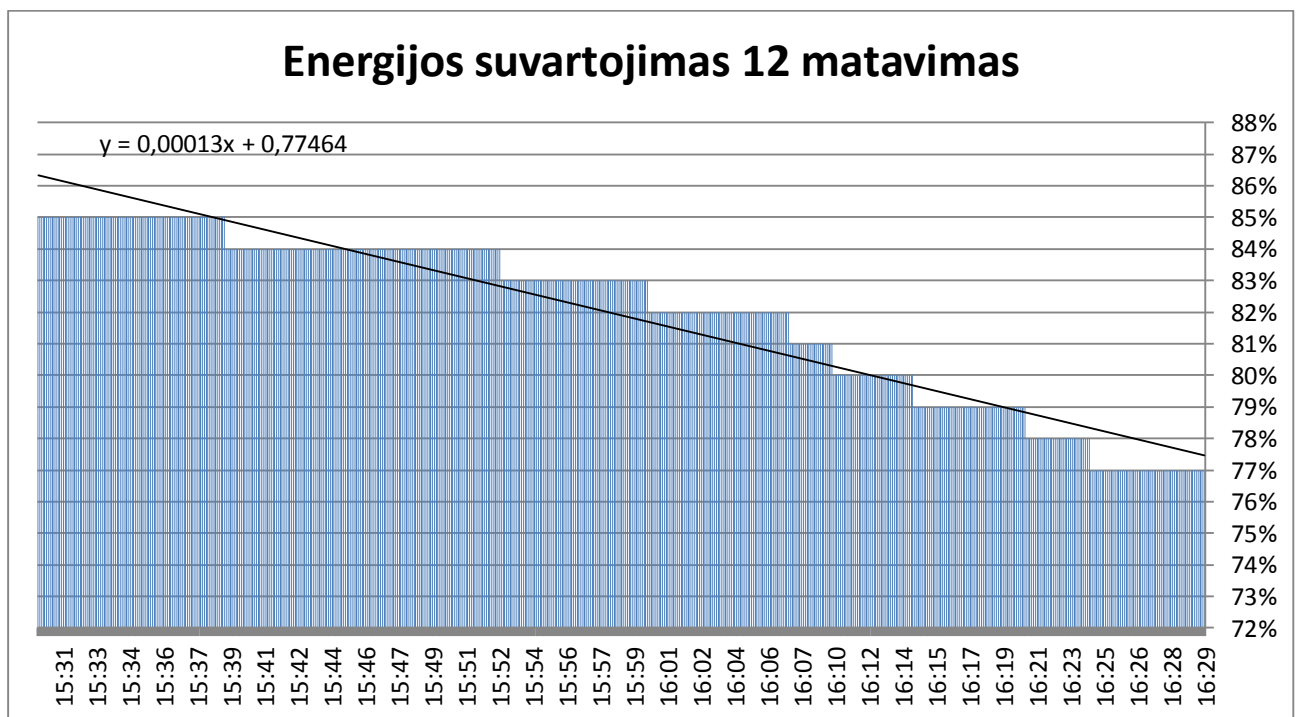
Matavimo laikas 1h (14:25- 15:25 val.). 30 ciklų per 1h, kas 120 s. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 500 (3.13 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 4 %.



