

# **E5040 Složky ŽP a jejich kontaminace**

**Pedosféra = půda – část 2**

Jakub Hofman

# Obsah - 2

## Ohrožení a kontaminace půd

- Ohrožení půdy a její degradace, typy degradace, eroze, zábory, ztráta organické hmoty, kontaminace a další typy degradace
- Plošné a ekonomické rozsahy degradace půd, food security/safety, prognózy
- Dopady degradace půdy
- Kontaminace půd, její typy, rozsah a její důsledky, kontaminovaná místa v ČR a ve světě, hlavní příčiny kontaminace půd, hlavní typy kontaminantů (těžké kovy, POPs, pesticidy, další polutanty) jejich zdroje, základní informace o osudu polutantů v půdě, biodostupnost a její role v rizicích kontaminace

**Ohrožení půdy a její degradace, typy degradace, eroze, zábory, ztráta organické hmoty, kontaminace a další typy degradace**

# Půda - neobnovitelný přírodní zdroj

Hornina	Autor údaje	Místo stanovení	Rychlost tvorby půd [mm·rok <sup>-1</sup> ]	Doba vzniku 1 cm půdy [roků]
Hydrické nezpevněné sedimenty	E. Z. Harrison – – A. L. Bloom, 1977	USA, Connecticut	2,0–6,6	1,5–5,0
Eolické písčité sedimenty	A. Bertrand, 1959	USA	1,75–2,5	4,0–5,7
Vrchovištní rašelina	E. Firbas	Švábsko	1,0–1,8	5,5–10,0
Morénové sedimenty	A. Bertrand, 1959	USA, Indiana	0,01–1,0	10,0–1000
Pyroklastika	J. Van Baren	Indonézie	0,7	14,3
Vulkanický popel	R. L. Hay, 1960	Indonézie	0,4	25,0
Jezerní sedimenty	Z. Kukal, 1990	Švédsko	0,2–0,4	25,0–50,0
Nezpevněné sedimenty (průměrná hodnota)	H. W. Menard, 1974	USA, Severní Karolina	0,26	38,5
Vápenec	V. V. Dokučajev, 1885	Rusko, Petrohradská oblast	0,13–0,16	62,5–76,9
Vápenec	J. G. Goodchild, 1890	Velká Británie	0,05– 0,1	100,0–200,0
Morénové sedimenty	H. Kohnke	USA	0,055	181,8
Žula	D. C. Barton, 1916	Egypt	0,001–0,002	5000,0–10 000,0
Žula	H. F. Garner, 1974	Výhodné klimatické podmínky	0,0015	6666,7
Průměrně příhodné substrátové poměry	E. Zeuner, 1958	Evropské mírné pásmo	0,1	100,0
Průměrně příhodné substrátové poměry	H. H. Bennet, 1955	USA	0,02–0,15	66,7–500,0
Průměrně příhodné substrátové poměry	Z. Kukal, 1984	Česká republika	0,1	100,0
Průměrně příhodné substrátové poměry	J. Drbal, 1965	Česká republika	0,125–0,2	50,0–80,0
Průměrně příhodné substrátové poměry	V. Veselý, 1970	Česká republika	0,05	200,0

Hauptman, I., Kukal, Z., Pošmourný, K. (2009): Půda v České republice. Ministerstvo životního prostředí ČR, Ministerstvo zemědělství ČR. ISBN 8090348246





EEA (2020): The European environment - state and outlook 2020 - Knowledge for transition to a sustainable Europe. Chapter 05: Land and soil. ISBN 9789294800909.

<https://www.eea.europa.eu/soer/2020>

# Degradace půdy

- EEA 2020 SOER

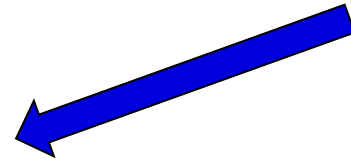


TABLE ES.1 Summary of past trends, outlooks and prospects of meeting policy objectives/targets

Theme	Past trends and outlook		Prospects of meeting policy objectives/targets		
	Past trends (10-15 years)	Outlook to 2030	2020	2030	2050
<b>Protecting, conserving and enhancing natural capital</b>					
Terrestrial protected areas	Improving	Improving	✓		
Marine protected areas	Improving	Improving	✓		
EU protected species and habitats	Mixed	Mixed	✗		
Common species (birds and butterflies)	Mixed	Mixed	✗		
Ecosystem condition and services	Mixed	Mixed	✗		
Water ecosystems and wetlands	Mixed	Mixed	✗		
Hydromorphological pressures	Mixed	Mixed	✗		
State of marine ecosystems and biodiversity	Mixed	Mixed	✗		
Pressures and impacts on marine ecosystems	Mixed	Mixed	✗		
Urbanisation and land use by agriculture and forestry	Deteriorating	Deteriorating			✗
Soil condition	Deteriorating	Deteriorating	✗		
Air pollution and impacts on ecosystems	Mixed	Mixed	□	□	
Chemical pollution and impacts on ecosystems	Mixed	Mixed	✗		
Climate change and impacts on ecosystems	Mixed	Mixed	✗		
<b>Resource-efficient, circular and low-carbon economy</b>					
Material resource efficiency	Improving	Improving	✓		
	Mixed	Mixed	□	□	
	Improving	Improving	□		
Adaptation efforts	Improving	Improving	✓	✗	✗
	Improving	Improving	✓	✗	✗
	Improving	Improving	✓	□	
Processes	Improving	Improving	□		
Water on surface and groundwater	Improving	Mixed	✗		
	Improving	Improving	□		
<b>Environmental risks to health and well-being</b>					
Health and well-being	Improving	Improving	✗	✓	
Air quality and noise and impacts on human health	Mixed	Mixed	✗		
	Mixed	Mixed	✗		
Risks to human health	Mixed	Mixed	✗		
Human health and well-being	Mixed	Mixed	✗		
Climate change risks to society	Mixed	Improving	□		
Climate change adaptation strategies and plans	Mixed	Improving	□		

## Thematic summary assessment

Theme	Past trends and outlook		Prospects of meeting policy objectives/targets	
	Past trends (10-15 years)	Outlook to 2030	2020	2050
Urbanisation and land use by agriculture and forestry	Deteriorating trends dominate	Deteriorating developments dominate	✗	Not on track
Soil condition	Deteriorating trends dominate	Deteriorating developments dominate	✗	Not on track

**Note:** For the methodology of the summary assessment table, see the introduction to Part 2. The justification for the colour coding is explained in Section 5.3, Key trends and outlooks (Tables 5.2 and 5.4).

EEA (2020): The European environment - **state and outlook 2020** - Knowledge for transition to a sustainable Europe. Chapter 05: Land and soil. ISBN 9789294800909. <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>

Indicative assessment of past trends (10-15 years) and outlook to 2030		Indicative assessment of prospects of meeting selected policy objectives/targets	
Improving trends/developments dominate	Year	✓	Largely on track
Trends/developments show a mixed picture	Year	□	Partially on track
Deteriorating trends/developments dominate	Year	✗	Largely not on track

**Note:** The year for the objectives/targets does not indicate the exact target year but the time frame of the objectives/targets.

Science

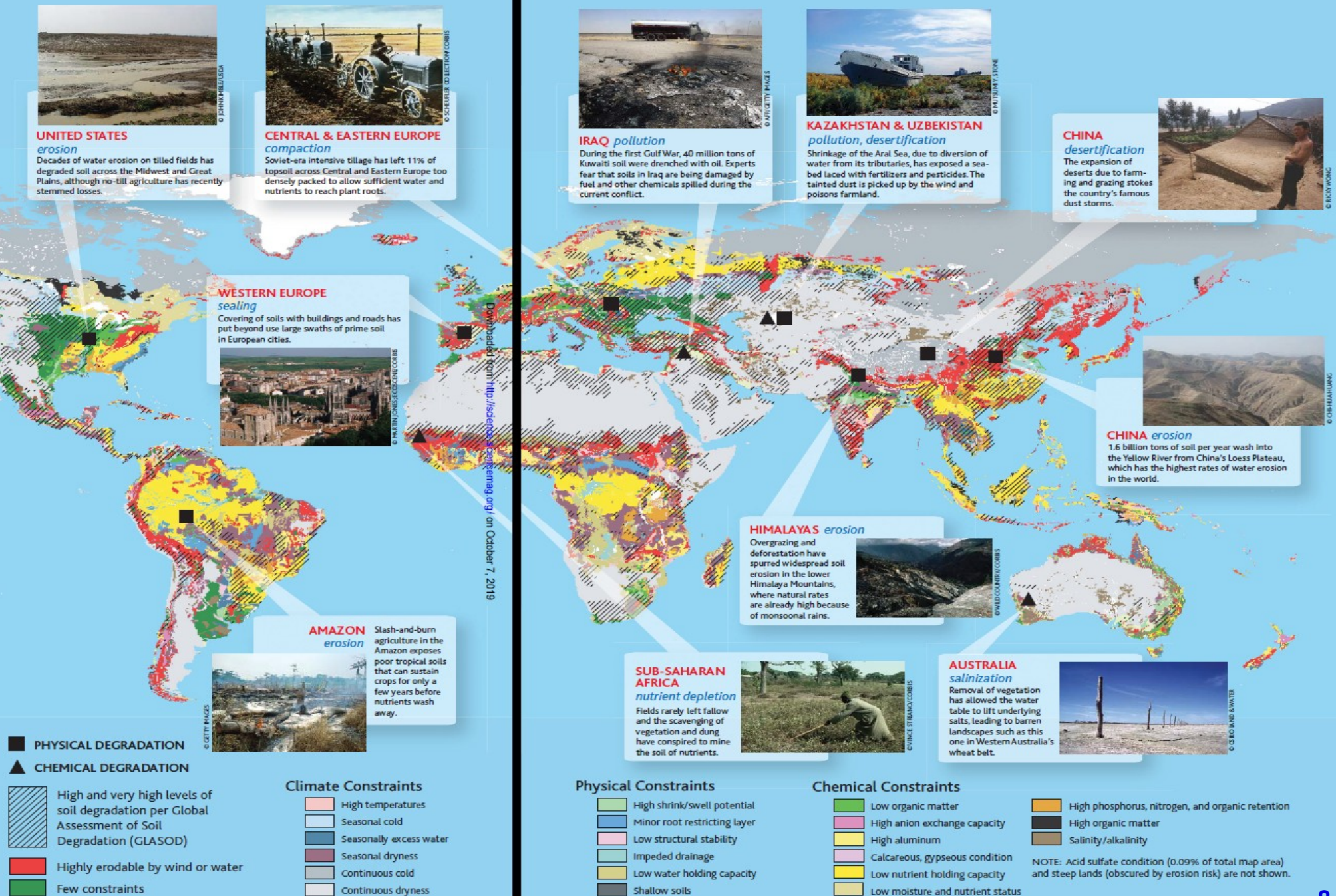
# Soil and Trouble

WHEN PEOPLE INTENSIVELY TILL FIELDS and clear-cut forests, they can damage or destroy topsoil that took centuries to accumulate. Just how vulnerable soils are depends on underlying conditions. Mismanaged soils in windswept lands can easily turn into desert, for example, and saline soils can become salt-encrusted wastelands.

This map shows the main barriers to productive farming, along with erosion risk, derived from climatic and soil conditions. Overlaid as cross-hatching are regions reported to be highly or very highly degraded according to a global survey of soil experts published in 1990. The hot spots illustrate examples of the worst soil degradation, from the most common physical type—water erosion—to chemical forms, such as that caused by pollution from industrial chemicals and war.

An interactive version of this map appears online at [www.sciencemag.org/cgi/content/summary/304/5677/1614](http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/304/5677/1614).

SOURCES: Adapted from Major Land Resource Constraints map created April 2004 by P. Reich and H. Eswaran of USDA/NRCS Soil Survey Division, World Soil Resources, Washington, D.C., from WSR Soil Climate Map and FAO Soil Map of the World, 1995; GLASOD data (L. R. Oldeman et al., 1991) provided by K. Sebastian, IFPRI. Data on compaction in Europe from SOVEUR/ISRIC (2000).



**UNITED STATES**

*erosion*

Decades of water erosion on tilled fields has degraded soil across the Midwest and Great Plains, although no-till agriculture has recently stemmed losses.

**CENTRAL & EASTERN EUROPE**

*compaction*

Soviet-era intensive tillage has left 11% of topsoil across Central and Eastern Europe too densely packed to allow sufficient water and nutrients to reach plant roots.

**IRAQ**

*pollution*

During the first Gulf War, 40 million tons of Kuwaiti soil were drenched with oil. Experts fear that soils in Iraq are being damaged by fuel and other chemicals spilled during the current conflict.

**KAZAKHSTAN & UZBEKISTAN**

*pollution, desertification*

Shrinkage of the Aral Sea, due to diversion of water from its tributaries, has exposed a seabed laced with fertilizers and pesticides. The tainted dust is picked up by the wind and poisons farmland.

**CHINA**

*desertification*

The expansion of deserts due to farming and grazing stokes the country's famous dust storms.

**WESTERN EUROPE**

*sealing*

Covering of soils with buildings and roads has put beyond use large swaths of prime soil in European cities.

**AMAZON**

*erosion*

Slash-and-burn agriculture in the Amazon exposes poor tropical soils that can sustain crops for only a few years before nutrients wash away.

**HIMALAYAS**

*erosion*

Overgrazing and deforestation have spurred widespread soil erosion in the lower Himalaya Mountains, where natural rates are already high because of monsoonal rains.

**SUB-SAHARAN AFRICA**

*nutrient depletion*

Fields rarely left fallow and the scavenging of vegetation and dung have conspired to mine the soil of nutrients.

**AUSTRALIA**

*salinization*

Removal of vegetation has allowed the water table to lift underlying salts, leading to barren landscapes such as this one in Western Australia's wheat belt.

- PHYSICAL DEGRADATION
- ▲ CHEMICAL DEGRADATION

High and very high levels of soil degradation per Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD)

- Highly erodable by wind or water
- Few constraints

**Climate Constraints**

- High temperatures
- Seasonal cold
- Seasonally excess water
- Seasonal dryness
- Continuous cold
- Continuous dryness

**Physical Constraints**

- High shrink/swell potential
- Minor root restricting layer
- Low structural stability
- Impeded drainage
- Low water holding capacity
- Shallow soils

**Chemical Constraints**

- Low organic matter
- High anion exchange capacity
- High aluminum
- Calcareous, gypseous condition
- Low nutrient holding capacity
- Low moisture and nutrient status
- High phosphorus, nitrogen, and organic retention
- High organic matter
- Salinity/alkalinity

NOTE: Acid sulfate condition (0.09% of total map area) and steep lands (obscured by erosion risk) are not shown.

Downloaded from <http://science.sciencemag.org/> on October 7, 2019



# Degradace půdy

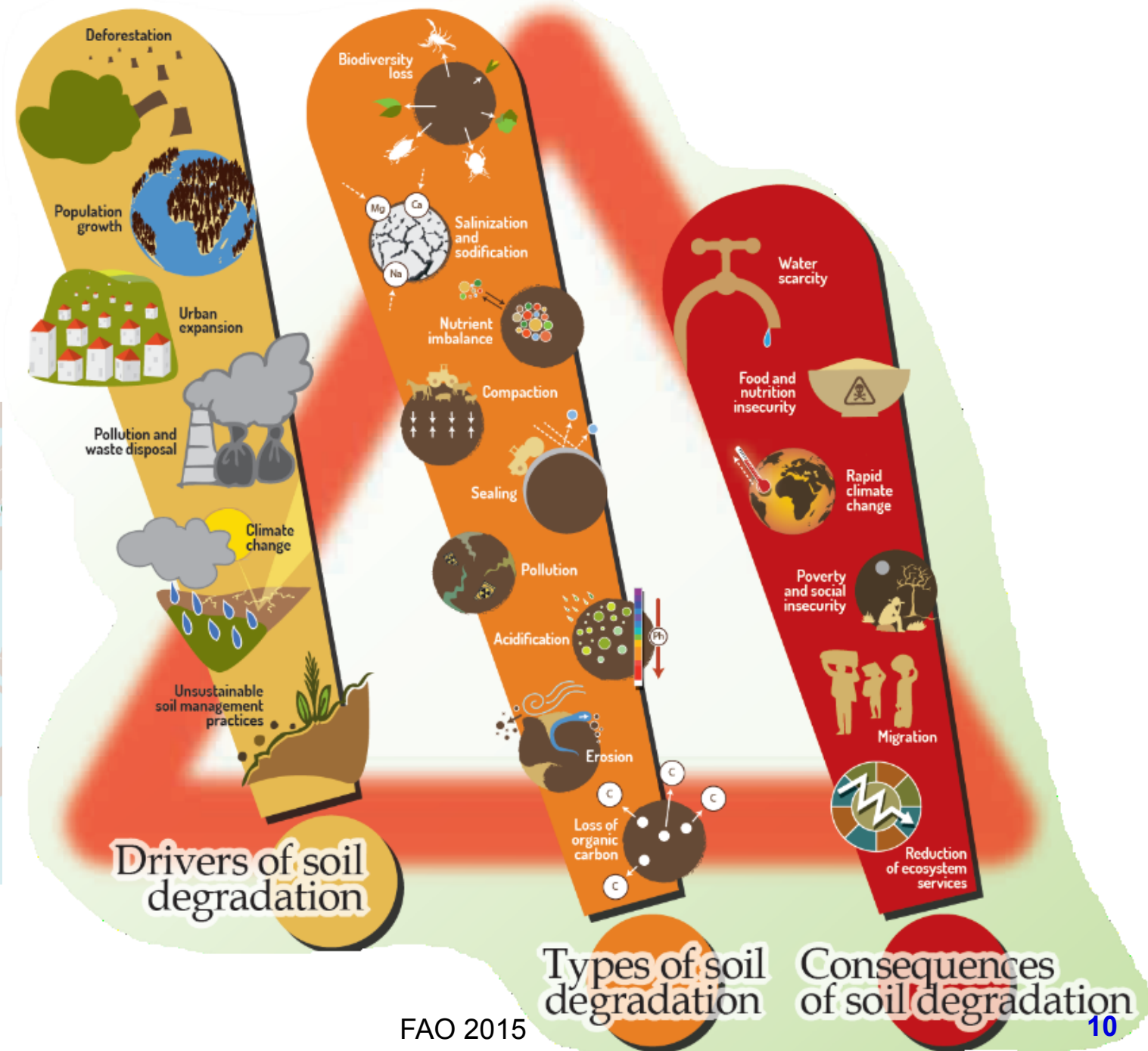
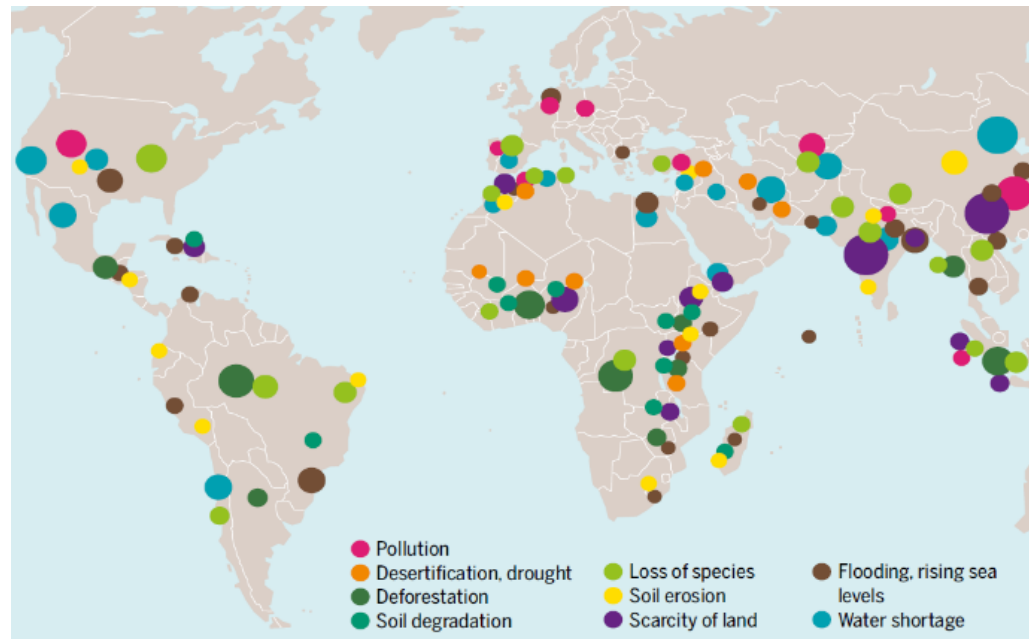
- **= každé vratné nebo nevratné poškození kvality a zdraví půdy**
- významovým opakem kvality/zdraví půdy, fungování půdy a jejího poskytování ekosystémových služeb
- vše co snižuje kvalitu/zdraví půd
- pokud půda neplní některou ze základních funkcí, došlo k její degradaci

