

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



Prostorová prognóza oxidu dusičitého na území Skotska

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Diplomant: Mgr. Aleš Rejchrt

2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Mgr. Aleš Rejchrt

Inženýrská ekologie
Ochrana přírody

Název práce

Prostorová prognóza oxidu dusičitého na území Skotska

Název anglicky

Spatial forecast of nitrogen dioxide in Scotland

Cíle práce

Zlepšení prostorové prognózy oxidu dusičitého na území Skotska.

Metodika

Při vypracovávání budou použity následující metody – metoda analýzy, metody syntézy, indukce, dedukce, metoda porovnání.

Doporučený rozsah práce

50 stran textu

Klíčová slova

znečištění ovzduší, znečišťující látky, studie, životní prostředí, oxid dusičitý

Doporučené zdroje informací

ANDERSON, H. R., Atkinson, R. W., Bremner, S. A., & Marston, L. (2003). Particulate air pollution and hospital admissions for cardiorespiratory diseases: are the elderly at greater risk? The European Respiratory Journal. Supplement.

ANDERSON, H. (2009). Air pollution and mortality: A history. Atmospheric Environment.

ARMSTRONG, B. G.(1998). Effect of measurement error on epidemiological studies of environmental and occupational exposures. Occupational and Environmental Medicine.

FARGAŠOVÁ, A. 2004. Všeobecná ekológia. Bratislava: UK, 2004. 188 s. ISBN 80-223-1887-6.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2020

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Prostorová prognóza oxidu dusičitého na území Skotska vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 30.3.2020

.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za vedení, zájem, připomínky a čas, který mi věnoval.

Abstrakt

V posledních letech jsme stále častěji svědky diskuse o globální změně klimatu, jejích příčinách a důsledcích. Tyto diskuse se mimo jiné zaměřují na kvalitu ovzduší, které patří mezi nejohroženější složky životního prostředí. To bylo také důvodem volby tématu předložené práce, jímž je kvalita ovzduší na území Skotska. Cílem práce je vytvořit prostorovou prognózu emise oxidu dusičitého na území Skotska. Vzhledem k charakteru sledovaného tématu má práce teoretický a přehledový charakter. Byla zpracována na základě studia odborné literatury a je rozdělena do šesti kapitol. V první kapitole jsou popsány cíle práce a tři následující kapitoly mají formu literární rešerše. V druhé kapitole jsou definovány základní pojmy – životní prostředí, ovzduší, znečištění ovzduší včetně jeho zdrojů. Třetí kapitola se zaměřuje na oxid dusičitý a jeho vliv na kvalitu ovzduší. Ve čtvrté kapitole je charakterizováno Skotsko z hlediska znečištění ovzduší. Následující kapitola má přehledový charakter a věnuje se znečištění ovzduší na území Skotska. Důraz je kladen na vliv emise oxidu dusičitého na kvalitu ovzduší. Na základě studia relevantních zdrojů bylo konstatováno, že emise oxidu dusičitého v posledních letech klesají a také Skotsko je ve srovnání s ostatními oblastmi Velké Británie méně znečištěno. V poslední kapitole byly nashromážděné informace diskutovány a formulována byla doporučení na zlepšení stávající situace. Doporučeno bylo zvýšit environmentální povědomí občanů, realizovat ekologické projekty, zajistit dodržování legislativních předpisů a důsledně sledovat stav ovzduší. Práce obsahuje také ryze praktická doporučení, jako jsou provedení nátěru vybraných budov speciálními hmotami s fotokatalytickým efektem a termovizní monitoring komunálních skládek za účelem prevence vzniku požárů.

Klíčová slova: znečištění ovzduší, znečišťující látky, studie, životní prostředí, oxid dusičitý.

Abstract

During the last years we witness discussions concerning global climate changes, their causes and effects more frequently. Among others, these discussions are focused on the air quality which belongs to the most threatened components of the environment. This fact leads to the selection of the topic of this thesis, which is the air quality in Scotland. The aim of the thesis is to create a spatial prognosis of nitrogen dioxide in Scotland. With regard to the character of the surveyed topic, the thesis has both the theoretical and synoptic character. It was created on the basis of scientific literature study and it is divided into six chapters. The first chapter describes the aims of the thesis and the three following ones are in the form of literature reviews. The second chapter defines the basic concepts – environment, air and air pollution, the sources including. The third chapter is focused on nitrogen dioxide and its influence on the air quality. The fourth chapter characterises Scotland from the point of view of air pollution. The following chapter has a synoptic character and deals with air pollution in Scotland. The influence of nitrogen dioxide emissions is emphasised. Based on relevant sources, it was stated that nitrogen dioxide emissions are declining in the last years and compared to other parts of Britain, Scotland is less polluted. The last chapter comprises a gathered information discussion and some recommendations for improving the present situation were presented. It was recommended to improve the environmental awareness of people, to perform ecological projects, to guarantee the legislative observance and to watch air quality consistently. The thesis also comprises purely practical recommendations such as painting selected buildings with special materials with photocatalytic effect and thermovisual monitoring of communal waste to prevent fires.

Key words: air pollution, pollutants, study, environment, nitrogen dioxide.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Přehled současného stavu	4
3.1 Životní prostředí	5
3.2 O vzduší jako složka životního prostředí	5
3.2.1 Znečištění ovzduší a jeho zdroje	8
3.2.2 Zdroje znečišťování ovzduší	9
3.2.3 Znečišťující látky v atmosféře	10
3.3 Monitoring ovzduší	11
3.4 Zdravotní dopady znečištění ovzduší na lidské organismy.....	12
4. Oxid dusičitý	13
4.1 Oxid dusičitý jako zástupce oxidů dusíku	13
4.2 Vliv expozice oxidu dusičitého	17
5. Skotsko – charakteristika ve vztahu ke znečištění ovzduší.....	19
5.1 Dopady znečištění ovzduší ve vymezené lokalitě.....	20
5.1.1 Částice hmoty	24
5.1.2 Oxidy dusíku	26
5.1.3 Oxid siřičitý.....	27
5.1.4 Amoniak.....	27
5.2 Oborové zdroje znečištění	29
5.2.1 Doprava	29
5.2.2 Zemědělství.....	32
6. Metodika	34
7. Výsledky	35
7.1 Zatížení území Skotska oxidem dusičitým.....	35
7.2 Grafické přehledy znečištění	36
7.3 Data Skotského parlamentu a vlády	36
7.4 Data dalších oficiálních webových stránek.....	39

8. Diskuse.....	46
9. Závěr	49
10. Přehled literatury a použitých zdrojů	51
11. Seznamy obrázků a tabulek.....	60

1. Úvod

V průběhu staletí se tvář Země mění vlivem antropogenních aktivit k nepoznání. Na začátku to byly proměny pozvolné a nepatrné, ubývaly lesy, bažiny, přibývala pole, rozšiřovaly se pastviny. Rolníci a řemeslníci používali jen přírodní suroviny, takže vzniklý odpad nebyl pro životní prostředí cizorodý. Nástup industriální revoluce znamenal nástup mnoha vynálezů, strojů a narůstající lidské zásahy do přírody.

Zaznamenáváme neustálý prudký globální nárůst počtu obyvatel, rozvoj průmyslové produkce jak ve vyspělých, tak v rozvojových zemích, a to hlavně v posledních desetiletích. To vše vyvíjí neustálý tlak na životní prostředí a následky nacházíme i na místech lidmi dosud nedotčených. Objevují se například stopová množství olova, DDT, radioaktivního odpadu či jiných látek v ledech Antarktidy či Arktidy. (Matějček 2007, s. 32)

Trvalou a nezbytnou součástí lidské společnosti byla vždy doprava. Jako taková není cílovým snažením, ale je nezbytnou podmínkou pro fungování obchodu, průmyslu a zemědělství i prostředkem pro zajištění mobility obyvatelstva. Transport milionů tun materiálů, surovin, výrobků, informací a také lidí různými druhy dopravy pochopitelně ovlivňuje životní prostředí, ale bez toho by už současná moderní společnost asi nedokázala normálně fungovat a existovat. Lidé dnes cestují kvůli výkonu své profese, na nákupy, za aktivním nebo pasivním odpočinkem nebo z jiných, pro ně důležitých důvodů. Tím vším doprava naplňuje potřeby lidí a plní i důležitou společenskou a ekonomickou roli.

Doprava dokáže navzdory velkým vzdálenostem umožnit lidem vzájemné setkání, poznávání, obohacování se novými zážitky a informacemi. Vytváří tak pouto mezi lidmi a v tomto směru je zdrojem lidské solidarity. Na straně druhé patří mezi největší zdroje nepříznivých vlivů působících na životní prostředí a zdraví lidí. Spalováním pohonných hmot se do ovzduší uvolňují výfukové plyny, což jsou koncentrované směsi obsahující stovky chemických látek v různých formách, mnohé s mutagenními, karcinogenními a toxickými vlastnostmi. Hluk a vibrace, to jsou další průvodní jevy dopravy negativně ovlivňující život hlavně v městských aglomeracích. (Matějček 2007, s. 41)

Dalším negativem je záběr zemědělské půdy na výstavbu silnic, což způsobuje změny vzhledu krajiny a překážku pro volně žijící a migrující zvěř. Časté nehody na našich přeplněných silnicích rovněž způsobují kontaminaci vod a půd hlavně při úniku ropných nebo jiných přepravovaných chemických látek z vozidel. (Adamec 2008, s. 56)

Ovzduší je jednou z nejohroženějších složek životního prostředí, kterému lidstvo dříve nevěnovalo a ani nemuselo věnovat větší pozornost. Přesto se dnes stává akutním, široce rozebíraným problémem, protože je jeho znečištění rok od roku citelnější. Stále se objevují nové způsoby a prostředky jeho znečišťování, jako jsou především růst výroby energie, těžba surovin, průmyslová výroba a doprava. Stejně jako voda je i ovzduší významným přírodním zdrojem, bez něhož život na naší Zemi není možný. Vzduch je potřebný pro dýchání lidí, zvířat a aerobních organismů, pro rostliny je důležitý z hlediska fyziologických procesů, je také významným činitelem při tvorbě půdy a zvětrávání hornin.

Všechny tyto procesy vyžadují čistý vzduch bez škodlivin, které ho znečišťují a znehodnocují. Proto je třeba chránit jeho čistotu hlavně ve městech a průmyslových aglomeracích, kde znečištění ovzduší může dosáhnout až katastrofálního stupně. Znečištěný vzduch působí škodlivě nejen na flóru a faunu, ale má také negativní vliv na zdraví člověka, což se projevuje narůstajícím počtem nemocí dýchacích cest, oběhového ústrojí, zánětů plic a zvýšeným počtem alergií. Vzhledem k vážnému stavu znečištění ovzduší průmyslem je třeba, aby se tento stav monitoroval, kontroloval a řešil.

Člověk intenzivně, mnohostranně a většinou negativně ovzduší ovlivňuje. Příčinou jeho znečištění je narůstání celosvětové populace, která má tendenci stěhovat se do měst. S růstem počtu obyvatel se zvyšuje životní úroveň a požadavky na energii. Je třeba si uvědomit, že v současnosti je hlavní podmínkou řešení ekologických problémů zejména snížení množství emisí vypouštěných do ovzduší z různých odvětví národního hospodářství. Chránit životní prostředí představuje pro lidstvo velmi důležitou úlohu. Nejen ochránci přírody, ale my všichni jsme povinni ji plnit a chránit prostředí pro budoucí generace. V mnoha případech to znamená vzdát se pohodlí a začít dělat něco i pro druhé a pro ozdravení našeho společného životního prostředí. (Adamec 2008, s. 57–58)

2. Cíle práce

Předložená diplomová práce je zaměřena na problematiku kvality ovzduší v oblasti Skotska. Z toho také vychází hlavní cíl celé práce, a to zjistit, jak by bylo možné do budoucna zlepšit prostorovou prognózu oxidu dusičitého na území Skotska.

Stanoveny jsou také dílčí cíle diplomové práce:

- zjistit, jaké zdroje znečištění existují, jaké látky mohou ovzduší znečišťovat,
- zjistit, jaké dopady znečištění ovzduší mají ve Skotsku jednotlivé látky,
- popsát vliv expozice oxidu dusičitého na studovaném území,
- zjistit, jak je území Skotska zatíženo oxidem dusičitým.

Diplomová práce je strukturována do celkem sedmi hlavních a navzájem provázaných částí. V jedné z nich se zaměřím na přehled současného stavu. Budu se zabývat životním prostředím a zvláště pak ovzduším – jeho znečištěním a zdroji znečištění. Dále bude charakterizováno zájmové území a metodika. Navazovat budou výsledky, diskuse a závěrečná část.

3. Přehled současného stavu

Na člověka působí řada vlivů okolního prostředí, které mají dopad na jeho zdraví, a to jak příznivý, tak nepříznivý. Nepříznivé vlivy způsobují lidskému organismu stres. Některým nepříznivým vlivům se člověk sice dokáže přizpůsobit, ale každý stresový faktor lidský organismus zeslabuje a vytváří tak podmínky pro narušení lidského zdraví.

Jedním z nejvýznamnějších negativních vlivů je v současné době znečištění ovzduší, které dosahuje kritických hodnot zejména ve velkých městech a v průmyslových oblastech. Například v roce 1952 zahynuly v Londýně v důsledku kritické smogové situace nejméně čtyři tisíce lidí. Stále aktuálnější problém představuje také znečištění ovzduší vnitřních prostor. V současné době žije více než 60 % obyvatel ve městech a tráví více než 90 % svého času v budovách a v dopravních prostředcích. (Matějček 2007, s. 44)

Nicméně i při nižších úrovních poškozují znečištěné ovzduší stále lidské zdraví a životní prostředí. Ohrožen je zdravotní stav a mnohdy i život nejzranitelnější části lidské populace, kterou představují malé děti, senioři, lidé s respiračními chorobami a dalšími zdravotními problémy. Velká Británie odhaduje, že dopad špatné kvality ovzduší na zdraví jejích občanů stojí kolem 15 miliard eur ročně. Celkové roční náklady na řešení problému znečištěného ovzduší mohou britskou ekonomiku zatížit částkou až 54 miliard liber. Jenom ve Skotsku byly v roce 2014 prachové částice spojeny přibližně s 2 000 předčasnými úmrtími, což představuje 22 500 „ztracených let života“ v celé populaci (The Scottish Government ©2015). Proto se Skotsko snaží dosáhnout úplného souladu se zákonnými požadavky EU v oblasti kvality ovzduší. Skotská vláda připravuje národní program Cleaner Air for Scotland – Cesta ke zdravější budoucnosti (CAFS),¹ který pak vytváří národní rámec, jenž stanoví, jak skotská vláda a její partnerské organizace navrhnou dosáhnout dalšího snížení znečištění ovzduší a splnit naše právní závazky v co nejkratším termínu. CAFS nastíní přínos ke zkvalitnění ovzduší v zájmu udržitelného rozvoje a současně ke zlepšení zdraví, přírodního prostředí a snížení nerovnosti v oblasti zdraví pro občany Skotska. (Anderson 2009, s. 116)

¹ Účelem národního programu Cleaner Air for Scotland – Cesta k zdravější budoucnosti je poskytnout národní strategii, v rámci které mohou všichni společně pracovat na společném cíli dosažení co nejlepší kvality ovzduší pro území Skotska.

3.1 Životní prostředí

Životní prostředí je místo, kde se realizuje působení všech vnějších i vnitřních činitelů v takové míře, která umožňuje živému organismu téhož druhu v tomto prostředí žít, vyvíjet se a rozmnožovat. Environment je takové prostředí, ve kterém organizace provozuje svou činnost, a zahrnuje jednotlivé ovlivňované složky, tj. vodu, ovzduší, flóru, faunu, půdu, přírodní zdroje, lidi a jejich vzájemné vztahy (Škapa 2013, s. 8). Podle zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, je „životním prostředím vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie“ (§ 2 zákona č. 17/1992 Sb.). Životní prostředí člověka se dělí podle složek na přírodní prostředí (tvořené převážně přírodními složkami hmotného světa, i když je ovlivňováno působením člověka), umělé prostředí (tvořené aktivitou člověka, i když obsahuje přírodní složky) a sociální prostředí (podstatu tohoto prostředí tvoří hlavně vztahy mezi lidmi, jejich výchovná, kulturní a sociální úroveň). (Symon, Bencko 2008, s. 6)

3.2 Ovzduší jako složka životního prostředí

Atmosféra je plynný obal Země, který odděluje litosféru (povrchový obal Země) s nejsvrchnější částí – pedosféra (půda) a hydrosféru (vodní obal Země) od vesmírného prostoru. Název pochází z řeckých slov atmos (pára, kouř, plyn) a sphaira (koule, kulová plocha) (Hronec 2005, s. 15). V průběhu geologických období se její chemické složení postupně měnilo. Původně atmosféra obsahovala dusík, vodní páru a oxid uhličitý. V současné době se také v atmosféře mění obsah plynů, především těch, které mají původ na zemském povrchu a v novodobé lidské činnosti.

Atmosféra plní několik funkcí. Je rezervoárem plynů nezbytných pro život, chrání zemský povrch před smrtelným krátkovlnným slunečním zářením, před kosmickým zářením i před velkými výkyvy teploty zemského povrchu, zajišťuje šíření zvuku a plynulý přechod mezi dnem a nocí. (Hronec 2005, s. 17)

Atmosféru tvoří vzduch, vodní pára, prach, různé mikroorganismy a ionty. Vzduch představuje mechanickou směs základních a vedlejších plynů. K základním plynům patří dusík (78,09 %), kyslík (20,95 %), argon (0,93 %) a oxid uhličitý (0,03 %). Mezi vedlejší složky řadíme vzácné plyny, H₂, NO_x, amoniak, metan apod.

Podle střední doby setrvání v ovzduší lze atmosférické složky rozdělit do 3 skupin:

- kvázistále (střední doba více než 1 000 let): N₂, O₂, Ar, He, Ne, Kr, Xe,
- proměnlivé (sd – roky): H₂, CO₂, CH₄, N₂O, freony,
- velmi proměnlivé (sd – dny): H₂O, SO₂, H₂S, NO, NO₂, NH₃, přízemní ozón aj. (Hronec 2005, s. 19)

Ovzduším se rozumí okolní ovzduší v troposféře kromě ovzduší v pracovních prostorech, kam nemá veřejnost pravidelný přístup. Ovzduší tvoří podstatnou část životního prostředí. Jeho kvalita se v důsledku exhalací spalín a úletů lokálně velmi mění, zhoršuje, což pocítují nejen lidé, ale i jiné okolní ekosystémy.

Znečištěné ovzduší způsobuje velké problémy zejména ve městech a v průmyslových oblastech, kde je velká koncentrace zdrojů znečištění. Nejhorší situace nastává v uzavřených kotlinách při teplotní inverzi. To je situace, kdy se při zemi drží studený vzduch, zatímco nad ním se nachází teplý. Promíchávání ve svislém směru je silně omezeno, při zemi se hromadí znečišťující látky a vzniká redukční smog, který je charakteristický hlavně pro zimní měsíce. Jeho hlavním důsledkem je zvýšený výskyt dýchacích obtíží obyvatel. V létě je pak pro tyto oblasti typický fotochemický smog. Podmínkou jeho vzniku je pak intenzivní sluneční záření. To dodává energii chemickým reakcím, při nichž ze znečišťujících látek vzniká přízemní ozón a řada dalších látek.

