

POTRESI V LUČI GEOLOGIJE

DR. IVAN RAKOVEC

1. KAJ VEMO DANES O POTRESIH

Zemeljska skorja je podvržena neprestanim premikanjem. Zdaj se krči, ko se pojavi v njej pritisk od raznih strani, zdaj zopet lomi in poka radi natezanja, tako da se razkosava v večje ali manjše grude, ki se na eni strani grezajo, na drugi pa dvigajo. Ti tektonski procesi so se dogajali od začetka, ko se je napravila na zemlji skorja, pa skozi milijone in milijone let do današnjih dni. Tako so zgradili gorovja in nižine na zemeljski površini. Tudi v sedanji dobi niso ponehali, temveč se še vedno vršijo z manjšo ali z večjo silo. O tem nam pričajo v prvi vrsti potresi, ki niso nič drugega ko posledica premikanj v zemeljski skorji.

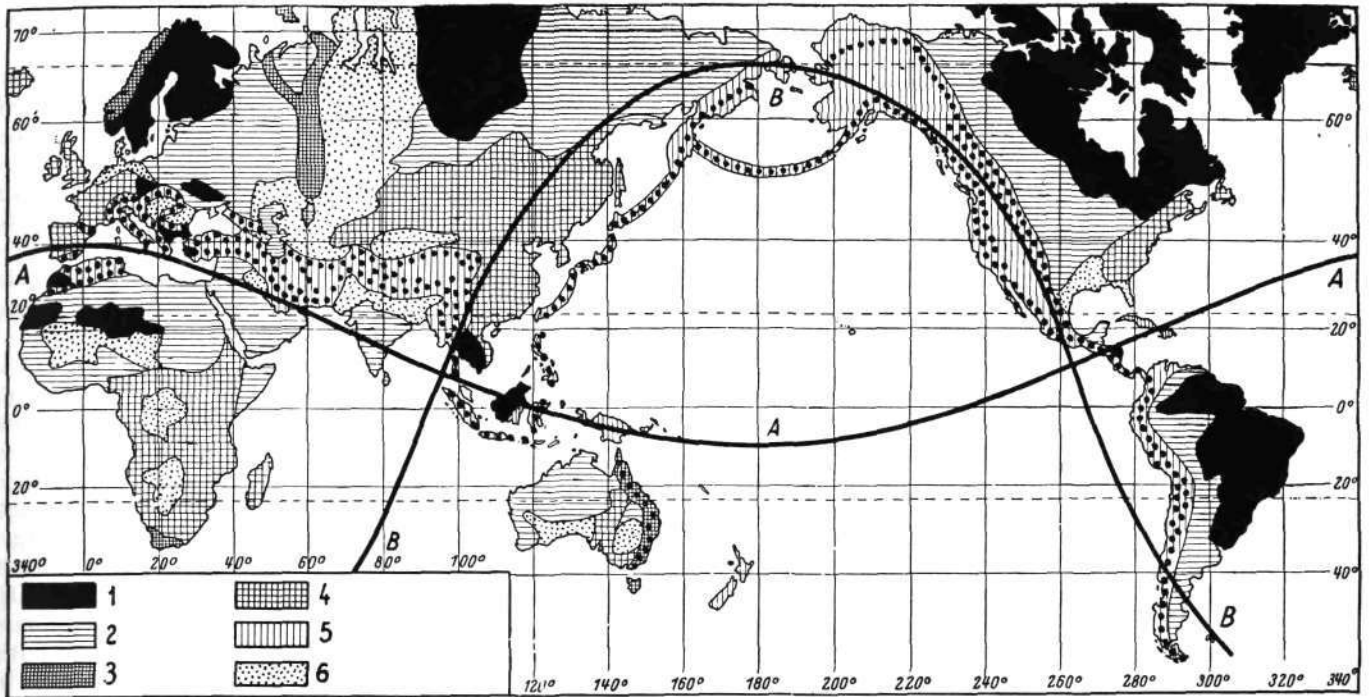
Iz dolgoletnih opazovanj vemo, da je vsako leto povprečno 10.000 potresov. Od teh je samo kakih 5000 tako močnih, da jih še ljudje čutijo (makroseizmični potresi), vse ostale potrese zaznamujejo edino občutljivi potresomeri (mikroseizmični potresi). Potresov, ki povzročajo večjo škodo, je na leto le kakih 100. Seveda je število potresov (zlasti šibkejših) v resnici mnogo večje. Iz širnih neobljudenih predelov ne moremo dobiti nikakih poročil, o potresih pod oceani pa nam poročajo le one ladje, ki so takim potresom slučajno bile priče.

Geografska razširjenost potresov oziroma potresnih ozemelj nam kaže (sl. 1.), da so potresi vezani večinoma na labilne zone v zemeljski skorji, dasi so od vulkanskih zon oziroma delovanja vulkanov večinoma neodvisni. Iz sl. 1., ki nam predočuje po potresih najbolj prizadete pokrajine zemlje, moremo povzeti, da sta na zemlji dve veliki potresni zoni: cirkumpacifična zona obdaja Pacifični ocean skoraj krog in krog, mediteranska zona pa se vleče od Srednje Amerike, kjer ima stik s cirkumpacifično zono, skozi Atlantski ocean in dalje skozi Sredozemsko morje oziroma južno Evropo preko južne Azije do Pacifičnega oceana. Tu se zopet priključi prvi zoni, tako da jo veže na obeh straneh. V teh dveh zonah imamo najmlajša in tudi najvišja gorovja na zemlji, katerih zgradba še ni povsem zaključena, tako da po malem še vedno doraščajo. To doraščanje pa spremljajo zdaj silni vulkanski izbruhi, zdaj uničujoči potresi.

Mesto v zemeljski skorji, kjer nastajajo potresi, imenujemo ognjišče ali izvorišče potresov (hipocenter) (sl. 2.). To so oni predeli, kjer se spremene potencialne energije v kinetično energijo elastičnih tresljajev. Da torej nastane potres, je potrebno, da vladajo v hipocentru napetosti. Nadaljnji pogoj za nastanek potresov so elastične kamenine, ker morejo samo v takih nastati napetosti in elastični tresljaji. Napetosti so normalno v ravnovesju. Če se poruši ravnovesje, tedaj se pretvori potencialna

energija v kinetično in tako sproži silo. Pretvarjanje energije pa morejo povzročiti predvsem sunki, bodisi sami kot taki, bodisi da jih povzročajo prelomi in drsajoča trenja. Vprašanje nastane sedaj, kateri procesi morejo povzročiti v globini zemlje sunke, prelome in drsajoča trenja, ki izzovejo potresne valove. Tu prihajajo v poštev edino geološki oziroma tektonski procesi, ki se dogajajo v zemeljski notranjosti. To so predvsem krčenje oziroma gubanje zemeljskih plasti in natezanje v njih ter vertikalna premikanja. Poleg tega je šteti sem tudi vulkanske izbruhe, magmatske intruzije in končno večje udore. Sunke povzročajo zlasti vulkanski izbruhi, magmatske intruzije in podori. Prelomi nastanejo vedno takrat, kadar je napetost, ki vlada v kameninah, radi čezmernega natezanja prekoračena. Drsajoče trenje pa se vrši posebno pri premikanju ob prelomih in pri gubanju.

Po izvoru delimo torej potrese v več skupin. Najbolj pogostni in najbolj razsežni so tektonski potresi (ca. 90 % vseh), ki nastanejo zaradi sunkovitega premikanja v zemeljski skorji. Sunkovita premikanja lahko nastanejo pri gubanju zemeljskih plasti, pri nastajanju prelomov in večjih razpok ter pri premikanju ob prelomih. Samo okoli 4 % vseh potresov nastane radi gubanja skladov in tudi njih jakost zadržuje daleč za ostalimi potresi tektonskega izvora. Nad 1 % potresov je povzročenih s tem, da nastajajo v zemeljski skorji radi natezanja prelomi in večje razpoke. Navadno pa družimo te vrste potresov z onimi, ki nastajajo radi premikanja ob prelomih. Teh je med vsemi največ (ca. 85 %). Te vrste potresi zavzamejo navadno največje dimenzije in so najbolj katastrofalni. Vsako premikanje ob prelomih tvori istočasno tudi ognjišče potresa. Potres je torej tem večji, čim globlji in daljši je prelom oziroma čim večja je prelomna ploskev. Ker pa se premikanja ob prelomih od časa do časa ponavljajo, so ob prelomnih zonah potresi najbolj pogostni. Pri tem seveda ni nujno, da bi se morala vsa premikanja, ki povzročajo potrese, javljati vselej tudi vidno na zemeljskem površju. Premikanja se večinoma že poprej izravnavajo, preden pridejo do zemeljskega površja, pač pa se gibanje samo nadaljuje do površja. To velja zlasti v tem primeru, ako leži hipocenter zelo globoko. Vulkanski potresi (ca. 7 %) navadno spremljajo vulkanske izbruhe. Ognjišče potresa pri njih navadno ne sega globoko in so zato omejeni le na okolico vulkanskega ozemlja. Udorni potresi (ca. 3 %) pa nastajajo tedaj, če se na primer podre strop podzemskih jam. Udorni potresi so v splošnem sicer zelo redki, za nas pa so tem večjega pomena, ker imamo mnogo kraškega terena s številnimi podzemskimi jamami. Samo v dravski banovini je znanih doslej nad 250



Sl. 1. Pregledna geološko-tektonska karta. Po podatkih Sieberga

A—A = mediteranska zona, B—B = cirkumpacifična zona, 1 = stari masivi, 2 = stare plošče, 3 = trupi starih gorovij, 4 = grudasta ozemlja, 5 = nagubana gorovja, 6 = nižine. Ozemlje, v katerem so potresi najbolj pogostni in najmočnejši, je označeno z debelimi pikami.

jam, po cenitvi pa jih bo vseh vsaj 3000; tu so seveda mišljene samo one, ki imajo na površju izhode. Na slovenskem ozemlju, ki je pod Italijo, pa je že sedaj znanih nad 2000 jam. Koliko neraziskanih jam pa je še v južnejših delih naše države! Pri teh potresih leži hipocenter še manj globoko kot pri vulkanskih in zato tudi potresno ozemlje ne zavzema večjih dimenzij, čeravno so nekateri med njimi zelo močni.

