

Geografska analiza bremena raka v Sloveniji s poudarkom na bližini visokonapetostnih daljnovodov, kablovodov in transformatorskih postaj z oceno tveganja

geografska analiza

Tina Žagar, Vesna Zadnik, Sonja Tomšič, Sara Korat, Katarina Lokar,

Ana Mihor, Eva Leban, Mojca Birk, Nika Bric, Miran Mlakar

Ljubljana, marec 2021

Raziskava

Geografska analiza bremena raka v Sloveniji s poudarkom na bližini visokonapetostnih daljnovodov, kablovodov in transformatorskih postaj z oceno tveganja

Raziskava je bila narejena v okviru Ciljnega raziskovalnega programa s šifro V3-1718 in naslovom »Ocena zdravstvenih tveganj zaradi izpostavljenosti otrok virom nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj v Sloveniji«. Projekt sta sofinancirala Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS). Nosilna raziskovalna organizacija projekta je bila Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko - FE (vodja projekta prof. dr. Tadej Kotnik). Sodelujoči raziskovalni organizaciji sta Inštitut za neionizirna sevanja - INIS (vodja skupine doc. dr. Peter Gajšek) in Onkološki inštitut Ljubljana - OIL (vodja skupine prof. dr. Vesna Zadnik).

Izvajalec

Epidemiologija in register raka, Onkološki inštitut Ljubljana, Zaloška 2, 1000 Ljubljana

Odgovorni nosilec:

prof. dr. Vesna Zadnik, dr. med., specialistka javnega zdravja

Izdelovalci študije:

dr. Tina Žagar, univ. dipl. fiz.

prof. dr. Vesna Zadnik, dr. med., specialistka javnega zdravja

Sonja Tomšič, dr. med., specialistka javnega zdravja

Sara Korat, mag. upor. stat.

Katarina Lokar, prof. zdr. vzg.

Ana Mihor, dr. med., specializantka javnega zdravja

Eva Leban, dr. med., specializantka javnega zdravja

Mojca Birk, mag. upor. stat.

Nika Bric, mag. graf. inž.

Miran Mlakar, uni. dipl. inž. računalništva in informatike

Datum

marec 2021

Besedilo ni lektorirano.

Seznam okrajšav in kratic

ALL – akutna limfoblastna levkemija

CRP – Centralni register prebivalstva

CŽS – centralni živčni sistem

DV – daljnovod

EMŠO – enotna matična številka občana

IARC – Mednarodna agencija za raziskovanje raka (angl. International Agency for Research on Cancer)

IZ – interval zaupanja

LOSKI – lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence

MAUP – problem spremenljivih prostorskih enot (angl. modifiable areal unit problem)

MID – medresorski enotni identifikator

MP – magnetno polje

NF – nizkofrekvenčno

RRRS – Register raka Republike Slovenije

RS – Republika Slovenija

SKI – standardizirani količnik incidence

Kazalo

1. POVZETEK.....	6
2. IZHODIŠČA.....	7
2.1. EPIDEMIOLOŠKI TEMELJI ZA ANALIZO	7
2.1.1. <i>Determinante zdravja.....</i>	7
2.1.2. <i>Tveganje zaradi izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem</i>	9
2.2. DEJAVNIKI TVEGANJA V POVEZAVI Z GEOGRAFSKO LOKACIJO	11
2.3. BREME RAKA PRI OTROCIH	14
3. PODATKI IN METODE	17
3.1. BOLNIKI Z RAKOM	17
3.1. PREBIVALCI	19
3.2. IZPOSTAVLJENOST NIZKOFREKVENČNIM MAGNETNIM POLJEM	20
3.3. SKLAPLANJE PODATKOV	23
3.4. RELATIVNO TVEGANJE.....	24
3.5. GLAJENJE.....	25
3.5.1. <i>Problem majhnih števil.....</i>	25
3.5.2. <i>Bayesovo glajenje.....</i>	27
3.6. LOKALNO OCENJENI STANDARDIZIRANI KOLIČNIK INCIDENCE - LOSKI.....	29
3.7. OCENJEVANJE PROSTORSKE RAZPOREDITVE.....	32
3.8. UPORABLJENE DRUGE METODE IN PROGRAMSKA OPREMA	33
4. RAK PRI OTROCIH IN MLADOSTNIKI GLEDE NA STOPNJO IZPOSTAVLJENOSTI NF MP	35
4.1. OTROCI ZBOLELI ZA KATERIKOLI RAKOM	36
4.1.1. <i>Trend v zadnjih 50 letih</i>	36
4.1.2. <i>Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence – LOSKI</i>	42
4.1.3. <i>Okolica daljnovodov.....</i>	44
4.1.4. <i>Okolica transformatorskih postaj.....</i>	47
4.1.5. <i>Relativno tveganje</i>	49
4.1.6. <i>Analiza varnostnega pasu.....</i>	50
4.2. OTROCI IN MLADOSTNIKI ZBOLELI ZA LEVKEMIJO	52
4.2.1. <i>Trend v zadnjih 50 letih</i>	52
4.2.2. <i>Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence - LOSKI.....</i>	58
4.2.3. <i>Okolica daljnovodov.....</i>	59
4.2.4. <i>Okolica transformatorskih postaj.....</i>	63
4.2.5. <i>Relativno tveganje</i>	65
4.2.6. <i>Analiza varnostnega pasu.....</i>	66
4.3. OTROCI IN MLADOSTNIKI ZBOLELI ZA MOŽGANSKIMI TUMORJI.....	68
4.3.1. <i>Trend v zadnjih 50 letih</i>	68
4.3.2. <i>Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence - LOSKI.....</i>	75
4.3.3. <i>Okolica daljnovodov.....</i>	76
4.3.4. <i>Okolica transformatorskih postaj.....</i>	80
4.3.5. <i>Relativno tveganje</i>	82
4.3.6. <i>Analiza varnostnega pasu.....</i>	83

5. ZAKLJUČKI.....	85
<i>Trend v zadnjih 50 letih.....</i>	<i>85</i>
<i>Geografska analiza</i>	<i>86</i>
<i>Relativno tveganje glede na izpostavljenost nizkofrekvenčnemu magnetnemu polju.....</i>	<i>88</i>
<i>Znane omejitve analize</i>	<i>91</i>
6. SKLEP	93
7. LITERATURA.....	94
8. PRILOGE.....	102
8.1. OTROCI ZBOLELI ZA KATERIKOLI RAKOM.....	102
8.2. OTROCI IN MLADOSTNIKI ZBOLELI ZA LEVKEMIJO	105
8.3. OTROCI IN MLADOSTNIKI ZBOLELI ZA MOŽGANSKIMI TUMORJI.....	110

1. Povzetek

Zaradi vse večje razširjenosti uporabe raznovrstnih tehnologij in električnih naprav (npr. širitev električnih omrežij, mobilne telefonije, naprav v gospodinjstvu), narašča tudi zaskrbljenost ljudi, ki menijo, da so, oziroma bi lahko bili izpostavljeni večjim jakostim električnega in magnetnega polja zaradi prisotnosti večjega števila virov (npr. visokonapetostni električni vodi, transformatorske postaje, bazne postaje za mobilno telefonijo ipd.). V raziskavi se osredotočamo na rake pri otrocih in mladostnikih v povezavi z nizkofrekvenčnimi polji. Največji umetni viri v okolju so nedvomno visokonapetostni daljnovodi, ki se uporabljajo za prenos in distribucijo električne energije.

V prvem delu raziskave smo analizirali breme otroških levkemij, možganskih tumorjev in vseh otroških rakov skupaj v Sloveniji za obdobje zadnjih 50 let ter naredili geografsko analizo. Na podlagi podatkov Registra raka Republike Slovenije smo pripravili bazo podatkov otrok in mladostnikov, ki so od leta 1967 naprej v Sloveniji zboleli za rakom z informacijo o spolu, starosti, bivališču ob diagnozi, vrsti raka ter letu diagnoze. Komplementarno bazo o zdravih otrocih in mladostnikih, ki so bivali v Sloveniji v proučevanem obdobju, smo pripravili na podlagi podatkov, ki jih Registru raka posreduje Centralni register prebivalstva in Statistični urad Republike Slovenije. Incidenca (število novih primerov) je največja pri predšolskih otrocih z vrhom zbolevanja pri treh letih tako pri levkemijah in možganskih tumorjih, kot pri vseh rakah skupaj. Rak se pogosteje pojavi pri fantih kot pri dekletih, razen levkemije, kjer ni razlik med spoloma. Počasen naraščajoči trend opazamo pri vseh treh analiziranih skupinah rakov in sicer se groba incidenčna stopnja zlagoma povečuje, povprečno letno manj kot 1 %. Da prostorsko razporejanje primerov raka ne kaže značilnega zemljepisnega vzorca, nas ne preseneča, saj dejavniki tveganja niso v celoti znani za vse vrste raka oziroma le-ti niso povezani s katerim od vplivov, ki se prostorsko razporejajo.

Pojavljane rakov pri otrocih in mladostnikih v povezavi s nizkofrekvenčnim magnetnim poljem smo preverili v drugem delu raziskave. Ocena izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem (NF MP) v okolici 110, 220 in 400 kV daljnovodov in transformatorskih postaj je izračunana na drobni prostorski mreži na geografskem območju celotne Slovenije. Izračunani podatki o NF MP so bili validirani z izmerjenimi vrednostmi NF MP, ki so bile pridobljene v okviru rednega obratovalnega monitoringa.

V znanstveni literaturi se kot morebiti rakotvorna kažejo nizkofrekvenčna magnetna polja le za otroške levkemije in sicer pri povprečni 12-letni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μT . Na podlagi naše raziskave, v kateri smo ocenili relativno tveganje otrok in mladostnikov zbolelih s katerimkoli rakom do 14. leta, zbolelimi z levkemijo do 19. leta ter zbolelimi z možganskimi tumorji do 29. leta, lahko zaključimo, da v 12-letnem obdobju 2005–2016 v Sloveniji ne moremo pripisati nobenega primera analiziranih skupin rakov izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v okolici daljnovodov oziroma transformatorskih postaj.

2. Izhodišča

Rak je resna bolezen z večinoma zahtevnim zdravljenjem, zato se nas vse dotakne, ko zbolijo najmlajši ali mladostniki, pred katerimi naj bi bilo še dolgo življenje. Zato je pričakovano, da vsak primer v naši okolici vzbudi pozornost ter s tem tudi potrebo po raziskavah ali res gre le za naključje. Na žalost strokovnjaki v številnih raziskavah še vedno niso odkrili vseh dejavnikov tveganja, ki privedejo do razvoja maligne bolezni, kar še posebej velja za rake pri otrocih (Roman et al. 2018). Z zagotovostjo vemo le, da običajno vpliva več dejavnikov hkrati, med njimi pa sta pomembna tudi naključje in genetska predispozicija (v kolikšni meri pa je odvisno od vrste raka).

Zaradi vse večje razširjenosti uporabe raznovrstnih tehnologij in električnih naprav (npr. širitev električnih omrežij, mobilne telefonije, naprav v gospodinjstvu), narašča tudi zaskrbljenost ljudi, ki menijo, da so, oziroma bi lahko bili izpostavljeni večjim jakostim električnega in magnetnega polja zaradi prisotnosti večjega števila virov (npr. visokonapetostni električni vodi, transformatorske postaje, bazne postaje za mobilno telefonijo ipd.). Njihove skrbi se povezujejo predvsem z dolgotrajno izpostavljenostjo in s tem povezanimi zdravstvenimi tveganji, med katerimi je zaskrbljenost za večje tveganje raka na visokem mestu.

V raziskavi se osredotočamo na rake pri otrocih in mladostnikih v povezavi z nizkofrekvenčnimi polji. Največji umetni viri v okolju so nedvomno visokonapetostni daljnovodi, ki se uporabljajo za prenos in distribucijo električne energije. Glavni viri nizkofrekvenčnih magnetnih polj v bivalnem okolju so električne gospodinske naprave. Magnetno polje prosto prehaja skozi vse običajne materiale, medtem ko električno polje ne, zato je predvideno vplivno območje magnetnega polja večje. Večina epidemioloških raziskav se tako osredotoča na proučevanje morebitnih učinkov nizkofrekvenčnih magnetnih polj na zdravje ljudi.

2.1. Epidemiološki temelji za analizo

V prvem delu bomo podali utemeljitev nadaljnjih raziskav na področju vpliva nizkofrekvenčnega magnetnega polja (NF MP) na nastanek raka pri otrocih in mladostnikih ter predstavili opredelitev stopnje tveganja. Največji umetni vir NF MP v okolju so visokonapetostni daljnovodi, ki se uporabljajo za prenos in distribucijo električne energije.

2.1.1. Determinante zdravja

Na zdravje vplivajo številni različni dejavniki t.i. determinante zdravja, ki so bodisi varovalni dejavniki – delujejo v smeri spodbujanja zdravja – ali nevarnostni dejavniki – delujejo v smeri zmanjševanja zdravja oz. podpirajo razvoj bolezni. Pri posameznih boleznih iste determinante zdravja lahko vplivajo v različne smeri: na primer spol je pri nekaterih boleznih nevarnostni

dejavnik, pri drugi pa je varovalni dejavnik. Na nekatere determinante, kot so spol, starost, genetika, povečini ne moremo vplivati, drugi dejavniki pa so stvar osebne izbire, okolja in družbe v kateri živimo.

Razvoj bolezni je multifaktorski proces, na katerega vplivajo različne determinante zdravja prek celotnega človekovega življenja. Da pride do bolezenskih sprememb, je potrebna kombinacija različnih nevarnostnih dejavnikov, ki se morajo zgoditi oziroma biti prisotni, ali varovalnih dejavnikov, ki morajo biti šibki oziroma izostati. Ti dejavniki se morajo pojaviti v določenem trajanju, v določeni jakosti in zaporedju, da privedejo do sprememb v funkcioniranju celice / tkiva / organa / celotnega organizma, kar vodi v trajne spremembe in razvoj bolezni. Za večino bolezni je potrebno daljše obdobje izpostavljenosti, da se bolezen razvije. Ista bolezen ima praviloma več različnih mehanizmov nastanka (velikokrat jih mora sočasno delovati tudi več hkrati), kar pomeni, da posamezen nevarnostni dejavnik nikoli ne razloži celotnega pojava bolezni, običajno posamezni nevarnostni dejavnik lahko povezujemo le z večjim ali manjšim deležem doprinosa k verjetnosti nastanka bolezni.

O tem, ali je povezava med določenim rakom in nevarnostnim dejavnikom pri človeku res vzročna, večinoma presojajo skupine strokovnjakov, ki snovi na osnovi strogo določenih meril razvrščajo v več skupin glede na stopnjo dokazane povezanosti z rakom. Eden najobsežnejših in najkakovostnejših seznamov nastaja v IARC (angl. International Agency for Research for Cancer) iz Lyona, ki je posebna agencija Svetovne zdravstvene organizacije. V seznamu te agencije so kemikalije, njihove zmesi ali proizvodni postopki, pa tudi virusi in fizikalni dejavniki razvrščeni v štiri skupine. V prvi skupini (skupina 1) so tisti, za katere je dovolj dokazov o rakotvornosti za ljudi (med njimi so najbolj znani azbest, tobačni dim, alkoholne pijače, sončno sevanje); v drugi skupini so tisti, za katere vzročna zveza še ni dokazana, je pa verjetna ali možna. V tretji skupini so kemikalije in drugi dejavniki, ki so jih sicer že proučevali, vendar jih zaenkrat še ni mogoče uvrstiti v nobeno od prej omenjenih skupin in tudi ne v četrto, kamor sodijo kemikalije, ki za človeka niso karcinogene (Tabela 1). Seznam na osnovi novih spoznanj sproti dopolnjujejo; vsem je dostopen na spletu (<http://www.iarc.fr/>). Leta 2002 je skupina strokovnjakov pri IARC uvrstila NF MP v skupino 2B – snovi, ki so morda rakotvorne za človeka, NF električno polje pa v skupino 3 – snovi, ki jih ni mogoče razvrstiti glede na rakotvornost pri človeku (IARC 2002). V nadaljevanju prispevka se tako osredotočamo na NF MP.

Tabela 1: Snovi, razporejene v skupine glede na povezanost z rakom, po klasifikaciji Mednarodne agencije za raziskave raka (IARC 2019).

	Opis	Število trenutno razporejenih snovi oz. agensov
Skupina 1	Snovi, ki so rakotvorne za človeka	120
Skupina 2A	Snovi, ki so verjetno rakotvorne za človeka	82
Skupina 2B	Snovi, ki so morda rakotvorne za človeka	311
Skupina 3	Snovi ni mogoče razvrstiti glede na rakotvornost za človeka	499
Skupina 4	Snovi, ki verjetno niso rakotvorne za človeka	1

2.1.2. Tveganje zaradi izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem

Leta 1979 sta Wertheimer in Leeper (Wertheimer, Leeper 1979) opisala prvi morebitni primer povezave med dolgotrajno izpostavljenostjo NF MP in tveganjem za razvoj raka v študiji primerov in kontrol, kjer sta ugotavljala pogostejšo obolevnost za levkemijami, limfomi in tumorji centralnega živčnega sistema (CŽS) pri otrocih, ki so živeli v bližini visokonapetostnih daljnovodov. V nadaljnjih letih so različni raziskovalci preiskovali ali obstaja in kakšna je povezava med izpostavljenostjo NF MP in pojavom raka pri otrocih in odraslih.

Leta 2002 je IARC (angl. International Agency for Research for Cancer) uvrstila magnetna polja ekstremno nizkih frekvenc v skupino 2B – snovi, ki so morda rakotvorne za človeka (IARC 2002). Odločitev IARC je potrdilo tudi zadnje poročilo SCENHIR (angl. Scientific Committee on emerging and newly identified health risks) iz leta 2015, ki je po pregledu raziskav do sredine leta 2014 potrdilo predhodna mnenja iz leta 2009 in leta 2002. Uvrstitev NF MP v skupino 2B je bila predvsem posledica ponavljajočih najdb povečanega tveganja otroških levkemij pri dolgotrajnejši izpostavljenosti NF MP večjih od 0,3 ali 0,4 μ T. Nejasno ostaja področje mehanizma nastanka povečanega tveganja levkemije zaradi vpliva NF MP. Poročilo SCENHIR 2015 glede pojavljanja ostalih rakov pri otrocih (predvsem raka CŽS in limfome ter vse rake skupaj) zaradi izpostavljenosti NF MP do leta 2014 ne kaže enotnih rezultatov, zato je podano mnenje, da o morebitnih povezavah NF MP in drugih otroških rakih ne moremo govoriti.

V nadaljevanju bomo predstavili zadnje raziskave s področja ugotavljanja morebitne povezave med NF MP in tveganje za razvoj raka pri otrocih, pri čemer se bomo osredotočili na levkemije, tumorje CŽS in vse rake skupaj.

Statistično povišano tveganje za razvoj otroške levkemije so ugotovili v raziskavi Buncha (Bunch et al. 2014). Tveganje je bilo statistično značilno povišano v 60. in 70. letih (200–599 m od visokonapetostnih električnih vodov za prvo obdobje oz. 200 m od vodov za ostala obdobja), v kasnejših desetletnih obdobjih pa kljub dovolj velikemu vzorcu večjega tveganja niso ugotovili. Prav tako sta v letu 2018 Swanson in Bunch (Swanson, Bunch 2018) objavila dodatno analizo istih podatkov, kjer sta ob uporabi drugačne kategorije oddaljenosti od vira izpostavljenosti, ugotovila najvišje tveganje v obdobju 1962–1979 na razdalji 100–200 m do 275 ali 400 kV električnih vodov. Navkljub več različnim analizam, ko so raziskovalci skušali izključiti morebitne moteče dejavnike in bolje razložiti najdeno povečano tveganje v zgodnejših obdobjih opazovanja, zaenkrat ne morejo z gotovostjo trditi, zakaj je temu tako. Dosedanji rezultati govorijo v prid temu, da očitno obstajajo drugi nevarnostni dejavniki, ki vplivajo na povečano tveganje v odnosu do razdalje in v odnosu do časovnega obdobja. V raziskavi Pedersena (Pedersen et al. 2014a) so ugotovili, da je prisotno statistično značilno povečano tveganje za pojav otroške levkemije pri sočasni izpostavljenosti NF MP in večji izpostavljenosti radona v bivalnem okolju. Pregledna študija (Kheifets et al. 2017b), ki je obravnavala raziskave glede sočasne izpostavljenosti tako MP kot radonu ali gama sevanju, je ugotavljala veliko variabilnost glede rezultatov in izpostavila številne metodološke pomanjkljivosti, zato o enoznačni povezavi trenutno ne moremo govoriti. Novejša študija iz leta 2019 (Crespi et al. 2019)

je ugotovila povišano tveganje za otroško levkemijo pri otrocih, ki so živeli manj kot 50 m od visokonapetostnega voda in bili izpostavljeni MP $\geq 0,4 \mu\text{T}$. Ugotovili so tudi, da je tveganje za otroško levkemijo poleg oddaljenosti od električnega voda in jakosti, odvisno tudi od napetosti električnega voda. Iranska študija (Tabrizi 2016) je proučevala različne vplive predvsem v prenatalnem obdobju; ugotovili so povišano tveganje za akutno limfoblastno levkemijo (v nadaljevanju ALL) pri otrocih ob prenatalni izpostavljenosti NF MP.

V nasprotju z zgoraj navedenimi študijami pa povišanega tveganja pri otrocih, ki so bili izpostavljeni NF MP jakosti nad $0,4 \mu\text{T}$, tako gledano za vse proučevane rake skupaj, kot za posamezno vrsto proučevanega raka niso ugotovili pri otrocih na Danskem v obdobju 1968-2003 (Pedersen et al. 2015). Prav tako povezave z otroško levkemijo, raki CŽS in drugimi vrstami raka niso ugotovili v raziskavi Bucha (Bunch et al. 2015), kjer je Bunch preučeval vpliv podzemnih visokonapetostnih električnih vodov. Italijanska študija otroških levkemij (Salvani et al. 2015) prav tako ni pokazala povezave med izpostavljenostjo NF MP jakosti $\geq 0,3 \mu\text{T}$ in celokupnimi levkemijami ali ALL. Podobno tudi študija otroških levkemij in raka CŽS v Združenih državah Amerike (Crespi et al. 2016) ni ugotovila statistično značilnega povečanega tveganja v bližini visokonapetostnih vodov. V italijanski študiji (Parodi et al. 2014) so proučevali povezavo med izpostavljenostjo matere v času nosečnosti različnim nevarnostnim dejavnikom, kot so različne kemikalije doma in na delovnem mestu, ter izpostavljenost NF MP, in tveganjem glioblastoma. Slednji sodi v skupino tumorjev osrednjega živčevja, ki so najpogostejši solidni tumorji pri otrocih. Povezave z izpostavljenostjo NF MP niso ugotovili.

Meta analiza iz leta 2014 (Zhaou et al. 2014) je potrdila povezavo med izpostavljenostjo NF MP ($\geq 0,4 \mu\text{T}$) in otroškimi levkemijami. V nasprotju pa meta analiza iz leta 2016 (Zhang et al. 2016) ni potrdila povečanega tveganja za otroške rake. Ugotovila pa je, da je povečano tveganje pri vključenih študijah za celokupne rake (otroške in odrasle) prisotno za študije v Severni Ameriki, v evropskih študijah pa povečanega tveganja niso ugotovili. Najnovejša združena analiza (Amoon et al. 2018) tudi ni ugotovila povišanega tveganja za otroško levkemijo, ne glede na razdaljo bivališča od daljnovodov, ne glede na napetost električnih vodov. Zadnja meta analiza s področja nevroloških rakov in rakov CŽS (Su et al. 2018) je ugotavljala povezavo med prenatalno izpostavljenostjo NF MP staršev in nevrološkimi raki; na povečano tveganje je imela večji vpliv izpostavljenost matere kot očeta.

Schüz v preglednem članku (Schüz 2016) opisuje, da obstajajo rezultati, ki govorijo v prid večjega tveganja za otroško levkemijo zaradi vpliva NF MP, vendar ne moremo izključiti pristranosti ali vpliva motečih dejavnikov. Potencialni prispevek tega nevarnostnega dejavnika k celokupni otroški levkemiji označujejo kot majhen. Opisujejo pa številne druge proučevane možne vzroke za povečano tveganje otroške levkemije (okoljski dejavniki, sevanje, življenjski slog, intrinzični dejavniki), ki pa večinoma tudi nimajo prepričljivih dokazov o vzročni povezavi. Crespi navaja kot druge nevarnostne dejavnike tudi socialno-ekonomski položaj, vzorce preseljevanja, vrsta bivališča, stik z virusi, izpostavljenost tobačnemu dimu, nekatere snovi v prehrani, gostota prometa v okolici, izpostavljenost pesticidom in vpliv t.i. korona ionov (Crespi et al. 2019). Kot razmišljajo tudi drugi raziskovalci, pa je povezava med NF MP in otroško levkemijo, če je vzročna, zelo majhna in na povečano tveganje otroške levkemije v večji meri vplivajo drugi nevarnostni dejavniki.

Predstavljene raziskave imajo določene metodološke omejitve kot na primer slaba opredeljenost dejanske izpostavljenosti, slabši odziv udeležencev v skupini kontrol, dostopnost do podatkov o histološki vrsti raka in majhno število primerov. Številne študije ugotavljajo, da je število izpostavljenih otrok višjim jakostim NF MP majhno, manj kot 2 % otrok v populaciji (npr. Salvani et al. 2015, Crespi et al. 2019). Prav tako je med zbolelimi otroci število otrok, ki spadajo v skupino z večjo izpostavljenostjo NF MP, izredno majhno (npr. Pedersen et al. 2015 – v obdobju 1986–2003 izmed 3.277 vključenih primerov iz celotne Danske le 11 v najbolj izpostavljeni skupini). Omenjene metodološke pomankljivosti prispevajo k manjši zanesljivosti rezultatov.

Za zaključek lahko povzamemo, da so si rezultati različnih epidemioloških študij pogosto nasprotujoči; predstavljene raziskave imajo določene metodološke omejitve. Poleg tega pa je osnovni biološki in fiziološki mehanizem vpliva NF MP na človeški organizem slabo poznan. V prihodnosti bodo potrebne še številne študije tako eksperimentalne kot epidemiološke za razjasnitev povezave med NF MP in vplivom na zdravje otrok in odraslih.

2.2. Dejavniki tveganja v povezavi z geografsko lokacijo

Geografska epidemiologija se je kot veda razmahnila, ko so ugotovili, da so zemljevidi lahko izjemno uporabno orodje za iskanje možnih vzrokov bolezni. Zavedati pa se moramo, da prisotnost nekega prostorskega vzorca sama po sebi še ne dokazuje vzročnosti (Bell et al. 2006). V nastanek večine bolezni so namreč vpleteni okoljski dejavniki v širšem smislu, saj med okoljske dejavnike epidemiologi štejejo vse negenetske dejavnike (Doll et al. 1996, Tomatis et al. 1990), torej tudi tiste, ki so povezani z življenjskim slogom (debelost, energijsko prebogata hrana z malo zelenjave in sadja ter sedeč način življenja skupaj z razvadami, kot so čezmerno uživanje alkoholnih pijač in kajenje).

Določeni dejavniki tveganja so neposredno povezani z geografsko lokacijo. Za nastanek kožnega melanoma je npr. najpomembnejše čezmerno sončenje (Primic Žakelj et al. 2007). Kožni melanom je pogostejši med belci, ki živijo v bližini ekvatorja, kjer je ultravijolično sevanje močnejše. Incidenca bolezni je največja v Avstraliji in na Novi Zelandiji. Podobno je s povezanostjo med pljučnim rakom in prisotnostjo radona, ki se zadržuje v hišah, ter med sončnim obsevanjem in rahitisom (vzrok rahitisa je pomanjkanje vitamina D, ki ga lahko povzroči primanjkljaj ultravijolične svetlobe) (Park 1940).

Povezanost pa je lahko tudi posredna. Na pojavljanje bolezni in njene geografske vzorce lahko vpliva geografska porazdelitev dejavnikov, kot so socialno-ekonomski položaj, vzorci zaposlitve (npr. industrijske cone) in izpostavljenost prebivalstva dejavnikom iz okolja. Tako v številnih raziskavah ugotavljajo tudi, da za kožnim melanomom pogosteje zbolevalo ljudi z višjim socialno-ekonomskim položajem. Domnevajo, da gre za posredni kazalnik, ki kaže na njihovo večje izpostavljanje soncu med počitnicami in drugimi rekreativnimi dejavnostmi, ki se jih v večji meri udeležujejo prav premožnejši. Več primerov bolezni v napredovalem stadiju in slabše preživetje med ljudmi nižjega socialno-ekonomskega položaja pripisujejo v določeni meri tudi dejstvu, da so zdravstveno-vzgojne dejavnosti tem skupinam prebivalstva slabše dostopne, kar posledično vpliva na t.i. zdravstveno pismenost in ozaveščenost.

Ekološke študije so epidemiološke raziskave, pri katerih so opazovane enote populacije ali skupine ljudi in ne posamezniki, ali pa raziskave, pri katerih je izpostavljenost dejavnikom tveganja znana le na populacijski ravni, medtem ko so izidi izpostavljenosti znani na individualni ravni. Opazovane skupine so lahko opredeljene na različne načine (geografsko, po socialno-ekonomskem položaju, po vrsti dela...). Ekološke spremenljivke so lastnosti skupin, organizacij ali prostorskih enot, medtem ko so spremenljivke na individualni ravni lastnosti posameznika (Greenland 2001). Ekološke študije se uporabljajo za raziskovanje možnih vzročnih povezav med izpostavljenostjo tveganju in specifičnim zdravstvenim izidom, kadar druge vrste raziskav niso možne ali primerne (Loney et al. 2014).

Ekološke raziskave so lahko najboljši pristop za preučevanje izpostavljenosti, ki so lažje merljive na skupinah posameznikov kot pa na individualni ravni npr. pri preučevanju vpliva onesnaženega zraka na zdravje. Proučevanje zdravja na tej ravni je pomembno, čeprav ga spremljajo številne kritike, ki so povezane predvsem s prenosom rezultatov s populacijske ravni na raven posameznika. Eden izmed večjih problemov teh raziskav je ekološka zmeta. O ekološki zmoti govorimo, kadar zmotno predpostavljamo, da je statistična povezanost med dvema spremenljivkama populacijske ravni enaka povezanosti med ustreznima spremenljivkama individualne ravni. V ekstremnih primerih lahko povezanost na eni ravni popolnoma izgine, čeprav je prisotna na drugi ravni, ali pa je celo obrnjena. Zavedati se moramo, da samo dejstvo, da je pogostnost bolezni večja na območjih z večjo izpostavljenostjo, še ne pomeni, da so dejansko zbolele osebe, ki so bile bolj izpostavljene, vemo le, da je na nekam območju zbolelo več oseb. Ali z drugimi besedam, z ekološkimi raziskavami ne dokazujemo vzročne povezave, saj je lahko prostorsko ujemanje naključno. Osnovni problem ekološke zmote je, da nobena populacijska skupina ni popolnoma homogena glede na izpostavljenost. Če bi vsako opazovano območje sestavljali samo prebivalci, ki bi bili izpostavljeni, ali samo prebivalci, ki ne bi bili izpostavljeni, potem ekološka zmeta ne bi obstajala (Eržen et al. 2010, Schwartz 1994).

Kljub možnosti ekološke zmote, imajo ekološke raziskave nekaj prednosti. Ekološke raziskave so hitro izvedljive in poceni ter so lahko najboljši pristop za preučevanje izpostavljenosti, ki so lažje merljive na skupinah prebivalcev kot pa na individualni ravni. Z njimi povezujemo podatke iz različnih baz podatkov in so primerne za monitoriranje učinkovitosti javnozdravstvenih ukrepov na populacijski ravni. Obstaja torej več razlogov za priljubljenost ekoloških raziskav, očitna pa je računalniško podprta in vedno večja razpoložljivost agregiranih podatkov. Tudi če so individualni podatki na voljo, je dostopnost do njih zaradi varovanja zasebnosti posameznikov običajno precej omejena in časovno zamudna. Dostopnost do podatkov omejuje raziskovalce pri načrtovanju raziskave in analizi podatkov. Uporaba zaščitenih podatkov, ki niso dostopni širši raziskovalni skupnosti, predstavlja tudi oviro za ponovljivost raziskav (Connelly et al. 2016, Eržen et al. 2010).

Z namenom zmanjšanja omejitev ekoloških raziskav, se uporabljajo različni pristopi, ki skušajo te omejitve zmanjšati, ne morejo pa jih v celoti odpraviti. Tako se moramo na primer zavedati, da se tudi s popolnim georeferenciranjem ne moremo izogniti vsem pristranostim, ki se lahko prikradejo v študijo, ko uporabimo bivališče osebe kot nadomestni kazalnik izpostavljenosti. Tipično v raziskavah ne upoštevamo dnevne mobilnosti ali selitev, zato je npr. naslov prebivališča neprimeren podatek, ko preučujemo poklicne bolezni, izpostavljenost v šolah in

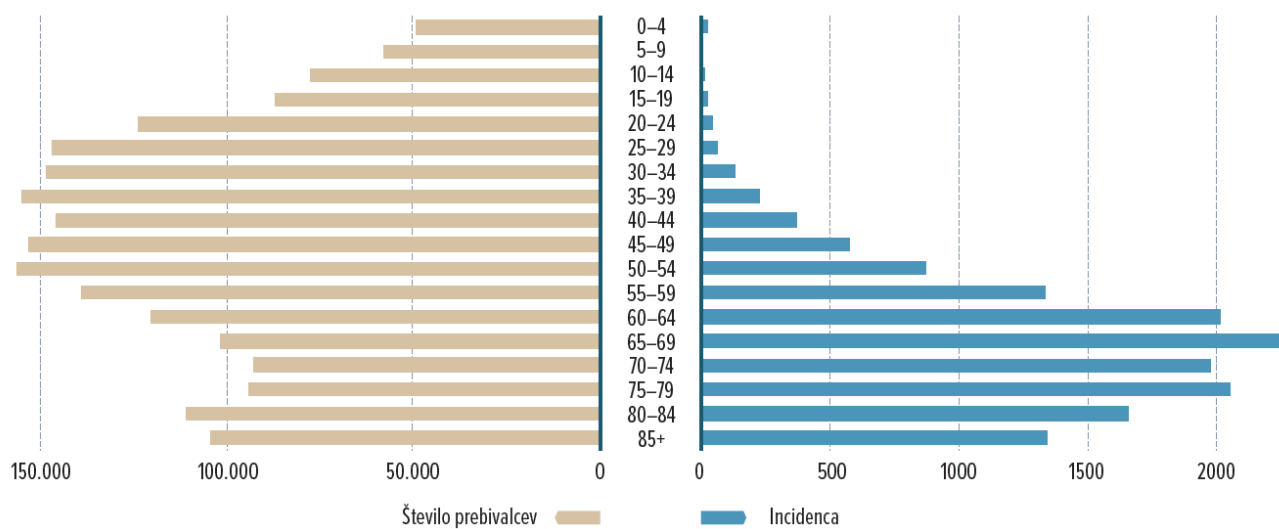
podobno. Posamezniki so v istem dnevu lahko izpostavljeni okoljskim dejavnikom na delovnem mestu, v avtomobilu, med rekreacijo, doma ali na drugih lokacijah. Nekateri imajo prijavljeno prebivališče drugje, kot v resnici živijo. Možno je, da bolniki v resnici niso prebivali na stalnem naslovu ter so bili dejansko izpostavljeni dejavnikom tveganja v drugem okolju, kot smo predvidevali v analizi, glede na uradni stalni naslov. Pavlin in Sluga (Pavlin et al. 2000) sta ocenila, da je konec leta 2000 v Ljubljani delalo okrog 10.000 ljudi (približno šest odstotkov vseh takrat zaposlenih v Ljubljani), katerih uradno stalno prebivališče je bilo od Ljubljane oddaljeno več kot uro vožnje oziroma več kot 70 km. Ti zaposleni verjetno niso bivali na svojem uradnem stalnem naslovu. Eden od glavnih razlogov za neprijavljanje spremembe stalnega prebivališča so denarna nadomestila, ki jih prejema delavci za prevoz na delovno mesto in morebitne druge finančne ugodnosti ali omejitve. Realno je, da je nekaj opisanih pristranosti prisotnih tudi v naši analizi. Predvidevamo pa, da je odstotek bolnikov z rakom, ki imajo nepravilno uradno stalno prebivališče, vseeno manjši od odstotka, predstavljenega v omenjeni študiji. Bolniki z rakom v Sloveniji so v skoraj dveh tretjinah primerov starejši od 64 let (Zadnik et al. 2017) ter zato večinoma upokojeni in niso upravičeni do zgoraj omenjenih denarnih nadomestil, zato je utemeljeno predpostavljati, da je njihovo prijavljeno stalno prebivališče v večji meri tudi dejansko prebivališče. Nekateri starostniki pa so še naprej prijavljeni na dolgoletnem naslovu, kljub temu da bivajo v domovih za ostarele.

Bolj pomembna pristranost, ki se verjetno zrcali tudi v naši študiji, pa je problem latentne dobe. Za razvoj rakavih bolezni je praviloma potrebna dalj časa trajajoča izpostavljenost dejavnikom tveganja: pri solidnih tumorjih po navadi med 15 in 20 let (Doll et al. 1996). Pri upoštevanju podatka o stalnem prebivališču ob diagnozi predpostavimo, da je bolnik živel vso latentno dobo v okolju, kjer je zbolel. Če se je bolnik pred diagnozo selil, je učinek dejavnikov tveganja gotovo drugačen (Alexander et al. 1996). Natančnih podatkov o migracijah prebivalstva se v populacijskih registrih ne beleži rutinsko, zato taka analiza ni možna iz rutinsko zbranih podatkov. Tudi v podrobnejših raziskavah, ki jih izvaja RRRS, ni na razpolago tovrstnih podatkov.

V nasprotju z delovnim in starejšim prebivalstvom, je prebivališče kot približek ocene dejavnikov tveganja primerno za otroške vrste raka, saj se otroci večino časa zadržujejo doma in v okolici, kar pa le deloma velja za mladostnike (del jih živi v dijaških in študentskih domovih). Pri otrocih je latentna doba od izpostavljenosti dejavnikom tveganja do izbruha maligne bolezni krajša, pri večini bolezni pa dejavnikov tveganja ne poznamo.

2.3. Breme raka pri otrocih

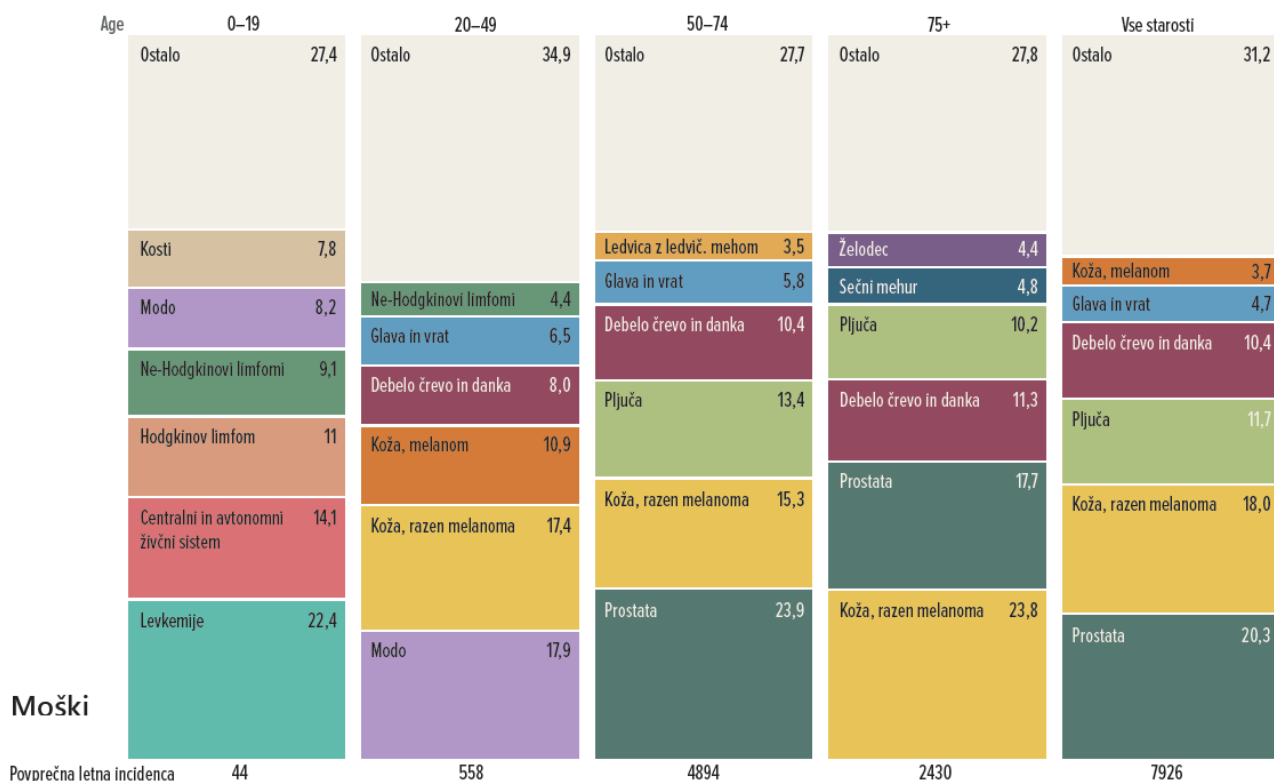
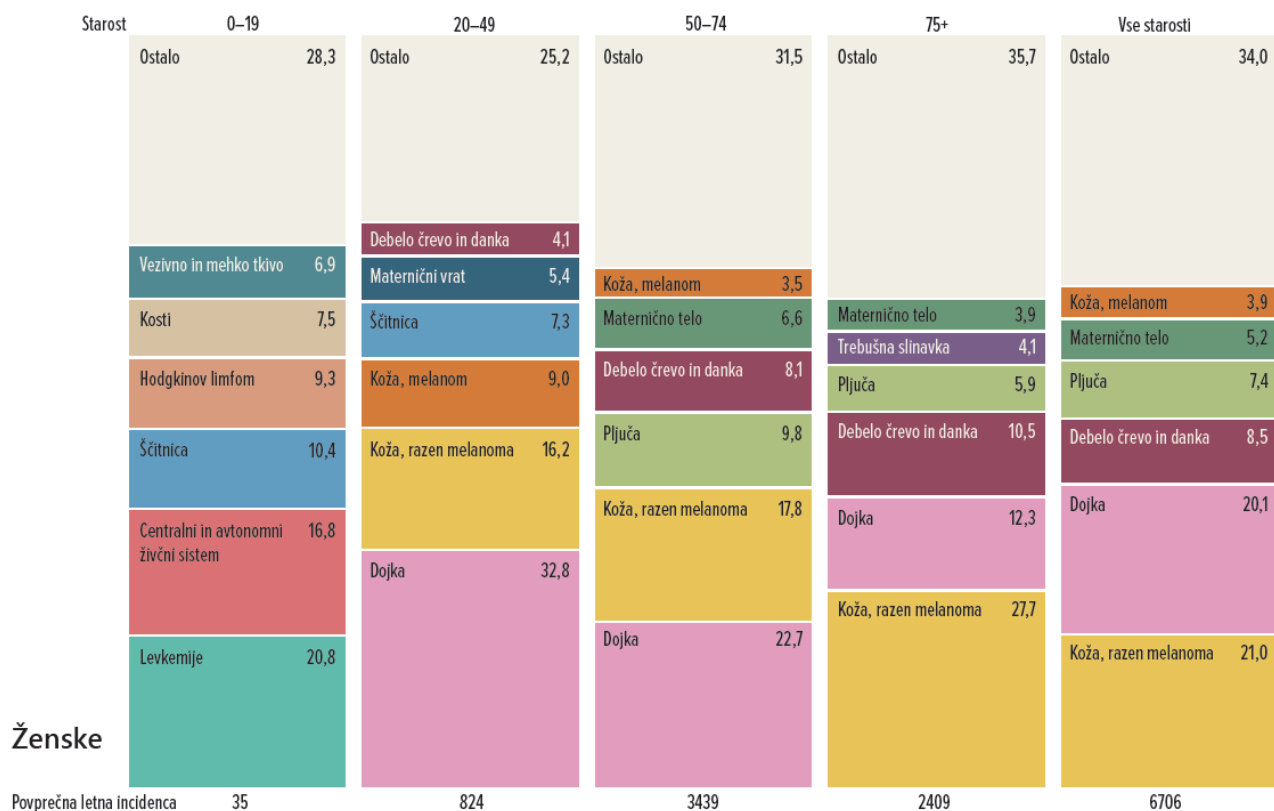
Čeprav se ogroženost z rakom zmeroma večja, je največja v poznejših letih; od vseh rakavih bolnikov je leta 2017 kar 64 % moških in 60 % žensk zbolelo po dopolnjeni starosti 65 let. Manj kot odstotek vseh rakavih bolezni je ugotovljenih pri otrocih in mladostnikih do 20. leta starosti (Slika 1) (Rak v Sloveniji 2017, 2020).



Slika 1: Število novih primerov vseh rakov (desna stran) po starosti ter primerjava s številom prebivalcev (leva stran) v istih starostnih skupinah, Slovenija 2017 (Rak v Sloveniji 2017, 2020).