## Mechanismy degradace:

- přirozené – půdotvorné procesy, pozvolné změny textury, vymývání látek, přesun koloidů v profilu, změny v množství a složení půdních mikroorganismů
- antropogenní – činností člověka

# Degradace půdy

- až 23% půdy na světě je nějakým způsobem degradováno
- u zemědělské půdy je to až 40%



Glopolis (2018): Atlas půdy. ISBN 978-80-88289-07-4.  
<https://www.glopolis.org/publikace/atlas-pudy/>

# Typy degradace půd

- ztráty půdy v důsledku záboru pro stavby a jiné účely
- vodní a větrná eroze
- zhutnění půdy (kompakce) a jiné narušení půdní struktury
- ztráty půdní organické hmoty a zhoršení její kvality
- zasolení nebo okyselení půdy
- pokles zásoby živin pod únosnou mez
- znečištění půdy cizorodými látkami
- snížení biodiverzity půdy
- poškození vodního režimu (přemokření, zaplavení, sucho)
- sesuvy
- desertifikace

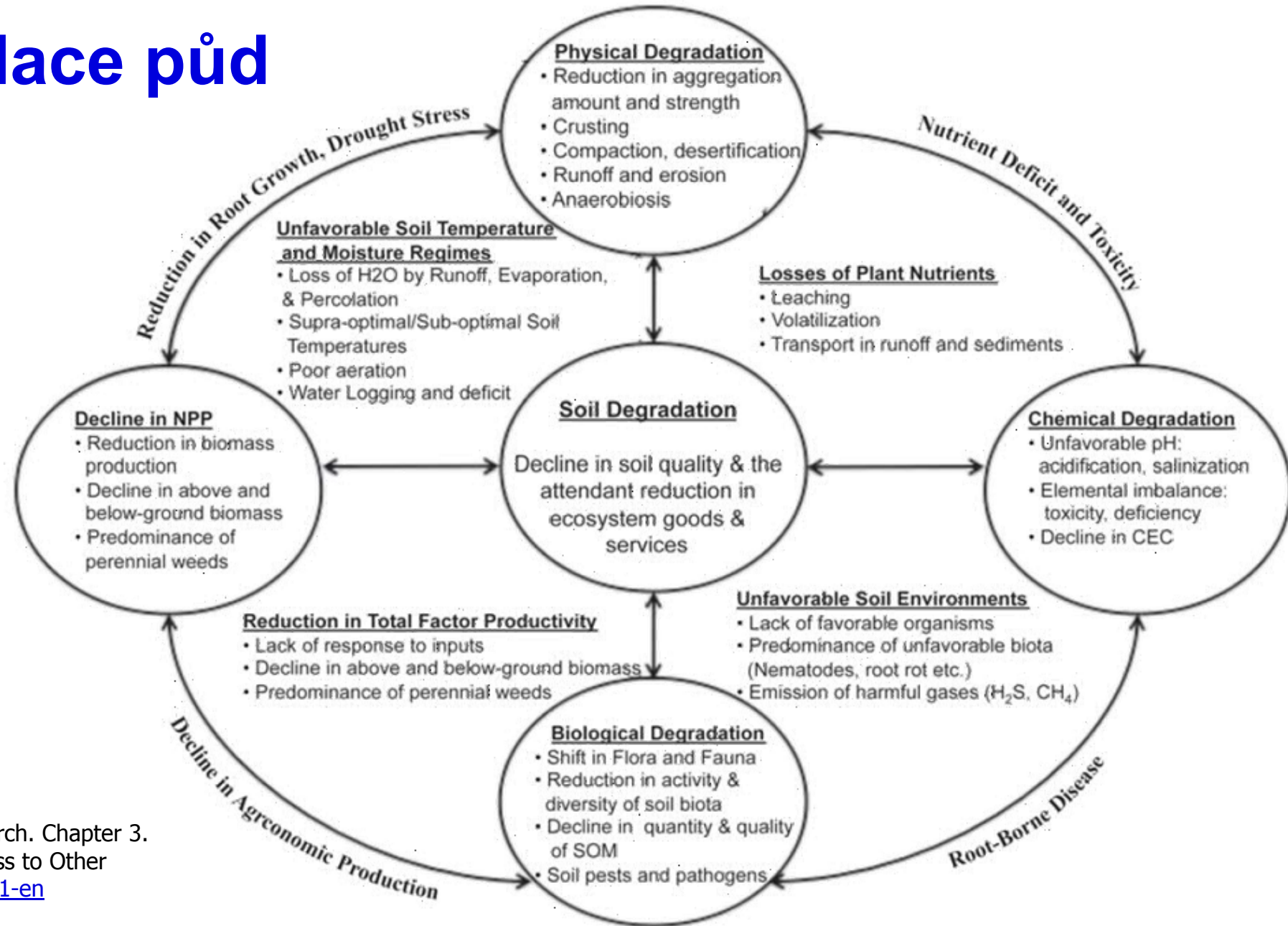
# Typy degradace půd

Processes	Factors	Causes
1. <u>Physical</u> : Crusting compaction, Anaerobiosis, Erosion, Sedimentation	1. <u>Climate</u> : Precipitation, Temperature, Aridity Index, Frequency of extreme events	1. <u>Land Use Change</u> : Conversion of natural to agricultural and other managed ecosystems
2. <u>Chemical</u> : Acidification, Salinisation, Nutrients depletion, Elemental toxicity (Al, Fe, Mn)	2. <u>Terrain</u> : Slope (Gradient, Length, Aspect, Shape), Drainage, Landscape position	2. <u>Vegetation Cover</u> : Deforestation, Afforestation, Reforestation, Fire
3. <u>Biological</u> : Depletion of soil organic matter, Reduction in activity of soil biota, Build up of soil pathogens, Methanogenesis, Denitrification.	3. <u>Vegetation</u> : Species composition, NPP, Biomass partitioning	3. <u>Water Management</u> : Drainage (of wetlands), Irrigation, Water harvesting and recycling
	4. <u>Biodiversity</u> : Fauna and Flora	4. <u>Soil Management</u> : Ploughing use of fertilisers and amendments, crop residue management, etc.
	5. <u>Natural Perturbations</u> : Seismic activity, Tsunami	5. <u>Farming System</u> : Arable, Silviculture, Pastoral, Agrisilviculture, Silvopastrol

OECD (2010): Challenges for Agricultural research. Chapter 3. Global Soil Resource Base: Degradation and Loss to Other Uses. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090101-en>

# Typy degradace půd

- provázanost !!!



OECD (2010): Challenges for Agricultural research. Chapter 3. Global Soil Resource Base: Degradation and Loss to Other Uses. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090101-en>

# Typy degradace půd

- provázanost !!!

Table 14.5: Interactions between soil threats. Size of the dots indicates the impact: low, moderate and large for small medium and large dots respectively.

Soil threat	Water erosion	Wind erosion	SOM decline peat soils	SOM decline mineral soils	Compaction	Sealing	Contamination	Salinization	Desertification	Flooding and landslides	Biodiversity decline
Water erosion			Large dot	Large dot			Small dot		Large dot	Small dot	Small dot
Wind erosion			Small dot	Large dot			Small dot	Small dot	Large dot		Small dot
SOM decline peat soils	Small dot	Small dot								Small dot	Large dot
SOM decline mineral soils	Large dot	Large dot			Small dot				Large dot		Large dot
Compaction	Large dot									Small dot	Large dot
Sealing	Small dot				Small dot		Small dot			Large dot	Large dot
Contamination	Small dot	Small dot									Large dot
Salinization	Small dot	Small dot	Small dot	Small dot			Large dot		Large dot		Large dot
Desertification		Large dot		Large dot							Large dot
Flooding and landslides	Large dot			Large dot	Large dot		Large dot	Small dot			Large dot
Biodiversity decline											

JRC (2016): Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-threats-europe-status-methods-drivers-and-effects-ecosystem-services>

# Eroze

- eroze – základní ohrožení
- 85% všech degradací
- **nevratný nenapravitelný proces ztráty půdy**
- **celosvětově až 25 – 75 mld. tun ročně**
- v EU je erozí postiženo 16% plochy EU



<http://croppgenebank.wordpress.com/2009/06/11/going-south/soil-erosion/>

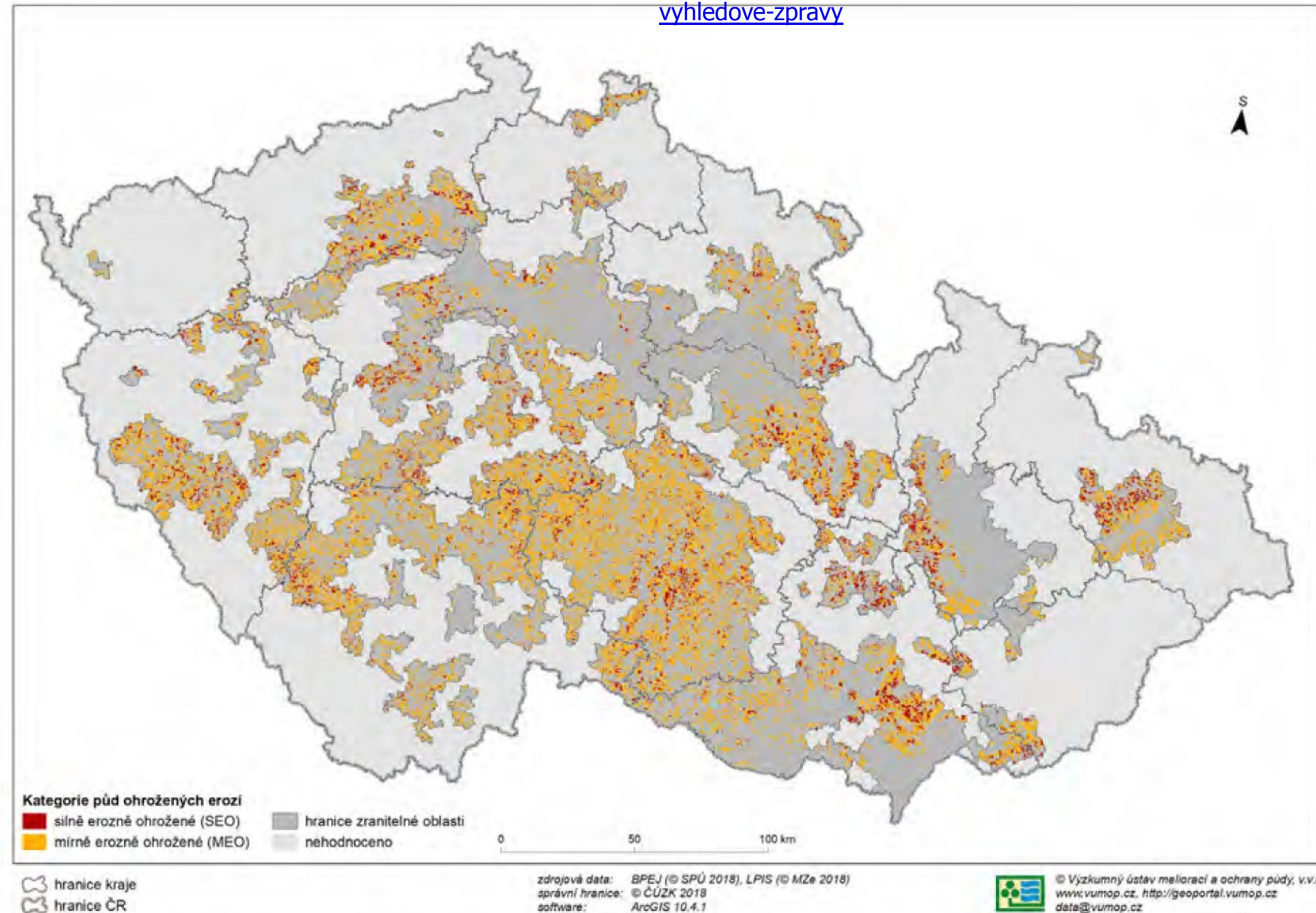
FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO.  
<https://doi.org/10.4060/cb1928en>



# Eroze

Obrázek 6: Půdy ohrožené erozí

MZe (2018): Situační a výhledová zpráva půda.  
<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/dokumenty/situačni-a-vyhledove-zpravy>





# Eroze

**Tab. 3.4.1.5 Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy (G) na území ČR v r. 2018**

Stupeň ohrožení erozí	Vodní eroze		
	Dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G)	Plocha zemědělské půdy	
		t/ha/rok	ha
Extrémně ohrožená	10,1 a více	743 581,98	17,81
Velmi silně ohrožená	8,1–10,0	192 920,72	4,62
Silně ohrožená	4,1–8,0	679 829,09	16,28
Středně ohrožená	2,1–4,0	750 254,14	17,97
Slabě ohrožená	1,1–2,0	519 325,48	12,44
Velmi slabě ohrožená	1,0 a méně	1 289 324,13	30,88
Celkem	–	4 175 235,54	100,00

Zdroj: VÚMOP, v.v.i.

**Tab. 3.4.1.6 Ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená na základě maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření ( $C_p \cdot P_p$ ) na území ČR v r. 2018**

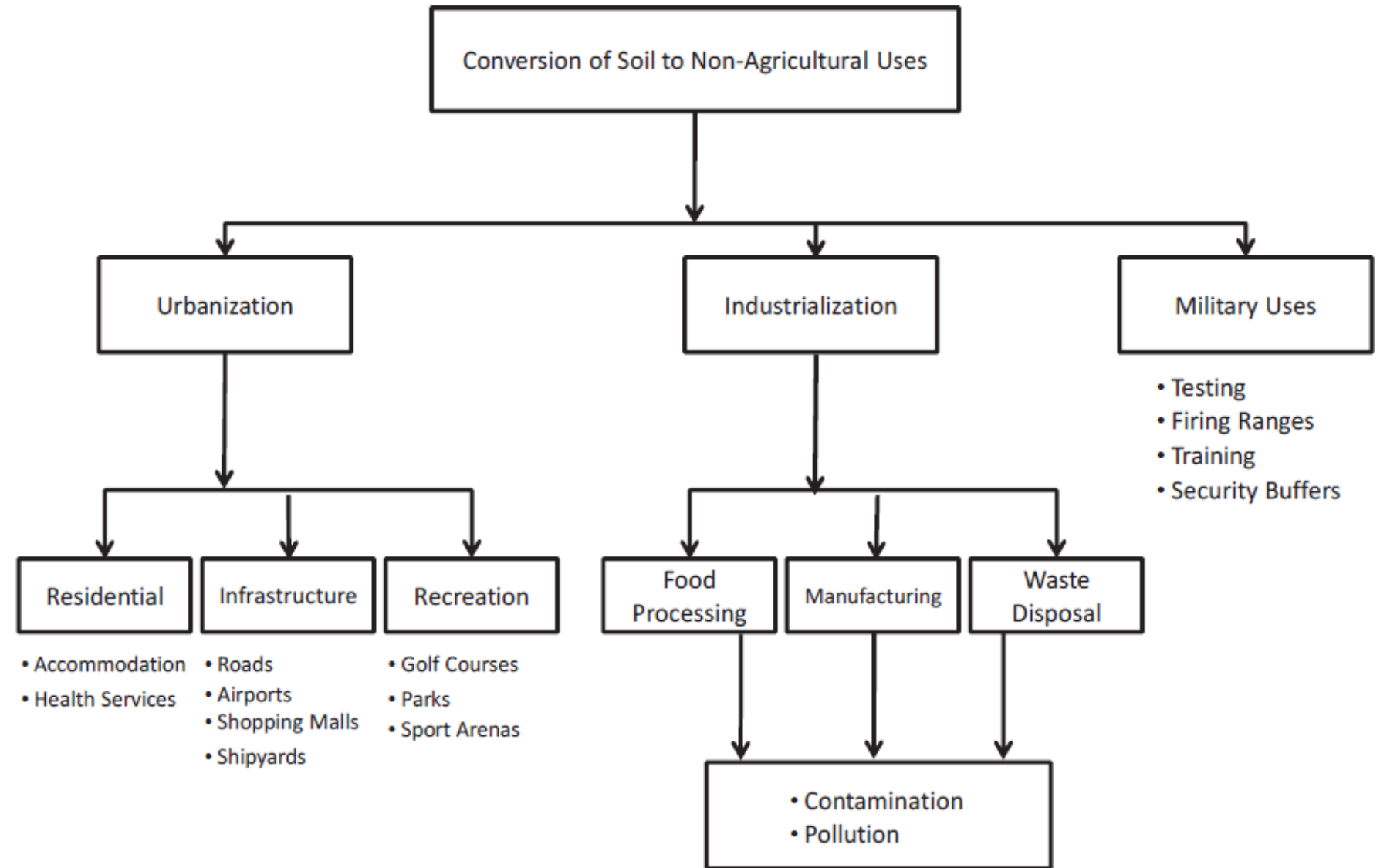
Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření ( $C_p \cdot P_p$ )	Vodní eroze		
	Doporučený rámcový management	Plocha zemědělské půdy	
		ha	%
0,005 a méně	ochranné zatravnění	22 240,50	0,53
0,006–0,020	víceleté pícniny nebo ochranné zatravnění	94 069,66	2,25
0,021–0,100	vyloučení erozně nebezpečných plodin a vyšší zastoupení víceletých pícnin	627 328,82	15,02
0,101–0,200	vyloučení erozně nebezpečných plodin a použití půdoochranných technologií	690 039,11	16,53
0,201–0,240	pásové střídání plodin nebo vyloučení erozně nebezpečných plodin	210 728,23	5,05
0,241–0,400	erozně nebezpečné plodiny pěstovány s půdoochrannými technologiemi	603 662,64	14,46
0,401 a více	bez omezení	1 927 166,56	46,16
Celkem	–	4 175 235,52	100,00

MŽP (2019): Statistická ročenka životního prostředí ČR.  
[https://www.mzp.cz/cz/statisticka\\_rocenka\\_zivotniho\\_prostredi\\_publicace](https://www.mzp.cz/cz/statisticka_rocenka_zivotniho_prostredi_publicace)

Zdroj: VÚMOP, v.v.i.

