

JEŠTĚD Z JINÉHO ÚHLU

JEŠTĚD FROM A DIFFERENT ANGLE

JANA LOOSOVÁ^{1, 2}, MILOŠ HERNÝCH², PETR MRÁZEK^{2, 3}, JARMILA PETŘÍČKOVÁ¹,
KATEŘINA FORYSOVÁ¹, PAVEL STUPKA³

¹Krajská hygienická stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci, Liberec, Česká republika

²Technická univerzita v Liberci, Liberec, Česká republika

³Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, Česká republika

SOUHRN

Cílem příspěvku je hodnocení expozice obyvatelstva radiofrekvenčnímu záření emitovanému televizním vysílačem DVB-T2 a dalšími zdroji umístěnými na vrcholu Ještědu z pohledu ochrany veřejného zdraví. Zároveň článek zahrnuje historii, popis uvedených zdrojů a postup zástupců státní správy při výkonu zdravotního dozoru v této oblasti.

Klíčová slova: expozice radiofrekvenčnímu záření, expozice mikrovlnnému záření, veřejné zdraví – ochrana, orgán ochrany veřejného zdraví

SUMMARY

The paper aims to evaluate the population's exposure to radiofrequency radiation emitted by the DVB-T2 television transmitter and other sources located on the top of Ještěd from the perspective of public health protection. At the same time, the article includes history, description of these sources, and the procedure of the state administration representatives in exercising health surveillance in this area.

Key words: exposure to radiofrequency radiation, exposure to microwave radiation, public health protection, health protection bodies

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1809>

Úvod

Vrchol Ještědu se využívá k televiznímu vysílání od července 1958, kdy začala parta libereckých radioamatérů pod záštitou Svazarmu šířit z ochozu 23 metrů vysoké kamenné vyhlídkové věže původní budovy horského hotelu vysílání tehdejší Československé televize formou dálkového přenosu z vysílače Praha-Petřín.

Od května roku 1959 začal z Ještědu fungovat pravidelný přenos televizního vysílání v režii Správy dálkových kabelů, která aktivity i technologii nadšenců převzala. O tři roky později byla původní amatérská konstrukce nahrazena a na věži hotelu byl instalován televizní vysílač sovětské výroby. Dne 31. ledna 1963 došlo vlivem neopatrnosti při rozmrazování rozvodů topení k rozsáhlému požáru, který budovu Ještědu zcela zdevastoval. K televiznímu vysílání pak několik let sloužil nouzový vysílač na budově lanovky. Prakticky ihned po požáru bylo rozhodnuto o výstavbě „řádného“ televizního vysílače a hotelu, a ještě téhož roku vyhrál kolektiv vedený architektem Karlem Hubáčkem soutěž na novou podobu hotelu a vysílače. Tým ignoroval zadání a umístil obě funkce do jednoho objektu rotačního hyperboloidu o výšce cca 90 metrů. Anténní systémy televizního a rozhlasového vysílání byly umístěny do vrchní části objektu, ve střední části za ochranný plášť z laminátu byla instalována mikrovlnná technologie,

v dalších patrech pak byl vybudován hotel a kruhová restaurace. Přízemí objektu bylo určeno pro recepci hotelu a další prostory pro návštěvníky. Nejnížší patro bylo vyhrazeno pro vysílací technologie, záložní zdroje a další infrastrukturu hotelu.

Výstavba nového vysílače započala v roce 1966. V srpnu 1968, po okupaci vojsky Varšavské smlouvy, fungovalo z vrcholu hory několik dní vysílání improvizované televizní stanice SEVER. V květnu 1971 začalo z vysílače Ještěd testovací vysílání prvního programu Československé televize (ČST) a frekvenční modulace (FM) rozhlasového vysílání na frekvencích velmi krátkých vln (VKV) tzv. „východní normou“ 65–73 MHz označovanou jako OIRT (Organisation Internationale de la Radio et Television). Od roku 1973 se z oficiálně zprovozněné budovy Ještědu přidal i druhý program ČST (1).

Po sametové revoluci v roce 1989 začalo na Ještědu vysílání třetího programu ČST s názvem OK3, který byl v provozu v letech 1990–1992. V následujících letech přibývalo i velké množství soukromých televizních a rozhlasových stanic, tentokrát již vysílaných na FM frekvencích VKV „západní normou“ 88–100 MHz označovanou jako CCIR (Comité Consultatif International pour la Radio). V roce 2000 se vlastníkem objektu vysílače stala společnost České Radiokomunikace a. s. V průběhu roku 2009 došlo v souvislosti s digitalizací celoplošného vysílání k výměně anténního systému,