3.13 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**12 matavimas:**

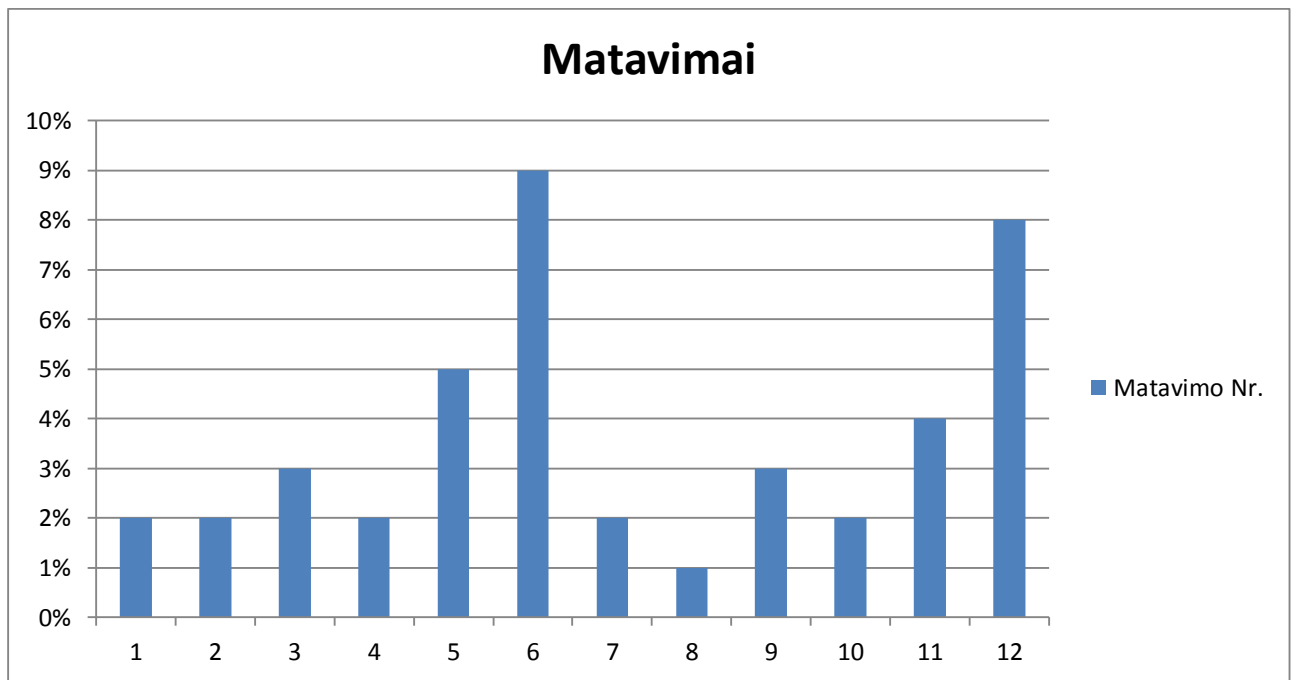
Matavimo laikas 1h (15:30- 16:30 val.). 12 ciklų per 1h, kas 300 s. Įjungtas CB, MS klausosi vieno kanalo 500 (3.14 pav.). Energijos suvartojimas per valandą yra 8 %.



3.14 pav. Energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

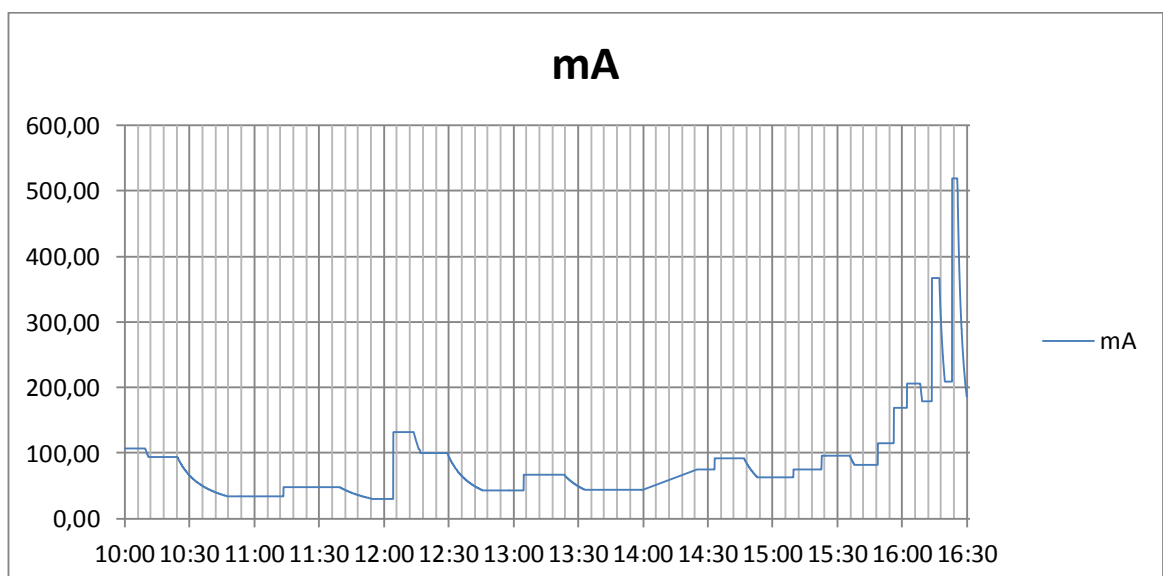
3.3- 3.14 pav. pavaizduotos tiesės yra to matavimo kitimo krypties linijos (angl. Trendline). Tiesės yra matematiškai paskaičiuotos ir parodo kiekvieno matavimo aproksimuotą kitimo funkciją, kuri gali būti panaudota prognozuojant tolimesnį to režimo energijos suvartojimą procentiškai, jei reikėtų paskaičiuoti kiek pilnai baterija eikvojasi atitinkamame režime, neatlikus tolimesnių matavimų.