# Zábory

Figure 3.2. Reduction in soil resources base through conversion to non-agricultural uses

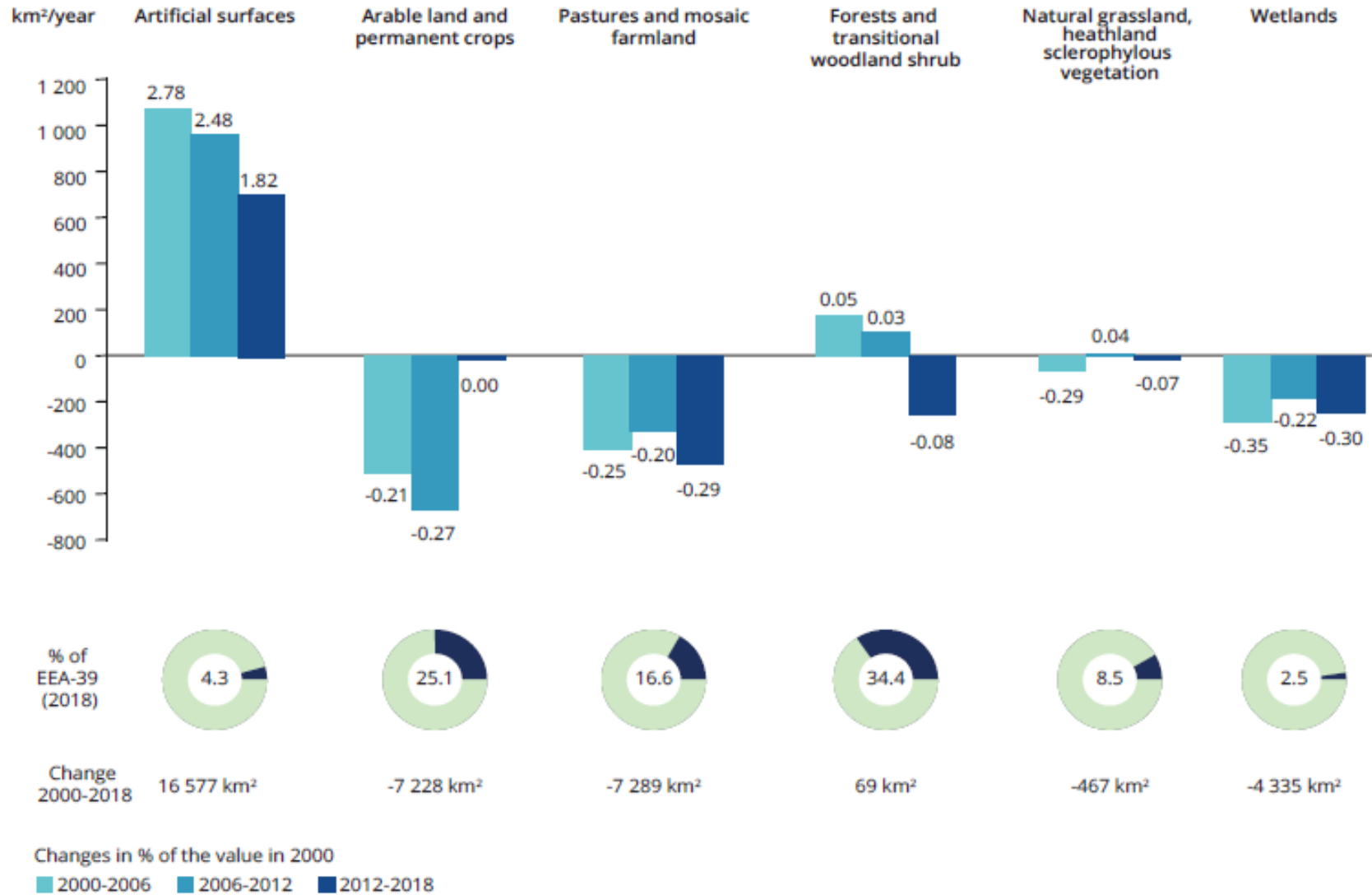


# Zábory



FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

**FIGURE 5.1** Change in six major land cover types in the EEA-39 during the period 2000-2018



Note: Open spaces and water bodies are not shown, which is why the percentages do not add up to 100 %.

Source: EEA.

EEA (2020): The European environment - state and outlook 2020 - Knowledge for transition to a sustainable Europe. Chapter 05: Land and soil. ISBN 9789294800909. <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>

# Zábory půd

- Nепropustné překrývání povrchu půdy (zábory) jsou též definovány jako jeden ze tří hlavních negativních procesů působících na půdu v ČR.
- Zábor půd, především pro stavební účely je většinou nevratným procesem, který podstatně omezuje nebo úplně odstraňuje plnění funkcí půdy
- Odhadované plochy záboru v ha za 1 den:
  - EU 275
  - Německo 130
  - Rakousko 35
  - Holandsko 35
  - Švýcarsko 10
  - ČR 6-7 ha

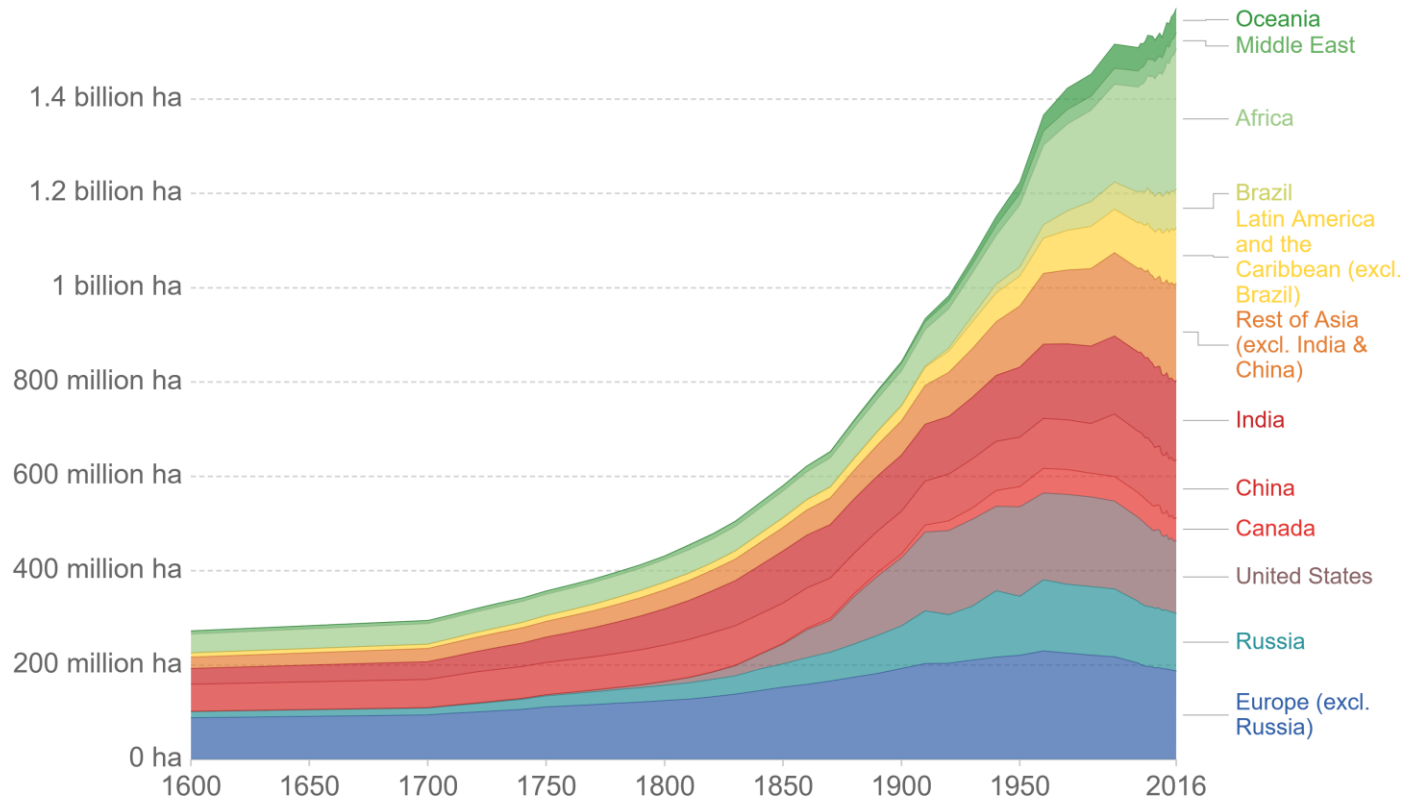


# Intenzifikace zemědělství

## Cropland extent over the long-run, 1600 to 2016

Total cropland area, measured in hectares. Cropland refers to the area defined by the UN Food and Agricultural Organization (FAO) as 'arable land and permanent crops'.

Our World in Data



Source: History Database of the Global Environment (HYDE)

CC BY

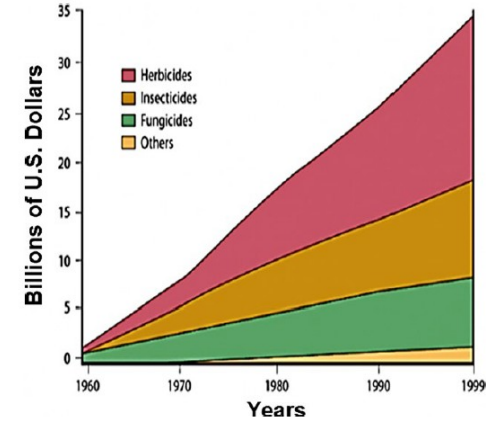
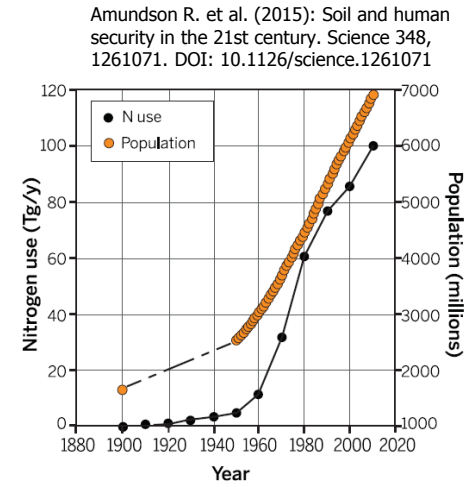
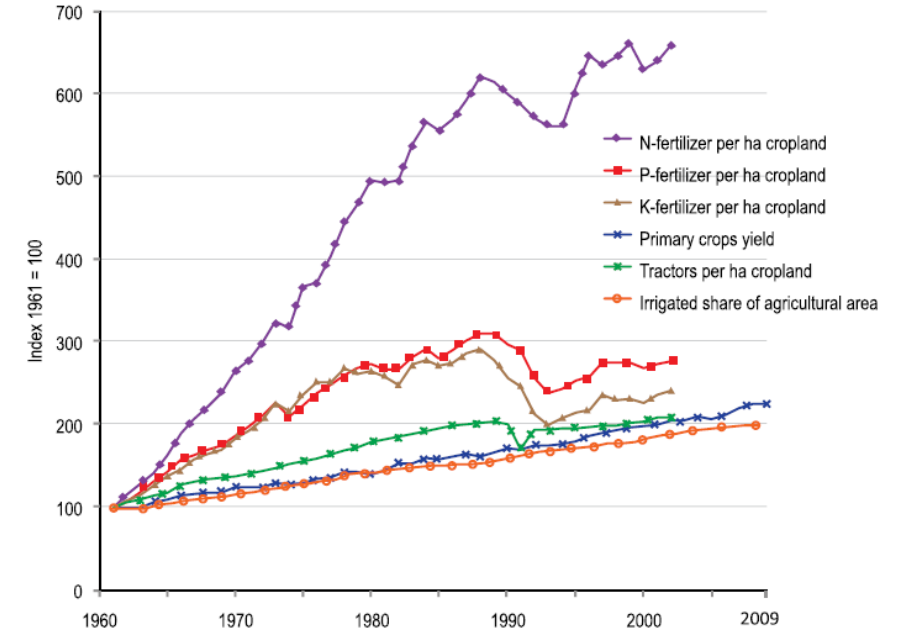


Figure 3. Estimated worldwide annual sales of pesticides (herbicides, insecticides, fungicides, and others in billion dollars; modified from Roser and Ortiz-Ospina 2017).

Carvalho (2017) Food and Energy Security

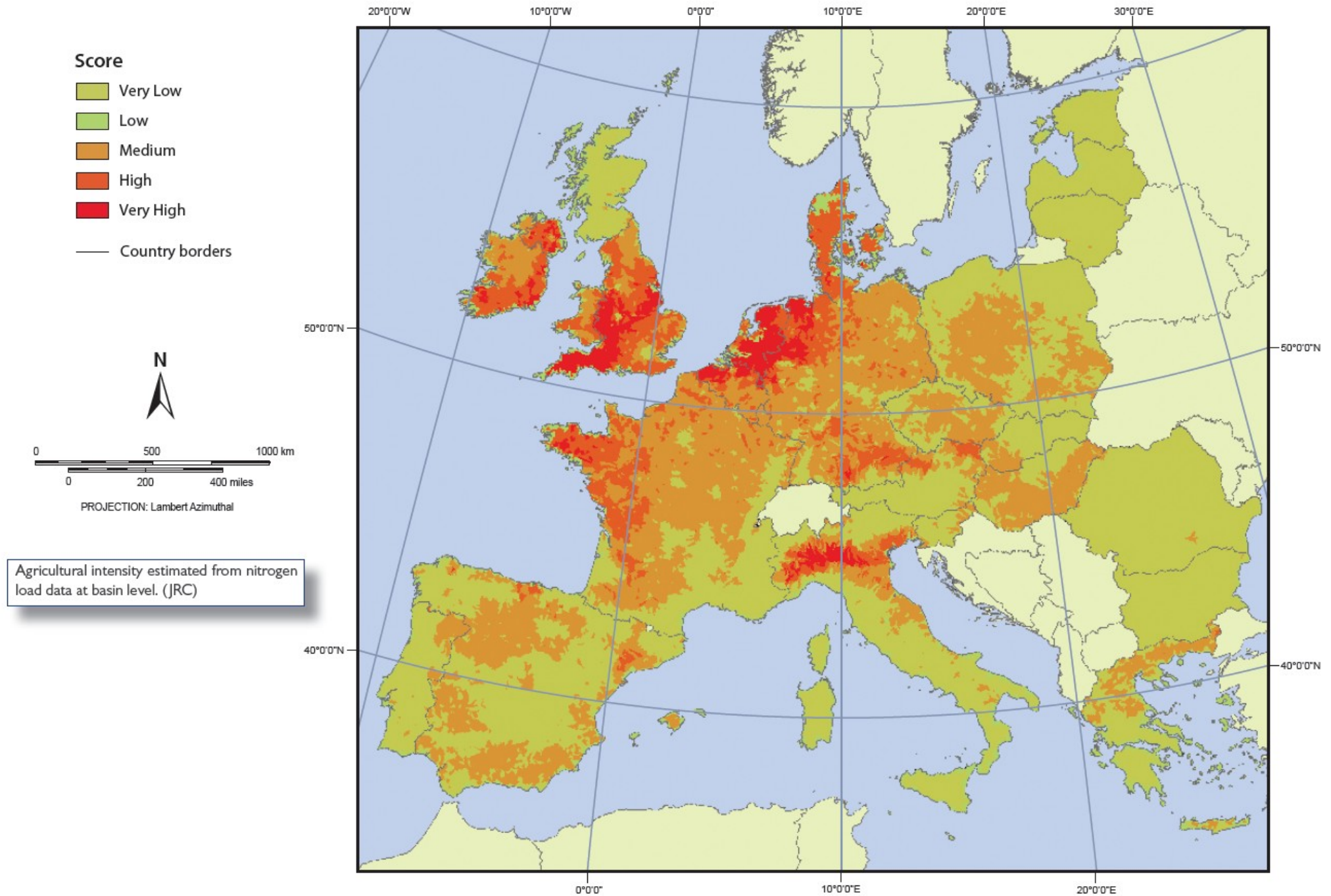


Amundson R. et al. (2015): Soil and human security in the 21st century. Science 348, 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071



UNEP (2014): Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8861>

### 5.3.1 Agricultural Intensity



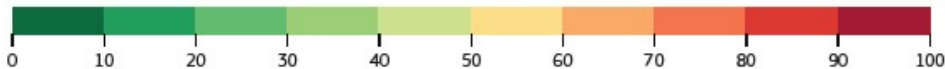
# Odlesňování

cca 13 mil ha/r

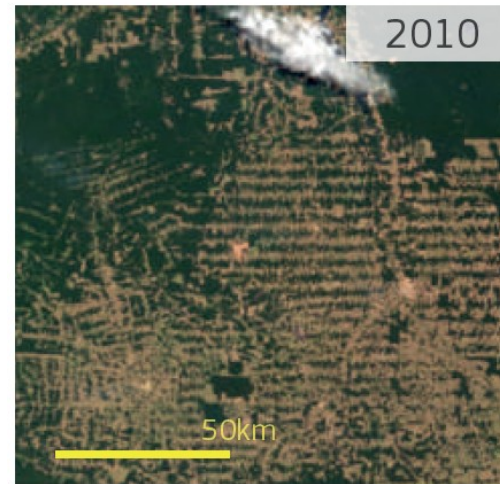
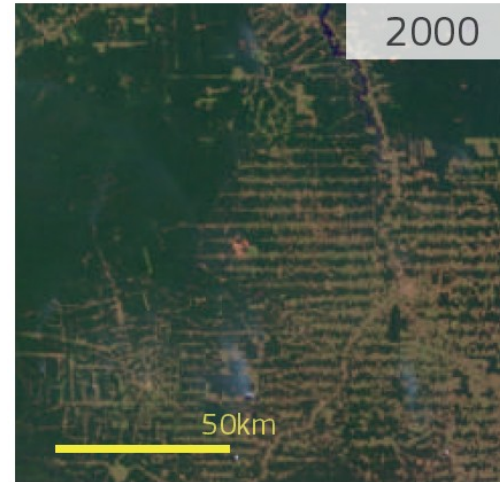
1000 BC

AD 2000

Agricultural and pasture land use (%)

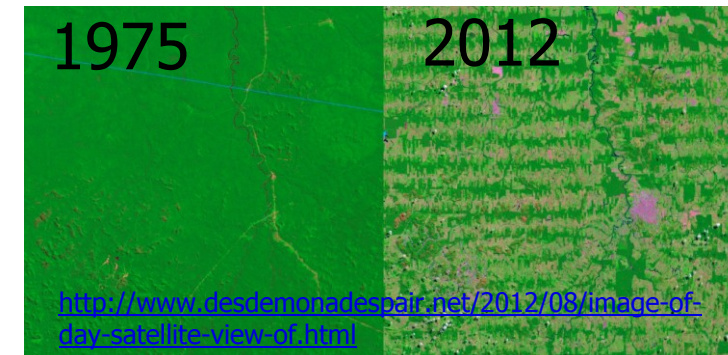


Humans have transformed most of the terrestrial biosphere into anthropogenic biomes (known as anthromes), resulting in novel ecological patterns and processes. This change has had a profound impact on soils and on the organisms living within them. The above maps, from the KK10 dataset of anthropogenic land cover change over the past 8 000 years, show the extent of change in natural vegetation over the past three millennia (see page 17 for comparison with current land cover conditions). These data show that trends differ dramatically between biomes, with temperate woodlands showing the most intensive and sustained development. Savannahs, shrublands and temperate grasslands show dramatic recent increases in changes while cold boreal woodlands and tundra show little change. While some studies suggest that 50 % of the terrestrial biosphere was transformed by human activities around the 18<sup>th</sup> century, interestingly, the KK10 model shows that this may have already happened almost 2 000 years earlier. Current conservative estimates indicate that 75 % of all terrestrial habitats have now been affected by human activity, 30 % of which have been transformed into anthromes. A further third are now managed rangelands and semi-natural habitats. Current rates of change in some parts of the world are greater than ever, resulting in unprecedented losses of biodiversity and related ecosystem processes (derived from Kaplan *et al.*, The Holocene, 2010). (JK) [17]



The state of Rondônia in western Brazil is one of the most deforested parts of the Amazon. This pair of satellite images from the MODIS sensor on NASA's Terra satellite shows the same area in the years 2000 and 2012. On both images, intact forest is deep green, while cleared areas and bare ground are tan (bare ground) or light green (crops, pasture, or occasionally, second-growth forest). Over 12 years, roads and clearings have pushed west from the town of Buritis toward the Rio Jaciparaná River. In this interval, the deforested area along the road to Nova Mamoré has expanded northwards all the way to the BR-346 highway.