Rak ni ena sama bolezen, temveč več sto različnih. Te lahko vzniknejo v vseh tkivih in organih človeškega organizma. Razlikujejo se po pogostosti, zdravljenju in izidu, imajo pa tudi različne bolj ali manj znane nevarnostne dejavnike. Najpogostejši raki pri nas (kože, prostate, debelega črevesa in danke, pljuč, pa tudi dojke) so leta 2017 predstavljali 60 % vseh ugotovljenih rakov. Povezani so z nezdravim življenjskim slogom, čezmernim sončenjem, nepravilno prehrano, kajenjem in čezmernim pitjem alkoholnih pijač; ogroženost z njimi je treba zmanjšati z ukrepi primarne preventive. Vendar to velja za odrasle, medtem ko so pri otrocih najpogostejši popolnoma drugi raki. V zadnjem petletnem obdobju, med letoma 2013 in 2017, je v Sloveniji za rakom zbolelo povprečno 79 otrok in mladostnikov na leto, od tega so najpogostejše levkemije, sledijo jim tumorji centralnega in avtonomnega živčnega sistema in limfomi (približno polovica je Hodgkinovih limfomov in polovica ne-Hodgkinovih limfomov). Mlajši odrasli moški zbolevajo največ za rakom mod, pri ženskah v tej starosti pa je na prvem mestu že rak dojke (

Slika 2).

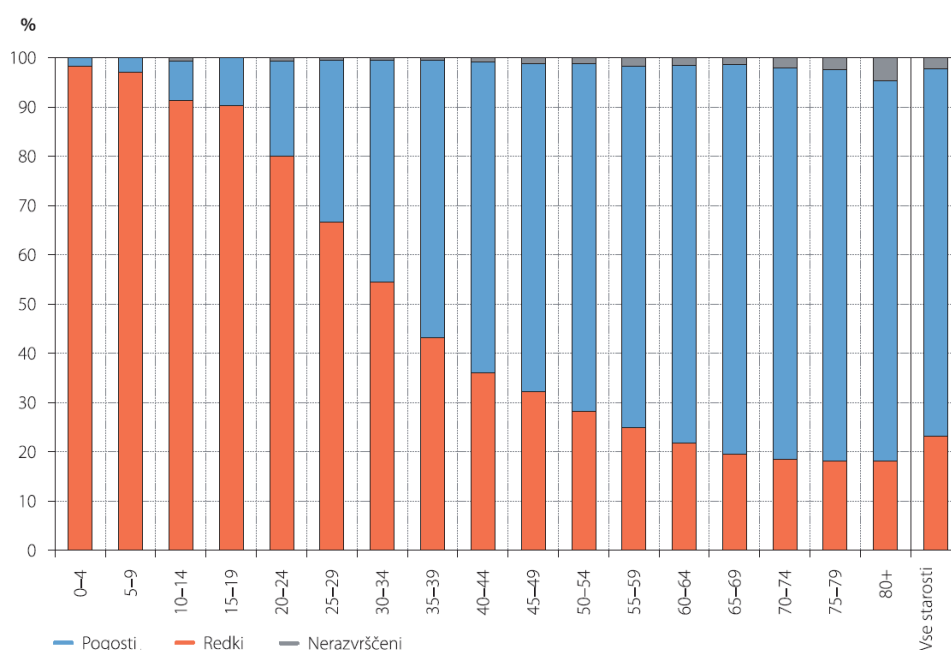


Slika 2: Odstotni deleži najpogostejših rakov po starostnih skupinah in spolu, Slovenija 2013–2017 (Rak v Sloveniji 2017, 2020).

V zadnjih desetih letih se je groba incidenčna stopnja pri vseh otroških rakih skupaj zviševala za 1,8 % povprečno na leto, pri levkemijah se je zniževala za 0,4 %, pri limfomih se je zviševala za 0,9 %, pri malignih možganskih tumorjih pa se je zviševala za 1,6 % na leto. Med letoma 2007 in 2016 se je groba umrljivostna stopnja zniževala, pri vseh otroških rakih skupaj za 4,5 % na leto, pri levkemijah za 9,2 %, pri limfomih in malignih možganskih tumorjih pa ostaja na enaki ravni. Incidenčni in umrljivostni trendi sicer niso statistično značilni, nakazujejo pa stabilno incidenco in rahlo zniževanje umrljivosti.

Povprečno je v zadnjem petletnem obdobju umrlo 9 otrok in mladostnikov na leto, od tega sta umrla 2 otroka zaradi levkemije, 1 zaradi limfoma in 3 zaradi malignega možganskega tumorja. Konec decembra 2016 je med nami živel 2.020 oseb, ki so zbolele za rakom pred 20. letom. Med njimi je 73 oseb prejelo diagnozo pred manj kot enim letom, 248 pred enim do štirimi leti in 1.426 pred več kot desetimi leti.

Za razliko od ostalih redkih bolezni, kamor uvrščamo vse bolezni s prevalenco manjšo od 50 na 100.000, so se strokovnjaki Evropske zveze, združeni v projekt RARECARE (www.rarecare.eu), zedinili, da za redke rake veljajo tisti, katerih groba incidenčna stopnja je manjša od 6/100.000 prebivalcev. Pri raku prevalenca namreč ni najprimernejše merilo za breme bolezni, saj zdravljenje ni ves čas bolezni enako, pač pa je praviloma omejeno na njen začetek, operacijo, ki ji lahko sledi obsevanje in/ali sistemsko zdravljenje, vse to pa se dogaja v določenem in omejenem časovnem intervalu. Nekateri bolniki ozdravijo in je po začetnem zdravljenju njihova specifična obravnava zaključena. Tako so zmogljivosti, ki so potrebne za zdravljenje, sorazmerne s številom novih primerov, torej z incidenco, in ne s skupnim številom vseh živih bolnikov ne glede na čas diagnoze, kar je prevalenca. Za redke rake je značilno, da se v primerjavi s pogostejšimi raki večkrat pojavljajo pri otrocih in mladostnikih (Slika 3). Več kot 90 % vseh rakov pri zbolelih pred 20. letom starosti sodi v skupino redkih rakov (Rak v Sloveniji 2013, 2016).



Slika 3: Odstotni delež redkih, pogostih in nerazvrščenih rakov po starostnih skupinah. Slovenija 2004–2013 2017 (Rak v Sloveniji 2013, 2016).

3. Podatki in metode

Zdravstveni kazalniki so številske mere, s katerimi kvantitativno opišemo zdravje izbrane populacije. V javnem zdravju nam služijo kot diagnostično orodje za ocenjevanje bremena bolezni v populaciji.

3.1. Bolniki z rakom

Za spremljanje najpomembnejših zdravstvenih pojavov oziroma bolezni ima večina razvitih držav vzpostavljen rutinski sistem zbiranja podatkov in izračunavanja osnovnih zdravstvenih kazalnikov. Proces zbiranja in obdelave teh podatkov imenujemo registracija, osrednjo podatkovno zbirko pa register. Registri raka zbirajo in obdelujejo podatke o bolnikih z rakom na določenem območju (Jensen 1991).

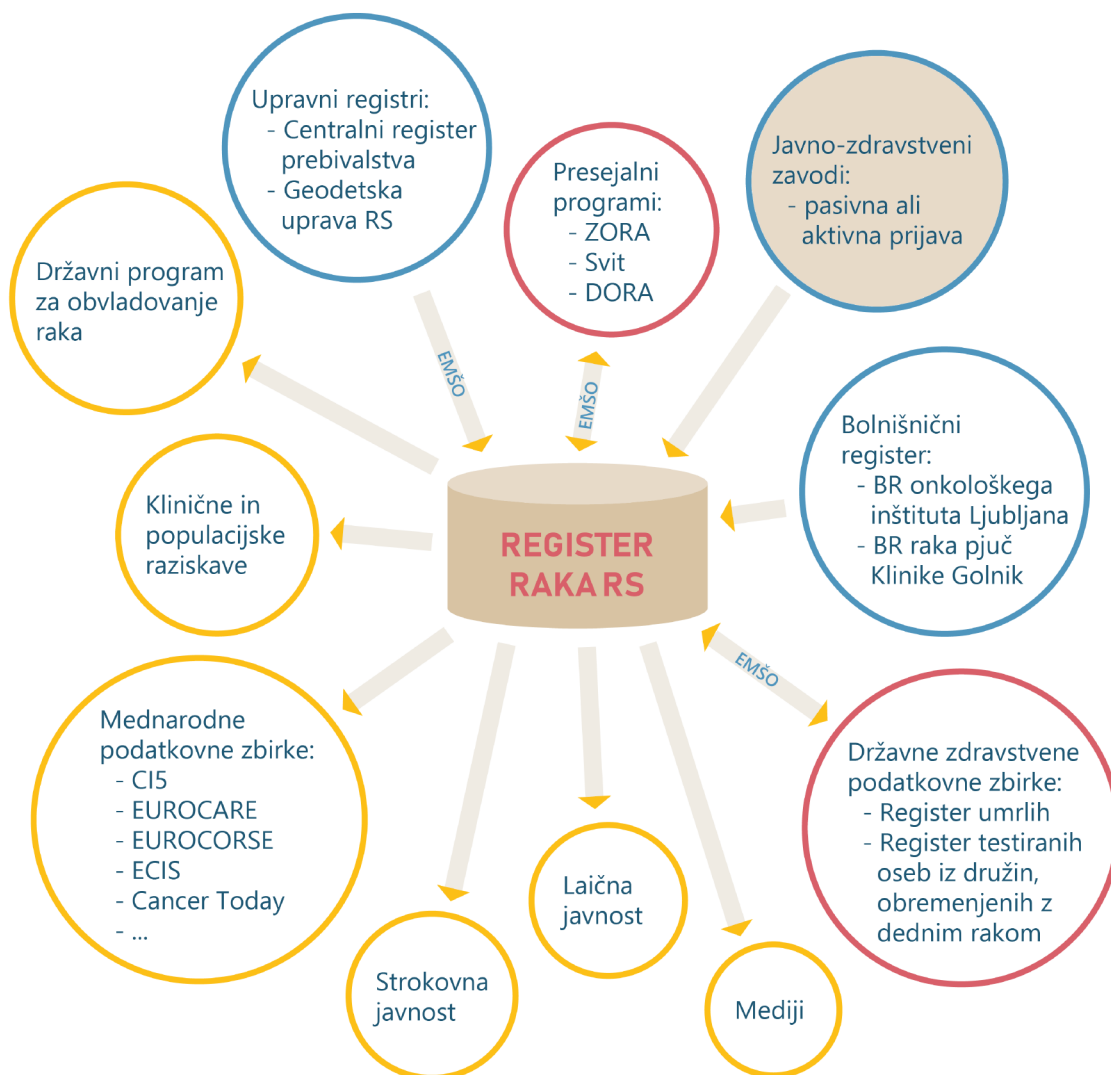
Register raka Republike Slovenije (RRRS) je eden najstarejših populacijskih registrov raka v Evropi; na Onkološkem inštitutu Ljubljana deluje neprekinjeno od leta 1950 (Duratović Konjević et al. 2020, Ravnihar et al. 1951). V RRRS se zbirajo, shranjujejo in obdelujejo podatki o vseh novih primerih raka med prebivalci s stalnim prebivališčem v Sloveniji. To mero bremena bolezni imenujemo incidenca in se običajno poroča za posamezno koledarsko leto.

Podatki RRRS so pomembni za načrtovanje in ocenjevanje onkološkega varstva na področju primarne in sekundarne preventive, diagnostike, zdravljenja in rehabilitacije, za načrtovanje zmogljivosti in sredstev, potrebnih za obvladovanje rakavih bolezni; dragoceni so tudi za klinične in epidemiološke raziskave v Sloveniji in širše ter za vrednotenje učinkovitosti presejalnih programov za raka in Državnega programa obvladovanja raka. Danes vemo, da je uspešnost in učinkovitost prizadevanj zdravstvene politike in izvajalcev zdravstvenega varstva za področje raka mogoče objektivno ovrednotiti le z ustreznimi podatki o bremenu te bolezni in njegovem spremljanju v času.

Osnovni vir podatkov v RRRS so prijavnice rakave bolezni, ki jih pošiljajo iz vseh bolnišnic in diagnostičnih inštitucij v Sloveniji, izjemoma prejmemo prijavnice tudi iz ordinacij osnovnega zdravstvenega varstva, če bolnik ni napoten na nadaljnje preiskave in/ali zdravljenje. Prijavnice prihajajo v RRRS po pošti v papirnati obliki – za izpolnjevanje prijavnice je zadolžen zdravnik, ki zdravi pacienta, ali njegov pooblaščenec. Izjema so prijavnice za bolnike obravnavane na Onkološkem inštitutu Ljubljana, ki ima za izpolnjevanje prijavnice organizirano posebno službo – Bolnišnični register Onkološkega inštituta Ljubljana – ki pripravlja prijave v RRRS v elektronski obliki. Ker so nekateri bolniki z rakom obravnavani v več kot eni ustanovi, dobi RRRS za posamezno bolezen več prijavnice – v povprečju skoraj dve za posamezno bolezen.

Osnovna enota v bazi RRRS je posamezni primer rakave bolezni, saj ima lahko posamezna oseba diagnosticiranih več primarnih (med seboj nepovezanih) rakov. Prijava raka je zakonsko predpisana. Podatke, ki jih prejmemo na prijavnicih, v RRRS spremenimo v elektronsko obliko. Vse papirnate prijavnice pa trajno hranimo v arhivu, razvrščene po posebnem sistemu v mape. Podatki v RRRS, ki jih prejmemo na prijavnici, se za zagotavljanje boljše kakovosti in popolnosti registra dopolnjujejo še z drugimi viri podatkov.

Dodatni viri podatkov so zdravniška poročila o vzroku smrti, obdukcijski zapisniki ter podatki iz registrov presejalnih programov (Slika 4). Elektronska povezava z nacionalno podatkovno zbirko o umrlih ter z registri presejalnih programov DORA, ZORA in Svit se izvaja obdobjno – enkrat ali večkrat letno. Na splošno velja, da je popolnost podatkov večja tam, kjer ima register dostop do različnih sekundarnih virov podatkov. Ocenjujemo, da bi izločitev teh dodatnih virov podatkov privedla do podcenjenosti incidence za približno 10 %. S povezavo na Register umrlih dobi RRRS informacije za tiste onkološke bolnike, ki so umrli za rakom, pa (še) niso zapisani v registru. RRRS za te osebe podatke dodatno aktivno pridobiva oziroma preverja v bolnišnicah in pri osebnih zdravnikih.



Slika 4: Viri podatkov in povezovanje Registra raka Republike Slovenije (Žagar et al. 2007).

Sinhronizacija podatkov med različnimi viri temelji na primerjavi EMŠO, ki je enolični identifikator vsakega prebivalca Republike Slovenije (RS). Kot osnovni identifikator se EMŠO vodi v vseh državnih podatkovnih zbirkah, vključno s Centralnim registrom prebivalstva (CRP). EMŠO je tako ključen pri povezovanju različnih zbirk podatkov ter zagotavljanju popolnosti in kakovosti podatkov RRRS. Dodatno pa RRRS na podlagi EMŠO preprečuje podvajanje vnosov

(kar je tudi eno izmed meril kakovosti registra). EMŠO smo v Sloveniji uvedli leta 1980, CRP pa ga je pričel sistematično dodeljevati prebivalcem leta 1985. V letih 2001–2017 je bilo v RRRS registriranih le 10 oseb brez podatka EMŠO od skupaj 206.613 oseb, ki so v tem obdobju imeli diagnosticiranega prvega raka (0,005 %). Od leta 2010 ima RRRS na voljo neposredno (razpoložljivost 24/7) varno spletno povezavo s CRP, ki poleg pridobivanja EMŠO omogoča še dnevne posodobitve podatkov o vitalnem statusu in stalnem naslovu. Ti podatki pomagajo pri sledenju v RRRS vpisanih bolnikov ter so temelj za podrobne epidemiološke analize kot so analize preživetja ali geografske analize na točkovnih podatkih.

Postopki za kontroliranje kakovosti in popolnosti podatkov v RRRS so mednarodno predpisani. Z njimi ugotavljamo področja in stopnjo pomanjkljivosti, kar pomaga pri interpretaciji podatkov, lahko pa vodi tudi v spremembo postopkov (Jacquez 2004, Zanetti et al. 2015). Nobena baza velikega obsega ne more biti popolna. Za spremljanje popolnosti in kakovosti registracije v RRRS imamo na voljo vse kvalitativne in semi kvantitativne kazalnike, ki so del standardnih procesov dela tudi v drugih evropskih populacijskih registrih raka. Zadovoljni smo ob ugotovitvi, da vrednosti slovenskih kazalnikov popolnosti in kakovosti registracije povsod presegajo mednarodno začrtane standarde že od začetka registracije raka pri nas. RRRS je eden od le 17 registrov raka na svetu, ki je prispeval podatke za publikacijo Rak na petih kontinentih redno od prve izdaje leta 1966 do današnjih dni, trenutno v skupno enajstih izdajah.

3.1. Prebivalci

Za primerjavo tveganj bolezni med izbranimi geografskimi enotami potrebujemo poleg podatkov o številu zbolelih na posameznem geografskem območju še podatke o populaciji, iz katere ti zboleli prihajajo. Agregirane podatke o številu prebivalcev po spolu in petletnih starostnih skupinah v uradno določenih administrativnih enotah, ki smo jih uporabili tudi v naši analizi, objavlja Statistični urad Republike Slovenije. Podatke o prebivalcih na nivoju upravnih enot za posamezno koledarsko leto po spolu in petletnih starostnih skupinah smo pridobili na portalu SiStat, ki je podatkovna baza Statističnega urada Republike Slovenije (<https://pxweb.stat.si/sistat/sl>).

Osrednja podatkovna baza o prebivalstvu v Sloveniji je CRP (Schlamberger 1996). Njegovo delovanje predpisuje Zakon o centralnem registru prebivalstva (Ur. l. RS št. 1/99). V njem se podatki o prebivalstvu centralno zbirajo, obdelujejo, hranijo in uporabljajo z namenom spremljanja stanja in gibanja prebivalstva za potrebe državnih organov in drugih uporabnikov, ki jih potrebujejo za opravljanje predpisanih nalog, za katere imajo zakonsko podlago. RRRS ima v Zakonu o zbirkah podatkov s področja zdravstva in zdravstvenega varstva (Ur. l. RS št. 65/00 in posodobitve) zakonsko osnovo za pridobivanje podatkov o prebivalcih iz CRP.

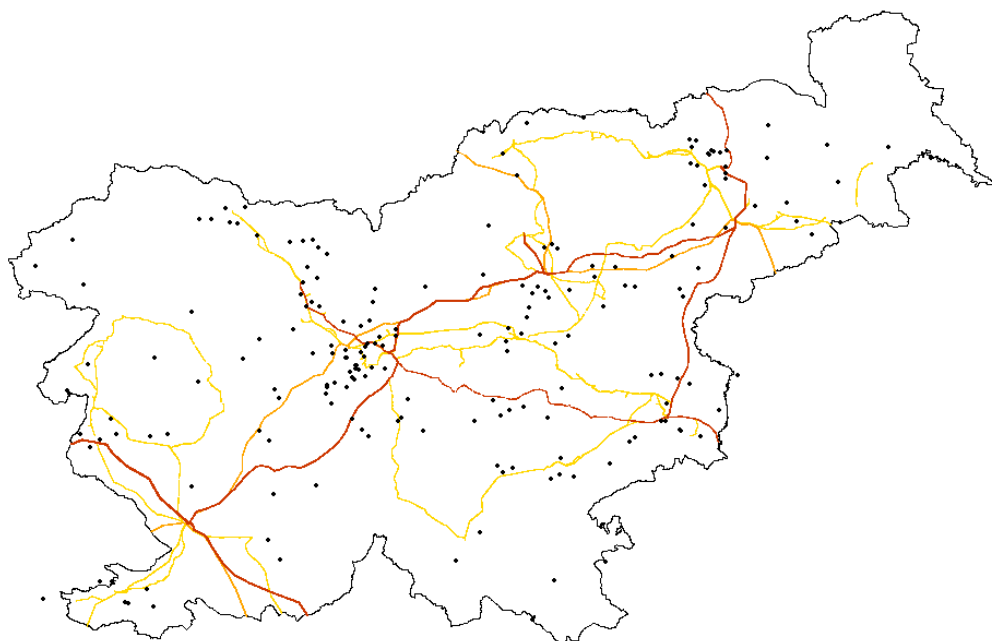
3.2. Izpostavljenost nizkofrekvenčnim magnetnim poljem

Za določanje izpostavljenosti NF MP v mednarodnih raziskavah uporabljajo različne pristope, ki imajo različne prednosti in slabosti. Veliko raziskav temelji na primerih in kontrolah (Waller LA, Gotway CA 2004), kjer je pomembno vprašanje o pristranostih izbora kontrol in pristranosti udeležbe. V splošnem je zahteva pri izboru kontrol, da so reprezentativni predstavniki populacije, iz katere izhajajo primeri. Prednost pristopa, ki smo ga uporabili v naši raziskavi je, da smo uporabili oceno izpostavljenosti NF MP na drobni prostorski mreži na geografskem območju celotne Slovenije. Dodatna prednost naše analize je, da smo poleg daljnovodov (DV) vključili tudi transformatorske postaje.

Sodelujoči partnerji na projektu so razvili inovativen pristop za izračun ocene izpostavljenosti NF MP. NF MP so modelirali v okolici 110, 220 in 400 kV DV in transformatorskih postaj na drobni prostorski mreži na geografskem območju celotne Slovenije. Izračunani podatki o NF MP so bili validirani z izmerjenimi vrednostmi NF MP, ki so bile pridobljene v okviru rednega obratovalnega monitoringa. Vrednosti NF MP so ocenjene za pet različnih kombinacij DV in ločeno za okolico transformatorskih postaj:

- samo 110 kV DV;
- samo 220 kV DV;
- samo 400 kV DV;
- skupaj 220 kV in 400 kV DV;
- skupaj 110 kV, 220 kV in 400 kV DV;
- transformatorske postaje.

Izpostavljenost NF MP kombinacije 110 kV, 220 kV in 400 kV DV skupaj je najprimernejša za interpretacijo rezultatov, saj so nekateri odseki DV z različnimi nazivnimi napetostmi zadosti blizu (na nekaterih mestih se križajo ali so mestoma vzporedni), da hkrati vplivajo na vrednost NF MP v neki okoliški prostorski točki (Slika 5). Kljub temu smo rezultate prikazali še za ostale kombinacije daljnovodov za potrebe morebitne interpretacije, saj na primer v okolici 110 kV DV živi več ljudi kot v okolici 400 kV in je zato število izpostavljenih oseb različno, ravno tako tudi relativno tveganje.

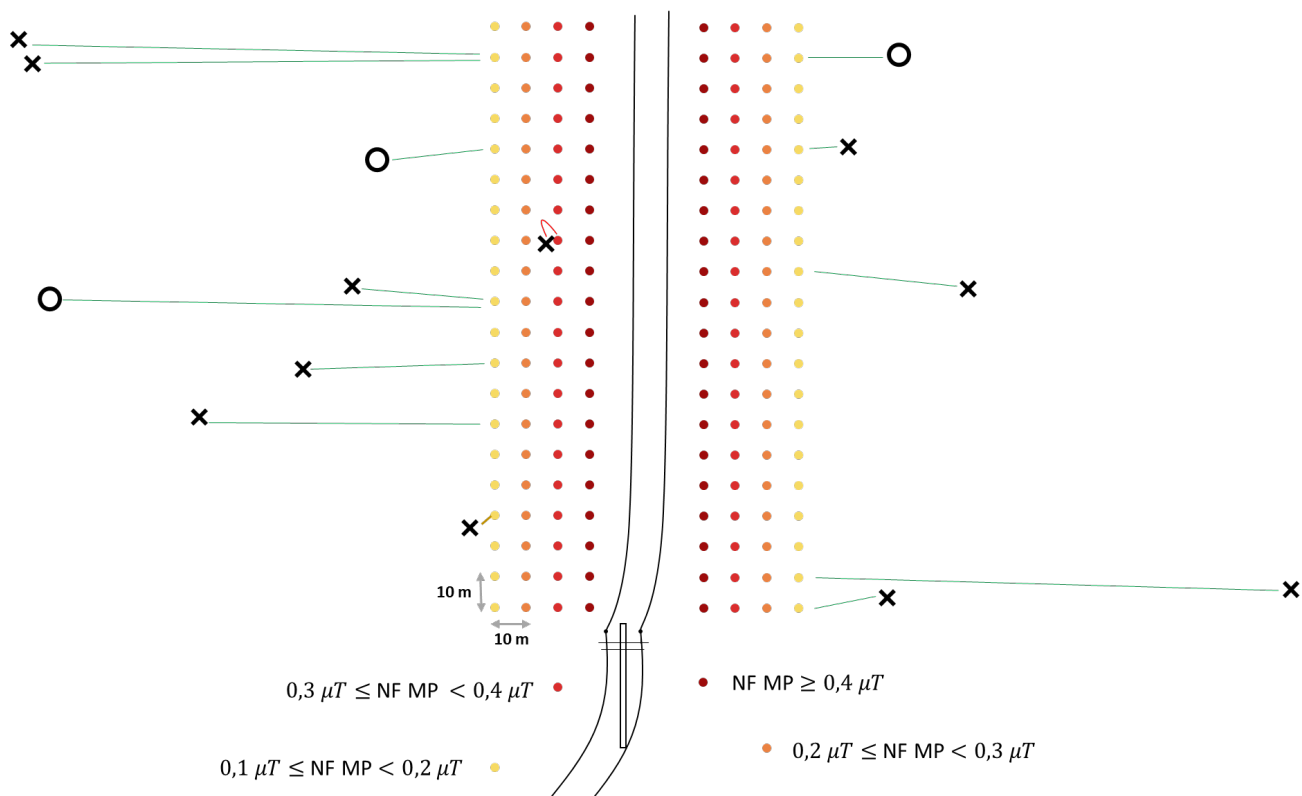


Slika 5: Potek 110 kV (rumena), 220 kV (oranžna) in 400 kV (rdeča barva) daljnovoda ter zboleli za otroškimi levkemijami (C91–C95) stari do 19 let, Slovenija 2005–2016 (zaradi varovanja osebnih podatkov je natančna lokacija stalnega prebivališča na sliki naključno zamaknjena).

Na podlagi pregleda literature ne pričakujemo povečanega števila primerov v kategorijah izpostavljenosti NF MP manj kot $0,3 \mu\text{T}$, vendar smo kljub temu dodali dve kategoriji za manjše izpostavljenosti z namenom ocene trenda – da bi lahko zaznali konsistentno naraščanje/zmanjševanje relativnega tveganja glede na povečevanje/zmanjševanje vrednosti izpostavljenosti NF MP. Dodaten razlog je, da v raziskavi nimamo na razpolago podatka o dimenzijah objektov, temveč le podatek o centroidu objekta – prostorska mreža točk z ocenjenim NF MP je v razmaku 10 m, kar je običajno manj od celotne dimenzije objektov, predvsem pri večstanovenjskih objektih. Izračunane vrednosti NF MP smo uporabili za oceno izpostavljenosti NF MP prebivalcev in zbolelih in jih razvrstili v pet kategorij:

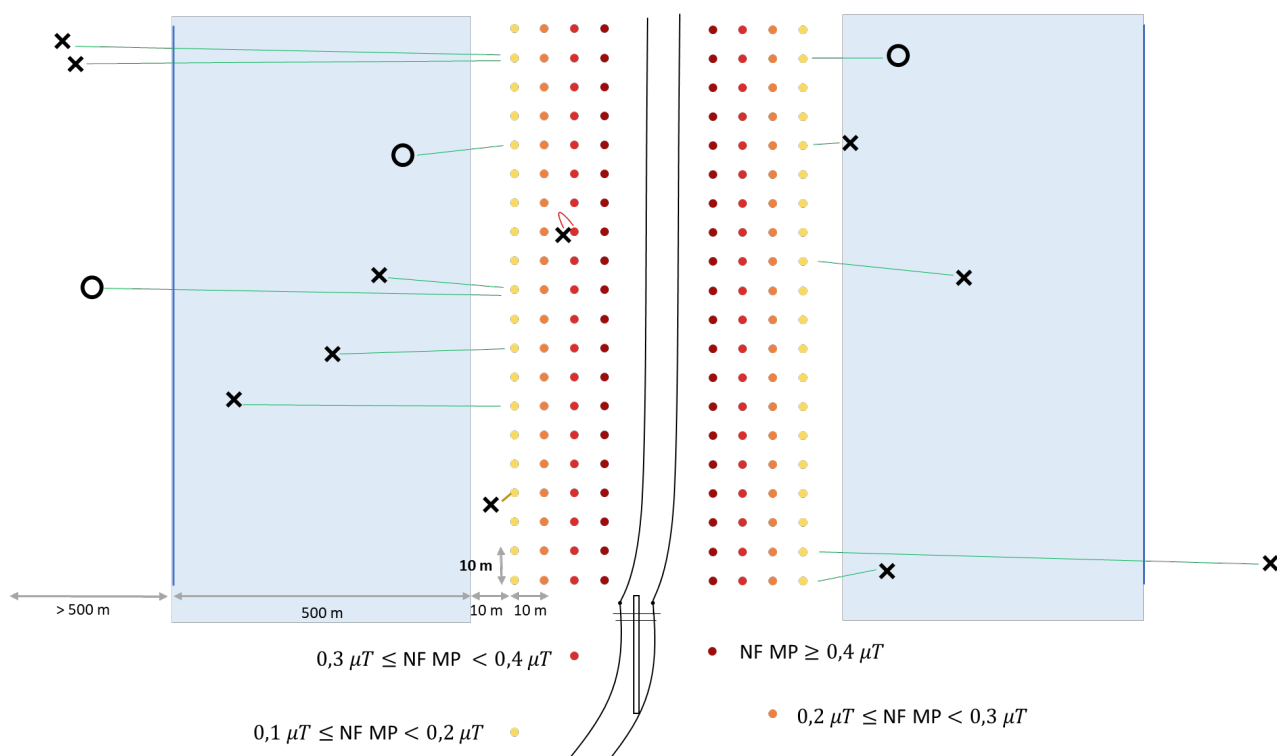
1. kategorija: $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$;
2. kategorija: $0,1 \mu\text{T} \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$;
3. kategorija: $0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$;
4. kategorija: $0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$;
5. kategorija: $0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$.

Naslov osebe (prebivalci ali zboleli za rakom) smo predstavili s centroidom objekta ter nato izračunali evklidsko oddaljenost do najbližje mrežne točke, ki smo jih že predhodno razvrstili v pet kategorij izpostavljenosti NF MP. V primeru, da je oddaljenost od najbližje mrežne točke 10 m ali manj, smo osebam pripisali izpostavljenost te najbližje mrežne točke. V primeru, da je oddaljenost od najbližje mrežne točke, ki spada v kategorijo 2, večja od 10 m, pa smo osebi pripisali izpostavljenost v 1. kategoriji (jakost NF MP je manj od $0,1 \mu\text{T}$) (Slika 6).



Slika 6: Shematski prikaz oddaljenosti prebivalcev in zbolelih od mrežnih točk, v katerih je jakost NF MP večja ali enaka 0,1 μ T. Krogci predstavljajo naslov zbolelih in križci predstavljajo naslov zdravih prebivalcev. Temnozelene tanke črte predstavljajo razdaljo do najbližje mrežne točke.

Za namen primerjave z nekaterimi ostalimi raziskavami smo se odločili, da bomo raziskali tudi relativno tveganje otrok in mladostnikov, ki se sicer razvrščajo v prvo kategorijo izpostavljenosti NF MP in živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T. Večinoma namreč raziskovalci nimajo možnosti uporabe tako natančnih in točnih podatkov na nivoju podrobne prostorske mreže in se zato poslužujejo drugačnih ocen izpostavljenosti, kot je na primer oddaljenost prebivališča od DV. Ena izmed prvih raziskav vpliva NF MP na pojavljanje raka (Verkasalo et al. 1993) je pri ocenjevanju uporabila oddaljenost 500 m od DV z nazivno napetostjo od 110 do 400 kV. Veliko novejših raziskav kot približek izpostavljenosti vzamejo bivališče v oddaljenosti od DV do 50 m (npr. Amoon et al. 2018, Crespi et al. 2016). Na spodnji shemi (Slika 7) je prikazano dodatno območje do 500 m znotraj 1. kategorije glede na prejšnjo shemo (Slika 6).



Slika 7: Shematski prikaz oddaljenosti prebivalcev in zbolelih od mrežnih točk, v katerih je jakost NF MP večja ali enaka $0,1 \mu T$. Z modro je označeno območje, kjer se sicer prebivalci razvrščajo v prvo kategorijo izpostavljenosti a živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od $0,1 \mu T$. Krogci predstavljajo naslov zbolelih in križci predstavljajo naslov zdravih prebivalcev. Temnozelenne tanke črte predstavljajo razdaljo do najbližje mrežne točke.

3.3. Sklapanje podatkov

V raziskavi smo podatke sklapljali na različnih ravneh. Za potrebe pregleda incidence v zadnjih 50 letih smo sklopili podatke o incidenci in prebivalcih v ustreznih starostnih skupinah, koledarskih letih in na različnem geografskem nivoju (Slovenija ali dodatno po upravnih enotah). To so tako imenovani agregirani podatki. Za potrebe risanja zemljevidov pa je bilo potrebno dodatno povezati parametre za prikaz na zemljevidu s tako imenovanimi shape file, ki smo jih pridobili na Geodetski upravi Republike Slovenije.

Zmožnost zaznave in modeliranja prostorskih vzorcev pri agregiranih podatkih je odvisna od velikosti geografskih enot. Upravne enote so razmeroma velike in heterogene, kar omejuje zaznavo prostorsko bolj omejenih pojavov. Vendar v 50-letnem pregledu nismo mogli uporabiti manjših geografskih enot, saj za tako daleč nazaj niso na razpolago podatki ne o zbolelih in ne o prebivalcih. Tudi sicer je omejitev pristopa vezanega na uporabo administrativnih enot ta, da značilnosti ljudi, nevarnostnih dejavnikov ali bolezni praviloma niso razmejena v skladu z administrativnimi mejami. V atlasu bremena raka v Alpski regiji (Oberaigner

et al. 2010) so pokazali, da pojavnost nekaterih rakavih bolezni ne sledi niti mejam držav. Izjema so raziskovanja, ki so vezana na dejavnike, ki so odvisni od lokalnih administrativnih odločitev – na Finskem je npr. vključitev v presejalni program za raka materničnega vratu in določitev presejalnih meril (npr. starostna omejitev) odločitev posamezne občine.

Poleg agregiranih podatkov smo uporabili tudi točkovne podatke. Metode za točkovne podatke temeljijo na točni prostorski lokaciji (x in y koordinati) za vsako osebo v proučevani populaciji – v postopku georeferenciranja vsak stalni naslov definiramo z natančno geografsko dolžino in širino (x in y koordinato) glede na izbrano geografsko projekcijo.

V svetu in pri nas so rutinski podatki o prebivališču oseb na ravni koordinat težko dostopni zaradi varovanja osebnih podatkov in/ali zaradi pomanjkanja ustreznih evidenc. Možni so tudi pristopi z uporabo približkov kot je uporaba poštnih števil, ročnega geokodiranja naslovov, ipd. V RRRS imamo od leta 2006 na voljo natančne koordinate stalnega bivališča, ki jih pridobivamo s povezovanjem z Registrom prostorskih enot pri Geodetski upravi RS in CRP. Točkovne podatke smo uporabili pri analizi in prikazu z metodo LOSKI ter relativnega tveganja glede na vire NF MP.

3.4. Relativno tveganje

V času in prostoru se spreminjata velikost in starostna struktura prebivalcev, zato števila novih primerov raka ne moremo neposredno primerjati med sabo. Metodo indirektno starostne standardizacije – standardizirani količnik incidence (SKI) – smo uporabili kot nepristransko oceno tveganja raka. S kazalnikom SKI smemo primerjati breme bolezni dveh populacij, saj je izločena razlika v bremenu, ki nastane zaradi razlik v velikosti populacij ter starostnih struktur teh populacij (Dos Santos Silva 1999).

SKI izračunamo kot razmerje med opazovanim in pričakovanim številom primerov v posamezni skupini prebivalcev, na primer za določeno geografsko enoto in časovno obdobje. Pričakovano število primerov pa izračunamo kot vsoto starostno specifičnih incidenčnih stopenj v referenčni populaciji, pomnoženih s številom prebivalcev v isti starostni skupini. Pri preizkušanju domnev uporabimo statistiko hi-kvadrat (χ^2) pri eni prostostni stopnji ter Fisherjev eksaktni test za določitev intervala zaupanja.

SKI interpretiramo kot relativno tveganje bolezni v posamezni skupini prebivalcev glede na referenčno populacijo, za katero smo v naši analizi uporabili t. i. strategijo združene populacije, v katero združimo vse populacije, ki jih želimo primerjati. SKI je enak ena, kadar je incidenca v opazovani kategoriji izpostavljenosti enaka pričakovani incidenci, ki jo dobimo na podlagi primerjave z referenčno populacijo. SKI je večji od ena, kadar je incidenca večja od pričakovane, ter manjši od ena kadar je manjša od pričakovane.

3.5. Glajenje

Večinoma je namen zemljevidov bolezni, da prikažemo geografsko razporejanje bolezni in s tem tveganja za bolezen. Tveganje lahko v grobem opišemo kot verjetnost, da se zgodi nek dogodek, v našem primeru da oseba zboli za rakom.

Izmerjene vrednosti neke mere, ki jo proučujemo, so vedno podvržene naravnemu nihanju zaradi naključja. V geografski analizi epidemioloških podatkov je vpliv naključja moteč predvsem pri območjih z majhno populacijo in/ali majhnim številom primerov, kjer že en primer več ali manj lahko spremeni ocenjeno tveganje in premakne zemljepisno enoto iz bolj v manj ogroženo ali obratno (t.i. Poissonova napaka). Tudi kadar prikazujemo zemljevid starostno standardiziranih mer (ter ne števila primerov) je vzorec prostorskega razporejanja nezanesljiv, kadar temelji na administrativnih enotah, ki so običajno različno velike in imajo lahko zelo različno število prebivalcev (Waller, Gotway 2004). Variabilnost mer namreč temelji na številu prebivalstva v posamezni geografski enoti, zato so posledično mere, ki temeljijo na velikem številu prebivalstva, zanesljivejše od tistih, ki so izračunane za geografske enote z majhnim številom prebivalstva.

3.5.1. Problem majhnih števil

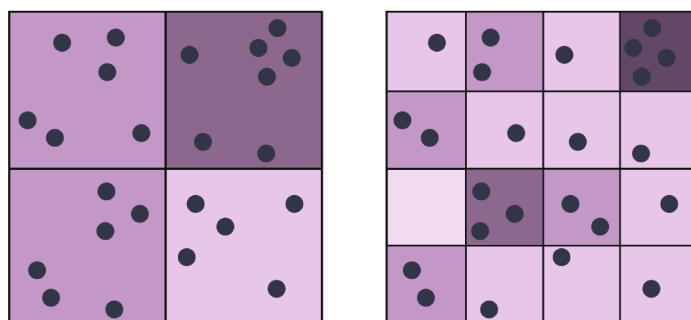
Analiza epidemioloških podatkov na majhnih prostorskih enotah za krajša časovna obdobja skoraj vedno daje zavajajoče rezultate, razen pri najpogostejših boleznih (Hole et al. 1992). Nekaj variabilnosti v rezultatih sicer lahko nedvomno pripišemo dejanskim razlikam v pojavljanju bolezni, vendar ne smemo podcenjevati vpliva (pre)majhnega števila prebivalstva (in posledično zelo majhno število bolnikov z določeno vrsto raka). Število novih primerov raka je namreč porazdeljeno po Poissonovi porazdelitvi, kar pomeni, da je varianca sorazmerna obratni vrednosti pričakovanega števila primerov; posledica je velika variabilnost ocen v področjih z majhnim številom prebivalcev (Pascutto et al. 2000). Predvsem na območjih z zelo majhnim številom prebivalcev in/ali primerov preučevane bolezni lahko že en sam primer bolezni prestavi območje iz zelo ogroženega v območje brez primerov ali obratno. V geografskih analizah po slovenskih občinah pogosto izstopajo občine z majhnim številom prebivalstva le zaradi vpliva naključnega nihanja. Pravilno lahko ovrednotijo razporejanje primerov v posamezne kategorije šele usmerjene geografske analize.

Zaključki, ki temeljijo na podatkih agregiranih na določena geografska območja, se lahko spremenijo, če agregiramo iste osnovne podatke na drugače izbrana geografska območja. To velja tako v primeru, ko agregiramo na enote, ki so drugačne velikosti (večje ali manjše), kot tudi pri agregiranju na površinsko enake enote s spremenjenimi (npr. zamaknjenimi) mejami. Ta pojav imenujemo problem spremenljivih prostorskih enot (angl. 'modifiable areal unit problem', MAUP) in je geografska manifestacija ekološke zmote, ki je v literaturi dobro dokumentirana (Lawson 2006, Openshaw 1984, Waller et al. 2004).

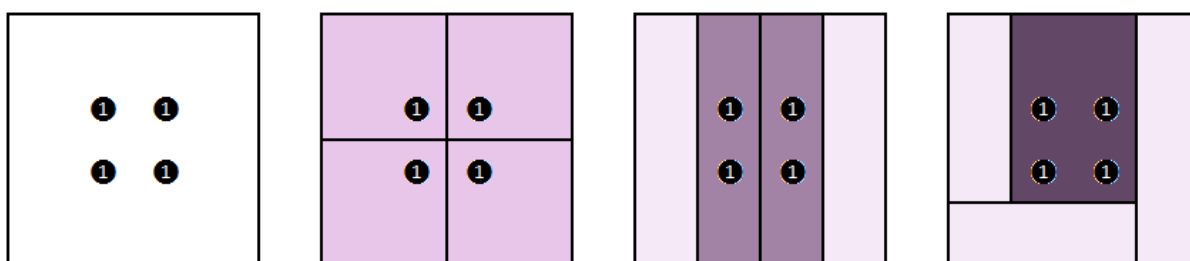
Analiza (oziroma interpretacija rezultatov) je težavna tudi v primeru, ko želimo statistično ovrednotiti povezanost med dvema spremenljivkama, ki sta agregirani na različne (velikokrat

neprimerljive) geografske enote, ali če za eno od spremenljivk nimamo dovolj kakovostnih podatkov.

Problem MAUP lahko nazorno prikažemo z naslednjima primeroma (Slika 8 in Slika 9), pri katerem so osnovne geografske enote kvadrati s površino ene kvadratne enote (Slika 8 desno). Pike predstavljajo gostoto (npr. prebivalce). Z agregiranjem v drugačne enote, ki so lahko različno (Slika 8 levo in Slika 9 skrajno desni primer) ali enako velike z drugače postavljenimi mejami (Slika 9 sredinska primera), lahko vidimo, kako močno lahko vpliva izbira geografskih enot (različen način agregiranja izvirnih podatkov) na rezultate analiz in sklepe, ki jih uporabnik sprejme na podlagi takšnih rezultatov.



Slika 8: Primer različne agregacije majhnih geografskih enot (vir slike: <https://osgis.org/2020/11/maup-modifiable-areal-unit-problem/>).



Slika 9: Primer agregacije na različno velike geografske enote ki so lahko različno (skrajno desni primer) ali enako velike z drugače postavljenimi mejami (sredinska primera).

Pri oblikovanju zemljevidov bolezni lahko problem majhnega števila prebivalstva rešujemo na različne načine:

- uporaba večjih geografskih enot ali daljšega časovnega obdobja, včasih oboje hkrati (McNally et al. 2006, Žagar 2011);
- združevanje sosednjih geografskih enot (Ferligoj et al. 1988, Pompe-Kirn et al. 1991);
- prikazovanja pojavov z zemljevidi s ciljno deformacijo kartografske projekcije (anamorfoze) (Dent 1996, Žagar 2011);
- v epidemiologiji kroničnih bolezni se najpogosteje uporablja katero od metod glajenja prostorskih podatkov (Žagar 2011, Žagar et al. 2011).

3.5.2. Bayesovo glajenje

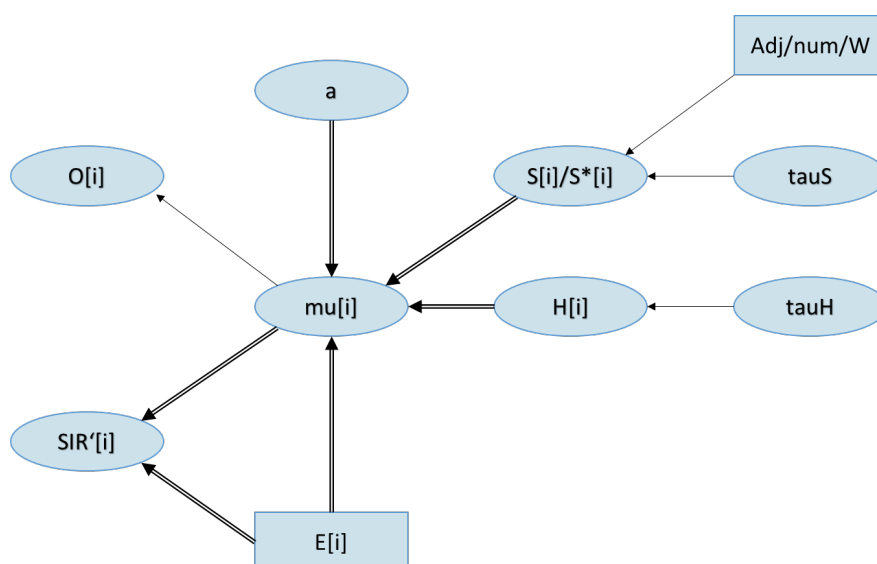
Kadar želimo ugotoviti, ali je opaženo geografsko razporejanje bremena raka posledica različne izpostavljenosti dejavnikom tveganja (povezani z življenjskim slogom in okoljskimi dejavniki) ali le naključno, je treba vrednosti še gladiti - vpliv naključja zmanjšamo z uporabo Bayesovih metod glajenja (Zadnik 2006). Interpretacija glajenega SKI ostaja podobna: približek relativnemu tveganju bolezni v posamezni enoti v primerjavi s populacijskim povprečjem.