věž je od té doby o přibližně 4 metry vyšší. Ve stejném roce bylo zahájeno vysílání prvních digitálních vysílacích sítí DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial, standard digitálního televizního vysílání přes pozemní vysílače). V roce 2011 bylo definitivně vypnuto analogové televizní vysílání. Kromě těchto popsanych služeb sloužil a slouží Ještěd díky své strategické pozici s přímou viditelností na další významné telekomunikační body v České republice (Žižkov, Buková Hora atd.) i dalším účelům, zejména k přenosu radioreléových spojů (zařízení pro přenos digitálního signálu) civilních i vojenských, k šíření signálu internetových poskytovatelů, jako záložní spojení optických tras. V nedávné minulosti došlo k výměně pláště ve střední části vysílače, z toho důvodu byla část radioreléových spojů kvůli vyššímu útlumu tohoto pláště pro frekvence nad 10 GHz umístěna vně vysílače. Kromě vysílače samotného jsou pro šíření signálů různého určení využívány i další objekty na vrcholu hory (budovy horní stanice lanové dráhy v majetku společnosti Českých drah, a. s.) a také příhradový stožár a budova horské chaty Ještědka. Chata se nachází v sedle mezi vrcholem Ještědu a Černým vrchem a byla původně vystavěna jako ubytovna pro pracovníky stavby vysílače.

Samostatnou kapitolou jsou základnové stanice operátorů mobilních telefonů. I když to zní paradoxně, významné krajinné dominanty, a tou Ještěd bezesporu je, nejsou příliš vhodné pro provoz jejich vysílačů. Signál z nich se může šířit v přímé viditelnosti na velké vzdálenosti a ovlivňovat další základnové stanice. Z toho důvodu pouze tehdejší Paegas (dnes T-Mobile), majetkově spřízněný s vlastníkem objektu České Radiokomunikace, instaloval před rokem 2000 na vrcholu Ještědu svou základnovou stanici GSM (Groupe Spécial Mobile) jako nejrozšířenější standard pro digitální mobilní síť. Antény směřovaly pouze do sektoru na jih a jihozápad, pokryty signálem tak byly řídce osídlené krajiny na jižních svazích Ještědského hřebene a vlastní objekt vysílače a hotelu. V roce 2000 začal ještědský vysílač používat pro své mikrovlnné spoje (zařízení určené pro přenos digitálního signálu úzce směřovaným svazkem rádiových vln) operátor Oskar, který na přelomu roku 2008/2009 přidal i svou základnovou stanici GSM, to však již pod současným názvem Vodafone. Třetí český GSM operátor Eurotel, později O2, provozoval základnovou stanici na chatě Ještědka a na Ještěd se jeho signál dostal až v roce 2015 díky dohodě o vzájemném sdílení technologie určené pro vysokorychlostní internet v mobilních sítích, tzv. LTE (Long Term Evolution), uzavřené mezi O2 a T-Mobile.

Z výše uvedeného je zřejmé, že vrchol hory a jeho bezprostřední okolí je zatíženo širokým spektrem frekvencí neionizujícího záření zejména v subgigahertzovém pásmu (rozhlasové FM vysílání, DVB-T, GSM a LTE v dolních frekvenčních pásmech), ale i v pásmu jednotek až vyšších desítek GHz (mikrovlnné spoje, LTE v horních frekvenčních pásmech apod.).

Základnová stanice či přístupové body a její funkce

V českých psaných textech jsou místa instalace technologií operátorů mobilních telefonů označována jako „základnové stanice“, v anglicky psané literatuře je po-

pis základnových stanic složitější. U sítí druhé generace (GSM) byly základnové stanice označovány zkratkou BTS (Base Transceiver Station), u sítí třetí generace se pro ně vžilo označení NodeB, u sítí čtvrté generace se používalo označení eNodeB/eNB (Evolved Node B) a základnové stanice nastupujících 5G sítí se označují jako gNodeB/gNB (Next Generation Node B).

Kromě nich se na střechách domů, věžích kostelů a komínech setkáváme také s přístupovými body internetových poskytovatelů (tzv. providerů). Tyto konstrukce mají za cíl zprostředkovat bezdrátové telefonní nebo datové spojení tzv. „poslední míle“. Česká republika je z tohoto pohledu unikátní, protože díky specifickému vývoji telekomunikační infrastruktury v době masivního rozvoje internetu po roce 2000 došlo k jině nebývalému nárůstu využití bezdrátových technologií fixního připojení k internetu (Wireless Local Area Network, Wireless LAN, neboli laicky WiFi) na úkor rozvoje metalických a optických připojení. Technologie, které byly původně určené k bezdrátovému pokrytí vnitřních prostor budov, jsou u nás dodnes používány velkým množstvím lokálních poskytovatelů k distribuci internetu v takzvaném bezdrátovém fixním připojení. S nástupem vysokorychlostního internetu pro mobilní telefony (sítě třetí a čtvrté generace a specifické deriváty sítí CDMA2000, což je standard pro mobilní síť, v pásmu 450 MHz u O2 a U:fon/Nordic Telecom) pak začal růst i jeho podíl v rámci služeb pro přístup na internet. Zatímco průměr podílu bezdrátového fixního připojení u 27 států Evropské unie činil v roce 2020 10 % celkového počtu přípojek, v ČR to bylo až 40 %. Vedle toho se podobně dynamicky rozvíjely i sítě mobilní, primárně určené k přenosu hlasu, zejména založené na standardu GSM a jeho nástupců, okrajově i jiné (např. CDMA). V roce 2020 připadalo podle Českého statistického úřadu v ČR na jednu pevnou telefonní linku přes 10 aktivních SIM karet (1 344 tisíc pevných linek, 14 600 tisíc SIM karet s hlasovými službami). Počet pevných linek trvale klesá, od roku 2010 do roku 2020 se snížil téměř na polovinu (z 2 334 tisíc na výše uvedených 1 344 tisíc) (2).