Bendras MS 1 ir MS 2 energijos suvartojimas per 1 valandą matomas 3.15 pav..

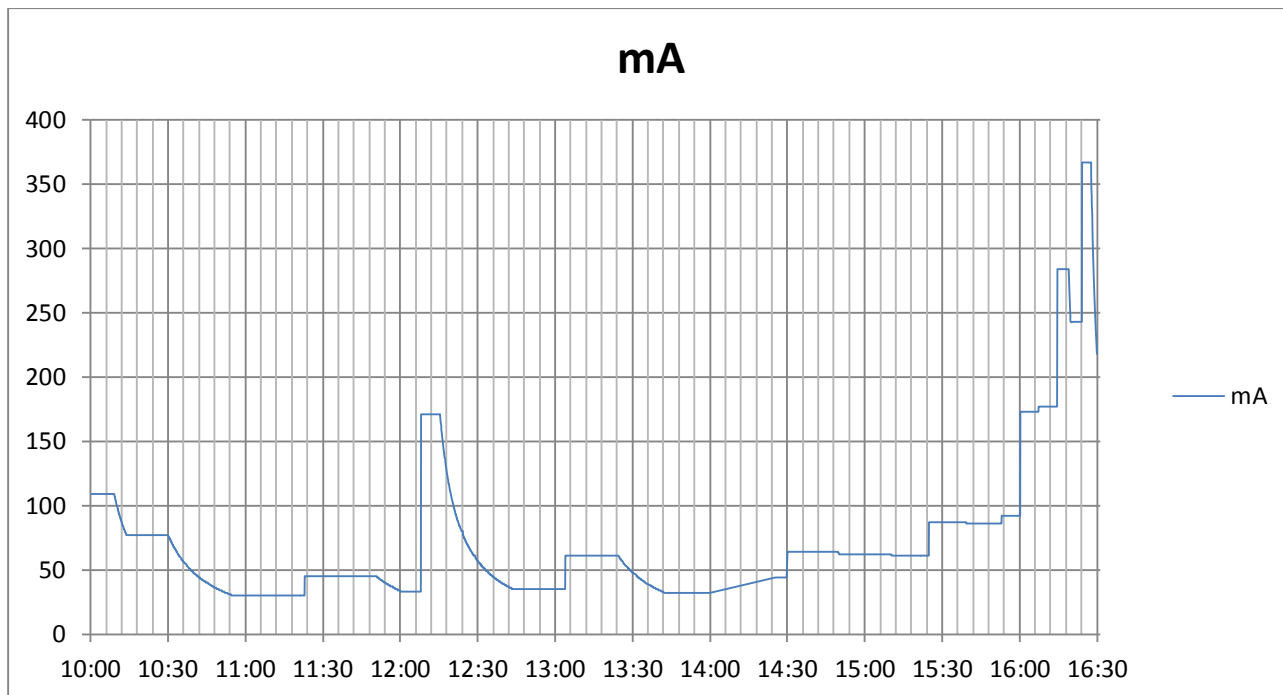


3.15 pav. MS 1 ir MS 2 energijos suvartojimas procentais per 1 valandą

**MS 1 energijos sunaudojimas mA (3.16 pav.):**



3.16 pav. MS 1 energijos suvartojimas mA per 6 bandymų matavimo laikotarpį

**MS 2 energijos sunaudojimas mA (3.17 pav.):**

3.17 pav. MS 2 energijos suvartojimas mA per 6 bandymų matavimo laikotarpį

3.16 ir 3.17 pav. matyti, kad didesnis srovės naudojimo pareikalavimas įvyksta 5, 6, 11, 12 matavimo metu. Taip pat neženklius pareikalavimas 3 ir 9 matavime.