Such time series images show that deforestation follows a fairly predictable pattern. The first clearings that appear in the forest show a typical fishbone pattern along the edges of roads. Over time, the fishbones collapse into a mixture of forest remnants, cleared areas and settlements. This reflects the establishment of legal and illegal roads into a remote part of the forest, followed by small farmers who claim land along the road and clear some of it for crops. Within a few years, heavy rains and erosion deplete the soil, causing crop yields to fail. Farmers then convert the degraded arable land to pasture and clear more forest for crops. Eventually, these small farmers either sell or abandon their land to large cattle holders, who consolidate the plots into large areas of pasture. (NASA) [19]



JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>

<http://www.desdemonadespair.net/2012/08/image-of-day-satellite-view-of.html>

# Intenzifikace zemědělství

- produkce potravin je nejrozsáhlejší lidské využití půdy (50% obyvatelného povrchu Země)
- globální obdělávaná půda narostla mezi 1984-2015 o 23%
- globální produkce se zvýšila o 87% !!
- dopady na ŽP, půdu, biodiverzitu

## Pozn.:

- produkce dobytka je 77% zemědělské půdy ale dodává jen 17% dietní potřeby energie a jen 33% dietní potřeby bílkovin lidstva
- 80% zemědělské půdy pro dobytek je využíváno ne-efektivně !!!

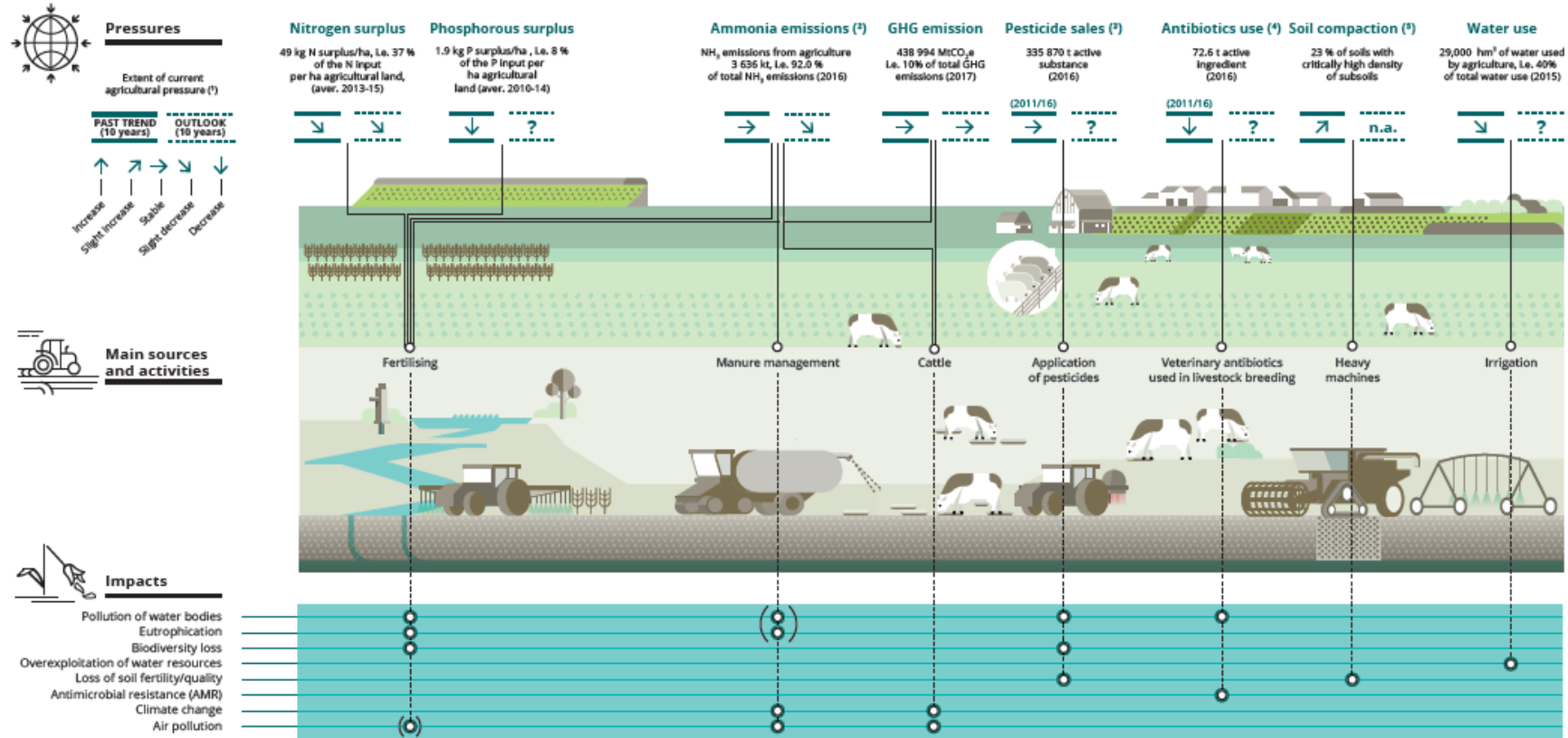
Land intensification	Sector	Distribution	Major environmental consequence	Knowledge gap
Cropping intensification	Harvest frequency	Globally	Soil quality and resilience	Ecosystem service
	Continuing monoculture	Developing and transition countries	Soil health, pesticide residue	Biological resilience
Nutrient intensification	Over fertilization	Developing countries	Soil acidification, water pollution, N <sub>2</sub> O emission and nitrate accumulation	Rate reducing versus balancing?
Irrigation	Submerged Rice	Developing countries, Asia	Water scarcity, methane emission	Trade-offs C and water,
	Dry crops	Arid/semi-arid regions	Secondary salinization, water scarcity	Competition for water
Livestock intensification	Over grazing	Developing countries	Soil degradation, water storage, C loss	Forage versus feed crops?
	Industrial breeding	Industrialized countries	Waste, water pollution, residue of veterinary medicine and antibiotics	Safe waste treatment and recycling
Forest clearance, wetlands drainage	Deforestation, wetland shrink	Developing and transition countries	Biodiversity, natural wealth, C loss	Agro-benefit versus natural value

Table 4.2 Threats to soil resource quality and functioning under agricultural intensification



# Intenzifikace zemědělství

Agriculture has multiple impacts on the environment, climate and human health. This figure presents selected agricultural activities and their related environmental pressures and impacts. Unsustainable farming practices lead to pollution of soil, water, air and food and over-exploitation of natural resources. Past trends and outlooks show a mixed picture regarding the environmental sustainability of the agriculture sector.



**Notes:**

(<sup>1</sup>) If not stated otherwise, the assessment period for past trends is around 10 years, and the outlooks are provided for the year 2030. Trends are classified as 'stable' if changes are not larger than ± 1 %, as 'slightly increasing/decreasing', if changes are smaller than +/- 5 %, as 'increasing/ decreasing' if changes are larger than 5 %. For the outlooks projections are referring to scenarios with existing policy measures.

(<sup>2</sup>) Data for 2017 for 27 MS.

(<sup>3</sup>) Data for 16 Member States.

(<sup>4</sup>) Data for 25 Member States (past trend), data for 27 Member States (outlook).

(<sup>5</sup>) Based on expert assessment.

**Nitrogen surplus**  
Agriculture is the main user of nitrogen (N) globally. Over-use of N fertilisers causes eutrophication of aquatic and terrestrial ecosystems (Chapter 4, 6 and 14).

**Phosphorous surplus**  
If more phosphorus (P) fertiliser is applied than taken up by plants, it may result in pollution of e.g. ground and freshwater and cause eutrophication (Chapter 4).

**Ammonia emissions**  
Ammonia (NH<sub>3</sub>) emissions from e.g. manure management result in air pollution and can bring harm to sensitive ecosystems (Chapter 8).

**GHG emission**  
GHG emissions from e.g. livestock farming, agricultural land, fertilizer use and enteric fermentation contribute to climate change (Chapter 7).

**Pesticide sales**  
Agriculture is the main user of pesticides in most countries. Pesticides have been linked to impacts on biodiversity and human health (Chapter 10).

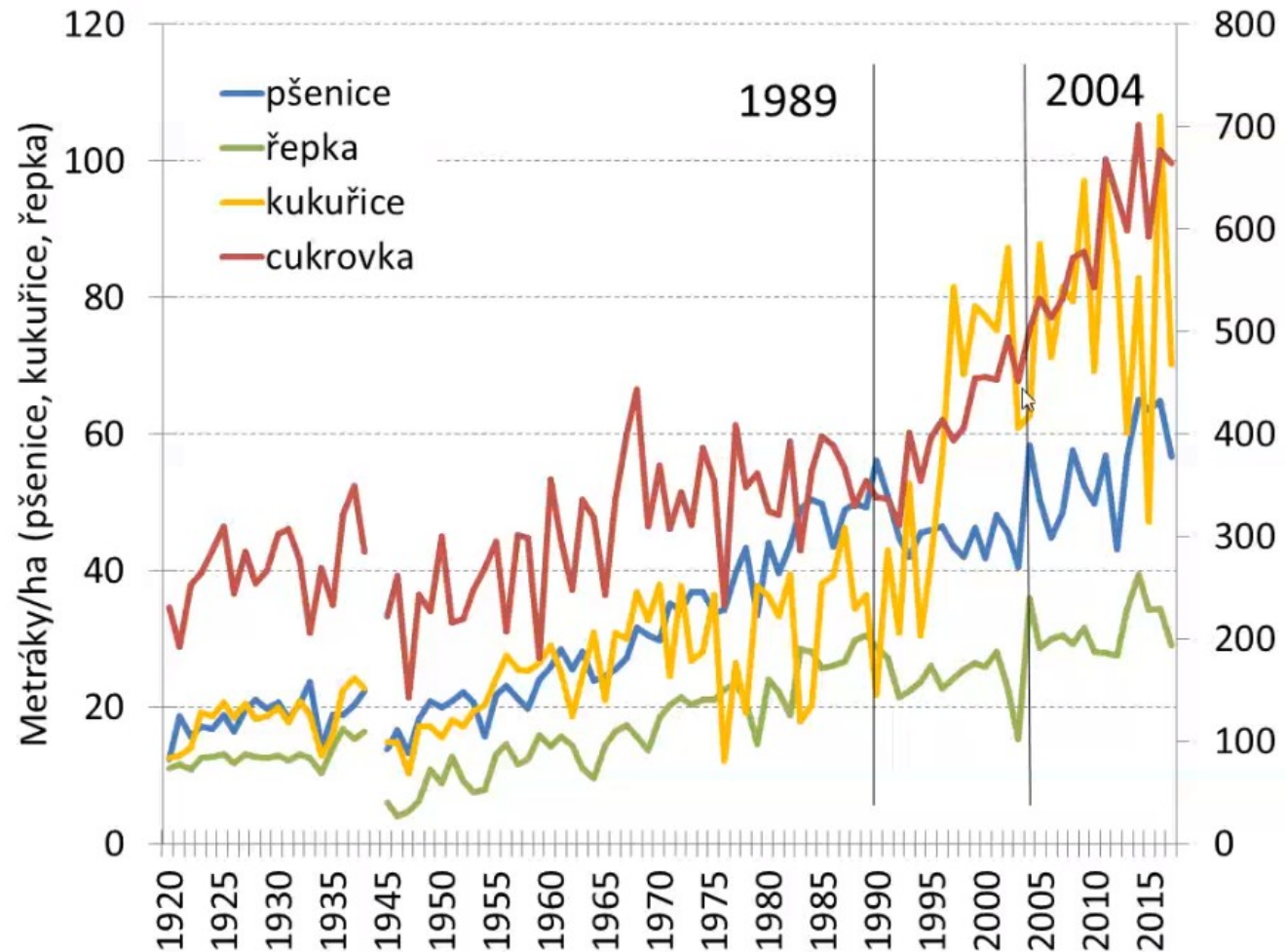
**Antibiotics use**  
Sold veterinary antibiotics are mainly used in animal breeding. Over use and untailed use (Chapter 10) may cause Antimicrobial resistance (AMR).

**Soil compaction**  
Soil compaction may cause loss of soil fertility and reduce the capacity of soils to retain water and store carbon (Chapter 5).

**Water use**  
Agriculture is a main user of freshwater resources. Overexploitation may lead to decreasing groundwater levels, salt water intrusion and loss of wetlands (Chapter 4).

# Intenzifikace zemědělství

## Výnosy zemědělských plodin 1920-2017



# Degradace půdy v EU

- Díky **záborům** půdy se v EU ztrácí až 275 ha půdy denně.
- Plocha postižená vodní **erozí** se odhaduje na 105 mil. ha, což je 16 % plochy Evropy (bez Ruska). Plocha 42 mil. ha je postižena erozí větrnou.
- Přestože modely na základě znečištění ovzduší přepokládaly za posledních 20 let zlepšení **acidifikace** půdy, nedávná měření ukázala, že až čtvrtina sledovaných ploch lesních půd stále podléhá acidifikaci.
- Půda v EU **sekvestruje** asi 79 mld. tun uhlíku, přičemž část tohoto množství se může po nevhodných zásazích uvolnit do atmosféry za přispění ke skleníkovému efektu.
- Až 45 % půd v EU je považováno za půdy s nízkým či velmi nízkým obsahem **organického uhlíku** (0 – 2 %) a 45 % má střední obsah (2 – 6 %).
- Až 36 % půdy v EU je ohroženo či silně ohroženo **kompakcí**.
- Překvapivě až 14 mil. ha půdy v EU je ohroženo **desertifikací** (zejména jižní Evropa, Portugalsko, Španělsko, Sicílie, Řecko, Bulharsko).
- **Zasolení**, zejména v důsledku špatného hospodaření na zavlažované půdě, je problémem na 3,8 mil. ha půdy.
- + kontaminace – viz dále

EEA and JRC (2010): The European environment – state and outlook 2010. Soil. European Environmental Agency and Joint Research Centre. ISBN 9789292131579.

<https://www.eea.europa.eu/soer/2010/synthesis/synthesis>

European Commission (2012): The implementation of the Soil Thematic Strategy and ongoing activities. COM (2012)046. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52012DC0046>

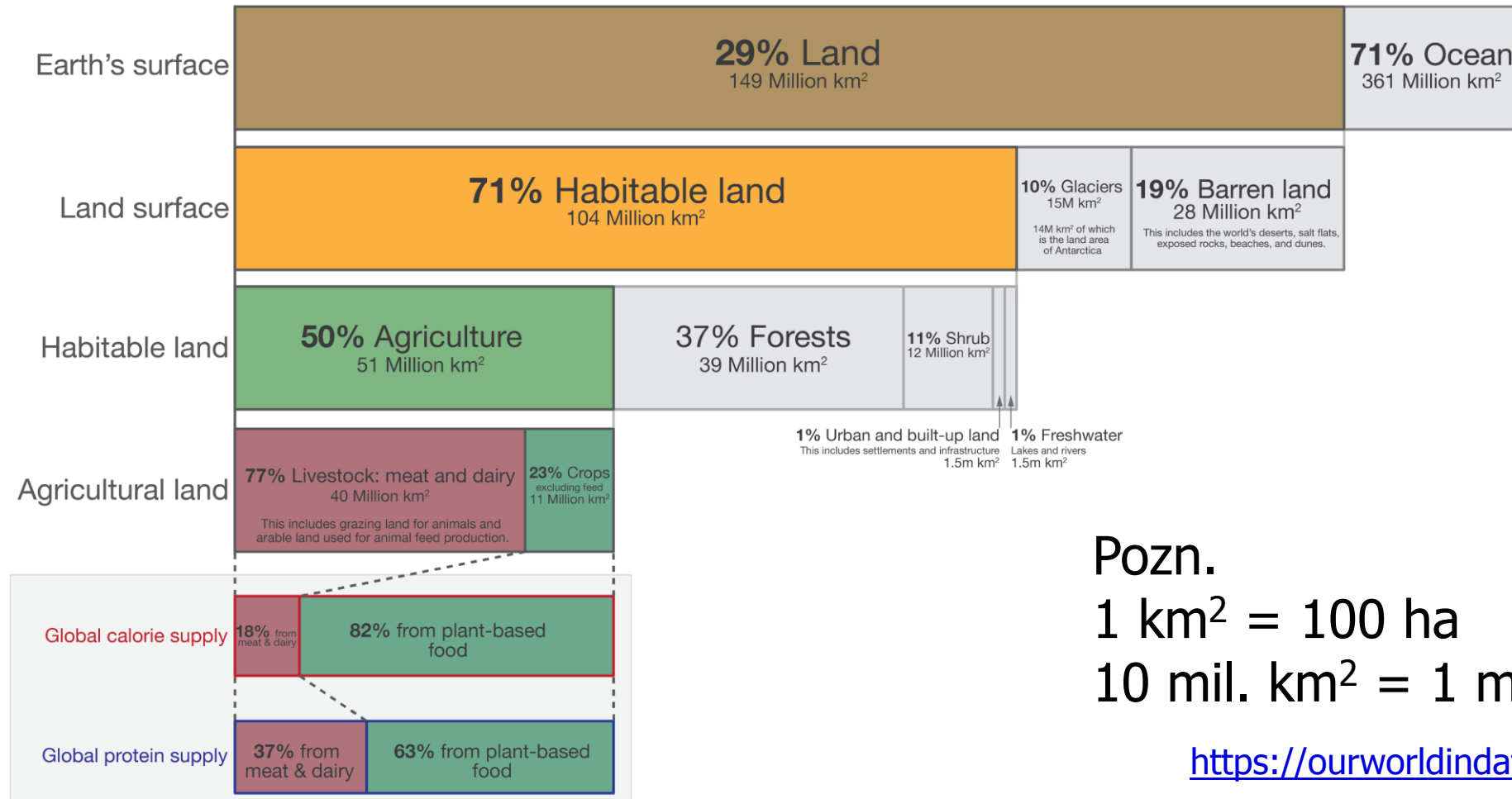
# Degradace půdy v ČR

- vodní **erozí** potenciálně ohroženo 54 % zemědělské půdy
- větrnou erozí 18 % zemědělské půdy
- ztráta půdy erozí kolem 21 milionů tun ornice za rok - ztráty nejméně 4,2 mld Kč
- ročně ztrácíme kolem 4500 ha zemědělské půdy, to znamená denně průměrně 12,5 ha
  
- pokles obsahu **organické hmoty** v půdách, způsobený nedostatkem organických statkových hnojiv a erozí
- téměř 50 % půd se týká problém **utužení** (zhutnění)
- pokračuje **okyselování půd** (pokles pH) – až 40% půdy
- v ČR způsobuje degradace půd ročně škody 4 – 10 mld. Kč: ztráta ornice, ztráta bonity půdy, snížení výnosů, zanášení toků, škody na majetku atd.