Vzhledem k výše uvedeným číslům je jasné, že výstavba základní infrastruktury internetového poskytovatele nebo mobilního operátora vyžaduje zajištění velkého množství paralelně udržovaných spojení, přičemž je potřeba zohlednit možnosti a využití frekvenčního spektra. Obecně platí, že nižší frekvence mají lepší schopnost se šířit prostředím, ale jejich přenosová kapacita je nižší, protože širka využitelného pásma s klesající frekvencí klesá. Proto je potřeba zajistit opakované využití stejné frekvence na různých místech bez vzájemného rušení, čehož je nejlépe dosaženo využitím tzv. buňkového principu, koncipovaného již v roce 1946 v Bellových laboratořích v USA. Území je potřeba podle tohoto konceptu pokrýt velkým množstvím vysílačů s malým výkonem a dosahem, který zajistí možnost častého opakování stejné nosné frekvence bez vzájemného ovlivňování. Operátoři a poskytovatelé internetu se z tohoto důvodu snaží umisťovat antény základnových stanic ve městech nízko nad terénem. S přechodem k sítím páté generace a využíváním nových frekvenčních pásem (3,4–3,8 GHz, 26 GHz nebo 66–71 GHz) bude tento trend ještě výraznější a s anténami se začneme setkávat i na sloupech veřejného osvětlení, uvnitř budov nebo třeba v kanalizačních vpustích (3).

Jak tedy tyto přístupové body a základnové stanice fungují? Viditelnou součástí jsou zejména anténní systémy, typicky osazené panelovými anténami, a často parabolická mikrovlnná pojítka pro přenos dat mezi jednotlivými částmi infrastruktury. Panelové antény mají pod plastovými kryty sady dipólů, velikostí odpovídajících vlnové délce nosné frekvence. Jejich vyzařovací charakteristiky jsou uzpůsobeny pro sektorové pokrytí území. Úhel vyzařování v horizontální rovině se pohybuje převážně kolem 60° , ale mohou být použity úhly od 30° do 90° . Ve vertikální rovině se úhel vyzařování pohybuje mezi 7° až 15° . Na anténách je možné nastavovat směřování vyzařovací charakteristiky vůči horizontu elektricky nebo častěji mechanicky naklopením. Díky těmto charakteristikám lze zajistit optimální úroveň signálu v požadovaném směru za použití výkonů v řádech desítek wattů. S ohledem na šířku horizontální charakteristiky panelové antény se na základnové stanici umísťuje podle potřeby několik antén, typicky s makrodiverzním příjmem. Ty tvoří jednotlivé sektory namířené tak, aby byla pokryta požadovaná oblast. Nejběžnější konfigurací jsou u našich operátorů 3 nezávislé sektory po 120° . Výjimečně se dnes používají všesměrové antény, zpravidla konstruované jako tyče.

Mikrovlnné antény (paraboly) slouží k obousměrnému přenosu dat při komunikaci s řídicími stanicemi a dalšími prvky mobilní sítě nebo poskytovateli internetu. Vyzařovací charakteristika je velmi úzká (paprsek) a spojení s mikrovlnnou anténou protistanice proto vyžaduje přímou viditelnost. Díky úzké směrové charakteristice lze přenášet data na velké vzdálenosti s využitím velmi nízkých výkonů, řádově se jedná o desetiny wattu.

Každý přístupový bod také nutně obsahuje technologickou část. Technologie může být instalována v těsné blízkosti antén a uzpůsobena venkovnímu prostředí bez podpůrného systému topení a chlazení. Další možností je instalace technologie do místnosti nebo kontejneru bez zvýšených nároků na klimatickou a mechanickou odolnost, často s podpůrnou klimatizační jednotkou, záložními zdroji atd.