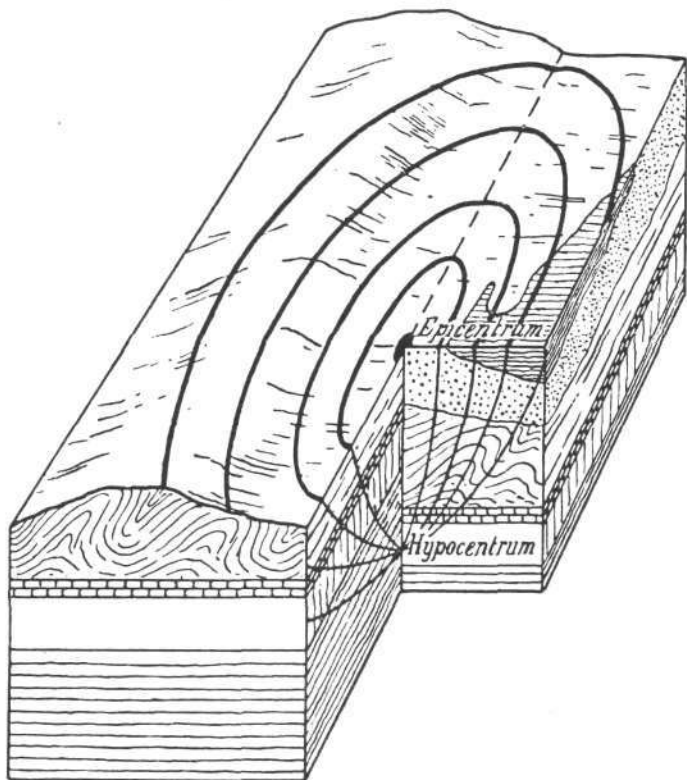
Ognjišče potresov ima lahko najrazličnejše oblike in dimenzije. Leži vedno v zemeljski skorji in to navadno v njenih zgornjih plasteh. Lahko je samo nekaj 100 m globoko, lahko pa sega tudi v globino po več deset kilometrov. Nikdar pa ne sega pod skorjo, kjer ni več trdnih kamenin, temveč se pričinja že žareče tekoča magma. Spodnja meja, do katere more segati hipocenter, leži po mnenju seizmologov okoli 120 km globoko. Sieberg meni, da more segati celo 200 km globoko, japonski seizmologi pa jemljejo kot največjo možno globino 300 km. Pri večini potresov leži hipocenter v globočini med 5 do 60 km. Čim globlje je ognjišče, tem večji obseg ima potresno ozemlje na zemeljskem površju.

Točko oziroma mesto na zemeljskem površju, ki je hipocentru najbližje, oziroma leži navpično nad njim, imenujemo središče potresnega ozemlja (epicenter) (sl. 2.). Na zemeljski površini se torej trese zemlja v tem delu najprej in tudi v največji meri. Iz izvorišča se širijo potresni valovi (longitudinalni in transverzalni) skozi elastičen medij zemeljske skorje v vse smeri (prostorninski valovi). V zemeljski notranjosti, kamor tudi prodirajo, se zaradi različne gostote globljih zemeljskih plasti različno lomijo. Potem te važne refrakcije potresnih valov

skušajo geofiziki dognati, iz kakšnih in kako debelih plasti sestoji notranjost naše zemlje. To je namreč edina metoda, ki nam more dati kolikor toliko zadovoljive podatke o zemeljski notranjosti.

V epicenter pridejo potresni valovi direktno od spodaj navzgor (sukusorični sunki), in sicer najprej longitudinalni valovi, ker so hitrejši od transverzalnih. Čim bolj se oddaljujemo od epicentra, tem manjši postaja emergentni kot, ki ga tvorijo iz hipocentra prihajajoči potresni valovi z zemeljsko površino. Poleg tega potekajo v vrhnjem delu zemeljske skorje še površinski valovi (Rayleighjevi valovi), ki se širijo od epicentra na vse strani. Ti povzročajo na zemeljskem površju najmočnejše valovito zibanje in se torej tudi v tem ločijo od prej omenjenih prostorninskih valov. Hitrost površinskih valov je mnogo manjša od one longitudinalnih in transverzalnih valov. Ker se različni valovni sistemi večkrat lomijo in križajo med seboj, nastajajo interference, ki še bolj komplicirajo gibanje zemeljske površine.

Na zemeljski površini se potresi javljajo v sunkih. Ti niso vsi enaki, temveč se med seboj bistveno razlikujejo. Iz seizmogramov (od potresomerov na papirni trak ali fotografski papir zarisane krivulje) povzemamo, da se pri vsakem potresu pojavijo najprej manjši predsunki, ki trajajo tem dalje, čim oddaljenejša je središče potresnega ozemlja. V neposredni bližini središča pa popolnoma izostanejo. Med njimi ločimo najprej prve sunke (primae undae, P), ki imajo povprečno hitrost 13 km na sekundo. To so longitudinalni valovi, ki se širijo skozi zemeljsko notranjost. Za njimi sledijo drugi sunki (secundae undae, S), ki kažejo večje amplitude in periode ter



Sl. 2. Širjenje potresnih valov iz hipocentra proti zemeljskemu površju. Hipocenter leži v prelomni črti. Debelo označene črte pomenijo izoseiste. Po Siebergu

imajo povprečno hitrost 7,5 km na sekundo. To so transversalni valovi, ki se širijo prav tako skozi zemeljsko notranjost. Za njimi šele sledi glavna faza sunkov (*longae undae*, L), ki obstoji iz tresljajev z razmeroma dolgo periodo. To so predvsem valovi, ki se širijo po zemeljski površini (površinski valovi) s povprečno hitrostjo 3,8 km na sekundo. V tej fazi nastopi tudi maksimum tresenja (*undae maximae*, M), ki pa se ne sklada vselej z maksimum amplitude. Za glavnim sunkom sledijo še manjši sunki, dokler se zemlja zopet ne umiri.

Za merjenje potresov oziroma potresnih valov se poslužujemo različnih aparatov, tako imenovanih seizmometrov. Poleg enostavnejših seizmoskopov, ki javljajo samo čas potresa, imamo več vrst seizmografov, ki beležijo potresne valove in točen potek potresa. Potresna opazovalnica na ljubljanski univerzi ima seizmograf *Wiechertovega* sistema. Pri nekaterih seizmografih piše igla (indikator) direktno na papirni trak (mehanična registracija). Ker nastaja pri tem trenje, so najfinejši tresljaji izpačeni in torej ne pridejo v pravi meri do izraza. Zato so strokovnjaki izdelali še finejše seizmografe, ki registrirajo optičnim oziroma fotografskim putem, in sicer na ta način, da reflektirajo svetlobni žarek, ki pada na konkavno zrcalo, pritrjeno na nihalo, na fotografski papir. Radi raznih pomanjkljivosti in večjih stroškov se pa ta način registracije doslej ni obnesel. Najfinejši in najbolj občutljivejši aparati, ki so zgrajeni po načrtih *Galitzina*, registrirajo gal-

vanometrično. Poleg tega so tudi še seizmografi z oscilografično registracijo. Ta način registracije je prevzel *Duckert* iz radiotehnike in ga pred nekaj leti uporabil pri seizmografih. Posebni aparati, tako imenovani klinografi, nam slednjič služijo še za merjenje nagnjenosti potresnih valov.

Z registracijo in proučevanjem seizmogramov oziroma potresnih valov (predvsem mikroseizmičnih potresov) se peča seizmometrija ali seizmika, to je oni del seizmologije, ki je krenil povsem v fizikalno smer. Njen ostali del, ki pripada dinamični geologiji, se bavi le z makroseizmičnimi potresi, pri čemer se poslužuje geoloških metod.

Po jakosti potresov razlikujemo več stopenj. Sedaj je v rabi mednarodna lestvica, ki sta jo sestavila *Mercalli* in *Sieberg* in ki vsebuje 12 stopenj. V prvo stopnjo štejeta one potrese, ki jih zaznamujejo samo potresomeri, v zadnjo pa one, ki so tako silni, da porušijo popolnoma vse, kar je človek zgradil. Potresi do 6. stopnje so še lokalni potresi. Do oddaljenosti 200 km jih še ljudje čutijo, do oddaljenosti 500 km pa jih zaznamujejo samo še seizmografi. Od 6. do 8. stopnje so mali potresi, ki jih čutijo seizmografi v oddaljenosti 500—5000 km. Potrese od 8. do 10. stopnje imenujemo srednje velike potrese; ti se čutijo z občutljivimi aparati 5000—10.000 km daleč. Potresi zadnjih dveh stopenj so veliki potresi, ki jih beležijo seizmografi še v oddaljenosti 18.000 km, in svetovni potresi, ki jih zaznamujejo aparati po vsej zemeljski obli. Ljubljanski potres iz l. 1895. bi spadal po tej lestvici v 8. stopnjo. Zadnji potres v Ljubljani (30. novembra 1934), ki so ga občutili le nekateri ljudje, bi spadal v 2. stopnjo, medtem ko bi bilo staviti potres, ki je na večer Novega leta 1926 povzročil Ljubljančanom precej strahu (v bolnišnici je radi strahu zadela nekoga kap), ni pa napravil nobene stvarne škode, v 3. stopnjo.