Produkty spalovacích procesů, zejména oxid siřičitý (SO₂) a oxidy dusíku (NO_x), reagují v ovzduší se srážkovou vodou a dochází ke vzniku kyseliny sírové a dusičné. Srážky, které pak dopadají na zemský povrch, jsou vlastně roztokem těchto kyselin a označují se jako kyselá deště. (Fargašová 2004, s. 51–52)

Ohrožují lesy, vodní organismy (v důsledku okyselení vody), půdu (především půdní organismy), ale i některé lidské výtvoř (omítky budov, historické památky atd.). (Fargašová 2004, s. 51–52)

Velkým problémem je pak vypouštění skleníkových plynů, především oxidu uhličitého a metanu. Ty se dostávají do ovzduší s lidskou činností (doprava, průmysl, vytápění, zemědělství apod.). Vyšší koncentrace těchto plynů v ovzduší vede k posilování skleníkového efektu. Ten je sám o sobě přirozeným jevem a vděčíme mu nejen za zmírnění teplotních rozdílů mezi létem a zimou i mezi dnem a nocí, ale také za to, že je na Zemi celkově o 33 °C tepleji. Kdyby totiž atmosféra neobsahovala žádné skleníkové plyny, pohybovala by se průměrná teplota na Zemi kolem –19 °C. Na tomto rozdílu se podílí především vodní pára, která je zároveň nejvýznamnějším skleníkovým plynem. Problémem je však prudký nárůst ostatních skleníkových plynů, a tím i posilování účinků skleníkového efektu v posledních desetiletích.

Dlouhodobá měření ukázala, že za posledních 140 let se průměrná teplota povrchu planety zvýšila o 0,8 °C. Celkem 19 z 20 let v době od roku 1990 do současnosti bylo označeno za nejteplejší období posledních 6000 let. Pozorována je také zvýšená četnost extrémních klimatických jevů, jako jsou povodně, silné větry, dlouhotrvající sucha a následné požáry. Předpokládá se rovněž zvýšení mořské hladiny, což může vedle nedozírných následků pro přírodní prostředí mít i řadu společenských problémů. (Fargašová 2004, s. 53)

Pro tyto změny se používá většinou souhrnné označení globální klimatické změny. Méně vhodný termín je alternativní globální oteplování. Průměrná teplota se totiž sice zvyšuje, v některých částech světa je však pozorováno spíše mírné ochlazování (Řecko, Skandinávie). Globální klimatické změny jsou zčásti projevem přirozených výkyvů, většina odborníků se však v současné době shoduje na tom, že zvyšování koncentrace skleníkových plynů v důsledku lidské činnosti má na probíhajících změnách rozhodující podíl. (Mach et al. 2010, s. 45)

Velmi nebezpečnými látkami pro atmosféru jsou freony, které se v minulosti používaly například v chladicích zařizováních, jako hnací látky do sprejů a při čištění oděvů. Jsou to zejména sloučeniny chlóru a v menší míře také brómu a fluoru. Přestože je v současné době jejich používání silně omezeno, mohou se v ovzduší

udržet až stovky let. Jejich nebezpečí spočívá především v tom, že narušují chemické reakce, které probíhají ve stratosféře a ohrožují ozónovou vrstvu. Ta chrání Zemi před škodlivými účinky ultrafialového záření. Největší úbytek ozónu je pozorován v Antarktidě. (Fargašová 2004, s. 74–76)

3.2.1 Znečištění ovzduší a jeho zdroje

Pojem znečišťování ovzduší se používá pro vypouštění (emise) znečišťujících látek do atmosféry a znamená přítomnost (imise) těchto látek v ovzduší. Znečišťování ovzduší znamená vnášení látek nebo energie člověkem ať už přímo, či nepřímo do ovzduší, ty mají takové zhoubné účinky, že ohrožují zdraví lidí, poškozují živé zdroje, ekosystémy a hmotný majetek, jakož i narušují a zasahují do rekreační stránky a jiného oprávněného využívání životního prostředí. Z hlediska místa vzniku se rozlišuje primární znečišťování, jímž se rozumí úlet ze zdroje (emise), a sekundární znečištění, přičemž pod tímto pojmem rozumíme chemické změny některých látek, které nastávají při šíření exhalací v atmosféře. Znečištěné ovzduší označuje stav atmosféry, kdy jsou v ovzduší v dostatečném množství přítomny složky, jež krátkodobě, nebo dlouhodobě nepříznivě ovlivňují životní prostředí. Podle rozsahu působení se znečištění ovzduší rozděluje na:

- Lokální – znečištění na rozloze do stovek km² od zdroje. Týká se to míst průmyslových aglomerací, okolí velkých podniků apod. Rozhodující roli zde hrají ty látky, které jsou nejvíce zastoupeny, přičemž nezáleží na průměrné době setrvání v ovzduší.
- Regionální – znečištění se týká větších oblastí nebo celých kontinentů. Hlavní význam mají látky, které mají průměrnou dobu setrvání v atmosféře nejméně desítky hodin až několik dní a týdnů.
- Globální – jde o znečištění celé atmosféry. V globálním rozměru znečišťují ovzduší ty látky, jejichž zdroje jsou masivní a průměrná doba životnosti v ovzduší je dlouhá – měsíce, roky. Nejčastější škodlivinou je CO₂, freony apod. (Fargašová 2004, s. 87–89)

3.2.2 Zdroje znečišťování ovzduší

Zdroje atmosférických příměsí se rozdělují do 2 skupin: přírodní a antropogenní. Odhaduje se, že 80–90 % všech znečišťujících látek pochází z přírodních procesů, jako jsou eroze půdy, rozklad hornin, vulkanická činnost, přírodní požáry, biologické procesy, rozprašování mořské hladiny. (Symon, Bencko 2008, s. 68)

Zdroje znečišťování podle charakteru činností:

- Energetika – v průmyslových zemích jde o největší zdroj znečišťování ovzduší. Při spalování paliv do ovzduší unikají CO_2 , CO , NO_x , uhlovodíky, aldehydy, saze, popílek obsahující Si^{4+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , těžké kovy apod. Nejvýznamnější podíl na produkci emisí SO_2 a NO_x má elektroenergetika, teplárny a elektrárny – mají 45% podíl na produkci SO_2 a 35% na NO_x , největší podíl na produkci emisí CO mají zařízení lokálního vytápění. Z hlediska ochrany ovzduší je nejvýhodnější spalování zemního plynu, při němž jsou vedle CO_2 významně zastoupeny jen oxidy dusíku.
- Průmysl – chemický, černá a barevná metalurgie, výroba stavebních hmot, potravinářský průmysl apod. Složení emisí závisí na charakteru výroby, např. při výrobě různých kovů unikají do ovzduší sloučeniny fluoru, CO_2 , SO_2 , prachové částice, které obsahují hlavně Fe, oxidy Fe, Si, Ca, Mg, z chemického průmyslu jsou to zejména NO_2 , NH_3 .
- Doprava – automobilová, letecká, železniční a vodní. Odvětví dopravy jako celek působí negativně na všechny složky ŽP (ovzduší, voda, půda, fauna a flóra). Jedním z nejzávažnějších problémů dopravy je znečišťování ovzduší emisemi. Příčinou emisí škodlivin z motoru vozidel do ovzduší jsou výfukové plyny vznikající při spalování pohonných hmot. V spalovacím procesu dochází k tvorbě toxických nebo karcinogenních látek (CO , NO_x , SO_2 , těžké kovy) a látek, které se podílejí na oteplování atmosféry Země (CO_2 , N_2O , CH_4).

- Likvidace odpadů – spalovny komunálního a průmyslového odpadu, skládky odpadů, kalové pole, čistírny odpadních vod, kompostárny, krematoria apod. Bakteriální rozklad organické hmoty produkuje metan, sirovodík, amoniak a zapáchající organické sloučeniny.
- Zemědělství a lesnictví – větrná eroze, rozptyl průmyslových a přirozených hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, emise z objektů živočišné výroby, hnojišť, emise z lesních a zemědělských mechanismů apod. (Mach et al. 2010, s. 78–81).

3.2.3 Znečišťující látky v atmosféře

Zákon o ochraně životního prostředí vymezuje pojem znečišťující látka, a tou je jakákoliv látka vnášená lidskou činností přímo, či nepřímo do ovzduší, která má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí, a to kromě látky, jejíž vnášení do životního prostředí je upraveno zvláštním předpisem. Znečišťující látka v ovzduší je taková složka, která přímo nebo po změnách, kterým podléhá v atmosféře, ohrožuje nebo poškozují živé organismy a má nepříznivý vliv na životní prostředí.

Látky znečišťující ovzduší můžeme rozdělit podle různých hledisek:

- a) v závislosti na místě vzniku se dělí na:
 - primární – do ovzduší z přírodních zdrojů nebo lidské činnosti,
 - sekundární – přímo v ovzduší při atmosférických reakcích.
- b) v závislosti na chemických a fyzikálních vlastnostech se zařazují do skupin:
 - sloučeniny síry,
 - sloučeniny dusíku,
 - sloučeniny uhlíku,
 - sloučeniny halogenů,
 - radioaktivní látky,
 - tuhé látky.

c) podle aspektu účinků na lidské zdraví:

- alergeny,
- karcinogenní látky,
- pachy (jako samostatná skupina) s ohledem na specifčnost detekce čichem.

d) podle skupenství:

- plynné,
- kapalné,
- tuhé. (Symon, Bencko 2008, s. 89)

3.3 Monitoring ovzduší

Poskytuje informace potřebné pro rozhodování a řešení problémů v oblasti ochrany čistoty a kontroly ovzduší a také pomáhá zjistit, jaký vliv mají lidské činnosti na čistotu ovzduší, abychom jej mohli chránit a zlepšovat jeho kvalitu. Předmětem monitoringu ovzduší je důsledné a systematické pozorování přesně určených charakteristik jednotlivých složek ovzduší v čase a v prostoru, nebo vlivů na něj působících, které s mírou výpovědní schopnosti reprezentují sledované území a v souhrnu pak větší územní celek.

Pod pojmem ochrana ovzduší rozumíme předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší. Omezovat emise znečišťujících látek lze primárními opatřeními (změny technologií, úprava spalovacího procesu, výměna paliv atd.) a sekundárními opatřeními (čištění spalin, technologických plynů, výfukových plynů, likvidace zápachů). Strategie ochrany ovzduší se určuje na základě výsledků monitoringu znečištění vnějšího ovzduší a výsledků monitoringu negativních účinků na živou a neživou přírodu. Koncepce ochrany před znečištěním prostředí atmosférickými škodlivinami v ČR soustřeďuje pozornost na rozhodující oblasti znečišťování a ochrany ovzduší v mezinárodním měřítku.

3.4 Zdravotní dopady znečištění ovzduší na lidské organismy

Každý den vdechne průměrný člověk asi 20 000 litrů vzduchu. Pokaždé, když dýcháme, riskujeme vdechování nebezpečných chemických látek, které si našly cestu do vzduchu. Znečištěné ovzduší působí na člověka přímo (činitel dráždivý, škodlivý až toxický, vyvolávající řadu onemocnění) a nepřímo (v oblasti sociální, psychické), neboť vzrůstající znečištění atmosféry omezuje samotnou existenci člověka. Znamé jsou důkazy vlivu znečištěného ovzduší na selhání dýchacího a kardiovaskulárního systému či přímo na závislost úmrtí na koncentraci SO₂.

Největším problémem souvisejícím se znečištěním je narůstání počtu případů rakoviny průdušek a plic, což úzce souvisí s koncentrací polycyklických uhlovodíků a sazí v ovzduší v souvislosti s rozvojem automobilismu. Ze zdravotního hlediska jsou nejnebezpečnější částice s rozměry 2,5–0,1 μm, které pronikají hluboko do dýchacích cest a ukládají se v plicích.

Negativní účinky prachu jsou různorodé: mechanické (dráždí oční spojivkový vak, sliznice, lymfatické cesty v plicích), toxické (mohou obsahovat toxické chemikálie, kovy, dlouhodobá expozice s vysokou koncentrací SiO₂ vede k silikóze), alergizující (biologické aerosoly, některé chemikálie a kovy) a karcinogenní (některé chemikálie a kovy, azbest, saze). (Mach et al. 2010, s. 78–80)

Těžké kovy v malém rozsahu pronikají do našeho těla prostřednictvím jídla, pitné vody a ovzduší. Jako stopové prvky jsou některé těžké kovy (např. měď, selen, zinek) nezbytné pro udržení metabolismu lidského těla. Nicméně při vyšších koncentracích mohou vést k otravě. Otrava těžkým kovem může pocházet například z pitné vody – kontaminace (např. olovené trubky), z vysoké koncentrace ve vnějším ovzduší v blízkosti emisních zdrojů nebo z příjmu prostřednictvím potravinového řetězce.

4. Oxid dusičitý

Odhaduje se, že přibližně 90 % antropogenních atmosférických polutantů vzniká ze spalování fosilních paliv (Chung 2006), při němž vzniká několik typů polutantů, z nichž nejznámější jsou: oxidy dusíku (NO_x), oxidy síry (SO_x) a saze. Při spalování vodíku ve vzduchu vznikají jako vedlejší produkt spalování jen oxidy dusíku.

Obvykle se uvádí, že ze všech emitovaných oxidů dusíku jde především o oxid dusnatý (kolem 90 %), přičemž ten je za pomoci oxidační reakce přeměněn na oxid dusičitý (Grice et al. 2009). Jiná situace je právě u oxidu dusičitého, jemuž bude pozornost v této kapitole věnována primárně. Na celkových oxidech dusíku se podílí max. 5 %, většinou to není více než 2 % (Hermenka, Hrdlička 2004). Z toho vyplývá, že v blízkosti zdrojů způsobujících znečišťování se nachází větší objem emisí oxidu dusnatého, zatímco dále od zdroje je to oxid dusičitý. (Chung 2006)

4.1 Oxid dusičitý jako zástupce oxidů dusíku

Oxidy dusíku tvoří skupinu molekul tvořených jen atomy dusíku a kyslíku. Mezi nejvýznamnější oxidy dusíku patří oxid dusnatý NO , oxid dusičitý NO_2 a oxid dusný N_2O . Všechny uvedené molekuly jsou stabilní a lze je izolovat, ačkoli NO a NO_2 jsou reaktivní radikály. Do atmosféry se NO_x dostává zejména přírodními procesy, jako jsou anaerobní biologické procesy v půdě a vodě, vulkanická činnost, fotochemická destrukce dusíkatých sloučenin v atmosféře, blesky a lesní požáry. Přírodní procesy vyprodukují 62 % z celkových emisí. (Denman et al. 2007)

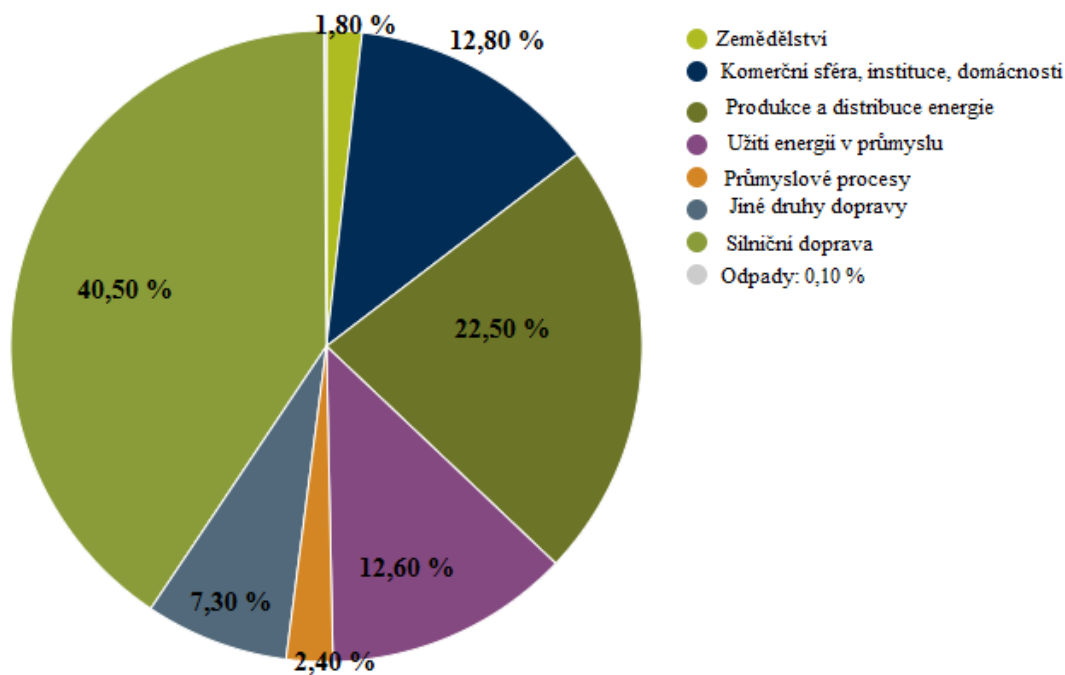
Oxid dusičitý je reaktivní plyn, který vzniká především oxidací z oxidu dusnatého. Hlavními zdroji oxidu dusnatého a dusičitého jsou automobilové motory a tepelné elektrárny, kde tyto oxidy vznikají spalováním paliv při vysokých teplotách. Z větší části je za emise oxidů dusíku zodpovědný oxid dusnatý. Oxid dusnatý je přímo emitovaný pouze v malém množství, přibližně v 5–10 %. Toto množství je velmi podobné u většiny zdrojů, které jej produkují. Výjimkou jsou naftové motory, jež produkují přibližně 70 % oxidu dusnatého (Grice et al. 2009). Z toho vyplývá, že významným primárním zdrojem emisí oxidu dusičitého je zvyšující se počet naftových vozidel, především emisních norem Euro 4 a 5.

Oxid dusičitý představuje sloučeninu tří atomů, a to dusíku a kyslíku. Za běžných okolností se tato sloučenina vyskytuje ve dvou formách. V nižších teplotách jde o dimer N_2O_4 , což je bezbarvá kapalina. V případě vyšších teplot se oxid dusičitý projevuje jako plyn v hnědočervené barvě mající štiplavý zápach. Považuje se za jeden z nejběžnějších oxidů dusíku v odpadních plynech. V atmosféře dochází k přeměně oxidu dusičitého např. za pomoci vody na kyselinu dusičnou. Díky tomu se tak oxid dusičitý podílí na vzniku kyselých dešťů, čímž negativně ovlivňuje životní prostředí. Nejčastějšími zdroji této sloučeniny jsou odpadní plyny, jejichž původ lze hledat ve statických a mobilních zdrojích spalín. Oxid dusičitý se také výraznou měrou používá zejména v průmyslu. Jde např. o produkci kyseliny dusičné ve formě silného oxidačního činidla. To je látka přijímající elektrony od jiných látek majících vlastnosti oxidace a seberedukce. Z toho plyne také fakt, že oxid dusičitý může v určitých podmínkách prudce reagovat v kombinaci s dalšími chemickými látky, umožňuje jejich hoření či se podílí na jejich vzplanutí. (Haynes 2011)

Oxid dusičitý se v porovnání s oxidem dusnatým považuje za aktivnější, toxičtější červenohnědý plyn, který má charakteristický ostrý zápach. Bodem varu je teplota $-21\text{ }^\circ\text{C}$, pod touto hodnotou se mění na červenohnědou tekutinu. Vznik oxidu dusičitého je dán oxidací oxidu dusnatého v plamenu (Fenimoreův mechanismus), ve spalovacím prostoru (Bodensteinův mechanismus) a ve volném ovzduší. Oxid dusičitý působí ve vyšších koncentracích výrazně toxicky, přičemž v kombinaci s uhlovodíky a slunečním zářením vytváří ozón, organické peroxidy, peroxyacylnitrát (PAN) a další produkty spadající pod fotochemický smog (World Health Organization ©2006). Ozón a PAN dráždí oči a negativně působí na vegetaci. (Augusto et al. 2002)

Antropogenní procesy, kterými se NO_x dostávají do atmosféry, představují kromě spalovacích procesů v průmyslu a dopravě, továrny na výrobu HNO_3 a jiné procesy, při kterých se produkuje nebo používá HNO_3 . Na obrázku 1 jsou zobrazeny zdroje antropogenních emisí NO_x z roku 2011 v EU (European Environment Agency ©2014). Zde je třeba ještě podotknout, že v Evropské unii došlo ve sledovaném období ke snížení emisí oxidů dusíku o 30 % a meziroční pokles byl 3 %. Podle statistických hodnot za rok 2016 bylo zjištěno, že střední hodnoty naměřeného NO_2 byly ve všech členských zemích EU v mezích normy, nicméně nejvyšší hodnoty oxidu dusičitého byly překročeny v zemích, jako jsou Francie, Rakousko a Velká

Británie, kam spadá právě také Skotsko. Tyto hodnoty jsou však ovlivněny naměřenými hodnotami z Anglie, kde průměrné hodnoty oxidu dusičitého v roce 2016 překračovaly $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, přičemž ve Skotsku byly tyto hodnoty výrazně nižší, a to v intervalu do $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. To je výrazně níže, než v řadě zemí EU. (European Environment Agency ©2018)



Obrázek 1: Zdroje emisí NO_x v EU v roce 2011

Zdroj: European Environment Agency ©2014 (vlastní úprava)

Jak je z výše uvedeného obrázku patrné, emise oxidů dusíků pocházejí z více než 40 % ze silniční dopravy. Tyto hodnoty jsou stále aktuální i pro geografickou oblast Skotska.