Obecnou vlastností přístupových bodů je obousměrná komunikace s účastníky. Vzhledem k možnému vzájemnému ovlivnění při opakujícím se použití stejných frekvencí je vhodné je budovat s menším dosahem, a tedy i s nižšími vysílacími výkony. Na frekvencích kolem 1 GHz se jedná o jednotky, maximálně desítky wattů. Například podle všeobecného oprávnění VO-R/12/12.2019-10 Českého telekomunikačního úřadu (4) je možné provozovat na „nelicencovaných“ frekvencích 2,4 GHz a 5,4 GHz Wireless LAN zařízení s maximálním výkonem 0,1 W, resp. 11 W EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power, ekvivalentní izotropně vyzářený výkon), v přepočtu cca 60 W resp. 600 mW ERP (Effective Radiated Power, efektivního vyzářeného výkonu).

Rizikem je, že díky umístění anténních systémů může být veřejnost vystavena neionizujícímu záření z relativně malé vzdálenosti. Do budoucna bude snaha využívat co nejvyšší frekvence a základnové stanice bude proto nutné umísťovat přímo v ulicích, obchodech nebo kancelářích.

Pro přenos informací. Protože přenášená informace je stejná pro všechny odběratele, není hlavním problémem zajištění maximální datové kapacity, ale zabezpečení maximálního pokrytí území s minimem vysílačů. Je tedy snaha stavět je na místech, která jsou v přímé viditelnosti z co největšího území, typicky tedy na krajinných dominantách. Dále se dá předpokládat, že pro zvýšení dosahu bude použit rozměrný anténní systém s velkým ziskem a vysokým vysílacím výkonem. Nežádádka se setkáváme s vysílacími výkony v desítkách, a dokonce stovkách kW ERP. Například v České republice je provozována páteří síť celoplošného digitálního vysílání DVB-T2, multiplex 21 pro program ČT a vysílání ČRo, multiplex 22 pro program Prima a multiplex 23 pro program Nova, z většiny „velkých“ vysílačů (Cukrák, Kojál, Klet, Praděd atd.), s výkonem po 100 kW ERP. Ještěd, vzhledem k možnosti přeshraničního rušení, vysílá tento signál s omezenými výkony 25 nebo 32 kW ERP. K tomu je však ještě všude nutné přičíst výkony FM vysílačů, v případě Ještědu dohromady dalších cca 100 kW ERP.

Role orgánů ochrany veřejného zdraví

Orgány ochrany veřejného zdraví se vyjadřují ke zdrojům neionizujícího záření jak v preventivním, tak v běžném hygienickém dozoru. Aktuálně dominují základnové stanice.

National Cancer Institute k základnovým stanicím konstatuje, že obyvatelé jsou vystaveni základnovým stanicím a vysílacím anténám pouze občas a je obtížné odhadnout expozici pro populaci. Expozice se mění podle hustoty osídlení regionu, průměrné vzdálenosti od zdroje a denní doby nebo dne v týdnu (nižší expozice o víkendech nebo v noci). Dále je odkazováno na studii, která používala osobní přenosné expozimetry k posouzení expozice různým zdrojům elektromagnetického pole u dětí v Evropě, s tím, že jediným a největším přispěvatelem k celkové expozici radiofrekvenčnímu záření byla blízkost základnových stanic. K tomu se uvádí, že obecně platí, že expozice klesají s rostoucí vzdáleností od zdroje a že expozice pracovníků údržby se liší v závislosti na jejich úkolech, typu antény a umístění pracovníka ve vztahu ke zdroji. National Cancer Institute pak uzavírá, že nebyl identifikován žádný mechanismus, kterým by tento typ záření mohl způsobit rakovinu. Na rozdíl od vysokoenergetického (ionizujícího) záření nemohou neionizující části elektromagnetického spektra přímo poškodit DNA nebo buňky. Někteří vědci spekovali, že neionizující záření může způsobit rakovinu prostřednictvím jiných mechanismů, jako je snížení hladiny hormonu melatoninu. Existují určité důkazy, že melatonin může potlačovat vývoj určitých nádorů (5).

Světová zdravotnická organizace (WHO) k dlouhodobým zdravotním účinkům vlivů základnových stanic uvádí, že dosud jediný zdravotní účinek identifikovaný ve vědeckých přehledech souvisel se zvýšením tělesné teploty ($>1^\circ\text{C}$) v důsledku expozice velmi vysoké intenzitě pole, která se vyskytuje pouze v určitých průmyslových zařízeních. Úrovně vystavení vysokofrekvenčnímu záření ze základnových stanic považuje WHO za nízké a konstatuje, že zvýšení teploty je nevýznamné a neovlivňuje lidské zdraví (6).