Oddaljenost epicentra izračunamo po preprostih formulah, ki sta jih postavila *Láska* (za oddaljenejše potrese) in *Conrad* (za bližnje potrese). Ako hočemo določiti še smer potresnih valov in točno ugotoviti, kje na zemeljski površini leži epicenter, moramo imeti seizmograme dveh horizontalnih komponent. Še bolj točno se da oboje dognati, če imamo na razpolago seizmograme treh ali več seizmometerskih postaj. Če ni dovolj seizmogramov na razpolago, si pomagamo lahko tudi na ta način, da začrtamo na globusu okoli opazovalne postaje krog z radijem izračunane oddaljenosti. Na obodu takega kroga je navadno prav lahko najti kraje, v katerih se potresi pogosto javljajo.

Vse ozemlje, v katerem se potres javlja, delimo v več zon. Pravo potresno ozemlje imenujemo pleistoseistno regijo. Potres v tem ozemlju navadno spremlja bobnenje in šumenje. Pri ljubljanskem potresu je segalo to ozemlje do Vrhniče, do vzhodja Krima, Škofljice, Laz, Kamnika, Kranja in Škofje Loke. Izven pravega potresnega ozemlja razlikujemo še dve zoni, in sicer notranjo zono, kjer lahko povzročijo potresi še precejšnjo škodo, ter zunanjo oziroma mikroseizmično zono, kjer se da potres ugotoviti samo še s seizmometri.

Površina vsega ozemlja, ki jo zadene potres, je navadno zelo velika. Ljubljanski potres l. 1895. je na primer segal na jugu do Sarajeva in Knina, v Italiji celo do Spoleta, na severu do Znojma, na vzhodu do Bratislave in Novega Sada, na zahodu skoraj do Novare in Alessandrije. Pri tem seveda ne obstaja nikako razmerje med velikostjo površine ter jakostjo potresa. Mnogokrat so močnejši potresi omejeni na manjši predel kot pa šibkejši.

Pri risanju kart potresnega ozemlja se poslužujemo izoseist (sl. 2.), to je črt, ki vežejo vse točke z enako močnimi potresnimi sunki. Vendar se izoseiste ne dajo vselej eksaktno določiti, ker običajno primanjkuje zanesljivih podatkov. Potek izoseist navadno ni koncentričen okrog epicentra, temveč je najrazličnejše oblike, ker zavisi od različnih faktorjev. V prvi vrsti vplivajo na potek izoseist prelomne črte in tektonske razmere sploh ter kakovost tal. Za grafično ponazoritev nam služijo nadalje še homoseiste, to so linije, ki vežejo vse točke, v katerih se je javil sunek ob istem času. Če tvorijo homoseiste krog okoli epicentra, imamo opraviti s centralnim potresom, če pa tvorijo zelo podolgovato elipso, govorimo o linearnem potresu. Površinski potres je nastal tedaj, če so dospeli sunki na večji površini ob istem času na zemeljsko površje. Po teh potresnih tipih moremo sklepati tudi na obliko potresnega ognjišča.

Prav lahko pa se zgodi, da nekateri predeli, ki leže sicer še v pravem potresnem ozemlju, niso od njega prav nič prizadeti. Take predele imenujemo potresne mostove.

Večkrat se dogodi, da se v različnih in zelo oddaljenih krajih pojavijo potresi skoraj istočasno. Mnogokrat so ti potresi v medsebojni vzročni zvezi.

Kot rečeno, se nam potres javlja v sunkih. Najmočnejši so horizontalni sunki, ki so povzročeni od površinskih potresnih valov. Ti so najbolj nevarni, ker rušijo poslopja in druge človekove naprave. Vertikalni sunki so mnogo šibkejši. Le kadar dosežejo največjo jakost, so v stanu vreči tudi kako opeko s strehe ali porušiti višje dele stolpov in dimnikov.

Potres se javlja na površju mnogo močnejše ko v globini, ki jo sestavljajo odporne kamenine (na primer v rudnikih). Tu se tudi najmočnejši potresni sunki komaj čutijo. Po pripovedovanju rudarjev iz Trbovelj, Hrastnika, Ojstrega, Zagorja in Hude jame, ki so bili v kritičnem času med 14. in 15. aprilom 1895 v premogovnikih, so se čutili v rovih do 200 m globoko pod površjem in ca. 1 km od vhoda v notranjost samo najmočnejši sunki, ki niso napravili nobene škode. Pod globino 200 m so se ti sunki komaj še čutili. Pač pa so vsi slišali močno bobnenje, kot da se na površju podira dnevni kop. Še manj so čutili rudarji v idrijskem rudniku (večinoma so slišali samo bobnenje), čeprav so v Idriji sami pri mnogih hišah razpokali zidovi.

Oglejmo si sedaj, kako vplivajo geološke razmere tal na potrese, in sicer zlasti na njih jakost. Po dosedanjih raziskavanjih vemo, da se javljajo potresi v nekaterih kameninah močnejše ko v drugih. Z ozirom na to delimo kamenine v glavnem v dve skupini. V prvo spadajo take, ki so seizmično varne, v drugo

pa one, ki so seizmično nevarne. Med seizmično varne kamenine prištevamo vse, ki so trdnega sestava (na primer kristalnik, kompaktni apnenčevi skladi itd.) in ki stopajo kot taki tudi do površja. Med seizmično nevarne kamenine pa štejemo vse zdrobljene, preperle plasti, sipke in prhek material. Ker so trdne kamenine navadno geološko zelo stare, rahlo sprijete ali sipke snovi pa iz mlajših in najmlajših geoloških dob, velja v splošnem pravilo: čim starejši so skladi, tem večjo varnost nudijo pred potresi. Kakor bomo pozneje videli, pa to pravilo ni brez izjem.

Trdne kamenine so le redkokje tako razgaljene, da tvorijo neposredno zemeljsko površje. Skoraj vedno so prekrte z mlajšimi naplavinami ali pa s preperelo plastjo, ki je nastala v teku časa pod vplivom atmosferilij na licu mesta. Take naplavljenosti ali preperle plasti so zato velike važnosti, ker izdatno zmanjšajo seizmično varnost trdne kamenine. Nadaljnja okolnost, ki jo je treba še upoštevati, je ta, ali leže skladi vodoravno ali pa so morda nagnjeni. V nagnjenih skladih je seizmična varnost nekoliko zmanjšana.

Pri rahlo sprijetem ali sipkem materialu je seizmična nevarnost tem večja, čim večji in čim bolj oglati so drobci kamenja in čim bolj je take plasti prepajala talna voda. Tako so na primer vodoravne glinaste plasti v času suše bolj ali manj seizmično varne, v deževni dobi pa, ko se navzamejo vode in tako močno nabreknejo, stopijo v vrsto seizmično najbolj nevarnih plasti. Grušč, zlasti oni, ki izhaja od podrtih ali porušeni stavb in ki ga pri zidanju novih poslopij niso povsem odstranili, je brez ozira na deževno dobo vedno skrajno nevaren. Med zelo nevarna tla štejejo seizmologi tudi močvirna tla in dna nekdanjih jezer, ki so se iz tega ali onega vzroka izsušila. Pa ne samo sestava, temveč tudi debelina plasti je večkrat velikega pomena. Tanjše plasti sipkega materiala so navadno bolj nevarne kot debelejšje, v katerih sila potresnih sunkov celo nekoliko pojema. Zelo debele plasti pa so bolj nevarne od tanjših radi povečanega notranjega trenja.

Z ozirom na seizmično varnost razlikujemo med trdnimi kameninami več skupin. Seizmično najbolj varne so magmatske kamenine, nato slede apnenci in dolomiti, potem peščenjaki, sprimki (brečije), labore (konglomerati) in naposled blestniki, glinasti skrilaenci in vulkanski grohi. To velja seveda le tedaj, če te kamenine niso prekrte z gruščem ali preperelo odejo in če niso močno prepokane. Kot absolutno varni brez ozira na omenjene okolnosti veljajo le kremenovci (kvarciti), kremenasti skrilaenci in marmorji.

Poleg kamenin samih je za širjenje in jakost potresov zelo velikega pomena tudi tektonska zgradba. Predvsem važne so prelomne zone, ker se javljajo potresi v njih in ob njih z mnogo večjo silo nego drugod. Že davno je znano, da nastajajo posebno katastrofalni potresi na onih mestih, kjer se prelomi križajo. Kjer pa so skladi premaknjeni bolj ali manj vodoravno (na primer pri krovnih narivih), se širijo potresni valovi večinoma le v podlagi (v spodnjem skladovnem kompleksu), medtem ko v pokrovu (v zgornjem skladovnem kompleksu) ni čutiti tako

močnih sunkov. Kjer se torej pokaže podlaga na dan, se potresi močneje javljajo. Iz tega pa seveda še ne smemo sklepati, da bi pojemala jakost potresov na površju tem bolj, čim bolj nagnjena bi bila prelomna ploskev. Jakost pričanja pojema še le tedaj, če spodnji rob prelomne ploskve radi manjše nagnjenosti ne sega več do hipocentra, oziroma do njegove bližine. Zato bi veljalo pravilo, da pojema jakost potresnih sunkov z večjo nagnjenostjo prelomne ploskve samo v primeru, da se pričanja s tem izdatno manjšati tudi globina, do katere sega prelom. V ozemlju, kjer nastopajo stari nagubani skladi, se širijo potresni valovi mnogo hitreje v smeri gub, kot pa pravokotno nanje.