Novější data poukazují na to, že během posledních 30 let se v oblasti celé EU snížily emise NO_x z 18,1 mil. na 7,6 mil. tun. Největší podíl snížení je registrován v segmentu silniční dopravy, kde se emise oxidů dusíku snížily o 4,7 mil. tun. Nadále se však silniční doprava považuje za hlavní odvětví, které přispívá k emisím oxidů dusíku a také k emisím oxidu dusičitého.

Tento poznatek je také dán aktuálními statistickými hodnotami od EEA, kdy se ukázalo, že automobilová doprava je nadále sektorem zodpovědným za nejvyšší emise oxidů dusíků. V roce 2016 činil podíl dopravy na emisích oxidu dusíku v Evropské unii 39 %. Následovala energetika se 14 % a průmyslový sektor 11 %.

Oproti roku 2008 došlo ke snížení emisní zátěže oxidy dusíku o 34 % v dopravě a shodně o 29 % v energetice a ostatních průmyslových odvětvích. (European Environment Agency ©2018)

Ve vnějším prostředí jsou NO_x považovány za polutanty, protože jsou chápány jako prekurzory a hrají vážnou roli při tvorbě přízemního ozónu a při tvorbě kyselých dešťů. Zjednodušená reakce při tvorbě kyselých dešťů je tato:



Tvorba přízemního ozónu zjednodušeně:



Z oxidů dusíku je pro lidské jedince nebezpečnější oxid dusičitý NO_2 . Pokud je vdechnut do plic, reaguje s vodou, vytváří kyselinu dusitou a kyselinu dusičnou, která způsobuje poškození plicní tkáně (Bernard et al. 2001). Proto jsou stanoveny přísné imisní limity. Podle příslušného nařízení může být zaměstnanec ve Skotsku při práci vystaven maximální koncentraci NO 25 ppm, což odpovídá 30 mg/m^3 a maximální koncentraci NO_2 na úrovni 5 ppm, což odpovídá $9,5 \text{ mg/m}^3$. Ještě přísnější limity byly stanoveny pro EU v roce 2010. Maximální průměrná koncentrace NO_2 během jedné hodiny nesmí přesáhnout $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ a maximální průměrná koncentrace NO_2 během kalendářního roku nesmí přesáhnout $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2008/50/ES). Aby se uvedené limity splnily, je potřeba minimalizovat tvorbu oxidů dusíku. To platí zvláště v uzavřených prostorech, například při použití plynových vařičů.

Formování NO_x v procesech spalování závisí na několika faktorech, primárně však na teplotách plamene, typu paliva a na době, během níž dochází k ohřátí vzduchu na vysoké teploty.

4.2 Vliv expozice oxidu dusičitého

Wolf-Eberhard uvádí, že oxidy dusíku hrají rozhodující roli při vymírání lesů (asi 10–100 kg na hektar za rok). Oxidy dusíku mohou spolu s vlhkostí tvořit kyselinu dusičnou – HNO_3 . To vede k dráždění sliznice, její vysoké koncentrace k bronchitidě a velmi vysoké koncentrace mohou způsobit plicní záněty. Obzvláště nebezpečné jsou pro malé děti. (Wolf-Eberhard 1995)

Od roku 2004 bylo publikováno několik studií revidovaných Světovou zdravotnickou organizací, jejichž výsledky dokumentují vztah mezi krátkodobou a dlouhodobou expozicí oxidu dusičitého na morbiditu a mortalitu. Studie zabývající se dlouhodobou expozicí oxidu dusičitého přinesly závěry poukazující na nepříznivé zdravotní účinky koncentrací oxidu dusičitého, jež byly rovny nebo nižší než současné limitní hodnoty Evropské unie. (World Health Organization ©2013)

Faustini et al. (2014) přinesli důkazy o přímém vlivu dlouhodobé expozice oxidu dusičitého na vyšší mortalitu. Dále dospěli k závěru, že oxid dusičitý vznikající sekundární cestou není pouze indikátorem znečištění ovzduší z dopravy, ale že je přímo odpovědný za negativní účinky na zdraví.

Spolupůsobení NO_2 a dalších plynných komponentů má mnohem silnější a nepříznivější účinek, než když působí samostatně. Za zvlášť nebezpečné se považuje spolupůsobení NO_2 , SO_2 a O_3 . U oxidů dusíku je dominantní jejich dráždivý účinek. Na rozdíl od oxidu siřičitého vstupují oxidy dusíku hluboko do plic, kde jsou absorbovány a konvertovány na dusitany a dusičnany. Oxid dusičitý je silné oxidační činidlo, může oxidovat nasycené mastné kyseliny v buněčných membránách stejně jako funkční skupiny proteinů. Při expozici oxidu dusičitého byla zjištěna silně zvýšená citlivost na histamin vedoucí k bronchokonstrikci. Expozice vysokými koncentracemi může vést až ke vzniku plicního edému. (Wu et al. 2016)

Vdechování oxidu dusnatého má vliv na centrální nervovou soustavu. Jeho vdechování vede k tvorbě nitrozilhemoglobinu a methemoglobinu projevujícího se po vyšších expozicích ve zřetelné cyanóze u postiženého. Oxidy dusíku mají charakteristický typický čpavkový zápach, dráždící dýchací cesty a ve vyšších koncentracích působí toxicky. Oxid dusičitý je přitom toxičtější než oxid dusnatý. (Chen et al. 2007)

Má dráždivé účinky a jeho zákeřnost při intoxikaci spočívá hlavně v dlouhé době latence, která se projeví opuchem plic, někdy až po expozici. Oxidy dusíku dále zhoršují choroby srdeční, vyvolávají cyanózu, rozšiřují krevní cévy a snižují tím krevní tlak. (Chen et al. 2007)

Expozice oxidů dusíku, především oxidu dusičitého, je spojena s vyšší kardiovaskulární a respirační mortalitou a respirační morbiditou. Evropská směrnice kvality ovzduší stanovuje monitorování hodinového průměru koncentrace oxidu dusičitého a imisní roční limit (Nařízení Komise (ES) č. 692/2008). Dolní mez pro posuzování hodinové průměrné koncentrace je stanovena na $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, horní mez pro posuzování na $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit je určený na $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Překročení těchto limitů je možné maximálně $18\times$ ročně. Dolní mez pro posuzování pro kalendářní rok je $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, horní mez pro posuzování je $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a imisní limit pro kalendářní rok činí $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Signál výstrahy je podle výše uvedené evropské směrnice vyhlášen při překročení prahové hodnoty $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve třech po sobě jdoucích hodinách. V podmínkách České republiky se při tomto překročení vyhláší signál regulace. Signál upozornění je vyhlášený při překročení hodinového průměru koncentrace oxidu dusičitého $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve třech po sobě jdoucích hodinách. (Vyhláška č. 330/2012 Sb.)

Podle metodiky European Environment Agency bylo odhadnuto, že asi 8 % populace bylo v roce 2016 exponováno nadlimitním koncentracím oxidu dusičitého. Podíl městské populace exponované oxidem dusičitým v Evropské unii v období 2008–2016 se odhaduje mezi 8 % až 27 %. (European Environment Agency ©2018)

5. Skotsko – charakteristika ve vztahu ke znečištění ovzduší

V uplynulých letech se média více věnovala problémům s kvalitou ovzduší, přičemž události jako kontrola emisí nadnárodní automobilky VW a případ postupu EU proti vládě Spojeného království za překročení hranic znečištění ovzduší se dostávají do popředí zpráv. Vzhledem k tomu, že mnohé látky znečišťující ovzduší jsou také skleníkové plyny, existuje příležitost pro tvůrce environmentální politiky současně řešit jak znečištění ovzduší, tak změnu klimatu. To by mohlo být přínosem pro lidské zdraví a životní prostředí, ale vyžaduje to koordinované a soustředěné úsilí ve více odvětvích, zejména v odvětví dopravy, zemědělství a energetiky. Znečišťující látky, které Skotsko v současnosti nejvíce znepokojují, jsou oxidy dusíku a pevné částice, neboť právě ty jsou považovány za nejškodlivější pro lidské zdraví.

Odvětví dopravy je největším zdrojem těchto emisí a existuje již mnoho kampaní vládních i nevládních zaměřených na kvalitu ovzduší. Někteří odborníci se však domnívají, že politici by měli obrátit pozornost i na „zemědělské“ emise amoniaku, které byly z velké části opomíjeny. Skotsko uznalo problém znečištění ovzduší a stalo se první zemí v Evropě, která přijala v dubnu 2016 doporučenou hranici pro PM_{2,5}.² Mnoho částí Skotska má ovšem stále vyšší míru znečištění ovzduší než limity připouštěné nařízeními skotské vlády o kvalitě ovzduší, jež však nejsou právně závazné.

Termín „smog“ byl poprvé použit k popisu případu znečištění ovzduší v Glasgow v roce 1909, které způsobilo více než 1000 úmrtí (Center for Chemical Process Safety 2006, s. 297). Problém se ve Spojeném království zhoršil v následujících desetiletích a vyvrcholil londýnským smogem v prosinci 1952, který zabil přibližně 12 000 lidí a byl tak hustý, že krávy údajně umíraly přímo na polích a veřejná doprava se prakticky zastavila (Mett Office ©2020). To vedlo k přijetí prvního „zákonu o čistém ovzduší“ v roce 1956, který zakázal emise černého kouře a připravil cestu pro legislativu o znečišťování ovzduší (The National Archives ©2020a). V mnoha ohledech se kvalita ovzduší v Británii od té doby značně zlepšila. Postupné ukončení používání sirného uhlí a přechod na bezolovnatý benzin a naftu

² Particulate Matter – pevná částice. Průměr od 1 do 2,5 µm. Zdroje: spalování motorových paliv, ohniště, spalování v domácnosti, opotřebení brzd a pneumatik. Dostatečně malé, aby pronikly hluboko do plic.

s nízkým obsahem síry vedly k dramatickému snížení emisí oxidu siřičitého a olova (Royal College of Physicians ©2016). Tyto a novější příklady, jako je „interiérový“ zákaz kouření (The National Archives, ©2020b), ukazují, že politika a legislativa se mohou ukázat jako vysoce účinné při zlepšování kvality ovzduší.

Většina Spojeného království však stále překračuje povolené limity kvality ovzduší, což je z velké části důsledkem nárůstu silniční dopravy, která nyní představuje největší zdroj znečištění ovzduší. Silniční doprava představuje ve skutečnosti 33 % emisí oxidů dusíku (NO_x) a nejméně 21 % hrubých částic³ a představuje ve Spojeném království hlavní zdroj znečištění v 92 % všech oblastí řízení kvality ovzduší (Faulkner, Russell 2010). Existují však i další oblasti, které hrají roli při snižování znečištění ovzduší, jak zdůraznil Dr. Carlos Dora (2014): *„Nadměrné znečištění ovzduší je často vedlejším produktem neudržitelných politik v odvětvích, jako je doprava, energetika, nakládání s odpady a průmysl. Ve většině případů budou také zdravější strategie dlouhodobější díky úsporám nákladů na zdravotní péči.“*

5.1 Dopady znečištění ovzduší ve vymezené lokalitě

Znečištění ovzduší způsobuje ekonomické náklady v celé řadě odvětví, vynaložené na zdravotní péči, náhradu nevyužitých pracovních dnů, zhoršení životního prostředí a chátrání budov. Celkové ekonomické náklady společnosti spojené se znečištěním ovzduší ve Velké Británii byly odhadnuty na 20 miliard liber ročně (Royal College of Physicians ©2016). Skupiny s nízkými příjmy jsou nepřiměřeně postiženy, protože u nich existuje větší pravděpodobnost, že budou bydlet v městských oblastech s vysokou úrovní znečištění a s menším přístupem k zeleným plochám a že budou mít omezený přístup ke kvalitním a zdravým potravinám. Odhady o zdravotních dopadech znečištění ovzduší z roku 2016 uvedly, že způsobuje celosvětově 3,7 milionu předčasných úmrtí. (Lelieveld et al. 2015)

³ Částice s průměrem do 10 mikrometrů (µm). Zdroje: silniční prach, opotřebení brzd a pneumatik, mořská sůl, lomy, stavba, půda. Dost malé na to, aby se dostaly do plic.

Znečištění venkovního ovzduší je spojeno s mnoha život ohrožujícími nemocemi, je zodpovědné za 25 % případů mrtvice, 23 % případů ischemické choroby srdeční a 14 % případů rakoviny plic po celém světě (Prüss-Ustün et al. 2016). Ačkoli nejhorší znečištění ovzduší se vyskytuje převážně v Číně a Indii, je to přesto globální problém.

Nejnovější výzkum naznačuje, že znečištění venkovního ovzduší (hlavně NO₂ a PM_{2,5}) zapříčiňuje ve Velké Británii přibližně 40 000 úmrtí ročně. Je důležité poznamenat, že tato „předčasná“ úmrtí odhadují spíše celkovou úmrtnost způsobenou znečištěním ovzduší u celé populace než absolutní počet úmrtí způsobených pouze znečištěním ovzduší (Výbor pro lékařské účinky látek znečišťujících ovzduší) (Gov.uk ©2010). Odhady úmrtnosti způsobené znečištěním ovzduší se v posledních letech zvýšily.

Vystavení organismu znečištěnému ovzduší může také dlouhodobě ovlivnit zdraví člověka. Studie, která zkoumala kohortu téměř 370 000 lidí ve Spojeném království, dospěla k závěru, že zdravotní dopady vystavení „černému“ kouři a oxidu siřičitému byly patrné ještě za třicet let (Hansell et al. 2016). Mezi vysoce rizikové skupiny, které jsou nejčastěji vystaveny účinkům znečištění ovzduší, patří kojenci, malé děti, starší lidé a lidé, kteří již trpí respiračními nebo kardiovaskulárními chorobami. Těhotné ženy představují další zranitelnou skupinu, protože škodlivé biologické faktory vyvolané částicemi by mohly potenciálně infiltrovat placentu přes krevní oběh (Royal College of Physicians ©2016). To může poškodit duševní a tělesný vývoj dítěte různými způsoby – následky mohou být následující:

- špatný růst plodu,
- nízká porodní hmotnost,
- zpožděný neuro-kognitivní vývoj (mozkový vývoj),
- předčasný porod,
- poškození orgánů. (Royal College of Physicians ©2016)

Spojení mezi znečištěním ovzduší a výskytem astmatu je stále diskutováno. Výzkumy ukazující, že znečištění ovzduší zhoršuje astmatické příznaky, se nahromadily během desetiletí, ačkoli se objevily i důkazy naznačující, že astma může způsobit také nové onemocnění (Guarnieri, Balmes 2014). Bylo zjištěno, že expozice PM_{2,5} a NO₂ zvyšuje výskyt astmatu u dětí, přičemž O₃ a SO₂ jsou také spojeny s dalšími zdravotními problémy. Astma způsobilo 72 úmrtí ve Skotsku

v roce 2016 a odhaduje se, že náklady zdravotní péče přesáhly 130 milionů liber (National Records of Scotland ©2015). Průzkumy prokázaly, že Skotsko má největší podíl astmatiků na světě, přičemž více než 18 % populace vykazuje symptomy onemocnění. Skotsko má také nejvyšší věk standardizované předčasné úmrtnosti (tj. s ohledem na to, že většina příčin smrti se významně liší podle věku a pohlaví) u kardiovaskulárních onemocnění, koronárních onemocnění srdce a mozkové mrtvice ve Spojeném království (British Heart Foundation 2014). Lze proto předpokládat, že snížení znečištění ovzduší by mohlo pomoci snížit výskyt těchto onemocnění, což by šetřilo lidské životy i náklady na zdravotní péči. Oblasti ve Skotsku s největším podílem celkových úmrtí souvisejících se znečištěním částicemi (PM) jsou:

- 1) Edinburgh (4,9 %),
- 2) Glasgow (4,7 %),
- 3) Falkirk (4,3 %),
- 4) Severní Lanarkshire (4,3 %),
- 5) Aberdeen City a West Lothian.⁴

Studie ukázaly, že zákaz kouření, který vstoupil v platnost ve Skotsku v roce 2006, vedl ke snížení četnosti srdečních záchvatů a rovněž snížil výskyt mozkových příhod a astmatu (Mackay et al. 2013). Lze tedy předvídat, že snížení emisí znečišťujících látek v ovzduší přináší podobné výhody při záchraně životů.