Rozhlasové a televizní vysílače

Na rozdíl od přístupových bodů a základních stanic zajišťují rozhlasové a televizní vysílače jednosměrný pře-

Od prahové hodnoty absorbovaného výkonu (4 W/kg) byly odvozeny hygienické limity. Pro zaměstnance pohybující se kolem antén je hygienický limit 10krát nižší, než je prahová hodnota ($0,4 \text{ W/kg}$) a pro ostatní osoby (obyvatelstvo) je nižší 50krát ($0,08 \text{ W/kg}$). Absorbování energie $0,08 \text{ W/kg}$ může způsobit ohřev tkáně maximálně o $0,02 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bez ohledu na dobu strávenou u zdroje záření. Tato teplota je z hlediska běžných teplotních variací organismu zcela bezvýznamná. Limit pro zaměstnance odpovídá ohřevu o $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, což je rovněž bezvýznamné (7).

Při výstavbě základnových stanic jsou předkládány žádosti o posouzení orgánu ochrany veřejného zdraví. Součástí žádosti je dokumentace stavby a výpočet elektromagnetického pole, který zahrnuje situaci při nejhorším expozičním scénáři, případně měření zdroje neionizujícího záření prokazující dodržení limitních hodnot neionizujícího záření z hlediska možné expozice fyzických osob pro komunální i pracovní prostředí. Výpočtem elektromagnetického pole je stanoven prostor před anténami, v němž může docházet k překročení hygienických limitů. Určené oblasti nikdy nesmí zasáhnout do prostoru, kde se běžně pohybují lidé.

Tuto povinnost ukládá konkrétně § 35 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (8). Na zákon navazuje prováděcí předpis, a to nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. V tomto prováděcím předpise jsou stanoveny jednotlivé hygienické limity neionizujícího záření, rozsah opatření k ochraně zdraví při práci a dále jsou upraveny další oblasti, a to metody, způsob hodnocení atd. (9). Danou oblast sjednocuje navíc Metodický návod k postupu podle § 35 a § 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (10).

Pokud stavba základnové stanice vyhovuje po posouzení technické dokumentace a výpočtu, případně protokolu o měření zdroje neionizujícího záření, vydá orgán ochrany veřejného zdraví závazné stanovisko, které slouží pro povolení procesu na stavebním úřadě.

V případě, že dochází k rekonfiguraci antén na základnové stanici, předkládá operátor na krajskou hygienickou stanici výpočet, v němž zahrne maximální výkon všech osazených antén včetně nově navržených.

Výsledkem výpočtu je zóna shody, která je dána kvádrem, v němž může docházet k překračování hygienických limitů. Vzhledem k osazení antén na střechách objektů, případně na obdobných vyvýšených stavbách, je zásah zóny shody do míst, v nichž se mohou běžně pohybovat fyzické osoby, minimální. Krajská hygienická stanice na základě výše uvedených podkladů vydává vyjádření k požadované rekonfiguraci základnové stanice.

V době provozu základnové stanice pak krajská hygienická stanice může v rámci státního zdravotního dozoru měřením ověřit dle § 35 zákona o ochraně veřejného zdraví plnění povinnosti dodržování limitů. Orgán ochrany veřejného zdraví tak nejčastěji reaguje na podaný podnět ze strany obyvatel, případně zaměstnanců.

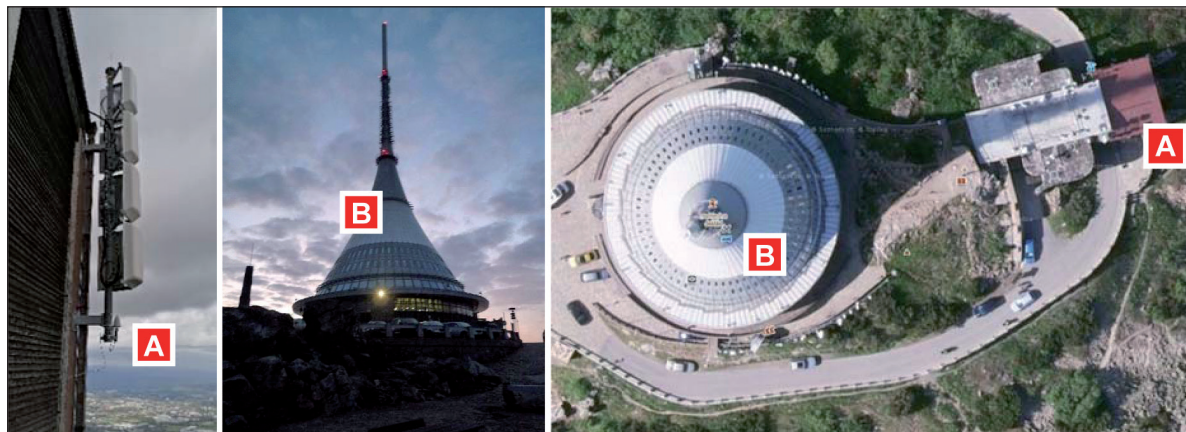
Měření provádí odborně způsobilá osoba, která disponuje patřičným přístrojovým vybavením. Měří se zpravidla v místech, kde by se mohly pohybovat osoby (at' už obsluha zařízení, zaměstnanci nebo fyzické osoby) a měřicí body pak odpovídají stojící postavě, a to v poloze hlavy, hrudníku, břicha, kolen a kotníků. Pokud je to možné, vybírají se taková místa, kde bude s největší pravděpodobností naměřena nejvyšší hodnota porovnatelná s hygienickým limitem. Tato místa jsou často v bezprostřední blízkosti antén v hlavním směru jejich vyzařování. Vytipování těchto míst vyžaduje znalosti zkušených odborníků (7).