Poleg nagnjenosti in razsežnosti (predvsem globine) prelomne ploskve zavisi jakost potresov še od drugih faktorjev. Kajti prelomi niso vsi enaki. Nekateri zevajo, drugi so stisnjeni tako, da moremo stikališče obeh prelomnih ploskev komaj še zaslediti. Mnogo prelomov in razpok je zapolnjenih, bodisi z enakim materialom, iz kakršnega so prelomljeni skladi, bodisi da je bil vnešen vanje povsem tuj material. Te razlike pri prelomih so za jakost potresov precejšnjega pomena. Najbolj nevarni so odprti ali zevajoči prelomi. K sreči so taki prelomi razmeroma zelo redki, ker se zaradi gorotvornega pritiska kmalu stisnejo ali pa zapolnijo z gruščem, ki pada vanje. Z gruščem zapolnjeni prelomi so nekoliko manj nevarni, najmanj nevarni pa so oni, ki so bili stisnjeni radi pritiska ali pa zapolnjeni z lavo in tako trdno spojeni z ostalo kamenino.

Ta dejstva, ki temelje na izkušnjah in jih novi potresi vedno znova potrjujejo, so napotila seizmologe, da so pričeli ugotavljati prelome s pomočjo potresnih opazovanj tudi v krajih, kjer jih doslej še nismo poznali, bodisi da so prekriti z debelo odejo sipkega materiala, bodisi da potekajo skozi enakšno neskladovito kamenino, tako da na zunaj niso vidni. Poznejša raziskavanja tektonskih razmer, ki so se vršila pod ugodnejšimi prilikami (pri napravi predorov, pri globokih vrtanjih itd.), so v splošnem potrdila ugotovitve seizmologov. Preiskovalne metode te vrste so danes že tako izpopolnjene, da se jih poslužuje pri ugotavljanju rudnih slojišč, vodnih žil itd. tudi že moderna tehnika.

Iz vsega tega torej sledi, da so pred potresi najbolj varne one stavbe, katerih temelji so zidani na živo, trdno kamenino. Če so taka poslopja zgrajena po načrtih, ki so jih izdelali *Montessus de Ballore* in *Briske* za potresna ozemlja,¹ tedaj lahko kljubujejo tudi najmočnejšim potresom. Mnogo večje previdnosti je treba pri zgradbah na sipkem ali le rahlo sprijetem materialu. Prav tako povečuje nevarnost močno nagnjeno površje, kjer morejo potresi vkljub največjim varnostnim odredbam uničiti prav

vse. Zato se pri gradbah v ozemljih, kjer so potresi tako rekoč na dnevnem redu (na primer na Japonskem), zelo izogibljejo sipkih tal in nagnjenega površja.

Potresi ne uničujejo in poškodujejo samo hiš in drugih naprav človeške roke, temveč deformirajo mnogokrat tudi zemeljsko površje tako močno, da dobi popolnoma drugo lice. Taki katastrofalni potresi so razmeroma redki. Eden najzanimivejših primerov te vrste je bil potres v severnem Tianšanu v centralni Aziji 4. januarja 1911, ki je površje razkosal dobesedno v številne grude. Nekatere od teh so se bile dvignile, druge zopet pogreznile, tako da je iz prvotne ravnine nastal hribovit svet. Znani so tudi primeri, ko je ob potresu zazevala zemlja in so tako nanovo nastali prelomi. Pri zadnjem velikem bolgarskem potresu med 14. in 18. aprilom 1928 je nastal med Rodopskim masivom in Bolgarskim sredogorjem (Srednjo goro) približno 90 km dolg prelom. Tudi pri potresu v San Franciscu 18. aprila 1906 je zazevala zemlja, vendar pa je ta 600 km dolgi prelom, kakor so dognali geologi, obstajal že prej in je ob potresu le nanovo oživel.

Kadar nastanejo prelomi ali podobni premiki v zemeljski skorji, spremene običajno tudi vodne žile svojo smer. Medtem ko usahne na ta način na eni strani vrsta studencev, se na drugi strani pojavijo v kakem oddaljenem kraju novi izvirki. V obmorskih predelih je pogosto opaziti, da se pri potresu pogrezne nekoliko tudi obala. Pri messinskem potresu 28. decembra 1906 se je pogreznila obala v okolici Messine za približno 60 cm. Za časa silnega potresa v Tokiju 1. septembra 1923, ki je bil doslej največji, kar jih pozna zgodovina, se je bližnja obala najprej dvignila za 4—7,5 m, v naslednjih dneh pa se je zopet pogreznila.

Seizmologija napreduje od leta do leta, potresnih opazovalnic je po svetu čedalje več, leto za letom se izdajajo katalogi vseh potresov, ki jih beležijo najobčutljivejši seizmografi. Upati bi torej smeli, da bi se že vendarle dalo na podlagi številnih opazovanj in izkušenj doseči tudi glede napovedovanja potresov kaj pozitivnega. Poznamo sicer vzroke, radi katerih nastajajo potresi, ne poznamo pa še povoda, ki jih sproži. Prvotno so mislili, da spadajo med glavne povode kozmični vplivi (sončne pege, pozicija sonca, meseca in planetov), dalje plimovanje morja in zemeljske skorje, pa tudi letni in dnevni časi. Zadevna raziskavanja so že dalj časa v teku, vendar se tako vplivanje doslej še ni dalo dokazati. Vkljub temu se zdi *Cornadu* precej verjetno, da obstoji neko razmerje med pojavi atmosfere in hidrosfere in med pogostnim pojavljanjem potresov in da morejo prav tako sprožiti potrese pozicija meseca ozir. plimovanje trdne zemeljske skorje, kakor tudi premikanje tečajev. *Philippsonu* se zdi v tem pogledu važen zlasti vpliv zračnega tlaka. Spremembe v zračnem tlaku (predvsem hitra in znatna kolebanja zračnega tlaka) bi namreč po njegovem mnenju kaj lahko sprožile obstoječe napetosti v zemeljski skorji.

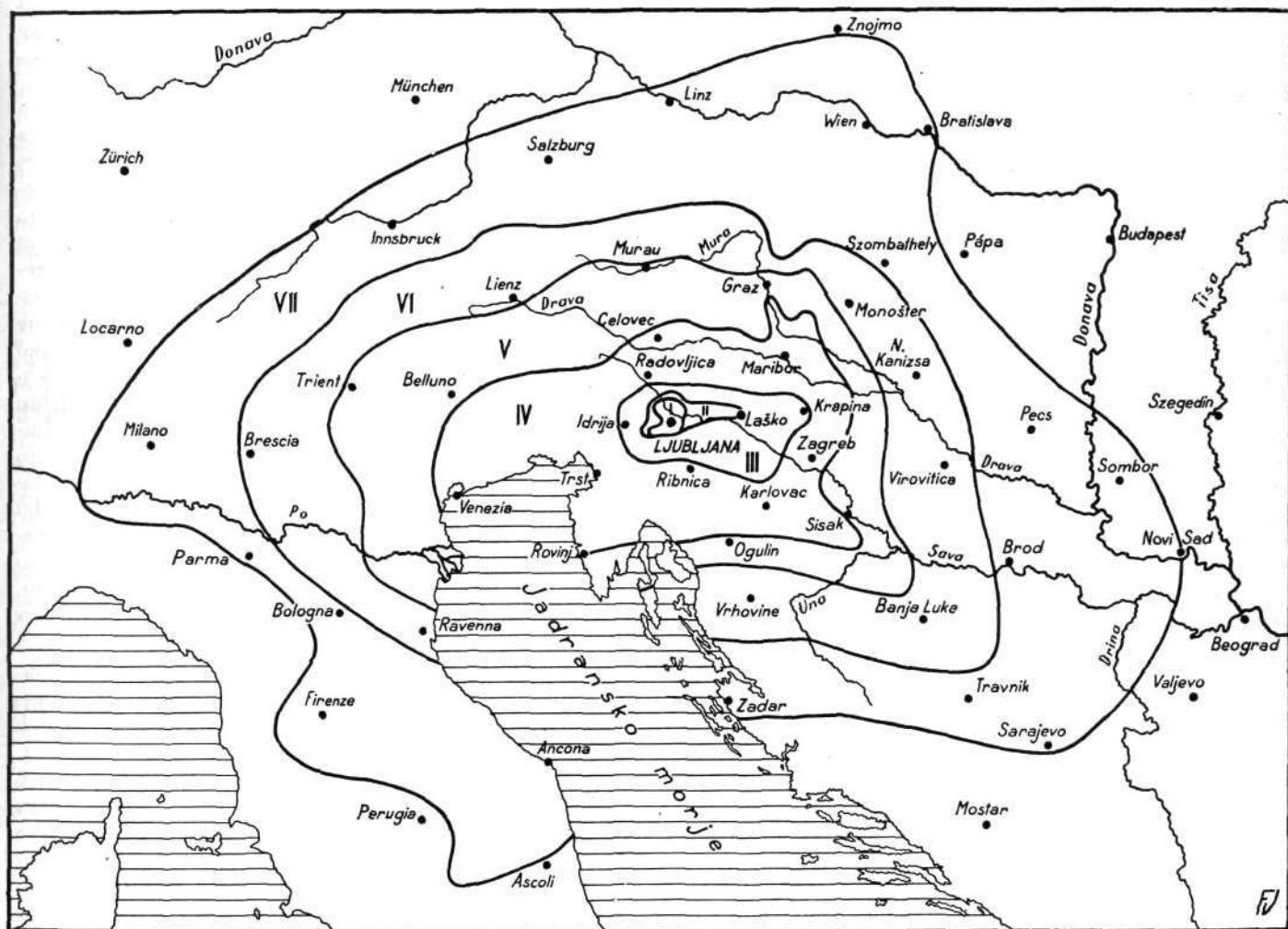
Japonski seizmologi so skušali napovedovati potrese s pomočjo magnetne igle. Dalj časa so namreč