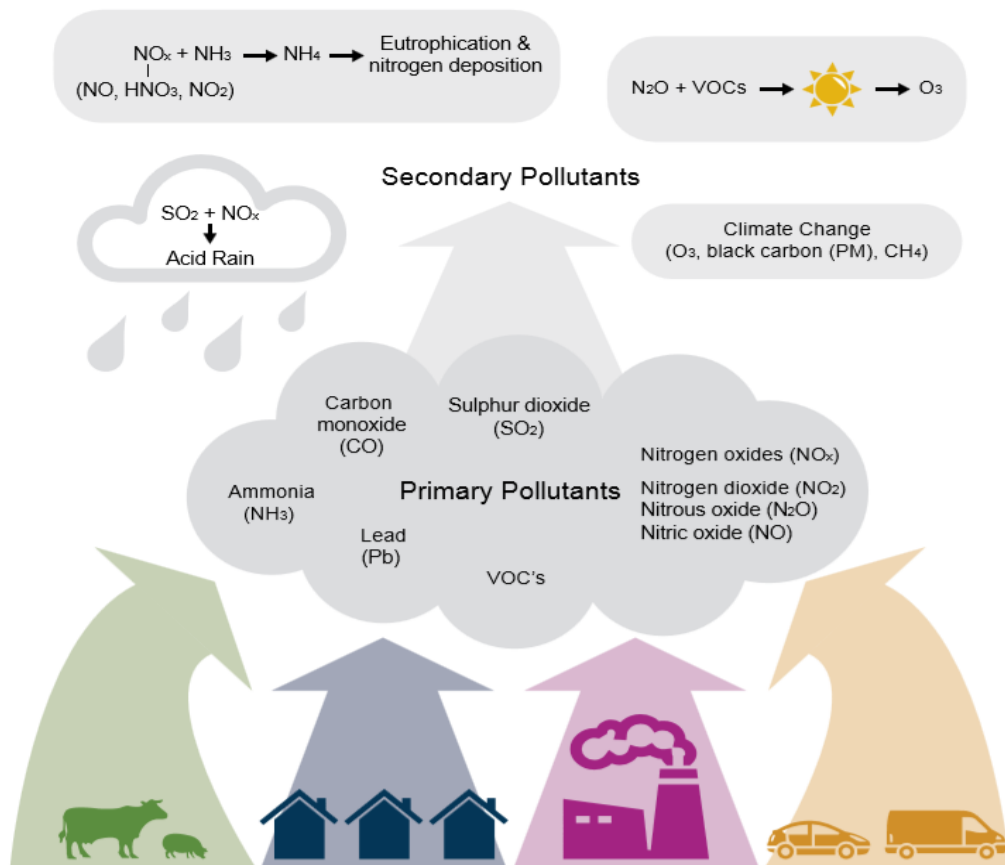
Ze všech látek znečišťujících ovzduší má přízemní ozón (O₃) největší nepříznivý dopad na výnosy plodin, přičemž celosvětové ztráty plodin dosahují až 15 % u pšenice, 14 % u sóji a 5,5 % u kukuřice (Wilkinson et al. 2012). To by mohlo vzrůst na 26 % u pšenice, 19 % u sóji a 8,7 % u kukuřice podle úrovní O₃ předpokládaných do roku 2030. Současná míra úbytku plodin připadající na znečištění ozónu se odhaduje na přibližně 12 miliard liber na celém světě a 183 milionů liber ve Spojeném království (Avnery et al. 2011). O₃ poškozuje rostliny tím, že brání fotosyntéze, příjmu živin a vody a dalším fyzikálním funkcím, které kulminují v zastaralém růstu, nižší kvalitě plodin a nakonec nižší výtěžnosti. V porovnání s rostoucím množstvím bavlíkových stromů v městském a venkovském prostředí se ukázalo, že stromy ve městě rostly dvakrát více než stromy v přírodě. Předchozí hypotézy, že to bylo způsobeno hnojivým účinkem

⁴ Za rok 2016.

znečišťujících látek obsahujících dusík nebo síru v půdě, nebo vyšší teploty městských oblastí byly vyvráceny a místo toho autoři dospěli k závěru, že je to důsledek vyšší úrovně ozonu ve venkovských oblastech. Úrovně přízemního ozonu jsou obecně nižší v městských oblastech, protože O_3 reaguje s oxidem dusnatým (NO) z emisí z vozidel, čímž vytváří NO_2 . (O'Brien 2016, s. 8-10)

O_3 může rovněž snížit odolnost rostlin vůči dalším stresovým faktorům, jako je sucho, které se v budoucích letech projeví častěji v důsledku změny klimatu. Kromě toho může být pastva hospodářských zvířat nepřímo ovlivněna znečištěným ozónem kvůli poklesu jakosti a množství krmiv (Hayes et al. 2016). Dopady znečištění ozónem by mohly být pro skotské zemědělství významné, neboť pro pastvu, plodiny, travu, úhor nebo půdu vyňaté z produkce (skotská vláda v roce 2015) se používá 4,9 milionu hektarů rozlohy (63 % celkové plochy) Skotska. To ukazuje, jak může být znečištění ovzduší považováno za hrozbu pro globální zabezpečení potravin. Přízemní ozón (O_3) je klasifikován jako sekundární látka znečišťující ovzduší, která vzniká reakcí jiných polutantů (prekurzory ozónu) jako NO_x a VOC^5 se slunečním zářením. Vysoké hodnoty ozónu se vyskytují častěji v letních měsících, což způsobuje tvorbu mlhy, respirační problémy, poškození životního prostředí a produkce potravin (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants 2015). Limit pro ozón ve Spojeném království je $100 \mu g/m^3$ (nesmí být překročen více než desetkrát za rok), tzn. přísnější než limit stanovený Evropskou komisí. (Kernan et al. 2010)

⁵ Těkávé organické sloučeniny.



Obrázek 2: Zdroje a cesty znečištění ovzduší

Zdroj: O'Brien 2016

Legenda: Acid Rain – kyselý déšť, Climate Change – změny počasí, Eutrophications – eutrofizace, Neutrogen Deposition – ložiška dusíku, Primary Pollutants – primární znečišťující látky, Secondary Pollutants – druhotné znečišťující látky, VOC – těkavé organické sloučeniny.

5.1.1 Částice hmoty

Hrubé částice (PM₁₀) pocházejí převážně ze spalování, zemědělství a dopravy (tabulka č. 1). Skotské emise PM₁₀ od roku 1990 klesají s výjimkou maxima v roce 2001, jež bylo údajně způsobeno spálením jatečně upravených těl zvířat v důsledku vypuknutí slintavky a kulhavky. Mezi lety 2010 a 2015 poklesly průměrné roční emise PM₁₀ ve Skotsku o 18 % (17,87 µg/m³ v roce 2010 na 14,64 µg/m³ v roce 2017).

Tabulka 1: Hlavní zdroje znečištění ve Skotsku

Sektor	NH ₃	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	Olovo	CO
Energetický průmysl	-	34.6%	7.7	5.7%	79.4%	20.8%	6.5%
Ostatní spalování	1.3%	11.6%	24.4%	35.2%	7.5%	27.6%	38.3%
Zemědělství	86.6%	-	4.4%	21.1%	-	-	-
Doprava	1.8%	38.5%	34.8%	16.4%	2.7%	7.0%	30.2%
Průmyslové činnosti	0.2%	13.0%	21.9%	13.7%	9.1%	41.5%	22.6%
Odpady	4.5%	-	5.5%	-	-	2.9%	-

Zdroj: O'Brien 2016

Celkový pokles hladiny PM může být způsoben zejména zavedením přísnějších emisních standardů pro silniční vozidla, ale také poklesem emisí SO₂, které jsou zdrojem sekundárního PM (Fuzzi et al. 2015). Podobně počet sledovacích míst ve Skotsku překračujících roční mezní hodnotu PM₁₀ (18 µg/m³) klesl, přičemž v roce 2015 došlo k překročení hranice 13,2 % (tj. 10 ze 76), ve srovnání s 25,3 % (19 ze 75) minulý rok. V roce 2017 překročily čtyři lokality přípustný počet překročení hodinového limitu (50 µg/m³), což bylo více než v roce 2016 (1 místo), ale zlepšení nastalo v roce 2010 (13 lokalit). Znečištění prachových částic (PM_{2,5}) se produkuje přibližně ve stejných částech jako emise z průmyslu, domácích zdrojů a silniční dopravy. Údaje Spojeného království naznačují, že PM_{2,5} postihl podobný trend jako u PM₁₀, i když údaje o koncentraci prachových částic ve Skotsku jsou v současné době omezeny dostupnými údaji pouze pro 10 monitorovacích stanic, které tuto znečišťující látku měří.

Je možné, že trend v PM_{2,5} byl podceňován, zejména v oblastech s vysokou dopravou. Nová skotská legislativa (10 µg/m³ ročního průměru), která vstoupila v platnost v dubnu 2016, však vyžaduje, aby všechny místní orgány instalovaly potřebné vybavení pro monitorování PM_{2,5} ve své oblasti. PM_{2,5} je často uváděn jako znečišťující látka, která nejvíce znepokojuje odbornou veřejnost, pokud jde o dopady na zdraví, protože částice jsou dostatečně malé, aby mohly vstoupit do krevního oběhu, což je spojeno se zvýšeným výskytem srdečních záchvatů.

Takové začlenění PM_{2,5} do programů monitorování a prognóz znečištění by mohlo být velice přínosné při vydávání zdravotních varování během období vysokých koncentrací.

Sekundární PM může být tvořen různými znečišťujícími látkami, označovanými jako sekundární PM prekurzory, prostřednictvím fotochemických reakcí (tj. reakcí se slunečním světlem) v atmosféře (European Environment Agency ©2010). Tyto PM prekurzory (NO_x, SO₂ a NH₃) jsou popsány níže.

5.1.2 Oxidy dusíku

Ve Skotsku jsou hlavními zdroji emisí oxidů dusíku (NO_x) výroba, doprava a energie (tabulka č. 1). Podle statistik Národního inventáře atmosférických emisí (NAEI) se emise NO_x ve Velké Británii mezi lety 1990 a 2013 snížily o 65 %, což připisuje snížení emisí z elektráren a silniční dopravy (National Atmospheric Emissions Inventory ©2013). Ve Skotsku byly v uhelných elektrárnách v Longannet a Cockenzie (nyní uzavřené) instalovány systémy snižování emisí NO_x, které napomohly tomuto trendu, protože snižují emise NO_x uvolňované při spalování uhlí až o 25 % (Salisbury et al. 2015). Snížení emisí ze silniční dopravy však mohlo být nadhodnoceno, protože NAEI založil své odhady na neuspokojivých výsledcích zkoušek emisí, které jsou nyní známy jako nesprávné. Tato nekonzistence byla zjištěna v přehledu znečištění ovzduší přesahujícím hranice států (Centre For Ecology And Hydrology ©2012), kdy se ukázalo, že množství nasyceného dusíku (vlhká depozice dusičnanů (NO₃-)) kleslo o polovinu (emise NO_x 24 % a 50 %) v průběhu dvou desetiletí podle údajů NAEI. To se zdálo nepravděpodobné vzhledem k tomu, že míra N-depozice by měla odrážet emise NO_x. Zkrátka to naznačuje nesoulad mezi údaji o emisích NO_x a údaji o ukládání, což může být způsobeno nesprávným výpočtem (nadhodnocením) poklesu emisí NO_x z dopravy. Ačkoli většina monitorovaných lokalit ve Skotsku vykazovala pokles od roku 2010 do roku 2015 v koncentracích NO₂, v tomto období se opakovaně překročil roční limit, včetně lokalit v Aberdeenu, Dundee, Edinburghu, Glasgowu a Pertu. Nejvyšší roční průměr za rok 2017 byl zaznamenán u silnice St. John's v Edinburghu 65 µg m⁻³, což byla nejvyšší úroveň za poslední čtyři roky. Toto místo také opakovaně překračovalo hodinový limit pro NO₂ (18 hodin nad 200 µg m⁻³ za rok).

Zdá se, že většina částí Skotska vykazuje pokles koncentrace NO₂. V roce 2017 11,3 % (8 ze 71) aktivních monitorovacích míst překročilo roční limit pro NO₂. V roce 2010 (33 %) a 2014 (14,7 %).

Celková průměrná koncentrace NO₂ ve skotských monitorovaných místech v roce 2017 činila 28 µg m⁻³, což představuje nejnižší zaznamenaný průměr od roku 2000, a počet porušení hodinového limitu se v období od roku 2010 do roku 2017 zpravidla snížil.

5.1.3 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý (SO₂) je jednou z hlavních příčin kyselých dešťů a je také škodlivý pro lidské zdraví, vede ke snížení plicních funkcí, způsobuje zánět dýchacího traktu a zhoršuje astma. Hlavními zdroji SO₂ je energetické odvětví, které představuje 79 % emisí z roku 2013.⁶ Od sedmdesátých let se emise SO₂ z průmyslových zdrojů spalování ve Spojeném království snížily o 94 % a jsou značně pod hranicí EU.

Tento pokles je do značné míry způsoben výměnou pevných paliv (uhlí) s vysokým obsahem síry čistými zdroji (např. nižší sírou, zemním plynem a jadernou energií) a využíváním technologie snižování emisí v průmyslových zařízeních, jako je odsíření spalin. Emise SO₂ ve Skotsku zaznamenaly podobný klesající trend, výjimkou byly malé vrcholy v letech 2006 a 2010 způsobené zvýšením spotřeby uhlí v elektrárnách. (Salisbury et al. 2015)

Výroba elektřiny z uhlí byla ve Skotsku postupně ukončena po uzavření elektrárny Cockenzie v březnu 2013 a elektrárny Longannet v březnu 2016, což vedlo ke snížení skotských emisí SO₂ (Macalister 2016). I když emise SO₂ ve Skotsku splňují stanovené limity zákony Spojeného království a EU již mnoho let, došlo k několika situacím, kdy se hladiny v roce 2005 zvýšily.

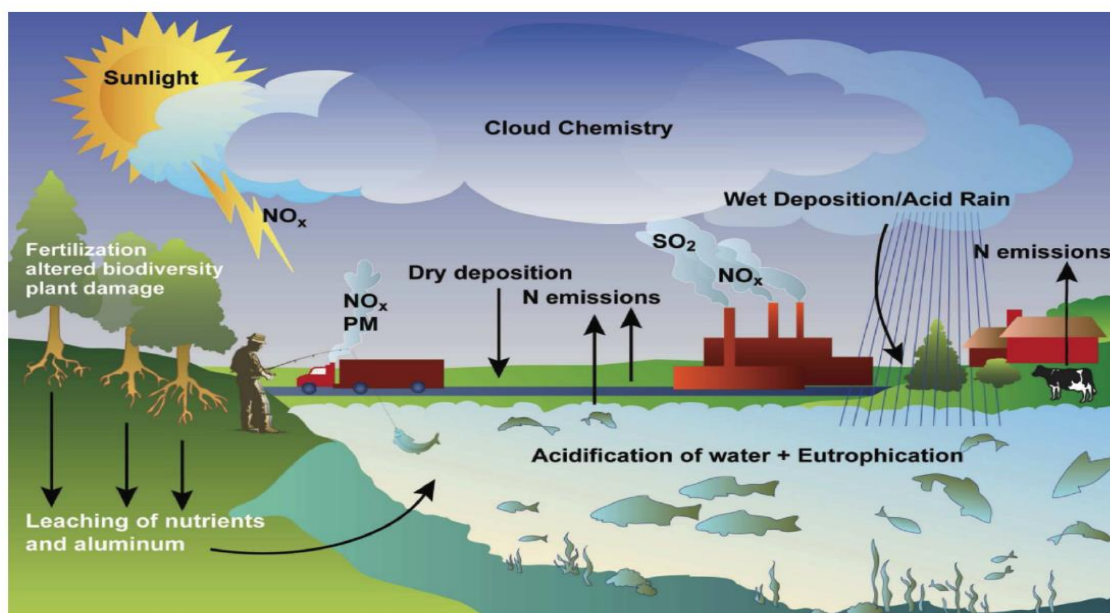
5.1.4 Amoniak

Amoniak (NH₃) je vysoce reaktivní a rozpustný alkalický plyn, který vzniká rozpadem močoviny (Air Pollution Information System ©2016). Koncentrace NH₃ se velmi liší, přičemž hot-spoty se nacházejí v oblastech s intenzivní živočišnou výrobou, zejména skotu. Zdroje živočišných znečištění (hnůj a kal) představují přibližně 85 % emisí NH₃ ve Skotsku, zbylých 15 % pochází hlavně z hnojiv (Sutton et al. 2004).

⁶ Viz tabulka č. 1.

Tyto emise NH_3 představují ztrátu dusíku ze zemědělského systému, čímž se snižuje účinnost dusíku na farmách, a také se jedná o hlavní příčinu ukládání dusíku. Z hospodářského hlediska je v zájmu zemědělců minimalizovat ztráty dusíku (N), neboť je klíčovou výživou pro růst plodin a nákladným zdrojem z hlediska hnojiv.

NH_3 může procházet chemickými reakcemi v atmosféře za vzniku amoniakálního (NH_4^+) aerosolu, který může být transportován přes tisíce kilometrů, než se snese na zem hlavně jako sraženina kyselin (obrázek níže). Může také reagovat s jinými znečišťujícími látkami z dopravy a průmyslu (NO_x a SO_2), aby vytvořily sekundární $\text{PM}_{2,5}$ (síran amonný a dusičnan amonný) do té míry, že několik studií tvrdilo, že snížení emisí NH_3 je neúčinnější způsob ke snížení $\text{PM}_{2,5}$ v současných podmínkách. (Dragosits et al. 2006)



Obrázek 3: Environmentální dopady znečištění ovzduší spojené se sírou a dusíkem, zejména z dopravy, průmyslu a zemědělství

Zdroj: O'Brien 2016

Legenda: Acidification of Water – okyselení vody; Cloud Chemistry – chemické látky obsažené v mraku; Dry Deposition – suchá depozice; Wet Deposition – vlhká depozice/kyselý déšť; Fertilization altered biodiversity plant damage – hnojením poškození biologická rozmanitost rostlin; Leaching of nutrients and aluminium – vyluhování živin a hliníku; N emissions – emise dusíku; Sunlight – sluneční záření.

Ve studii bylo zjištěno, že amonium (NH_4^+) je největším zdrojem $\text{PM}_{2,5}$ ve všech ročních obdobích (Twigg et al. 2014). Je však důležité poznamenat, že přínosy snížení emisí NH_3 by byly ve venkovských oblastech největší a mohly by být méně

zjevné při snižování hladin PM v městských oblastech, kde by opatření pro snížení emisí v silničním provozu byla mnohem účinnější. Vzhledem k tomu, že existuje dostatek důkazů o škodlivých účincích PM na lidské zdraví, znečištění NH₃ představuje značné nebezpečí pro zdraví i životní prostředí. Existují také zprávy, že znečištění PM je ve venkovských i městských oblastech obecně stejné. Je třeba poznamenat, že reaktivita primárního a sekundárního PM_{2,5} se může lišit, což znamená, že jejich škodlivost pro životní prostředí a lidské zdraví může být odlišná.

Od osmdesátých let klesly emise NH₃ ve Velké Británii přibližně o 15 %. Ve srovnání s jinými zdroji znečišťování ovzduší způsobily emise NH₃ ze zemědělství nejmenší snížení (ApSimon, Oxley 2013). Jelikož jsou vysoce závislé na místních zemědělských činnostech, roční emise NH₃ se v oblastech Skotské vysočiny značně liší od < 0,2 kg ha⁻¹ až po více než 100 kg ha⁻¹ v nížinných oblastech s intenzivním chovem drůbeže (Sutton et al. 2004). Mnoho polopřírodních ekosystémů charakteristických pro přírodní dědictví Skotska, a to včetně vřesovišť, bažin a lesů, je ohroženo depozicí NH₃. Většina skotských nížin a jižních částí se dostává na úroveň depozice NH₃, které přesahují prahovou hodnotu pro životní prostředí. Budoucí úsilí o snížení emisí NH₃ může brzdit rostoucí poptávka po mlékařenských, masných a drůbežích produktech, přičemž celosvětová produkce masa by měla mezi roky 2014–2024 vzrůst o 17 % (OECD / Food and Agriculture Organization of the United Nations ©2015). Existuje tedy rostoucí tlak na zemědělský průmysl živočišného původu, aby se zvýšila jeho produktivita současně se snížením jeho dopadu na životní prostředí. Alternativně by bylo zapotřebí obecného snížení spotřeby masa.