Modele, v katerih se pojavijo slučajni vplivi, je najbolj naravno obravnavati z Bayesovim pristopom. Nepoznanim slučajnim spremenljivkam pripišemo apriorno verjetnostno porazdelitev, parametrom te porazdelitve pa hiperapriorno verjetnostno porazdelitev. Tako oblikujemo večnivojski Bayesov hierarhičen model, saj uporabljajo drevesaste povezave. Uporabili smo konvolucijski hierarhični Bayesov model:

$$\ln \frac{O_i}{E_i} = \ln E_i + a + H_i + S_i,$$

kjer a predstavlja osnovno (logaritmirano) relativno tveganje bolezni v celotnem proučevanem območju; O_i in E_i predstavljata opazovano in pričakovano število primerov v preiskovani populaciji v i -ti geografski enoti; j je 5-letna starostna skupina. H_i so nestrukturirani (heterogeni) slučajni dejavniki, ki so geografsko neodvisni, S_i pa je prostorsko odvisna komponenta. Definirali smo jo s pogojno avtoregresivno (CAR; conditional autoregressive) apriorno verjetnostno porazdelitvijo.

Strukturo modela najlažje predstavimo v obliki usmerjenih acikličnih grafov (DAG). DAG hierarhičnega modela, uporabljenega v tej geografski analizi, je prikazan na spodnji sliki (Slika 10). V modelu smo predpostavili, da SKI ni odvisen samo od opazovanega in pričakovanega števila rakov posameznega območja, temveč smo v izračun vključili tudi vpliv SKI celotne regije (a) in SKI vseh sosednjih območij (sosedska matrika).



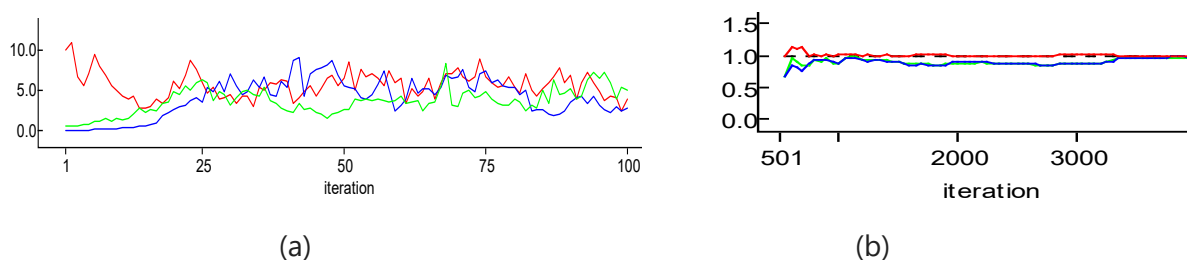
Slika 10: Usmerjeni aciklični graf uporabljenega hierarhičnega Bayesovega modela.

Poleg heterogene komponente H, smo vključili tudi prostorsko komponento S, ki smo ji dodelili pogojno avtoregresivno (CAR) apriorno verjetnostno porazdelitev (Besag 1974). CAR verjetnostna porazdelitev vsebuje štiri parametre:

- število sosedskih geografskih enot vsake geografske enote s sosedsko matriko;
- empiričen SKI za vsako geografsko enoto;
- utež za vsako geografsko enoto glede na izbrano geografsko enoto (vse sosedске geografske enote imajo utež 1, nesosedске pa 0);
- faktor, ki kontrolira stopnjo glajenja – natančnost definiramo kot obratno vrednost variance uporabljene verjetnostne porazdelitve.

Prvi trije parametri so znani in fiksni, τ_s pa je slučajna spremenljivka in ji dodelimo hiperapriorno verjetnostno porazdelitev. Heterogeni komponenti H smo dodeli normalno verjetnostno porazdelitev s povprečjem nič in natančnostjo τ_h . Tudi τ_h je slučajna spremenljivka in ji dodelimo hiperapriorno verjetnostno porazdelitev. Kot je predlagala Bernardinelli s sodelavci (Bernardinelli et al. 1995) smo slučajnim spremenljivkama τ_s in τ_h dodeli gama hiperapriorno verjetnostno porazdelitev s parametroma 0,5 in 0,0005. Izbira parametrov gama hiperapriorne verjetnostne porazdelitve ni vplivala na končen rezultat. Z razmerjem med obema natančnostima τ_s/τ_h lahko ocenjujemo, katera od slučajnih komponent ima večji vpliv na oceno posteriorne verjetnostne porazdelitve. Če je $\tau_s/\tau_h < 1$, potem ima večji pomen prostorska slučajna spremenljivka S (saj je njena variabilnost manjša), v nasprotnem primeru pa je pomembnejša heterogena slučajna spremenljivka H.

V praksi se za oceno konvergence uporabljajo različne metode. Konvergenco lahko ocenjujemo grafično ali numerično ter na eni ali na več Markovskih verigah. Ocenjevanje konvergence na več verigah temelji na precej enostavnem principu: generiramo več Markovskih verig z različnimi začetnimi vrednostmi, ki naj bi vse konvergirale proti istemu ravnovesnemu stanju. Ko se vrednosti slučajnih spremenljivk pri vseh verigah poenotijo, je konvergenca dosežena. V nalogi smo uporabili Brooks-Gelman-Rubinovo diagnostiko (BGR) (Breslow, Day 1987). BGR temelji na principu več Markovskih verig, rezultat pa prikaže grafično (Slika 11). BGR diagnostični graf vsebuje 3 krivulje: zeleno, ki predstavlja varianco med verigami, modro, ki predstavlja varianco znotraj verige ter rdečo, ki vrednoti razmerje med obema variancama. Konvergenca je dosežena, ko se modra in zelena krivulja stabilizirata, rdeča pa se približa vrednosti ena. Po doseženi konvergenci so potrebne dodatne iteracije za primerno oceno posteriorne verjetnostne porazdelitve. Večje ko je število dodatnih iteracij, bolj natančna je ocena posteriorne verjetnostne porazdelitve. Manjša kot je standardna napaka v primerjavi s srednjo vrednostjo posteriorne verjetnostne porazdelitve, bolj natančna je ocena te porazdelitve.

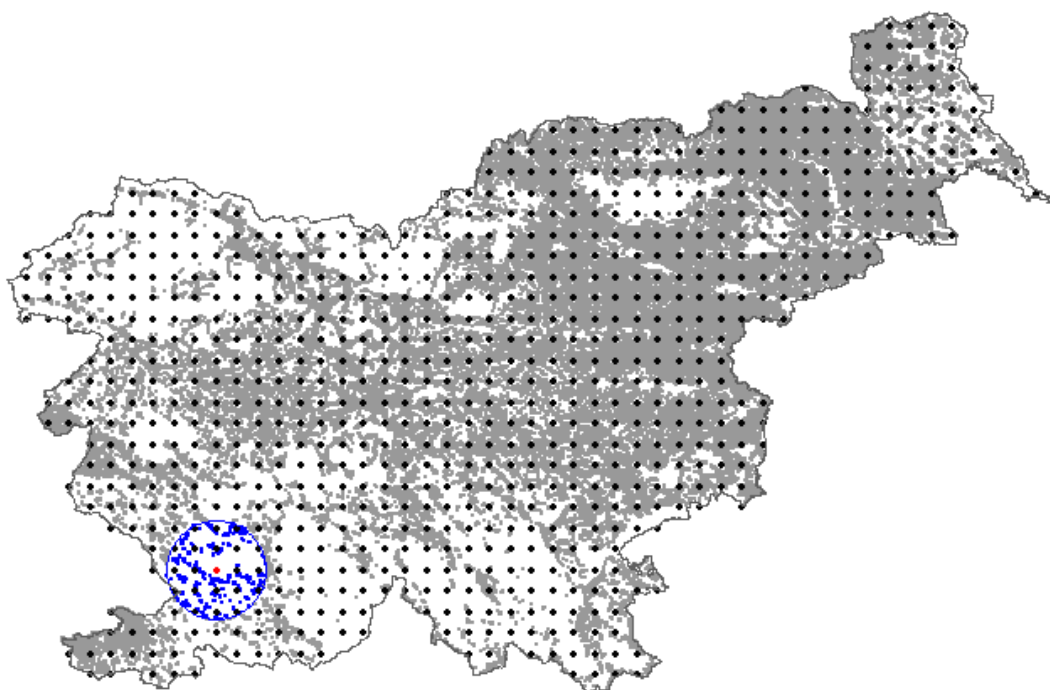


Slika 11: Brooks-Gelman-Rubinoва diagnostika konvergence pri treh verigah. Konvergenca po stotih iteracijah še ni bila dosežena (a), po tisoč iteracijah pa so verige skonvergirale (b).

3.6. Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence – LOSKI

Državno določene upravno-administrativne enote so velikokrat neprimerne za obdelavo zdravstvenih podatkov in epidemiološke analize, saj so konstruirane za potrebe državne administracije ter so heterogene, saj so v eni enoti vključene različne populacijske skupine, npr. tako mesta kot podeželje.

Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence (LOSKI) (Žagar et al 2011, Žagar 2011) uporablja georeferencirane točkovne podatke (na ravni koordinat x in y) in je v svoji osnovi vrsta glajenja z upoštevanjem najbližjih sosedov. Element glajenja je vključen po načelu premikajočega se okna, saj so pri izračunu SKI za določeno mrežno točko vključeni podatki iz veliko širše okolice, kot je neposredna okolica dane mrežne točke. Celotno proučevano območje (tj. območje RS) smo prekrili z mrežnimi točkami z medsebojno razdaljo 1000 m; vseh točk je 20.614. Mrežne točke smo uporabili kot središče premikajočega se okna, tj. kroga, ki ima vsakič središče v drugi mrežni točki (Slika 12). Na podlagi podatkov o starosti in spolu posameznikov (prebivalcev in zbolelih za rakom) v posameznem krogu izračunamo SKI, ki pripada posamezni mrežni točki. SKI torej ocenjujemo za toliko krogov, kolikor je mrežnih točk.



Slika 12: Opis metode lokalno ocenjenih SKI.

- Črne točke označujejo 825 mrežnih točk, ki so med seboj oddaljene 5.000 m.
- Rdeča točka označuje izbrano mrežno točko, za katero računamo SKI, pri čemer upoštevamo podatke znotraj modre krožnice.
- Z modro barvo je označeno prebivalstvo v krogu okrog izbrane mrežne točke (modra krožnica).
- S sivo barvo je označeno preostalo prebivalstvo (zunaj izbranega »okna«).

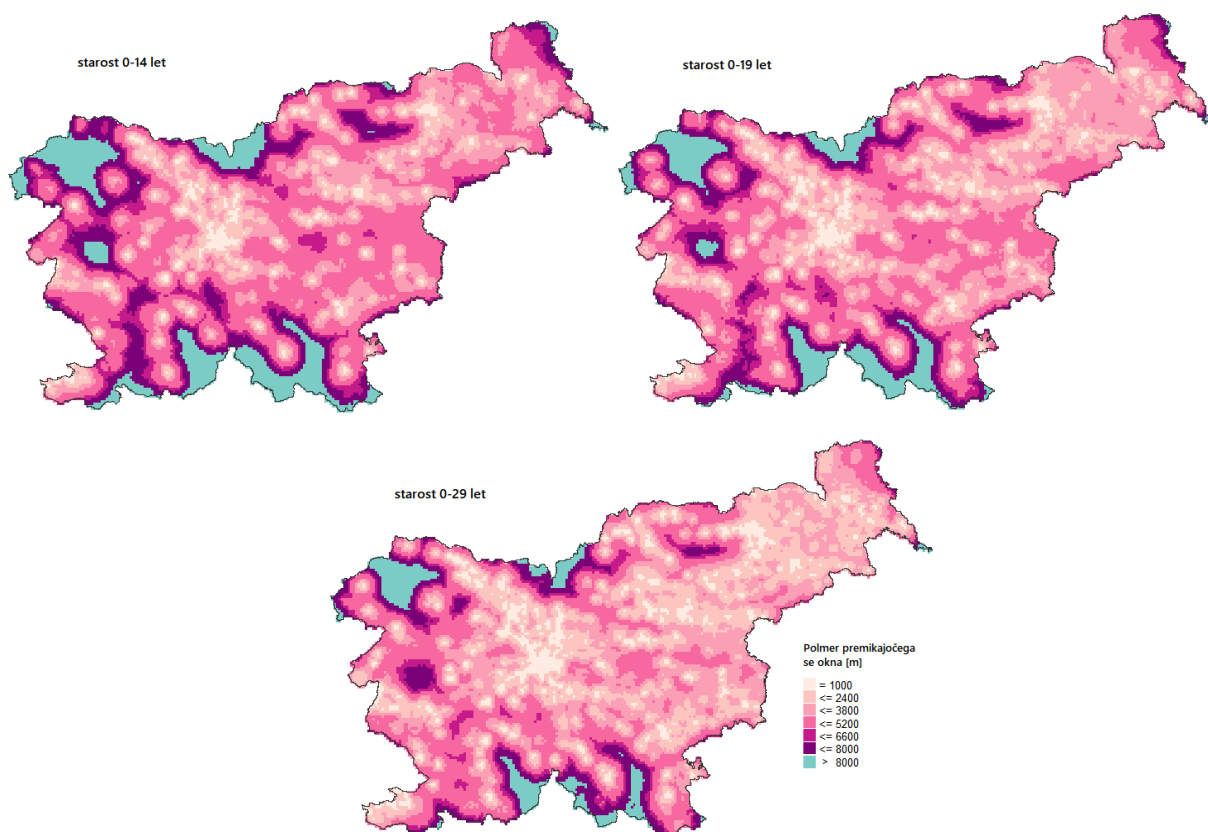
Uporabili smo gosto mrežo točk, zato je v primerjevi z medsebojno razdaljo mrežnih točk polmer premikajočega se okna velik (Slika 12), sosednji krogi pa se v veliki meri prekrivajo in si delijo isto informacijo (večino primerov in prebivalstva), kar povzroča veliko (pozitivno) prostorsko korelacijo med ocenami SKI. Kljub temu metoda lokalno ocenjenega SKI ni klasična metoda glajenja, saj prikazujemo izračunane vrednosti SKI in ne naknadno spremenjenih (glajenih) vrednosti.

V postopku LOSKI računamo SKI na podlagi približno enako velikega prebivalstva, da so ocenjene vrednosti bolj stabilne in medsebojno primerljive. Postavljen je torej pogoj za spodnjo mejo števila prebivalstva, na kateri morajo temeljiti vse lokalne ocene SKI.

Polmer premikajočega se krožnega okna nima stalne vrednosti, ampak smo ga za vsako mrežno točko povečevali od minimalnega polmera ($D_{\min}$) do maksimalnega polmera ($D_{\max}$) s korakom 1.000 m, dokler nismo znotraj kroga zajeli zahtevanega števila prebivalstva ali več. Mrežne točke imajo tako na redkeje poseljenih območjih večji polmer kroga, na urbanih območjih pa manjšega. Ob doseženi zgornji meji $D_{\max}$ smo postopek končali, tudi če minimalnega števila prebivalstva nismo dosegli. V naši raziskavi smo za najmanjši polmer $D_{\min}$ uporabili medmrežno razdaljo (1.000 m). Na podlagi velikosti ozemlja Republike Slovenije in odločitve, da vpliv sosednjih območij na oceno SKI v določeni mrežni točki ne sme biti prevelik, običajno za $D_{\max}$ določimo vrednost 15.000 m ali podobno.

Stopnja glajenja je odvisna od števila oseb, ki so zajete v posamezni oceni SKI: večje je premikajoče se okno, več prebivalcev je vključenih v lokalno oceno SKI in večje je glajenje. Pri večjem številu so ekstremne vrednosti manj poudarjene, vpliv gosto poseljenih območij na sosednje ocene SKI pa je večji. Pri pogostih rakih lahko izdelamo podrobnejši (manj glajen) zemljevid s manjšima izbranimi parametroma $D_{\max}$ in minimalnim številom vključenih prebivalcev in bo zemljevid še vedno prikazoval zadosti zanesljive vrednosti SKI. Redkejša je obravnavana vrsta raka, večjo populacijo moramo vključiti v izračun SKI za posamezno mrežno točko (Žagar et al 2011).

Vendar imamo pri pripravi zemljevidov LOSKI raka pri otrocih in mladostnikih dvojni problem – poleg tega, da je število prebivalcev zaradi starostne omejitve veliko manjše, kot če bi gledali celotno populacijo, je rak pri otrocih in mladostnikih redka bolezen. Parametra smo določili empirično: za $D_{\max}$ smo izbrali 8.000 m in mejo za najmanjše število prebivalcev smo postavili na 300. Zemljevid uporabljenih polmerov premikajočega se okna za posamezno mrežno točko (Slika 13) torej odraža gostoto prebivalstva in je različen glede na izbrano skupino prebivalcev (prikaz je za starostne skupine 0–14 let, 0–19 let in 0–29 let). V primeru, ko pogoju ni bilo zadoščeno (najmanjše število prebivalcev ni bilo doseženo znotraj $D_{\max}$), v dani mrežni točki vrednosti SKI nismo ocenili (Slika 13, svetlo modra barva) in je zato tudi nismo narisali na končnem zemljevidu. V splošnem se pristopi, ki temeljijo na geografskih koordinatah, srečujejo s težavami pri ocenjevanju SKI v bližini mej proučevanega območja (v našem primeru v bližini mej RS).



Slika 13: Primer različnih polmerov premikajočega se krožnega okna pri lokalno ocenjenem SKI incidence raka pri otrocih in mladostnikih, starih do 14 let (zgoraj levo), do 19 let (zgoraj desno) ter do 29 let (spodaj). Prebivalstvo predstavljajo otroci in mladostniki s prijavljenim stalnim prebivališčem v RS na dan 1. julija 2011. D_{min} je 1.000 m in D_{max} je 8.000 m. Pogoji za minimalno število prebivalcev, ki mora biti zajeto v posameznem krogu, je 300. V primeru, ko znotraj kroga s polmerom D_{max} ni doseženo zahtevano število prebivalcev, za to mrežno točko SKI ni ocenjen (svetlo modra barva na zemljevidu).

Zemljevid lokalno ocenjenih SKI je veliko bolj podroben od običajnih prikazov bremena bolezni in razkriva lokalne vzorce, ki pripomorejo, da lahko prepoznamo območja, za katera so potrebne nadaljne raziskave. Na detaljnost zemljevida poleg pogoja o najmanjšem številu prebivalcev vplivata tudi število (oz. gostota) mrežnih točk in način določitve razredov.

3.7. Ocenjevanje prostorske razporeditve

Geografske enote (v našem primeru so to upravne enote), v katerih se določen rak pojavlja bolj pogosto, so lahko razporejene povsem naključno znotraj obravnavanega geografskega prostora (Slovenije v našem primeru), lahko pa se razporejajo v skupine. Jasne skupine geografskih enot s povečanim tveganjem lahko opazujemo vizualno, za numerično določitev prostorske strukture posamezne spremenljivke pa uporabljamo mere prostorskih povezav.

V geografskih analizah razlikujemo metode, ki iščejo posamezne skupine (angl. clusters), ter metode grozdenja (angl. clustering), torej metode prostorske avtokorelacije, ki je globalni indeks za celotno preučevano območje in nam ne pove, koliko skupin je na območju ter kje te so (Waller, Gotway 2004).

Pri zemljevidih SKI po upravnih enotah po posameznih desetletnih obdobjih bomo preverili, ali je razporejanje SKI naključno oziroma ali obstajajo skupine območij s povečanim relativnim tveganjem. Upravne enote so razmeroma heterogene z ozirom na raznoliko strukturo prebivalcev glede na dejavnike tveganja (spol, starost, življenski slog, socialno ekonomski status, izpostavljenost različnim okoljskim dejavnikom), zato ne bomo iskali posameznih skupkov z večjim/manjšim relativnim tveganjem, temveč bomo preverili grozdenje (prostorsko avtokorelacijo) celotnega geografskega območja. Pogosto uporabljeni meri prostorske avtokorelacije sta Moranov I in Gearyev c (Waller, Gotway 2004). Uporabili bomo Moranov I, ki ga izračunamo po enačbi (Waller, Gotway 2004).

$$MoranI = \frac{N \sum_i \sum_j W_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j W_{i,j}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2},$$

pri čemer je:

- N število geografskih enot;
- x_i vrednost spremenljivke za določeno geografsko enoto;
- x_j vrednost spremenljivke za drugo geografsko enoto;
- $\bar{x}$ povprečna vrednost spremenljivke;
- W_{ij} sosedska matrika (ima vrednost ena, če sta i in j sosedski geografski enoti in 0 v vseh ostalih primerih).

Moranova I statistika zavzema vrednosti med -1 in 1. Vrednosti okoli nič kažejo na slučajno geografsko razporejanje opazovane spremenljivke. Moranov I ima negativne vrednosti (proti -1), kadar je vzorec razpršen, vendar urejen. Kadar imajo sosedske geografske enote podobne vrednosti, ima Moranov I vrednost blizu 1, torej lahko interpretiramo, da se se v vzorcu nakazujejo skupine (Slika 14).



Slika 14: Primer vrednosti statistike Moranov I za tri različne porazdelitve črno-belih celic na mreži z enako velikimi kvadratnimi celicami. (a) Visoka prostorska avtokorelacija, za katero je vrednost Moranov I enaka 0,97, saj so črne in bele celice (večinoma) obkrožene z enakimi celicami. (b) Naključni vzorec, ki daje Moranov I blizu nič. (c) Popolnoma razpršen vzorec, kjer črne in bele celice nikoli niso sosedske daje vrednosti Moranov I enak -1 (Böck et al. 2017).

Privzeli smo, da se vrednosti statistike Moranov I razporejajo normalno. Statistično značilnost smo tako preverjali z Z-testom. Za statistično značilne smo vzeli p-vrednosti, ki so manjše od izbrane stopnje tveganja 0,05.

3.8. Uporabljene druge metode in programska oprema

Pri časovnih trendih smo ocenjevali delež letne spremembe z Joinpoint regresijsko analizo. Uporabili smo Joinpoint Regression Program (Verzija 4.1.1 – Avgust 2014), ki je narejen na podlagi metodologije, ki so jo razvili Kim s sodelavci (Kim et al. 2000).

Za obdelavo podatkov smo uporabili podatkovno skladišče Registra raka RS, Excel 2016 in programski jezik R (R verzija 4.0.2 (2020-06-22)), kjer smo dodatno uporabili R paket dplyr (verzija 1.0.2).

Vse izračune, potrebne za oceno hierahičnih Bayesovih modelov, smo opravili s paketoma nimble (verzija 0.10.1) in spdep (verzija 1.1-5) za programski jezik R. Pri vsakem modelu smo uporabili dve Markovski verigi, kjer smo naredili 10.000 iteracij, prvih 6.000 smo zaradi zagotavljanja konvergence zavrgli. Konvergenco smo ocenjevali z Brooks-Gelman-Rubinovo diagnostiko. Vrednosti posteriornih verjetnostnih porazdelitev smo ocenili z Gibbsovim algoritmom.

LOSKI smo izračunali s programsko kodo, napisano za programski jezik R, ki smo jo razvili raziskovalci RRRS. Je prosto dostopna na zahtevo in opisana v drugi literaturi (Žagar 2011 in Žagar et al. 2011), ni pa javno objavljena v obliki R paketa. V kodi so uporabljeni še stari R paketi

maptools (verzija 0.7-38) za delo s shapefile-i in risanje zemljevidov ter epitools (verzija 0.5-6) za delo s podatki.

Datoteke z digitalnimi vektorskimi sloji na nivoju upravnih enot smo pridobili na Geodetski upravi Republike Slovenije. Zemljevide smo risali v programskem jeziku R (R verzija 4.0.2 (2020-06-22)), kjer smo dodatno uporabili R pakete rgdal (verzija 1.5-18) in sf (verzija 0.9-7) za delo s shapefile-i ter ggplot2 (verzija 3.3.3) za risanje zemljevidov.

Pri ocenjevanju izpostavljenosti NF MP prebivalcev in zbolelih za rakom smo uporabili programski jezik R (R verzija 4.0.2 (2020-06-22)), kjer smo dodatno uporabili R paket dplyr (verzija 1.0.2).

Za iskanje najbližjih točk smo se odločili za metodo k najbližjih sosedov (KNN) na drevesu štirikotnikov (ang. Quad Tree), kjer je časovna zahtevnost izgradnje drevesa $O(n \cdot \log(n))$. Po postopku iskanja najbližjih točk (Varadarajan 2013) iz točk MP zgradimo drevo štirikotnikov (ang. Quad Tree). Drevo vsebuje vse točke MP za izbrano napetost. Vsak štirikotnik je razdeljen tako, da vsebuje maksimalno štiri potomce (ang. children). Vsak potomec (ang. child) je ali točka ali manjši štirikotnik. S to strukturo drevesa omogočimo hitrejšo iskanje najbližjih točk. V programskem jeziku R drevo zgradimo s funkcijo `createTree()` iz paketa `SearchTrees`. V drugi fazi z metodo KNN na drevesu štirikotnikov novim točkam določimo najbližjo točko v drevesu. Za iskanje najbližjih točk na drevesu uporabimo funkcijo `knnLookup()` iz paketa `SearchTrees`. Novo točko umestimo v ustrezen štirikotnik na drevesu in ji nato najdemo enega najbližjega sosedu. Z opisanim postopkom smo vsaki osebi, vključeni v raziskavo (zdravi otroci in mladostniki ter zboleli za rakom), pripisali evklidsko razdaljo do najbližje mrežne točke ter pripadajočo vrednostjo NF MP. Postopek smo ločeno naredili za oceno izpostavljenosti NF MP v okolici petih različnih tipov DV oziroma njihovih kombinacij ter transformatorkih postaj.

4. Rak pri otrocih in mladostnikih glede na stopnjo izpostavljenosti NF MP

Na podlagi pregleda literature smo naredili tri ločene analize za naslednje nabore rakov v različnih starostnih skupinah:

- vsi raki skupaj, opredeljeni kot C00–C96 po mednarodni klasifikaciji MKB-10, za zbolele do vključno 14. leta starosti;
- levkemije, opredeljene kot C91–C95 po MKB-10, za zbolele do vključno 19. leta starosti;
- tumorji centralnega in avtonomnega živčnega sistema (možganski tumorji), opredeljeni kot C70–C72 po MKB-10, za zbolele do vključno 29. leta starosti.

Za ugotavljanje presežkov v tveganju raka smo morali primerjati podatke o zbolelih s splošnim prebivalstvom Slovenije v ujemajočih se starostnih skupinah, časovnih obdobjih in prostorskih enotah.

V prvem delu smo za vsako od treh vnaprej definiranih kohort najprej raziskali splošno pojavljanje raka ter 50-letni trend, torej v obdobju 1967–2016. Časovne spremembe smo ocenjevali v petih zaporednih 10-letnih obdobjih. Osnovna uporabljena administrativna razdelitev je upravska enota. Za vsako izbrano lokacijo raka, obdobje in geografsko enoto smo izračunali SKI, ki smo jih interpretirali kot približek relativnemu tveganju bolezni v tej enoti v primerjavi s populacijskim povprečjem. Zaradi problema statistične nezanesljivosti in posledično pristranske interpretacije rezultatov, smo vpliv naključja na izračunane vrednosti SKI zmanjšali z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli, ki so ena izmed metod prostorskega glajenja. Grafično smo grobe in glajene SKI predstavili v obliki zemljevidov, ki jih danes javnozdravstvena stroka in odločevalci smatrajo za najbolj dragoceno orodje v procesih razumevanja vzrokov presežkov bolezni in odločanja o najbolj učinkovitih preventivnih ukrepih. Za iskanje skupkov območij, kjer je morebiti tveganje posameznega raka značilno povečano, smo poleg vizualne ocene zemljevidov pri grobih SKI zemljevidih uporabili še statistiko Moranov I, pri prostorsko glajenih pa razmerje med variabilnostjo prostorsko odvisne komponente in variabilnostjo heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela.

V drugem delu smo najprej izločili samo podatke za zadnjih 12 let, torej obdobje 2005–2016, saj za zgodnejša leta ni na razpolago georeferenciranih podatkov. Nato smo obe kohorti otrok in mladostnikov (prebivalce in zbolele za rakom) razvrstili glede na podatke o njihovem prebivališču v kategorije izpostavljenosti. Analizo smo naredili za vsak nivo DV posebej glede na nazivno napetost ter dodatno v okolici transformatorskih postaj. Relativno tveganje otrok in mladostnikov za levkemijo v posamezni kategoriji izpostavljenosti NF MP v okolici virov NF MP v Sloveniji glede na referenčno populacijo smo ocenili s SKI. Še en splošni pojasnjevalni poudarek - niso bili vsi otroci in mladostniki izpostavljeni celotno obdobje 12 let; nekateri so se preselili, drugi so se rodili po letu 2005 ali pa so tekom obdobja izpolnili zgornjo starostno mejo za vključitev v kohorto in se nato naslednje leto v analizi niso več upoštevali. Poudariti moramo še, da je izpostavljenih zaradi 220 in 400 kV DV skupaj manj, kot če bi seštel

izpostavljene pri ločeni analizi za 220 kV in 400 kV DV – razlog je v bližini obeh DV na nekaterih območjih, kar spremeni vrednosti NF MP v okolici, če pri izračunu upoštevamo obe trasi hkrati namesto vsake posamezno. Analogno velja za analizo vseh DV skupaj (110 kV, 220 kV in 400 kV).

4.1. Otroci zboleli za katerimkoli rakom

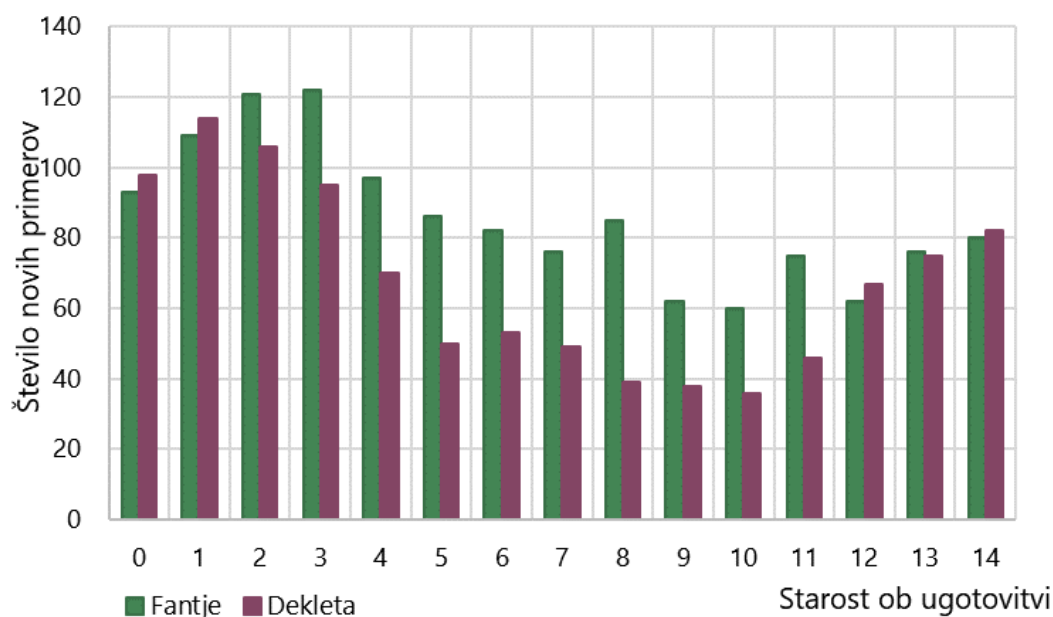
Na podlagi pregleda literature vemo, da je izpostavljenost NF MP morda dejavnik tveganja za otroške levkemije pri dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μT , ne pa tudi za ostale vrste raka. Kljub temu smo v naši raziskavi preverili, ali to drži tudi za slovenski prostor. Analizirali smo zbolele za vsemi raki skupaj (opredeljeni kot C00–C96 po MKB-10) do 14. leta starosti.

4.1.1. Trend v zadnjih 50 letih

Register raka RS je v 50-ih letih, od leta 1967 do vključno 2016, zabeležil 2.304 malignih bolezni (opredeljene kot C00–C96 po mednarodni klasifikaciji MKB-10) pri otrocih, ki so bili ob diagnozi bolezni stari do vključno 14 let (Tabela 2 in Slika 15). Incidenca je največja pri predšolskih otrocih z vrhom zbolevanja pri treh letih. Skupno je bilo 1.286 primerov raka (55,8 %) ugotovljenih pri fantih in 1.018 (44,2 %) pri dekletih. Stopnja na 100.000 prebivalcev je pri fantih 13,5 in pri dekletih 11,3 (Tabela 3), razlika med spoloma je statistično značilna (p-vrednost je manjša od 0,001).

Tabela 2: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi raka in petletnem obdobju, Slovenija 1967–2016. V oklepaju so deleži primerov glede na celotno število primerov v posameznem obdobju.

Leto ugotovitve	0 do 4 leta	5 do 9 let	10 do 14 let	Skupaj, 0 do 14 let
1967–1971	107 (46,3 %)	62 (26,8 %)	62 (26,8 %)	231
1972–1976	97 (45,5 %)	59 (27,7 %)	57 (26,8 %)	213
1977–1981	103 (43,1 %)	69 (28,9 %)	67 (28,0 %)	239
1982–1986	121 (46,9 %)	84 (32,6 %)	53 (20,5 %)	258
1987–1991	105 (44,9 %)	56 (23,9 %)	73 (31,2 %)	234
1992–1996	109 (42,7 %)	59 (23,1 %)	87 (34,1 %)	255
1997–2001	93 (41,9 %)	49 (22,1 %)	80 (36,0 %)	222
2002–2006	96 (48,0 %)	51 (25,5 %)	53 (26,5 %)	200
2007–2011	89 (41,8 %)	53 (24,9 %)	71 (33,3 %)	213
2012–2016	105 (43,9 %)	78 (32,6 %)	56 (23,4 %)	239
1967–2016	1025 (44,5 %)	620 (26,9 %)	659 (28,6 %)	2304



Slika 15: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi raka in spolu, Slovenija 1967–2016.

Izmed vseh otrok, ki so bili v desetletnem obdobju 2007–2016 stari med 0 in 14 let, je eden od 6.500 zbolel za rakom.

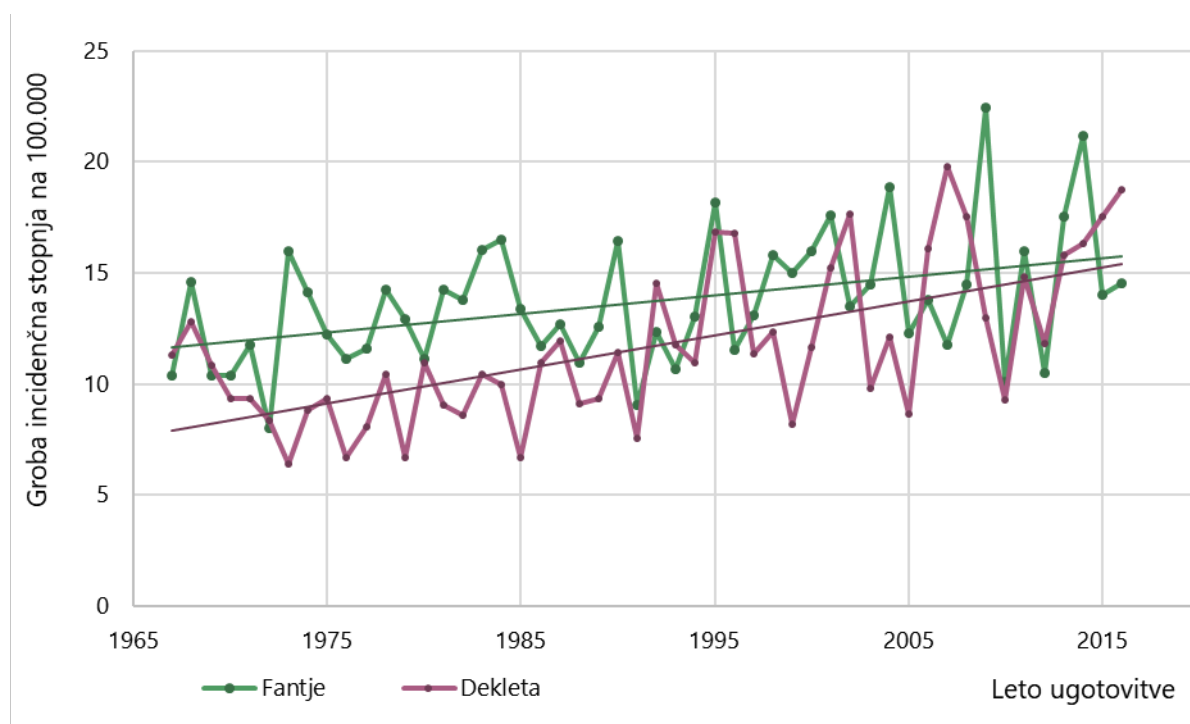
Ker je rak pri otrocih redka bolezen, so številke po posameznih letih majhne in iz leta v leto precej variirajo. Število novih primerov (incidenca) je za oba spola skupaj približno 46 letno. Incidenca pri fantih ima padajoči trend 0,4 % letno, nasprotno ima groba incidenčna stopnja naraščajoči trend 0,6 % povprečno letno (Tabela 3 in Slika 16). Incidenca pri dekletih in ne kaže časovnega trenda, medtem ko ima groba incidenčna stopnja naraščajoči trend 1,3 % povprečno letno. Pri dekletih dodatno modeliranje trenda pokaže, da grobo incidenčno stopnjo (za incidenco to ne velja) bolje opišemo z dvema ločenima trendoma: v obdobju 1967–1973 groba incidenčna stopnja pada za 7,2 % povprečno letno. Čeprav je upadanje v prvem delu hitro, ni statistično značilno zaradi razpršenosti podatkov in majhnega števila točk (samo 7-letno obdobje) s p-vrednostjo 0,15 in 95 % intervalom zaupanja -16,3–2,9), zato smo se odločili, da ga ne prikazujemo na grafu (Slika 16). Po letu 1973 sledi enakomerno povečevanje grobe incidenčne stopnje s povprečno letno spremembo 1,7 % (je statistično značilna s p-vrednostjo manj od 0,001 in 95 % intervalom zaupanja 1,1–2,2).

V prvem obdobju 1967–1976 je bila groba stopnja 10,6 primerov raka na 100.000 otrok (starost 0–14 let), in je narasla na 15,4/100.000 v zadnjem obdobju 2007–2016. Vsi podatki o številu ugotovljenih primerov in grobi incidenčni stopnji po spolu in posameznem letu ugotovitve so zbrani v prilogi pod poglavjem 8.1.

Tabela 3: Povprečna letna sprememba s 95 % intervalom zaupanja za število novih primerov (incidenca) in grobo incidenčno stopnjo (GS) otrok (stari 0–14 let) zbolelih za rakom po spolu, Slovenija 1967–2016.

	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
Število primerov	1286	13,5	1018	11,3	2304	12,4
povprečna letna sprememba (%)	-0,44*	0,59*	0,22	1,27*	-0,14	0,90*
95 % interval zaupanja (%)	-0,85 do -0,03	0,20 do 0,97	-0,24 do 0,69	0,81 do 1,74	-0,47 do 0,19	0,58 do 1,22

* Statistično značilen trend pri stopnji zaupanja 0,05.



Slika 16: Groba incidenčna stopnja otrok (stari 0–14 let) s prikazanim linearnim trendom zbolelih za rakom po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Z besedo rak označujemo veliko različnih, med sabo nepovezanih malignih bolezni. Glede na dodatno razvrstitev rakov na podrobnejše diagnoze, opredeljene glede na mednarodno klasifikacijo MKB-10, smo v spodnji tabeli (Tabela 4) razvrstili skupine rakov, za katerimi zbolita povprečno letno več kot 2 otroka. Otroci do starosti 14 let najbogosteje zbolijo za levkemijami in sicer je v zadnjih 50 letih za to maligno boleznijo zbolelo 684 otrok (29,7 % vseh rakov). Po pogostoti jim sledijo možganski raki s 452 zbolelimi (19,6 % vseh rakov). Sledijo jim ne-Hodgkinovi limfomi, maligni tumorji mehkih tkiv, Hodgkinovi limfomi in ledvični raki (Tabela 4).

Tabela 4: Število in delež novih primerov (incidenca) otrok (stari 0–14 let) zbolelih za rakom po mestu raka glede na mednarodno klasifikacijo MKB-10 (C91–C95) in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

Vrsta raka (koda po MKB-10)	1967-1976	1977-1986	1987-1996	1997-2006	2007-2016	Skupaj
Maligni tumorji mehkih tkiv (C38.0, C47–C49)	38 (8,6 %)	32 (6,4 %)	34 (7,0 %)	31 (7,3 %)	30 (6,6 %)	165 (7,2 %)
Ledvični rak (C64–C65)	28 (6,3 %)	27 (5,4 %)	25 (5,1 %)	32 (7,6 %)	20 (4,4 %)	132 (5,7 %)
Možganski rak (C70–C72)	109 (24,5 %)	94 (18,9 %)	88 (18,0 %)	70 (16,6 %)	91 (20,1 %)	452 (19,6 %)
Hodgkinov limfom (C81)	21 (4,7 %)	41 (8,2 %)	38 (7,8 %)	24 (5,7 %)	26 (5,8 %)	150 (6,5 %)
ne-Hodgkinov limfom (C82–C85)	33 (7,4 %)	46 (9,3 %)	41 (8,4 %)	40 (9,5 %)	33 (7,3 %)	193 (8,4 %)
Levkemija (C91–C95)	131 (29,5 %)	151 (30,4 %)	146 (29,9 %)	116 (27,5 %)	140 (31,0 %)	684 (29,7 %)
Druge vrste raka	84 (18,9 %)	106 (21,3 %)	117 (23,9 %)	109 (25,8 %)	112 (24,8 %)	528 (22,9 %)
Skupaj (C00–C96)	444	497	489	422	452	2304

Na zemljevidih (Slika 17 in Slika 18) so podatki prikazani po upravnih enotah, v spodnji tabeli pa le povzemamo število novih primerov po statističnih regijah (Tabela 5). Številke nam ne povedo ničesar o geografskem razporejanju, saj niso preračunane glede na število prebivalcev v posamezni regiji, torej je po pričakovanju največ primerov v Osrednjeslovenski regiji z največ prebivalci.