¹ V tem pogledu sta za gradbene inženjerje posebno važni razpravi: *F. de Montessus de Ballore*, *L'art de construire dans les pays à tremblements de terre*. (Gerlands Beiträge zur Geophysik, VII, 1904) in *R. Briske*, *Die Erdbebensicherheit von Bauwerken*. (Die Bautechnik, 1927, ter *Zeitschrift für Geophysik*, IV, 1928).

opažali, da so se pred večjimi potresi večkrat pojavile motnje magnetne igle, ki so jih imenovali magnetne nevihte. To se je vršilo navadno kakih 30 ur pred nastopom potresa. Tudi v Nemčiji so opazili l. 1911. take motnje, ki so se pokazale prav tako 30 ur, ponekod pa celo 56 ur pred začetkom potresa. Vendar se v praksi tudi to ni obneslo. R. Lang je dognal, da morejo nastati take magnetne nevihte edinole po nastajajočih intruzijah v zemeljski skorji. Sieberg nasprotno meni, da so motnje magnetne igle povzročene tudi po dislokacijah (premikanja ob prelomih, eventualno tudi gubanja). Te pa bi po mojem mnenju prišle v poštev le takrat, kadar se po njih specifično težje kamenine znatno bližajo zemeljskemu površju. Vendar so po magmatskih intruzijah povzročeni potresi tako redki, da ta metoda praktično sploh ne pride v poštev. Vsi poizkusi, da bi mogli kdaj napovedati potrese, so se dozdej izjalovili. Sieberg, eden izmed najbolj upoštevanih seizmologov, je celo izjavil, da je mnogo bolj pečati se s koristnejšimi problemi kot pa z napovedovanjem potresov, ki ni nič drugega kot utopija.

2. LJUBLJANSKI POTRES L. 1895. Z GEOLOŠKEGA VIDIKA

Potres, ki ga je doživela Ljubljana v noči med 14. in 15. aprilom 1895, je bil le eden v številni seriji potresov, ki so se javljali že v prejšnjih stoletjih. Zgodovina nam poroča o potresih, ki so prizadeli Ljubljano in njeno okolico, skoraj za 1000 let nazaj. Tako vemo, da so bili potresi v letih 1000, 1340, 1348, 1509 in 1511 skoraj tako silni kot potres l. 1895., ali pa morda še celo bolj katastrofalni (Mitteis, Über Erderschütterungen [Erdbeben] in Krain. Jahreshfte d. Ver. d. Landesmuseums, 1862, p. 96). Kakor ugotavlja Belar (Beiträge zum Erdbeben von Laibach am 14. und 15. April 1895, seine Verbreitung und Berechnung der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit desselben. Mitt. d. naturw. Ver. a. d. k. k. Universität in Wien, 1896, pp. 15—16), je bil potres leta 1511., pri katerem je bila Ljubljana v epicentru, tako močan, da je tedanje pleistoceno ozemlje zavzemalo mnogo večji obseg kot pa ono iz l. 1895. Radics pripoveduje o tem potresu (Das grosse Erdbeben in



Sl. 3. Karta potresnega ozemlja z dne 14. in 15. aprila 1895. Po F. E. Suessu

Vrisane so samo važnejše izoseiste, ki ločijo posamezne potresne zone. I = pleistocena regija; tu so bila poslopja najhujše poškodovana, II = zona, kjer so bila poslopja še močno poškodovana, III = zona z manj občutno škodo, IV = zona z nezatno škodo, V—VII = zona, kjer ni povzročil potres prav nobene škode. Izven VII. zone so občutili potres samo potresomeri.

Krain im Jahre 1511. Laib. Ztg. 15. maja 1895), da je bil tako hud, da so ga čutili tudi na Dunaju in da se je tam celo zvonik Sv. Štefana pri tem nekoliko poškodoval. Koliko je bilo v tej dobi šibkejših potresov, nam zgodovina ne pove. Iz 17. in 18. stoletja pa imamo že več poročil tudi o slabotnejših potresih, medtem ko iz 18. stoletja ne vemo ničesar zanesljivega. Podatki *Mitteisa* segajo le do leta 1858. *Seidl* trdi (*Die Erderschütterungen Laibachs in den Jahren 1851—1886. Sitzb. Akad. Wiss. Wien, 107, I, 1897, p. 3*), da so njegovi podatki za prvo polovico 19. stoletja nepopolni. Po *Seidlovih* ugotovitvah (l. c., pp. 6—7) so se vrstili od 1852—1886, z izjemo nekaj vmesnih let, potresni sunki tako pogosto, da je bilo čutiti vsako leto povprečno 1—3 sunke. Ti potresi pa so bili večinoma lažjega značaja. Na podlagi tega sodi *Seidl*, da je to neka normala za Ljubljano (l. c., p. 12). Z nastopom nove potresne periode, kakršna je bila na primer v Zagrebu od 1880—1883 ali pa v Ljubljani od 1895—1899, meni, da je treba računati šele takrat, ko se poveča število potresnih sunkov, ki jih je bilo čutiti ob različnih dneh v teku enega leta, izdatno nad normalo. Med potresi, o katerih poroča *Seidl*, je povzročil precej škode v Ljubljani edinole oni iz l. 1870., katerega epicenter je bil v Klani. Precej močen je bil tudi potres l. 1880., ko je bil epicenter pri Zagrebu oziroma v območju Sljemena, vendar pa ni v Ljubljani napravil nobene škode. *Belar* pravi v svojem poročilu o ljubljanskem potresu (l. c., p. 1), da je bilo v Ljubljani vsako stoletje po več potresov, vsako drugo stoletje pa da so se ponavljali katastrofalni potresi. Ljubljanski potres prišteva k sekularnim pojavom, ki so tipični za naše alpsko ozemlje oziroma za severno obrobje Jadrana.

Toda zgodovina poroča samo o onih potresih, ki so jih občutili ljudje. Potresi pa so se pojavljali v naših krajih že mnogo poprej, preden se je sploh človek naselil na zemlji, in so bili mnogo silnejši od današnjih. O tem nas poučuje geologija, ki skuša razbrati iz zemeljskih skladov vse tajnosti, vse dogodke, vse spremembe, ki so se dogajale v prejšnjih geoloških dobah na zemeljskem površju.

Zanimivo je, da so se že dolgo pred ljubljanskim potresom pojavljali manjši potresni sunki. V Zagorju in v Trbovljah so čutili prve sunke že 8. marca; naslednji dan so se ti ponovili. 8. in 9. aprila so čutili lažji potres v Novem mestu, pa tudi v Stopičah, Črmošnjicah, Soteski, Mirni peči in Sevnici. *F. E. Süss* meni, da ni bil potres v Novem mestu in njegovi okolici v nikaki zvezi s poznejšim ljubljanskim potresom, ker je Novo mesto že dalj časa znano kot samostojno središče potresov (*Das Erdbeben von Laibach am 14. April 1895. Jb. Geol. R. A. Wien 1896, p. 477*). 12. in 13. aprila se je pojavil potres v Metliki in Ajdovcu. V Ljubljani sami pa so čutili lažje potresne sunke že 31. marca.

V usodni noči med 14. in 15. aprilom so se pričeli potresni sunki ob 23^h 16' in so trajali do 6^h 52' naslednjega dne. Vseh potresnih sunkov je bilo kakih 30—40 (navedbe posameznikov v tem oziru zelo variirajo). Najhujši so bili oni med 23^h 17' in 3^h 37', ki so povzročili večinoma vso škodo. Po statistiki je

bilo v Ljubljani 10,3 % vseh poslopij tako poškodovanih, da so jih morali podreti. K sreči je zahteval potres v mestu samo 2 človeški žrtvi, v okolici pa 5. O številu onih, ki so pozneje umrli bodisi radi tega ali onega vzroka, povzročenega po potresu, pa statistika ne poroča.

Hipocenter se pri ljubljanskem potresu ni dal točno ugotoviti. Kakor domneva *F. E. Süss* (*Das Erdbeben von Laibach am 14. April 1895. Vhdl. Geol. R. A. Wien 1896, p. 91*), je ležal nekje v globini med 60 in 200 km.

Tudi po glavnem potresu so se pojavljali v Ljubljani in raznih drugih krajih še dolgo časa manjši potresni sunki. Do oktobra 1896 so jih našli kakih 200. Iz *Belarjevih* poročil (*Laibacher Beben. Aus dem Jahresber. d. k. k. Staats-Oberrealsch. in Laibach f. d. Schuljahr 1899/1900. 1900, p. 16*) moremo sklepati, da je bila potresna perioda v l. 1899. zaključena. Od tedaj so se namreč potresi zelo redko javljali (povprečno 1—3 sunki na leto), kar smatra *Seidl* za normalno stanje.

F. E. Süss je po naročilu dunajskega geološkega zavoda, ki je zbiral tedaj vse podatke o ljubljanskem potresu, prepotoval in geološko proučil vse prizadeto ozemlje. Po njegovih podatkih je obsegalo pravo potresno ozemlje (sl. 3) vse Barje, Ljubljansko, Mengeško in Kranjsko-sorško polje. Pleistoseistna regija je bila torej omejena na ravninski svet. Notranja zona izven tega pravega potresnega ozemlja, v kateri so bila nekatera poslopja še zelo poškodovana, je segala na vzhodu do Varaždina, Zagreba in Siska, na jugu do Kostajnice, Vojniča, Kraljevice in Pazina, na zahodu do Benetk, na severu do Celovca, na Štajerskem pa skoraj do Gradca. Zunanja zona, v kateri so ljudje še občutili potres, ni jim pa povzročil nobene škode, je obsegala vse ostalo potresno ozemlje med Kninom, Sarajevom, Krupnjem, Šabcem, Rumo, Novim Sadom, Bajom, Bratislavo, Znojmom, Freistadtom severno od Linza, Rosenheimom na Bavarskem, Lunganom v Švici, Novaro, Parmo, Sieno, Spoletom in Ascolijem v Italiji. Vse potresno ozemlje je torej zavzemalo skoraj vse Vzhodne Alpe in ves obrobni del severnega Jadrana. Občutljivi seizmografi pa so registrirali ljubljanski potres še daleč izven tega ozemlja, tako na primer v Wilhelmshavnu, v Potsdamu, Strassbourgu, Grenoblu, Köbnhavnu, na Ischiji, v Rimu in v drugih krajih.