Státní zdravotní dozor na Ještědu

Krajská hygienická stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci obdržela podnět na prošetření vlivu neionizujícího záření na obyvatele a pracovníky při provozu DVB-T2 vysílače multiplexu 24 na kanále 43 umístěného na objektu horní stanice lanovky na vrcholu Ještědu. Posuzovaným zdrojem byly antény Kathrein, typ 75010210, vysílací výkon 14 kW , frekvence 650 MHz .

Pro veřejnost je ve většině případů prakticky nemožné se k anténnímu systému dostat na vzdálenost, která by mohla znamenat překročení limitů a ohrožení zdraví. Jiná situace nastává v případě, kdy je na vrcholu Ještědu anténní systém umístěn nikoliv na televizním vysílači (B), ale na budově horní stanice lanové dráhy (A), kolem které procházejí všichni návštěvníci vrcholu (obr. 1).

Z toho důvodu přistoupil orgán ochrany veřejného zdraví k objektivizaci situace s cílem prověřit měřením závěry výpočtů elektromagnetického pole před-



Obr. 1. Vzájemné umístění jednotlivých zdrojů (zdroj: mapy.cz)



Obr. 2: Fotografie zvolených měřicích míst.

ložených v preventivním hygienickém dozoru pro výše citované vysílací zařízení. Výpočet byl zpochybněn podaným podnětem.

Metodika

Měření expozice neionizujícímu záření osob pohybujících se v blízkém okolí předmětných zdrojů záření proběhlo v průběhu září 2021.

Pro měření expozice osob v komunálním prostředí byl vytipován prostor vyhlídkové plošiny na Ještědu a pozemní komunikace u výstupu z lanovky na Ještědu (pozemek p. č. 695/1 v k. ú. Horní Hanychov), protože obě místa jsou exponovaná vysílacímu zařízení s ohledem na vzdálenost od zdroje. Jde o nejexponovanější prostor, kde se pohybují návštěvníci. Někteří z nich využívali lanovku, jiní se pohybovali po jediné přístupové komunikaci k hotelu a restauraci Ještěd. V pracovním prostředí byla určena dvě měřicí místa v prostoru vyhlídkové plošiny (odpočívadla) a u vstupu na lanovku (obr. 2), kde je jediný prostor pro pohyb zaměstnanců provozovatele vysílače v rámci provádění údržby nebo zaměstnanců externích firem v rámci dodavatelských služeb. Tito zaměstnanci se zde pohybují buď po zemi, nebo na plošině při provádění úprav zařízení pro průjezd tunelem.

Měření neionizujícího záření provedl odborný pracovník Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem na základě objednávky Krajské hygienické stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci v ranních hodi-

nách. Měření proběhlo ve dvou intervalech při plném provozu všech zdrojů na Ještědu a při vypnutých zdrojích Ještědu s výjimkou zvlášť posuzovaného zdroje neionizujícího záření DVB-T2 vysílače, který byl v provozu nepřetržitě. K vypnutí vysílače Ještěd došlo v době od 5:00 do 5:15 hodin. Měření bylo doplněno časovým záznamem. Měření se uskutečnilo na všech měřicích místech v 5 výškových úrovních (hlava, hrud', břicho, kolena, kotníky stojící osoby).

Použit byl širokopásmový měřicí přístroj (Narda EMR 300, sonda 9. 2.), který zachytil veškerou energii od všech zdrojů v širokém frekvenčním pásmu 10 MHz–18 GHz. Výslednou hodnotu pak tvořil součet příspěvků od všech zdrojů. Z rozdílu naměřených hodnot při zapnutém a vypnutém vysílači Ještěd byl odvozen příspěvek kontrolovaného DVB-T2 zdroje k celkové expozici v místě měření (tab. 1, 2, 3).

Z hodnot intenzity elektrického pole E z provozu kontrolovaného zdroje byl určen nejnepríznivější interval v délce 6 minut (4:54:40–5:00:40) (obr. 3).