**Plošné a ekonomické rozsahy degradace půd, food security/safety, prognózy**

# Globální degradace půdy

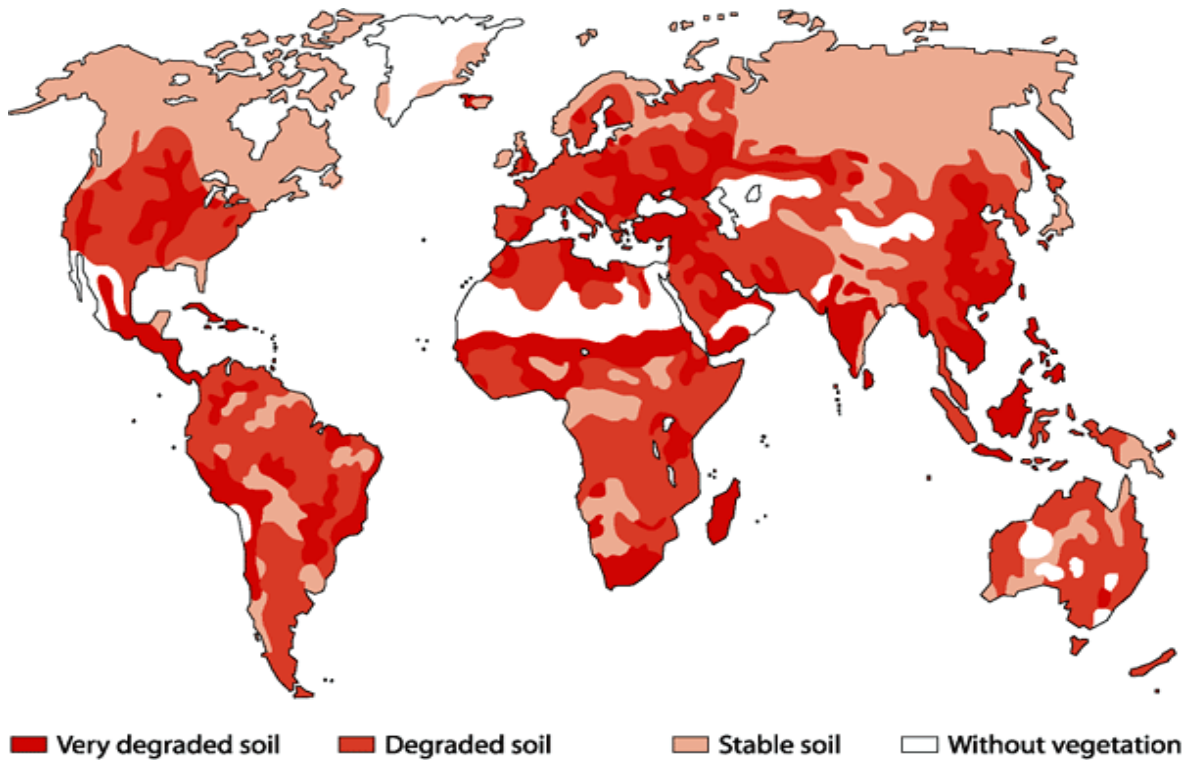
## Global land use for food production



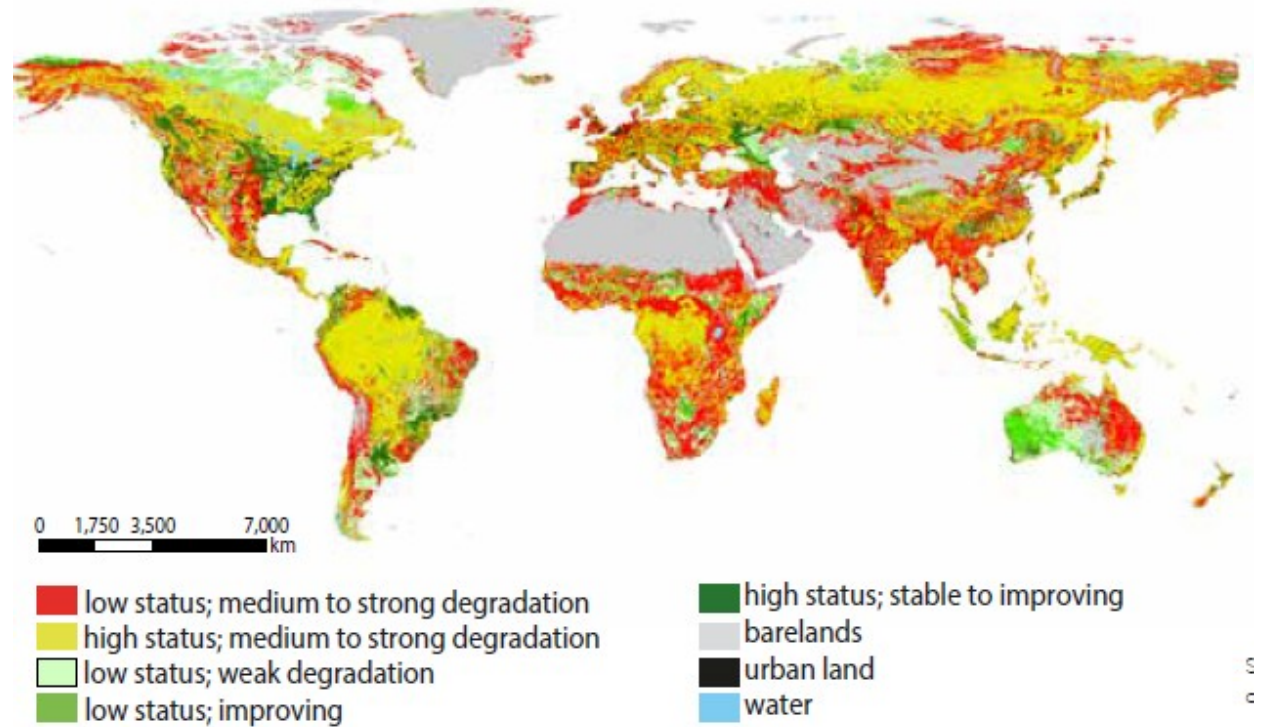
Pozn.  
 1 km<sup>2</sup> = 100 ha  
 10 mil. km<sup>2</sup> = 1 mld. ha

<https://ourworldindata.org/land-use>

# Globální degradace půdy



Oldeman L.R. (1994): The global extent of land degradation. In Greenland D.J., Szabolcs I. (eds.): Land resilience and sustainable land use. p. 99–118. Wallingford: CABI



UNEP (2014): Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8861>

# Globální degradace půdy

Table 3.2. Estimates of soil degradation by Glasod methodology

Degradation Process	Area Affected (10 <sup>6</sup> ha)			Total
	Light	Moderate	Strong + Extreme	
Water Erosion	343	527	224	1 094
Wind Erosion	268	254	26	548
Chemical degradation	93	104	43	240
Loss of nutrients	52	63	20	135
Salinisation	35	20	21	76
Pollution	4	17	1	22
Acidification	2	3	1	6
Physical degradation	44	27	12	83
<b>Total</b>	<b>749</b>	<b>911</b>	<b>305</b>	<b>1 965</b>

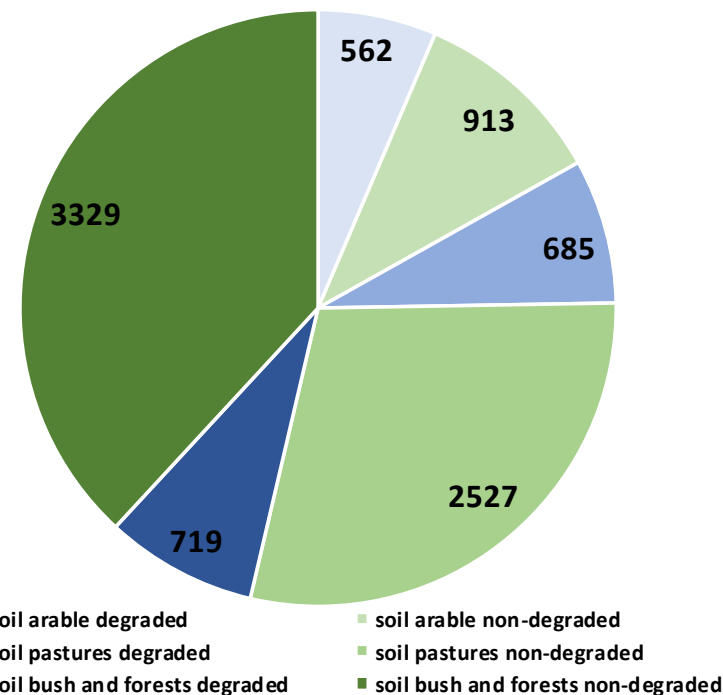
Source: Oldeman (1994).

Table 3.3. Continental distribution of soil degradation by Glasod methodology

Region	Area Affected (10 <sup>6</sup> ha)				Total
	Water Erosion	Wind Erosion	Chemical degradation	Physical degradation	
Africa	227	186	62	19	494
Asia	441	222	74	12	749
South America	123	42	70	8	243
Central America	46	5	7	5	63
North America	60	35	-	1	96
Europe	114	42	26	36	218
Oceania	83	16	1	2	102
<b>Total</b>	<b>1 094</b>	<b>548</b>	<b>240</b>	<b>83</b>	<b>1 965</b>

Source: Oldeman (1994).

OECD (2010): Challenges for Agricultural research. Chapter 3. Global Soil Resource Base: Degradation and Loss to Other Uses. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090101-en>



- svět: 8,7 mld. ha půdy – 58 % plochy souše
- **degradací postiženo až 2 mld. ha, tj. 13 % souše**
- 1,5 mld. ha – orná půda – degradováno 38%
- 3,2 mld. ha – trvalé pastviny – degradováno 21%
- tj. až 20 – 40 % zemědělských půd světa degradováno
- 4 mld. ha - lesy a křoviny - degradováno 18%

UNEP (2002): Global Environment Outlook 3. Past, present and future perspectives. United Nations Environmental Programme. ISBN 9280720872

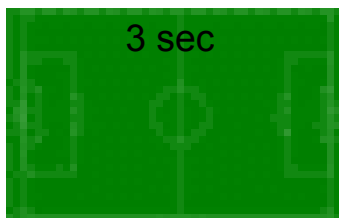


# Globální degradace půdy

Za jaký časový úsek přijdeme o úrodnou půdu o velikosti fotbalového hřiště?



# Globální degradace půdy



ztráta půdy  
konzervativní odhad dle FAO  
2015  
(pouze eroze a zábory)



rychlost ztrát půdy (10 Mha/r) výrazně (5-57x, AU-CN) převyšuje její tvorbu/obnovu

**→ za sto let na světě pravděpodobně nebude žádná zemědělská půda !!**

*total crop yield losses to 2050 - equivalent to removing 150 Mha from crop production – corresponds to all arable land in India*

# Food security

## Úbytek úrodné půdy / obyvatele rychle klesá:

1. nárůst světové populace (cca 70 mil ročně) → 9.2 mld v 2050
2. degradace dostupných půd → pokles jejich produkční kapacity či rozlohy
3. zábory kvalitní půdy pro jiné účely

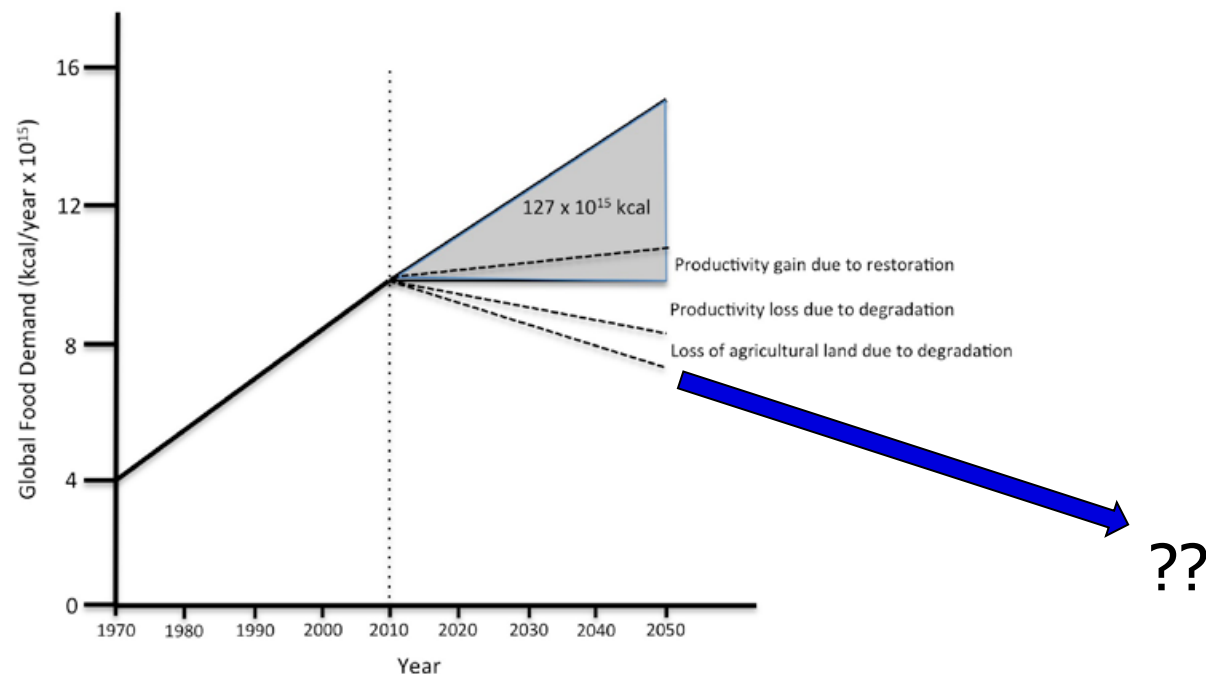
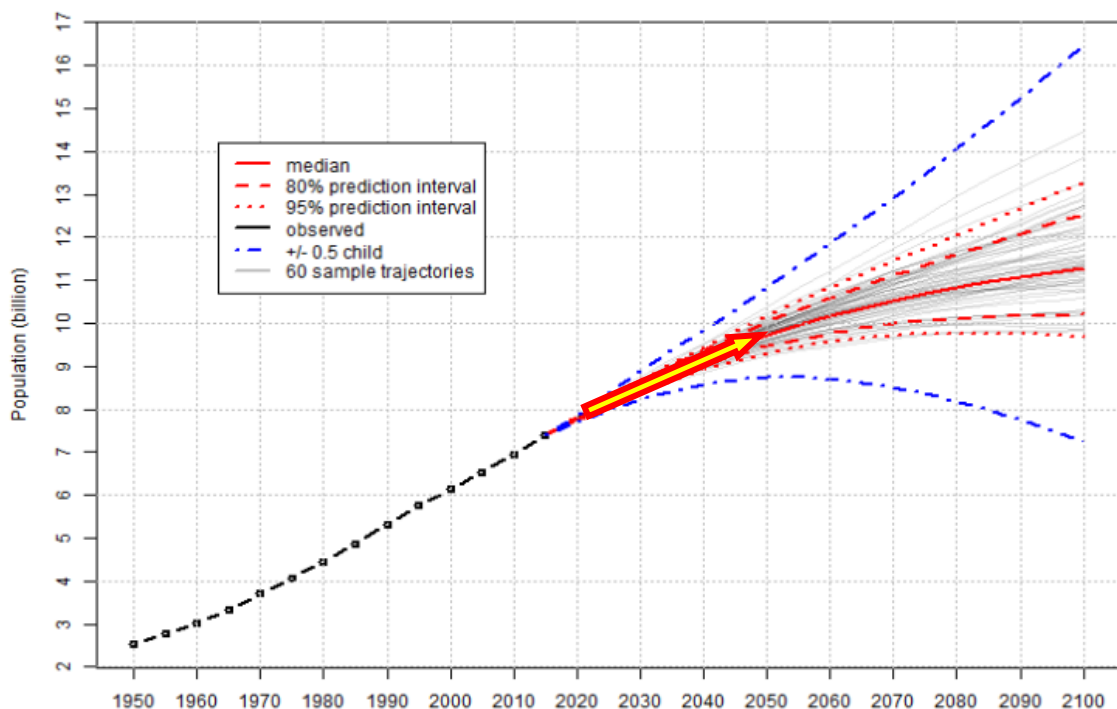
## → obavy z nedostatku potravin = food security

Spolu s růstem světové populace, který znamená, že v roce 2050 potřeba potravin vzroste o 50%, ale bude o 20-30% méně úrodné půdy, je zřejmé, že čelíme opravdu velkému problému.



<http://www.fao.org/soils-2015/en>

# Food security



**Do roku 2050 musíme globálně zvýšit produkci potravin o 50-60% a v rozvojových zemích o 100% jen na pokrytí potřeby potravin (úbytek půdy není započítán)**

# Food security

Figure 3.1 Agricultural and forest land use 1961-2013

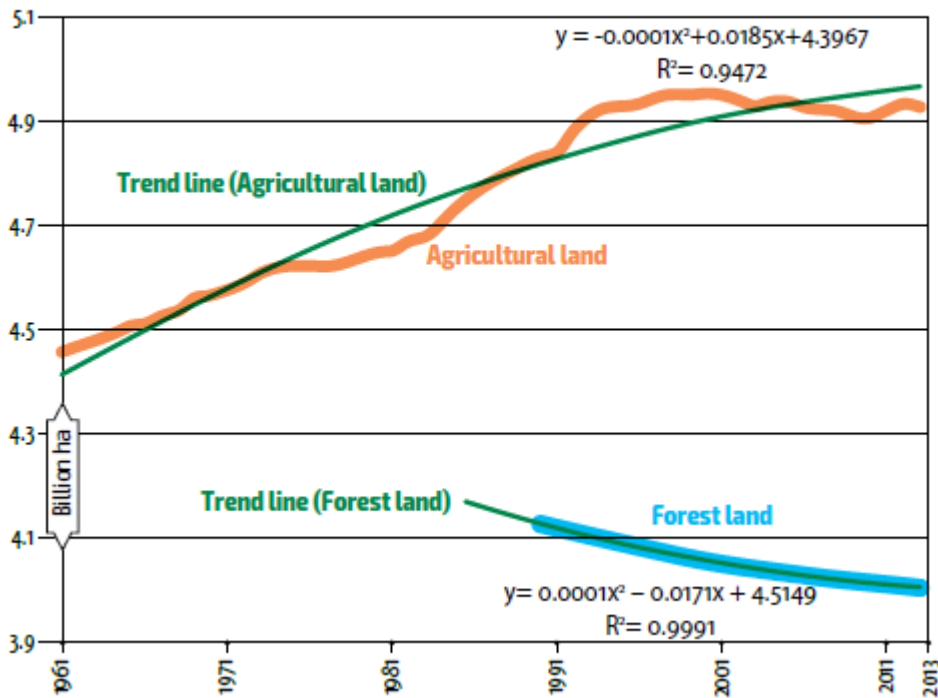
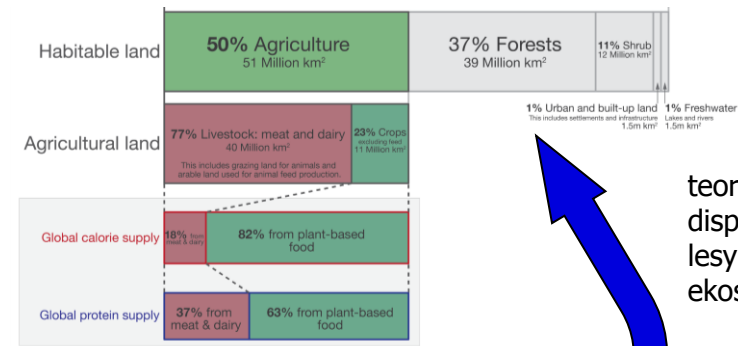
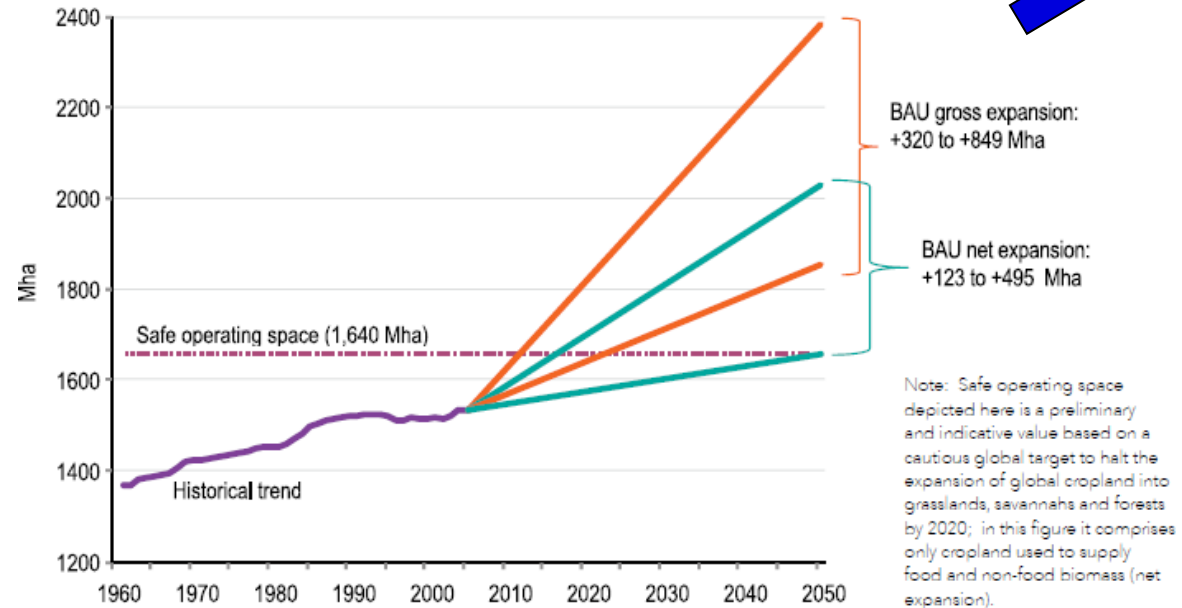


Figure 9 Expansion of global cropland under business-as-usual conditions: overshoot of safe operating space



teor. 5000 Mha k dispozici (všechny lesy a ostatní ekosystémy)

Under business-as-usual conditions until 2050, the expected range of cropland expansion would overshoot the safe operating space in all cases.