Maaß, ki je v Nemčiji med prvimi poročal o ljubljanskem potresu (*Zum Laibacher Erdbeben. Geogr. Zeitschrift, I, 1895*), *Hoernes* (*Über das Erdbeben von Laibach und seine Ursachen. Mitt. naturw. Ver. f. Steiermark, 1895, p. XLIX*), kakor tudi *F. E. Süss* (l. c., p. 610) so naziranj, da je bil ta potres tektonskega izvora. To nam prav lepo kaže geološka zgradba celotnega potresnega ozemlja. Alpe kakor tudi Dinarsko gorstvo pripadajo najmlajšim nagubanim gorovjem v Evropi. Obe gorovji kot večina ostale južne Evrope (razen španske Mesete in nekaterih masivov) pripadata tedaj labilni zoni zemeljske skorje, ki se še ni povsem umirila. Vulkanski izbruhi so sicer omejeni le na južno Italijo in na nekatere italijanske

in grške otoke, zato pa so potresni pojavi v tej zoni tem pogostejši in učinkovitejši.

V tem ozemlju se tektonske sile niso javljale samo v gubanju, temveč tudi v grezanju in dviganju ob številnih prelomih, ki so razkosali ozemlje v nešteto grud. Iz sl. 4, ki pregledno ponazoruje vse območje Sredozemskega morja, je razvidno, da preprezajo ozemlje v glavnem trije sistemi prelomov. Najstarejši sistem poteka od jugovzhoda proti severozahodu. Pozneje so nastali prečni prelomi, ki potekajo od jugozahoda proti severovzhodu, a so večinoma bolj lokalnega značaja. Tretji sistem je najmlajšega nastanka. Njegovi prelomi potekajo od severa proti jugu. Med vsemi prelomi kažejo prečni največjo labilnost, tako da se ob njih zelo pogosto javljajo potresi in to zlasti tam, kjer se ti prelomi križajo s podolžnimi, ki potekajo v smeri od severozahoda proti jugovzhodu. Samo ob sebi je umljivo, da so na kartici označeni radi preglednosti samo glavni prelomi, predvsem oni, ki so važni za sredozemski svet. V resnici jih je mnogo več, tako da jih na kartici niti vrisati ne bi mogli, če bi hoteli označiti vse, ki jih doslej poznamo. Taka kartica bi nam s svojo izredno gosto mrežo prelomov šele dala pravo sliko o tem, kako je zemeljska skorja v tej labilni zoni razkosana na mnogoštevilne grude, ki so se ob teh prelomih deloma grezale, deloma dvigale.

Za naše kraje posebej so najvažnejši tisti prelomi, ki obdajajo severno obrobje Jadrana. To so po E. S u e s s u tako imenovani periadriatski prelomi. Ob teh prelomih se grude polagoma znižujejo v smeri proti Jadranu. Ti prelomi so razvidni iz sl. 5., na kateri so vrisani prav tako le najvažnejši.

Ljubljanska kotlina, ki je bila središče potresa, je tektonsko še radi tega posebno važna, ker leži na meji med Alpami in Dinarskim sistemom. Ljubljanska kotlina v ožjem smislu (t. j. Radovljiška kotlina, Dobrave, Kranjsko-sorško polje ter severni del Mengeškega polja) je udorina in torej od vseh strani obdana od večjih ali manjših prelomov. Ljubljansko barje, Ljubljansko polje in južni del Mengeškega polja pa so po nastanku doline, ki so se pričele pozneje tudi grezati. O tem nam priča izredna debelina naplavin (na Barju so vrtali 51'5m globoko, pa še niso prišli do žive skale). Tudi ta grezanja se morajo vršiti ob nekkih prelomih, ki jih pa danes večinoma še ne poznamo.

Od vseh prelomov naj posebej omenim le tiste, ki so bili pri ljubljanskem potresu odločilnega pomena. Ob Savi poteka med Karavankami in Julijskimi Alpami savski prelom, ki se vleče dalje proti vzhodu na južni strani Storžiča, ob južnem vznožju Savinjskih Alp, kjer se pri Žagi obrne proti severovzhodu, t. j. proti Bistri. Z njim vzporedno poteka ob južnem vznožju Savinjskih Alp še nekaj manjših prelomov. Ob severnem robu posavskih gub poteka zopet prelom, ki se vleče preko Ljubljanske kotline, in sicer po mnenju K o s s m a t a (Mitt. Geol. Ges. Wien, VI, 1913, Taf. IV) od Šenturške gore mimo Kranja proti zahodu ob južnem robu Jelovice. Ob severnem robu Ljubljanskega barja sicer prelom še ni povsem dognan, toda stratigrafske razmere kažejo na nekaterih

mestih na to, da poteka prelomna črta od Kosez mimo Viča proti južnemu delu Ljubljane. Od Škofljice proti severu oziroma severovzhodu poteka krajši prelom mimo Molnika. Ta ima bržkone zvezo s prelomom, ki se vleče od Drenovega griča mimo Horjula na sever do Poljanske doline. Po K o s s m a t u (l. c.) je iskati to zvezo po sredini Barja. Medtem ko izjavlja S u e s s (l. c., p. 610), da ni v stanu ugotoviti, na katero prelomno črto naj bi bil vezan ljubljanski potres, domneva M a a s (l. c., p. 395), da poteka od Radovljice mimo Kranja in Ljubljane in ob Krki mimo Žužemberka in še dalje proti jugovzhodu mimo Karlovca tako imenovani »ljubljanski prelom«, ki naj bi bil izhodišče potresnih sunkov. Konstrukcija tega preloma pa se mi zdi, vsaj za območje Ljubljanske kotline, neutemeljena. Tudi potek izoseist (sl. 3.) ne potrjuje njegove domneve. Po mojem mnenju je bil izhodišče potresa prelom, ki poteka tudi skozi Ljubljano, toda v drugi smeri, namreč od juga proti severu oziroma severo-severozahodu. Za ta ljubljanski prelom, ki stratigrafsko še ni ugotovljen, govore naslednji znaki. V Ljubljani sami so bile l. 1895. v največji meri poškodovane hiše, ki so stale v zoni med Gradom in Rožnikom (cf. Wirkungen des Erdbebens vom 14. April 1895 in der Stadt Laibach dargestellt von A d. G. S t r a d a l, 1 : 5760, Jb. geol. R. A. Wien, 1896, Taf. VIII). Ta zona sega na jugu približno do Trnovske ulice, na severu pa skoraj do Ajdovščine. Med ostalimi hišami v Ljubljani so bile nekatere tudi tako močno poškodovane, da jih je bilo treba podreti, vendar so te stale na različnih mestih. Verjetno je, da so te bile poškodovane radi slabše konstrukcije ali kakih drugih vzrokov. Od Trnovega proti jugu je segala zona najbolj prizadetih naselij (Ilovica, Karolinska zemlja, Studenec) proti Igu do vznožja Krima. Ob vsem krimskem vznožju so bile poleg Studenca najbolj poškodovane naselbine, ki so v neposredni bližini te vasi, to so Iška Loka, Matena, Brest in Iška vas. Severno od Ljubljane je segala zona mimo Dravelj, Šentvida, Vižmarij in Skaručne do Vodice. Vodice so bile poleg Ljubljane od vseh vasi v ljubljanski okolici najhuje poškodovane. Od Vodice je segal potresni pas med Šenčurjem in Cerkljami še dalje proti severu, kjer se je priključil prelomni črti, ki jo domneva K o s s m a t med Jelovico in Šenturško goro in ki teče mimo Šenčurja in Cerkelj.

Zanimivo je, da so občutile Vodice tudi pri poznejših potresih, ki so sledili glavnemu, večkrat močnejše sunke kot bližnja in daljna okolica (B e l a r, Laibacher Beben. 1900, pp. 5, 7, 9, 11—13). To bi zopet v neki meri pričalo, da poteka skozi Vodice potresna oziroma prelomna črta.

M a a s o v a trditev (l. c., p. 388), da bi bile najbolj poškodovane hiše v onih ulicah, ki imajo smer vzhod-zahod in to predvsem na levi strani Ljubljanice (radi proda), ni povsem upravičena. Načrt mesta, ki ga je v ta namen izdelal S t r a d a l (l. c.), kaže prav nazorno, da je bila dolina med Gradom in Rožnikom glavna potresna zona. Najhuje pa so bile v tej zoni poškodovane hiše med Gosposko in Vegovo ulico.