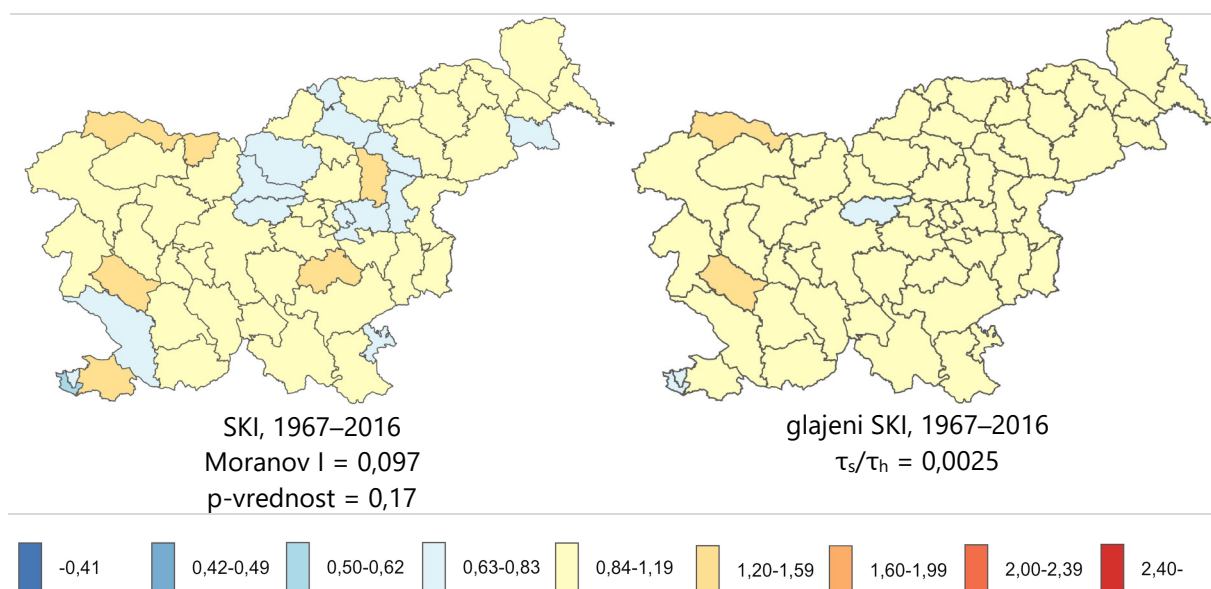
Tabela 5: Število novih primerov (incidenca) otrok (stari 0–14 let) zbolelih za rakom po statistični regiji in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

Statistična regija	1967-1976	1977-1986	1987-1996	1997-2006	2007-2016	Skupaj
Pomurska	16	15	12	9	2	54
Podravska	30	32	25	13	24	124
Koroška	7	6	9	5	3	30
Savinjska	16	12	21	27	22	98
Zasavska	5	3	1	5	6	20
Spodnjeposavska	1	6	5	6	13	31
JV Slovenija	8	18	12	19	17	74
Osrednjeslovenska	43	44	47	34	39	207
Gorenjska	18	17	19	16	17	87
Notranjsko-Kraška	4	5	7	10	4	30
Goriška	7	9	10	10	15	51
Obalno-Kraška	3	12	7	6	7	35
Skupaj	158	179	175	160	169	841

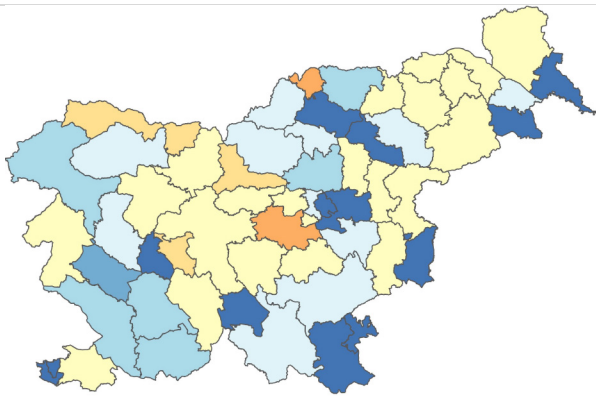
Na zemljevidih ogroženosti prikazujemo razporejanje SKI po upravnih enotah pri otrocih (starost 0–14 let) zbolelih za rakom za celotno 50-letno obdobje (Slika 17), vsi podatki o številu ugotovljenih primerov in SKI po upravnih enotah pa so zbrani v prilogi pod poglavjem 7.1. Na levih zemljevidih so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence z izračunano statistiko Moranov I in pripadajočo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli s pripadajočim razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

Prikaz zemljevidov ogroženosti po posameznih desetletnih obdobjih (Slika 18) je pripravljen tako, da lahko poleg prostorske razporeditve opazujemo tudi časovno komponento – referenčna populacija za vse zemljevide je namreč enaka za pripravo vseh petih zemljevidov in sicer pojavljanje levkemij v celotnem petdesetletnem obdobju 1967–2016. Naraščajoči časovni trend (Slika 16) se tako odraža v "temnejšem" zemljevidu za zadnje obdobje 2007–2016 (Slika 18).

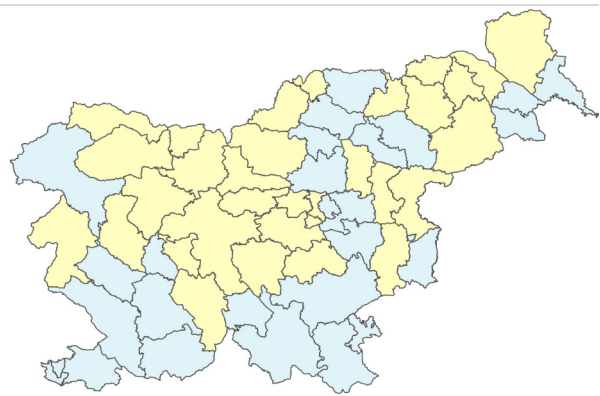
Za nobeno desetletno obdobje prostorsko razporejanje ni statistično značilno, le za obdobji 1977–1986 in 1987–1996 je razporejanje mejno statistično značilno (Moranov I je 0,10 s pripadajočo p-vrednostjo 0,08 oziroma 0,09), vendar se skupki upravnih enot s podobnimi vrednostmi SKI pojavljajo na različnih koncih Slovenije, torej so opaženi skupki bolj verjetno posledica naključij kot sistematske povečane ogroženosti, ki bi bila prostorsko odvisna. Poleg tega razlike med upravnimi enotami po glajenju tudi v teh dveh obdobjih niso več razvidne za posamezna obdobja.



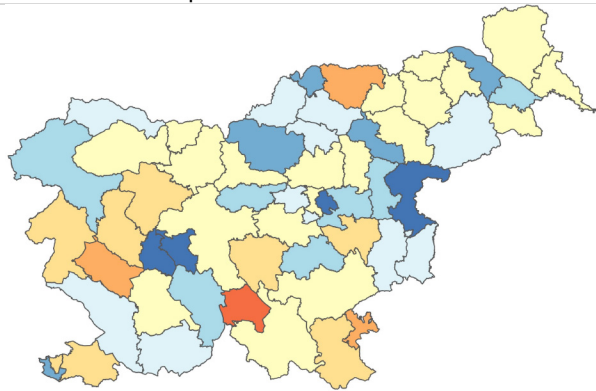
Slika 17: Otroci (starost 0–14 let) zboleli za rakom po upravnih enotah, Slovenija 1967–2016. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence s statistiko Moranov I in njegovo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli z razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).



SKI, 1967–1976
Moranov I = 0,065
p-vrednost = 0,17



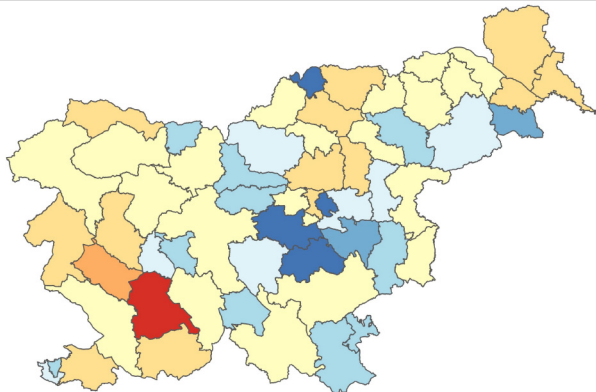
glajeni SKI, 1967–1976
 $\tau_s/\tau_h = 1,3$



SKI, 1977–1986
Moranov I = 0,099
p-vrednost = 0,088



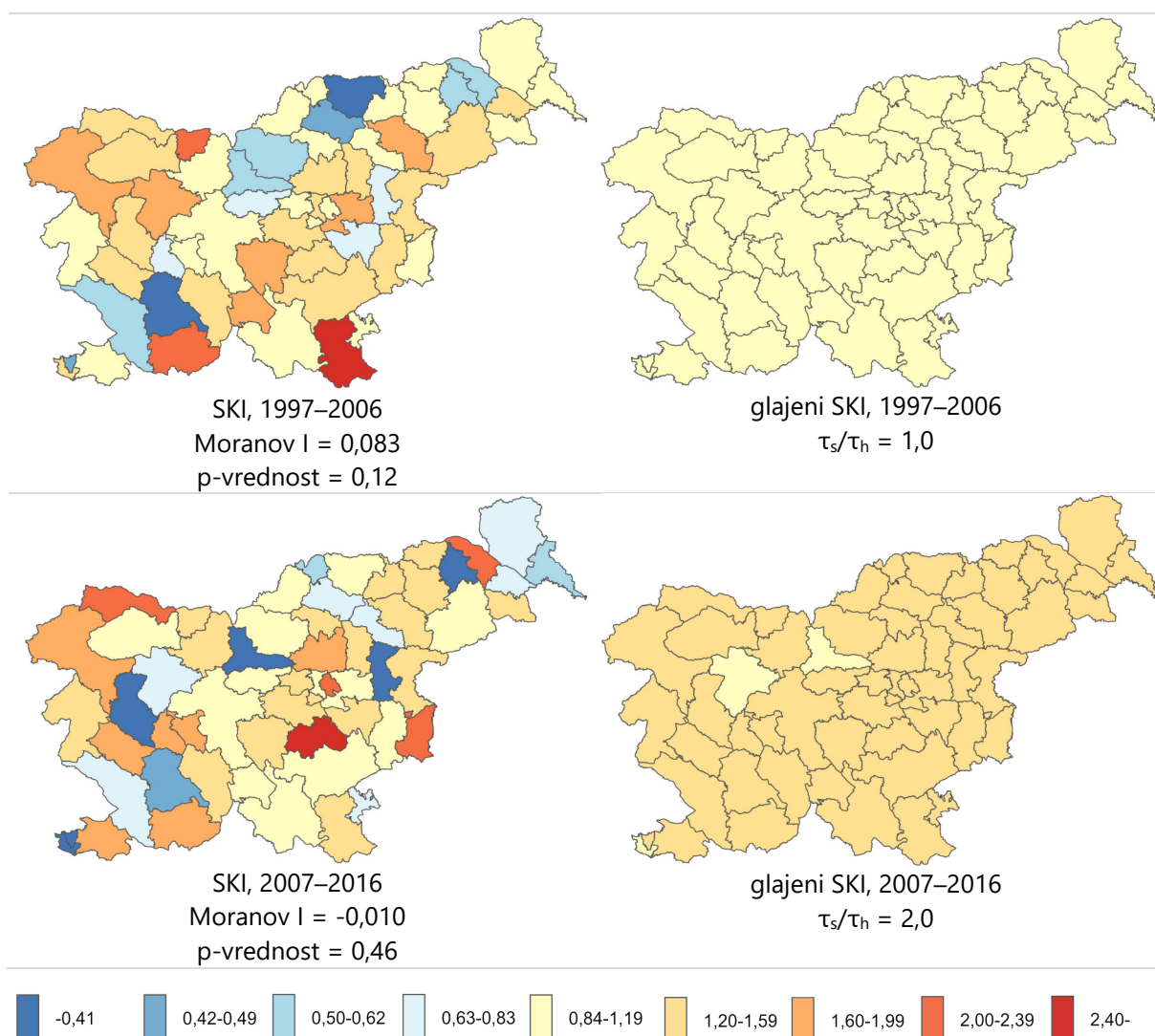
glajeni SKI, 1977–1986
 $\tau_s/\tau_h = 1,6$



SKI, 1987–1996
Moranov I = 0,097
p-vrednost = 0,081



glajeni SKI, 1987–1996
 $\tau_s/\tau_h = 0,30$



Slika 18: Otroci (starost 0–14 let) zboleli za rakom po upravnih enotah, Slovenija 1967–2016. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence s statistiko Moranov I in njegovo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli z razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

4.1.2. Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence – LOSKI

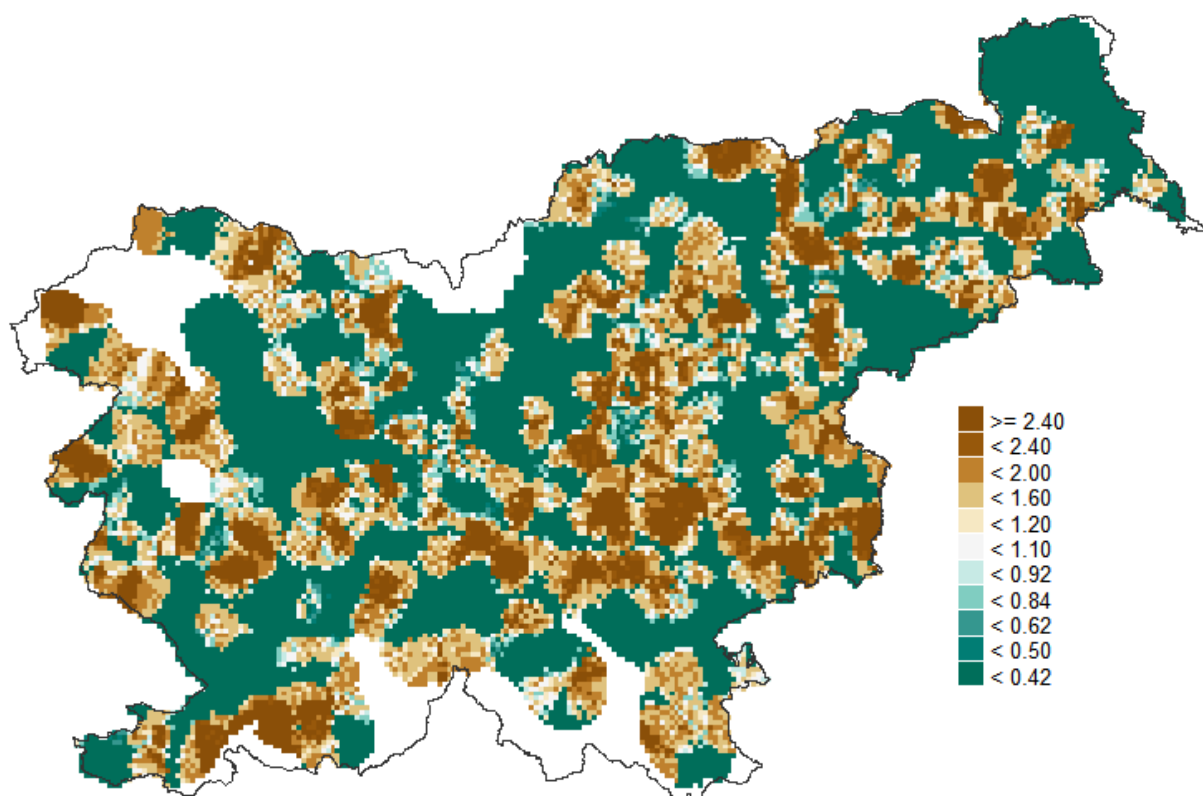
Metoda LOSKI temelji na georeferenciranih točkovnih podatkih, zato je tako pridobljen zemljevid veliko bolj podroben od običajnih prikazov bremena bolezni in razkriva lokalne vzorce, ki pripomorejo, da lahko prepoznamo območja, za katera so potrebne nadaljne raziskave.

Metodo LOSKI smo v tej raziskavi uporabili prvič na tako majhni gostoti populacije (le otroci in mladostniki) in pogostosti opazovanega pojava (rak pri otrocih in mladostnikih). Tekom raziskave se je izkazalo, da bi z običajno izbiro največjega dovoljenega premera za premikajoče

se okno $D_{\max}$ in najmanjšim številom prebivalcev zemljevid preveč zgladili – vrednosti SKI v gosteje poseljenih predelih Slovenije pretirano vplivajo na vrednosti v redkeje poseljenih predelih, ki posledično prevzamejo izključno vrednosti v daljnem gosteje poseljenem območju. Torej tako pripravljen zemljevid ne razkriva lokalno ocenjenih SKI, čemur je v osnovi namenjen.

Kljub opisanemu smo z empiričnim preiskovanjem določili parametra $D_{\max} = 8.000$ m in 300 prebivalcev za mejo, da še izračunamo SKI v mrežni točki. Zaradi izjemno majhnih parametrov, tako dobljenih zemljevidov LOSKI seveda ne moremo več interpretirati kot zglajene vrednosti SKI. Lahko ga le uporabimo kot neke vrste prikaz, kje se primeri raka pojavljajo, pri čemer ni problemov s prikazovanjem občutljivih osebnih podatkov (to je namreč razlog, da ne prikazujemo primerov raka na zemljevidu s točkovnimi podatki). Seveda na prikaz še vedno vpliva gostota prebivalcev, kar je razvidno tudi iz zemljevida uporabljenih največjih premerov za premikajoče se okno $D_{\max}$ (Slika 13).

Na zemljevidu LOSKI raka pri otrocih starih do 14 let (Slika 19) je glajenje prisotno v manjši meri, saj zaradi majhnega števila prebivalcev že en primer raka premakne vrednost SKI v neki mrežni točki iz blizu nič (temno zelena barva na zemljevidu) na vrednost, ki označuje veliko tveganje (temno rjava barva na zemljevidu). Vendar zaradi metodologije priprave zemljevida LOSKI območij z majhno ali veliko vrednostjo SKI ne moremo interpretirati kot območja z nizkim/visokim tveganjem, temveč gre za klasični primer problema majhnih števil.



Slika 19: Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence (LOSKI) raka pri otrocih (starost 0–14 let), Slovenija 2005–2016. Pogoji za minimalno število prebivalcev v premikajočem se oknu je 300, zgornja omejitev velikosti okna pa je 8.000 m.

4.1.3. Okolica daljnovodov

Po posameznih koledarskih letih je izpostavljenost otrok do dopolnjena 14. leta starosti prikazana v spodnji tabeli (Tabela 6). V povzetku izpostavljenih zdravih otrok (Tabela 7) vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (številke se ne seštevajo v primerjavi s podatki po posameznih letih (Tabela 6), saj večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto). Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) izpostavljenih 1.057 otrok in mladostnikov, 602 v 3. kategoriji ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), 247 v 4. kategoriji ($0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$) in 476 v 5. kategoriji ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$). Medtem ko je bilo neizpostavljenih (1. kategorija; $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$) velika večina otrok in mladostnikov vključenih v analizo: 99,5 % v primerjavi z 0,5 % otrok, ki so bili izpostavljeni vrednosti NF MP $0,1 \mu\text{T}$ ali več zaradi vsaj enega DV (110, 220 ali 400 kV).

Na podlagi naše analize slovenskih otrok zbolelih za rakom (starost 0–14 let) vseh 516 ugotovljenih primerov v dvanajstletnem obdobju 2005–2016 živi v območju prve kategorije izpostavljenosti NF MP, ker je NF MP manj kot $0,1 \mu\text{T}$, tudi če upoštevamo sočasni vpliv vseh 110, 220 in 400 kV DV (Tabela 8 in Tabela 9).

Tabela 6: Razvrstitev vseh otrok in mladostnikov do dopolnjenega 14. leta starosti po petih kategorijah izpostavljenosti, posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Kategorije izpostavljenosti so: 1. kategorija: $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$; 2. kategorija: $0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$; 3. kategorija: $0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$; 4. kategorija: $0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$; 5. kategorija: $0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$.

Daljnovod: 110 kV						
Leto	< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq 0,4 \mu\text{T}$	skupaj
2005	284.423	326	202	65	116	285.132
2006	275.732	321	191	64	117	276.425
2007	279.431	345	182	74	111	280.143
2008	269.315	339	174	70	110	270.008
2009	284.741	368	184	81	118	285.492
2010	287.123	377	192	92	112	287.896
2011	289.280	389	188	93	119	290.069
2012	292.810	396	187	95	117	293.605
2013	296.563	412	198	106	127	297.406
2014	290.491	409	201	106	127	291.334
2015	296.415	414	196	108	131	297.264
2016	297.001	397	211	107	133	297.849

Daljnovod: 220 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	284.831	172	47	25	57	285.132
2006	276.135	162	48	25	55	276.425
2007	279.829	182	47	27	58	280.143
2008	269.709	176	44	27	52	270.008
2009	285.177	186	50	24	55	285.492
2010	287.582	179	50	26	59	287.896
2011	289.768	173	45	26	57	290.069
2012	293.312	172	41	27	53	293.605
2013	297.096	185	42	29	54	297.406
2014	291.029	182	39	29	55	291.334
2015	296.967	170	46	28	53	297.264
2016	297.559	159	46	32	53	297.849
Daljnovod: 400 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	284.839	132	58	26	77	285.132
2006	276.140	129	56	28	72	276.425
2007	279.844	130	63	30	76	280.143
2008	269.724	121	61	30	72	270.008
2009	285.200	136	56	33	67	285.492
2010	287.598	142	58	35	63	287.896
2011	289.781	131	60	35	62	290.069
2012	293.305	140	60	37	63	293.605
2013	297.095	153	61	39	58	297.406
2014	291.031	147	59	39	58	291.334
2015	296.976	137	58	35	58	297.264
2016	297.553	148	60	38	50	297.849
Daljnovod: 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	284.556	271	114	49	142	285.132
2006	275.864	260	116	49	136	276.425
2007	279.545	278	123	53	144	280.143
2008	269.438	264	119	51	136	270.008
2009	284.900	286	122	52	132	285.492
2010	287.301	281	126	56	132	287.896
2011	289.489	275	122	56	127	290.069
2012	293.020	289	114	59	123	293.605
2013	296.794	304	120	67	121	297.406

2014	290.734	296	116	67	121	291.334
2015	296.680	280	124	62	118	297.264
2016	297.263	287	122	67	110	297.849
Daljnovid: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	283.850	577	331	110	264	285.132
2006	275.174	559	324	109	259	276.425
2007	278.832	599	327	126	259	280.143
2008	268.742	579	316	122	249	270.008
2009	284.142	630	330	138	252	285.492
2010	286.522	630	345	153	246	287.896
2011	288.695	635	337	155	247	290.069
2012	292.219	653	332	160	241	293.605
2013	295.945	683	350	180	248	297.406
2014	289.886	672	348	180	248	291.334
2015	295.829	661	342	181	251	297.264
2016	296.414	657	349	184	245	297.849

Tabela 7: Povzetek razvrstitve vseh otrok (starost 0–14 let), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat, po petih kategorijah izpostavljenosti in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovid (kV)	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
110	514.920	617	355	148	234	516.274
220	515.749	289	84	45	107	516.274
400	515.751	245	106	55	117	516.274
220 in 400	515.244	484	215	95	236	516.274
110, 220 in 400	513.892	1057	602	247	476	516.274

Tabela 8: Razvrstitev otrok (starost 0–14 let) zbolelih z rakom (vsi raki skupaj, C00–C96) po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP, posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Rezultati za vse kombinacije so enaki, zato so prestavljeni v skupni tabeli.

Daljnovid: 110 kV						
Daljnovid: 220 kV						
Daljnovid: 400 kV						
Daljnovid: 220 in 400 kV						
Daljnovid: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	30	0	0	0	0	30
2006	42	0	0	0	0	42
2007	44	0	0	0	0	44
2008	45	0	0	0	0	45
2009	51	0	0	0	0	51
2010	28	0	0	0	0	28
2011	44	0	0	0	0	44
2012	32	0	0	0	0	32
2013	49	0	0	0	0	49
2014	57	0	0	0	0	57
2015	45	0	0	0	0	45
2016	49	0	0	0	0	49

Tabela 9: Povzetek razvrstitve otrok (starost 0–14 let) zbolelih z rakom (vsi raki skupaj, C00–C96) po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovid (kV)	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
110	516	0	0	0	0	516
220	516	0	0	0	0	516
400	516	0	0	0	0	516
220 in 400	516	0	0	0	0	516
110, 220 in 400	516	0	0	0	0	516

4.1.4. Okolica transformatorskih postaj

V okolici transformacijskih postaj živi veliko več otrok in mladostnikov v primerjavi s tistimi, ki živijo v okolici daljnovodov. Izpostavljenost zdravih otrok v okolici transformacijskih postaj v Sloveniji je najprej prikazana po posameznih koledarskih letih (Tabela 10) ter nato za celotno obdobje skupaj kot povzetek (Tabela 11), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (številke se ne seštevajo v primerjavi s tabelo po posameznih koledarskih letih (Tabela 10), saj

večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto). Enako kot pri analizi daljnovodov velja, da niso bili vsi otroci izpostavljeni celotno obdobje 12 let.

Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) izpostavljenih 1,1 % otrok do 14. leta starosti, 0,02 % v 3. kategoriji ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), 0,8 % v 4. kategoriji ($0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$) in 0,6 % v 5. kategoriji ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$). Medtem ko je bilo neizpostavljenih (1. kategorija; $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$) velika večina otrok in mladostnikov, vključenih v analizo: 97,5 % v primerjavi z 2,5 % otroci, ki so bili izpostavljeni gostoti NF MP $0,1 \mu\text{T}$ ali več. Dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. $0,4 \mu\text{T}$ je izpostavljenih do 0,8 oz. 0,6 % slovenskih otrok do starosti 14 let (Tabela 11).

Izmed zbolelih za rakom se skupaj 13 primerov rakov (2,5 % vseh primerov) pri otrocih starih do 14 let ni razporedilo v prvo kategorijo ($< 0,1 \mu\text{T}$) glede na NF MP v okolici transformatorskih postaj (Tabela 12). V drugo kategorijo (NF MP med 0,1 in $0,2 \mu\text{T}$) se je razvrstilo šest primerov rakov (1,2 % vseh primerov), noben primer se ni razvrstil v tretjo kategorijo, 6 primerov (1,2 %) se je razvrstilo v 4. kategorijo (NF MP med 0,3 in $0,4 \mu\text{T}$). En primer (0,2 %) se je razvrstil v najvišjo 5. kategorijo (NF MP nad $0,4 \mu\text{T}$) – otrok je zbolel za rakom, ki ga ne povezujemo z izpostavljenostjo katerikoli vrsti elektro-magnetnega polja.

Tabela 10: Razvrstitev zdravih otrok (starost 0–14 let) po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj in posameznih letih, Slovenija 2005–2016.

Transformatorske postaje						
Leto	$< 0,1 \mu\text{T}$	$0,1-0,2 \mu\text{T}$	$0,2-0,3 \mu\text{T}$	$0,3-0,4 \mu\text{T}$	$\geq 0,4 \mu\text{T}$	skupaj
2005	280.733	2398	49	1634	1176	285.990
2006	271.468	2312	48	1602	1140	276.570
2007	275.377	2309	48	1587	1071	280.392
2008	270.092	1677	42	1325	863	273.999
2009	280.543	2392	45	1606	1108	285.694
2010	282.796	2431	43	1669	1153	288.092
2011	284.219	2476	44	1726	1182	289.647
2012	289.317	2500	43	1755	1254	294.869
2013	291.230	2514	40	1729	1293	296.806
2014	292.466	2557	39	1767	1332	298.161
2015	282.310	2522	37	1760	1307	287.936
2016	298.084	2711	36	1809	1379	304.019

Tabela 11: Povzetek razvrstitve otrok (starost 0–14 let) po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

$< 0,1 \mu\text{T}$	$0,1-0,2 \mu\text{T}$	$0,2-0,3 \mu\text{T}$	$0,3-0,4 \mu\text{T}$	$\geq 0,4 \mu\text{T}$	skupaj
503.439	5749	93	3966	3027	516.274

Tabela 12: Povzetek razvrstitve otrok (starost 0–14 let) zbolelih z rakom (vsi raki skupaj, C00–C96) po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transtformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Transtformatorske postaje						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	29	1	0	0	0	30
2006	42	0	0	0	0	42
2007	43	1	0	0	0	44
2008	43	1	0	1	0	45
2009	51	0	0	0	0	51
2010	27	0	0	1	0	28
2011	43	1	0	0	0	44
2012	31	1	0	0	0	32
2013	49	0	0	0	0	49
2014	56	0	0	1	0	57
2015	43	1	0	1	0	45
2016	46	0	0	2	1	49

4.1.5. Relativno tveganje

Relativno tveganje bolezni v posamezni kategoriji izpostavljenosti glede na referenčno populacijo smo ovrednotili s kazalnikom SKI (Tabela 14) na podlagi opazovanega in pričakovanega števila levkemij v posamezni skupini (Tabela 13). Na podlagi intervalov zaupanja ugotavljamo, da se v nobeni kategoriji tveganje otrok in mladostnikov za levkemijo ne razlikuje od slovenskega povprečja.

Vsi primeri raka pri otrocih starih do 14 let se razvrščajo v prvo kategorijo v okolici vseh kombinacij DV (Tabela 8, Tabela 9 in Tabela 13), zato izračun SKI ni smiselno (Tabela 14). Relativno tveganje lahko izračunamo glede na kategorije NF MP v okolici transformatorskih postaj, kjer se 13 primerov rakov ni razporedilo v prvo kategorijo (NF MP < 0,1 μ T) (Tabela 12). SKI za drugo, četrto in peto kategorijo izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj imajo vsi širok interval zaupanja (Tabela 14), zato zaključimo, da je relativno tveganje otrok, ki živijo v okolici transformatorskih postaj, enako tveganju otrok, ki ne živijo v njihovi bližini. Poleg tega ni opaziti trenda v relativnem tveganju po kategorijah izpostavljenosti, saj je SKI za peto najvišjo kategorijo ($0,4 \leq$ NF MP) enak 0,45, torej veliko manjši in v obratni smeri, kar bi, če že, prej govorilo o varovalnem kot o nevarnostnem dejavniku.

Tabela 13: Opazovano in pričakovano (I/E) število primerov raka (vsi raki skupaj, C00–C96) pri otrocih (starost 0–14 let) po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	516/514,6	0/0,67	0/0,34	0/0,16	0/0,22
DV 220 kV	516/515,5	0/0,31	0/0,08	0/0,05	0/0,10
DV 400 kV	516/515,5	0/0,25	0/0,11	0/0,06	0/0,11
DV 220 in 400 kV	516/514,8	0/0,56	0/0,25	0/0,12	0/0,24
DV 110, 220 in 400 kV	516/513,6	0/1,12	0/0,60	0/0,27	0/0,45
Transformatorske postaje	503/506,2	6/4,4	0/0,08	6/3,1	1/2,2

Tabela 14: Standardizirani količnik incidence (SKI) raka (vsi raki skupaj, C00–C96) pri otrocih (starost 0–14 let) s 95 % intervalom zaupanja v oklepaju po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	1,00 (0,92-1,09)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 220 kV	1,00 (0,92-1,09)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 400 kV	1,00 (0,92-1,09)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 220 in 400 kV	1,00 (0,92-1,09)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 110, 220 in 400 kV	1,01 (0,92-1,10)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
Transformatorske postaje	0,99 (0,91-1,08)	1,36 (0,5-2,95)	ni primerov	1,96 (0,72-4,3)	0,45 (0,01-2,5)

4.1.6. Analiza varnostnega pasu

Analizirali smo območje, ki je del prve kategorije z NF MP manjšim od 0,1 μ T (oddaljenost do 500 m od meje, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T) in je veliko večje od območij, ki se razvrščajo v drugo do peto kategorijo (NF MP je enako ali večje od 0,1 μ T). Kot primer (Tabela 15) izpostavimo oceno v okolici 110, 220 in 400 kV DV skupaj. V eno izmed kategorij dva do pet se razvršča 2.382 prebivalcev starih do vključno 14 let, kar predstavlja 0,5 % vseh otrok in mladostnikov (Tabela 7). V dodatnem območju oddaljenosti do 500 m pa se jih razvršča 68.080 oziroma 13,2 % (Tabela 15). Podobno velja za primere rakov v isti starostni skupini: noben primer raka v starostni skupini 0–14 let se ne razvršča v kategorije od 2 do 5 (

Tabela 8 in Tabela 9), medtem ko se 53 primerov (10,3 %) razvršča v območje do 500 m (Tabela 15).

V okolici transformatorskih postaj živi še večje število prebivalcev, kar 94,9 % otrok (stari 0–14 let) živi v dodatnem območju do 500 m oddaljenosti od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T in 96,5 % vseh zbolelih za rakom (Tabela 15). Glede na to, da je to večina prebivalcev in primerov, je seveda pričakovano, da je relativno tveganje blizu povprečnega (torej blizu 1).

Kot primer (Tabela 16) izračunanega relativna tveganja ponovno pogledjmo oceno v okolici združenih 110, 220 in 400 kV DV skupaj. Glede na število prebivalcev in njihovo starostno strukturo je pričakovano število zbolelih za rakom v območju do 500 m od DV (vendar izključno v prvi kategoriji, kjer je NF MP manjše od 0,1 μ T) 68,9 v primerjavi z dejansko opaženim številom 53 novih primerov raka. Relativno tveganje je 0,77 in ni statistično značilno različno od 1 – otroci, ki živijo na razdalji do 500 m od DV, imajo za 30 % manjšo verjetnost, da bodo zboleli za levkemijo v primerjavi s slovenskim povprečjem. Vendar to ni glavni zaključek naše raziskave, saj je njeno bistvo, da smo kar se da natančno, točno in relevantno ocenili izpostavljenost otrok in mladostnikov, ter nismo samo uporabili približka izpostavljenosti, ki bi ga določili na podlagi evklidske oddaljenosti od DV.

Tabela 15: Število prebivalcev ter zbolelih za rakom (stari 0–14 let) v prvi kategoriji izpostavljenosti (NF MP < 0,1 μ T), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	Prebivalci (število)	Delež od vseh prebivalcev N=516.274 (%)	Primeri raka (število)	Delež od vseh zbolelih N=516 (%)
DV 110 kV	54.357	10,5	40	7,8
DV 220 kV	10.149	2,0	7	1,4
DV 400 kV	10.592	2,1	9	1,7
DV 220 in 400 kV	18.121	3,5	15	2,9
DV 110, 220 in 400 kV	68.080	13,2	53	10,3
Transformatorske postaje	501.861	94,9	498	96,5

Tabela 16: Opazovano (I) in pričakovano (E) število primerov raka ter standardizirani količnik incidence (SKI) za otroke in mladostnike (stari 0–14 let), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	I	E	SKI (95 % interval zaupanja)
DV 110 kV	40	54,7	0,73 (0,52–1,00)
DV 220 kV	7	10,6	0,66 (0,26–1,36)
DV 400 kV	9	10,9	0,83 (0,38–1,57)
DV 220 in 400 kV	15	23,1	0,65 (0,36–1,07)
DV 110, 220 in 400 kV	53	68,9	0,77 (0,58–1,01)
Transformatorske postaje	498	492,3	1,01 (0,92–1,10)

4.2. Otroci in mladostniki zboleli za levkemijo

Na podlagi pregleda literature vemo, da je izpostavljenost NF MP morda dejavnik tveganja za otroške levkemije pri dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μ T.

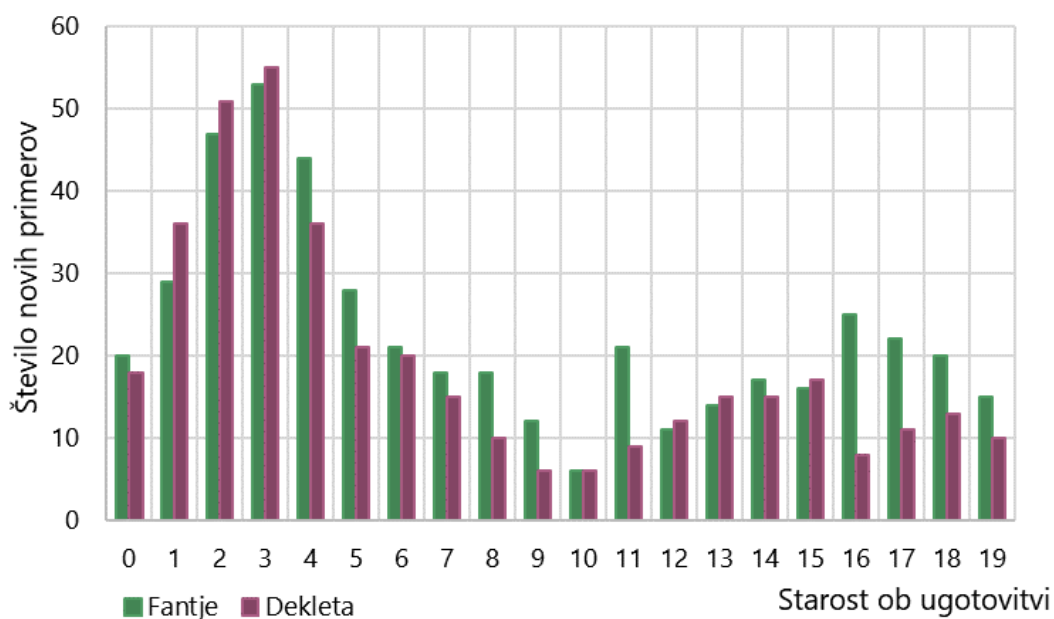
4.2.1. Trend v zadnjih 50 letih

Register raka RS je v 50-ih letih, od leta 1967 do vključno 2016, zabeležil 841 primerov levkemij pri otrocih in mladostnikih, ki so bili ob diagnozi bolezni starih do vključno 19 let (Tabela 17 in Slika 20). Incidenca je največja pri predšolskih otrocih z vrhom zbolevanja pri treh letih. Skupno je bilo 457 primerov (54,3 %) ugotovljenih pri fantih in 384 (45,7 %) pri dekletih. Pri primerjavi s prebivalstvom v enakih starostnih skupinah, ugotovimo, da je razlika v številu primerov med spoloma pričakovana, saj je tudi med prebivalstvom več fantov v primerjavi z dekleti (v starosti 0 do 19 let). Stopnja na 100.000 prebivalcev je pri fantih 3,5 in pri dekletih 3,1 (Tabela 18), razlika pa ni statistično značilna (p-vrednost je 0,086).

Tabela 17: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi levkemije in petletnem obdobju, Slovenija 1967–2016. V oklepaju so deleži primerov glede na celotno število primerov v posameznem obdobju.

Leto ugotovitve	0 do 4 leta	5 do 9 let	10 do 14 let	15 do 19 let	Skupaj, 0 do 19 let
1967–1971	46 (59,0 %)	12 (15,4 %)	7 (9,0 %)	13 (16,7 %)	78
1972–1976	32 (40,0 %)	20 (25,0 %)	14 (17,5 %)	14 (17,5 %)	80
1977–1981	41 (46,1 %)	22 (24,7 %)	12 (13,5 %)	14 (15,7 %)	89
1982–1986	50 (55,6 %)	18 (20,0 %)	8 (8,9 %)	14 (15,6 %)	90
1987–1991	42 (45,7 %)	17 (18,5 %)	19 (20,7 %)	14 (15,2 %)	92
1992–1996	41 (49,4 %)	12 (14,5 %)	15 (18,1 %)	15 (18,1 %)	83
1997–2001	30 (34,5 %)	16 (18,4 %)	16 (18,4 %)	25 (28,7 %)	87
2002–2006	33 (45,2 %)	13 (17,8 %)	8 (11,0 %)	19 (26,0 %)	73
2007–2011	37 (43,5 %)	17 (20,0 %)	13 (15,3 %)	18 (21,2 %)	85
2012–2016	37 (44,0 %)	22 (26,2 %)	14 (16,7 %)	11 (13,1 %)	84
1967–2016	389 (46,3 %)	169 (20,1 %)	126 (15,0 %)	157 (18,7 %)	841

Izmed vseh otrok in mladostnikov, ki so bili v desetletnem obdobju 2007–2016 stari med 0 in 19 let, je eden od 23.400 zbolel za levkemijo.



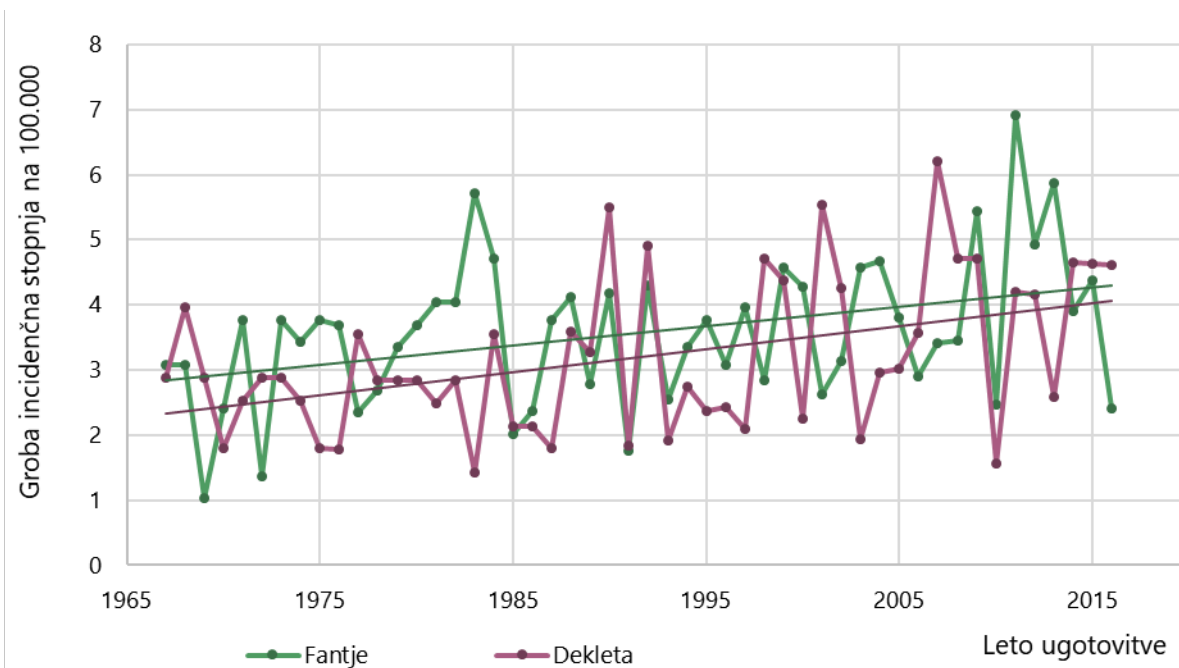
Slika 20: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi levkemije in spolu, Slovenija 1967–2016.

Ker je levkemija pri otrocih redka bolezen, so številke po posameznih letih majhne in iz leta v leto precej variirajo. Število novih primerov (incidenca) je približno 16 letno in ne kaže časovnega trenda, medtem ko grobi incidenčni stopnji (Slika 21) pri obeh spolih kažeta enakomerno rahlo rast s povprečno letno spremembo okoli 1 % (Tabela 18). V prvem obdobju 1967–1976 je bila groba stopnja 2,8 primerov levkemij na 100.000 otrok in mladostnikov (starost 0–19 let), in je narasla na 4,3/100.000 v zadnjem obdobju 2007–2016. Vsi podatki o številu ugotovljenih primerov in grobi incidenčni stopnji po spolu in posameznem letu ugotovitve so zbrani v prilogi pod poglavjem 0 (Tabela 53).

Tabela 18: Povprečna letna sprememba s 95 % intervalom zaupanja za število novih primerov (incidenca) in grobo incidenčno stopnjo (GS) otrok in mladostnikov (stari 0-19 let) zbolelih za levkemijo po spolu, Slovenija 1967–2016.

	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
Število primerov	457	3,5	384	3,1	841	3,3
povprečna letna sprememba (%)	-0,06	0,91*	0,01	1,01*	-0,05	0,94*
95 % interval zaupanja (%)	-0,74 do 0,61	0,25 do 1,57	-0,66 do 0,68	0,33 do 1,70	-0,51 do 0,42	0,48 do 1,41

* Statistično značilen trend pri stopnji zaupanja 0,05.



Slika 21: Groba incidenčna stopnja otrok in mladostnikov (stari 0–19 let) s prikazanim linearnim trendom zbolelih za levkemijo po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Glede na dodatno razvrstitev levkemij na podrobnejše diagnoze, opredeljene glede na mednarodno klasifikacijo MKB-10, opazimo, da je večina še posebej redkih ali celo brez primerov pri starih do 19 let v zanjih 50-ih letih v Sloveniji. Večina je akutnih limfoblastnih levkemij, katerih delež se je iz 38 % v desetletnem obdobju 1967–1976 zaradi izboljšane diagnostike povečal na okoli 75 % po letu 1987 (Tabela 19).

Tabela 19: Število in delež novih primerov (incidenca) otrok in mladostnikov (stari 0–19 let) zbolelih za levkemijo po natančnejši razdelitvi po mednarodni klasifikaciji MKB-10 (C91–C95) in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

Vrsta levkemije (koda po MKB-10)	1967-1976	1977-1986	1987-1996	1997-2006	2007-2016	Skupaj
Akutna limfoblastna levkemija (C91.0)	60 (38 %)	112 (62,6 %)	137 (78,3 %)	120 (75 %)	123 (72,8 %)	552 (65,6 %)
Akutna mieloična levkemija (C92.0)	28 (17,7 %)	26 (14,5 %)	23 (13,1 %)	23 (14,4 %)	28 (16,6 %)	128 (15,2 %)
Druge vrste	70 (44,3 %)	41 (22,9 %)	15 (8,6 %)	17 (10,6 %)	18 (10,7 %)	161 (19,1 %)
Skupaj C91-C95	158	179	175	160	169	841

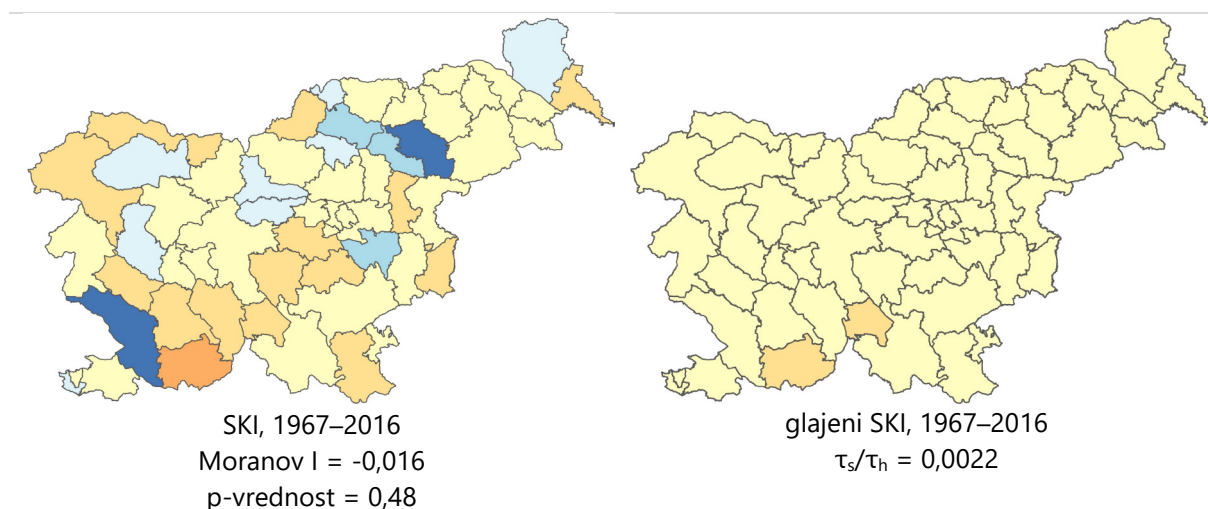
Na zemljevidih (Slika 22 in Slika 23) so podatki prikazani po upravnih enotah, v spodnji tabeli pa le povzemamo število novih primerov po statističnih regijah (Tabela 20). Številke nam ne povedo ničesar o geografskem razporejanju, saj niso preračunane glede na število prebivalcev v posamezni regiji, torej je po pričakovanju največ primerov v Osrednjeslovenski regiji z največ prebivalci.