**MS 1 momentinis energijos likutis valandomis:**

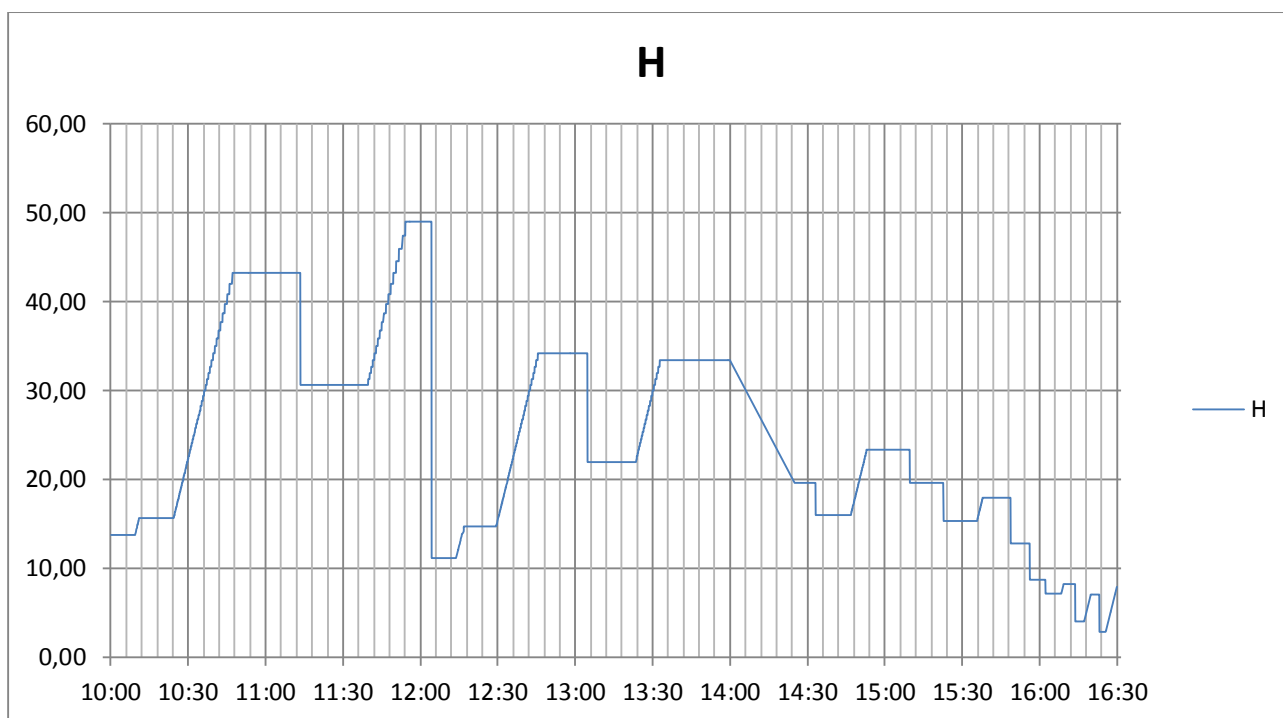
Panaudojus prieš tai esančius grafikus su energijos suvartojimu mA yra paskaičiuojamas momentinis baterijos energijos gyvavimo laikas valandomis. MS baterijos talpa yra 2100 mAh, todėl žinant momentinį energijos suvartojimą mA galima paskaičiuoti pagal (1) formulę koks yra likęs baterijos gyvavimo laikas valandomis.

$$T = \frac{C}{A} \times 0,7 = \frac{2100 \text{ mAh}}{500 \text{ mA}} \times 0,7 = 2,94 \text{ h}; \quad (1)$$

čia  $T$ - likęs baterijos gyvavimo laikas (val.);  $C$ - baterijos talpa (miliAmperais per valandą);  $A$ - Naudojama srovės apkrova (mA); 0,70 (papildomas korekcijos faktorius, kuris įvedamas tam, kad eliminuoti išorinius faktorius, kurie gali turėti įtakos baterijos gyvavimo laikui)