5.2 Oborové zdroje znečištění

5.2.1 Doprava

Ke znečištění ovzduší ve Skotsku nejvíce přispívá silniční doprava s dalšími zdroji z odvětví dopravy včetně letectví a lodní dopravy. Rostoucí letecký sektor představuje lokalizovaný zdroj, protože letouny uvolňují během vzletu a přistání mnoho emisí včetně NO₂, které mohou ovlivnit oblasti kolem letišť (EASA ©2017). Mezinárodní plavba představuje významný zdroj znečištění ovzduší (především SO_x, NO_x, PM), který však nebyl tak přísně regulován jako jiný zdroj emisí. Nicméně

došlo v posledních letech k poklesu emisí PM₁₀ z lodní dopravy, které lze připsat zavedení kontrolních oblastí emisí síry (ECA⁷), které byly zavedeny za účelem omezení emisí SO_x a PM tím, že vyžadují, aby lodě používaly palivo s nízkým obsahem síry (International Maritime Organization ©2020). Tyto ECA se nacházejí v námořních oblastech kolem Evropy a USA včetně částí Severního moře. Snížení emisí z dopravy bylo také způsobeno hospodářskou krizí, která stimulovala růst pomalejších lodí, aby ušetřila náklady na pohonné hmoty.

Lodní doprava však zůstává významným zdrojem znečištění ovzduší a podle odhadů zůstává do roku 2020 největším zdrojem znečištění ovzduší v Evropě (Vidal 2016). Emise silniční dopravy neovlivňují pouze chodce a cyklisty. Ve skutečnosti jsou to lidé cestující ve vozidlech, kteří jsou vystaveni nejvyšším koncentracím znečišťujících látek, jedna studie naznačuje, že hladiny NO₂ byly v průměru o 21 % větší ve vozidle (se zavřenými okny) než venku na silnici. (Holder 2016)

Zpráva skotské vlády (Transport Scotland ©2020) naznačuje řadu opatření, která mají podnikatelé a podniky provést v oblasti snižování emisí, kromě několika návrhů nových systémů monitorování (např. denní index kvality ovzduší, národní modelový rámec, národní plánovací rámec, posouzení dopadů apod.) a přezkumy k řešení problému. Webová stránka Transport Scotland shrnuje vládní dopravní politiky týkající se kvality ovzduší, jež zahrnují:

- Propagaci elektrických vozidel a infrastruktury elektrického nabíjení pomocí úvěru Low Carbon Trust (bezúročná půjčka na nákup elektrických vozidel – až 100 000 liber pro podniky a 50 000 liber pro jednotlivce).
- Podporu a financování aktivních cestovních programů.
- Podporu vozidel veřejné dopravy s nízkými emisemi, jako jsou autobusy s vodíkovými palivovými články prostřednictvím fondu Green Bus.
- Zmírnění přetížení silnic, které umožní plynulejší dopravu.

Tyto systémy vedly k tomu, že Aberdeen má největší flotilu autobusů s vodíkovými palivovými články v Evropě a město Dundee největší flotilu v oblasti taxi ve Velké Británii. Jiné strategie ke snížení znečištění ovzduší způsobeného dopravou zahrnují použití tzv. inteligentních dopravních systémů (ITS).⁸

⁷ Emission Control Areas.

⁸ Více na: <https://www.transport.gov.scot/our-approach/environment/air-quality/#>

Technologie ITS shromažďují provozní data a řídí semafor, čímž vytvářejí energeticky účinné spojení, jež zlepšuje tok dopravy a snižuje přetížení, což může vést k významnému snížení emisí NO₂ a PM₁₀.⁸

Projekt v Newcastlu zjistil, že používání ITS vedlo k 15% snížení spotřeby paliva, 66% snížení počtu vozidel při jízdě rychlostí 5 mil za hodinu nebo méně a snížení přetížení.

Dopad přechodu na dieselové motory

Přechod od benzínu k motorové naftě v devadesátých letech, k němuž došlo v celé Evropě, byl ve Velké Británii veden prostřednictvím snížené spotřební daně u dieselových vozidel. To bylo součástí strategie vlády Spojeného království ke snižování emisí CO₂, ale neočekávaným vedlejším účinkem byly vyšší emise NO_x a PM produkované výfuky nafty v porovnání s benzinem.

Navíc někteří vědci předpokládali, že veškeré přínosy z nižších emisí CO₂ z výfuků nafty jsou kompenzovány z části kombinací:

- rostoucí poptávkou po naftě, která má za následek zvýšenou produkci nafty, která zase produkuje vyšší emise CO₂ z rafinérií,
 - účinků PM (uhlíku) na globální oteplování z dieselových motorů.
- (Air Quality Expert Group ©2007)

Během posledních dvou desetiletí bylo zavedeno několik opatření pro snížení emisí NO_x ze silničních vozidel, jako jsou třicestné katalyzátory pro zážehové motory a zavedení emisních standardů Euro. Zdá se však, že úsilí o snížení emisí NO_x z dieselových vozidel bylo poněkud omezené. V otevřeném dopise evropské veřejnosti a politikům kritizovala skupina vědců a odborníků na kvalitu ovzduší rozsáhlou propagaci dieselových motorů od devadesátých let a tvrdila, že nedošlo k žádnému zlepšení emisí NO_x z dieselových vozidel. Existují výzvy lobbystických skupin a think-tanků, aby se motivace k přechodu na dieselové automobily zbrzdila tím, že se motorová nafta podstatněji zdaní, přičemž výnosy by byly použity na financování odstranění starých dieselových automobilů, které mají uvolnit místo nízkoemisním vozidlům.⁹

⁸ Více na: <https://www.transport.gov.scot/our-approach/environment/air-quality/#>

⁹ Více na: <https://policyexchange.org.uk/>.

V neposlední řadě nelze opomíjet ani dopad nečestného jednání některých nadnárodních automobilek. V září 2015 se společnost Volkswagen (VW) dostala pod palbu kritiky od agentury pro ochranu životního prostředí (EPA) v USA za použití softwaru, který podváděl při testech emisí. Software ve vznětových motorech dokázal zjistit, kdy byl vůz ve zkušebních podmínkách, a přizpůsobil tak jeho výkon, aby se splnily emisní limity.

EPA zjistila, že v běžných silničních podmínkách motory vypouštějí až 40× více NO_x, než je povoleno v USA. Případ byl široce propagován a VW nakonec připustil podvod a oznámil, že přibližně 11 milionů vozů po celém světě bylo vybaveno zařízením, včetně 1,2 milionu vozů ve Velké Británii. V důsledku toho byl VW těžce zasažen, generální ředitel Martin Winkerton odstoupil a pokles prodeje VW v lednu 2016 ve srovnání s předchozím rokem poklesl o 14 %. USA obvinily společnost VW jménem EPA a oznámily, že výrobci automobilů, kteří řádně neověřují své vozy, narušují veřejnou důvěru, ohrožují veřejné zdraví a znevýhodňují konkurenty. VW, který mohl být pokutován až do výše 18 miliard dolarů za porušení zákona o čistotě ovzduší, oznámil v únoru 2016, že zaplatí 1000 dolarů v náhradě každému z 600 000 majitelů podvodných automobilů v USA. Majitelé postižených automobilů ve Velké Británii zatím nedostanou peněžní odškodnění, místo toho jim bude nabídnut „věrnostní bonus“ a budou mít na svých vozidlech úpravy (AdBlue nebo úpravy softwaru v závislosti na velikosti motoru), protože požadavky na emise jsou méně přísné než v USA. (Shale-Hester 2019)

5.2.2 Zemědělství

Přestože tento obor lidské činnosti je předním zdrojem emisí čpavku, metanu a oxidu dusného, jsou ochranné politiky a kontroly týkající se emisí z odvětví zemědělství obecně považovány za slabé (European Commission ©2015). Předpisy týkající se používání hnojiv, uvedené ve směrnici ES o vodě¹⁰ a ve směrnici o dusičnanech,¹¹ jsou považovány za účinné při předcházení velkým ztrátám dusíku z hnojiv použitých na polích.

¹⁰ Směrnice ES z roku 2000

¹¹ Směrnice ES z roku 1991

Göteborský protokol a balíček politik EU pro čisté ovzduší doporučuje řadu přístupů ke snížení zemědělských emisí NH_3 , které se týkají:

- skladování hnojiva,
- ustájení zvířat,
- strategie krmení hospodářských zvířat,
- techniky distribuce hnoje s nízkými emisemi a systémů skladování,
- kontroly úrovně dusíku. (Economic Commission for Europe ©2013)

Navzdory těmto zmírňujícím opatřením bylo snížení emisí NH_3 v Evropě nepatrné. Výjimkou bylo Dánsko a Nizozemsko, které dokázaly, že emise NH_3 lze úspěšně snížit pomocí účinných politik. Tato politika, která zahrnovala zavedení obalů pevných hnojiv a kalů a nižší šíření emisí hnoje (vstřikování namísto postřiku/rozmetání), vedla ke snížení emisí NH_3 až o 50 %, aniž by to omezilo produktivitu zemědělství (Fowler et al. 2009). Zdá se, že ekonomické náklady na škody na životním prostředí způsobené emisemi NH_3 značně převyšují náklady na provádění opatření k jejich snížení (Fowler et al. 2009). Škody na životním prostředí způsobené znečištěním N v důsledku zemědělských činností se odhadují až na 115 miliard liber ročně, zatímco náklady na snížení emisí v EU na 0,46 miliardy liber ročně (Fowler et al. 2009). Analýza poměru nákladů a výnosů snížení emisí ukazuje, že potenciál nákladově efektivního snížení emisí NH_3 je třikrát větší než snížení emisí NO_x .

6. Metodika

Za účelem zpracování této diplomové práce bylo důležité především shromáždit dostupnou literaturu, vědecké práce a studie, které se dotýkají nejenom obecně problematiky znečišťování ovzduší, ale zejména se věnují vztahu emise oxidu dusičitého a jeho prostorové prognózy na území Skotska. Celá práce má proto teoretický a přehledový charakter. Terénní výzkum proveden nebyl.

Nejdříve byla vyhledána a shromážděna literatura, která se věnuje teoretickým pojmům, jako jsou oxid dusičitý, oxidy dusíku, emise oxidů, znečištění ovzduší aj. Byla využita česká i zahraniční literatura, poukázáno bylo též na některé právní předpisy, které stanovují limity znečišťujících látek v ovzduší.

Podobným způsobem, a to metodou literární rešerše, bylo postupováno také v případě charakteristiky studovaného území. Tím se stalo Skotsko, které je součástí Spojeného království Velké Británie a Severního Irska.

Pátou a sedmou kapitolu je možno považovat za přehledovou část diplomové práce. V odborných databázích, a to Scopus, Science Direct, Google Scholar a ProQuest, byly vyhledány odborné články, studie či literární rešerše, které se zabývaly vztahem mezi znečištěním ovzduší a územím Skotska, zjišťovaly, jaká je emise oxidu dusičitého na tomto území, v kterých městech se oxid dusičitý nejčastěji projevuje apod. Doplnkově byly využity i strategické dokumenty skotských vládních a nevládních organizací. Byly také zpracovány grafické přehledy prostorového zatížení Skotska oxidem dusičitým a jeho změna v čase.

Na tomto podkladě mohly být všechny zjištěné poznatky přehledně diskutovány, mohlo být zjištěno, jaký je v této územní oblasti největší problém, co se týče emise oxidu dusičitého, jakož i celkově znečištění ovzduší. Za přínos celé diplomové práce se potom považuje navržení některých doporučení, která by mohla do budoucna uvedený stav změnit. Veškeré použité zdroje jsou uvedeny v kapitole následující po závěru.

7. Výsledky

7.1 Zatížení území Skotska oxidem dusičitým

V této části budou přidány výsledky některých vědeckých prací, které se zabývaly zatížením území Skotska oxidem dusičitým.

Jedna taková studie byla realizována pod vedením autorů Huang, Lee a Scott. Tito autoři provedli výzkum na území Skotska v letech 2007–2011, kde zkoumali celkem 1207 geografických jednotek, přičemž v každé z nich bylo soustředěno cca 4300 obyvatel. V jejich rámci byla zjišťována nejenom prevalence onemocnění, ale také údaje související se znečištěním ovzduší. Ukázalo se, že k rizikovým územním (geografickým) jednotkám patří zejména oblasti kolem velkých skotských měst, jako jsou např. Glasgow a Edinburgh. Výše uvedení autoři podotýkají, že jde o místa s menší hustotou osídlení nacházející se v dolní části země. Ukázalo se navíc, že ty části skotského území, na kterých bylo identifikováno větší množství expozice oxidem dusičitým (zejména větší města, území v blízkosti silniční infrastruktury, území zatížená průmyslovými a zemědělskými podniky), jsou v přímé úměře se zvýšenou mírou onemocnění obyvatelstva negativně ovlivňujícího jejich respirační systém. (Huang et al. 2015)

Dalším použitým zdrojem je zpráva dotýkající se výzkumu kvality ovzduší na území Skotska. Byla publikována v roce 2016. Data vycházející z této zprávy mimo jiné uvádějí, že nejvíce jsou znečištěna nejenom oxidem dusičitým, ale také dalšími zplodinami města jako Edinburgh, Glasgow nebo Falkirk, kde byla registrována nejvyšší míra úmrtí obyvatelstva v souvislosti s expozicemi částic znečišťujících ovzduší (velkou mírou se na tomto podílejí také oxidy dusíku, kam spadá i oxid dusičitý). Celkové emise látek znečišťujících ovzduší ve Skotsku jsou dle dostupných dat v klesajícím trendu od roku 1990. Pokud tento rok bereme za výchozí v uvedeném trendu (100 %), v roce 2013 se hodnoty oxidů dusíku (mimo jiné i NO₂) dostaly na přibližnou hodnotu 33 % výchozí hodnoty. To znamená, že se objem expozice oxidů dusíku v ovzduší ve Skotsku snížil o cca 67 %. Ještě větší pokles byl zaznamenán v případě oxidu siřičitého (cca 13 % výchozí hodnoty), naopak nejméně poklesla expozice amoniaku v ovzduší na území Skotska (72 % výchozí hodnoty). V roce 2013 se nejčastějším zdrojem oxidů dusíku stal obor dopravy (38,5 %)

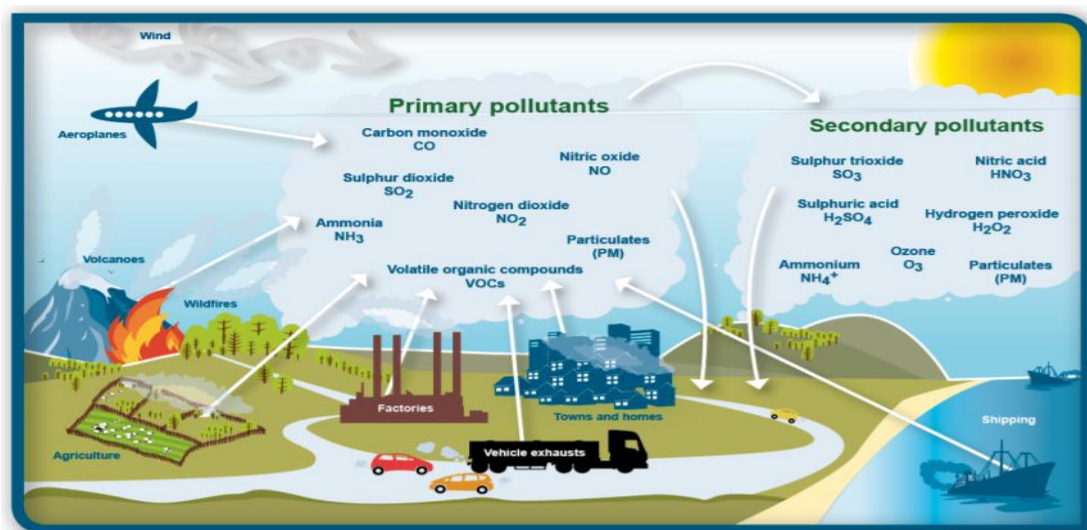
následovaný oborem energetiky (34,6 %). Z toho plyne, že ze 73 % se na expozici oxidů dusíku ve Skotsku podílejí dva hlavní zdroje. Opatření proti znečištění ovzduší NO_x by proto měla směřovat do těchto sektorů. Roční limit expozice oxidu dusičitého jak pro celou EU, tak i pro Skotsko, je nastaven na hodnotě $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nicméně existuje hned několik míst, kde jsou tyto hodnoty pravidelně překračovány. Jde o tato města: Edinburgh ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Glasgow ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Dundee ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Perth ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a Aberdeen ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$). (O'Brien 2016)

7.2 Grafické přehledy znečištění

Tato podkapitola nabídne přehledné grafické zobrazení a mapy, které ukazují znečištění Skotska oxidem dusičitým v různých časových intervalech. V první podkapitole budou ukázána grafická zobrazení znečištění Skotska na základě podkladů zveřejněných Skotským parlamentem a skotskou vládou. V druhé podkapitole budou znázorněny další mapy, které zveřejňují zahraniční oficiální webové stránky World Air Quality Index, Air Quality in Scotland nebo UK Air.

7.3 Data Skotského parlamentu a vlády

Skotský parlament je jednou z institucí, která se tomuto globálnímu problému věnuje a snaží se o osvětu. Níže přiložený obrázek je základním znázorněním toho, co primárně i sekundárně znečišťuje (nejen) skotské podnebí. (O'Brien 2016)



Obrázek 4: Primární a sekundární škodliviny podle Skotského parlamentu

Zdroj: O'Brien 2016

V následující tabulce je přehled emisí oxidů dusíku udávaný v kilotunách v letech 1990-2016 v jednotlivých odvětvích. Nejvýraznější pokles emisí oxidů dusíku je patrný v energetickém průmyslu, který činí od roku 1990 85 %. V případě dopravy jde o 66 % pokles, ale i přesto tvoří téměř polovinu všech emisí oxidů dusíku.