Výsledky

Z naměřených hodnot elektrického pole E byla vypočtena časově středovaná šestiminutová intenzita elektrického pole $E_{st} = 16,8 \text{ V/m}$. Celková nejistota měření pro měřené frekvence může být maximálně $U = \pm 22 \%$. Rozšířená kombinovaná relativní nejistota měření, koeficient rozšíření $k=2$, odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Tab. 1: Popis a označení měřicích míst včetně čísel paměti naměřených hodnot

Místo měření číslo	Číslo paměti		Údaje o měřicím místě	
	od	do	zdroj (B)	slovní popis
1	1	5	vypnutý	na vyhlídkové plošině u dalekohledu
2	6	10	vypnutý	na silnici u svodidel
1	31	35	zapnutý	na vyhlídkové plošině u dalekohledu
2	36	40	zapnutý	na silnici u svodidel

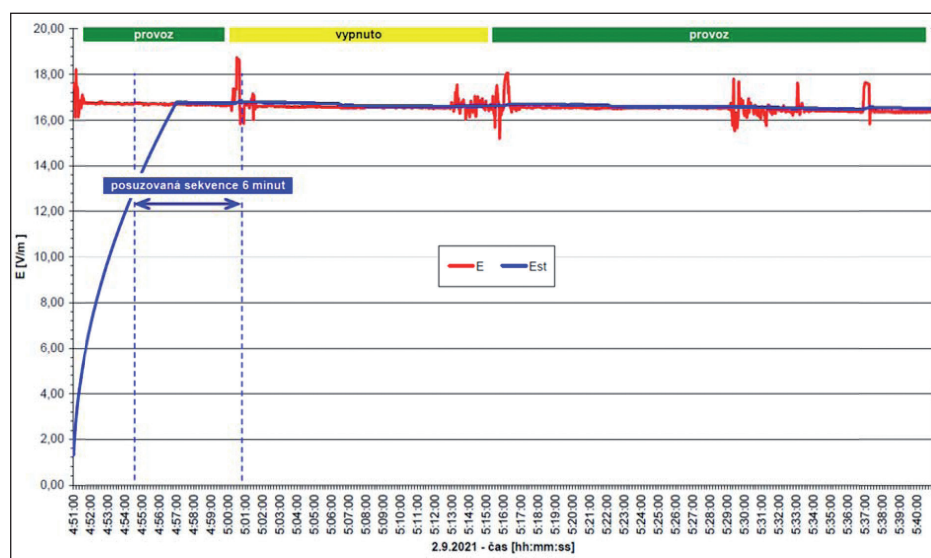
Tab. 2: Vybrané naměřené hodnoty – zdroj (B) vypnutý

Číslo paměti	Hodnota	Jednotka	Čas	Datum
1	17,36	V/m	5:01:07	2. 9. 2021
2	16,37	V/m	5:01:18	2. 9. 2021
3	14,44	V/m	5:01:33	2. 9. 2021
4	5,52	V/m	5:01:49	2. 9. 2021
5	8,36	V/m	5:02:11	2. 9. 2021
6	18,68	V/m	5:02:53	2. 9. 2021
7	25,08	V/m	5:03:08	2. 9. 2021
8	12,31	V/m	5:03:24	2. 9. 2021
9	18,12	V/m	5:03:47	2. 9. 2021
10	8,57	V/m	5:04:05	2. 9. 2021

Tab. 3: Vybrané naměřené hodnoty – zdroj (B) zapnutý

Číslo paměti	Hodnota	Jednotka	Čas	Datum
31	13,39	V/m	5:17:12	2. 9. 2021
32	19,51	V/m	5:17:27	2. 9. 2021
33	15,42	V/m	5:17:43	2. 9. 2021
34	10,85	V/m	5:18:03	2. 9. 2021
35	7,56	V/m	5:18:16	2. 9. 2021
36	19,25	V/m	5:19:10	2. 9. 2021
37	23,80	V/m	5:19:27	2. 9. 2021
38	8,01	V/m	5:19:42	2. 9. 2021
39	16,89	V/m	5:19:59	2. 9. 2021
40	10,69	V/m	5:20:11	2. 9. 2021

Nejvyšší hodnota elektromagnetického pole byla zjištěna $E_{\max} = 25,1 \text{ V/m}$.



Obr. 3: Časový průběh intenzity elektrického pole vysílače DVB-T2 s periodou vzorkování $T_{\text{vz}} = 2 \text{ s}$, měřeno na vyhlídkové plošině u dalekohledu (kontrolní bod 1 – ve výšce 2 m nad plošinou).

Diskuze

Vzhledem k tomu, že referenční hodnota intenzity elektrického pole E_{Limit} je pro fyzické osoby v komunálním prostředí při frekvenci 650 MHz stanovena na 34,2 V/m (11), uvedené zjištění prokazuje dodržení povinnosti vyplývající z ustanovení § 35 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, ve spojení

s přílohou č. 1 nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Naměřené hodnoty nepřekračují referenční hodnotu intenzity elektrického pole E_{Limit} pro zaměstnance, která je stanovena při frekvenci 650 MHz na 76,5 V/m (12). Rovněž v pracovním prostředí bylo v rámci protokolu konstatováno dodržení povinností vyplývajících z ustanovení § 35 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících

zákonů, ve znění pozdějších předpisů, ve spojení s přílohou č. 1 nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Měření s časovým záznamem prokázalo, že na měřicím místě 1 (kontrolní bod 1) se vliv vysílače Ještěd nikterak neprojevoval, naměřené hodnoty byly generovány majoritně vysílacím zařízením DVB-T2 – Ještěd.