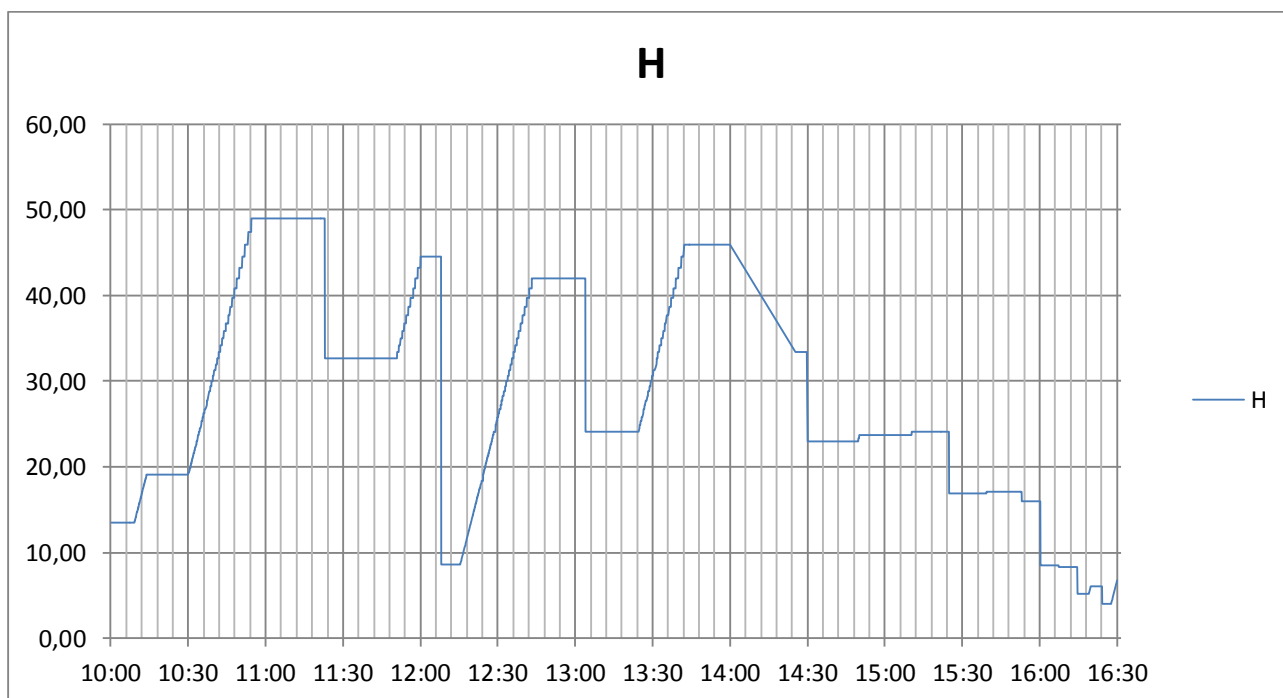
Pagal (1) formulę paskaičiuojama visų gautų reikšmių mA vertės valandomis (reikšmės fiksuotos kas 5 sekundes) ir pateikiami grafikai (3.18 pav. ir 3.19 pav.). Atspindi ta pati tik atvirkštinė tendencija kaip ir miliamperais.

**MS 2 momentinis energijos likutis valandomis (3.18 pav.):**



3.18 pav. MS 1 momentinis energijos likutis valandomis per 6 bandymų matavimo laikotarpį