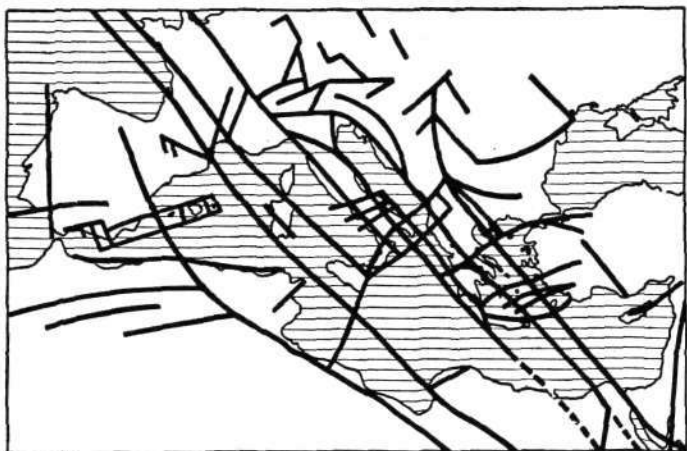
Omenim naj še, da so po Belarjevem poročilu (Beiträge zum Erdbeben von Laibach . . . , p. 3) prihajali sunki od juga in se pomikali proti severu. To postopno rušenje se je pričelo tudi v Ljubljani najprej v južnem delu, v Trnovem. Večina ljudi je imela tedaj vtis, da prihajajo sunki, pa tudi bobnenje od Krima sem. Vendar pa F. E. S u e s s tem poročilom oziroma vtisom ne pripisuje prav nobene važnosti.

Ta zona močno poškodovanih vasi bi torej kazala, da poteka pod Ljubljanskim barjem in pod Ljubljano ter pod Ljubljanskim in Kranjsko-sorškim poljem približno od juga proti severu prelom, ki je zakrit z mlajšimi naplavinami. Brez dvoma so vplivali na huje prizadete vasi tudi še drugi činitelji (kakovost tal, gradbeni material in konstrukcija poslopij). M a a s celo meni (l. c., p. 388), da so bile hiše v ljubljanski okolici porušene oziroma poškodovane predvsem radi slabega gradbenega materiala (tako omenja, da so rabili ponekod za zidavo tudi nepravilno oblikovane glinaste skrilavce) in radi slabe konstrukcije. Radi tega je torej ugotovitev te za Ljubljano tako pomembne prelomne črte in njenega poteka precej otežena. Za točno in zanesljivo ugotovitev bi bilo seveda nujno potrebno napraviti več vzporednih vrtanj vzdolž domnevane zone.

Domnevani ljubljanski prelom ima pri Igu brčkone zvezo s prelomom, ki se vleče proti jugovzhodu. Verjetno je, da se ta nadaljuje tja do Kočevske Reke in morda še dalje v isti smeri skozi Gorski Kotar.

Da ta prelomna zona ne sestoji iz enega samega preloma, temveč brčkone iz več vzporednih, dokazuje manjši prelom na Gradu, ki sem ga ugotovil na njegovem zahodnem pobočju in ki poteka povsem vzporedno z omenjeno glavno zono (Geogr. vestnik, VIII, 1932, pp. 45—46).

Poleg tektonskih razmer je na potek oziroma jakost ljubljanskega potresa v znatni meri vplivala tudi geološka sestava tal. Pravo potresno ozemlje je bilo omejeno, kot že rečeno, na nižinski del, in to le na jugovzhodni del ljubljanske kotline. Ves ta ravninski del je prekrit z najmlajšimi naplavinami, predvsem s prodrom, ki prehaja ponekod v drobnejši pesek, na Barju pa prevladuje med naplavinami glina



Sl. 4. Sistem prelomov v območju Sredozemskega morja. Po Siebergu

in mivka, oziroma s peskom pomešana glina.² Kjer so v ravnini glinasta tla (na Barju, med Ljubljano, Vičem in Dravljami in nedaleč od vznožja Rožnika in Golovca), tam so bile hiše mnogo bolj poškodovane, kot pa na terenu, ki sestoji iz proda ali celo iz konglomerata. Da je konglomerat še bolj varen od proda, nam dokazujeta Kranj in Okroglo, ki nista utrpela skoraj nobene škode. Zdi se, da se je ob tej konglomeratni terasi, ki leži onstran Kokre, zajezila potresna sila.

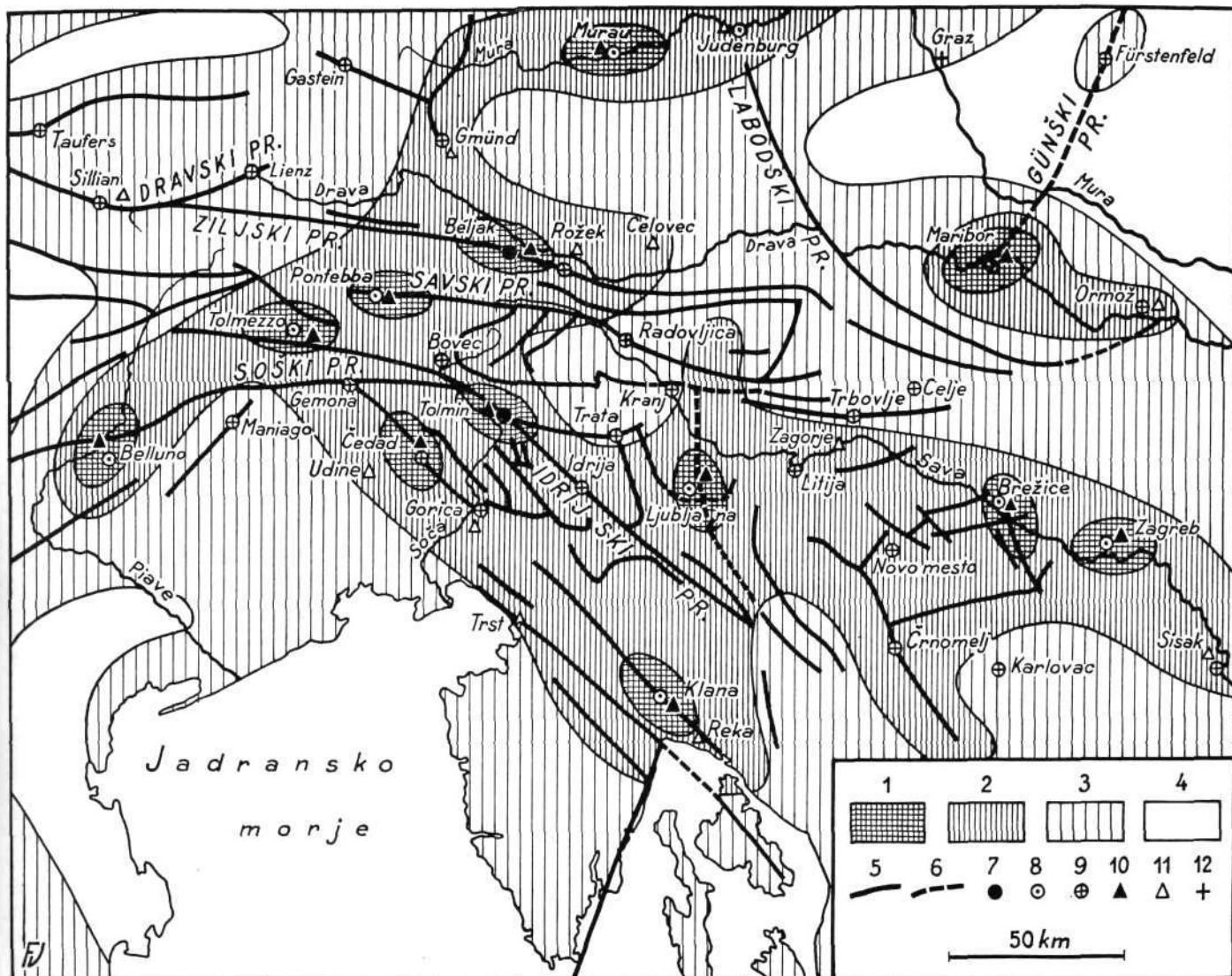
Na okolišnem gričevju, pa tudi na osamelcih v sredini ravnine, to je na Šmarni gori in na Rašici, ni bilo opaziti večjih poškodb. Na Šmarni gori, kjer so temelji cerkve in ostalih poslopij vzdani v živo trdno skalo apnenca, ni bilo skoraj nobene škode. Na karbonskem gričevju, ki sestoji pretežno iz glinastih skrilavcev in kremenovih peščenjakov, ki niso več tako odporni kot so apnenci, je bila po potresu povzročena nekoliko večja škoda, a vendar mnogo manjša kot v ravnini. Tudi v Ljubljani sami so bile hiše na Gradu in tik pod njim najbolj obvarovane. Za hude poškodbe grajskega poslopja je treba vzrok iskati brčkone v drugih okoliščinah.

Zanimivo je, da so se na strmih dolomitnih pobočju Šmarne gore nad Vikrčami odkrušile pri potresu velike skale. Nekatere večje izmed njih so prigrmele celo do ceste v bližino Zgornjih Pirnič, kot je to na licu mesta ugotovil F. E. S u e s s (Erster Bericht über das Erdbeben von Laibach [de dato Laibach, 3. Mai]. Vhdl. geol. R. A. Wien, 1895, p. 205). V dolomitni steni so se potem še dolgo poznali sledovi odkrušenih mest. Že dolomit sam je zelo krhek, na tem prisojnim mestu pa je poleg tega izpostavljen podnevi pekočim sončnim žarkom, ponoči pa razmerno nizki temperaturi. Zato dolomit na tem mestu tako hitro prepereva in se vedno kruši. Radi tega ni čudno, da so potresni sunki sprožili nekatere že napol odkrušene dele, ki so pri valjanju navzdol rušili še ostale trdnejše dele v steni.

Naslednja, to je II. zona pa je segala proti vzhodu do Laškega, medtem ko je bil njen obseg na ostalih straneh zelo neznan (sl. 3.). Omejena je torej izključno na laško sinklinalo, ki je izpolnjena s terciarnimi (oligocenskimi in miocenskimi) sedimenti. Na obseg te zone so torej vplivale tektonske razmere s tem, da potekata tu dva podolžna preloma (na sl. 5. je označen radi pomanjkanja prostora samo eden) in dejstvo, da se potresni valovi hitreje širijo v smeri gub (v tem primeru v smeri sinklinale) kot pravokotno nanje. Sipek oziroma rahlo sprijet terciarni material pa je nudil tudi ugodne pogoje, da so se potresni sunki še bolj uveljavili.