Při dodržení referenčních hodnot intenzity elektrického pole EnLimit lze předpokládat, že budou dodrženy expoziční limity v podobě měrného absorbovaného výkonu v tkáni (SAR) (13).

Možnost proměřit zdroje neionizujícího záření v prostředí vysílače Ještěd byla unikátní příležitostí. Zahrnovala náročnější organizaci státního zdravotního dozoru s měřením, kdy bylo třeba zajistit vypnutí všech dalších zdrojů zde provozovaných, neboť bez toho by nebylo možné zhodnotit příspěvek zdroje, který byl předmětem posouzení. Závěr kontrol jak v pracovním, tak v komunálním prostředí potvrdil nepřekračování hygienických limitů neionizujícího záření. Tímto měřením byly potvrzeny závěry výpočtů elektromagnetického pole předložených v preventivním hygienickém dozoru.

Závěr

Obavy zaměstnavatele, že jsou jeho zaměstnanci při výkonu své práce vystaveni nadlimitním hodnotám neionizujícího záření, se nepotvrdily. Rovněž bylo ověřeno, že nejsou překročeny hygienické limity neionizujícího záření v komunálním prostředí.

Problematika neionizujícího záření je v současné době rozvířena i zaváděním 5G sítí. Obyvatelé mají obavy spojené s působením neionizujícího záření. Dá se tudíž očekávat, že množství podnětů bude přibývat.

Vzhledem k tomu, že jsme zdroji neionizujícího záření v současné době obklopeni, je role orgánu ochrany veřejného zdraví významnější již v preventivní části posuzování, kdy lze zabránit významným expozicím a s nimi spojeným případným škodlivým účinkům a požadovat úpravy navrhovaného zdroje.

Střet zájmů: žádný.

ORCID

Jana Loosová <https://orcid.org/0000-0002-3437-7397>

Miloš Hernych <https://orcid.org/0000-0003-1214-2885>

Petr Mrázek <https://orcid.org/0000-0002-5207-1375>

LITERATURA

- Liberecký Ještěd [online]. 2023 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.jestedliberec.cz/cs/casti-jestedu/vysilace.html>.
- Mana M. Informační společnost v číslech: Česká republika a EU [online]. Praha: Český statistický úřad; 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/informacni-spolecnost-v-cislech-2022>.
- Johnson D. Manhole covers serve as antennas expanding wireless network coverage: manhole antenna solution offers glimpse into 5G strategies for signal propagation. IEEE Spectrum [Internet]. 2018 Dec [cited 2022 Apr 28]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/manhole-covers-serve-as-antennas-expanding-network-coverage>.
- Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/12.2019-10 [online]. Praha: Český telekomunikační úřad; 2019 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/vseobecne-opravneni-cvo-r12122019-10>.
- National Cancer Institute. Electromagnetic fields and cancer [Internet]. Rockville (MD): NCI; 2022 [cited 2022 Apr 28]. Available from: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/electromagnetic-fields-fact-sheet>.
- World Health Organization. Base stations and wireless technologies [Internet]. Geneva: WHO; 2006 [cited 2022 Apr 28]. Available from: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/base-stations-wireless-technologies>.
- Černý J, Bittner F, Davidová E, Žulavský J. Vše o základních stanicích. Podrobná příručka. Praha: Asociace provozovatelů mobilních sítí; 2011.
- Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČR. 2000;částka 74:3622-62.
- Nařízení vlády č. 291 ze dne 5. října 2015 o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. Sbírka zákonů ČR. 2015;částka 120:3690-710.
- Metodický návod k postupu podle § 35 a § 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. Věstník MZ ČR. 2017;částka 8:7-34.
- Protokol č. 69157/2021. Měření elektromagnetického pole v mimopracovním prostředí: Karlovy Vary. Ústí nad Labem: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem; 2021.
- Protokol č. 69156/2021. Měření elektromagnetického pole v pracovním prostředí: Karlovy Vary. Ústí nad Labem: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem; 2021.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys. 2020 May;118(5):483-524.

Došlo do redakce: 29. 4. 2022

Přijato k tisku: 30. 5. 2023

Ing. Jana Loosová, Ph.D.

*Krajská hygienická stanice Libereckého kraje
se sídlem v Liberci*

Husova 64

460 31 Liberec

Česká republika

E-mail: jana.loosova@khslibc.cz