Tabela 20: Število novih primerov (incidenca) otrok in mladostnikov (stari 0-19 let) zbolelih za levkemijo po statistični regiji in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

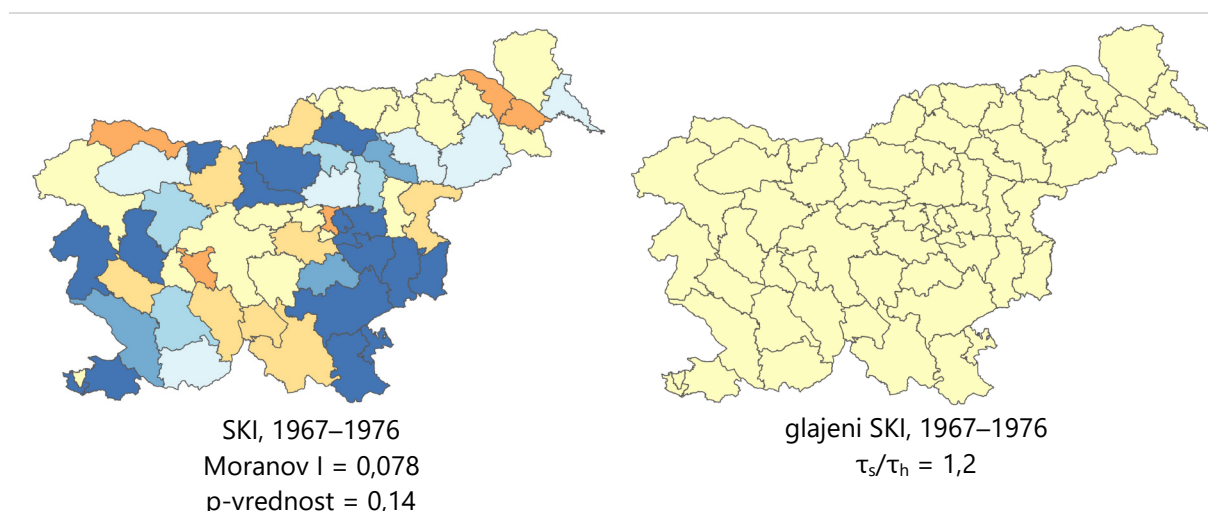
Statistična regija	1967-1976	1977-1986	1987-1996	1997-2006	2007-2016	Skupaj
Pomurska	16	15	12	9	2	54
Podravska	30	32	25	13	24	124
Koroška	7	6	9	5	3	30
Savinjska	16	12	21	27	22	98
Zasavska	5	3	1	5	6	20
Spodnjeposavska	1	6	5	6	13	31
JV Slovenija	8	18	12	19	17	74
Osrednjeslovenska	43	44	47	34	39	207
Gorenjska	18	17	19	16	17	87
Notranjsko-Kraška	4	5	7	10	4	30
Goriška	7	9	10	10	15	51
Obalno-Kraška	3	12	7	6	7	35
Skupaj	158	179	175	160	169	841

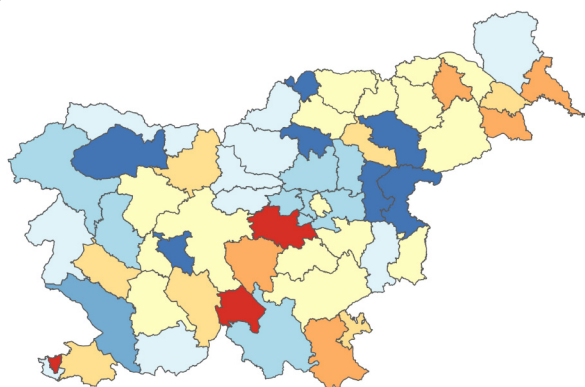
Na zemljevidih ogroženosti prikazujemo SKI za levkemije po upravnih enotah pri otrocih in mladostnikih (starost 0–19 let) zbolelih za levkemijo za celotno 50-letno obdobje (Slika 22), vsi podatki o številu ugotovljenih primerov in SKI po upravnih enotah pa so zbrani v prilogi pod poglavjem 0. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence z izračunano statistiko Moranov I in pripadajočo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli s pripadajočim razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne komponente in variabilnostjo heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

Prikaz zemljevidov ogroženosti po posameznih desetletnih obdobjih (Slika 23) je pripravljen tako, da lahko poleg prostorske razporeditve opazujemo tudi časovno komponento – referenčna populacija za vse zemljevide je namreč enaka za pripravo vseh petih zemljevidov in sicer pojavljanje levkemij v celotnem petdesetletnem obdobju 1967–2016. Rahlo naraščajoči časovni trend (Slika 21) se tako odraža v "temnejšem" zemljevidu za zadnje obdobje 2007–2016 (Slika 23). Za nobeno desetletno obdobje prostorsko razporejanje ni statistično značilno, le za obdobje 1977–1986 je razporejanje mejno statistično značilno (Moranov I je 0,11 s pripadajočo p-vrednostjo 0,073), vendar po glajenju razlike med upravnimi enotami tudi v tem obdobju niso več razvidne. Majhna variabilnost τ_s glede na τ_h za celotno 50-letno obdobje skupaj pa nam pove, da je edino pri tem zemljevidu zadosti veliko število primerov bolezni za zaneslivejše sklepanje o prostorskem razporejanju SKI.



Slika 22: Otroci in mladostniki (starost 0-19 let) zbolelih za levkemijo po upravnih enotah, Slovenija 1967–2016. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence (SKI) s statistiko Moranov I in njegovo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli z razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

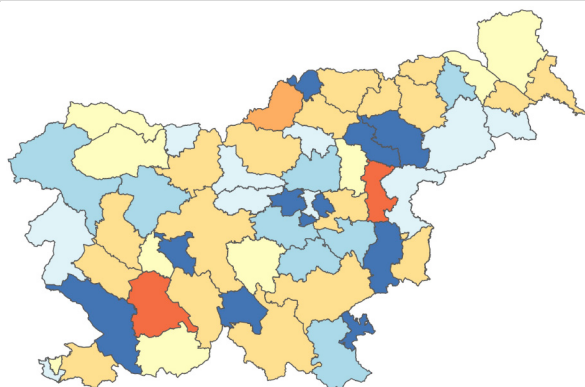




SKI, 1977–1986
Moranov I = 0,11
p-vrednost = 0,073



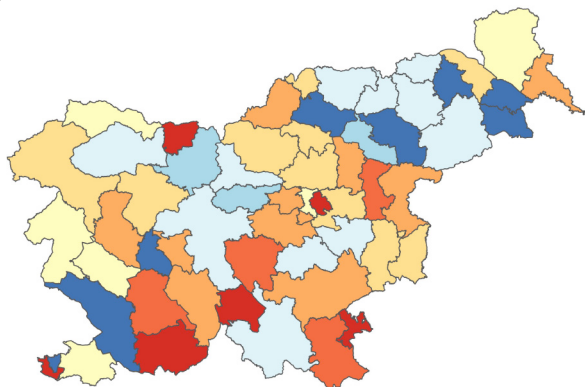
glajeni SKI, 1977–1986
 $\tau_s/\tau_h = 0,41$



SKI, 1987–1996
Moranov I = -0,16
p-vrednost = 0,96



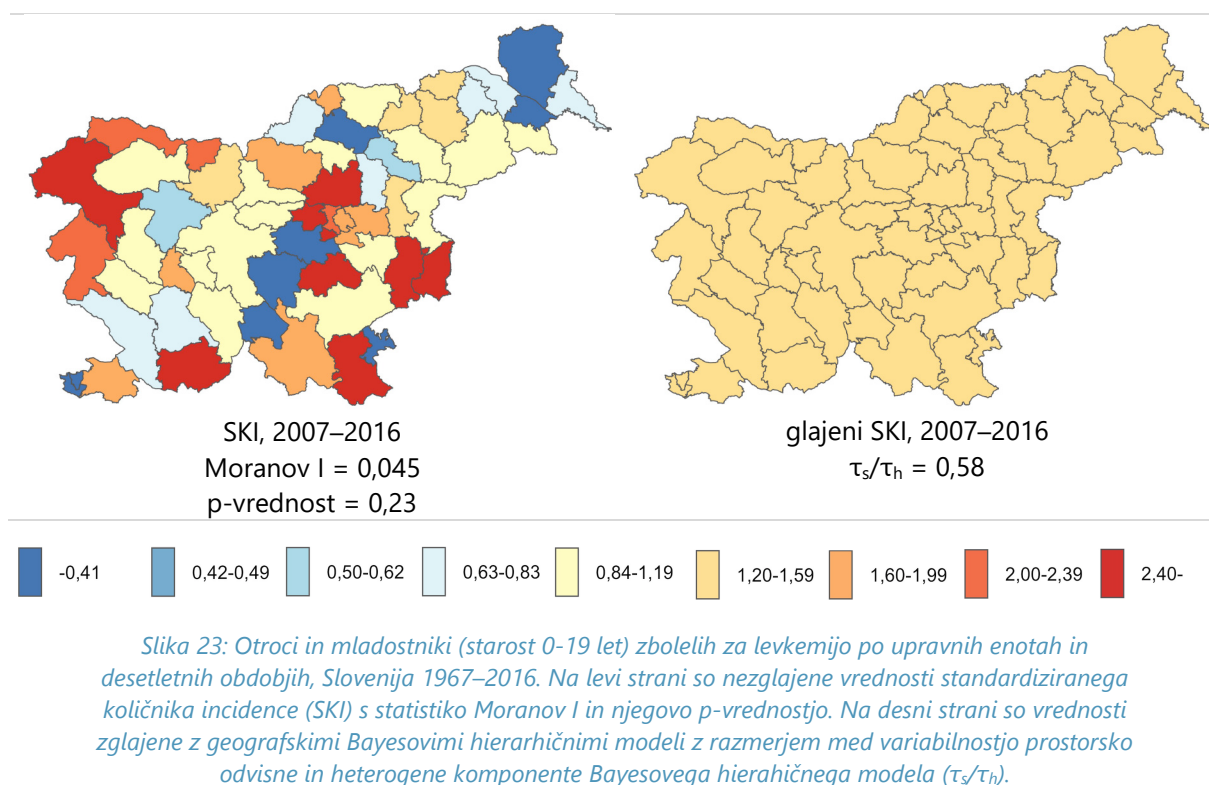
glajeni SKI, 1987–1996
 $\tau_s/\tau_h = 1,1$



SKI, 1997–2006
Moranov I = -0,002
p-vrednost = 0,41



glajeni SKI, 1997–2006
 $\tau_s/\tau_h = 1,4$



4.2.2. Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence – LOSKI

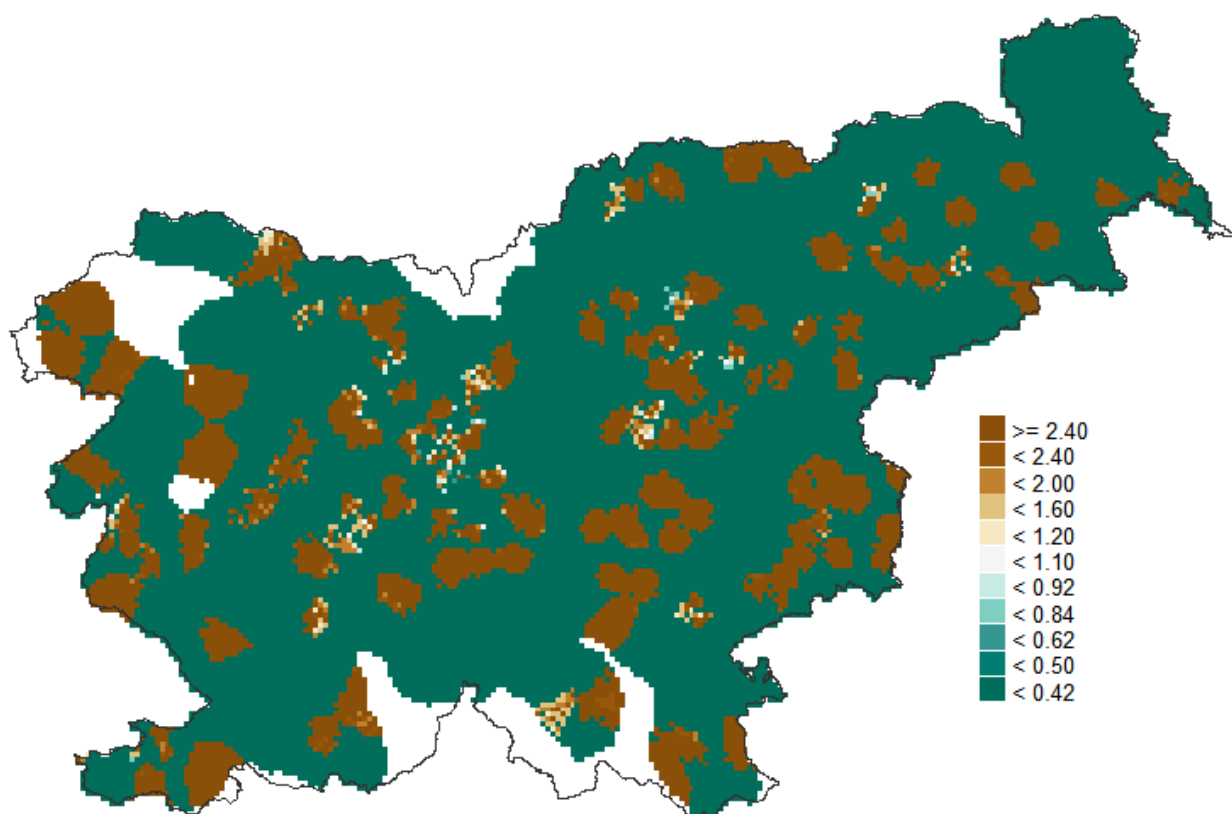
Metoda LOSKI temelji na georeferenciranih točkovnih podatkih, zato je tako pridobljen zemljevid veliko bolj podroben od običajnih prikazov bremena bolezni in razkriva lokalne vzorce, ki pripomorejo, da lahko prepoznamo območja, za katera so potrebne nadaljne raziskave.

Metodo LOSKI smo v tej raziskavi uporabili prvič na tako majhni gostoti populacije (le otroci in mladostniki) in pogostosti opazovanega pojava (rak pri otrocih in mladostnikih). Tekom raziskave se je izkazalo, da bi z običajno izbiro največjega dovoljenega premera za premikajoče se okno $D_{\max}$ in najmanjšim številom prebivalcev zemljevid preveč zgladili – vrednosti SKI v gosteje poseljenih predelih Slovenije pretirano vplivajo na vrednosti v redkeje poseljenih predelih, ki posledično prevzamejo izključno vrednosti v daljnem gosteje poseljenem območju. Torej tako pripravljen zemljevid ne razkriva lokalno ocenjenih SKI, čemur je v osnovi namenjen.

Kljub opisanemu smo z empiričnim preiskovanjem določili parametra $D_{\max} = 8.000$ m in 300 prebivalcev za mejo, da še izračunamo SKI v mrežni točki. Zaradi izjemno majhnih parametrov, tako dobljenih zemljevidov LOSKI seveda ne moremo več interpretirati kot zglajene vrednosti SKI. Lahko ga le uporabimo kot neke vrste prikaz, kje se primeri raka pojavljajo, pri čemer ni problemov s prikazovanjem občutljivih osebnih podatkov (to je namreč razlog, da ne prikazujemo primerov raka na zemljevidu s točkovnimi podatki). Seveda na prikaz vpliva

gostota prebivalcev, kar je razvidno tudi iz zemljevida uporabljenih največjih premerov za premikajoče se okno $D_{\max}$ (Slika 13).

Na zemljevidu LOSKI levkemij pri otrocih in mladostnikih starih do 19 let (Slika 24) je glajenje prisotno v manjši meri, saj zaradi majhnega števila prebivalcev že en primer raka premakne vrednost SKI v neki mrežni točki iz blizu nič (temno zelena barva na zemljevidu) na vrednost, ki označuje veliko tveganje (temno rjava barva na zemljevidu). Vendar zaradi metodologije priprave zemljevida LOSKI območij z majhno ali veliko vrednostjo SKI ne moremo interpretirati kot območja z nizkim/visokim tveganjem, temveč gre za klasični primer problema majhnih števil.



Slika 24: Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence (LOSKI) levkemije pri otrocih in mladostnikih (starost 0–19 let), Slovenija 2005–2016. Pogoj za minimalno število prebivalcev v premikajočem se oknu je 300, zgornja omejitev velikosti okna pa je 8.000 m.

4.2.3. Okolica daljnovodov

Po posameznih koledarskih letih je izpostavljenost otrok in mladostnikov do dopolnjenega 19. leta starosti prikazana v spodnji tabeli (Tabela 21). Povzetek izpostavljenih zdravih otrok in mladostnikov prikazujemo v Tabela 22, kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (številke se ne seštevajo v primerjavi s podatki po posameznih letih (Tabela 21), saj večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto). Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji (0,1

$\leq$ NF MP < 0,2 μ T) izpostavljenih 1.322 otrok in mladostnikov, 727 v 3. kategoriji (0,2 $\leq$ NF MP < 0,3 μ T), 302 v 4. kategoriji (0,3 $\leq$ NF MP < 0,4 μ T) in 579 v 5. kategoriji (0,4 μ T $\leq$ NF MP). Medtem ko je bilo neizpostavljenih (1. kategorija; NF MP < 0,1 μ T) velika večina otrok in mladostnikov vključenih v analizo: 99,5 % v primerjavi z 0,5 % otrok, ki so bili izpostavljeni vrednosti NF MP 0,1 μ T ali več zaradi vsaj enega DV (110, 220 ali 400 kV).

Na podlagi pregleda literature vemo, da je izpostavljenost NF MP morda dejavnik tveganja za otroške levkemije pri dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μ T – iz naše analize slovenskih otrok in mladostnikov se jih v območja izpostavljenosti NF MP več kot 0,3 μ T razvršča 0,14 %, oziroma le 0,09 % otrok v območja z več kot 0,4 μ T (če upoštevamo sočasni vpliv vseh 110, 220 in 400 kV DV).

Samo en primer levkemije (0,5 % vseh primerov) se ni razporedil v 1. kategorijo (NF MP < 0,1 μ T) temveč v 2. kategorijo (0,1 $\leq$ NF MP < 0,2 μ T) (

Tabela 23 in Tabela 24) - mladostnik je zbolel za akutno limfoblastno levkemijo v bližini 110 kV DV (zato se isti en primer pojavi v kombinaciji 110, 220 in 400 kV DV skupaj).

Tabela 21: Razvrstitev vseh otrok in mladostnikov do dopolnjega 19. leta starosti po petih kategorijah izpostavljenosti in posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Kategorije izpostavljenosti so: 1. kategorija: NF MP < 0,1 μ T; 2. kategorija: 0,1 $\leq$ NF MP < 0,2 μ T; 3. kategorija: 0,2 $\leq$ NF MP < 0,3 μ T; 4. kategorija: 0,3 $\leq$ NF MP < 0,4 μ T; 5. kategorija: 0,4 μ T $\leq$ NF MP.

Daljnovod: 110 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	407.563	488	278	99	160	408.588
2006	396.595	475	276	91	162	397.599
2007	395.155	485	266	101	161	396.168
2008	379.569	464	265	98	153	380.549
2009	391.641	489	278	110	159	392.677
2010	390.763	491	272	115	156	391.797
2011	389.525	506	270	113	166	390.580
2012	391.631	517	266	115	165	392.694
2013	393.298	535	271	123	174	394.401
2014	385.225	527	255	123	171	386.301
2015	390.181	534	261	128	165	391.269
2016	389.908	528	271	133	171	391.011
Daljnovod: 220 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	408.174	228	67	35	84	408.588
2006	397.196	225	67	34	77	397.599
2007	395.754	235	66	35	78	396.168
2008	380.143	231	63	35	77	380.549

2009	392.256	243	69	31	78	392.677
2010	391.376	241	72	31	77	391.797
2011	390.166	232	70	33	79	390.580
2012	392.277	242	61	35	79	392.694
2013	393.979	251	60	37	74	394.401
2014	385.889	244	57	37	74	386.301
2015	390.867	225	63	37	77	391.269
2016	390.617	219	59	40	76	391.011

Daljnovid: 400 kV

Leto	< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq$ 0,4 μT	skupaj
2005	408.137	241	76	34	100	408.588
2006	397.156	233	76	35	99	397.599
2007	395.711	234	83	37	103	396.168
2008	380.112	220	81	37	99	380.549
2009	392.230	231	78	43	95	392.677
2010	391.357	225	79	47	89	391.797
2011	390.149	219	78	45	89	390.580
2012	392.249	224	81	50	90	392.694
2013	393.951	231	78	54	87	394.401
2014	385.861	228	78	51	83	386.301
2015	390.837	219	81	51	81	391.269
2016	390.589	218	80	55	69	391.011

Daljnovid: 220 in 400 kV

Leto	< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq$ 0,4 μT	skupaj
2005	407.737	435	153	69	194	408.588
2006	396.767	421	156	67	188	397.599
2007	395.314	428	163	68	195	396.168
2008	379.723	411	159	65	191	380.549
2009	391.819	439	165	68	186	392.677
2010	390.940	437	169	72	179	391.797
2011	389.738	425	165	72	180	390.580
2012	391.833	446	157	78	180	392.694
2013	393.531	452	155	88	175	394.401
2014	385.449	444	152	87	169	386.301
2015	390.431	418	164	86	170	391.269
2016	390.183	425	157	91	155	391.011

Daljnovod: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	406.773	840	450	164	361	408.588
2006	395.824	812	451	155	357	397.599
2007	394.357	829	452	169	361	396.168
2008	378.796	791	449	164	349	380.549
2009	390.836	840	470	182	349	392.677
2010	389.959	838	469	192	339	391.797
2011	388.734	842	465	189	350	390.580
2012	390.815	873	461	197	348	392.694
2013	392.472	897	466	215	351	394.401
2014	384.417	881	446	215	342	386.301
2015	389.390	862	454	224	339	391.269
2016	389.125	866	456	235	329	391.011

Tabela 22: Povzetek razvrstitve vseh otrok in mladostnikov (starost 0–19 let), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat, po petih kategorijah izpostavljenosti in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovod (kV)	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
110	640.445	780	436	183	283	642.127
220	641.488	345	104	55	135	642.127
400	641.427	372	125	63	140	642.127
220 in 400	640.799	669	255	115	289	642.127
110, 220 in 400	639.197	1322	727	302	579	642.127

Tabela 23: Razvrstitev otrok in mladostnikov (starost 0–19 let) zbolelih za levkemijo po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP, posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Rezultati za 220 kV, 400 kV ter kombinacijo 220 in 400 kV DV so enaki, zato so prestavljeni v skupni tabeli. Enako velja za rezultate 110 kV ter kombinacijo 110, 220 in 400 kV DV.

Daljnovod: 220 kV						
Daljnovod: 400 kV						
Daljnovod: 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	14	0	0	0	0	14
2006	13	0	0	0	0	13
2007	19	0	0	0	0	19
2008	16	0	0	0	0	16

2009	20	0	0	0	0	20
2010	8	0	0	0	0	8
2011	22	0	0	0	0	22
2012	18	0	0	0	0	18
2013	16	0	0	0	0	16
2014	17	0	0	0	0	17
2015	18	0	0	0	0	18
2016	14	0	0	0	0	14
Daljnovod: 110 kV						
Daljnovod: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	14	0	0	0	0	14
2006	13	0	0	0	0	13
2007	19	0	0	0	0	19
2008	16	0	0	0	0	16
2009	20	0	0	0	0	20
2010	8	0	0	0	0	8
2011	22	0	0	0	0	22
2012	17	1	0	0	0	18
2013	16	0	0	0	0	16
2014	17	0	0	0	0	17
2015	18	0	0	0	0	18
2016	14	0	0	0	0	14

Tabela 24: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov (starost 0–19 let) z levkemijo po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovod (kV)	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
110	194	1	0	0	0	195
220	195	0	0	0	0	195
400	195	0	0	0	0	195
220 in 400	195	0	0	0	0	195
110, 220 in 400	194	1	0	0	0	195

4.2.4. Okolica transformatorskih postaj

V okolici transformacijskih postaj živi veliko več otrok in mladostnikov v primerjavi s tistimi, ki živijo v okolici daljnovodov. Izpostavljenost zdravih otrok v okolici transformacijskih postaj v Sloveniji je najprej prikazana po posameznih koledarskih letih (Tabela 25) ter nato za celotno

obdobje skupaj kot povzetek (Tabela 26), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (številke se ne seštevajo v primerjavi s tabelo po posameznih koledarskih letih (Tabela 25), saj večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto). Enako kot pri analizi daljnovodov velja, da niso bili vsi otroci izpostavljeni celotno obdobje 12 let.

Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) izpostavljenih 1,1 % otrok in mladostnikov, 0,02 % v 3. kategoriji ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), 0,8 % v 4. kategoriji ($0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$) in 0,6 % v 5. kategoriji ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$). Medtem ko je bilo neizpostavljenih (1. kategorija; $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$) velika večina otrok in mladostnikov, vključenih v analizo: 97,5 % v primerjavi z 2,5 % otroci, ki so bili izpostavljeni gostoti NF MP $0,1 \mu\text{T}$ ali več. Iz literature vemo, da je morebiti rakotvorno izpostavljenost NF MP (le) za otroške levkemije pri dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. $0,4 \mu\text{T}$, kar bi vključevalo največ 0,8 oz. 0,6 % slovenskih otrok in mladostnikov starih do 19 let (Tabela 26).

Izmed zbolelih za levkemijo se skupaj 5 primerov rakov (2,6 % vseh primerov) pri otrocih starih do 19 let ni razporedilo v prvo kategorijo ($< 0,1 \mu\text{T}$) glede na NF MP v okolici transformatorskih postaj (Tabela 27), temveč so se vsi razvrstili v drugo kategorijo (NF MF med 0,1 in $0,2 \mu\text{T}$). Trije fantje in dve punči so bili ob diagnozi različno stari in so živeli v 4 različnih statističnih regijah. Noben primer se ni razvrstil v tretjo do peto kategorijo ($0,2 \mu\text{T} \leq \text{NF MF}$).

Tabela 25: Razvrstitev zdravih otrok in mladostnikov po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj in posameznih letih, Slovenija 2005–2016. Kategorije izpostavljenosti so: 1. kategorija: $\text{MP} < 0,1 \mu\text{T}$; 2. kategorija: $0,1 \leq \text{MP} < 0,2 \mu\text{T}$; 3. kategorija: $0,2 \leq \text{MP} < 0,3 \mu\text{T}$; 4. kategorija: $0,3 \leq \text{MP} < 0,4 \mu\text{T}$; 5. kategorija: $0,4 \mu\text{T} \leq \text{MP}$.

Transformatorske postaje						
Leto	$< 0,1 \mu\text{T}$	$0,1-0,2 \mu\text{T}$	$0,2-0,3 \mu\text{T}$	$0,3-0,4 \mu\text{T}$	$\geq 0,4 \mu\text{T}$	skupaj
2005	402.875	3442	71	2401	1695	410.484
2006	395.175	3371	72	2345	1669	402.632
2007	392.020	3339	70	2276	1547	399.252
2008	385.503	3270	65	2256	1549	392.643
2009	385.834	3244	62	2193	1510	392.843
2010	384.847	3275	63	2234	1532	391.951
2011	383.033	3292	61	2242	1544	390.172
2012	385.579	3267	58	2269	1612	392.785
2013	387.381	3295	53	2223	1665	394.617
2014	386.753	3327	51	2231	1678	394.040
2015	374.486	3245	53	2213	1664	381.661
2016	390.317	3422	52	2276	1732	397.799

Tabela 26: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

$< 0,1 \mu\text{T}$	$0,1-0,2 \mu\text{T}$	$0,2-0,3 \mu\text{T}$	$0,3-0,4 \mu\text{T}$	$\geq 0,4 \mu\text{T}$	skupaj
626.387	7038	115	4891	3696	642.127

Tabela 27: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov z levkemijo po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Transformatorske postaje						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	13	1	0	0	0	14
2006	13	0	0	0	0	13
2007	19	0	0	0	0	19
2008	15	1	0	0	0	16
2009	20	0	0	0	0	20
2010	8	0	0	0	0	8
2011	21	1	0	0	0	22
2012	17	1	0	0	0	18
2013	16	0	0	0	0	16
2014	17	0	0	0	0	17
2015	17	1	0	0	0	18
2016	14	0	0	0	0	14

4.2.5. Relativno tveganje

Relativno tveganje bolezni v posamezni kategoriji izpostavljenosti glede na referenčno populacijo smo ovrednotili s kazalnikom SKI (Tabela 29) na podlagi opazovanega in pričakovanega števila levkemij v posamezni skupini (Tabela 28). Na podlagi intervalov zaupanja ugotavljamo, da se v nobeni kategoriji tveganje otrok in mladostnikov za levkemijo ne razlikuje od slovenskega povprečja.

En primer levkemije (

Tabela 23, Tabela 24 in Tabela 28), ki se je razvrstil v drugo kategorijo izpostavljenosti ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) pri 110 kV DV ter kombinaciji 110, 220 in 400 kV DV, »prestavi« prebivalce v teh dveh skupinah iz relativnega tveganja enako nič na relativno tveganje 4,0 oziroma 2,4. Vendar je interval zaupanja zelo širok zaradi majhnega števila prebivalstva v tej skupini. Imamo namreč opravka z ljudmi in ne moremo izmeriti 0,3 primera, kolikor je izračunana pričakovana vrednost v tej skupini. Podobno ima širok interval zaupanja SKI druga kategorija izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, v katero se je razvrstilo 5 primerov levkemij (Tabela 28).

Tabela 28: Opazovano in pričakovano (I/E) število primerov levkemije pri otrocih in mladostnikih (starost 0–19 let) po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	194 / 194,5	1 / 0,3	0 / 0,1	0 / 0,1	0 / 0,1
DV 220 kV	195 / 194,8	0 / 0,1	0 / 0,03	0 / 0,02	0 / 0,04
DV 400 kV	195 / 194,8	0 / 0,1	0 / 0,04	0 / 0,02	0 / 0,04
DV 220 in 400 kV	195 / 194,6	0 / 0,2	0 / 0,1	0 / 0,04	0 / 0,1
DV 110, 220 in 400 kV	194 / 194,1	1 / 0,4	0 / 0,2	0 / 0,1	0 / 0,2
Transformatorske postaje	190 / 191,4	5 / 1,7	0 / 0,03	0 / 1,2	0 / 0,8

Tabela 29: Standardizirani količnik incidence (SKI) za levkemije pri otrocih in mladostnikih (starost 0–19 let) s 95 % intervalom zaupanja v oklepaju po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	1,0 (0,9-1,2)	4,0 (0,1-22,3)	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 220 kV	1,0 (0,9-1,2)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 400 kV	1,0 (0,9-1,2)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 220 in 400 kV	1,0 (0,9-1,2)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 110, 220 in 400 kV	1,0 (0,9-1,2)	2,4 (0,1-13,3)	ni primerov	ni primerov	ni primerov
Transformatorske postaje	0,99 (0,85-1,14)	3,00 (0,97-6,99)	ni primerov	ni primerov	ni primerov

4.2.6. Analiza varnostnega pasu

Prostorsko je to območje del prve kategorije z NF MP manjšim od 0,1 μ T (oddaljenost do 500 m od meje, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T) in je veliko večje od območij, ki se razvrščajo v drugo do peto kategorijo (NF MP je enako ali večje od 0,1 μ T). Kot primer (Tabela 30) izpostavimo oceno v okolici 110, 220 in 400 kV DV skupaj. V eno izmed kategorij dva do pet se razvršča 2.930 prebivalcev starih do vključno 19 let, kar predstavlja 0,5 % vseh otrok in mladostnikov. V dodatnem območju oddaljenosti do 500 m pa se jih razvršča 81.466 oziroma 12,7 %. Podobno velja za primere levkemij v isti starostni skupini: 1 bolnik z levkemijo (0,5 %) se razvršča v kategorije od 2 do 5 in 16 bolnikov (8,2 %) v območje do 500 m.

V okolici transformatorskih postaj živi še večje število prebivalcev, kar 97,2 % otrok in mladostnikov (stari 0–19 let) živi v dodatnem območju do 500 m oddaljenosti od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T in 94,4 % vseh zbolelih za levkemijo (Tabela 30). Glede na to,

da je to večina prebivalcev in primerov, je seveda pričakovano, da je relativno tveganje blizu povprečnega (torej blizu 1).

Kot primer (Tabela 31) izračunanega relativna tveganja ponovno pogledjmo oceno v okolici združenih 110, 220 in 400 kV DV skupaj. Glede na število prebivalcev in njihovo starostno strukturo, je pričakovano število zbolelih za levkemijo v območju do 500 m (vendar izključno v prvi kategoriji, kjer je NF MP manjše od 0,1 μ T) 26 in je večje v primerjavi z dejansko opaženim številom 16 novih primerov levkemij. Relativno tveganje je 0,62 in je mejno statistično značilno različno od 1 – otroci in mladostniki, ki živijo na razdalji do 500 m od DV, imajo za 60 % manjšo verjetnost, da bodo zboleli za levkemijo v primerjavi s slovenskim povprečjem. Vendar to ni glavni zaključek naše raziskave, saj je njeno bistvo, da smo kar se da natančno, točno in relevantno ocenili izpostavljenost otrok in mladostnikov. Pri tem nismo uporabili samo uporabili približka izpostavljenosti, ki bi ga določili na podlagi evklidske oddaljenosti od vodnikov.

Tabela 30: Število prebivalcev ter zbolelih za levkemijo (stari 0–19 let) v prvi kategoriji izpostavljenosti (NF MP < 0,1 μ T), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	Prebivalci (število)	Delež od vseh prebivalcev N=642.127 (%)	Levkemije (število)	Delež od vseh zbolelih N=195 (%)
DV 110 kV	65.963	10,3	12	6,2
DV 220 kV	11.676	1,8	2	1,0
DV 400 kV	12.317	1,9	3	1,5
DV 220 in 400 kV	20.824	3,2	4	2,1
DV 110, 220 in 400 kV	81.466	12,7	16	8,2
Transformatorske postaje	623.928	97,2	184	94,4

Tabela 31: Opazovano (I) in pričakovano (E) število primerov levkemije ter standardizirani količnik incidence (SKI) za otroke in mladostnike (stari 0–19 let), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	I	E	SKI (95 % interval zaupanja)
DV 110 kV	12	20,7	0,58 (0,30–1,01)
DV 220 kV	2	4,0	0,50 (0,06–1,82)
DV 400 kV	3	4,1	0,57 (0,16–1,46)
DV 220 in 400 kV	4	7,0	0,57 (0,16–1,46)
DV 110, 220 in 400 kV	16	26,0	0,62 (0,35–1,00)
Transformatorske postaje	184	186,1	0,99 (0,81–1,08)

4.3. Otroci in mladostniki zboleli za možganskimi tumorji

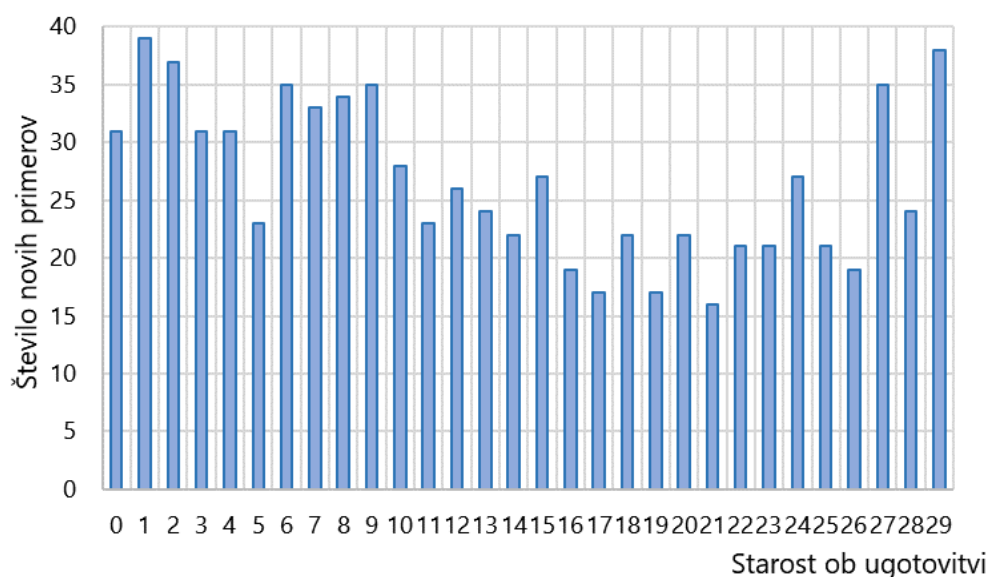
Kljub temu, da na podlagi pregleda literature vemo, da je izpostavljenost NF MP morda dejavnik tveganja za otroške levkemije pri dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μT , ne pa tudi za ostale vrste raka, smo dodatno analizirali tudi tumorje centralnega in avtonomnega živčnega sistema ali krajše možganske tumorje, za katere so nekatere raziskave našle delne in nepotrjene povezave.

4.3.1. Trend v zadnjih 50 letih

Register raka RS je v 50-ih letih, od leta 1967 do vključno 2016, zabeležil 798 primerov tumorjev centralnega in avtonomnega živčnega sistema (možganski tumorji), opredeljenih kot C70–C72 po mednarodni klasifikaciji MKB-10, pri otrocih in mladostnikih, ki so bili ob diagnozi bolni starih do vključno 29 let (Tabela 32 in Slika 20). Incidenca je največja pri predšolskih otrocih do vključno drugega leta starosti, incidenca ponovno narašča po 27. letu. Skupno je bilo 487 primerov (61,0 %) ugotovljenih pri fantih in 311 (39,0 %) pri dekletih. Možganski tumorji so torej pogostejši pri fantih s stopnjo 2,4 na 100.000 prebivalcev v primerjavi z dekleti, ki imajo grobo stopnjo 1,6/100.000 (Tabela 33), razlika je statistično značilna (p-vrednost je manjša od 0,001).

Tabela 32: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi možganskega tumorja in petletnem obdobju, Slovenija 1967–2016. V oklepaju so deleži primerov glede na celotno število primerov v posameznem obdobju.

Leto ugotovitve	0 do 4 leta	5 do 9 let	10 do 14 let	15 do 19 let	20 do 24 let	25 do 29 let	Skupaj, 0 do 29 let
1967–1971	24 (28,6 %)	19 (22,6 %)	17 (20,2 %)	7 (8,3 %)	9 (10,7 %)	8 (9,5 %)	84
1972–1976	23 (30,7 %)	18 (24 %)	8 (10,7 %)	9 (12,0 %)	11 (14,7 %)	6 (8,0 %)	75
1977–1981	12 (16,2 %)	18 (24,3 %)	13 (17,6 %)	7 (9,5 %)	10 (13,5 %)	14 (18,9 %)	74
1982–1986	20 (26,7 %)	21 (28,0 %)	10 (13,3 %)	8 (10,7 %)	7 (9,3 %)	9 (12,0 %)	75
1987–1991	9 (10,3 %)	14 (16,1 %)	16 (18,4 %)	17 (19,5 %)	13 (14,9 %)	18 (20,7 %)	87
1992–1996	13 (15,9 %)	15 (18,3 %)	21 (25,6 %)	8 (9,8 %)	8 (9,8 %)	17 (20,7 %)	82
1997–2001	11 (14,5 %)	10 (13,2 %)	11 (14,5 %)	13 (17,1 %)	14 (18,4 %)	17 (22,4 %)	76
2002–2006	21 (26,6 %)	10 (12,7 %)	7 (8,9 %)	12 (15,2 %)	12 (15,2 %)	17 (21,5 %)	79
2007–2011	17 (20,7 %)	16 (19,5 %)	9 (11,0 %)	10 (12,2 %)	13 (15,9 %)	17 (20,7 %)	82
2012–2016	19 (22,6 %)	19 (22,6 %)	11 (13,1 %)	11 (13,1 %)	10 (11,9 %)	14 (16,7 %)	84
1967–2016	169 (21,2 %)	160 (20,1 %)	123 (15,4 %)	102 (12,8 %)	107 (13,4 %)	137 (17,2 %)	798



Slika 25: Otroci in mladostniki po starosti ob ugotovitvi možganskega tumorja, Slovenija 1967–2016.

Izmed vseh otrok in mladostnikov, ki so bili v desetletnem obdobju 2007–2016 stari med 0 in 29 let, je eden od 39.700 zbolel za možganskim tumorjem.

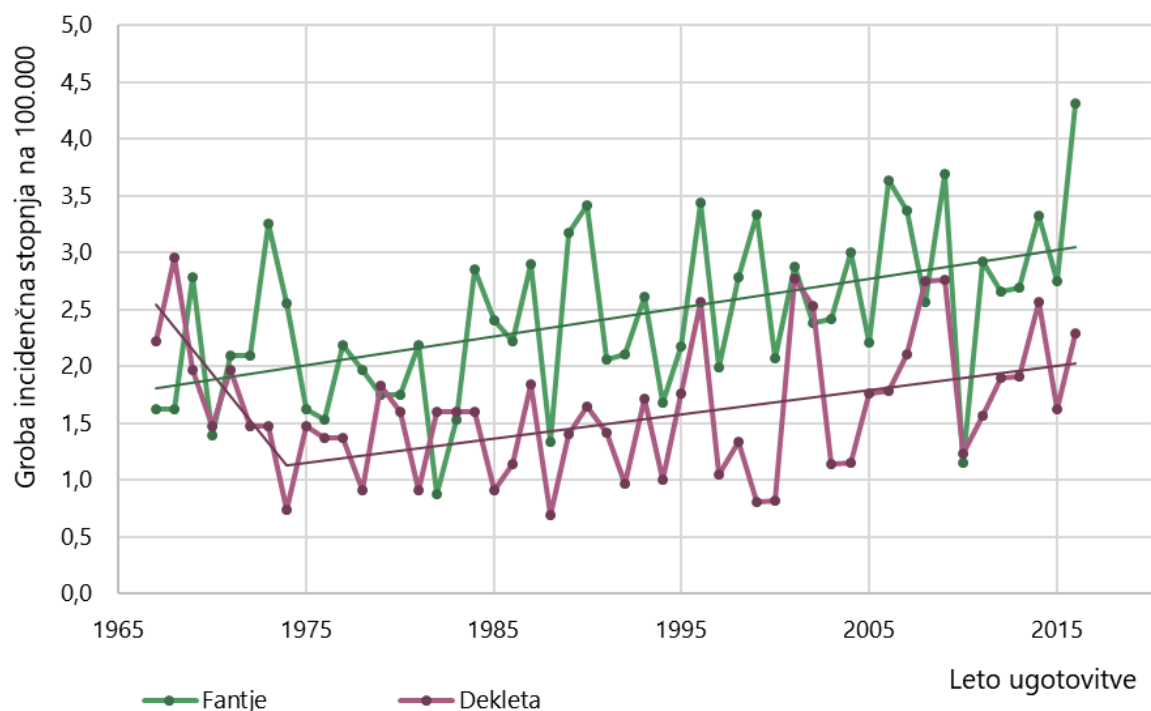
Ker so možganski tumorji pri otrocih redka bolezen, so številke po posameznih letih majhne in iz leta v leto precej variirajo. Število novih primerov (incidenca) je približno 16 letno in ne kaže časovnega trenda ne pri fantih in ne pri dekletih, medtem ko groba stopnja pri fantih kaže enakomerno rast s povprečno letno spremembo okoli 1,1 % (Tabela 33). Pri dekletih trenda ni (Tabela 33), vendar z dodatno modeliranje pokaže, da grobo incidenčno stopnjo (za incidenco to ne velja) bolje opišemo z dvema ločenima trendoma (Slika 26): v obdobju 1967–1974 groba incidenčna stopnja pada za 11,5 % povprečno letno (čeprav je upadanje hitro, je mejno statistično značilno zaradi razpršenosti podatkov in majhnega števila točk (samo 8-letno obdobje) s p-vrednostjo 0,051 in 95 % intervalom zaupanja -21,9–0,37); po letu 1974 sledi enakomerno povečevanje grobe incidenčne stopnje, ki je podobna kot pri fantih (povprečna letna sprememba 1,28 % je statistično značilna s p-vrednostjo 0,002 in 95 % intervalom zaupanja 0,43–2,14).