Da so se ob ljubljanskem potresu premaknile zemeljske plasti, nam dokazuje dejstvo, da so na mnogih krajih studenci postali kalni. Kalnost je trajala več dni. Nekateri izmed njih so se pri poznejših šibkejših potresih zopet skalili. To se je opazilo tudi v krajih,

² Podrobnejše podatke o geološki sestavi tal je dobiti v mojih razpravah: H geologiji Ljubljane in njene okolice. (Geogr. vestnik, VIII, 1932) in Novi prispevki h geologiji južnega dela Ljubljane. (Geogr. vestnik, IX, 1933).



Sl. 5. Tektonsko-potesna karta slov. ozemlja. Po podatkih Heritscha, Kossmata, Seidla, Sieberga, Tellerja, Tornquista in Winklerja

1 = ozemlje, kjer so bila poslopja močno poškodovana, 2 = predeli, kjer je potres povzročil manjšo škodo, 3 = ozemlje, kjer se potresni sunki še čutijo, a ne napravijo nobene škode, 4 = ozemlje, kjer so potresi zelo redki, ali pa jih sploh ni čutili, 5 = prelomne črte, 6 = domnevane prelomne črte, 7 = središča velikih potresov, 8 = središča srednjevelikih potresov, 9 = središča manjših potresov, 10 = po potresih močno poškodovani kraji, 11 = manj poškodovani kraji, 12 = nepoškodovani kraji.

ki so precej oddaljeni od Ljubljane. Zanimivo je tudi, da je v Dolenjskih Toplicah pričela voda ob času ljubljanskega potresa bruhati z večjo silo v bazen. Vrelec se je pri tem skalil (kalnost je trajala celo do 29. aprila) in njegova temperatura je padla za $2,5^{\circ}$ C pod normalo. O kakih podobnih spremembah v naših ostalih toplicah nimamo nikakih poročil.

Talna voda se v Ljubljani in njeni okolici ob tem potresu ni nikjer dvignila, oziroma znižala. To moremo sklepati iz podatkov, ki so jih dobili, ko so merili višino vodne gladine v vodnjakih.

Kakor poroča Maas (l. c., p. 390), ni bilo v Postojnski in Škocijanski jami nikakih sprememb, ki naj bi nastale ob času ljubljanskega potresa. Ni pa s tem seveda izključeno, da so v nekaterih drugih jamah nastali radi potresnih sunkov manjši podori. Tako izraža na primer Bohinec mnenje, da je del

županove jame, »Kamrica«, nastala zaradi takega podora l. 1895. (Županova jama, Geogr. vestnik, II, 1926, p. 164.)

Na podlagi vsega tega bi se dalo reči, da je bil ljubljanski potres nastal radi premikanj ob prelomu, ki poteka od Iga preko Ljubljane proti Vodiciam. Verjetno je tudi, da so močni potresni sunki sprožili premikanja prav tako ob sosednjih prelomih in s tem znatno povečali obseg potresnega ozemlja. Maas je prepričan, da je bil potres v Klani tako silen, da je sprožil premikanja tudi ob prelomih, ki potekajo v obližju Ljubljane (l. c., p. 394). Kot že omenjeno, je takratni (1870) potres povzročil v Ljubljani precej škode.

Popolnoma prav imata torej E. Suess (Das Antlitz der Erde. I, 1886, p. 347) in Maas, ki sklepa iz pogostnih potresov ob prelomih, da gradba

jadranske kadunje še dolgo ni zaključena. Grude ob teh prelomih se v smeri proti Jadranu čedalje bolj grezajo. To zniževanje se vrši že od mlajšega terciarja dalje, ko je nastala jadranska kadunja. Vsako tako, tudi najmanjše grezanje ob periadriatskih prelomih pa povzroča potresne sunke.

Končno si še oglejmo, kako je s seizmično varnostjo v Ljubljani. Geološka sestava tal in izkušnje nas uče, da je pas ob vznožju Golovca, Grada in Rožnika seizmično še najbolj varen. Varnost obstoji tu v tem, da so temelji hiš v tem pasu zidani na živo skalo, to je na glinasti skrilavec ali kremenov peščenjak. Ta pas je razmeroma ozek; brž za njim se pričenjajo mlajše naplavine, katerih debelina hitro narašča. Na tem naplavljenem svetu moremo zopet razlikovati več pasov različne seizmične varnosti. Najprej je treba omeniti, da je barski svet mnogo bolj nevaren od savskega, na katerem leži severni del Ljubljane. Pod barskim svetom razumem tu ono ozemlje, v katerem prevladujejo ilovnate plasti, dasi leži med njimi tu in tam še savski prod. Točne meje

med obema zaenkrat še ne poznamo. V ta namen bi bilo potrebnih nekaj globljih vrtanj med Gradom in Rožnikom. Kolikor so nam geološke razmere doslej znane, moremo sklepati, da poteka približna meja od bivšega ribnika pod Tivolijem mimo dramskega gledališča, realke in univerze proti Tranči pod Gradom. V severnem delu Ljubljane pa so pred potresi najbolj zavarovana tista poslopja, katerih temelji so postavljeni direktno na trden konglomerat. Konglomeratne plasti pa se pričenjajo šele v globini 5—8 m, ponekod šele v globini 10 m ali še globlje. Vse plasti nad konglomeratom (savski prod, ponekod tudi mivka ali peščena ilovica) so seizmično znatno bolj nevarne. Končno je treba razlikovati še poseben pas ob Ljubljani, kjer so tla pretežno iz peščenih plasti, ki so tu in tam nagnjene. Po svoji seizmični varnosti se obnaša ta teren približno tako kot barski, morda bi bil za spoznanje varnejši. V kolikor torej ne nudi geološka sestava tal večje ali manjše varnosti pred potresi, v toliko je treba posvetiti več pozornosti gradbenemu materialu in zlasti primerni konstrukciji.

LJUBLJANA IN VOLITVE ZA FRANKFURTSKI DRŽAVNI ZBOR

DR. JOSIP MAL

Ko so se leta 1848. začasno zamajali temelji in osnove starega državnega reda, so si tudi Nemci želeli urediti svoj politični dom v močni in edini Nemčiji, ki bi imela krepko osrednjo vladno in skupen narodni parlament. Posebna ustavotvorna skupščina v Frankfurtu o. M. naj bi določila način ustavne vladavine za to novo preosnovano Nemčijo, ki naj bi obsegala vse dežele, ki so kdaj v zgodovini pripadale nemški državnim zvezam. Po tem načelu bi se morale vključiti v Nemčijo tudi slovenske in češke avstrijske dežele, pa čeprav bi to bilo v popolnem nasprotju z vodilno mislijo pokreta l. 1848., da naj si namreč vsak narod po svoje uredi vse svoje javno in kulturno življenje.

Vprav Avstrijski Nemci so bili prvi pripravljene postaviti na žrtvenik nove državne skupnosti neodvisnost Avstrije tudi za ceno, da izgubijo svojega cesarja, saj so tehtni znaki kazali na to, da bo novi državni poglavar pruski kralj in ne avstrijski cesar. Bilo je tu vmes obilo resničnega narodnega navdušenja, še več pa strahu in bojazni pred prebujajočimi se Slovani, o katerih so Nemci vedeli, da so v državi najštevilnejši in da jim mora pri normalnih razmerah prej ali slej pripasti tudi vodstvo avstrijskega političnega življenja.

To je bil torej še poseben vzrok, da je propaganda za udeležbo na frankfurtskem narodnem zboru med avstrijskimi Nemci tako silno narasla, da se celo dunajska vlada ni upirala volitvam za Frankfurt: odobrila jih je in njeni organi so v deželah, kjer se je

pojavljala odpor zoper nje, celo priganjali in pritiskali, da bi se volitev poslancev pravočasno izvršila. Po prvotni zasnovi naj bi namreč frankfurtska narodna skupščina začela zborovati že 1. maja. Ker pa zlasti radi odpora Čehov in Slovencev volitev niso mogli pravočasno izvršiti, je bil nemški narodni zbor odprt v frankfurtski cerkvi sv. Pavla šele 18. maja leta 1848.

Kar se tiče volilnih upravičencev, je treba pripomniti, da so na podlagi splošne volilne pravice, ki ni bila vezana na višino plačanih davkov, izvolili najprej volilne može, ki so šele volili svoje poslance. Izvolitev volilnih mož se je na Kranjskem izvršila na dan 26. aprila, izbrani volitelji pa so potem 5. maja izvolili svojega okrajnega poslanca, katerih je za vso Kranjsko bilo določenih sedem.

Slovenci sprva pri omotičnem navdušenju za nove ustavne pridobitve občeloškega značaja zoper zastopstvo v Frankfurtu niti ugovarjali niso. Tudi stoletja trajajoče tesno sožitje Slovencev z Nemci je doprineslo svoje, da ni prišlo takoj do sporov. Ljudem se je zdelo, da bo moglo ostati pri starih političnih zvezah, to tembolj, ker so bili prepričani, da bo duh novega časa pustil vsaki narodnosti, da se bo mogla svobodno razvijati. Ob takem razpoloženju so »Novice« celo priporočale nekatere osebe, ki bi bile sposobne, da zastopajo v Frankfurtu koristi dežele; njihov urednik Bleiweis je bil 18. aprila imenovan celo za člana gubernijskega volilnega odbora za frankfurtski parlament.