# Food security

## GEO-6

- „Current trends, based on technological optimism, improved seeds, machinery and fertilizers, **are not likely to supply future demands for food, energy, timber and other ecosystem services and values** taking into consideration even moderate projections for land-resource availability...
- By 2050, the world needs to produce **at least 50 per cent more food** to feed the projected global population of 10 billion people ...
- Current land management **cannot achieve this while preserving ecosystem services, the loss of natural capital, combating climate change, addressing energy and water security, and promoting gender and social equality ...“**

# Food safety

= bezpečnost potravin – kvalita potravin, nepřítomnost reziduí toxických látek

- <https://www.efsa.europa.eu/>
- [https://ec.europa.eu/food/overview\\_en](https://ec.europa.eu/food/overview_en)
- <https://bezpecnostpotravin.cz/>

# **Dopady degradace půdy**



# Důsledky negativních vlivů na půdu

## Důsledky:

- narušení funkcí půdy, úbytek diverzity, ztráta úrodnosti
- narušení koloběhu živin, omezení využití půdy
- horší odbourávání kontaminujících látek
- dopad na kvalitu vody, ovzduší, potravních řetězců
- dopad na změny klimatu (v půdách EU je 80 mld. tun C)
- pokles kvality primární produkce
- rizika pro člověka a ekosystémy
- a samozřejmě i **ekonomické důsledky**

Díky tomu, že je půda velmi komplexní, **narušení jedné složky, má vliv na půdu jako celek = celková degradace půdy**

# Impact Assessment Report

- vyčíslení škod v EU-25 způsobených degradačními faktory (v těchto škodách nejsou zahrnuty škody na ekologických funkcích půdy)

Eroze	€0.7 – 14 mld
Ztráty organické hmoty	€3.4 – 5.6 mld
Zhutnění	Odhad není možný
Salinizace	€158 – 321 million
Sesuvy	až €1.2 mld na jeden případ
Kontaminace	€2.4 – 17.3 mld
Zábory	Odhad není možný
Ztráty na biodiverzitě	Odhad není možný

European Commission (2006c): Commission staff working document accompanying the communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Thematic strategy for soil protection. **Impact assessment of the thematic strategy on soil protection**. SEC (2006) 260. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52006SC0620>

- tedy celkové náklady až 38 mld. ročně
- GEO6**: globální roční ztráty na ekosystémových službách díky půdní degradaci 6300-10600 mld dolarů

# Ekonomické náklady degradace půd

	Costs borne by land users	Costs borne by society
<b>Contamination</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>land property depreciation</li> <li>insurance costs</li> <li>exposure protection measures for workers operating on industrial sites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>increased health care for people affected by contamination</li> <li>treatment of surface water, groundwater or drinking water contaminated through the soil</li> <li>increased food safety controls</li> </ul>
<b>Erosion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fertility and crop yield losses</li> <li>property and flood damage</li> <li>economic effects due to erosion-induced income losses (e.g. tourism, land abandonment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>removal, treatment and disposal of (contaminated) sediments down stream</li> <li>infrastructure damage (roads and water supply)</li> <li>necessary treatment of water</li> <li>property and flood damage</li> <li>economic effects due to erosion-induced income losses (e.g. tourism, land abandonment)</li> </ul>
<b>Organic matter decline</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fertility and crop yield losses</li> <li>higher production costs (due to the need for increased irrigation and soil amendments)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>costs of increased release of greenhouse gases from soil</li> <li>costs of necessary treatment of water (surface, groundwater)</li> <li>costs from flood damage</li> </ul>
<b>Salinisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fertility and crop yield losses</li> <li>economic effects due to erosion-induced income losses (e.g. tourism, land abandonment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>costs due to damage to transport infrastructure from shallow saline groundwater</li> <li>costs from damage to water supply infrastructure</li> <li>economic effects of erosion-induced income losses (e.g. tourism, land abandonment)</li> </ul>
<b>Landslides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fertility and crop yield losses</li> <li>costs of contamination from broken underground pipelines and tanks containing chemicals</li> <li>damage to property and infrastructure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>loss of human life and well-being</li> <li>damage to property and infrastructure</li> <li>indirect negative effects on economic activities, e.g. of blocked transport routes</li> <li>costs of contamination from broken underground pipelines and tanks containing chemicals</li> </ul>

Losses over 1 tonne/ha/year are considered irreversible - and 54 million ha in the EU are at risk of losing soil above this rate

Losses have been estimated at €10-90/ha/y

Cost of medical monitoring of the population near a single industrial site may be as much as €500,000, likely to be repeated every 5 years, while significant health risks remain.

Costs may amount to €30/tonne of dredged sediment, including treatment.

The harbour of Rotterdam alone needs to dredge 30 million tonnes of sediment each year to be able to continue to operate.

Carbon content of soil in England and Wales fell steadily from 1978 to 2003: some 13 million tonnes of carbon were released each year, much of it to the atmosphere, offsetting the UK's achievements in reducing CO2 emissions. The value of 1 tonne of carbon saved is about €19.65 (at current emission trade prices).

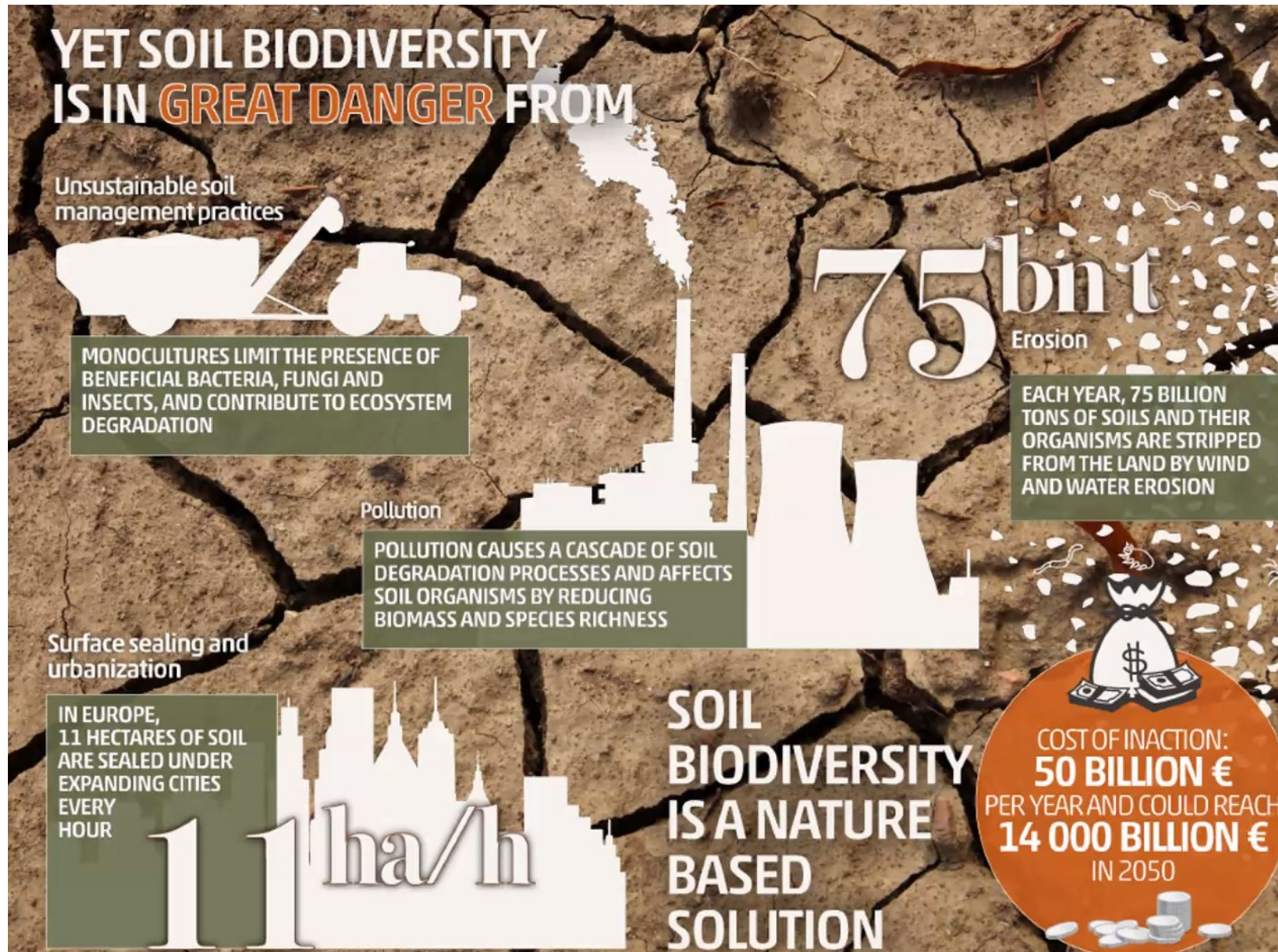
5,939 deaths in Italy during the last century

€1-2 billion per year in Italy. 13,760km<sup>2</sup> (4.5% of the national territory) are at high or very high risk of landslides.

In just one Italian region (Emilia Romagna), up to 3,300 km of roads and railways are subject to active landslides.



# Dopady degradace půd na půdní biotu



FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Dopady degradace půd na půdní biotu

**Deforestation**  
drivers and effects on soils

- Land use change
- Loss of SOM and nutrients.
- Changes in soil physical properties.
- Disruption of suitable habitat.
- Changes in pH.

**Impacts on soil biodiversity**

- Loss of specialist species and increase in generalist taxa.
- Decrease in predator species.
- Reduced soil and functional diversity.
- Recovery could take decades.

**Agricultural intensification**  
drivers and effects on soils

- Greater use of external inputs (pesticides, fertilizers) and more soil disturbance.
- Greater risk of soil erosion, contamination, land degradation, compaction and salinization.
- Alteration of hydrological and biogeochemical cycles.
- Disturbance of soil structure.
- Loss of SOM.

**Impacts on soil biodiversity**

- Decrease in soil biodiversity.
- Smaller and less complex belowground food webs.
- Recovery of soil communities may take years or decades.
- Less efficient and functional soil food webs.
- Loss of soil carbon and nutrients through leaching.

**Nutrient imbalances**  
drivers and effects on soils

- Change in the availability of essential nutrients.
- Excessive use of mineral fertilizers.

**Impacts on soil biodiversity**

- Reduces the growth capacity of soil microorganisms.
- Reduces nutrient flow through the soil food web.
- Alteration of the nutritional content of primary producers and litter inputs.

**Acidification**  
drivers and effects on soils

- Inadequate fertilization.
- Pollutants.
- Changes in plant community composition.
- Changes in solubility of multiple elements in soils.

**Impacts on soil biodiversity**

- Alteration of the environment where soil organisms thrive.
- Hamper the activity of organisms involved in nitrogen cycling.
- Alteration of belowground food webs.
- Changes in nutrient availability and toxicity for microorganisms.

**Salinization**  
drivers and effects on soils

- Water absorption hampered by changes in chemical and physical soil properties.
- Irrigation with brackish water.
- Salt water intrusion due to aquifer exhaustion.
- Inadequate irrigation practices.

**Impacts on soil biodiversity**

- Ion imbalance and nutrient deficiency decrease microbial functions and biomass.
- Shift in the composition of microbial, micro and mesofaunal communities.

**Pollution**  
drivers and effects on soils

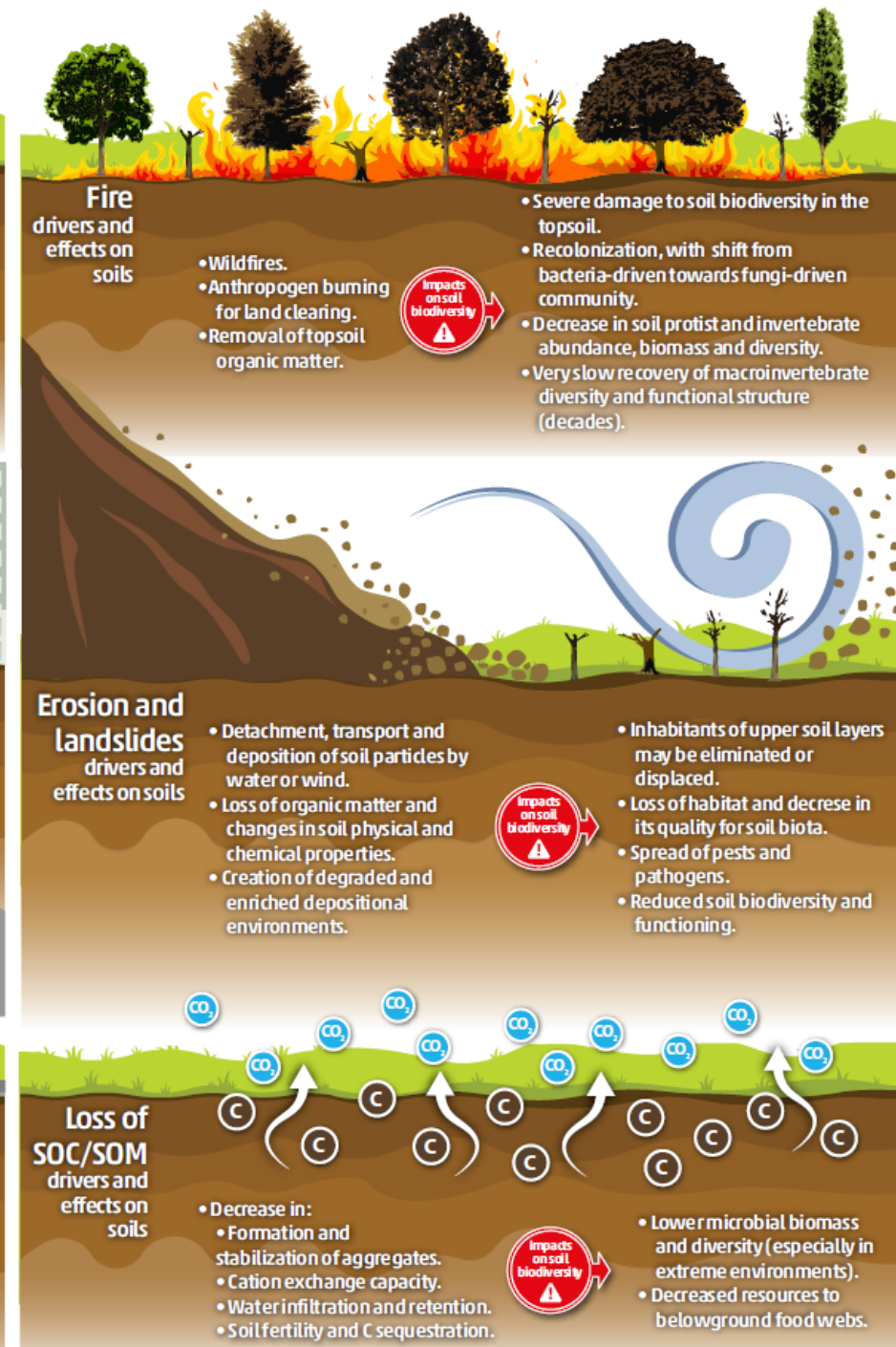
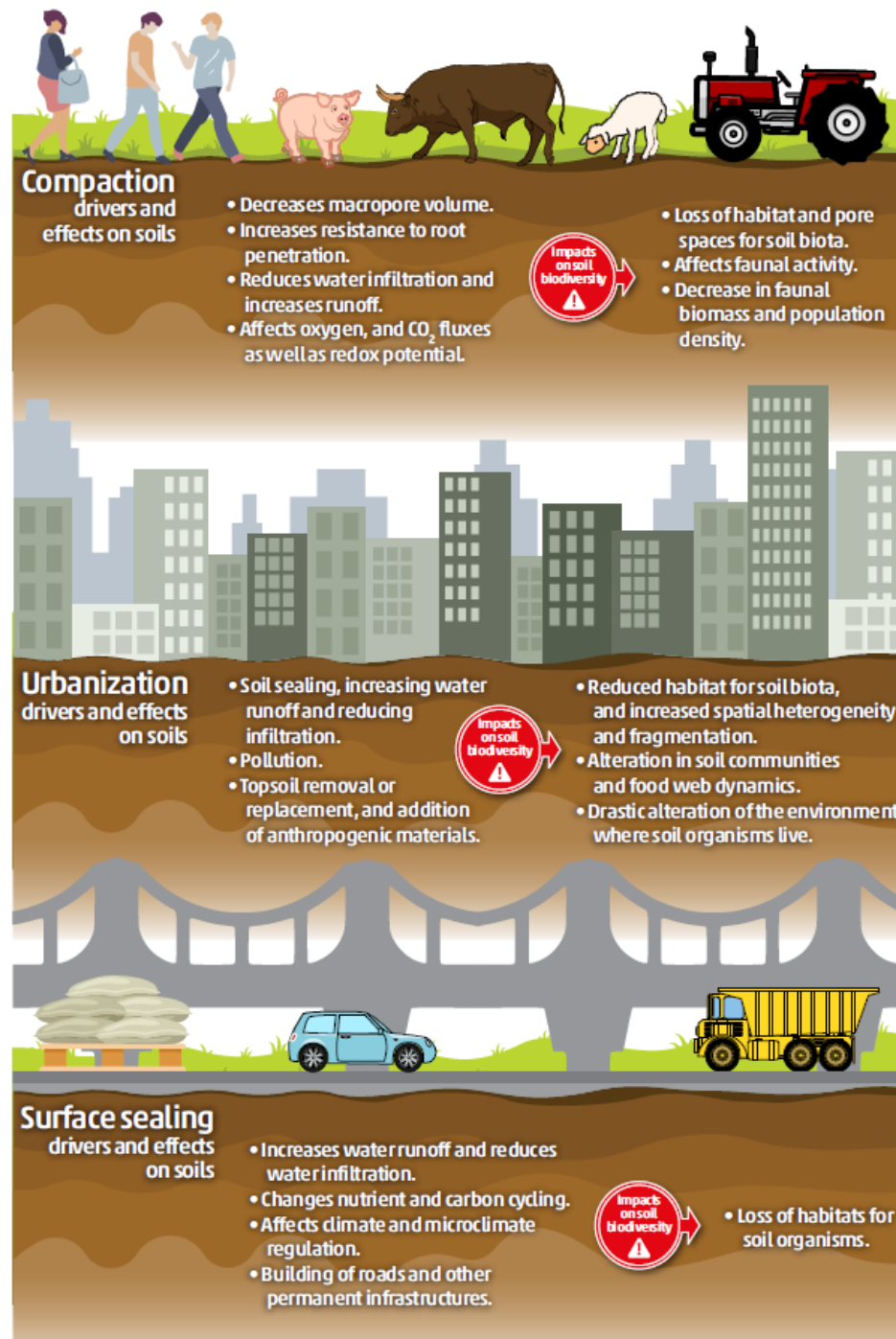
- Microplastics
- Fertilizer application.
- Persistent organic pollutants.
- Biocides and pesticides.
- Waste disposal.