V prvem obdobju 1967–1976 je bila groba stopnja 1,9 primerov možganskih tumorjev na 100.000 otrok in mladostnikov (starost 0–29 let), in je je narasla na 2,5/100.000 v zadnjem obdobju 2007–2016. Vsi podatki o številu ugotovljenih primerov, grobi in starostno standardizirani incidenčni stopnji po spolu in posameznem letu ugotovitve so zbrani v prilogi pod poglavjem 0 (Tabela 55).

Tabela 33: Povprečna letna sprememba s 95 % intervalom zaupanja za število novih primerov (incidenca) in grobo incidenčno stopnjo (GS) otrok in mladostnikov (stari 0-29 let) zbolelih za možganskim tumorjem po spolu, Slovenija 1967–2016.

	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
Število primerov	487	2,4	311	1,6	798	2,0
povprečna letna sprememba (%)	-0,38	1,06*	-0,23	0,46	0,085	0,76*
95 % interval zaupanja (%)	-0,20 do 0,96	0,48 do 1,63	-0,91 do 0,46	-0,28 do 1,21	-0,38 do 0,55	0,27 do 1,26

* Statistično značilen trend pri stopnji zaupanja 0,05.



Slika 26: Groba incidenčna stopnja otrok in mladostnikov (stari 0-29 let) s prikazanim linearnim trendom zbolelih za možganskim tumorjem po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Glede na dodatno razvrstitev možganskih tumorjev, opredeljenih glede na mednarodno klasifikacijo MKB-10, je večinoma diagnosticirana maligna neoplazma možganov (C71), katerih delež se je iz 88 % v desetletnem obdobju 1967–1976 povečal na okoli 92 % po letu 1977 (Tabela 34).

Tabela 34: Število in delež novih primerov (incidenca) otrok in mladostnikov (stari 0–29 let) zbolelih za možganskim tumorjem po mednarodni klasifikaciji MKB-10 (C70–C72) in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

Vrsta možganskega tumorja (koda po MKB-10)	1967- 1976	1977- 1986	1987- 1996	1997- 2006	2007- 2016	Skupaj
Maligna neoplazma mening (ovojnic možganov in hrbtne mozga) (C70)	1 (0,6 %)	4 (2,7 %)	7 (4,1 %)	1 (0,6 %)	3 (1,8 %)	16 (2,0 %)
Maligna neoplazma možganov (C71)	140 (88,1 %)	137 (91,9 %)	156 (92,3 %)	151 (97,4 %)	152 (91,6 %)	736 (92,2 %)
Maligna neoplazma hrbtne mozga, možganskih živcev in drugih delov centralnega živčevja (C72)	18 (11,3 %)	8 (5,4 %)	6 (3,6 %)	3 (1,9 %)	11 (6,6 %)	46 (5,8 %)
Skupaj C70–C72	159	149	169	155	166	798

Na zemljevidih (Slika 27 in Slika 28) so podatki prikazani po upravnih enotah, v spodnji tabeli pa le povzemamo število novih primerov po statističnih regijah (Tabela 35). Številke nam ne povedo ničesar o geografskem razporejanju primerov možganskih tumorjev, saj niso preračunane glede na število prebivalcev v posamezni regiji, torej je po pričakovanju največ primerov v Osrednjeslovenski regiji z največ prebivalci.

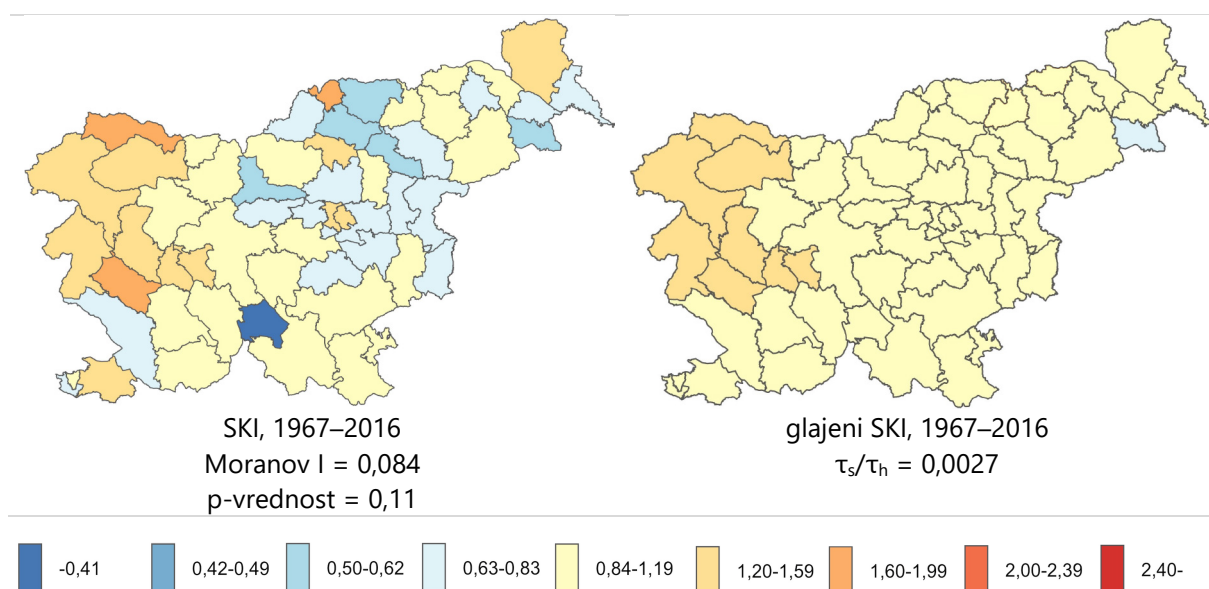
Tabela 35: Število novih primerov (incidenca) otrok in mladostnikov (stari 0–19 let) zbolelih za možganskim tumorjem po statistični regiji in desetletnem obdobju, Slovenija 1967–2016.

Statistična regija	1967-1976	1977-1986	1987-1996	1997-2006	2007-2016	Skupaj
Pomurska	13	8	13	10	8	52
Podravska	25	23	23	19	29	119
Koroška	9	3	4	3	4	23
Savinjska	16	17	18	21	22	94
Zasavska	3	3	8	2	4	20
Spodnjeposavska	3	5	5	7	5	25
JV Slovenija	7	7	13	16	8	51
Osrednjeslovenska	44	37	36	28	48	193
Gorenjska	17	19	15	21	20	92
Notranjsko-Kraška	2	4	7	3	5	21
Goriška	12	17	17	15	8	69
Obalno-Kraška	8	6	10	10	5	39
Skupaj	159	149	169	155	166	798

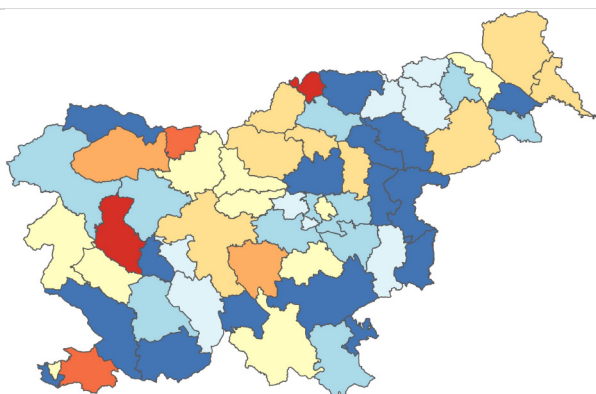
Na zemljevidih ogroženosti prikazujemo SKI za možganske tumorje po upravnih enotah pri otrocih in mladostnikih (starost 0–29 let) za celotno 50-letno obdobje (Slika 27), vsi podatki o številu ugotovljenih primerov in SKI po upravnih enotah pa so zbrani v prilogi pod poglavjem

0. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence z izračunano statistiko Moranov I in pripadajočo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli s pripadajočim razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne komponente in variabilnostjo heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

Prikaz zemljevidov ogroženosti po posameznih desetletnih obdobjih (Slika 28) je pripravljen tako, da lahko poleg prostorske razporeditve opazujemo tudi časovno komponento – referenčna populacija za vse zemljevide je namreč enaka za pripravo vseh petih zemljevidov in sicer pojavljanje možganskih tumorjev v celotnem petdesetletnem obdobju 1967–2016. Naraščajoči časovni trend (Slika 26) se tako odraža v "temnejšem" zemljevidu za zadnje obdobje 2007–2016 (Slika 28). Zglajene vrednosti SKI po upravnih enotah so v drugem obdobju 1977–1986 nižje kot v prvem 1967–1976, saj se je groba incidenčan stopnja pri dekletih najprej močno zmanjševala do leta 1974 ter šele nato začela zlagoma naraščati (Slika 26) (to pa se seveda odraža tudi pri pripravi SKI za oba spola skupaj). Razporejanje je statistično značilno le za obdobje 1987–1996 (Moranov I je 0,15 s pripadajočo p-vrednostjo 0,039); pri nezglajenih SKI se morebitni presežki nakazujejo v Zasavju in jugozahodni Sloveniji. Vendar razlike med upravnimi enotami po glajenju tudi v tem obdobju niso več razvidne za posamezna obdobja, majhna variabilnost τ_s glede na τ_h za celotno 50-letno obdobje skupaj pa nam pove, da je edino pri tem zemljevidu zadosti veliko število primerov bolezni za zaneslivejše sklepanje o prostorskem razporejanju SKI.



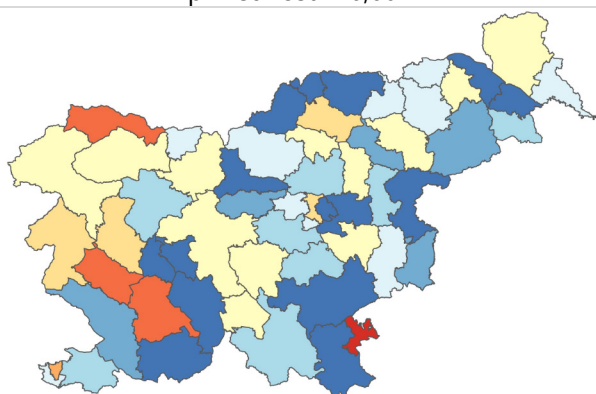
Slika 27: Otroci in mladostniki (starost 0-29 let) zboleli za možganskim tumorjem po upravnih enotah, Slovenija 1967–2016. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence s statistiko Moranov I in njegovo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli z razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).



SKI, 1967–1976
Moranov I = -0,042
p-vrednost = 0,60



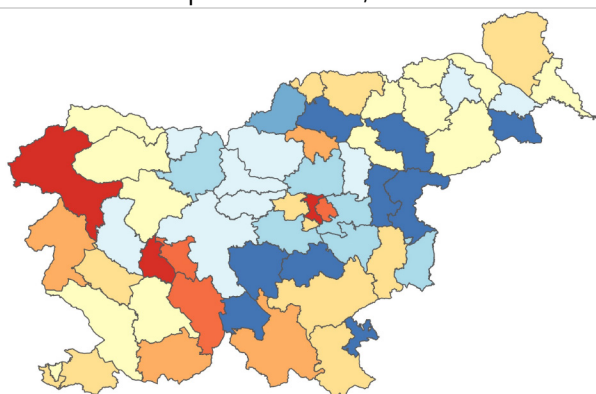
glajeni SKI, 1967–1976
 $\tau_s/\tau_h = 1,4$



SKI, 1977–1986
Moranov I = -0,076
p-vrednost = 0,77



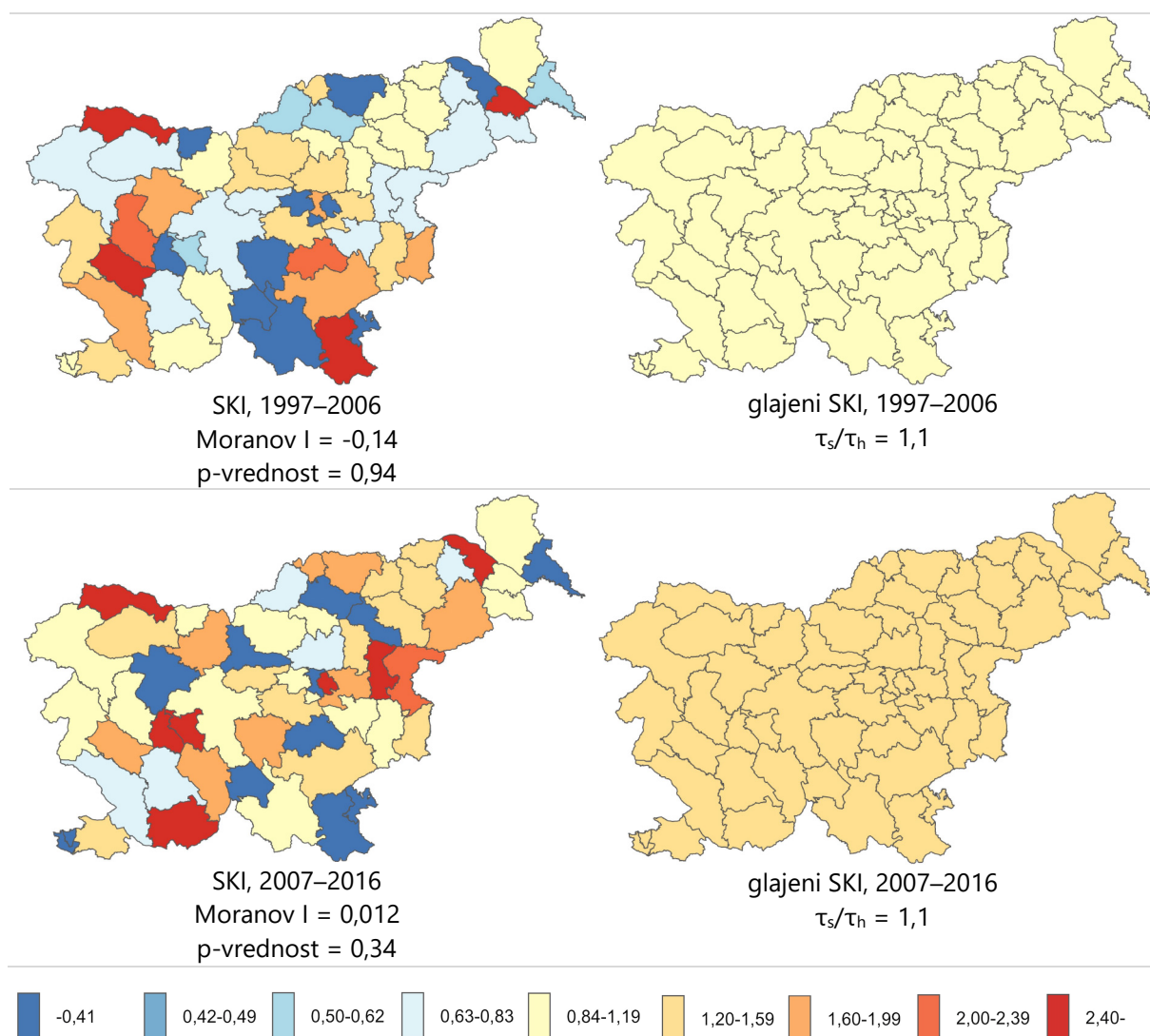
glajeni SKI, 1977–1986
 $\tau_s/\tau_h = 1,2$



SKI, 1987–1996
Moranov I = 0,15
p-vrednost = 0,039



glajeni SKI, 1987–1996
 $\tau_s/\tau_h = 0,54$



Slika 28: Otroci in mladostniki (starost 0-29 let) zboleli za možganskimi tumorji po upravnih enotah, Slovenija 1967–2016. Na levi strani so nezglajene vrednosti standardiziranega količnika incidence s statistiko Moranov I in njegovo p-vrednostjo. Na desni strani so vrednosti zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli z razmerjem med variabilnostjo prostorsko odvisne in heterogene komponente Bayesovega hierarhičnega modela (τ_s/τ_h).

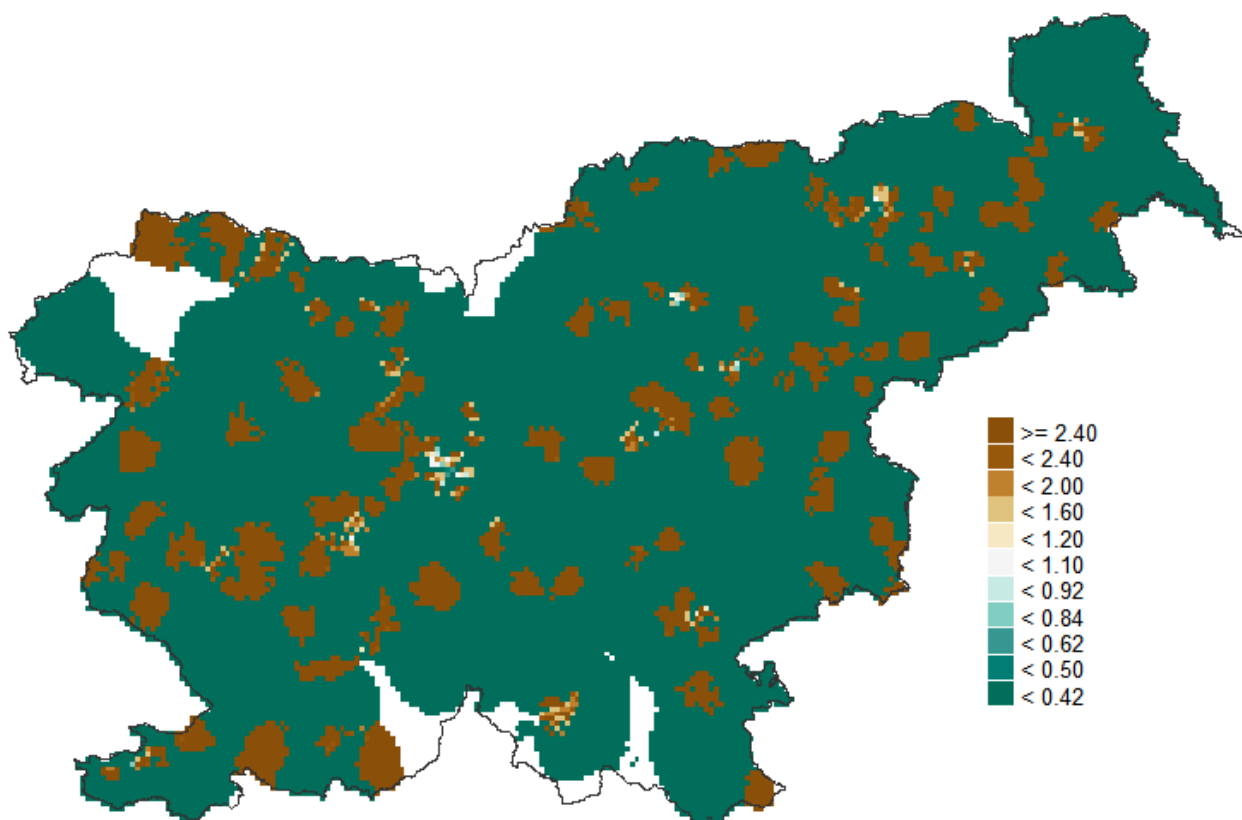
4.3.2. Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence – LOSKI

Metoda LOSKI temelji na georeferenciranih točkovnih podatkih, zato je tako pridobljen zemljevid veliko bolj podroben od običajnih prikazov bremena bolezni in razkriva lokalne vzorce, ki pripomorejo, da lahko prepoznamo območja, za katera so potrebne nadaljne raziskave.

Metodo LOSKI smo v tej raziskavi uporabili prvič na tako majhni gostoti populacije (le otroci in mladostniki) in pogostosti opazovanega pojava (rak pri otrocih in mladostnikih). Tekom raziskave se je izkazalo, da bi z običajno izbiro največjega dovoljenega premera za premikajoče se okno $D_{\max}$ in najmanjšim številom prebivalcev zemljevid preveč zgladili – vrednosti SKI v gosteje poseljenih predelih Slovenije pretirano vplivajo na vrednosti v redkeje poseljenih predelih, ki posledično prevzamejo izključno vrednosti v daljnem gosteje poseljenem območju. Torej tako pripravljen zemljevid ne razkriva lokalno ocenjenih SKI, čemur je v osnovi namenjen.

Kljub opisanemu smo z empiričnim preiskovanjem določili parametra $D_{\max} = 8.000$ m in 300 prebivalcev za mejo, da še izračunamo SKI v mrežni točki. Zaradi izjemno majhnih parametrov, tako dobljenih zemljevidov LOSKI seveda ne moremo več interpretirati kot zglajene vrednosti SKI. Lahko ga le uporabimo kot neke vrste prikaz, kje se primeri raka pojavljajo, pri čemer ni problemov s prikazovanjem občutljivih osebnih podatkov (to je namreč razlog, da ne prikazujemo primerov raka na zemljevidu s točkovnimi podatki). Seveda na prikaz vpliva gostota prebivalcev, kar je razvidno tudi iz zemljevida uporabljenih največjih premerov za premikajoče se okno $D_{\max}$ (Slika 13).

Na zemljevidu LOSKI možganskih tumorjev pri otrocih in mladostnikih starih do 29 let (Slika 29) je glajenje prisotno v manjši meri, saj zaradi majhnega števila prebivalcev že en primer raka premakne vrednost SKI v neki mrežni točki iz blizu nič (temno zelena barva na zemljevidu) na vrednost, ki označuje veliko tveganje (temno rjava barva na zemljevidu). Vendar zaradi metodologije priprave zemljevida LOSKI območij z majhno ali veliko vrednostjo SKI ne moremo interpretirati kot območja z nizkim/visokim tveganjem, temveč gre za klasični primer problema majhnih števil.



Slika 29: Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence (LOSKI) možganskega tumorja pri otrocih in mladostnikih (starost 0–29 let), Slovenija 2005–2016. Pogoji za minimalno število prebivalcev v premikajočem se oknu je 300, omejitev velikosti okna pa je 8.000 m.

4.3.3. Okolica daljnovidov

Po posameznih koledarskih letih je izpostavljenost otrok do dopolnjena 29. leta starosti prikazana v spodnji tabeli (Tabela 36). V povzetku izpostavljenih zdravih otrok (Tabela 37) vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat, zato se številke se ne seštevajo v primerjavi s podatki po posameznih letih (Tabela 36), saj večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto. Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) izpostavljenih 1.922 otrok in mladostnikov, 1.043 v 3. kategoriji ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), 455 v 4. kategoriji ($0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$) in 824 v 5. kategoriji ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$). Medtem ko je bilo neizpostavljenih (1. kategorija; $\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$) velika večina otrok in mladostnikov vključenih v analizo: 99,5 % v primerjavi z 0,5 % otrok, ki so bili izpostavljeni vrednosti NF MP $0,1 \mu\text{T}$ ali več zaradi vsaj enega ali kombinacije DV (110, 220 ali 400 kV). V območja izpostavljenosti NF MP več kot $0,4 \mu\text{T}$ se razvršča le 0,09 % slovenskih otrok in mladostnikov (če upoštevamo sočasni vpliv vseh 110, 220 in 400 kV DV).

Samo en primer možganskih tumorjev (0,5 % vseh primerov) se ni razporedil v 1. kategorijo ($\text{NF MP} < 0,1 \mu\text{T}$) temveč v 3. kategorijo ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$) (Tabela 38 in Tabela 39) – oseba je ob diagnozi živela v bližini 110 kV DV (zato se isti en primer pojavi v kombinaciji 110, 220 in 400 kV DV skupaj).

Tabela 36: Razvrstitev vseh otrok in mladostnikov do dopolnjenega 29. leta starosti po petih kategorijah izpostavljenosti in posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Kategorije izpostavljenosti so: 1. kategorija: $NF MP < 0,1 \mu T$; 2. kategorija: $0,1 \leq NF MP < 0,2 \mu T$; 3. kategorija: $0,2 \leq NF MP < 0,3 \mu T$; 4. kategorija: $0,3 \leq NF MP < 0,4 \mu T$; 5. kategorija: $0,4 \mu T \leq NF MP$.

Daljnovid: 110 kV						
Leto	< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq 0,4 \mu T$	skupaj
2005	701.194	867	470	199	281	703.011
2006	688.431	850	468	192	274	690.215
2007	681.526	872	455	197	259	683.309
2008	670.370	866	455	192	259	672.142
2009	664.112	852	473	202	267	665.906
2010	655.399	842	476	201	260	657.178
2011	646.178	835	461	190	267	647.931
2012	638.382	820	464	193	269	640.128
2013	641.495	835	455	198	280	643.263
2014	633.151	833	455	197	281	634.917
2015	607.325	788	425	191	267	608.996
2016	621.875	789	456	192	284	623.596
Daljnovid: 220 kV						
Leto	< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq 0,4 \mu T$	skupaj
2005	702.324	377	123	61	126	703.011
2006	689.545	365	121	59	125	690.215
2007	682.626	376	118	59	130	683.309
2008	671.467	372	117	59	127	672.142
2009	665.224	384	119	50	129	665.906
2010	656.509	374	113	52	130	657.178
2011	647.262	373	110	53	133	647.931
2012	639.466	376	100	56	130	640.128
2013	642.591	383	99	58	132	643.263
2014	634.251	380	97	58	131	634.917
2015	608.382	341	96	54	123	608.996
2016	622.962	348	96	60	130	623.596

Daljnovod: 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	702.349	300	134	59	169	703.011
2006	689.559	296	129	60	171	690.215
2007	682.644	302	132	63	168	683.309
2008	671.490	295	128	63	166	672.142
2009	665.263	302	121	69	151	665.906
2010	656.535	305	120	69	149	657.178
2011	647.293	296	125	69	148	647.931
2012	639.475	315	124	71	143	640.128
2013	642.604	324	126	75	134	643.263
2014	634.263	314	132	76	132	634.917
2015	608.390	281	130	72	123	608.996
2016	622.970	302	132	75	117	623.596
Daljnovod: 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	701.706	603	270	120	312	703.011
2006	688.933	585	266	117	314	690.215
2007	682.006	600	265	119	319	683.309
2008	670.857	587	265	118	315	672.142
2009	664.615	615	261	117	298	665.906
2010	655.897	612	255	117	297	657.178
2011	646.655	604	255	119	298	647.931
2012	638.843	629	243	125	288	640.128
2013	641.966	635	244	134	284	643.263
2014	633.629	623	250	135	280	634.917
2015	607.796	562	251	124	263	608.996
2016	622.356	597	249	130	264	623.596
Daljnovod: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	699.891	1431	763	321	605	703.011
2006	687.152	1398	753	312	600	690.215
2007	680.223	1423	757	317	589	683.309
2008	669.085	1405	754	313	585	672.142
2009	662.818	1420	770	325	573	665.906
2010	654.115	1406	770	324	563	657.178
2011	644.899	1391	755	315	571	647.931
2012	637.095	1396	752	322	563	640.128
2013	640.197	1416	746	334	570	643.263

2014	631.860	1401	755	334	567	634.917
2015	606.125	1302	710	321	538	608.996
2016	620.635	1338	739	328	556	623.596

Tabela 37: Povzetek razvrstitve vseh otrok in mladostnikov (starost 0–29 let), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat, po petih kategorijah izpostavljenosti in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovid (kV)	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
110	940.206	1167	630	280	401	942.684
220	941.772	493	160	80	179	942.684
400	941.784	417	184	88	211	942.684
220 in 400	940.917	818	373	165	411	942.684
110, 220 in 400	938.440	1922	1043	455	824	942.684

Tabela 38: Razvrstitev otrok in mladostnikov (starost 0–29 let) zbolelih z možganskim rakom po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP, posameznih letih in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016. Rezultati za vse kombinacije so enaki, zato so predstavljani v skupni tabeli.

Daljnovid: 220 kV						
Daljnovid: 400 kV						
Daljnovid: 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	14	0	0	0	0	14
2006	19	0	0	0	0	19
2007	19	0	0	0	0	19
2008	17	0	0	0	0	17
2009	21	0	0	0	0	21
2010	8	0	0	0	0	8
2011	15	0	0	0	0	15
2012	15	0	0	0	0	15
2013	15	0	0	0	0	15
2014	19	0	0	0	0	19
2015	14	0	0	0	0	14
2016	20	0	0	0	0	20

Daljnovod: 110 kV						
Daljnovod: 110, 220 in 400 kV						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	14	0	0	0	0	14
2006	19	0	0	0	0	19
2007	19	0	0	0	0	19
2008	17	0	0	0	0	17
2009	21	0	0	0	0	21
2010	8	0	0	0	0	8
2011	15	0	0	0	0	15
2012	15	0	0	0	0	15
2013	15	0	0	0	0	15
2014	19	0	0	0	0	19
2015	14	0	0	0	0	14
2016	19	0	1	0	0	20

Tabela 39: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov (starost 0–29 let) zbolelih z možganskim rakom po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in nazivni napetosti DV, Slovenija 2005–2016.

Daljnovod (kV)	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
110	195	0	1	0	0	196
220	196	0	0	0	0	196
400	196	0	0	0	0	196
220 in 400	196	0	0	0	0	196
110, 220 in 400	195	0	1	0	0	196

4.3.4. Okolica transformatorskih postaj

V okolici transformacijskih postaj živi veliko več otrok in mladostnikov v primerjavi s tistimi, ki živijo v okolici daljnovodov. Izpostavljenost zdravih otrok v okolici transformacijskih postaj v Sloveniji je najprej prikazana po posameznih koledarskih letih (Tabela 40) ter nato za celotno obdobje skupaj kot povzetek (Tabela 40), kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (številke se ne seštevajo v primerjavi s tabelo po posameznih koledarskih letih (Tabela 40), saj večina otrok živi na istem naslovu več kot eno leto). Enako kot pri analizi daljnovodov velja, da niso bili vsi otroci izpostavljeni celotno obdobje 12 let.

Skupaj je torej bilo vsaj eno leto vseh v 2. kategoriji ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) izpostavljenih 1,7 % otrok in mladostnikov do 29. leta starosti, 0,02 % v 3. kategoriji ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), 0,2 % v 4. kategoriji ($0,3 \leq \text{NF MP} < 0,4 \mu\text{T}$) in 0,9 % v 5. kategoriji ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$). Medtem ko je

bilo neizpostavljenih (1. kategorija; NF MP < 0,1 µT) velika večina otrok in mladostnikov vključenih v analizo: 96,1 % v primerjavi z 3,9 % otrok in mladostnikov, ki so bili izpostavljeni gostoti NF MP 0,1 µT ali več. Dnevni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 µT, je bilo izpostavljenih do 1,2 % oz. 0,9 % slovenskih otrok in mladostnikov do starosti 29 let (Tabela 41).

Izmed zbolelih za možganskimi tumorji se skupaj 3 primeri rakov (1,5 % vseh primerov) pri otrocih in mladostnikih starih do 29 let ni razporedilo v prvo kategorijo (< 0,1 µT) glede na NF MP v okolici transformatorskih postaj (Tabela 42), temveč so se vsi razvrstili v četrto kategorijo (NF MF med 0,3 in 0,4 µT). Vsi so bili ob diagnozi mlajši od 10 let, živeli so v dveh različnih statističnih regijah.

Tabela 40: Razvrstitev zdravih otrok in mladostnikov (starost 0–29 let) po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj in posameznih letih, Slovenija 2005–2016.

Transformatorske postaje						
Leto	< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
2005	688.929	6.367	122	4.597	3.350	703.365
2006	676.532	6.192	120	4.486	3.233	690.563
2007	670.050	6.148	120	4.332	3.000	683.650
2008	659.156	6.019	117	4.239	2.946	672.477
2009	653.345	5.867	110	4.070	2.838	666.230
2010	644.922	5.742	103	3.974	2.757	657.498
2011	635.910	5.648	101	3.890	2.693	648.242
2012	628.422	5.457	92	3.766	2.700	640.437
2013	631.430	5.502	99	3.756	2.789	643.576
2014	623.369	5.371	96	3.681	2.711	635.228
2015	597.938	5.100	97	3.537	2.632	609.304
2016	612.269	5.291	93	3.564	2.702	623.919

Tabela 41: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov (starost 0–29 let) po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

< 0,1 µT	0,1-0,2 µT	0,2-0,3 µT	0,3-0,4 µT	≥ 0,4 µT	skupaj
905.887	15.763	312	11.776	8.946	942.684

Tabela 42: Povzetek razvrstitve otrok in mladostnikov (starost 0–29 let) zbolelih z možganskim tumorjem po petih kategorijah izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Transformatorske postaje						
Leto	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T	skupaj
2005	14	0	0	0	0	14
2006	19	0	0	0	0	19
2007	19	0	0	0	0	19
2008	17	0	0	0	0	17
2009	21	0	0	0	0	21
2010	7	0	0	1	0	8
2011	15	0	0	0	0	15
2012	15	0	0	0	0	15
2013	15	0	0	0	0	15
2014	18	0	0	1	0	19
2015	13	0	0	1	0	14
2016	20	0	0	0	0	20

4.3.5. Relativno tveganje

Relativno tveganje bolezni v posamezni kategoriji izpostavljenosti glede na referenčno populacijo smo ovrednotili s kazalnikom SKI (Tabela 44) na podlagi opazovanega in pričakovanega števila možganskih tumorjev v posamezni skupini (Tabela 43). Na podlagi intervalov zaupanja ugotavljamo, da se v nobeni kategoriji tveganje otrok in mladostnikov za možganskim tumorjem ne razlikuje od slovenskega povprečja.

En primer možganskega tumorja (Tabela 38, Tabela 39 in Tabela 43), ki se je razvrstil v tretjo kategorijo izpostavljenosti ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$) pri 110 kV DV ter kombinaciji 110, 220 in 400 kV DV, »prestavi« prebivalce v teh dveh skupinah iz relativnega tveganja enako nič na relativno tveganje 7,6 oziroma 4,6. Vendar je interval zaupanja zelo širok zaradi majhnega števila prebivalstva v tej skupini. Imamo namreč opravka z ljudmi in ne moremo izmeriti 0,1 ali 0,2 primera, kolikor je izračunana pričakovana vrednost v teh dveh skupinah. Podobno ima širok interval zaupanja SKI druga kategorija izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj, v katero so se razvrstili trije primeri možganskih tumorjev (Tabela 44).

Tabela 43: Opazovano in pričakovano (I/E) število primerov možganskega tumorja pri otrocih in mladostnikih (starost 0–29 let) po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	195/189,78	0/0,25	1/0,13	0/0,06	0/0,08
DV 220 kV	196/190,1	0/0,11	0/0,03	0/0,02	0/0,04
DV 400 kV	196/190,11	0/0,09	0/0,04	0/0,02	0/0,04
DV 220 in 400 kV	196/189,92	0/0,18	0/0,08	0/0,04	0/0,08
DV 110, 220 in 400 kV	195/189,41	0/0,41	1/0,22	0/0,10	0/0,17
Transformatorske postaje	193/192,20	0/1,71	0/0,03	3/1,20	0/0,86

Tabela 44: Standardizirani količnik incidence (SKI) možganskega tumorja pri otrocih in mladostnikih (starost 0–29 let) s 95 % intervalom zaupanja v oklepaju po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP in viru NF MP (nazivni napetosti daljnovoda (DV) oz. v okolici transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
DV 110 kV	1,03 (0,89-1,18)	ni primerov	7,57 (0,19-42,2)	ni primerov	ni primerov
DV 220 kV	1,03 (0,89-1,19)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 400 kV	1,03 (0,89-1,19)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 220 in 400 kV	1,03 (0,89-1,19)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
DV 110, 220 in 400 kV	1,03 (0,89-1,18)	ni primerov	4,55 (0,12-25,4)	ni primerov	ni primerov
Transformatorske postaje	1,00 (0,87-1,16)	ni primerov	ni primerov	2,51 (0,52-7,33)	ni primerov

4.3.6. Analiza varnostnega pasu

Prostorsko je to območje del prve kategorije z NF MP manjšim od 0,1 μ T (oddaljenost do 500 m od meje, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T) in je veliko večje od območij, ki se razvrščajo v drugo do peto kategorijo (NF MP je enako ali večje od 0,1 μ T). Kot primer (Tabela 37) izpostavimo oceno v okolici 110, 220 in 400 kV DV skupaj. V eno izmed kategorij dva do pet se razvršča 4.244 prebivalcev starih do vključno 29 let, kar predstavlja 0,5 % vseh otrok in mladostnikov. V dodatnem območju oddaljenosti do 500 m pa se jih razvršča 118.646 oziroma 12,6 % (Tabela 45). Podobno velja za primere možganskih tumorjev v isti starostni skupini: 1 bolnik z možganskim tumorjem (0,5 %) se razvršča v kategorije od 2 do 5, medtem ko se 29 bolnikov (25,2 %) razvršča v območje do 500 m.

V okolici transformatorskih postaj živi še večje število prebivalcev, kar 97,2 % otrok in mladostnikov (stari 0–29 let) živi v dodatnem območju do 500 m oddaljenosti od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T in 96,9 % vseh zbolelih za možganskim tumorjem (Tabela 46). Glede na to, da je to večina prebivalcev in primerov je seveda pričakovano, da je relativno tveganje blizu povprečnega (torej blizu 1).

Kot primer (Tabela 46) izračunanega relativna tveganja ponovno pogledjmo oceno v okolici združenih 110, 220 in 400 kV DV skupaj. Glede na število prebivalcev in njihovo starostno strukturo, je pričakovano število zbolelih za možganskim tumorjem v območju do 500 m (vendar izključno v prvi kategoriji, kjer je NF MP manjše od 0,1 μ T) 25,2 v primerjavi z dejansko opaženim številom 29 novih primerov možganskih tumorjev. Relativno tveganje je 1,15 in ni statistično značilno različno od 1.

Tabela 45: Število prebivalcev ter zbolelih za možganskim tumorjem (stari 0–29 let) v prvi kategoriji izpostavljenosti (NF MP < 0,1 μ T), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	Prebivalci (število)	Delež od vseh prebivalcev N=942.684 (%)	Primeri raka (število)	Delež od vseh zbolelih N=196 (%)
DV 110 kV	96.202	10,2	22	11,2
DV 220 kV	16.479	1,7	6	3,1
DV 400 kV	17.670	1,9	2	1,0
DV 220 in 400 kV	29.757	3,2	8	4,1
DV 110, 220 in 400 kV	118.646	12,6	29	14,8
Transformatorske postaje	915.911	97,2	190	96,9

Tabela 46: Opazovano (I) in pričakovano (E) število primerov možganskih tumorjev ter standardizirani količnik incidence (SKI) za otroke in mladostnike (stari 0–29 let), ki živijo v oddaljenosti do 500 m od najbližje točke, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T, po nazivni napetosti daljnovoda (DV) in v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	I	E	SKI (95 % interval zaupanja)
DV 110 kV	22	20,1	1,10 (0,69–1,66)
DV 220 kV	6	3,7	1,61 (0,59–3,51)
DV 400 kV	2	3,9	0,51 (0,06–1,86)
DV 220 in 400 kV	8	6,7	1,20 (0,52–2,37)
DV 110, 220 in 400 kV	29	25,2	1,15 (0,77–1,66)
Transformatorske postaje	190	186,9	1,02 (0,88–1,17)

5. Zaključki

V raziskavi *Geografska analiza bremena raka v Sloveniji s poudarkom na bližini visokonapetostnih daljinovodov, kablovodov in transformatorskih postaj z oceno tveganja* smo vključili največji možni nabor podatkov. Cilj raziskave je bil analizirati podatke na ravni čim manjših prostorskih enot ter za čim daljše časovno obdobje, vendar ni možno izpolnjevati obeh zahtev hkrati, saj za bolj oddaljena desetletja ni mogoče pridobiti podatkov na majhnih geografskih enotah ne za prebivalce Slovenije in ne za zbolele z rakom (geografski informacijski sistemi – GIS – še niso bili ne razviti in ne računalniško podprti).

V znanstveni literaturi se kot morebiti rakotvorna kažejo nizkofrekvenčna magnetna polja le za otroške levkemije in sicer pri povprečni 12-letni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μ T. Skladno z razmislekom, predstavljenim v tretjem poglavju pričujočega poročila o raziskavi, smo se odločili za ločeno analizo trenda in relativnega tveganja za tri skupine rakov pri otrocih in mladostnikih:

- vsi raki skupaj, opredeljeni kot C00–C96 po mednarodni klasifikaciji MKB-10, za zbolele do vključno 14. leta starosti;
- levkemije, opredeljene kot C91–C95 po MKB-10, za zbolele do vključno 19. leta starosti;
- tumorji centralnega in avtonomnega živčnega sistema (možganski tumorji), opredeljeni kot C70–C72 po MKB-10, za zbolele do vključno 29. leta starosti.

Vsako skupino rakov smo analizirali ločeno in sicer smo raziskali splošno breme raka, dolgoročni trend, izvedli smo geografsko analizo in pripravili oceno relativnega tveganja glede na vire NF MP. V poglavju Zaključki pa rezultate združeno povzemamo in interpretiramo.

Trend v zadnjih 50 letih

Register raka RS je v 50-ih letih, od leta 1967 do vključno 2016, zabeležil 2.304 malignih bolezni (opredeljene kot C00–C96 po mednarodni klasifikaciji MKB-10) pri otrocih in mladostnikih, ki so bili ob diagnozi bolezni starih do vključno 14 let. Z besedo rak označujemo veliko različnih, med seboj nepovezanih malignih bolezni. Otroci in mladostniki do starosti 14 let najpogosteje zbolijo za levkemijami (29,7 % vseh rakov), po pogostoti jim sledijo možganski tumorji (19,6 %), ne-Hodgkinovi limfomi (8,4 %), maligni tumorji mehkih tkiv (7,2 %), Hodgkinovi limfomi (6,5 %) in ledvični raki (5,7 %). Najpogostejši vrsti raka smo dodatno ločeno analizirali, vendar za drugi starostni skupini, da smo zagotovili zadostno število primerov za analizo morebitne povezave z izpostavljenostjo NF MP: levkemij je bilo v zadnjih 50-ih letih 841 v starostni skupini 0–19 let ter 798 možganskih tumorjev v starostni skupini 0–29 let (Tabela 47).

Incidenca raka v opazovani starostni skupini je največja pri predšolskih otrocih z vrhom zbolevanja pri treh letih tako pri levkemijah in možganskih tumorjih kot pri vseh rakah skupaj. Rak se pogosteje pojavi pri fantih kot pri dekletih razen levkemije, kjer ni razlik med spoloma.

Izmed vseh otrok, ki so bili v desetletnem obdobju 2007–2016 stari med 0 in 14 let, je eden od 6.500 zbolel za rakom. V starostni skupini 0–19 let je v istem obdobju eden od 23.400 otrok in mladostnikov zbolel za levkemijo, ter eden od 39.700 v starostni skupini 0–29 let zbolel za možganskim tumorjem.

Za primerjavo različnih obdobj je potrebno primerjati grobe incidenčne stopnje, saj se tudi prebivalci, iz katerih ti primeri izhajajo, s časom spreminjajo. Načeloma je pri časovnih in krajevnih primerjavah potrebno upoštevati tudi različno starostno strukturo prebivalcev (računajo se starostno standardizirane incidenčne stopnje), vendar je pri mladi populaciji (v naši analizi imamo le otroke in mladostnike) to nepotrebno, saj ne vpliva na rezultate. Pri izračunih relativnega tveganja (SKI) pa je avtomatično v metodologiji že zajeta tudi starostna standardizacija.

Ker je rak pri otrocih in mladostnikih redka bolezen, so številke po posameznih letih majhne in iz leta v leto precej variirajo (število novih primerov (incidenca) je za oba spola skupaj približno 46 letno v starostni skupini 0–14 let). Zato je nemogoče samo na podlagi podatkov ugotoviti trend in smo ga računali s pomočjo povprečne letne spremembe. Počasen naraščajoči trend opazamo pri vseh treh analiziranih skupinah rakov in sicer se groba incidenčna stopnja zlagoma povečuje, povprečno letno manj kot 1 % (Tabela 47).

Tabela 47: Povprečna letna sprememba s 95 % intervalom zaupanja za število novih primerov (incidenca) in grobo incidenčno stopnjo (GS) otrok in mladostnikov zbolelih za rakom po treh skupinah analiziranih rakov, Slovenija 1967–2016.

	vsi raki skupaj, starost 0-14 let		levkemije, starost 0-19 let		možganski tumorji, starost 0-29 let	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
Povprečno letno število primerov	46,1	12,4	16,8	3,3	16,0	2,0
povprečna letna sprememba (%)	-0,14	0,90*	-0,05	0,94*	0,09	0,76*

* Statistično značilen trend pri stopnji zaupanja 0,05.

Geografska analiza

Časovne spremembe smo ocenjevali v petih zaporednih 10-letnih obdobjih. Osnovna uporabljena administrativna razdelitev je bila upravna enota. Za vsako izbrano lokacijo raka, obdobje in geografsko enoto smo izračunali starostno standardizirane količnike incidence (SKI), ki smo jih interpretirali kot približek relativnemu tveganju bolezni v tej enoti v primerjavi s populacijskim povprečjem. Zaradi problema statistične nezanesljivosti in posledično pristranske interpretacije rezultatov, smo vpliv naključja na izračunane vrednosti SKI zmanjšali z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli, ki so ena izmed metod prostorskega glajenja.