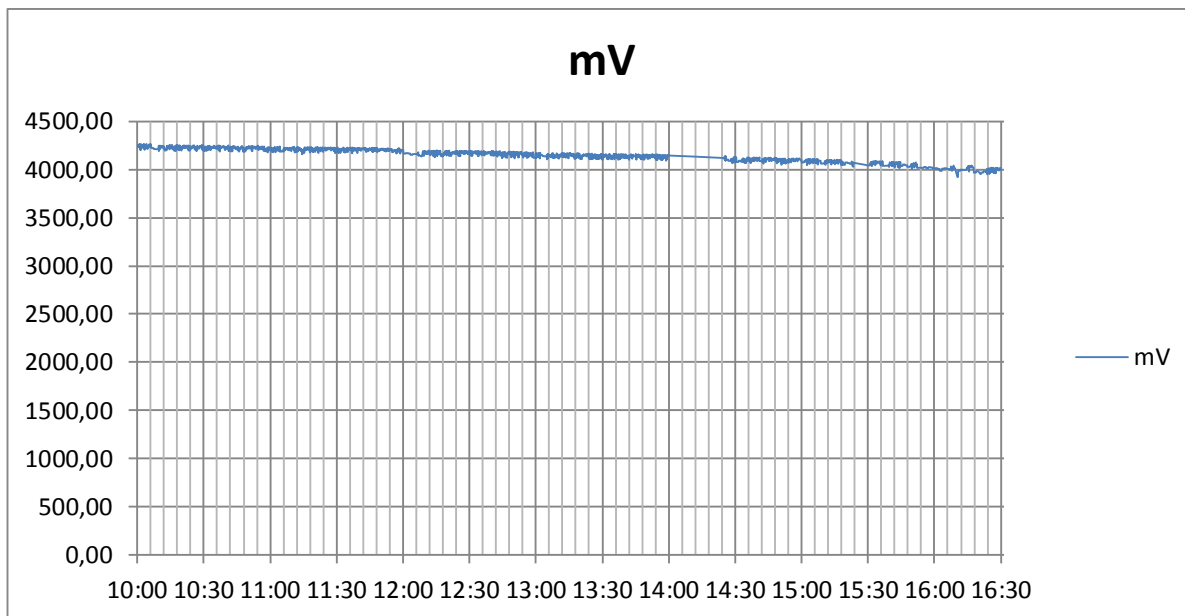
**MS 2 momentinis energijos likutis valandomis (3.19 pav.):**



3.19 pav. MS 2 momentinis energijos likutis valandomis per 6 bandymų matavimo laikotarpį

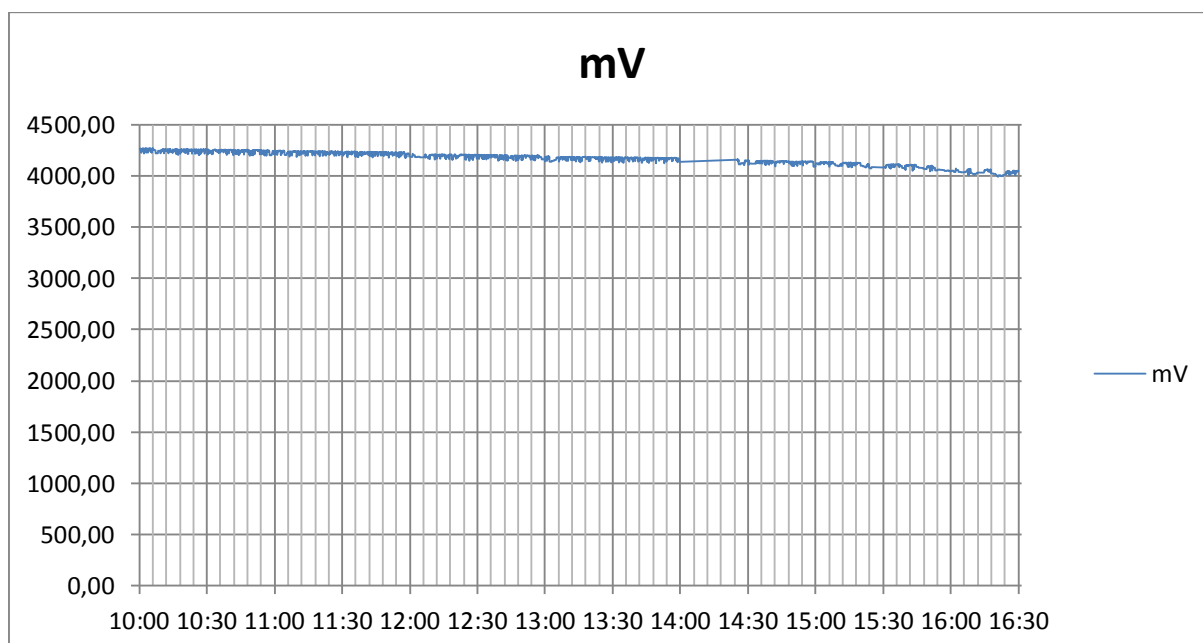
Žemiau pateiktuose 3.20 ir 3.21 pav. pavaizduotas energijos suvartojimas milivoltais yra nuoseklus ir tolydus laiko atžvilgiu, taigi konkretaus energijos suvartojimo negalima nustatyti.