**Impacts on soil biodiversity**

- Acute and chronic toxicity to soil biota.
- Cascading effects from individual species to communities and ecosystem functions.
- Bioaccumulation in the food chain.

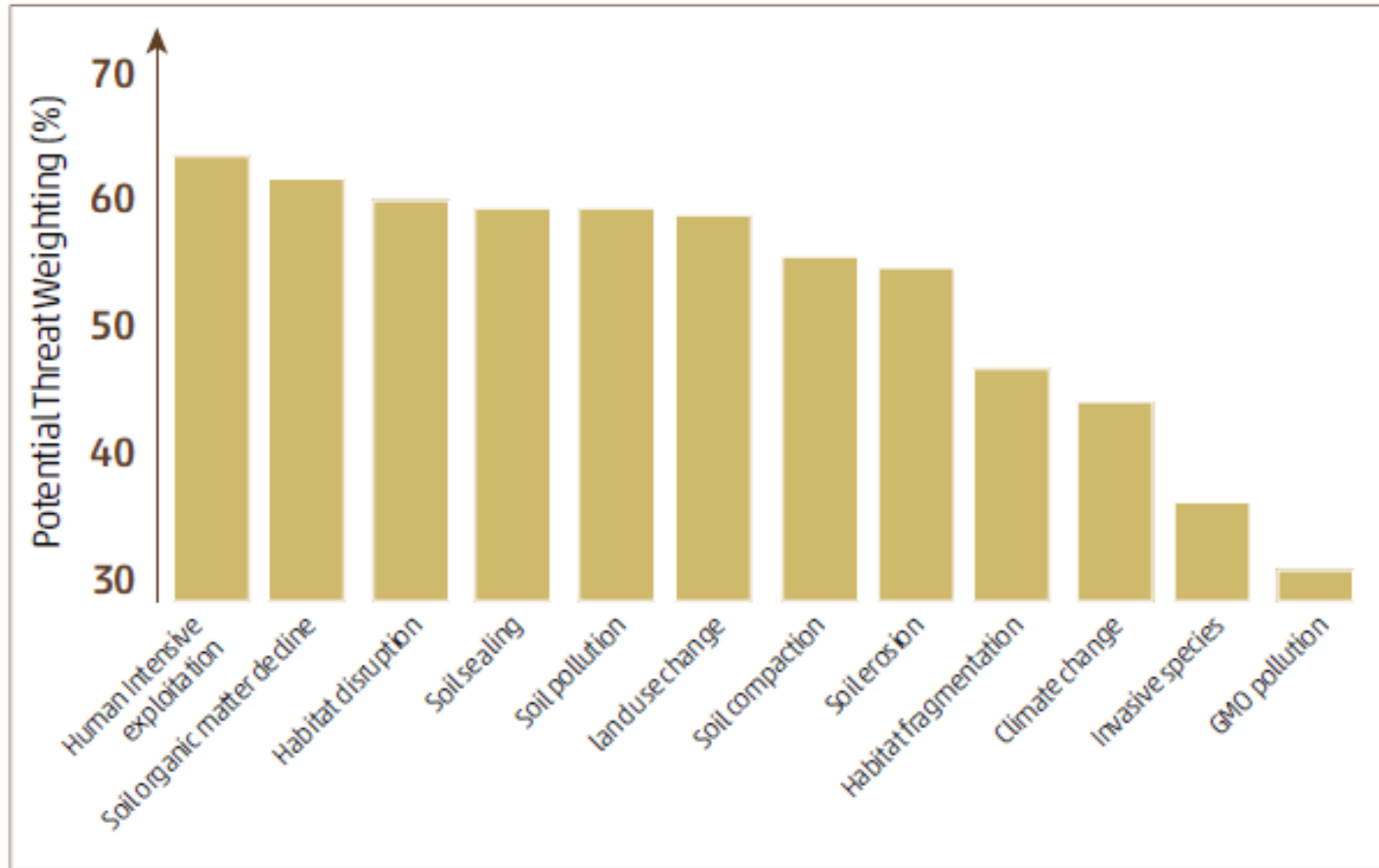
FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Dopady degradace půd na půdní biotu



FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Dopady degradace půd na půdní biotu



**Figure 4.3.3.1 | Importance of threats to soil biodiversity in Europe**

The potential threat weighting given by specialists to a selection of soil threats to soil biodiversity in Europe (after Jefferey *et al.*, 2010).

FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>

# Dopady degradace půd na půdní biotu

Table 4-5: Possible impacts of chemical pollution on soil biodiversity related services, on the basis of its impacts on soil organisms

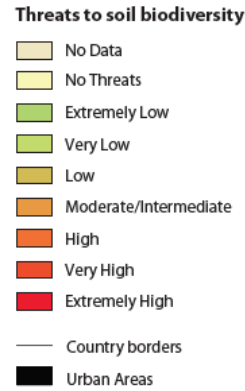
Chemical pollutant	Affected soil organisms	Affected soil function	Affected soil service
Pesticides	Biological regulators, ecosystem engineers	Organic matter decomposition, residue fragmentation	Nutrient cycling, soil fertility
Pesticides	Chemical engineers (microorganisms), biological regulators (micro-fauna)	Mineralisation, immobilisation	Nutrient cycling, soil fertility
Pesticides	Ecosystem engineers	Bioturbation, Soil structure regulation Soil organic matter production	Nutrient cycling, soil fertility, Water regulation
Pesticides	Biological regulators	Population control	Pest control
GM plants	Chemical engineers	Mineralisation, organic matter decomposition	Nutrient cycling, soil fertility
Industrial chemicals (heavy metals)	Chemical engineers		Nutrient cycling, soil fertility
Industrial chemicals (heavy metals)	Biological regulators (Nematodes)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation, regulation predation	Nutrient cycling, soil fertility, pest control, water control, climate control
Industrial chemicals (heavy metals)	Ecosystem engineers (Earthworms)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation	Nutrient cycling, soil fertility; water control
GM plants	Ecosystem engineers (Earthworms)	Soil structure regulation Soil organic matter production and transformation	Nutrient cycling, soil fertility; water control

EC (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers.  
<https://core.ac.uk/display/29245351>



# Dopady

5.2 Map of Soil Biodiversity Potential Threats



Soil biodiversity potential threats have been selected and ranked on the basis of Expert Evaluation, realised on the basis of the Budget Allocation approach. The following threats have been considered in the calculation of the indicator, where data existed:

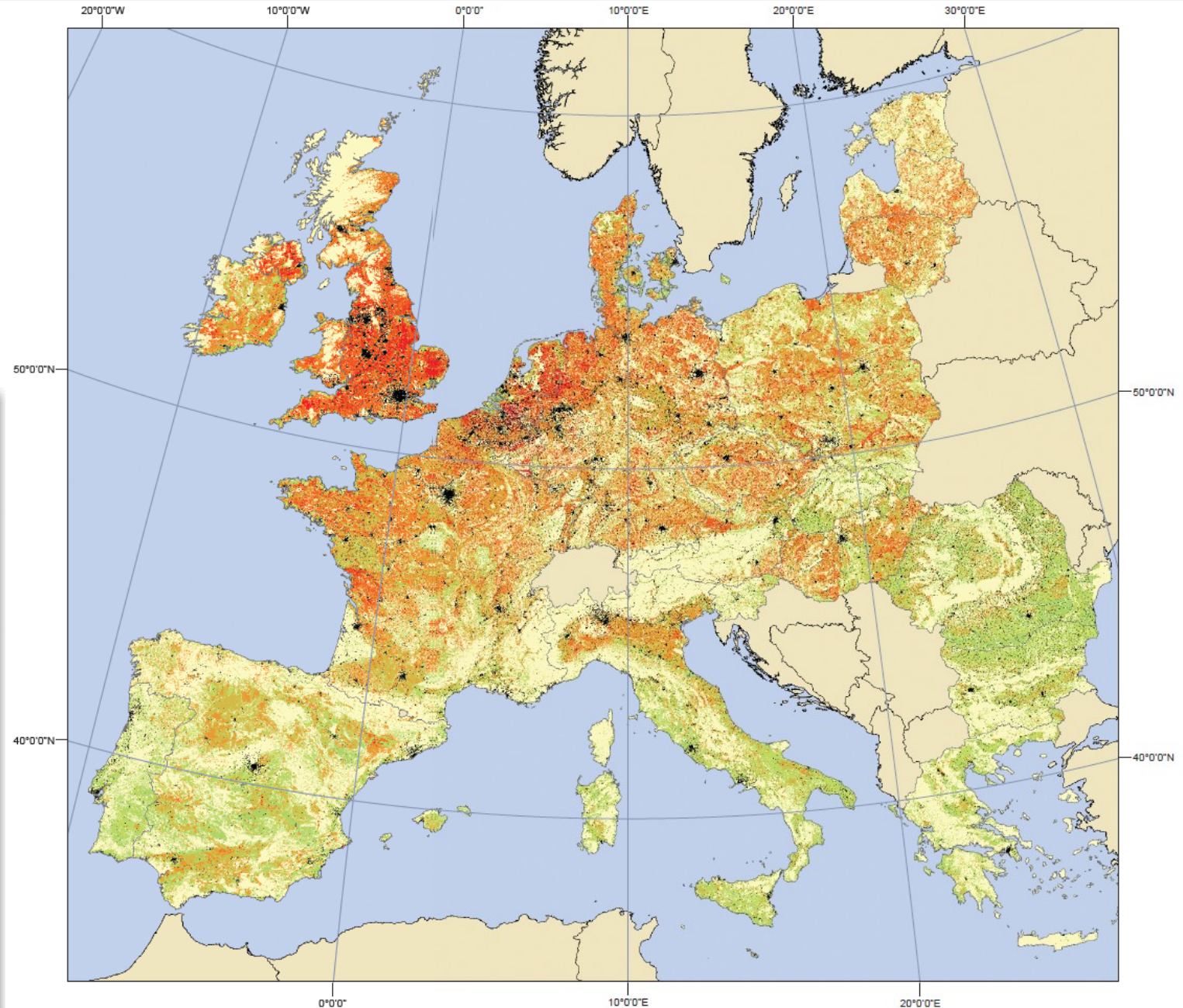
- Land use change/Habitat disruption
- Human intensive exploitation
- Invasive species
- Soil compaction
- Soil erosion
- Soil organic matter decline
- Soil pollution

For each of the above parameters a map, in form of a raster layer (1 x 1 km grid cells) has been realized. The values present in each grid have been classified into 5 classes. These values have been weighted using the coefficients obtained from the expert evaluation (Fig. 5.2).

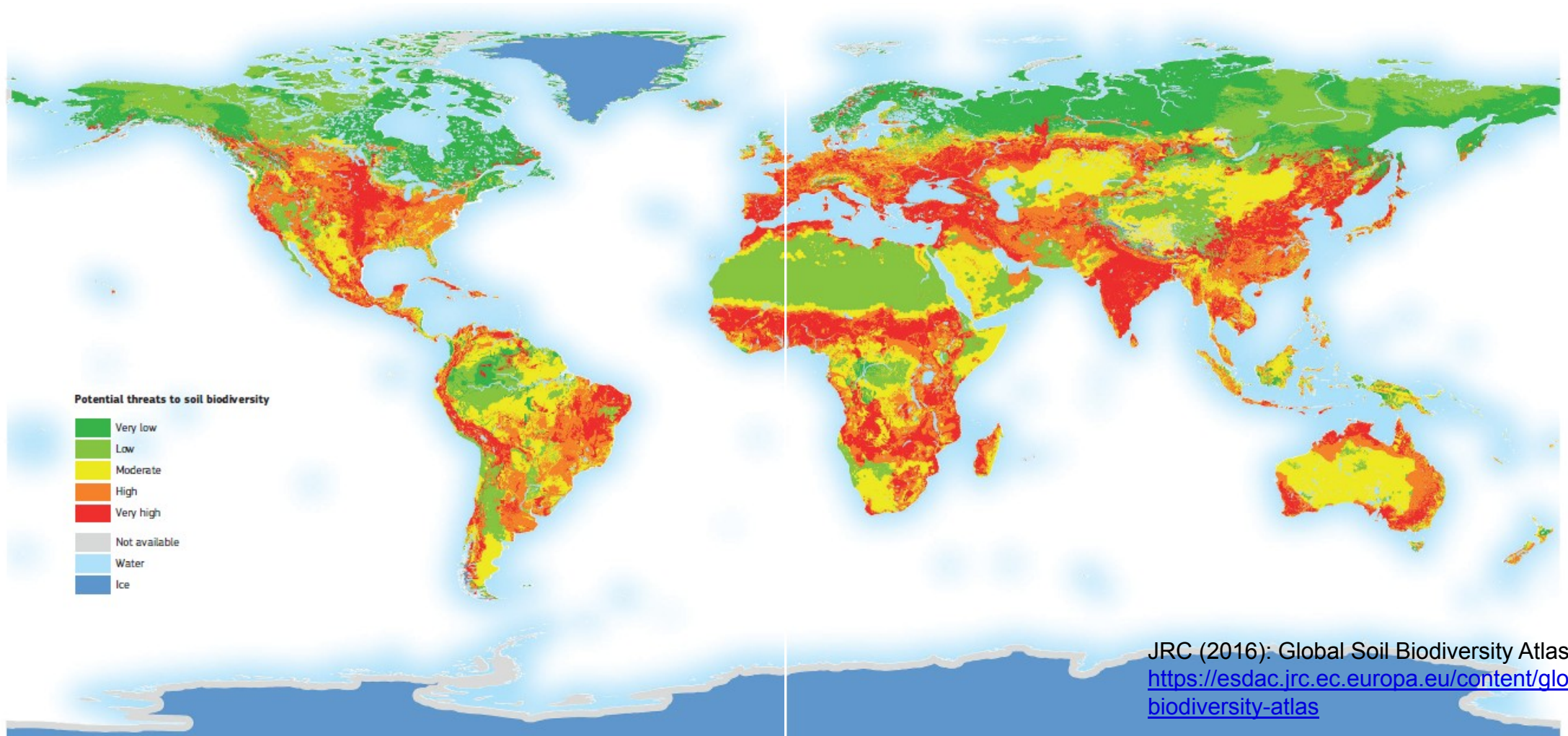
The final indicator has been calculated, with an operation of map algebra, as the sum of the individual raster values. The values displayed on the map are related to the potential threats on soil biodiversity, for twenty three EU countries and are not representative of the actual level of soil biodiversity. In the following two pages, maps showing the distribution of four of the seven factors considered in the calculation of the index are presented.

The high score (high potential threats) of several parts of the UK and central Europe are determined by the combined effect of a high intensity agriculture, with a high number of invasive species and by the risk for soil to lose organic carbon. Compared to these situations, the intensive agricultural areas of southern Europe are less affected by the risk of losing organic carbon, and by the effect of invasive species.

It should be kept in mind that the map indicates an evaluation of the potential risk of soil biodiversity decline (with respect to the current situation) and is not a representation of the actual level of soil biodiversity.



# Dopady degradace půd na půdní biotu

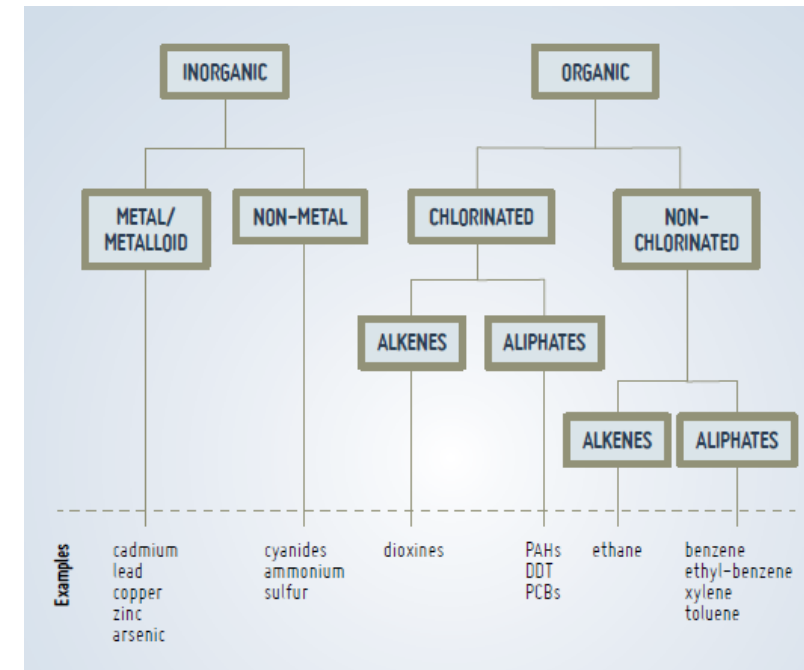


JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.  
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>

**Kontaminace půd, její typy, rozsah a její důsledky,  
kontaminovaná místa v ČR a ve světě, hlavní příčiny  
kontaminace půd**

# Typy chemické degradace půd

- kontaminace je podmnožinou chemické degradace půdy, do níž patří:
  - změny pH (acidifikace, alkalizace půd)
  - změny koncentrace solí v půdním roztoku a půdě (zasolení půd)
  - odčerpání či vyplavení některých živin a iontů (fosfor)
  - zatížení některými živinami (dusík)
  - změny v kvalitě organické hmoty
  - poškození sorpčního komplexu půd
  - zatížení nebo zvýšení přístupnosti některých prvků (např. těžkých kovů)
  - zatížení půd organickými kontaminanty
  - zatížení půd pesticidy
  - zatížení půd dalšími látkami (farmaceutika, rozpouštědla, nanočástice, saze, prach)
  - zátěž radioaktivními látkami, radioaktivním odpadem



# Kontaminace půd - vážný globální problém

- GLASOD: až 22 mil. ha půd kontaminovaných či ohrožených kontaminací
- 19 mil ha z toho je v EU (2% rozlohy EU)

Oldeman L.R. (1994): The global extent of land degradation. In Greenland D.J., Szabolcs I. (eds.): Land resilience and sustainable land use. p. 99–118. Wallingford: CABI.