Skupki upravnih enot s podobnimi vrednostmi nezglajenih SKI se pojavljajo na različnih koncih Slovenije, torej so opaženi skupki bolj verjetno posledica naključij kot sistematske povečane ogroženosti, ki bi bila prostorsko odvisna. Morebitne skupke s povečanim ali zmanjšanim tveganjem smo na zemljevidih nezglajenih SKI iskali s pomočjo statistike Moranov I, na zemljevidih glajenih SKI pa z razmerjem natančnostima prostorske in nestrukturirane komponente (τ_s/τ_h). Morebitni značilni skupki se nakazujejo le pri možganskih tumorjih v obdobju 1987–1996; morebitni presežki se nakazujejo v Zasavju in jugozahodni Sloveniji, vendar po glajenju razlike med upravnimi enotami tudi v tem obdobju niso več razvidne. Da prostorsko razporejanje ne kaže nobenega značilnega zemljepisnega vzorca nas ne preseneča, saj dejavniki tveganja niso v celoti znani za vse vrste raka oziroma tisti, ki so znani, niso povezani s katerim od vplivov, ki se prostorsko razporejajo. Izbrane enote so sicer zelo heterogene, vendar zaradi majhnega števila primerov analiza ni mogoča za krajša časovna obdobja kot so desetletna ali manjše geografske enote (podatki na manjših prostorskih enotah od upravnih enotah za celotno obdobje tudi niso na razpolago).

Prikaz zemljevidov ogroženosti po posameznih desetletnih obdobjih je pripravljen tako, da lahko poleg prostorske razporeditve opazujemo tudi časovno komponento – tudi zemljevidi glajenih SKI potrjujejo naraščajoči trend incidence za vse tri analizirane skupine rakov.

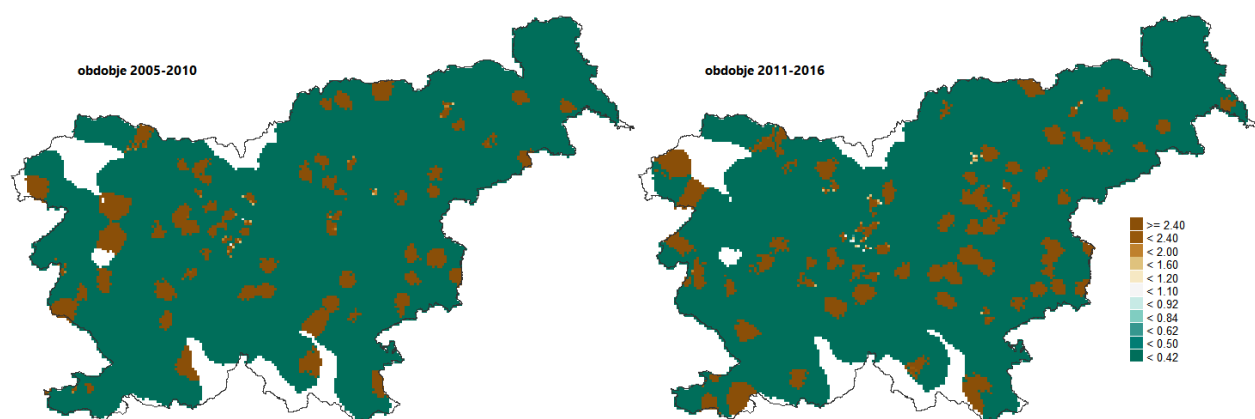
Za pripravo zemljevidov LOSKI smo uporabili samo podatke za zadnjih 12 let, torej obdobje 2005–2016, saj za zgodnejša leta ni na razpolago georeferenciranih podatkov za vse nivoje. Metoda LOSKI temelji na georeferenciranih točkovnih podatkih, zato je tako pridobljen zemljevid veliko bolj podroben od običajnih prikazov bremena bolezni in razkriva lokalne vzorce, ki pripomorejo, da lahko prepoznamo območja, za katera so potrebne nadaljne raziskave.

Metodo LOSKI smo v tej raziskavi uporabili prvič na tako majhni gostoti populacije (le otroci in mladostniki) in pogostosti opazovanega pojava (rak pri otrocih in mladostnikih). Tekom raziskave se je izkazalo, da bi z običajno izbiro največjega dovoljenega premera za premikajoče se okno $D_{\max}$ in najmanjšim številom prebivalcev zemljevid preveč zgladili – vrednosti SKI v gosteje poseljenih predelih Slovenije pretirano vplivajo na vrednosti v redkeje poseljenih predelih, ki posledično prevzamejo izključno vrednosti v daljnem gosteje poseljenem območju.

Kljub opisanemu smo z empiričnim preiskovanjem določili parametra $D_{\max} = 8.000$ m in 300 prebivalcev za mejo, da še izračunamo SKI v mrežni točki. Zaradi izjemno majhnih parametrov, tako dobljenih zemljevidov LOSKI seveda ne moremo več interpretirati kot zglajene vrednosti SKI. Lahko ga le uporabimo kot neke vrste prikaz, kje se primeri raka pojavljajo, pri čemer ni težav s prikazovanjem občutljivih osebnih podatkov (to je razlog da ne prikazujemo primerov raka na zemljevidu s točkovnimi podatki). Na podrobni prostorski mreži ocenjeni SKI je v ta namen še posebej ustrezen za analizo raka pri otrocih in mladostnikih, saj starostna standardizacija ne vpliva pomembno na izračun kazalnika. Seveda pa še vedno vpliva gostota prebivalcev, kar je razvidno tudi iz zemljevida uporabljenih največjih premerov za premikajoče se okno $D_{\max}$ (Slika 13).

Na zemljevidih LOSKI raka pri otrocih in mladostnikih (Slika 19, Slika 24 in Slika 29) je glajenje prisotno v manjši meri, saj zaradi majhnega števila prebivalcev že en primer raka premakne

vrednost SKI v neki mrežni točki iz blizu nič (temno zelena barva na zemljevidu) na vrednost, ki označuje veliko tveganje (temno rjava barva na zemljevidu). Vendar zaradi metodologije priprave zemljevida LOSKI območij z majhno ali veliko vrednostjo SKI ne moremo interpretirati kot območja z nizkim/visokim tveganjem, temveč gre za klasični primer problema majhnih števil. To smo potrdili z dodatno analizo po ločenih šestletnih obdobjih 2005–2010 in 2011–2016 za vse tri skupine rakov, (Slika 30 prikazuje levkemije, ostali dve skupini rakov nista prikazani) kjer je jasno razvidno, da pojavljanje raka ni prostorsko odvisno, saj so območja z večjimi vrednostmi SKI pojavljajo v obeh obdobjih na različnih območjih Slovenije. Na sliki spodaj (Slika 30) prikazujemo zemljevida za levkemijo pri otrocih in mladostnikih starih do 19 za dve ločeni obdobji – v primerjavi s zemljevidom za celotno 12-letno obdobje opazimo (Slika 24), da je glajenje še manj prisotno oz. vsak primer raka vpliva na veliko vrednost SKI v svoji neposredni prostorski okolici zaradi same metodologije priprave zemljevida LOSKI in v resnici ne odraža povečanega tveganja bolezni.



Slika 30: Lokalno ocenjeni standardizirani količnik incidence (LOSKI) levkemije pri otrocih in mladostnikih (starost 0–19 let) v Sloveniji, za obdobji 2005–2010 (levo) in 2011–2016 (desno). Pogoji za minimalno število prebivalcev v premikajočem se oknu je 300, omejitev velikosti okna pa je 8.000 m.

Relativno tveganje glede na izpostavljenost nizkofrekvenčnemu magnetnemu polju

V drugem delu smo analizirali podatke za zadnjih 12 let, torej obdobje 2005–2016, saj za zgodnejša leta ni na razpolago georeferenciranih podatkov. Nato smo za vsako od analiziranih skupin rakov obe kohorti otrok in mladostnikov (prebivalce in zbolele za rakom) razvrstili glede na podatke o njihovem prebivališču v kategorije izpostavljenosti. Analizo smo naredili za vsak nivo DV posebej glede na nazivno napetost ter dodatno v okolici transformatorskih postaj. Relativno tveganje raka otrok in mladostnikov v posamezni kategoriji izpostavljenosti NF MP v okolici virov NF MP v Sloveniji glede na referenčno populacijo smo ocenili s SKI.

V slovenskem prostoru smo prvič povezali tri vire točkovnih podatkov (torej na najmanjšem možnem prostorskem nivoju): zboleli za rakom, prebivalci in viri NF MP (daljinovodi različnih napetosti in transformatorske postaje).

Čeprav je glavni cilj te raziskave ocena relativnega tveganja za raka, je pomemben stranski rezultat tudi podatek o deležu otrok, ki živijo v različnih kategorijah izpostavljenosti NF MP. V spodnji tabeli (Tabela 48) povzemamo razvrstitev vseh otrok in mladostnikov glede na starostno skupino analiziranih skupin rakov, kjer vsakega posameznika upoštevamo samo enkrat (oseba je vsaj eno leto živela v območju posamezne kategorije). Medtem ko 99,5 % otrok in mladostnikov (v vseh analiziranih starostnih skupinah) živi na območju z NF MP manjšim od 0,1 μ T glede na DV, jih na območju najnižje kategorije izpostavljenosti NF MP v okolici transformatorskih postaj živi nekaj manj – 96,1 % vseh starih do 29 let.

Transformatorske postaje so gosteje umeščene v urbana okolja, zato ta rezultat ne preseneča. Posebej je to razvidno iz dodatne analize, kjer smo opazili dodatno razširjeno območje, ki je del prve kategorije z NF MP manjšim od 0,1 μ T (oddaljenost do 500 m od meje, kjer je NF MP večje od 0,1 μ T) in je veliko večje od območij, ki se razvrščajo v drugo do peto kategorijo (NF MP je enako ali večje od 0,1 μ T). V dodatnem območju živi kar 97,2 % vseh otrok in mladostnikov v starosti do 29 let. Temu sorazmerno je veliko tudi število zbolelih, ki živijo v razširjenemu območju, vendar relativno tveganje za raka ni povišano v primerjavi s tistimi, ki živijo dlje stran.

Tabela 48: Delež otrok in mladostnikov glede na pet kategorij izpostavljenosti NF MP na koordinatah njihovega stalnega prebivališča po starostni skupini in viru NF MP (nazivna napetost daljinovodov (DV) 110 kV, 220 kV in 400 kV skupaj ter okolica transformatorskih postaj), Slovenija 2005–2016.

Vir NF MP	< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
Starost 0–14 let					
DV 110, 220 in 400 kV skupaj	99,5 %	0,2 %	0,1 %	0,05 %	0,1 %
Transformatorske postaje	97,5 %	1,1 %	0,02 %	0,8 %	0,6 %
Starost 0–19 let					
DV 110, 220 in 400 kV skupaj	99,5 %	0,2 %	0,1 %	0,05 %	0,1 %
Transformatorske postaje	97,5 %	1,1 %	0,02 %	0,8 %	0,6 %
Starost 0–29 let					
DV 110, 220 in 400 kV skupaj	99,5 %	0,2 %	0,1 %	0,05 %	0,1 %
Transformatorske postaje	96,1 %	1,7 %	0,03 %	1,2 %	0,9 %

V spodnjih dveh tabelah (Tabela 49 in

Tabela 50) so skupaj zbrani rezultati (opazovano in pričakovano število primerov ter SKI s 95 % intervalom zaupanja) za vse tri analizirane skupine rakov. V okolici visokonapetostnih daljnovodov se je le en primer levkemije razvrstil v drugo kategorijo izpostavljenosti ($0,1 \leq \text{NF MP} < 0,2 \mu\text{T}$) ter en primer možganskih tumorjev v tretjo kategorijo izpostavljenosti ($0,2 \leq \text{NF MP} < 0,3 \mu\text{T}$), oba primera v okolici 110 kV DV ter posledično tudi v kombinaciji 110, 220 in 400 kV DV. Zavedati se moramo, da en primer pomeni, da »prestavi« prebivalce v teh dveh skupinah iz relativnega tveganja enako nič na relativno tveganje več kot ena. Kljub temu, da je relativno tveganje videti veliko, pa je interval zaupanja zelo širok zaradi majhnega števila prebivalstva v tej skupini (ter zelo majhnega števila primerov) limamo namreč opravka z ljudmi in ne moremo izmeriti npr. 0,4 ali 0,2 primera, kolikor je izračunana pričakovana vrednost v teh dveh skupinah.

Podobno imajo širok interval zaupanja vsi SKI za kategorije izpostavljenosti v okolici transformatorskih postaj. Ker so transformatorske postaje gosteje umeščene v urbano okolje, je izpostavljenih več otrok, torej je pričakovano tudi večje število primerov: iz rezultatov zaključimo, da ni v nobeni skupini povečanega relativnega tveganja za raka. En primer raka pri otrocih (starost 0–14 let) se je razvrstil celo v najvišjo peto kategorijo izpostavljenosti ($0,4 \mu\text{T} \leq \text{NF MP}$), vendar je v tej skupini pričakovano število primerov nekaj več kot dva in bi na podlagi pripadajočega SKI 0,5 lahko sklepali, da je tako visoka izpostavljenost NF MP celo zaščitni dejavnik (seveda ta SKI ni statistično značilen). Podoben poudarek lahko naredimo za peto kategorijo izpostavljenosti pri zbolelih za levkemijo in možganskim tumorjem, kjer je pričakovano število primerov 1,8 in 0,9, v analiziranih podatkih za 12 let pa ni bilo nobenega primera teh rakov.

Tabela 49: Opazovano (I) in pričakovano (E) število primerov ter standardizirani količnik incidence (SKI) s 95 % intervalom zaupanja (IZ) v oklepaju za izbrane skupine rakov po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP v okolici daljnovodov, Slovenija 2005–2016.

Daljnovodi, skupaj 110, 220 in 400 kV		< 0,1 μT	0,1-0,2 μT	0,2-0,3 μT	0,3-0,4 μT	$\geq 0,4 \mu\text{T}$
vsi raki skupaj, starost 0-14 let	I / E	516 / 513,6	0 / 1,1	0 / 0,6	0 / 0,3	0 / 0,5
	SKI (95% IZ)	1,0 (0,9-1,1)	ni primerov	ni primerov	ni primerov	ni primerov
levkemije, starost 0-19 let	I / E	194 / 194,1	1 / 0,4	0 / 0,2	0 / 0,1	0 / 0,2
	SKI (95% IZ)	1,0 (0,9-1,2)	2,4 (0,1-13,3)	ni primerov	ni primerov	ni primerov
možganski tumorji, starost 0-29 let	I / E	195 / 178,4	0 / 0,4	1 / 0,2	0 / 0,1	0 / 0,2
	SKI (95% IZ)	1,0 (0,9-1,2)	ni primerov	4,6 (0,1-25,4)	ni primerov	ni primerov

Tabela 50: Opazovano (I) in pričakovano (E) število primerov ter standardizirani količnik incidence (SKI) s 95 % intervalom zaupanja (IZ) v oklepaju za izbrane skupine rakov po petih kategorijah izpostavljenosti NF MP v okolici transformatorskih postaj, Slovenija 2005–2016.

Transformatorske postaje		< 0,1 μ T	0,1-0,2 μ T	0,2-0,3 μ T	0,3-0,4 μ T	$\geq$ 0,4 μ T
vsi raki skupaj, starost 0-14 let	I / E	503 / 506,2	6 / 4,4	0 / 0,1	6 / 3,1	1 / 2,2
	SKI (95% IZ)	0,99 (0,9–1,1)	1,4 (0,5–3,0)	ni primerov	2,0 (0,7–4,3)	0,5 (0,01–2,5)
levkemije, starost 0-19 let	I / E	190 / 191,4	5 / 1,7	0 / 0,03	0 / 1,2	0 / 1,8
	SKI (95% IZ)	1,0 (0,9–1,1)	3,0 (0,97–7,0)	ni primerov	ni primerov	ni primerov
možganski tumorji, starost 0-29 let	I / E	193 / 192,2	0 / 1,7	0 / 0,03	3 / 1,2	0 / 0,9
	SKI (95% IZ)	1,0 (0,8–1,2)	ni primerov	ni primerov	2,5 (0,5–7,3)	ni primerov

Razlog za dodatno analizo za območje oddaljenosti do 500 m je tudi preverjanje, ali smo morda z izračunom kategorij izpostavljenosti NF MP morda uvedli kakšno pristranost – koordinata naslova stalnega prebivališča posameznika namreč ne predstavlja nujno koordinat njegovega stanovanja temveč centroid objekta, v katerem živi. Območje v oddaljenosti do 500 m smo izbrali, ker se otroci in mladostniki pogosto gibljejo tudi v okolici svojega doma (na primer med igro v okolici doma in pri druženju s sovrstniki). Poleg tega ta dodatna analiza služi za primerjavo rezultatov z nekaterimi raziskavami, kjer raziskovalci niso imeli drugih možnosti ocenjevanja vrednosti NF MP v okolici DV in transformatorskih postaj in so zato lahko le izbrali oddaljenost od vira NF MP kot približek za oceno NF MP. Zaključek te dodatne analize je, da v območju do 500 m živi veliko več otrok in mladostnikov, tako v okolici DV kot v okolici transformatorskih postaj, vendar je tudi v teh primerih relativno tveganje raka primerljivo z območji, kjer je oddaljenost večja od 500 m (torej ni statistično značilno različno od 1).

Znane omejitve analize

Razumevanje možnih pristranosti izbranih pristopov zagotavlja bolj kakovostno analizo in ustrezno interpretacijo. Ključno je, da naša raziskava temelji na populacijskih podatkih, ki jih zbirata RRRS in CRP. Vključeni so vsi otroci in mladostniki s stalnim prebivališčem v Sloveniji. Na ta način smo se izognili dvema pristranostima: izbora in udeležbe, ki sta možni pri vzorčenju kontrol in/ali primerov bolezni.

Pristranosti razvrščanja (Kheifets et al. 2017) smo se izognili tako, da smo vse prebivalce in zbolele po enaki metodi razvrstili v kategorije izpostavljenosti NF MP. Poleg tega je modelirana ocena izpostavljenosti NF MP v okolici 110, 220 in 400 kV DV ter v okolici transformatorskih postaj na drobni prostorski mreži bolj zanesljiva od približka oceni izpostavljenosti, ki jo naredimo na podlagi evklidske razdalje do poteka trase DV, ter veliko bolj zanesljiva od ocene na podlagi

vprašalnikov, ki se uporabljajo v nekaterih raziskavah. V dodatni analizi pasu 500 m znotraj prve kategorije izpostavljenosti (se pravi je del referenčne kategorije), smo preverili, da z izračunom kategorij izpostavljenosti NF MP nismo uvedli morebitne pristranosti. Geodetska uprava RS skrbi za geokodiranje objektov, zato ocenjujemo, da le-to ni vir napak.

V analizi uporabljeni rutinsko zbrani populacijski podatki ne omogočajo neposrednega ocenjevanja dnevne mobilnosti otrok. V raziskavi tudi nismo imeli na razpolago podatkov o morebitnih menjavah stalnega bivališča zbolelih otrok pred diagnozo raka. Verjamemo, da možne pristranosti izbranega pristopa nimajo velikega vpliva na rezultate. V nasprotju z delovnim prebivalstvom je prebivališče kot približek ocene dejavnikov tveganja primerno za otroške vrste raka, saj se otroci večino časa zadržujejo doma in v bližnji okolici. Večji vpliv bi lahko imela mobilnost mladostnikov, vendar tega v okviru tega projekta in s podatki, ki jih imamo na razpolago, ne moremo preveriti. Vendar smo tudi ta vidik preverili z že omenjeno dodatno analizo območja v oddaljenosti do 500 m (evklidska razdalja; v celoti gre za območje, ki je del prve kategorije izpostavljenosti z NF MP < 0,1 μ T). Tudi v tem dodatnem območju je relativno tveganje enako povprečnemu slovenskemu. Vendar to ni glavni zaključek naše raziskave, saj je njeno bistvo, da smo kar se da natančno, točno in relevantno ocenili izpostavljenost otrok in mladostnikov ter nismo samo uporabili približka izpostavljenosti, ki bi ga določili na podlagi evklidske oddaljenosti od DV.

6. Sklep

V znanstveni literaturi se kot morebiti rakotvorno kažejo nizkofrekvenčna magnetna polja, ki naj bi morda povečala tveganje otroških levkemij in sicer pri povprečni 12-letni izpostavljenosti večji od 0,3 oz. 0,4 μT . Na podlagi naše raziskave, v kateri smo ocenili relativno tveganje otrok in mladostnikov zbolelih za katerikoli rakom do 14. leta, zbolelimi za levkemijo do 19. leta ter zbolelimi za možganskimi tumorji do 29. leta, lahko zaključimo, da v 12-letnem obdobju 2005–2016 **v Sloveniji ne moremo pripisati nobenega primera analiziranih skupin rakov izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v okolici daljnovodov oziroma transformatorskih postaj.**

7. Literatura

1. Alexander FE, Boyle P. 1996. Methods for investigating localized clustering of disease. International Agency for Research on Cancer, Lyon.
2. Allemani C, Matsuda T, Di Carlo V, Harewood R, Matz M, Nikšić M, Bonaventure A, Valkov M, Johnson CJ, Estève J, Ogunbiyi OJ, Silva GAE, Chen WQ, Eser S, Engholm G, Stiller CA, Monnereau A, Woods RR, Visser O, Lim GH, Aitken j, Weir HK, Coleman MP, CONCORD Working Group. 2018. Global surveillance of trends in cancer survival 2000-14 (CONCORD-3): analysis of individual records for 37 513 025 patients diagnosed with one of 18 cancers from 322 population-based registries in 71 countries. *Lancet* 391:1023–75.
3. Amoon AT, Crespi CM, Ahlbom A, Bhatnagar M, Bray I, Bunch KJ, Clavel J, Feychting M, Hémon D, Johansen C, Kreis C, Malagoli C, Marquant F, Pedersen C, Raaschou-Nielsen O, Rösli M, Spycher BD, Sudan M, Swanson J, Tittarelli A, Tuck DM, Tynes T, Vergara X, Vinceti M, Wünsch-Filho V, Kheifets L. 2018. Proximity to overhead power lines and childhood leukaemia: an international pooled analysis. *Br. J. Cancer* 119:364–373.
4. Austin Bradford H. 1965. The Environment and Disease: Association or Causation? *Proc R Soc Med* 58(5):295–300.
5. Bell BS, Hoskins RE, Pickle LW, Wartenberg D. 2006. Current practices in spatial analysis of cancer data: mapping health statistics to inform policymakers and the public. *Int J Health Geogr* 5:49.
6. Bernardinelli L, Clayton D, Pascutto C, Montomoli C, Ghislandi M, Songini M. 1995. Bayesian analysis of space-time variation in disease risk. *Stat in Med* 14:2433–2443.
7. Besag J. 1974. Spatial interaction and the statistical analysis of the lattice systems. *J. R Stat Soc Ser B* 36:192–236.
8. Bonner MR, Bennett WP, Xiong W, Lan Q, Brownson RC, Harris CC, Field RW, Lubin JH, Alavanja MCR. 2006. Radon, secondhand smoke, glutathione-S-transferase M1 and lung cancer among women. *Int J Cancer* 119(6):1462–1467.
9. Böck S, Immitzer M, Atzberger C. 2017. On the Objectivity of the Objective Function—Problems with Unsupervised Segmentation Evaluation Based on Global Score and a Possible Remedy. *Remote Sens* 9(8):769.
10. Breslow NE, Day NE. 1987. Statistical methods in cancer research. Vol II – the design and analysis of the cohort studies. Lyon: IARC.
11. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. 2018. Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin* 68:394–424.
12. Bunch KJ, Keegan TJ, Swanson J, Vincent TJ, Murphy MF. 2014. Residential distance at birth from overhead high-voltage powerlines: childhood cancer risk in Britain 1962-2008. *Br. J. Cancer* 110:1402–1408.

13. Bunch KJ, Swanson J, Vincent TJ, Murphy MF. 2015. Magnetic fields and childhood cancer: an epidemiological investigation of the effects of high-voltage underground cables. *J. Radiol. Prot.* 35:695–705.
14. Bunch KJ, Swanson J, Vincent TJ, Murphy MF. 2016. Epidemiological study of power lines and childhood cancer in the UK: further analyses. *J. Radiol. Prot.* 36:437–455.
15. Choi JR, Koh S-B, Park SY, Kim HR, Lee H, Kang DR. 2017. Novel Genetic Associations Between Lung Cancer and Indoor Radon Exposure. *J Cancer Prev* 22(4):234–240.
16. Connelly R, Playford CJ, Gayle V, Dibben C. 2016. The role of administrative data in the big data revolution in social science research. *Social Science Research* 59:1–12.
17. Corrales L, Rosell R, Cardona AF, Martín C, Zatarain-Barrón ZL, Arrieta O. 2020. Lung cancer in never smokers: The role of different risk factors other than tobacco smoking. *Crit Rev Oncol Hematol* 148:102895.
18. Crespi CM, Vergara XP, Hooper C, Oksuzyan S, Wu S, Cockburn M, Kheifets L. 2016. Childhood leukaemia and distance from power lines in California: a population-based case-control study. *Br. J. Cancer* 115:122–128.
19. Crespi CM, Swanson J, Vergara XP, Kheifets L. 2019. Childhood leukemia risk in the California Power Line Study: Magnetic fields versus distance from power lines. *Environ. Res.* 171:530–535.
20. Dahlgren G, Whitehead M. 2006. European strategies for tackling social inequities in health: Levelling up Part 2. WHO Collaborating Centre for Policy Research on Social Determinants of Health. University of Liverpool, Copenhagen, Denmark.
21. Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, idr. 2006. Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health* 32(S1):1–83.
22. Dent BD. 1996. Cartography: Thematic Map Design. 4th Ed. William C Brown Pub.
23. Dobrzynski L, Fornalski KW, Reszczyńska J. 2018. Meta-analysis of thirty-two case-control and two ecological radon studies of lung cancer. *J Radiat Res (Tokyo)* 59(2):149–163.
24. Doll R, Peto R. 1996. Epidemiology of cancer. In: Weatherall DJ, Ledingham JGG, Warrell DA, eds. *Oxford textbook of medicine*. 3rd ed. Oxford University Press, New York; p. 197–222.
25. Dos Santos Silva I. 1999. Cancer epidemiology: principal and methods. International Agency for Research on Cancer, Lyon.
26. Duratović Konjević A, Škrbec V, Tomšič S, Lokar K, Bric N, Zadnik V. 2020. 70 let Registra raka: Znanje, kakovost, uporabnost. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije.
27. Eržen I, Gajšek P, Hlastan Ribič C, Kuček A, Poljšak B, Zaletel Kragelj L. 2010. Zdravje in okolje: izbrana poglavja. 1. izd. Maribor: Medicinska fakulteta; str. 23–29.
28. European Commission, Joint Research Centre (JRC). 2017 [internetni vir]. REM project Joint Research Centre (JRC), European Commission, Directorate General, Brussels. Citirano 26. april

2017. Dostopno na: <https://remon.jrc.ec.europa.eu/About/Atlas-of-Natural-Radiation/Indoor-radon-AM/Indoor-radonconcentration>.
29. Ferligoj A, Pompe-Kirn V. 1988. Reševanje problema majhnih populacijskih območij pri analizi incidence redkih bolezni z metodami razvrščanja v skupine z omejitvami. *Stat rev* 38(1/2):21–31.
 30. Field RW. 2011. Radon: An Overview of Health Effects. *Ref Module Earth Syst Environ Sci* 4:745–753.
 31. Geronimus AT, Bound J. 1998. Use of census-based aggregate variables to proxy for socioeconomic group: evidence from national samples. *American Journal of Epidemiology* 148(5):475–486.
 32. Greenland S. 2001. Ecologic versus individual-level sources of bias in ecologic estimates of contextual health effects. *Int J Epidemiol* 30(6):1343–1350.
 33. Hole DJ, Lamont DW. 1992. Problems in the interpretation of small area analysis of epidemiological data: the case of cancer incidence in the West of Scotland. *J Epidemiol Community Health* 46:305–310.
 34. IARC. 2012. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. A review of human carcinogens. Part D: Radiation. Vol. 100D. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: International Agency for Research on Cancer, Lyon.
 35. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2002. Nonionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 80:1–395.
 36. Jacquez G. 2004. Current practices in the spatial analysis of cancer: flies in the ointment. *Int J Health Geogr* 3:22.
 37. Jensen OM, Parkin M, MacLennan R, Muir CS, Skeet RG, uredniki. 1991. Cancer registration: principles and methods (IARC Scientific Publication No. 95). Lyon: International Agency for Research on Cancer, Lyon.
 38. Kang J-K, Seo S, Jin YW. 2019. Health Effects of Radon Exposure. *Yonsei Med J.* 60(7):597–603.
 39. Kendall GM, Miles JCH, Rees D, Wakeford R, Bunch KJ, Vincent TJ, Little MP. 2016. Variation with socioeconomic status of indoor radon levels in Great Britain: The less affluent have less radon. *J Environ Radioact* 164:84–90.
 40. Kheifets L, Crespi CM, Hooper C, Cockburn M, Amoon AT, Vergara XP. 2017a. Residential magnetic fields exposure and childhood leukemia: a population-based case-control study in California. *Cancer Causes Control* 28:1117–1123.
 41. Kheifets L, Swanson J, Yuan Y, Kusters C, Vergara X. 2017b. Comparative analyses of studies of childhood leukemia and magnetic fields, radon and gamma radiation. *J. Radiol. Prot.* 37:459–491.
 42. Khuder SA. 2001. Effect of cigarette smoking on major histological types of lung cancer: a meta-analysis. *Lung Cancer Amst Neth* 31(2–3):139–48.

43. Kim HJ, Fay MP, Feuer EJ, Midthune DN. 2000. Permutation tests for joinpoint regression with applications to cancer rates. *Statistics in medicine* 19(3): 335–351.
44. Lawson AB. 2006. *Statistical Methods in Spatial Epidemiology*. 2nd Ed. Wiley & Sons, New York.
45. Li C, Wang C, Yu J, Fan Y, Liu D, Zhou W, Shi T. 2020. Residential Radon and Histological Types of Lung Cancer: A Meta-Analysis of Case–Control Studies. *Int J Environ Res Public Health* 17(4):1457.
46. Lokar K, Žagar T, Zadnik V. 2019. Estimation of the ecological fallacy in the geographical analysis of the association of socio-economic deprivation and cancer incidence. *Int J Environ Res Public Health* 16(3):296.
47. Loney T, Nagelkerke NJ. 2014. The individualistic fallacy, ecological studies and instrumental variables: a causal interpretation. *Emerging Themes in Epidemiology* 11:18.
48. Malešič K. 2016. Metodologija merjanja blaginje občin v Sloveniji na osnovi sestavljenih kazalnikov. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta.
49. Marra CA, Lynd LD, Harvard SS, Grubisic M. 2011. Agreement between aggregate and individual-level measures of income and education: a comparison across three patient groups. *BMC Health Services Research* 11:69.
50. McNally RJQ, Alexander FE, Bithell JF. 2006. Space-time clustering of childhood cancer in great Britain: a national study, 1969–1993. *Int J Cancer* 118:2840–2846.
51. Mihor A, Tomšič S, Žagar T, Lokar K, Zadnik V. 2020. Socioeconomic inequalities in cancer incidence in Europe: a comprehensive review of population-based epidemiological studies. *Radiology and oncology* 54(1):1–13.
52. Mitchel REJ. 2004. The Bystander Effect: Recent Developments and Implications for Understanding the Dose Response. *Nonlinearity Biol Toxicol Med* 2(3):173–183.
53. Nilsson R, Tong J. 2020. Opinion on reconsideration of lung cancer risk from domestic radon exposure. *Radiat Med Prot* 1(1):48–54.
54. Oberaigner W, Vittadello F, uredniki. 2010. *Cancer Mapping in Alpine Regions 2001–2005*. Cancer Registry of Tyrol, Department of Clinical Epidemiology of TILAK, Innsbruck.
55. Openshaw S. 1984. *The modifiable areal unit problem*. Geo Books, Norwich, United Kingdom.
56. Pampalon P, Hamel D, Gamache P. 2009. A comparison of individual and area-based socio-economic data for monitoring social inequalities in health. *Health Reports* 20(3):85–94.
57. Park EA. 1940. The therapy of rickets. *JAMA* 115:370–379.
58. Park EJ, Lee H, Kim HC, Sheen SS, Koh SB, Park KS, Cho NH, Lee CM, Kang DR. 2020. Residential Radon Exposure and Cigarette Smoking in Association with Lung Cancer: A Matched Case-Control Study in Korea. *Int J Environ Res Public Health* 17(8):2946.
59. Parkin DM, Darby SC. 2011. 12 cancers in 2010 attributable to ionising radiation exposure in the UK. *Br J Cancer* 105(2):S57–S65.
60. Pascutto C, Wakefield JC, Best NG, Richardson S, Bernardinelli L, Staines A, Elliott P. 2000. Statistical issues in the analysis of disease mapping data. *Stat Med* 19:2493–519.

61. Pavlin B, Sluga G. 2000. Ljubljana kot zaposlitveno središče. In: Gabrovec M, Orožen Adamič M, uredniki. Ljubljana : geografija mesta. Ljubljansko geografsko društvo, Ljubljana.
62. Pedersen C, Raaschou-Nielsen O, Rod NH, Frei P, Poulsen AH, Johansen C, Schüz J. 2014a. Distance from residence to power line and risk of childhood leukemia: a population-based case-control study in Denmark. *Cancer Causes Control* 25:171–177.
63. Pedersen C, Bräuner EV, Rod NH, Albieri V, Andersen CE, Ulbak K, Hertel O, Johansen C, Schüz J, Raaschou-Nielsen O. 2014b. Distance to high-voltage power lines and risk of childhood leukemia--an analysis of confounding by and interaction with other potential risk factors. *PLoS One* 9:e107096.
64. Pedersen C, Johansen C, Schüz J, Olsen JH, Raaschou-Nielsen O. 2015. Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia, CNS tumour and lymphoma in Denmark. *Br J. Cancer* 113:1370–1374.
65. Pompe-Kirn V. 1990. Spremljanje incidence pljučnega raka v vplivnem območju Rudnika urana Žirovski vrh. *Poročevalec Skupščine Republike Slovenije* 16(4):65–68.
66. Pompe-Kirn V, Ferligoj A. 1984. Študija regionalne problematike raka v SR Sloveniji z ozirom na možnosti primarnih in sekundarnih preventivnih ukrepov : (uporaba multivariantnih metod razvrščanja v skupine). Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana.
67. Pompe-Kirn V, Ferligoj A. 1991. Solving the problem of small-population-based areas for the analysis of rare diseases by clustering with constraints methods. *Cancer Detect Prev* 15:77–82.
68. Pompe-Kirn V, Primic Žakelj M, Ferligoj A. 1992. Zemljevidi incidence raka v Sloveniji 1978–1987. Onkološki inštitut, Ljubljana.
69. Pornet C, Delpierre C, Dejardin O, Grosclaude P, Launay L, Guittet L, Lang T, Launoy G. 2012. Construction of an adaptable European transnational ecological deprivation index: the French version. *J Epidemiol Community Health* 66:982–989.
70. Primic Žakelj M, Žagar T, Zadnik V. 2007. Epidemiologija malignega melanoma. *Radiol Oncol* 41:S1–12.
71. Rak v Sloveniji 2013. 2016. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije.
72. Rak v Sloveniji 2014. 2017. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije.
73. Rak v Sloveniji 2017. 2020. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana, Epidemiologija in register raka, Register raka Republike Slovenije.
74. Ravnihar B, Gruden I. 1951. Statistični pregled in kratka analiza prijavljenih rakovih obolenj iz področja LRS za leto 1950. *Zdrav Vest* 20:264–277.
75. Rehkopf DH, Haughton LT, Chen JT, Waterman PD, Subramanian SV, Krieger N. 2006. Monitoring socioeconomic disparities in death: comparing individual-level education and area-based socioeconomic measures. *American Journal of Public Health* 96(12):2135–2138.
76. Robertson A, Allen J, Laney R, Curnow A. 2013. The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon Exposure: A Review. *Int J Mol Sci* 14(7):14024–14063.

77. Rodríguez-Martínez Á, Torres-Durán M, Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A. 2018. Residential radon and small cell lung cancer. A systematic review. *Cancer Lett* 426:57–62.
78. Roman E, Lightfoot T, Picton S, Kinsey S. Childhood Cancers. In: Thun M, Linet MS, Cerhan JR, Haiman CA, Schottenfeld D, eds. 2018. *Cancer Epidemiology and Prevention 4th Edition*. New York: Oxford University Press.
79. Ruano-Ravina A, Pereyra MF, Castro MT, Pérez-Ríos M, Abal-Arca J, Barros-Dios JM. 2014. Genetic susceptibility, residential radon, and lung cancer in a radon prone area. *J Thorac Oncol Off Publ Int Assoc Study Lung Cancer* 9(8):1073–1080.
80. Sethi T, El-Ghamry M, Kloecker G. 2012. Radon and Lung Cancer. *Clin Adv Hematol Oncol* 10(3):157–164.
81. SCENIHR. 2015. Potential Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields (EMF). Dostopno na: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf
82. Schlamberger N. 1996. Registrsko jedro podatkovnega modela države. V: Dnevi slovenske informatike, Portorož. Zbornik posvetovanja. Slovensko društvo Informatika 457–464.
83. Schüz J, Ahlbom A. 2008. Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiat. Prot. Dosim.* 132:202–211.
84. Schüz J, Erdmann F. 2016. Environmental exposure and risk of childhood leukemia: an overview. *Arch. Med. Res.* 47:607–614.
85. Schüz J, Grigat JP, Störmer B, Rippin G, Brinkmann K, Michaelis J. 2000. Extremely low frequency magnetic fields in residences in Germany. Distribution of measurements, comparison of two methods for assessing exposure, and predictors for the occurrence of magnetic fields above background level. *Radiat. Environ. Biophys.* 39:233–240.
86. Schwartz S. 1994. The fallacy of the ecological fallacy: the potential misuse of a concept and the consequences. *Am J Public Health* 84(5):819–824.
87. Sorahan T. 2014a. Magnetic fields and brain tumour risks in UK electricity supply workers. *Occup. Med. (Lond.)* 64:157–165.
88. Sorahan T. 2014b. Magnetic fields and leukaemia risks in UK electricity supply workers. *Occup. Med. (Lond.)* 64:150–156.
89. Subramanian SV, Chen JT, Rehkopf DH, Waterman PD, Krieger N. 2006. Comparing individual- and area-based socioeconomic measures for the surveillance of health disparities: A multilevel analysis of Massachusetts births, 1989–1991. *American Journal of Epidemiology* 164(9):823–834.
90. Swanson J, Bunch KJ, Vincent TJ, Murphy MF. 2014. Childhood cancer and exposure to coronations from power lines: an epidemiological test. *J. Radiol. Prot.* 34:873–889.
91. Swanson J, Bunch KJ. 2018. Reanalysis of Risks of Childhood Leukaemia With Distance From Overhead Power Lines in the UK. *J. Radiol. Prot.* 38:N30–N35.
92. Swanson J, Kheifets LI, Vergara X. 2019. Changes over time in the reported risk for childhood leukaemia and magnetic fields. *J. Radiol. Prot.* 39(2):470–488.

93. Tabrizi MM, Bidgoli SA. 2016. Increased risk of childhood acute lymphoblastic leukemia (ALL) by prenatal and postnatal exposure to high voltage power lines: a case control study in Isfahan, Iran. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 16:2347–2350.
94. Thun M, Linet MS, Cerhan JR, Haiman CA, Schottenfeld D, eds. 2018. *Cancer Epidemiology and Prevention 4th Edition*. New York: Oxford University Press.
95. Tomatis L, Aitio A, Day NE, Heseltine E, Kaldor J, Miller AB, Parkin DM, Riboli E, uredniki. 1990. *Cancer: Causes, occurrence and control* (IARC Scientific Publications No. 100). International Agency for Research on Cancer, Lyon.
96. Townsend, P. Deprivation. *Journal of Social Policy* 1987; 16: 125–146.
97. Varadarajan K. 2013. All Nearest Neighbours via Quadrees. The University of Iowa, College of Liberal Arts & Sciences.
98. Vaupotič J, Gregorič A. 2017. Priprava radonskega zemljevida Slovenije na ravni naselij. IJS Delovno poročilo. Ljubljana: Institut Jožef Štefan.
99. Verkasalo PK, Pukkala E, Hongisto MY, Valjus JE, Järvinen PJ, Heikkilä KV, Koskenvuo M. 1993. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *BMJ* 307:895–899.
100. Waller LA, Gotway CA. 2004. *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
101. Wang F, Xu X, Yang J, Min L, Liang S, Chen Y. 2017. Height and lung cancer risk: A meta-analysis of observational studies. *PLoS One* 12(9):e0185316.
102. Wertheimer N, Leeper E. 1979. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 109:273–284.
103. Zeeb H, Shannoun F, eds. 2009. *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*. Geneva, Switzerland: WHO Press.
104. Zhang Y, Lai J, Ruan G, Chen C, Wang DW. 2016. Meta-analysis of extremely low frequency electromagnetic fields and cancer risk: a pooled analysis of epidemiologic studies. *Environ. Int.* 88:36–43.
105. Zhao L, Liu X, Wang C, Yan K, Lin X, Li S, Bao H, Liu X. 2014. Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: a meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. *Leuk. Res.* 38:269–274.
106. Zadnik V. 2006. Geografska analiza vpliva socialno-ekonomskih dejavnikov na incidenco raka v Sloveniji v obdobju 1995–2002 : doktorsko delo. Ljubljana.
107. Zadnik V, Guillaume E, Lokar K, Žagar T, Primic Žakelj M, Launoy G, Launay L. 2018. Slovenska različica evropskega kazalnika primanjkljaja na ravni občin. *Zdravstveno varstvo : Slovenian journal of public health* 57(2):47–54.
108. Zadnik V, Ivanuš U, Primic Žakelj M. 2011. Geografska analiza incidence raka v Beli krajini in okolici : ugotavljanje morebitnega presežka incidence raka zaradi izpostavljenosti PCB-jem : zaključno poročilo. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana.
109. Zadnik V, Tomšič S. 2019. Epidemiologija rakov, povezanih z različnimi vrstami sevanj. V: PRIMIC-ŽAKELJ, Maja (ur.). *Sevanja in rak*. Ljubljana: Zveza slovenskih društev za boj proti raku, 98–109.

110. Zadnik V, Primic Žakelj M. [internetni vir]. SLORA: Slovenija in rak. Ljubljana: Epidemiologija in register raka, Onkološki inštitut Ljubljana. Citirano 13. avgust 2020. Dostopno na: www.slora.si.
111. Zadnik V, Primic Žakelj M, Lokar K, Jarm K, Ivanuš U, Žagar T. 2017. Cancer burden in Slovenia with the time trends analysis. *Radiol Oncol* 51:47–55.
112. Zadnik V, Primic Žakelj M, Žagar T. 2008. Razširjenost rakavih bolezni v Sloveniji in Zasavju: zaključno poročilo. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana.
113. Zadnik V, Žagar T, Tomšič S, Lokar K, Zakotnik B, Duratović Konjević A. 2020. Preživetje bolnikov z rakom zbolelih v letih 1997–2016 v Sloveniji. Ljubljana: Onkološki inštitut Ljubljana.
114. Zanetti R, Schmidtmann I, Sacchetto L, Binder-Foucard F, Bordoni A, Coza D, Ferretti S, Galceran J, Gavin A, Larranaga N, Robinson D, Tryggvadottir L, Van Eycken E, Zadnik V, Coebergh JW, Rosso S. 2015. Completeness and timeliness: cancer registries could/should improve their performance. *Eur J Cancer* 51:1091–1098.
115. Zhu H, Zhang S. 2018. Body mass index and lung cancer risk in never smokers: a meta-analysis. *BMC Cancer* 18:635.
116. Žagar T. 2011. Geografski prikaz incidence raka v Sloveniji na podlagi georeferenciranih podatkov, doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Ljubljana.
117. Žagar T, Primic-Žakelj M, Zadnik V. 2007. Pretok in uporaba informacij v Registru raka - najstarejšem zdravstvenem registru v Sloveniji. *Bilten: ekonomika, organizacija, informatika v zdravstvu* 23:105–110.
118. Žagar T, Zadnik V, Primic-Žakelj M. 2011. Local standardized incidence ratio estimates and comparison with other mapping methods for small geographical areas using Slovenian breast cancer data. *Journal of applied statistics* 38:2751–2761.