Tabulka 2: Oborové zdroje znečištění Skotska oxidy dusíku v letech 1990-2016

Kategorie	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Energetický průmysl	96.6	64.9	50.9	48.4	54.8	50.3	49.0	46.2	44.8	44.5
Průmyslové spalování	39.9	32.8	29.9	28.6	28.5	28.3	3.0	22.2	22.8	22.6
Doprava	135.6	121.9	108.5	103.6	94.7	88.1	86.9	83.5	79.8	78.3
Jiné	6.5	4.5	3.7	4.2	4.1	4.3	3.9	3.9	3.8	3.7
Rezidenční & jiné spalování	41.2	39.4	35.1	34.0	32.0	31.4	30.0	28.9	28.6	28.6
Celkem	319.8	263.6	228.1	218.9	214.1	202.4	192.8	184.8	179.8	177.7

Kategorie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energetický průmysl	56.9	50.3	40.2	35.8	37.1	29.0	30.2	28.1	26.2	24.2	14.4
Průmyslové spalování	21.1	21.3	20.0	16.6	16.6	14.6	14.0	13.3	12.8	12.6	11.8
Doprava	74.3	73.0	68.9	60.7	56.4	53.0	51.1	48.7	47.4	47.2	45.5
Jiné	3.7	3.5	3.4	3.3	3.3	3.4	3.1	3.2	2.6	2.4	2.2
Rezidenční & jiné spalování	24.8	23.9	23.3	21.0	21.5	18.2	18.5	17.7	18.0	16.5	16.5
Celkem	180.8	172.0	155.8	137.4	134.9	118.2	116.9	110.9	107.1	102.9	90.3

Zdroj: O'Brien 2016

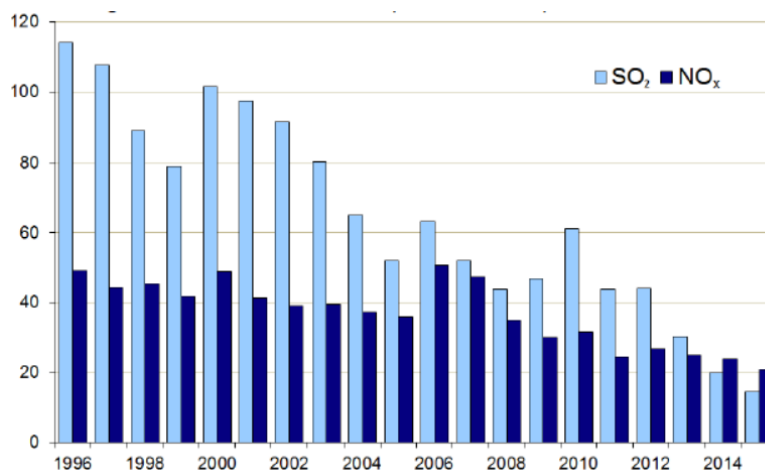
Skotský parlament také zveřejnil přehlednou tabulku, v níž je zobrazeno znečištění NO₂ v jednotlivých městech. K městům nejvíce znečištěným oxidem dusičitým patří na prvním místě Edinburgh (konkrétně St. John's Road), dále Glasgow (Kerbside) a Dundee (Seagate). Jedná se o data za rok 2015, kdy nad ročním doporučeným limitem NO₂ v ovzduší bylo celkem devět míst. Kromě již uvedených míst se jednalo také o oblasti ve městech Perth a Aberdeen. I přes uvedenou skutečnost je naprostá většina oblastí Skotska pod maximálním doporučeným limitem NO₂ v ovzduší, což názorně ukáže následující podkapitola. (O'Brien 2016)

Tabulka 3: Nejvíce znečištěné oblasti Skotska NO₂

Rank	LOCATION	NO ₂ (Annual limit: 40 µg m ⁻³)	PM ₁₀ (Annual limit: 18 µg m ⁻³)
1	Edinburgh St John's Road	65	n/a
2	Glasgow Kerbside	60	n/a
3	Dundee Seagate	51	14.17
4	Perth Atholl Street	48	20.11
5	Dundee Lochee Road	48	18.54
6	Aberdeen Union Street Roadside	46	17.21
=7	Aberdeen Wellington Road	41	22.10
=7	Edinburgh Queensferry Road	41	16.59
9	Glasgow Dumbarton Road	40	18.89
10	South Lanarkshire Rutherglen	38	18.20

Zdroj: O'Brien 2016

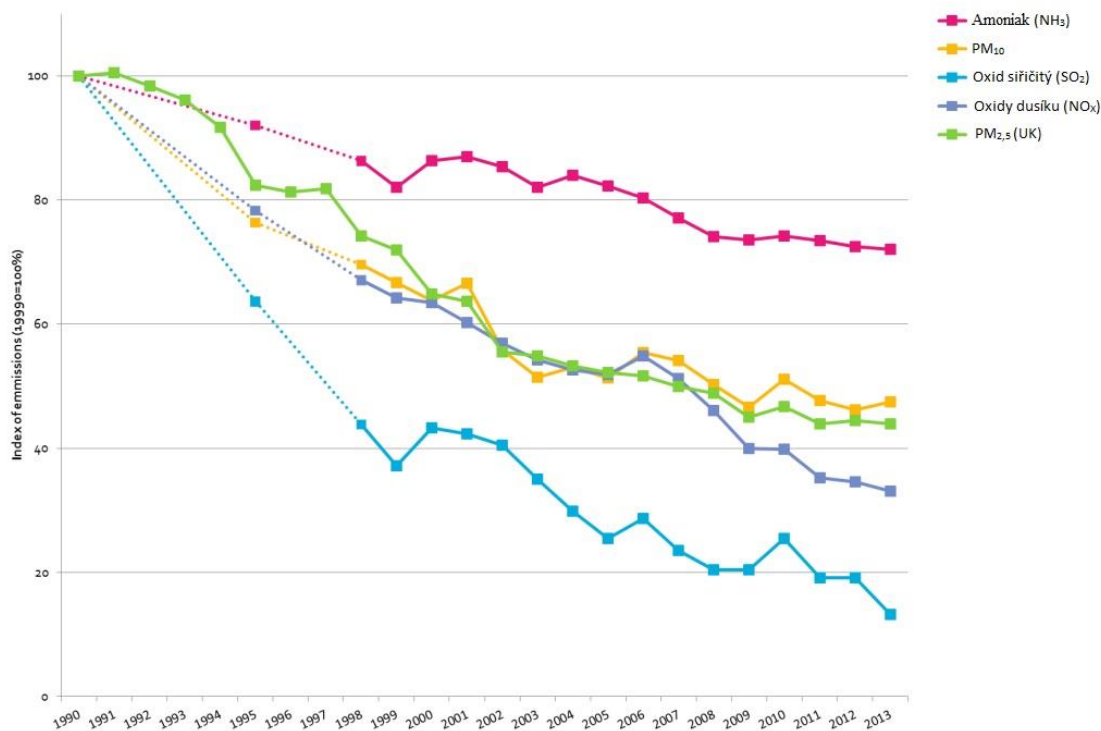
Skotská vláda publikovala klíčové environmentální statistiky, jejichž nejaktuálnější verze je z roku 2016. Zde je ukázáno, že obecně oxidy dusíku (NO_x) v letech 1996–2014 sice neklesly tak významně jako oxid siřičitý (SO₂), nicméně klesly o více než polovinu. Klesající tendence oxidů dusíku však nebyla patrná ve všech jednotlivých letech, například v roce 2006 byl zaznamenán vyšší nárůst, ale v roce 2008 začaly oxidy opět zřetelně klesat. (National Statistics ©2016)



Obrázek 5: Roční emise oxidů dusíku z velkých spalovacích zařízení v tisících tun v letech 1996–2014

Zdroj: The Scottish Government ©2015

V následujícím obrázku je patrný klesající trend emisí znečišťujících látek na území Skotska. Od roku 1990 do roku 2013 klesly emise oxidů dusíku o 67 %, emise oxidu siřičitého o 87 %, emise PM₁₀ o 53 %, emise PM_{2,5} o 56 % a v případě amoniaku jde pouze o 28 % pokles.

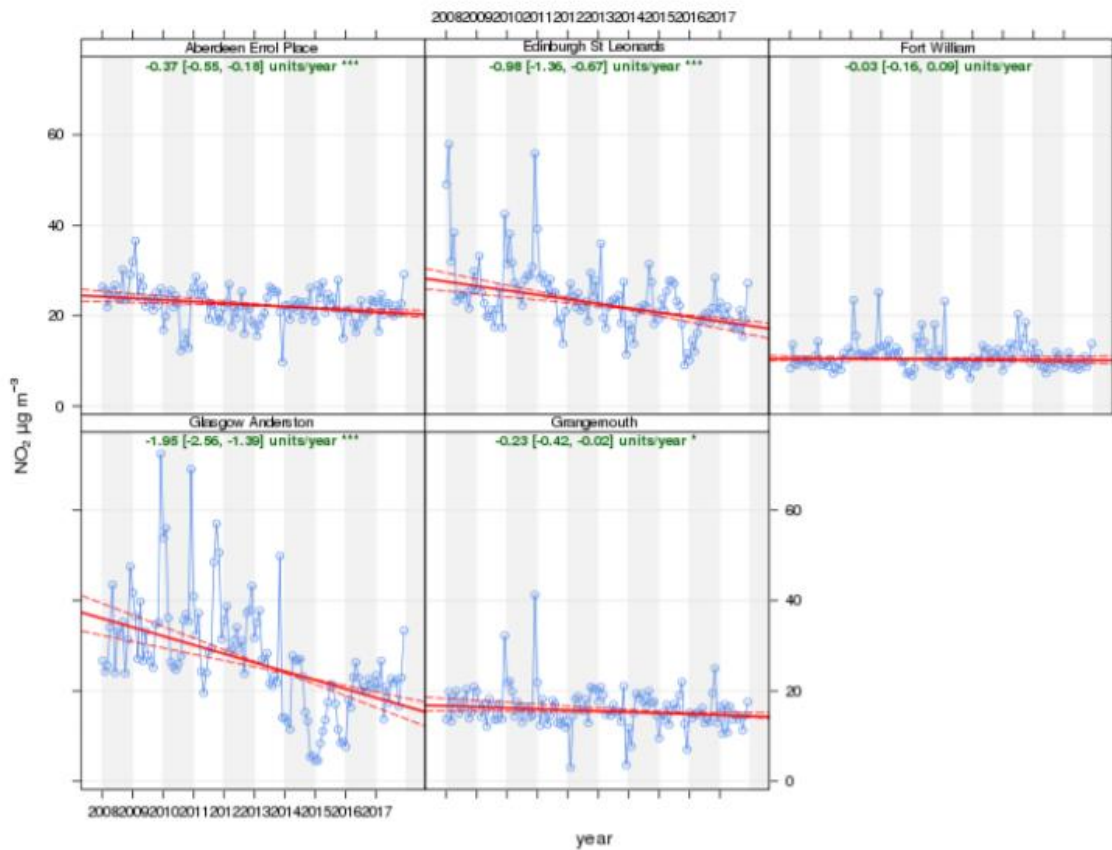


Obrázek 6: Trend znečištění ovzduší v letech 1990-2013

Zdroj: The Scottish Government ©2015

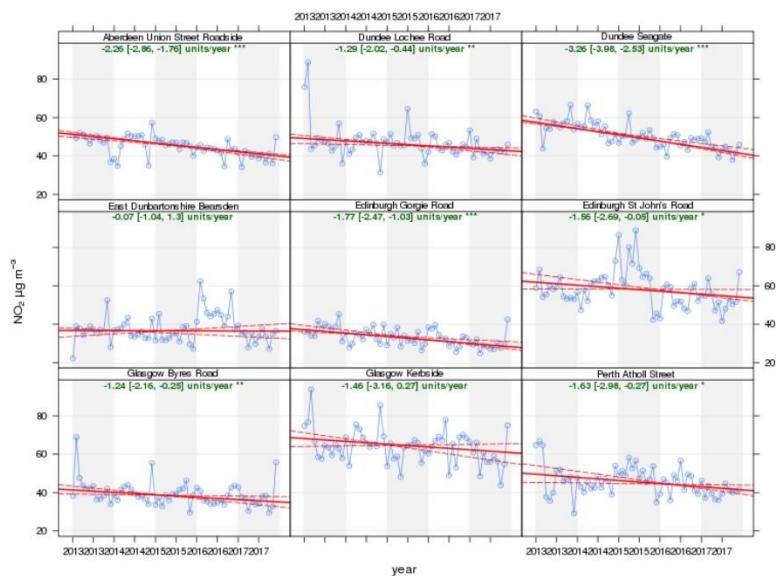
7.4 Data dalších oficiálních webových stránek

Webový portál Scottish Air Quality každoročně zveřejňuje report kvality vzduchu. Nejnovější údaje jsou za rok 2017. Dva ze zveřejněných grafů ukazují trendy v koncentraci NO₂ na 14 dlouhodobě sledovaných městských oblastech, a to v letech 2008–2017. Zatímco v některých oblastech se hladina NO₂ pohybuje zhruba na stejné úrovni, v jiných oblastech výrazně klesá. Aberdeen Errol Place, Edinburgh St. Leonards a Glasgow Anderston jsou oblasti, kde jsou patrné trendy ve snižování výskytu NO₂ v ovzduší. Druhý graf pak ukazuje koncentraci NO₂ ve vybraných venkovských oblastech ve stejné etapě v letech 2008–2017. Ve vybraných venkovských oblastech je také patrný klesající trend NO₂. (The Scottish Government ©2018)



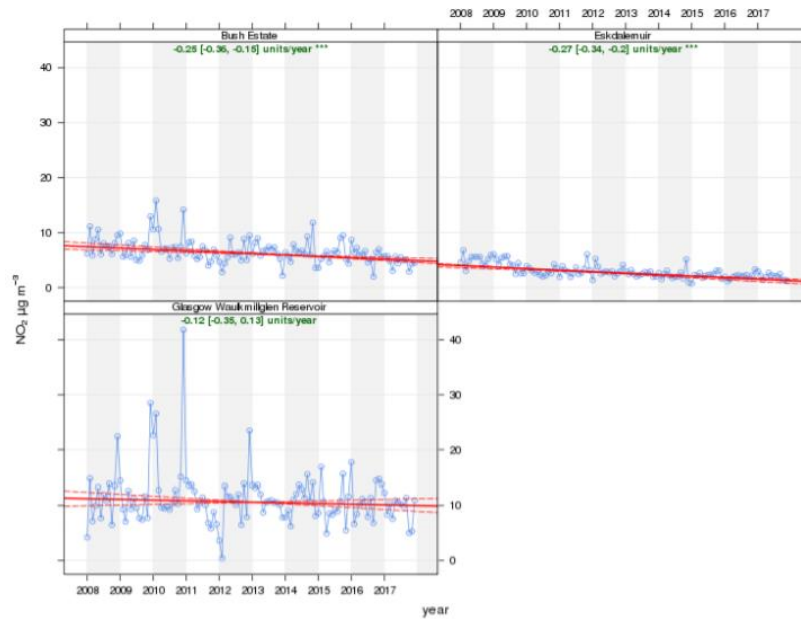
Obrázek 7: Koncentrace NO₂ okolo silnic v městských oblastech 2008–2017 (1)

Zdroj: The Scottish Government ©2018



Obrázek 8: Koncentrace NO₂ okolo silnic v městských oblastech 2008–2017 (2)

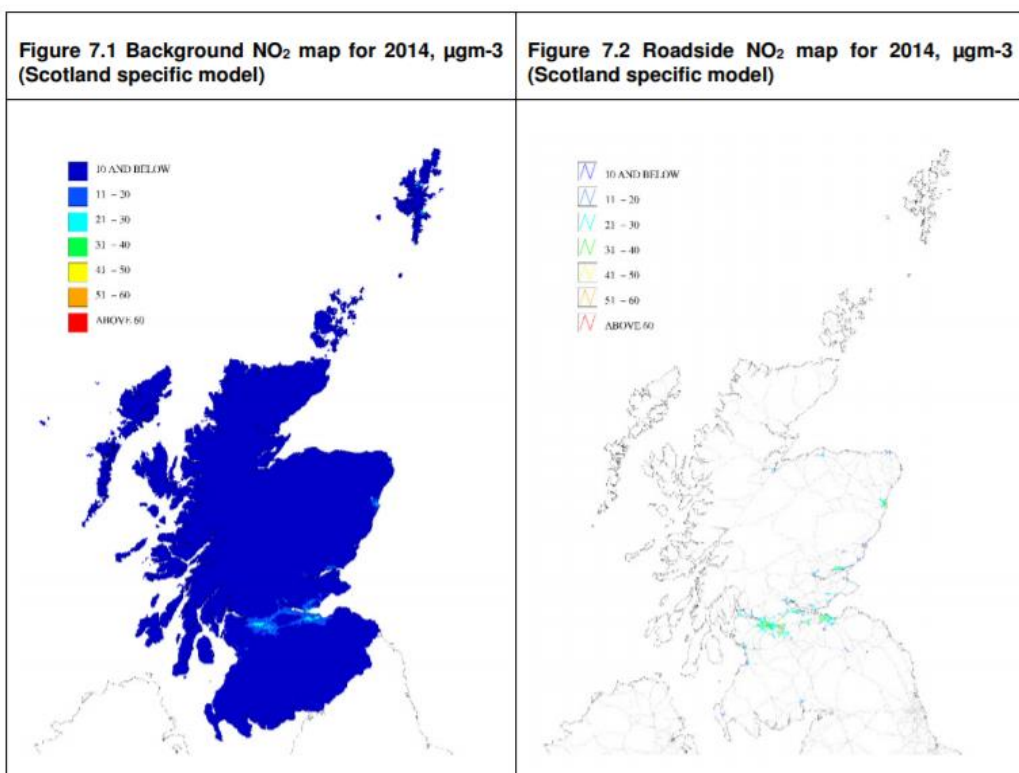
Zdroj: The Scottish Government ©2018



Obrázek 9: Koncentrace NO₂ ve venkovských oblastech 2008–2017

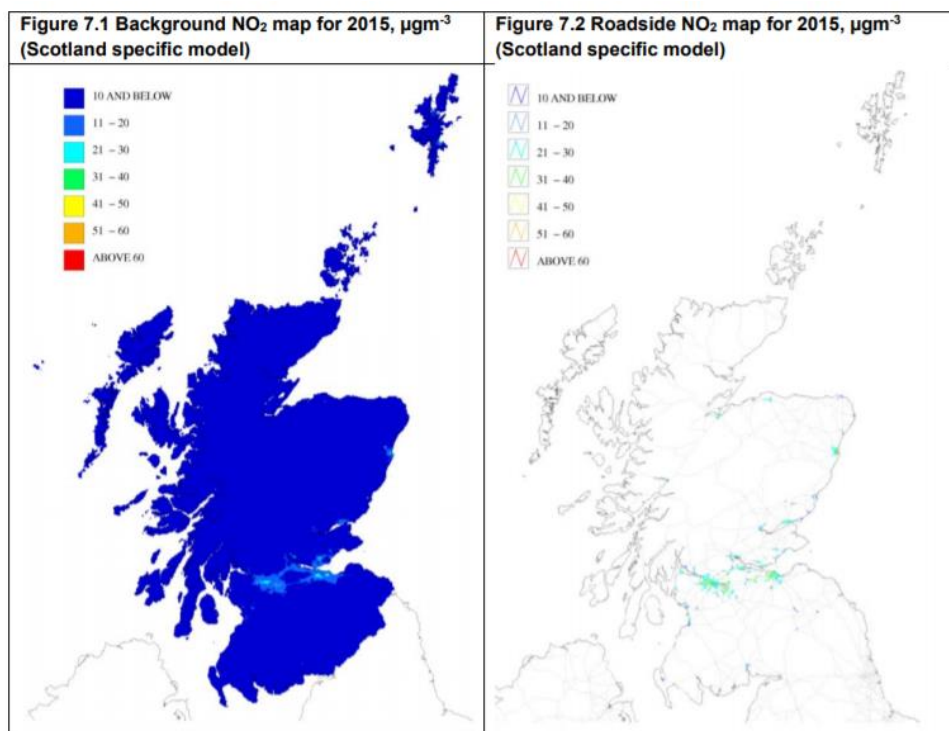
Zdroj: The Scottish Government, ©2018

Následující tři mapky v této kapitole ukazují výskyt NO₂ ve Skotsku v letech 2014, 2015 a 2016 neboť i nejnovější report z roku 2017 ukazuje nejaktuálnější data z roku 2016. První dvě mapky ukazují, že naprostá většina skotského území má nejnižší koncentraci NO₂ v ovzduší (tmavě modrá barva). Levý obrázek představuje Skotsko jako takové, pravý obrázek ukazuje situaci v okolí skotských silnic. Třetí mapka pro rok 2016 má barevnou škálu nastavenou na jiných hodnotách. (The Scottish Government ©2017)