**MS 1 energijos sunaudojimas mV (3.20 pav.):**



3.20 pav. MS 1 energijos suvartojimas mV per 6 bandymų matavimo laikotarpį

**MS 2 energijos sunaudojimas mV (3.21 pav.):**



3.21 pav. MS 2 energijos suvartojimas mV per 6 bandymų matavimo laikotarpį

Atlikus 12 matavimų su dviejomis MS skirtinguose darbinuose režimuose (3.15 pav.) nustatyta, kad neįjungus korinio transliavimo paslaugos MS, per valandą yra suvartojama 2 % baterijos resursų. Įjungus CB paslaugą ir naudojant vieną, tris ar visus kanalus CB pranešimų priėmimui, kai nustatomas bazinės stoties siuntimo ciklas 3600 s, energijos suvartojimo padidėjimas yra neženklus ir per valandą padidėja tik iki 1 procento. Trumpinant siuntimo ciklą iš bazinės stoties ir siunčiant skirtingo turinio CB pranešimus energijos suvartojimas stipriai padidėja. Nustačius ciklą 120 s energijos suvartojimas padidėja dvigubai iki 4-5 procentų, o ciklą nustačius 300 s padidėja 4 kartus iki 8-9 procentų. Taigi galima teigti, kad korinio transliavimo paslaugos naudojimas MS turi įtakos energetinių resursų padidėjimui, tačiau neženkliai, nes GPIS dažniausiai siunčia vieno ir to paties turinio pranešimą. Jeigu korinio transliavimo paslauga būtų naudojama komerciniams tikslams ir siunčiami skirtingo turinio pranešimai, tai baterijos energetiniai resursai būtų labiau eikvojami.



## Išvados

1. Išnagrinėtos CBS sistemos GSM ir UMTS architektūros, bei jų sudėtinės dalys. Tinklų sudėtinių dalių funkcijos vienodos, tačiau skiriasi kai kurių dalių veikimo principai. Pagrindinis skirtumas tai, kad UMTS tinkle atsiranda ciklo formavimo metodai.
2. Tyrimo metu buvo pasirinkti trys skirtingi piko celės CB pranešimų siuntimo ciklai ir keletas skirtingų kanalo konfigūracijų aparatinėje įrangoje juos priimant. Šie matavimai buvo atliekami GSM tinkle.
3. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad įjungus CB paslaugą mobiliajame įrenginyje ir naudojant vieną, tris ar visus kanalus CB pranešimų priėmimui, kai bazinės stoties siuntimo ciklas 3600 s, energijos suvartojimo padidėjimas yra neženklus ir per valandą padidėja tik iki 1 procento.
4. Tiriant energetinių resursų sunaudojimą MS nustatyta, kad trumpinant siuntimo ciklą iš bazinės stoties ir siunčiant skirtingo turinio CB pranešimus energijos suvartojimas stipriai padidėja vartotojo įrenginyje, net iki 4 kartų.
5. Atlikus šį tyrimą, galima teigti, kad korinio transliavimo paslaugos naudojimas MS turi įtakos energetinių resursų padidėjimui, tačiau neženkliai, nes GPIS dažniausiai siunčia vieno ir to paties turinio pranešimą. Jeigu korinio transliavimo paslauga būtų naudojama komerciniams tikslams ir siunčiami skirtingo turinio pranešimai, tai baterijos energetiniai resursai būtų labiau eikvojami.