8. Priloge

8.1. Otroci zboleli za katerikoli rakom

Tabela 51: Število ugotovljenih primerov (incidenca) in groba incidenčna stopnja (GS) otrok (stari 0–14 let) zbolelih za rakom po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Leto ugotovitve	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
1967	22	10,4	23	11,3	45	10,8
1968	31	14,6	26	12,8	57	13,7
1969	22	10,4	22	10,8	44	10,6
1970	22	10,4	19	9,3	41	9,9
1971	25	11,8	19	9,3	44	10,6
1972	17	8,0	17	8,4	34	8,2
1973	34	16,0	13	6,4	47	11,3
1974	30	14,1	18	8,8	48	11,5
1975	26	12,2	19	9,3	45	10,8
1976	25	11,1	14	6,7	39	9,0
1977	26	11,6	17	8,1	43	9,9
1978	32	14,3	22	10,5	54	12,4
1979	29	12,9	14	6,7	43	9,9
1980	25	11,1	23	10,9	48	11,0
1981	32	14,3	19	9,0	51	11,7
1982	31	13,8	18	8,6	49	11,3
1983	36	16,0	22	10,5	58	13,3
1984	37	16,5	21	10,0	58	13,3
1985	30	13,4	14	6,7	44	10,1
1986	26	11,7	23	10,9	49	11,3
1987	28	12,7	25	11,9	53	12,3
1988	24	10,9	19	9,1	43	10,1
1989	27	12,6	19	9,3	46	11,0
1990	35	16,4	23	11,4	58	14,0
1991	19	9,1	15	7,5	34	8,3
1992	25	12,3	28	14,6	53	13,4
1993	21	10,6	22	11,7	43	11,2

1994	25	13,1	20	11,0	45	12,0
1995	34	18,2	30	16,8	64	17,5
1996	21	11,6	29	16,8	50	14,1
1997	23	13,1	19	11,4	42	12,3
1998	27	15,8	20	12,3	47	14,1
1999	25	15,0	13	8,2	38	11,7
2000	26	16,0	18	11,7	44	13,9
2001	28	17,6	23	15,2	51	16,4
2002	21	13,5	26	17,7	47	15,5
2003	22	14,5	14	9,8	36	12,2
2004	28	18,8	17	12,1	45	15,6
2005	18	12,3	12	8,7	30	10,5
2006	20	13,8	22	16,1	42	14,9
2007	17	11,8	27	19,8	44	15,7
2008	21	14,5	24	17,5	45	16,0
2009	33	22,5	18	13,0	51	17,9
2010	15	10,1	13	9,3	28	9,7
2011	24	16,0	21	14,8	45	15,4
2012	16	10,5	17	11,8	33	11,2
2013	27	17,5	23	15,8	50	16,7
2014	33	21,2	24	16,3	57	18,8
2015	22	14,0	26	17,5	48	15,7
2016	23	14,5	28	18,8	51	16,6

Tabela 52: Standardizirani količnik incidence (SKI) s 95 % intervalom zaupanja (IZ) otrok (stari 0–14 let) zbolelih za rakom po upravni enoti in 10-letnih obdobjih, Slovenija 1967–2016. Za celotno obdobje 50-ih let skupaj so dodani opazovano (I) in pričakovano (E) število ugotovljenih primerov (incidenca) ter vrednosti SKI zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli.

ID	Upravna enota	1967-2016					1967-1976		1977-1986		1987-1996		1997-2006		2007-2016	
		I	E	SKI	IZ	glajeni SKI	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ
1	Ajdovščina	41	29,3	1,40	1,00-1,90	1,22	0,44	0,09-1,30	1,76	0,91-3,08	1,85	0,93-3,32	1,24	0,45-2,70	1,82	0,83-3,46
2	Brežice	24	27,0	0,89	0,57-1,32	0,89	0,30	0,04-1,09	0,63	0,17-1,61	0,90	0,29-2,10	0,92	0,25-2,36	2,22	1,01-4,21
3	Celje	87	72,0	1,21	0,97-1,49	1,09	0,97	0,56-1,58	1,12	0,68-1,73	1,20	0,71-1,89	1,49	0,87-2,38	1,52	0,88-2,43
4	Cerknica	18	18,5	0,97	0,58-1,54	1,01	0,93	0,25-2,37	0,51	0,06-1,84	1,06	0,29-2,71	1,21	0,33-3,11	1,59	0,51-3,70
5	Črnomelj	25	22,0	1,14	0,74-1,68	1,07	0,20	0,00-1,10	1,41	0,57-2,90	0,61	0,13-1,79	2,70	1,30-4,97	1,51	0,49-3,53
6	Domžale	44	59,8	0,74	0,53-0,99	0,82	0,96	0,48-1,72	0,61	0,26-1,20	0,49	0,18-1,07	0,73	0,32-1,44	0,99	0,51-1,73
7	Dravograd	7	10,7	0,65	0,26-1,34	0,85	1,86	0,60-4,35	0,41	0,01-2,30	0,00	0,00-1,66	1,14	0,14-4,12	0,61	0,02-3,38
8	Gornja Radgona	24	25,6	0,94	0,60-1,39	1,02	1,05	0,42-2,16	0,47	0,10-1,38	1,11	0,41-2,42	0,52	0,06-1,87	2,09	0,84-4,30
9	Grosuplje	46	39,5	1,17	0,85-1,55	1,10	0,89	0,36-1,82	1,52	0,79-2,66	0,63	0,20-1,47	1,63	0,84-2,85	1,19	0,57-2,19
10	Hrastnik	8	11,6	0,69	0,30-1,36	0,86	0,32	0,01-1,79	0,36	0,01-2,03	0,40	0,01-2,25	1,13	0,14-4,09	2,00	0,41-5,83
11	Idrija	22	20,6	1,07	0,67-1,62	1,09	0,78	0,21-2,00	1,41	0,57-2,91	1,43	0,53-3,12	1,21	0,33-3,10	0,33	0,01-1,83
12	Ilirska Bistrica	18	15,7	1,15	0,68-1,81	1,08	0,50	0,06-1,80	0,76	0,16-2,23	1,22	0,33-3,12	2,19	0,71-5,12	1,83	0,50-4,68
13	Izola	10	14,8	0,68	0,32-1,24	0,82	0,33	0,01-1,83	1,45	0,47-3,38	0,61	0,07-2,19	0,42	0,01-2,36	0,38	0,01-2,13
14	Jesenice	47	35,6	1,32	0,97-1,75	1,25	1,30	0,63-2,40	0,78	0,32-1,62	1,27	0,61-2,34	1,56	0,71-2,96	2,04	1,02-3,66
15	Kamnik	30	37,7	0,80	0,54-1,14	0,87	1,48	0,74-2,65	0,95	0,41-1,87	0,51	0,14-1,30	0,62	0,17-1,58	0,40	0,08-1,17
16	Kočevje	20	21,4	0,94	0,57-1,45	1,01	0,77	0,21-1,97	0,98	0,32-2,29	1,06	0,35-2,48	0,89	0,18-2,61	1,00	0,21-2,93
17	Koper	60	49,1	1,22	0,93-1,57	1,09	0,99	0,48-1,83	1,20	0,65-2,01	1,35	0,74-2,27	0,88	0,35-1,81	1,67	0,94-2,76
18	Kranj	86	89,9	0,96	0,77-1,18	0,97	0,86	0,49-1,40	0,99	0,61-1,52	0,85	0,48-1,37	0,92	0,50-1,54	1,19	0,72-1,86
19	Krško	29	33,8	0,86	0,57-1,23	0,89	0,90	0,36-1,85	0,76	0,28-1,66	0,55	0,15-1,41	1,45	0,62-2,85	1,12	0,41-2,45
20	Laško	16	22,1	0,72	0,41-1,18	0,89	0,18	0,00-0,99	0,58	0,12-1,69	0,65	0,13-1,90	1,67	0,61-3,63	0,97	0,20-2,85
21	Lenart	20	23,1	0,86	0,53-1,33	1,00	1,01	0,37-2,19	1,15	0,42-2,51	1,09	0,35-2,54	0,52	0,06-1,88	0,28	0,01-1,57
22	Lendava	25	29,2	0,86	0,55-1,26	0,90	0,40	0,08-1,18	1,10	0,47-2,16	1,29	0,55-2,53	0,90	0,24-2,30	0,53	0,06-1,92
23	Litija	27	24,0	1,13	0,74-1,64	1,01	1,64	0,75-3,12	1,14	0,42-2,48	0,40	0,05-1,43	1,21	0,39-2,82	1,24	0,40-2,89
24	Ljubljana	374	357,7	1,05	0,94-1,16	1,03	1,19	0,95-1,47	0,86	0,68-1,08	1,14	0,91-1,40	0,96	0,72-1,24	1,12	0,88-1,42
29	Ljutomer	20	22,4	0,89	0,55-1,38	0,93	0,69	0,19-1,77	0,55	0,11-1,61	1,33	0,49-2,90	1,42	0,46-3,31	0,64	0,08-2,31
30	Logatec	12	14,0	0,86	0,44-1,50	1,02	0,38	0,01-2,11	0,36	0,01-2,03	0,70	0,09-2,54	0,73	0,09-2,64	1,98	0,73-4,32

64	Maribor	181	196,7	0,92	0,79-1,06	0,96	0,87	0,63-1,17	1,02	0,76-1,35	1,03	0,74-1,39	1,01	0,68-1,44	1,43	1,03-1,94
34	Metlika	8	9,7	0,83	0,36-1,63	0,96	0,00	0,00-1,75	1,79	0,49-4,59	0,50	0,01-2,79	1,13	0,14-4,07	0,64	0,02-3,56
35	Mozirje	13	19,7	0,66	0,35-1,13	0,83	0,65	0,13-1,90	0,46	0,06-1,65	0,72	0,15-2,10	0,57	0,07-2,06	0,98	0,20-2,86
36	Murska Sobota	73	69,6	1,05	0,82-1,32	1,02	1,00	0,59-1,58	1,16	0,71-1,79	1,32	0,79-2,06	0,84	0,38-1,60	0,76	0,30-1,56
37	Nova Gorica	74	63,5	1,17	0,92-1,46	1,14	0,92	0,49-1,57	1,31	0,81-2,01	1,20	0,69-1,95	0,90	0,41-1,71	1,50	0,84-2,48
38	Novo Mesto	80	76,7	1,04	0,83-1,30	1,03	0,64	0,32-1,15	0,93	0,53-1,52	1,17	0,70-1,82	1,51	0,92-2,34	1,09	0,59-1,83
39	Ormož	17	21,7	0,78	0,46-1,25	0,85	0,33	0,04-1,21	1,00	0,32-2,33	0,46	0,06-1,68	1,14	0,31-2,92	1,36	0,37-3,49
40	Piran	10	17,1	0,59	0,28-1,08	0,77	0,28	0,01-1,57	0,47	0,06-1,71	0,76	0,16-2,23	1,43	0,39-3,65	0,00	0,00-1,45
41	Postojna	26	23,9	1,09	0,71-1,59	1,07	0,59	0,12-1,74	1,03	0,38-2,25	2,77	1,52-4,65	0,26	0,01-1,45	0,48	0,06-1,73
42	Ptuj	78	83,9	0,93	0,73-1,16	0,94	0,96	0,59-1,46	0,71	0,39-1,19	0,76	0,40-1,29	1,22	0,69-1,97	1,18	0,65-1,99
43	Radlje ob Dravi	22	22,0	1,00	0,63-1,52	1,04	0,50	0,10-1,46	1,70	0,78-3,23	1,57	0,63-3,24	0,30	0,01-1,70	1,03	0,21-3,01
44	Radovljica	39	38,3	1,02	0,72-1,39	1,06	0,72	0,26-1,57	0,90	0,39-1,77	1,10	0,50-2,09	1,52	0,73-2,79	1,11	0,45-2,29
45	Ravne na Koroškem	27	31,5	0,86	0,56-1,25	0,86	0,76	0,28-1,66	0,65	0,21-1,52	1,03	0,42-2,13	1,01	0,33-2,35	0,95	0,26-2,42
46	Ribnica	18	16,4	1,10	0,65-1,73	1,07	0,26	0,01-1,47	2,01	0,81-4,14	0,55	0,07-2,00	1,69	0,55-3,94	1,16	0,24-3,40
47	Sevnica	21	23,0	0,91	0,56-1,39	0,94	0,67	0,18-1,72	1,28	0,52-2,65	0,42	0,05-1,51	0,81	0,17-2,36	1,59	0,52-3,71
48	Sežana	17	24,8	0,69	0,40-1,10	0,94	0,51	0,11-1,50	0,67	0,18-1,71	0,97	0,32-2,27	0,52	0,06-1,89	0,74	0,15-2,18
49	Slovenj Gradec	17	26,8	0,64	0,37-1,02	0,89	0,32	0,04-1,16	0,65	0,18-1,66	1,38	0,60-2,73	0,44	0,05-1,59	0,74	0,15-2,15
50	Slovenska Bistrica	38	40,9	0,93	0,66-1,28	0,98	0,70	0,28-1,43	0,85	0,37-1,68	0,61	0,20-1,42	1,66	0,83-2,97	1,21	0,52-2,38
51	Slovenske Konjice	19	28,7	0,66	0,40-1,03	0,89	0,30	0,04-1,09	0,46	0,09-1,33	0,99	0,36-2,16	1,03	0,34-2,41	0,66	0,14-1,92
52	Šentjur pri Celju	16	24,0	0,67	0,38-1,08	0,85	0,92	0,30-2,14	0,53	0,11-1,54	0,80	0,22-2,04	0,75	0,16-2,20	0,26	0,01-1,45
53	Škofja Loka	58	52,3	1,11	0,84-1,43	1,08	0,94	0,45-1,73	1,19	0,65-2,00	0,98	0,49-1,74	1,78	1,04-2,86	0,65	0,24-1,43
54	Šmarje pri Jelšah	36	39,8	0,90	0,63-1,25	0,91	0,93	0,43-1,77	0,33	0,07-0,96	0,98	0,42-1,94	1,52	0,73-2,80	1,45	0,66-2,74
55	Tolmin	23	22,1	1,04	0,66-1,56	1,09	0,55	0,11-1,62	0,57	0,12-1,67	1,04	0,34-2,42	1,69	0,62-3,69	1,94	0,71-4,22
56	Trbovlje	19	19,1	1,00	0,60-1,55	0,95	0,65	0,13-1,91	0,86	0,23-2,21	1,40	0,51-3,04	1,34	0,36-3,42	1,17	0,24-3,42
57	Trebnje	29	24,2	1,20	0,80-1,72	1,10	1,02	0,38-2,23	0,58	0,12-1,69	0,41	0,05-1,47	1,20	0,39-2,80	3,47	1,90-5,82
58	Trzin	22	17,8	1,23	0,77-1,87	1,16	1,26	0,41-2,94	0,92	0,25-2,36	0,51	0,06-1,85	2,35	0,94-4,84	1,52	0,41-3,88
59	Velenje	44	52,0	0,85	0,62-1,14	0,88	0,69	0,28-1,43	0,62	0,27-1,22	0,91	0,45-1,62	1,04	0,48-1,98	1,35	0,67-2,41
60	Vrhnika	21	24,4	0,86	0,53-1,31	0,94	1,33	0,49-2,90	0,00	0,00-0,65	0,60	0,12-1,74	0,92	0,25-2,34	1,86	0,85-3,52
61	Zagorje ob Savi	18	20,1	0,89	0,53-1,41	0,91	0,84	0,23-2,14	0,65	0,13-1,91	1,17	0,38-2,72	0,89	0,18-2,60	1,29	0,35-3,29
62	Žalec	51	46,2	1,10	0,82-1,45	0,99	0,58	0,21-1,26	0,84	0,39-1,60	1,24	0,64-2,16	1,43	0,71-2,56	1,80	0,98-3,01

8.2. Otroci in mladostniki zboleli za levkemijo

Tabela 53: Število ugotovljenih primerov (incidenca) in groba incidenčna stopnja (GS) otrok in mladostnikov (stari 0–19 let) zbolelih za levkemijo po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Leto ugotovitve	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
1967	9	3,1	8	2,9	17	3,0
1968	9	3,1	11	4,0	20	3,5
1969	3	1,0	8	2,9	11	1,9
1970	7	2,4	5	1,8	12	2,1
1971	11	3,8	7	2,5	18	3,2
1972	4	1,4	8	2,9	12	2,1
1973	11	3,8	8	2,9	19	3,3
1974	10	3,4	7	2,5	17	3,0
1975	11	3,8	5	1,8	16	2,8
1976	11	3,7	5	1,8	16	2,8
1977	7	2,4	10	3,6	17	2,9
1978	8	2,7	8	2,8	16	2,8
1979	10	3,4	8	2,8	18	3,1
1980	11	3,7	8	2,8	19	3,3
1981	12	4,0	7	2,5	19	3,3
1982	12	4,0	8	2,8	20	3,5
1983	17	5,7	4	1,4	21	3,6
1984	14	4,7	10	3,6	24	4,1
1985	6	2,0	6	2,1	12	2,1
1986	7	2,4	6	2,1	13	2,3
1987	11	3,8	5	1,8	16	2,8
1988	12	4,1	10	3,6	22	3,9
1989	8	2,8	9	3,3	17	3,0
1990	12	4,2	15	5,5	27	4,8
1991	5	1,8	5	1,8	10	1,8
1992	12	4,3	13	4,9	25	4,6
1993	7	2,6	5	1,9	12	2,2
1994	9	3,3	7	2,7	16	3,1
1995	10	3,8	6	2,4	16	3,1
1996	8	3,1	6	2,4	14	2,8
1997	10	4,0	5	2,1	15	3,0

1998	7	2,8	11	4,7	18	3,8
1999	11	4,6	10	4,4	21	4,5
2000	10	4,3	5	2,3	15	3,3
2001	6	2,6	12	5,5	18	4,1
2002	7	3,1	9	4,3	16	3,7
2003	10	4,6	4	1,9	14	3,3
2004	10	4,7	6	3,0	16	3,8
2005	8	3,8	6	3,0	14	3,4
2006	6	2,9	7	3,6	13	3,2
2007	7	3,4	12	6,2	19	4,8
2008	7	3,5	9	4,7	16	4,1
2009	11	5,4	9	4,7	20	5,1
2010	5	2,5	3	1,6	8	2,0
2011	14	6,9	8	4,2	22	5,6
2012	10	4,9	8	4,2	18	4,6
2013	12	5,9	5	2,6	17	4,3
2014	8	3,9	9	4,7	17	4,3
2015	9	4,4	9	4,6	18	4,5
2016	5	2,4	9	4,6	14	3,5

Tabela 54: Standardizirani količnik incidence (SKI) s 95 % intervalom zaupanja (IZ) otrok (stari 0–19 let) zbolelih za levkemijo po upravni enoti in 10-letnih obdobjih, Slovenija 1967–2016. Za celotno obdobje 50-ih let skupaj so dodani opazovano (I) in pričakovano (E) število ugotovljenih primerov (incidenca) ter vrednosti SKI zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli.

ID	Upravna enota	1967-2016			1967-1976		1977-1986		1987-1996		1997-2006		2007-2016	
		I	E	SKI	IZ	glajen SKI	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ
1	Ajdovščina	13	10,7	1,22	0,65-2,08	1,06	1,21	0,25-3,54	1,21	0,25-3,55	1,40	0,29-4,08	1,12	0,14-4,06
2	Brežice	12	9,9	1,22	0,63-2,12	1,12	0,00	0,00-1,51	0,86	0,10-3,12	1,49	0,31-4,35	1,24	0,15-4,47
3	Celje	23	26,4	0,87	0,55-1,31	0,93	0,49	0,10-1,44	0,62	0,17-1,58	1,11	0,41-2,41	1,64	0,66-3,37
4	Cerknica	9	6,7	1,34	0,61-2,54	1,14	1,29	0,16-4,66	1,39	0,17-5,01	1,46	0,18-5,28	1,66	0,20-6,01
5	Črnomelj	10	8,0	1,25	0,60-2,29	1,16	0,00	0,00-1,99	1,65	0,34-4,82	0,57	0,01-3,19	2,17	0,45-6,33
6	Domžale	16	21,6	0,74	0,42-1,20	0,90	0,97	0,26-2,48	0,64	0,13-1,88	0,68	0,14-1,97	0,50	0,06-1,80
7	Dravograd	3	3,9	0,76	0,16-2,23	1,00	1,03	0,03-5,71	0,00	0,00-4,13	0,00	0,00-4,63	1,53	0,04-8,55
8	Gornja Radgona	11	9,4	1,17	0,59-2,10	1,13	1,64	0,45-4,19	0,87	0,11-3,15	1,02	0,12-3,70	1,37	0,17-4,96
9	Grosuplje	18	14,3	1,26	0,75-1,99	1,16	1,07	0,22-3,13	1,74	0,56-4,05	1,05	0,22-3,08	2,23	0,82-4,86
10	Hrastnik	4	4,3	0,94	0,26-2,40	1,00	0,00	0,00-3,23	0,99	0,02-5,49	0,00	0,00-4,17	2,99	0,36-10,79
11	Idrija	6	7,5	0,80	0,29-1,73	0,99	0,00	0,00-1,95	0,57	0,01-3,15	1,31	0,16-4,74	1,63	0,02-5,89
12	Ilirska Bistrica	10	5,8	1,73	0,83-3,18	1,23	0,66	0,02-3,70	0,71	0,02-3,94	0,85	0,02-4,73	5,68	1,85-13,26
13	Izola	6	5,4	1,11	0,41-2,42	1,07	0,90	0,02-4,99	3,19	0,87-8,18	0,86	0,02-4,78	0,00	0,00-4,06
14	Jesenice	16	13,0	1,23	0,70-2,00	1,11	1,74	0,57-4,06	0,63	0,08-2,27	1,07	0,22-3,12	0,92	0,11-3,31
15	Kamnik	10	13,7	0,73	0,35-1,34	0,93	0,37	0,01-2,05	0,66	0,08-2,38	0,71	0,09-2,57	0,83	0,10-2,99
16	Kočevje	9	7,9	1,14	0,52-2,17	1,16	1,55	0,32-4,54	0,53	0,01-2,93	1,20	0,15-4,33	0,79	0,02-4,38
17	Koper	21	17,9	1,17	0,73-1,79	1,07	0,27	0,01-1,50	1,43	0,53-3,12	1,34	0,43-3,12	1,00	0,21-2,92
18	Kranj	38	32,6	1,17	0,82-1,60	1,07	1,33	0,61-2,53	1,19	0,54-2,26	1,47	0,70-2,70	0,53	0,11-1,55
19	Krško	14	12,3	1,14	0,62-1,91	1,08	0,35	0,01-1,97	0,70	0,08-2,53	0,38	0,01-2,13	1,45	0,30-4,25
20	Laško	7	8,1	0,87	0,35-1,79	1,00	0,00	0,00-1,83	0,53	0,01-2,93	1,20	0,15-4,33	1,50	0,18-5,43
21	Lenart	7	8,4	0,84	0,34-1,72	1,11	0,94	0,11-3,40	1,61	0,33-4,72	0,59	0,02-3,31	0,00	0,00-2,61
22	Lendava	14	10,7	1,30	0,71-2,19	1,13	0,72	0,09-2,59	1,89	0,62-4,42	1,34	0,28-3,92	1,78	0,37-5,20
23	Litija	12	8,7	1,38	0,71-2,40	1,09	1,52	0,31-4,44	2,61	0,85-6,08	0,56	0,01-3,09	1,95	0,40-5,69
24	Ljubljana	138	130,8	1,05	0,89-1,25	1,05	1,05	0,70-1,51	0,90	0,60-1,30	1,32	0,93-1,83	0,82	0,49-1,13
29	Ljutomer	9	8,2	1,10	0,50-2,09	1,03	1,89	0,51-4,83	1,54	0,32-4,49	1,21	0,15-4,37	0,00	0,00-2,83
30	Logatec	5	5,1	0,99	0,32-2,31	1,05	1,06	0,03-5,88	1,01	0,03-5,63	0,98	0,02-5,46	0,00	0,00-3,74
													1,80	0,22-6,51

64	Maribor	78	72,4	1,08	0,85-1,35	1,12	0,92	0,54-1,48	1,02	0,60-1,61	1,24	0,73-1,96	0,80	0,37-1,53	1,52	0,87-2,47
34	Metlika	3	3,5	0,85	0,18-2,48	1,09	0,00	0,00-4,74	1,25	0,03-6,97	0,00	0,00-5,05	3,07	0,37-11,11	0,00	0,00-6,43
35	Mozirje	7	7,2	0,98	0,39-2,01	0,98	0,00	0,00-2,22	0,63	0,02-3,49	1,33	0,16-4,80	1,56	0,19-5,64	1,78	0,22-6,42
36	Murska Sobota	20	25,5	0,78	0,48-1,21	0,92	0,90	0,33-1,96	0,80	0,26-1,88	0,95	0,31-2,22	1,00	0,27-2,55	0,00	0,00-1,09
37	Nova Gorica	22	23,3	0,95	0,59-1,43	0,98	0,38	0,05-1,36	0,70	0,19-1,79	0,83	0,23-2,12	1,06	0,29-2,72	2,19	0,95-4,32
38	Novo Mesto	31	27,8	1,11	0,76-1,58	1,11	0,33	0,04-1,18	1,12	0,45-2,30	1,37	0,59-2,69	1,85	0,84-3,51	1,06	0,34-2,47
39	Ormož	7	7,9	0,88	0,35-1,82	0,96	0,94	0,11-3,38	1,63	0,34-4,77	0,63	0,02-3,53	0,00	0,00-2,85	0,92	0,02-5,13
40	Piran	5	6,3	0,80	0,26-1,87	0,99	0,00	0,00-2,82	0,65	0,02-3,63	0,71	0,02-3,97	2,82	0,58-8,25	0,00	0,00-3,91
41	Postojna	11	8,8	1,26	0,63-2,25	1,11	0,52	0,01-2,91	0,97	0,12-3,49	2,23	0,61-5,70	2,07	0,43-6,05	0,66	0,02-3,66
42	Ptuj	26	30,6	0,85	0,55-1,24	0,96	0,76	0,28-1,66	1,11	0,48-2,18	0,64	0,17-1,64	0,82	0,22-2,09	0,92	0,25-2,34
43	Radlje ob Dravi	8	8,1	0,99	0,43-1,96	1,12	0,91	0,11-3,27	1,03	0,12-3,71	1,25	0,15-4,50	0,81	0,02-4,53	0,94	0,02-5,22
44	Radovljica	9	14,0	0,64	0,29-1,22	0,94	0,65	0,08-2,35	0,00	0,00-1,15	1,01	0,21-2,95	0,82	0,10-2,97	0,86	0,10-3,12
45	Ravne na Koroškem	14	11,5	1,21	0,66-2,04	1,04	1,38	0,38-3,54	0,72	0,09-2,59	1,64	0,45-4,19	1,62	0,33-4,72	0,64	0,02-3,59
46	Ribnica	9	6,0	1,51	0,69-2,87	1,22	1,48	0,18-5,36	3,13	0,85-8,02	0,00	0,00-2,88	2,78	0,57-8,11	0,00	0,00-3,82
47	Sevnica	5	8,4	0,60	0,19-1,39	0,99	0,00	0,00-1,73	1,01	0,12-3,65	0,58	0,01-3,22	0,72	0,02-4,03	0,86	0,02-4,81
48	Sežana	3	9,1	0,33	0,07-0,96	0,92	0,45	0,01-2,53	0,46	0,01-2,59	0,00	0,00-2,00	0,00	0,00-2,56	0,68	0,02-3,79
49	Slovenj Gradec	5	9,7	0,51	0,17-1,20	0,96	0,00	0,00-1,66	0,88	0,11-3,19	1,44	0,30-4,22	0,00	0,00-2,19	0,00	0,00-2,47
50	Slovenska Bistrica	6	14,9	0,40	0,15-0,87	0,89	0,82	0,17-2,39	0,00	0,00-1,08	0,34	0,01-1,87	0,00	0,00-1,49	0,83	0,10-3,00
51	Slovenske Konjice	6	10,4	0,58	0,21-1,25	0,96	0,42	0,01-2,31	1,26	0,26-3,69	0,00	0,00-1,70	0,55	0,01-3,09	0,60	0,02-3,34
52	Šentjur pri Celju	11	8,7	1,26	0,63-2,26	1,05	1,03	0,12-3,70	0,00	0,00-1,79	2,21	0,60-5,65	2,01	0,41-5,87	1,42	0,17-5,13
53	Škofja Loka	16	18,9	0,85	0,48-1,37	0,97	0,52	0,06-1,89	1,18	0,38-2,75	0,50	0,06-1,80	1,42	0,46-3,32	0,60	0,07-2,17
54	Šmarje pri Jelšah	14	14,4	0,97	0,53-1,63	1,00	1,45	0,47-3,37	0,30	0,01-1,68	0,68	0,08-2,46	1,64	0,45-4,19	0,88	0,11-3,18
55	Tolmin	10	8,1	1,24	0,59-2,27	1,05	1,01	0,12-3,63	0,52	0,01-2,91	0,58	0,01-3,24	1,51	0,18-5,45	3,51	0,96-8,98
56	Trbovlje	8	7,0	1,14	0,49-2,24	1,04	1,75	0,36-5,10	0,59	0,01-3,29	0,66	0,02-3,66	0,88	0,02-4,90	2,09	0,25-7,55
57	Trebnje	12	8,8	1,37	0,71-2,39	1,16	0,49	0,01-2,71	1,03	0,12-3,72	0,57	0,01-3,16	0,66	0,02-3,66	4,73	1,90-9,74
58	Tržič	8	6,5	1,23	0,53-2,42	1,09	0,00	0,00-2,53	0,64	0,02-3,57	0,71	0,02-3,98	3,60	0,98-9,21	2,06	0,25-7,44
59	Velenje	12	18,9	0,64	0,33-1,11	0,86	0,54	0,07-1,96	0,00	0,00-0,80	0,70	0,14-2,05	1,22	0,33-3,12	1,00	0,21-2,93
60	Vrhnika	8	8,9	0,90	0,39-1,78	1,03	1,81	0,37-5,29	0,00	0,00-1,84	0,00	0,00-2,01	1,86	0,38-5,44	1,13	0,14-4,09
61	Zagorje ob Savi	8	7,4	1,09	0,47-2,14	1,01	1,15	0,14-4,16	0,59	0,01-3,29	0,00	0,00-2,41	1,60	0,19-5,76	2,62	0,54-7,66
62	Žalec	18	16,8	1,07	0,63-1,69	0,99	0,80	0,17-2,35	0,52	0,06-1,86	0,57	0,07-2,06	1,39	0,38-3,57	2,47	0,99-5,08

8.3. Otroci in mladostniki zboleli za možganskimi tumorji

Tabela 55: Število ugotovljenih primerov (incidenca) in groba incidenčna stopnja (GS) otrok in mladostnikov (stari 0–29 let) zbolelih za možganskim tumorjem po spolu in letu ugotovitve, Slovenija 1967–2016.

Leto ugotovitve	Fantje		Dekleta		Skupaj	
	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000	Incidenca	GS na 100.000
1967	7	1,6	9	2,2	16	1,9
1968	7	1,6	12	3,0	19	2,3
1969	12	2,8	8	2,0	20	2,4
1970	6	1,4	6	1,5	12	1,4
1971	9	2,1	8	2,0	17	2,0
1972	9	2,1	6	1,5	15	1,8
1973	14	3,3	6	1,5	20	2,4
1974	11	2,6	3	0,7	14	1,7
1975	7	1,6	6	1,5	13	1,6
1976	7	1,5	6	1,4	13	1,5
1977	10	2,2	6	1,4	16	1,8
1978	9	2,0	4	0,9	13	1,5
1979	8	1,8	8	1,8	16	1,8
1980	8	1,8	7	1,6	15	1,7
1981	10	2,2	4	0,9	14	1,6
1982	4	0,9	7	1,6	11	1,2
1983	7	1,5	7	1,6	14	1,6
1984	13	2,8	7	1,6	20	2,2
1985	11	2,4	4	0,9	15	1,7
1986	10	2,2	5	1,1	15	1,7
1987	13	2,9	8	1,8	21	2,4
1988	6	1,3	3	0,7	9	1,0
1989	14	3,2	6	1,4	20	2,3
1990	15	3,4	7	1,6	22	2,5
1991	9	2,1	6	1,4	15	1,7
1992	9	2,1	4	1,0	13	1,5
1993	11	2,6	7	1,7	18	2,2
1994	7	1,7	4	1,0	11	1,3
1995	9	2,2	7	1,8	16	2,0
1996	14	3,4	10	2,6	24	3,0
1997	8	2,0	4	1,0	12	1,5
1998	11	2,8	5	1,3	16	2,1

1999	13	3,3	3	0,8	16	2,1
2000	8	2,1	3	0,8	11	1,5
2001	11	2,9	10	2,8	21	2,8
2002	9	2,4	9	2,5	18	2,5
2003	9	2,4	4	1,1	13	1,8
2004	11	3,0	4	1,2	15	2,1
2005	8	2,2	6	1,8	14	2,0
2006	13	3,6	6	1,8	19	2,7
2007	12	3,4	7	2,1	19	2,8
2008	9	2,6	9	2,7	18	2,7
2009	13	3,7	9	2,8	22	3,2
2010	4	1,2	4	1,2	8	1,2
2011	10	2,9	5	1,6	15	2,3
2012	9	2,7	6	1,9	15	2,3
2013	9	2,7	6	1,9	15	2,3
2014	11	3,3	8	2,6	19	3,0
2015	9	2,7	5	1,6	14	2,2
2016	14	4,3	7	2,3	21	3,3

Tabela 56: Standardizirani količnik incidence (SKI) s 95 % intervalom zaupanja (IZ) otrok (stari 0–29 let) zbolelih za možganskim tumorjem po upravni enoti in 10-letnih obdobjih, Slovenija 1967–2016. Za celotno obdobje 50-ih let skupaj so dodani opazovano (I) in pričakovano (E) število ugotovljenih primerov (incidenca) ter vrednosti SKI zglajene z geografskimi Bayesovimi hierarhičnimi modeli.

ID	Upravna enota	1967-2016				1967-1976		1977-1986		1987-1996		1997-2006		2007-2016		
		I	E	SKI	IZ	glajen SKI	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ	SKI	IZ
1	Ajdovščina	19	9,8	1,93	1,16-3,02	1,44	0,94	0,11-3,39	2,24	0,73-5,23	1,50	0,31-4,37	3,35	1,23-7,29	1,80	0,37-5,26
2	Brežice	7	9,5	0,74	0,30-1,52	0,85	0,00	0,00-1,68	0,46	0,01-2,56	0,51	0,01-2,85	1,79	0,37-5,23	1,38	0,17-4,98
3	Celje	27	25,3	1,07	0,70-1,55	0,99	1,24	0,50-2,56	1,01	0,37-2,19	0,76	0,21-1,94	1,13	0,37-2,64	1,26	0,41-2,93
4	Cerknica	7	6,2	1,12	0,45-2,32	1,09	0,76	0,02-4,25	0,00	0,00-2,79	2,31	0,48-6,75	0,85	0,02-4,71	1,80	0,22-6,50
5	Črnomelj	7	7,6	0,93	0,37-1,91	0,96	0,61	0,02-3,40	0,00	0,00-2,19	1,23	0,15-4,44	2,84	0,78-7,28	0,00	0,00-3,10
6	Domžale	16	19,8	0,81	0,46-1,31	0,87	0,86	0,18-2,50	0,49	0,06-1,75	0,71	0,15-2,09	0,76	0,16-2,22	1,24	0,40-2,89
7	Dravograd	7	3,7	1,91	0,77-3,94	1,15	4,80	1,31-12,28	0,00	0,00-4,53	1,29	0,03-7,20	1,51	0,04-8,43	1,73	0,04-9,63
8	Gornja Radgona	8	8,9	0,90	0,39-1,78	1,08	0,94	0,11-3,39	0,00	0,00-1,77	1,05	0,13-3,80	0,00	0,00-2,42	3,25	0,89-8,33
9	Grosuplje	14	13,0	1,08	0,59-1,81	0,97	1,71	0,47-4,38	1,18	0,24-3,43	0,38	0,01-2,10	0,38	0,01-2,13	1,76	0,57-4,10
10	Hrastnik	6	4,2	1,44	0,53-3,13	1,05	0,94	0,02-5,24	0,00	0,00-3,75	2,30	0,28-8,32	0,00	0,00-5,34	5,27	1,09-15,4
11	Idrija	11	7,0	1,56	0,78-2,80	1,32	2,43	0,66-6,23	1,23	0,15-4,46	0,69	0,02-3,84	2,38	0,49-6,96	0,95	0,02-5,27
12	Ilirska Bistrica	5	5,6	0,90	0,29-2,10	1,05	0,00	0,00-2,77	0,00	0,00-2,77	1,73	0,21-6,26	1,05	0,03-5,86	2,54	0,31-9,16
13	Izola	5	5,3	0,95	0,31-2,22	1,04	0,98	0,02-5,46	1,67	0,20-6,05	0,88	0,02-4,93	1,02	0,03-5,70	0,00	0,00-3,93
14	Jesenice	23	12,5	1,84	1,17-2,76	1,52	0,38	0,01-2,11	2,01	0,74-4,38	1,11	0,23-3,24	3,12	1,25-6,43	3,11	1,14-6,76
15	Kamnik	7	12,6	0,55	0,22-1,14	0,85	0,85	0,10-3,07	0,00	0,00-1,35	0,76	0,09-2,74	1,24	0,26-3,63	0,00	0,00-1,48
16	Kočevje	7	7,5	0,93	0,38-1,93	0,94	1,17	0,14-4,22	0,56	0,01-3,14	1,88	0,39-5,49	0,00	0,00-2,79	0,92	0,02-5,13
17	Koper	23	17,5	1,32	0,84-1,98	1,18	2,04	0,82-4,19	0,51	0,06-1,83	1,37	0,44-3,19	1,55	0,50-3,62	1,25	0,34-3,20
18	Kranj	32	30,4	1,05	0,72-1,48	1,04	1,01	0,37-2,21	1,03	0,42-2,13	0,61	0,17-1,57	1,05	0,38-2,28	1,64	0,75-3,11
19	Krško	12	11,5	1,04	0,54-1,82	0,94	0,81	0,10-2,91	0,77	0,09-2,76	1,21	0,25-3,55	1,43	0,30-4,19	1,07	0,13-3,85
20	Laško	6	7,6	0,79	0,29-1,72	0,91	0,56	0,01-3,13	0,00	0,00-2,13	0,62	0,02-3,45	1,48	0,18-5,35	1,79	0,22-6,46
21	Lenart	6	7,8	0,77	0,28-1,68	1,07	0,56	0,01-3,14	1,18	0,14-4,25	0,62	0,02-3,46	0,71	0,02-3,93	0,79	0,02-4,37
22	Lendava	8	10,3	0,78	0,34-1,54	0,92	1,20	0,25-3,5	0,82	0,10-2,96	0,93	0,11-3,37	0,56	0,01-3,12	0,00	0,00-2,66
23	Litija	7	8,1	0,86	0,35-1,78	0,92	0,59	0,01-3,27	0,57	0,01-3,19	0,59	0,01-3,26	1,31	0,16-4,73	1,40	0,17-5,07
24	Ljubljana	131	126,4	1,04	0,87-1,23	1,02	1,33	0,92-1,87	1,08	0,73-1,53	0,81	0,51-1,23	0,80	0,47-1,26	1,17	0,77-1,71
29	Ljutomer	6	7,7	0,78	0,29-1,70	0,94	0,00	0,00-2,01	0,00	0,00-2,05	0,63	0,02-3,49	2,94	0,80-7,54	0,91	0,02-5,06
30	Logatec	6	4,6	1,32	0,48-2,87	1,20	0,00	0,00-4,69	0,00	0,00-4,23	3,17	0,65-9,26	0,00	0,00-3,92	2,97	0,61-8,69

64	Maribor	67	71,2	0,94	0,73-1,20	1,02	0,70	0,36-1,23	0,83	0,45-1,39	0,96	0,52-1,61	0,85	0,41-1,56	1,58	0,92-2,52
34	Metlika	3	3,3	0,90	0,19-2,64	0,97	0,00	0,00-5,37	4,03	0,83-11,79	0,00	0,00-5,33	0,00	0,00-5,69	0,00	0,00-6,73
35	Mozirje	7	6,6	1,05	0,42-2,17	0,97	1,40	0,17-5,06	0,69	0,02-3,83	0,70	0,02-3,92	1,58	0,19-5,72	0,93	0,02-5,20
36	Murska Sobota	30	24,5	1,22	0,83-1,75	1,13	1,33	0,57-2,62	1,03	0,38-2,24	1,56	0,68-3,08	1,19	0,39-2,77	0,90	0,19-2,62
37	Nova Gorica	29	22,2	1,31	0,88-1,88	1,28	1,06	0,34-2,48	1,52	0,66-3,00	1,69	0,73-3,33	1,25	0,40-2,91	0,87	0,18-2,53
38	Novo Mesto	27	25,8	1,05	0,69-1,52	0,97	0,38	0,05-1,37	0,18	0,00-0,98	1,45	0,62-2,85	1,86	0,85-3,54	1,56	0,63-3,21
39	Ormož	4	7,4	0,54	0,15-1,38	0,83	0,55	0,01-3,05	0,59	0,02-3,31	0,00	0,00-2,43	0,76	0,02-4,23	0,94	0,02-5,26
40	Piran	4	6,2	0,65	0,18-1,66	0,95	0,00	0,00-3,10	0,68	0,02-3,78	1,46	0,18-5,29	0,87	0,02-4,86	0,00	0,00-3,70
41	Postojna	9	8,3	1,08	0,50-2,06	1,15	0,57	0,01-3,17	2,09	0,57-5,35	1,17	0,14-4,22	0,67	0,02-3,73	0,70	0,02-3,88
42	Ptuj	31	29,0	1,07	0,73-1,52	1,02	1,45	0,70-2,67	0,45	0,09-1,32	1,15	0,46-2,37	0,79	0,21-2,01	1,61	0,65-3,32
43	Radlje ob Dravi	4	7,5	0,53	0,15-1,36	1,00	0,00	0,00-1,96	0,00	0,00-2,09	1,29	0,16-4,66	0,00	0,00-2,89	1,92	0,23-6,93
44	Radovljica	16	13,2	1,21	0,69-1,97	1,21	1,81	0,59-4,23	1,02	0,21-2,98	1,06	0,22-3,11	0,81	0,10-2,93	1,36	0,28-3,98
45	Ravne na Koroškem	7	11,0	0,64	0,26-1,31	0,90	1,55	0,42-3,98	0,00	0,00-1,40	0,42	0,01-2,36	0,53	0,01-2,93	0,65	0,02-3,63
46	Ribnica	1	5,5	0,18	0,00-1,02	0,86	0,00	0,00-3,24	0,87	0,02-4,83	0,00	0,00-3,13	0,00	0,00-3,51	0,00	0,00-3,93
47	Sevnica	6	7,8	0,77	0,28-1,67	0,89	0,54	0,01-3,03	1,11	0,13-4,00	0,60	0,02-3,37	0,72	0,02-4,02	0,87	0,02-4,85
48	Sežana	7	8,7	0,80	0,32-1,65	1,09	0,00	0,00-1,90	0,49	0,01-2,73	1,10	0,13-3,98	1,95	0,40-5,71	0,71	0,02-3,94
49	Slovenj Gradec	5	9,1	0,55	0,18-1,28	0,96	0,52	0,01-2,87	1,46	0,30-4,26	0,00	0,00-1,88	0,59	0,01-3,26	0,00	0,00-2,57
50	Slovenska Bistrica	11	14,1	0,78	0,39-1,40	0,98	0,32	0,01-1,76	0,96	0,20-2,79	0,34	0,01-1,92	1,18	0,24-3,46	1,29	0,27-3,77
51	Slovenske Konjice	5	9,7	0,52	0,17-1,21	0,92	0,00	0,00-1,79	0,47	0,01-2,60	0,97	0,12-3,49	1,11	0,13-4,01	0,00	0,00-2,30
52	Šentjur pri Celju	6	8,1	0,74	0,27-1,61	0,89	0,00	0,00-2,19	0,55	0,01-3,05	0,00	0,00-2,13	0,66	0,02-3,67	2,98	0,81-7,62
53	Škofja Loka	15	17,2	0,87	0,49-1,44	1,07	0,61	0,07-2,22	0,54	0,07-1,95	1,08	0,29-2,76	1,76	0,65-3,84	0,32	0,01-1,78
54	Šmarje pri Jelšah	10	13,4	0,75	0,36-1,37	0,89	0,34	0,01-1,88	0,33	0,01-1,87	0,35	0,01-1,97	0,82	0,10-2,95	2,31	0,75-5,39
55	Tolmin	10	7,7	1,31	0,63-2,40	1,29	0,57	0,01-3,15	1,12	0,14-4,06	3,05	0,99-7,12	0,73	0,02-4,06	0,91	0,02-5,04
56	Trbovlje	9	7,0	1,29	0,59-2,45	1,00	0,60	0,02-3,35	1,24	0,15-4,47	2,66	0,73-6,82	1,67	0,20-6,01	0,00	0,00-3,78
57	Trebnje	6	8,0	0,75	0,27-1,63	0,90	1,17	0,14-4,22	0,58	0,01-3,22	0,00	0,00-2,22	2,02	0,42-5,91	0,00	0,00-2,60
58	Tržič	6	6,1	0,98	0,36-2,12	1,17	2,33	0,48-6,80	0,70	0,02-3,91	0,75	0,02-4,18	0,00	0,00-3,25	1,04	0,03-5,79
59	Velenje	22	18,0	1,22	0,76-1,85	1,05	1,20	0,33-3,08	1,16	0,38-2,71	1,71	0,69-3,53	0,89	0,18-2,60	1,01	0,21-2,96
60	Vrhnika	12	8,3	1,45	0,75-2,54	1,23	0,69	0,02-3,85	0,00	0,00-2,05	2,30	0,63-5,88	0,61	0,02-3,41	3,65	1,34-7,94
61	Zagorje ob Savi	5	7,0	0,72	0,23-1,68	0,88	0,64	0,02-3,58	0,64	0,02-3,55	1,37	0,17-4,95	0,00	0,00-2,92	0,90	0,02-5,02
62	Žalec	11	15,9	0,69	0,35-1,24	0,89	0,30	0,01-1,68	0,56	0,07-2,04	0,59	0,07-2,13	1,35	0,37-3,46	0,75	0,09-2,70