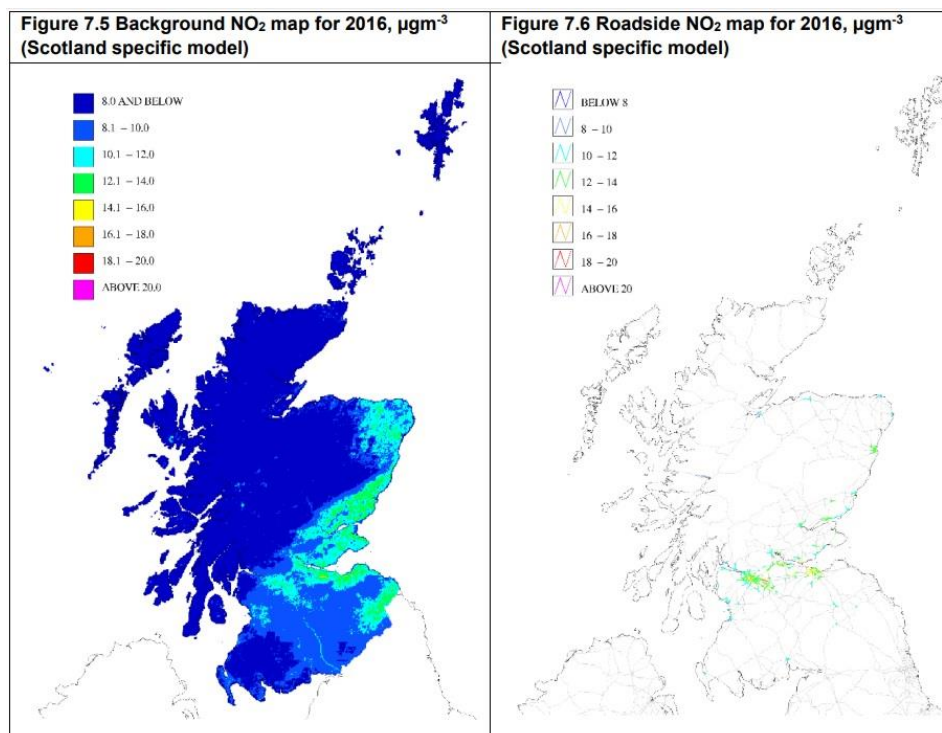
Obrázek 10: Mapa výskytu NO₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2014

Zdroj: The Scottish Government ©2017



Obrázek 11: Mapa výskytu NO₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2015

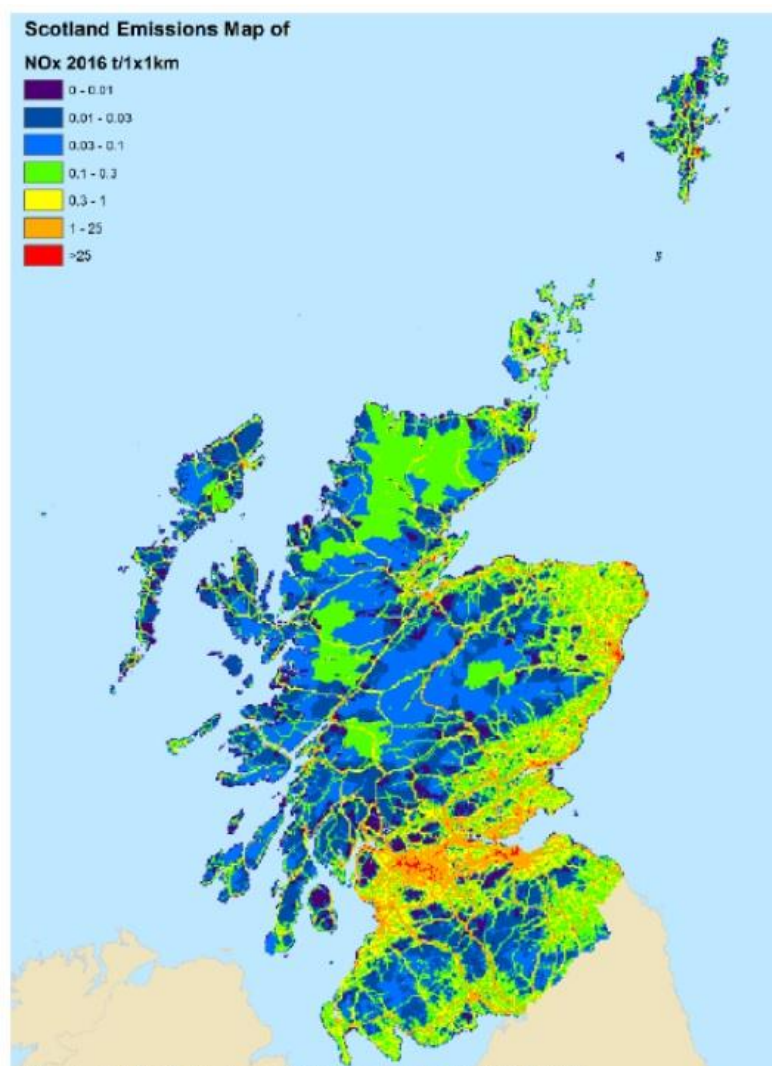
Zdroj: The Scottish Government, ©2017



Obrázek 12: Mapa výskytu NO₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2016

Zdroj: The Scottish Government, ©2017

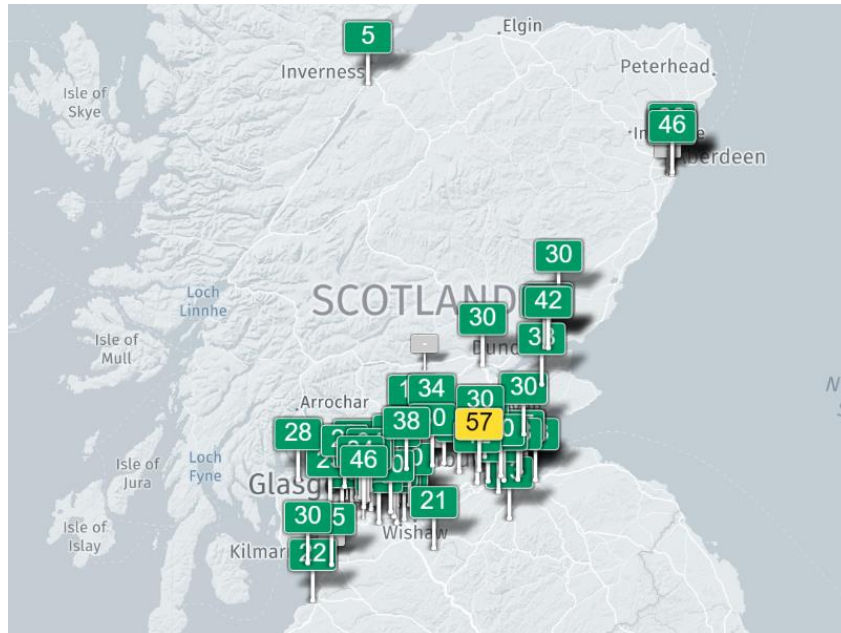
Další mapka zobrazuje emise oxidů dusíku na území Skotska v roce 2016. Největší zatížení (vyznačeno červeně) emisemi NO_x je opět zejména ve městských oblastech Glasgow, Edinburghu, Aberdeenu a okolo silnic.



Obrázek 13: Zatížení území Skotska emisemi NO_x v roce 2016

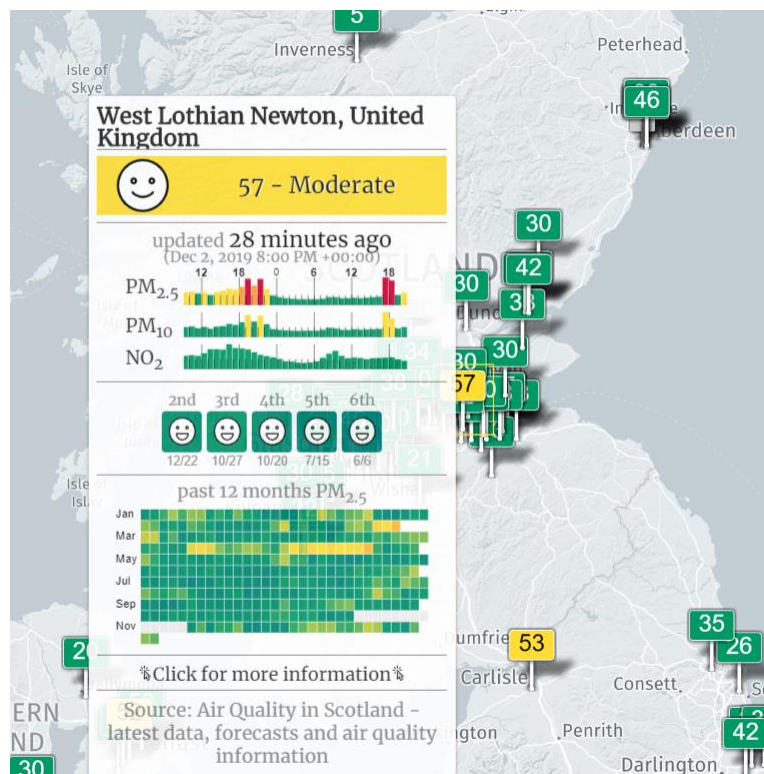
Zdroj: The Scottish Government, ©2017

Poslední dva obrázky této kapitoly ukazují aktuální situaci kvality vzduchu ve Skotsku. Všechna zobrazená místa ve Skotsku jsou zelená, což znamená velice dobrou kvalitu, kdy ovzduší není znečištěné buď vůbec, nebo jen minimálně. Jediné žluté místo (West Lothian Newton) znamená, že kvalita ovzduší je přijatelná, ale v ovzduší jsou některé znečišťující látky, jež by mohly mít vliv na zdraví malého počtu osob zde žijících. Při bližším zkoumání je ale patrné, že vyšší hodnoty v ovzduší vykazují prašnost PM_{2,5}, ale hodnota NO₂ je minimální. (World Air Quality Index ©2020)



Obrázek 14: Aktuální kvalita vzduchu ve Skotsku

Zdroj: World Air Quality Index ©2020



Obrázek 15: Kvalita vzduchu ve West Lothian Newton

Zdroj: World Air Quality Index ©2020

8. Diskuse

V předchozích kapitolách, zejména pak v sedmé kapitole, byly představeny výsledky vědeckých výzkumů a publikací na téma oxidu dusičitého a jeho prostorové prognózy na území Skotska. Byl vytvořen přehled o oxidu dusičitém, o jeho možnostech, jak působí na lidskou populaci z krátkodobého i dlouhodobého hlediska. Vytvořili jsme ucelený přehled jeho působení ve Skotsku. Zde četné výzkumné studie potvrzují, že postupně dochází ke snížení expozice oxidu dusičitého na celém území Skotska, jež je na rozdíl od Anglie oxidem dusičitým daleko méně znečištěno. Za posledních 30 let zde poklesla expozice oxidem dusičitým přibližně o 60 %, to se týká i zdrojů jeho znečištění. Nadále však k jeho působení přispívá především sektor automobilové dopravy představující jeden z hlavních problémů. Pokud tedy má být snížena prostorová prognóza oxidu dusičitého na území Skotska, je zapotřebí především snížit emise oxidu dusičitého vypouštěných do ovzduší z automobilů. Jde však také o průmyslová znečištění.

Základními předpoklady úspěšnosti úsilí o zachování čistoty životního prostředí a ovzduší jako celku na území určitého státu (v tomto případě Skotska) je zvyšování environmentálního povědomí občanů a zároveň dodržování právních předpisů závodů a podniků, jež se týkají znečištění, realizace a plánování ekologických projektů a důsledného sledování stavu ovzduší.

K obnovení původního stavu ovzduší přispívá postupné odstraňování látek, které poškozují ovzduší (sem z oxidu dusíku patří především oxid dusnatý a oxid dusičitý) a jejich nahrazování méně škodlivými. Skotská legislativa stále ještě neřeší v dostatečné míře majetkovou újmu a ekonomické škody v souvislosti se znečištěním ovzduší. Životní úroveň má velký podíl na emisní a imisní situaci.

K důležitým úlohám při snižování ekonomických škod patří úloha prevence, modernizace a správná legislativa i finanční zajištění, dále odpovědnost odborníků na životní prostředí a snížení emisí, úprava paliv, jakož i udržování automobilových vozidel v dobrém stavu.

Zvyšováním environmentálního vědomí zaměstnanců a široké veřejnosti se zabývá stále více firem a podniků, jejichž výrobní činnost úzce souvisí se znečišťováním a ochranou životního prostředí. Veřejnost je informována prostřednictvím článků a letáků o ochraně životního prostředí nebo šetření energetických zdrojů.

Tato práce má především přehledový charakter, kdy se za pomoci několika vědeckých studií prokázalo, jakým způsobem oxid dusičitý ovlivňuje zdraví občanů. Je pak třeba zdůraznit, že ačkoliv jsou emise oxidů dusíku tvořeny přibližně z 90 % oxidem dusnatým a oxid dusičitý se na nich podílí max. 5 %, je výrazně toxičtější než oxid dusnatý, což se projevuje také na lidském zdraví v případě, že jsou překračovány imisní limity stanovené pro tuto znečišťující látku. Z mnoha publikovaných vědeckých prací se dnes již potvrdilo, že má vliv na zhoršenou kvalitu dýchání obyvatel, má za následek vznik alergií, astmatu a kardiovaskulárních onemocnění u řady lidských jedinců. Nicméně oxid dusičitý se podílí také na výrazně zasaženém ekosystému fauny a flóry.

Na podkladě všech takto ucelených poznatků jsme mohli v rámci této kapitoly nabídnout několik možností, jejichž prostřednictvím může dojít ke snížení prostorové prognózy oxidu dusičitého na území Skotska, přičemž předpokládáme, že tyto návrhy budou mít také vliv na zlepšení zdraví skotské populace. Zvýšené hodnoty oxidu dusičitého se mimo jiné podílejí také na vzniku cévní mozkové příhody. Nejčastěji jde však o postižení horních cest dýchacích, celkově respiračního ústrojí, na což jsou citlivé zejména malé děti. Změna v této oblasti však nemusí přijít jakoby zvenjšku, kdy se na nižší expozici oxidu dusičitého budou podílet podniky vypouštějící emise oxidu dusičitého do ovzduší, ale také samotní občané, již se mohou svými kroky na snížení oxidu dusičitého vypouštěného do ovzduší také podílet (skrže vlastní automobily, kdy jejich používání budou výrazně eliminovat, pořizovat si elektromobily apod.).

Z praktického hlediska doporučujeme provádět vnitřní a vnější nátěry školních budov, sociálních a zdravotnických zařízení speciálními nátěrovými hmotami s fotokatalytickým efektem, který má samočisticí schopnost a dokáže eliminovat nečistoty v okolním vzduchu. V souladu s tímto doporučením doporučujeme Ministerstvu životního prostředí zpracovat návrh státního dotačního programu na pořízení fotokatalytických venkovních omítek.

Novou výstavbu školních zařízení, sociálních a zdravotnických zařízení realizovat minimálně 100 metrů od komunikací v intravilánu obcí na území Skotska zatížených nadměrnou automobilovou dopravou. V exponovaných lokalitách s vyššími koncentracemi zdraví škodlivých polutantů instalovat v ovzduší do školních a zdravotnických zařízení čističky vzduchu. V souladu s tímto doporučením

navrhujeme připravit státní dotační program na pořízení čističek vzduchu pro školská, sociální a zdravotnická zařízení. Za další praktické doporučení vedoucí ke snížení prostorové prognózy oxidu dusičitého na území Skotska považujeme povinnost zavést termovizní monitoraci komunálních skládek jako preventivní opatření před vznikem požárů s následným uvolněním nekontrolovaného množství toxických produktů hoření a prachových částic do ovzduší. Monitorace by měla být realizovaná stacionárními termovizními zařízeními, případně bezpilotními drony (kvadrokoptéry) s termovizním vybavením.

V rámci posledního doporučení pro praxi navrhujeme oslovit odborníky z místních technických a technologických institucí za účelem vývoje mobilní aplikace upozorňující na zdravotní rizika spojená s koncentracemi polutantů v ovzduší se systémem časné výstrahy.

9. Závěr

Tato diplomová práce se věnovala tématu oxidu dusičitého a jeho prostorové prognóze na území Skotska. Jak bylo v práci ukázáno, jedná se o vysoce aktuální téma, které je diskutováno již nejen mezi politiky a vládami, ale také v širší společnosti. Problematika znečištění ovzduší je v současnosti stále více řešena, přičemž kritických hodnot dosahuje především ve velkých městech a průmyslových oblastech. Zdroje znečištění mohou být jak přírodní, tak antropogenní, tedy způsobené činností člověka. K hlavním patří oblasti energetiky, průmyslu, dopravy, likvidace odpadů i zemědělství. Problémem je ale nejen znečišťování samotné přírody a životního prostředí, ale i vliv na lidské zdraví, který je rovněž velmi nepříznivý. Hovoří se o velkém množství zdravotních problémů, včetně rakoviny plic a dalších závažných chorob. V práci byly také představeny některé studie, které ukázaly, že znečištění ovzduší celosvětově způsobuje 3,7 milionů případů předčasného úmrtí nebo že přímo v Británii je příčinou 40 tisíc úmrtí ročně. Skotsko je dokonce zemí s absolutně největším podílem astmatiků na světě. Znečištění ovzduší může způsobit i špatný růst plodu dítěte nebo předčasný porod, kardiovaskulární choroby a další.

Při zaměření pozornosti na vybrané území můžeme konstatovat, že povolené limity kvality ovzduší jsou ve Velké Británii velmi často překračovány. Hlavním zdrojem znečišťování ovzduší emisemi oxidu dusičitého ve Skotsku je silniční doprava, energetický průmysl a průmyslová spalování.

V práci byly představeny i některé odborné studie věnující se znečišťování ovzduší ve Skotsku. Například autoři Huang, Lee a Scott prokázali, že rizikovými oblastmi jsou zejména velká skotská města jako Glasgow a Edinburgh a že mezi větším množstvím expozice oxidu dusičitého a vyšší mírou onemocnění obyvatel existuje přímá úměrnost. Celkové emise látek znečišťujících ovzduší ve Skotsku mají ale klesající trend. Za posledních 30 let byl zaznamenán pokles expozice oxidem dusičitým zhruba o 60 %. I přes uvedenou skutečnost dosahuje v mnoha skotských oblastech stále ještě znečištění ovzduší příliš vysokých hodnot. Důvodem je zejména nepřetržitý růst automobilové dopravy. Pokud by tedy mělo dojít ke snížení prostorové prognózy oxidu dusičitého, je především nezbytně nutné snížení emisí oxidu dusičitého, vznikajících při provozu automobilů. Jednou z hlavních podmínek

úspěšného zlepšování kvality ovzduší je zvyšování osvěty a environmentálního vzdělání občanů, zodpovědný přístup všech osob stejně jako dodržování právních předpisů jednotlivými podniky a v neposlední řadě důsledný monitoring stavu ovzduší. Skotské právní předpisy doposud dostatečně neřeší majetkovou újmu ani ekonomické škody v souvislosti s problematikou znečišťování ovzduší, i když je nutné dodat, že Skotsko je na rozdíl od Velké Británie znečištěno mnohem méně.

Součástí práce byl také návrh několika doporučení. Mezi ně patří provádění vnitřních i vnějších nátěrů školních budov i sociálních a zdravotnických zařízení speciálními nátěry s fotokatalytickým efektem a nová výstavba realizovaná alespoň sto metrů od komunikací zatížených nadměrnou dopravou. V lokalitách s vyšší koncentrací škodlivých látek je vhodné instalovat čističky vzduchu, s čímž je spojen návrh přípravy dotačních programů ze strany skotské vlády. Dále bylo doporučeno zavedení termovizní monitorace komunálních skládek nebo vývoj mobilní aplikace upozorňující na zdravotní rizika a se systémem včasné výstrahy, což by velmi usnadnilo environmentální vzdělávání obyvatelstva.