## Literatūros sąrašas

1. GPIS. Gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema [žiūrėta 2014 m. gegužės 07 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.vpgt.lt/index.php?1447464870>.
2. CELL BROADCAST. A highly scalable communication tool [žiūrėta 2014 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.communicationstoday.co.in/index.php?option=com\\_content&task=vi ew&id=3394&Itemid=41](http://www.communicationstoday.co.in/index.php?option=com_content&task=vi ew&id=3394&Itemid=41).
3. CELL BROADCAST FORUM. Advantages and Services Using Cell Broadcast [žiūrėta 2014 m. gegužės 06 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.cellbroadcastforum.org/downloads/pdfs/AdvantagesServices.pdf>.
4. GSMA. Mobile Network Public Warning Systems and the Rise of Cell-Broadcast [žiūrėta 2014 m. gegužės 07 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/01/Mobile-Network-Public-Warning-Systems-and-the-Rise-of-Cell-Broadcast.pdf>.
5. AXELSSON, K. NOVAK, C. Support for Cell Broadcast as Global Emergency. Norrkoping University 2007-06-19.
6. GSM CELL BROADCAST SERVICES SECURITY ANALYSIS [žiūrėta 2014 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://alexandria.tue.nl/extra1/afstversl/wsk-i/torres2013.pdf>.
7. DIGITAL CELLULAR TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (PHASE 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Technical realization of Cell Broadcast Service (CBS) (3GPP TS 23.041 version 8.9.0 Release 8) [žiūrėta 2014 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/123000\\_123099/123041/08.09.00\\_60/ts\\_123041v080900p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123041/08.09.00_60/ts_123041v080900p.pdf).
8. GSM ASSOCIATION NON-CONFIDENTIAL OFFICIAL DOCUMENT TS.09. Battery Life Measurement and Current Consumption Technique [žiūrėta 2015 m. kovo 07 d.]. Prieiga per internetą:

<http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2013/09/TS.09-v7.6.pdf> .

9. CARROLL, N ir kt. An Analysis of Power Consumption in a Smartphone. NICTA and University of New South Wales ir kt. [žiūrėta 2015 m. kovo 07 d]. Prieiga per internetą: [https://www.usenix.org/legacy/events/usenix10/tech/full\\_papers/Carroll.pdf](https://www.usenix.org/legacy/events/usenix10/tech/full_papers/Carroll.pdf).
10. SHUN-REN, Y. YI-BING, L. Modeling UMTS Discontinuous Reception Mechanism. Dept. Comp. Sci. & Info. Engr. National Chiao Tung University Hsinchu, Taiwan, R.O.C. [žiūrėta 2014 m. kovo 06 d]. Prieiga per internetą: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1381448&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D1381448](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1381448&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1381448).
11. VARMA, S. Dynamic DRX Algorithms for Reduced Energy Consumption and Delay in LTE Networks. Department of CSE, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India. [žiūrėta 2014 m. kovo 07 d]. Prieiga per internetą: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=7020799&queryText%3D11.%09Dynamic+DRX+Algorithms+for+Reduced+Energy+Consumption+and+Delay+in+LTE+Networks>.
12. RAJESH, A. Performance Analysis of Enhanced DRX Mechanism in LTE Networks. Department of Electronics Engineering School of Engineering and Technology Pondicherry University, India. [žiūrėta 2014 m. kovo 07 d]. Prieiga per internetą: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6921789>.
13. CELL BROADCAST (SMS-CB) [žiūrėta 2014 m. gegužės 10 d]. Prieiga per internetą: <http://www.telecomabc.com/c/cb.html>.
14. 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Medium Access Control (MAC) protocol specification (Release 8) [žiūrėta 2015 m. sausio 24 d]. Prieiga per internetą: <http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/36321-800.pdf>.

15. HOW TO INCREASE BATTERY LIFE IN VOLTE DEVICES TO ENSURE QoE [žiūrėta 2015 m. sausio 25 d]. Prieiga per internetą: <http://www.wirelessdesignmag.com/articles/2014/05/how-increase-battery-life-volte-devices-ensure-qoe>.
16. 3GPP TS 23.041. Technical realization of Cell Broadcast Service (CBS) Release 6 [žiūrėta 2014 m. gegužės 27 d]. Prieiga per internetą: [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9\\_20/5\\_Appendix/Rel6/23/23041-620.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9_20/5_Appendix/Rel6/23/23041-620.pdf).
17. UDU-GAMA, N. Mobile Cell Broadcasting for Commercial Use and Public Warning in the Maldives, 2009 [žiūrėta 2015 m. gegužės 05 d]. Prieiga per internetą: [http://www.lirneasia.net/wp-content/uploads/2009/07/CB\\_Maldives\\_FINAL\\_2009\\_041.pdf](http://www.lirneasia.net/wp-content/uploads/2009/07/CB_Maldives_FINAL_2009_041.pdf).
18. „MASS ALERT“. Gyventojų perspėjimo ir informavimo sistema [žiūrėta 2015 m. gegužės 07 d]. Prieiga per internetą: <http://www.ntservice.lt/go.php/Sprendimai5983784960931423>.