Hlavním cílem práce bylo vytvoření prostorové prognózy emise oxidu dusičitého na území Skotska a zjistit, jak by ji bylo možné zlepšit. Jako dílčí cíle byla stanovena zjištění, jaké zdroje a látky mohou ovzduší znečišťovat, jaké dopady znečištění ovzduší mají ve Skotsku jednotlivé látky, popis vlivu expozice oxidu dusičitého na studované území a také zmapování toho, jak je území Skotska zatíženo oxidem dusičitým. Dílčí cíle i hlavní cíl byly splněny.

Na závěr je možno podotknout, že přestože se problematice znečišťování ovzduší již věnuje více autorů a některá z témat jsou přístupná i široké veřejnosti, konkrétní téma oxidu dusičitého v jednotlivých zemích ještě není zcela popsáno. Přitom se jedná o poměrně závažný problém nejen ve vztahu k narušení klimatu, ale i k ohrožení zdraví a mnohdy i života občanů. Hlavní přínos této práce tedy spatřuji v upozornění na danou problematiku a hloubku problému a také v návrhu doporučení, která může využít mnoho zemí.

10. Přehled literatury a použitých zdrojů

Zahraniční

- Anderson H. R., Atkinson R. W., Bremner S. A., Marston L., 2003: Particulate air pollution and hospital admissions for cardiorespiratory diseases: are the elderly at greater risk? *The European Respiratory Journal* 40: 39–46.
- Anderson H., 2009: Air pollution and mortality: A history. *Atmospheric Environment* 43: 142–152.
- Armstrong B. G., 1998: Effect of measurement error on epidemiological studies of environmental and occupational exposures. *Occupational and Environmental Medicine* 55: 651–656.
- Atkinson R. W., Anderson H. R., Sunyer J., Ayres J., Baccini M., Vonk J. M., Boumghar A., Forastiere F., Forsberg B., Touloumi G., Schwartz J., Katsouyanni K., 2001: Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air Pollution and Health: a European Approach. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 164: 1860–1866.
- Augusto O., Bonini M. G., Amanso A. M., Linares E., Santos C. C., De Menezes S. L., 2002: Nitrogen dioxide and carbonate radical anion: two emerging radicals in biology. *Free Radical Biology and Medicine* 32: 841–859.
- Avnery S., Mauzerall D. L., Liu J., Horowitz L. W., 2011: Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 2. Year 2030 potential crop production losses and economic damage under two scenarios of O₃ pollution. *Atmospheric Environment* 45: 2297–2309.
- Bernard S. M., Samet J. M., Grambsch A., Ebi K. L., Romieu I., 2001: The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Air Pollution-Related Health Effects in the United States. *Environmental Health Perspectives* 109: 199–209.
- British Heart Foundation, 2014: Cardiovascular Disease Statistics 2014. British Heart Foundation, Greater London House, London, 116 p.
- Center for Chemical Process Safety, 2006: Safe Design and Operation of Process Vents and Emission Control System. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N.J., 327 p.

- Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2015: Quantification of Mortality and Hospital Admissions Associated with Groundlevel Ozone. Public Health England, London, 132 p.
- Denman K. L., Brasseur G., Chidthaisong A., Ciais P., Cox P. M., Dickinson R. E., Hauglustaine D., Heinze C., Holland E., Jacob D., Lohmann U., Ramachandran S., da Silva Dias P. L., Wofsy S. C., Zhang X., 2007: Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds.): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Dragosits U., Theobald M. R., Place C. J., ApSimon H. M., Sutton M. A., 2006: The potential for spatial planning at the landscape level to mitigate the effects of atmospheric ammonia deposition. *Environmental Science & Policy* 9: 626–638.
- Drift A. van der, Tjeng S. L., Beckers G. J. J., Beesteheerde J., 1996: Low-NO_x hydrogen burner. *International Journal of Hydrogen Energy* 21: 445–449.
- Faustini A., Rapp R., Forastiere F., 2014: Nitrogen dioxide and mortality: review and metaanalysis of long-term studies. *European Respiratory Journal* 44: 744–753.
- Fowler D., Pilegaard K., Sutton M. A., Ambus P., Raivonen M., Duyzer J., Simpson D., Fagerli H., Fuzzi S., Schjoerring J. K., Granier C., Neftel A., Isaksen I. S. A., Laj P., Maione M., Monks P. S., Burkhardt J., Daemmgen U., Neiryneck J., Personne E., Wichink-Kruit R., Butterbach-Bahl K., Flechard C., Tuovinen J. P., Coyle M., Gerosa G., Loubet B., Altimir N., Gruenhage L., Ammann C., Cieslik S., Paoletti E., Mikkelsen T. N., Ro-Poulsen H., Cellier P., Cape J. N., Horvath L., Loreto F., Niinemets U., Palmer P. I., Rinne J., Misztal P., Nemitz E., Nilsson D., Pryor S., Gallagher M. W., Vesala T., Skiba U., Brüggemann N., Zechmeister-Boltenstern S., Williams J., O'Dowd C., Facchini M. C., de Leeuw G., Flossman A., Chaumerliac N., Erisman J. W., 2009: Atmospheric composition change: Ecosystems–Atmosphere interactions. *Atmospheric Environment* 43: 5193–5267.
- Grice S., Stedman J., Kent A., Hobson M., Norris J., Abbott J., Cooks S., 2009: Recent trends and projections of primary NO₂ emissions in Europe. *Atmospheric Environment* 43: 2154–2167.

- Guarnieri M., Balmes J. R., 2014: Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet* 383: 1581–1592.
- Hayes F., Mills G., Jones L., Abbott J., Ashmore M., Barnes J., Cape J. N., Coyle M., Peacock S., Rintoul N., Toet S., Wedlich K., Wyness K., 2016: Consistent ozone-induced decreases in pasture forage quality across several grassland types and consequences for UK lamb production. *Science of The Total Environment* 543: 336–346.
- Haynes M., 2011: *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press, Boca Raton, 2656 p.
- Hommer J. B., Suito M. M., 1973: Nitric Oxide Formation and Radical Overshoot in Premixed Hydrogen Flames. *Combustion and Flame* 20: 71–76.
- Huang G., Lee D., Scott M., 2015: An integrated Bayesian model for estimating the long-term health effects of air pollution by fusing modelled and measured pollution data: A case study of nitrogen dioxide concentrations in Scotland. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology* 14–15: 63–74.
- Chen T. M., Gokhale J., Shofer S., Kuschner W. G., 2007: Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects. *The American Journal of the Medical Sciences* 333: 249–256.
- Chung K. L., 2006: *Combustion physics*. Cambridge University Press, Cambridge, 740 p.
- Mackay D. F., Haw S., Newby D. E., Langhorne P., Lloyd S. M., McConnachie A., Pell J. P., 2013: Impact of Scotland's Comprehensive, Smoke-Free Legislation on Stroke *PLoS ONE* 8(5): e62597
- Sánchez A. L., Williams F. A., 2014: Recent advances in understanding of flammability characteristics of hydrogen. *Progress in Energy and Combustion Science* 41: 1–55.
- Sutton M. A., Dragosits U., Hellsten S., Place C. J., Dore A. J., Tang Y. S., van Dijk N., Love L., Fournier N., Vieno M., Weston K. J., Smith R. I., Coyle M., Roy D., Hall J., Fowler D., 2004: Ammonia Emission and Deposition in Scotland and Its Potential Environmental Impacts. *The Scientific World Journal* 4: 795–810.
- Twigg M. M., Di Marco C. F., Leeson S., van Dijk N., Jones M. R., Leith I. D., Morrison E., Coyle M., Proost R., Peeters A. N. M., Lemon E., Frelink T., Braban C. F., Nemitz E., Cape J. N., 2014: Water soluble aerosols and gases at

- a UK background site – Part 1: Controls of PM_{2.5} and PM₁₀ aerosol composition. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15: 8131–8145.
- Wolf-Eberhard, B., 1995: *Naturschutz: Das Machbare Praktischer Umwelt- und Naturschutz für alle*. Parey, Hamburg, 310 s.
- World Health Organization, 2006: *Air Quality Guidelines*. WHO, Copenhagen, 496 p.
- Wu C. F., Shen F. H., Li Y. R., Tsao T. M., Tsai M. J., Chen C. C., Hwang J. S., Hsu S. H., Chao H., Chuang K. J., Chou C. C. K., Wang Y. N., Ho C. C., Su T. C., 2016: Association of short-term exposure to fine particulate matter and nitrogen dioxide with acute cardiovascular effects. *Science of The Total Environment* 569–570: 300–305.

České a slovenské

- Adamec V., 2008: *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Grada Publishing, Praha, 160 s.
- Fargašová A., 2004: *Všeobecná ekológia*. UK, Bratislava, 188 s.
- Hronec O., 2005: *Ochrana ovzduší a vod*. SPU, Praha, 170 s.
- Mach J., Plucková I., Šibor J., 2010: *Úvod do obecné a anorganické chemie*. Nová škola, Brno, 136 s.
- Symon K., Bencko V., 2008: *Znečištění ovzduší a zdraví*. Avicenum, Praha, 250 s.
- Škapa P., 2013: *Doprava a životní prostředí*. TU, Ostrava, 144 s.

Internetové odkazy

- Air Pollution Information System, ©2016: Ammonia (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.apis.ac.uk/overview/pollutants/overview_NH3.htm>.
- Air Quality Expert Group, ©2007: Air Quality and Climate Change: A UK Perspective (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/aqeg/fullreport.pdf>>.
- ApSimon H., Oxley T., 2013: Analysis of the air quality impacts of potential CCC scenarios (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/Air-quality-impacts-of-potential-CCC-scenarios.pdf>>.

- Centre For Ecology And Hydrology, ©2012. A review of Acidification, Eutrophication, Heavy Metals and Ground-Level Ozone in the UK (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.rotap.ceh.ac.uk/files/CEH%20RoTAP_0.pdf>.
- EASA, ©2017: European Aviation Environmental Report 2016 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/aviation-strategy/documents/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf>>.
- Economic Commission for Europe, ©2013: 1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone to the Convention on Longrange Transboundary Air Pollution, as amended on 4 May 2012 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE.EB.AIR.114_ENG.pdf>.
- European Commission, ©2015: Sustainable Agriculture and Air Pollution: reducing emissions leads to many benefits (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/Report_for_dissemination_Sustainable%20Air%20pollution%20and%20Air%20Pollution_v3.pdf>.
- European Environment Agency, ©2010: Emissions of primary PM2.5 and PM10 particulate matter (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-primary-particles-and-5>>.
- European Environment Agency, ©2014: Nitrogen oxides (NOx) emissions (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-nitrogen-oxides-nox-emissions-1/assessment.2010-08-19.0140149032-3>>.
- European Environment Agency, ©2018: Air quality in Europe – 2018 report (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018/at_download/file>.
- Faulkner, M., Russell, P., 2010: Review of Local Air Quality Management: A report to Defra and the devolved administrations (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www2.gov.scot/Resource/Doc/211199/0096175.pdf>>.

- Fuzzi, S., Baltensperger, U., Carslaw, K., Decesari, S., Denier van der Gon, H., Facchini, M. C., Fowler, D., Koren, I., Langford, B., Lohmann, U., Nemitz, E., Pandis, S., Riipinen, I., Rudich, Y., Schaap, M., Slowik, J. G., Spracklen, D. V., Vignati, E., Wild, M., Williams, M., Gilardoni, S., 2015: Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15: 8217–8299 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.atmos-chem-phys.net/15/8217/2015/acp-15-8217-2015.html>>.
- Gov.uk, ©2010: Mortality effects of long-term exposure to air pollution in the UK (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.gov.uk/government/publications/comeap-mortality-effects-of-long-term-exposure-to-particulate-air-pollution-in-the-uk>>.
- Hansell, A., Ghosh, R. E., Blangiardo, M., Perkins, C., Vienneau, D., Goffe, K., Briggs, D., Gulliver, J., 2016: Historic air pollution exposure and long-term mortality risks in England and Wales: prospective longitudinal cohort study. *Thorax* 71: 330–338 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://thorax.bmj.com/content/71/4/330.full>>.
- Hermenka, J., Hrdlička, F., 2004: Emise z kotelen a ochrana ovzduší (I) (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/2294-emise-z-kotelen-a-ochrana-ovzdusi-i>>.
- Holder, M., 2016: Higher air pollution health risk inside car, study finds (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://airqualitynews.com/2016/02/16/higher-air-pollution-health-risk-inside-car-study-finds/>>.
- Igawa, S., Matsui, T., Seo, A., 2011: NO_x Emission Reduction In Hydrogen Combustion (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://members.igu.org/old/IGU%20Events/igrc/igrc2011/igrc-2011-proceedings-and-presentations/poster%20paper-session%201/P1-30_Sumiko%20Igawa.pdf>.
- International Maritime Organization, ©2020: Sulphur oxides (SO_x) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <[http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93Regulation-14.aspx)>.

- Kernan, M., Battarbee R. W., Curtis, C. J., Monteith D. T., Shilland E. M., 2010: Recovery of Lakes and Streams in the UK from the effects of acid rain. UK Acid Water Monitoring Network 20 Year Interpretative Report (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://awmn.defra.gov.uk/resources/interpreports/20yearInterpRpt.pdf>>.
- Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A., 2015: The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525: 367–371 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.nature.com/articles/nature15371>>.
- Macalister, T., 2016: Longannet power station closes ending coal power use in Scotland (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.theguardian.com/environment/2016/mar/24/longannet-power-station-closes-coal-power-scotland>>.
- Mett Office, ©2020: The Great Smog of 1952 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.metoffice.gov.uk/learning/learn-about-the-weather/weather-phenomena/case-studies/great-smog>>.
- National Atmospheric Emissions Inventory, ©2013: Pollutant Information: Nitrogen Oxide (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://naei.beis.gov.uk/overview/pollutants?pollutant_id=6>.
- National Records of Scotland, ©2015: Deaths, by sex and cause, Scotland, 2004 to 2014 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.nrscotland.gov.uk/files/statistics/vital-events-ref-tables/2014/section-6/14-vital-events-ref-tabs-6-1.pdf>>.
- National Statistics, ©2016: Key Scottish Environment Statistics 2016 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.gov.scot/binaries/content/documents/govscot/publications/statistics/2016/10/key-scottish-environment-statistics-2016-9781786525505/documents/00508344-pdf/00508344-pdf/govscot%3Adocument/00508344.pdf>>.
- O'Brien, F., 2016: SPICe Briefing Air Quality in Scotland (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.parliament.scot/ResearchBriefingsAndFactsheets/S5/SB_16-35_Air_Quality_in_Scotland.pdf>.
- OECD / Food and Agriculture Organization of the United Nations, ©2015. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015–2024 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://www.fao.org/3/a-i4738e.pdf>>.

- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., Neira, M., 2016: Preventing disease through healthy environments (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf;jsessionid=C5654E1DD61A76703C564C86249A7371?sequence=1>.
- Royal College of Physicians, ©2016: Every breath we take: the lifelong impact of air pollution (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/every-breath-we-take-lifelong-impact-air-pollution>>.
- Salisbury, E., Thistlethwaite, G., Pang, Y., Misra, A., 2015: Air Quality Pollutant Inventories for England, Scotland, Wales and Northern Ireland: 1990-2013 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1509110857_DA_AQPI_1990-2013_Report_Issue1.pdf>.
- Shale-Hester, T., 2019: VW emissions scandal: first German dieselgate compensation lawsuit begins (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/92893/vw-emissions-scandal-recalls-compensation-is-your-car-affected-latest-news>>.
- The National Archives, ©2020a: Clean Air Act 1956 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/Eliz2/4-5/52/enacted>>.
- The National Archives, ©2020b: Smoking, Health and Social Care (Scotland) Act 2005 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<http://www.legislation.gov.uk/asp/2005/13/contents>>.
- The Scottish Government, ©2015: Cleaner Air For Scotland (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.gov.scot/publications/cleaner-air-scotland-road-healthier-future/>>.
- The Scottish Government, ©2018: Scottish Air Quality Database: Annual Report 2017 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.scottishairquality.scot/assets/documents/technical%20reports/Scottish_Air_Quality_Database_Annual_Report_2017.pdf>.
- The Scottish Government, ©2016: Scottish Air Quality Database: Annual Report 2015 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.scottishairquality.scot/assets/documents/technical%20reports/SAQD_Annual_report_2015_Issue_1r.pdf>.
- Transport Scotland, ©2020: Environment (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.transport.gov.scot/our-approach/environment>>.

- Traynor, G. W., Apte, M. G., Chang, G. M., 1996: Pollutant Emissions Factors from Residential Natural Gas Appliances: A Literature Review (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.osti.gov/servlets/purl/1008317>>.
- Vidal, J., 2016: Huge cruise ships will worsen London air pollution, campaigners warn (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://www.theguardian.com/environment/2016/mar/31/huge-cruise-ships-will-worsen-london-air-pollution-campaigners-warn>>.
- Wilkinson, S., Mills, G., Illidge, R., Davies, W. J., 2012: How is ozone pollution reducing our food supply?. *Journal of Experimental Botany* 63: 527–536 (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://academic.oup.com/jxb/article/63/2/527/504895>>.
- World Air Quality Index, ©2020: World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <<https://waqi.info/#/c/56.152/-3.525/7.2z>>.
- World Health Organization, ©2013. Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project: Technical Report (online) [cit. 2019.06.26], dostupné z <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf>.

Legislativní prameny

- Nářízení Komise (ES) č. 692/2008 ze dne 18. července 2008, kterým se provádí a mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 715/2007 o schvalování typu motorových vozidel z hlediska emisí z lehkých osobních vozidel a z užitkových vozidel (Euro 5 a Euro 6) a z hlediska přístupu k informacím o opravách a údržbě vozidla.
- Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu.
- Vyhláška č. 330/2012 Sb. ze dne 8. října 2012, o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 17/1992 Sb. ze dne 5. prosince 1991, o životním prostředí.

11. Seznamy obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1: Zdroje emisí NO _x v EU v roce 2011	15
Obrázek 2: Zdroje a cesty znečištění ovzduší	24
Obrázek 3: Environmentální dopady znečištění ovzduší spojené se sírou a dusíkem, zejména z dopravy, průmyslu a zemědělství.....	28
Obrázek 4: Primární a sekundární škodliviny podle Skotského parlamentu	36
Obrázek 5: Roční emise oxidů dusíku z velkých spalovacích zařízení v tisících tun v letech 1996–2014	38
Obrázek 6: Trend znečištění ovzduší v letech 1990–2013	39
Obrázek 7: Koncentrace NO ₂ okolo silnic v městských oblastech 2008–2017 (1) ...	40
Obrázek 8: Koncentrace NO ₂ okolo silnic v městských oblastech 2008–2017 (2) ...	40
Obrázek 9: Koncentrace NO ₂ ve venkovských oblastech 2008–2017.....	41
Obrázek 10: Mapa výskytu NO ₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2014.....	42
Obrázek 11: Mapa výskytu NO ₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2015.....	42
Obrázek 12: Mapa výskytu NO ₂ ve Skotsku a v okolí silnic 2016.....	43
Obrázek 13: Zatížení území Skotska emisemi NO _x v roce 2016.....	44
Obrázek 14: Aktuální kvalita vzduchu ve Skotsku	45
Obrázek 15: Kvalita vzduchu ve West Lothian Newton.....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hlavní zdroje znečištění ve Skotsku	25
Tabulka 2: Oborové zdroje znečištění Skotska oxidy dusíku v letech 1990–2016	37
Tabulka 3: Nejvíce znečištěné oblasti Skotska NO ₂	37