Kabwe, Zambie



La Oroya, Peru



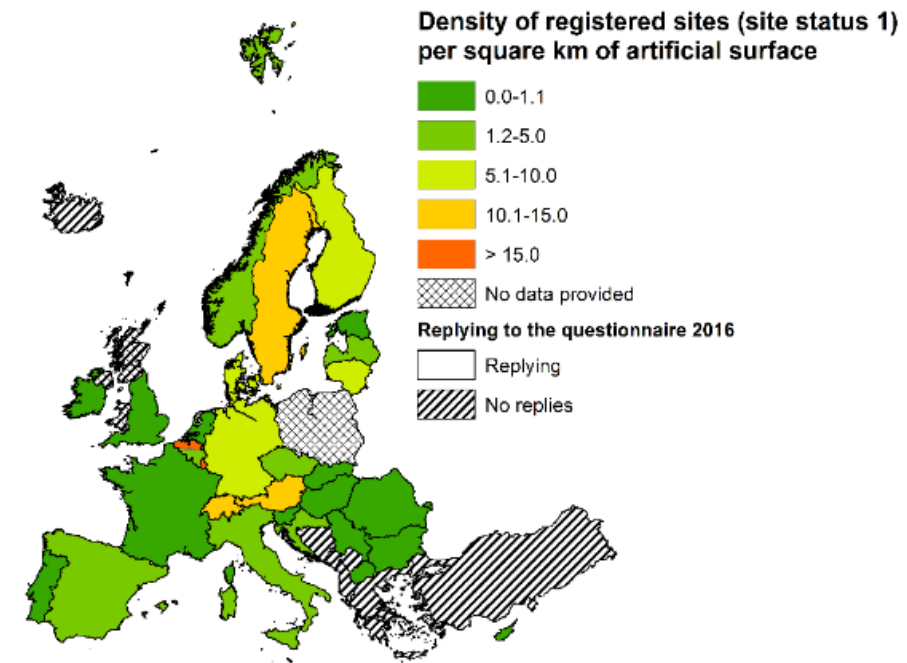
<http://www.worstpolluted.org/>

<https://www.treehugger.com/worst-polluted-places-on-earth-1204101>



# Kontaminovaná místa - Evropa

- > 2,5 mil. potenciálně kontaminovaných míst
- 650 000 prošlo inventurou = reálně kontaminovaných
- z nich 1/3 identifikována k remediaci a 50 000 bylo remediováno do 2014



JRC (2018): Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management Contaminated Sites in Europe“.

<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/status-local-soil-contamination-europe-revision-indicator-progress-management-contaminated-sites>

JRC (2014): Progress in Management of Contaminated Sites in Europe.

<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85913/lbna26376enn.pdf>

# Kontaminovaná místa - Evropa

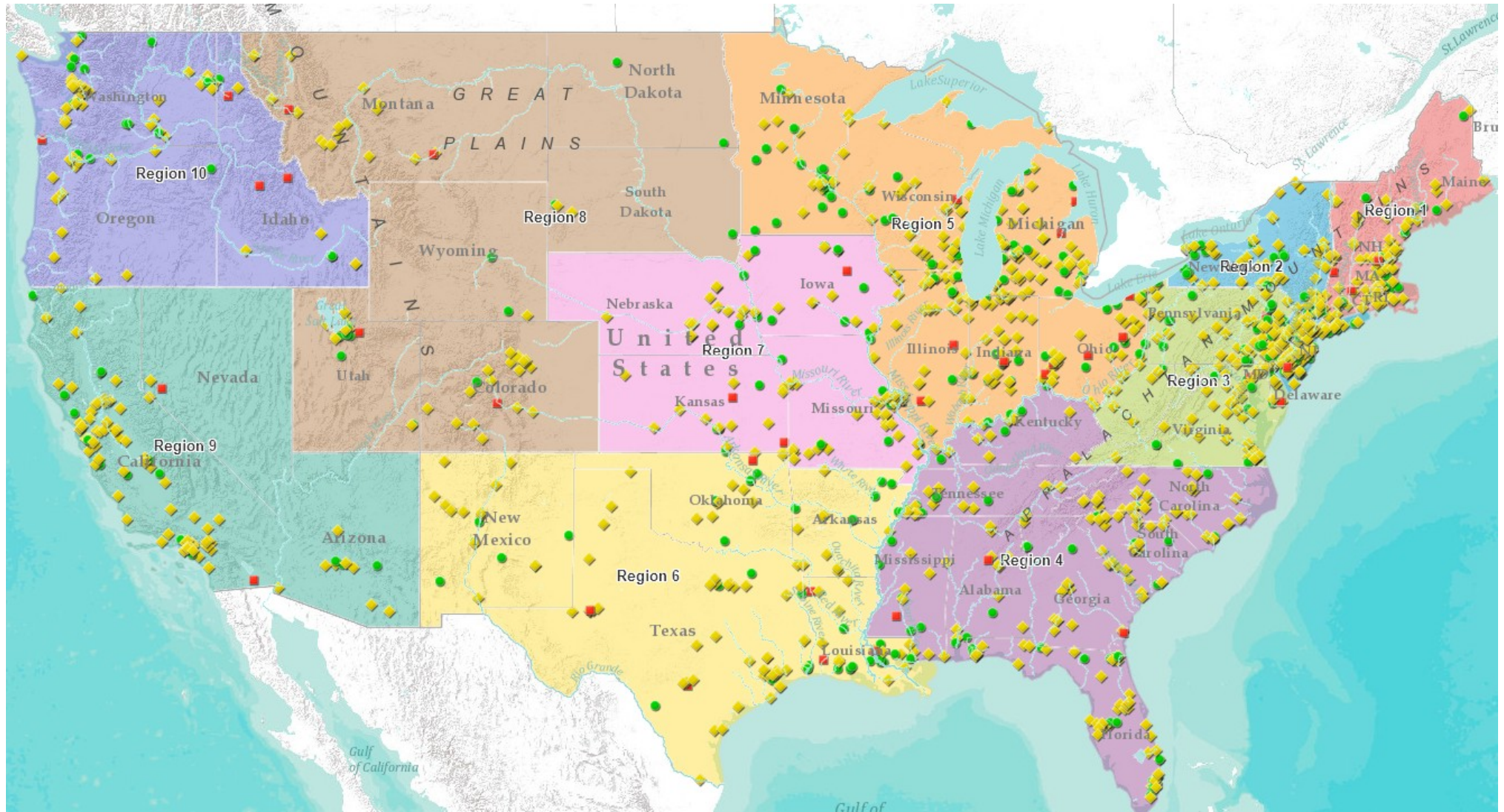
- **je to významná ekonomická zátěž EU**
- EC Impact assessment: Náklady, které společnost EU nese v důsledku kontaminace půd, se odhadují na **2,4 – 17,3 mld. EUR ročně**, což je téměř polovina celkových odhadnutelných nákladů spojených s degradací půd (38 mld. EUR); jde o výdaje spojené s poklesem cen kontaminovaných pozemků, výdaje na lékařskou péči, ošetření a čištění vody, zvýšenou potřebu kvality potravin *NOT expenses for damaged soil ecological functions. INCLUDES: damage of infrastructures – erosion, sediments, increased health-care for people exposed to contamination, cleaning up water, sediment disposal, decrease of soil price, harder control of food*
- na vlastní remediaci kontaminovaných ploch se náklady v EU odhadují kolem **6 mld. EUR ročně**
- 42% nákladů jde z veřejných zdrojů
- roční národní náklady na management kontaminovaných míst je 10.7 EUR na osobu

European Commission (2006c): Commission staff working document accompanying the communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Thematic strategy for soil protection. Impact assessment of the thematic strategy on soil protection. SEC (2006) 260. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52006SC0620>

JRC (2016): Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-threats-europe-status-methods-drivers-and-effects-ecosystem-services>

# Kontaminovaná místa – USA

- tzv. Superfund 1,874 v 2020 <https://www.epa.gov/superfund>





# Kontaminovaná místa - ČR

- V ČR je většina kontaminovaných míst tzv. **stará ekologická zátěž (SEZ)**, jejich počet je odhadován na **téměř 9 tis.**
- **SEZ** = závažná kontaminace podzemních vod, povrchových vod, zemin a stavebních konstrukcí, která ohrožuje zdraví člověka a životní prostředí, přičemž **původce kontaminace neexistuje či není znám**; pozůstatek minulých režimů, kdy nebyly ochrana životního prostředí a nakládání se závadnými látkami při průmyslové a další výrobě na vysoké úrovni
- systematické odstraňování SEZ ve větší míře až po 1990 (odpovědnost stát – privatizace)

# Kontaminovaná místa - ČR

Za období 2010–2018 byly při nápravných opatřeních evidovaných v SEKM ukončeny sanace 369 lokalit starých ekologických zátěží a dalších 62 nápravných opatření bylo ukončeno v nevhovujícím stavu.



Přírůstková databáze SEKM v roce 2018 obsahovala 4 967 lokalit. V územně analytických podkladech, které jsou určeny pro územní plánování, bylo v roce 2018 evidováno 9 347 kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných lokalit.



I přes nespornou prospěšnost a značný rozsah již provedených prací se na území ČR nachází stále velké množství starých ekologických zátěží, u nichž není znám rozsah rizik pro životní prostředí a lidské zdraví.



## Souhrnné hodnocení trendu

Změna od roku 1990

N/A

Změna od roku 2000



Změna od roku 2010

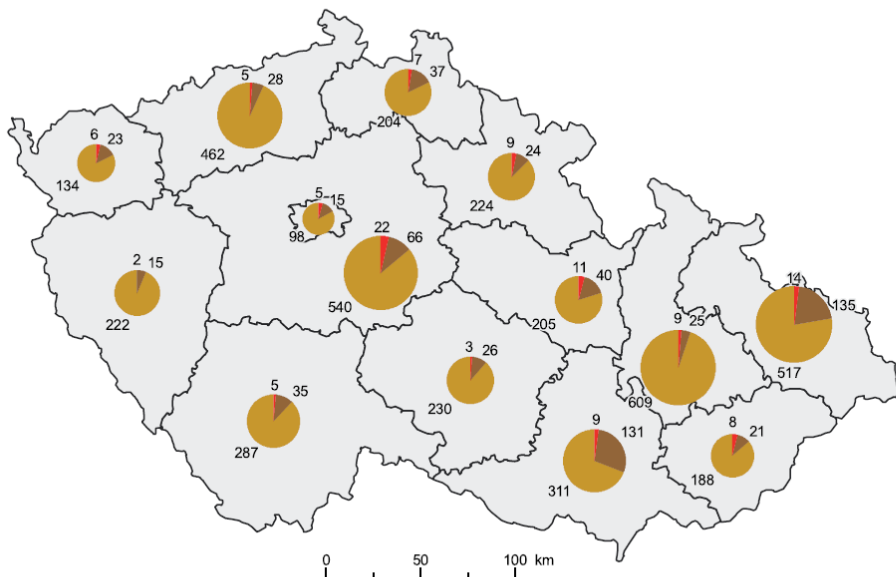


Poslední meziroční změna



Obr. 1

Počet lokalit starých ekologických zátěží evidovaných v SEKM v ČR, 2018



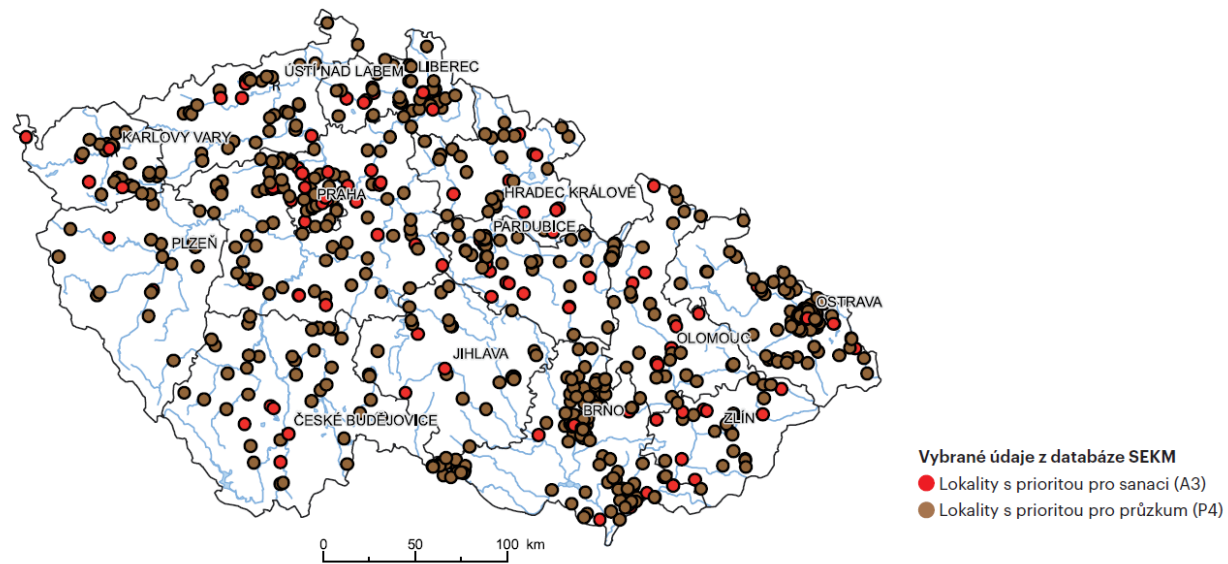
Staré ekologické zátěže evidované v databázi SEKM

- Lokality s prioritou pro sanaci (A3)
- Lokality s prioritou pro průzkum (P4)
- Ostatní evidované lokality

Lokality s prioritou pro sanaci (A3) a lokality s prioritou pro průzkum (P4) jsou stanoveny podle platného metodického pokynu MŽP č. 1/2011.

Obr. 2

Rozmístění lokalit starých ekologických zátěží s prioritou pro sanaci a pro průzkum evidovaných v SEKM v ČR, 2018



Vybrané údaje z databáze SEKM

- Lokality s prioritou pro sanaci (A3)
- Lokality s prioritou pro průzkum (P4)

Lokality s prioritou pro sanaci (A3) a lokality s prioritou pro průzkum (P4) jsou stanoveny podle platného metodického pokynu MŽP č. 1/2011.

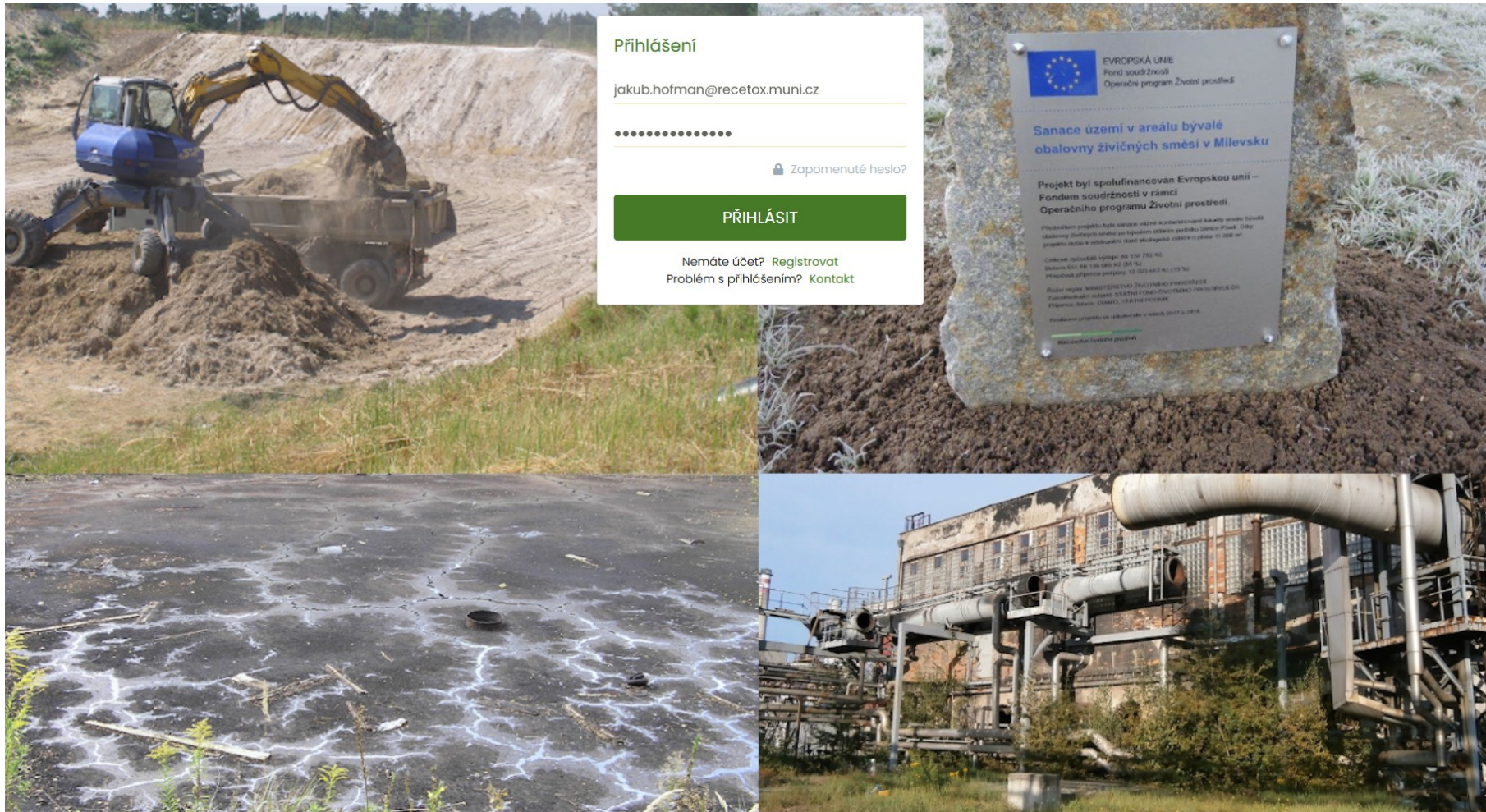
Zdroj dat: MŽP

MŽP (2019): Zpráva o stavu životního prostředí ČR.  
[https://www.mzp.cz/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_pros\\_tredi\\_publicace](https://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_pros_tredi_publicace)

Zdroj dat: MŽP

# Kontaminovaná místa - ČR

- <https://www.sekm.cz/portal>



# Kontaminovaná místa - ČR

- celková částka na nápravu se odhaduje na **169 mld. Kč**, do roku 2007 se podařilo napravit škody za cca 45 mld. Kč
- na rozdíl od většiny zemí EU jde téměř 100% těchto výdajů z veřejných zdrojů (v Evropě, kde řada kontaminovaných ploch má konkrétního vlastníka, 10 – 80 % ze soukromých zdrojů)
- finanční prostředky pro odstraňování SEZ - **Operační programy Životní prostředí (OPŽP)** pro období 2007–2013 a 2014–2020 schválené Evropskou komisí <http://www.opzp.cz>
- princip Luganské konvence „polluter pays“ (znečišťovatel platí) - podmínka pro definici SEZ - původce kontaminace neexistuje či není znám
- tři základní typy projektů:
  - inventarizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst
  - realizace průzkumných prací, analýz rizik a studií proveditelnosti
  - sanace vážně kontaminovaných lokalit
- celková alokace na celé programové období 2014–2020 = 115 468 727 EUR

# Kontaminace zemědělských půdy v ČR

Tab. 3.4.1.11 Rizikové prvky v zemědělských půdách, výluh lučavky královské v letech 1998–2018

Rizikový prvek	Preventivní hodnota podle vyhlášky č. 153/2016 Sb.		Průměrný obsah [mg.kg <sup>-1</sup> ]		Počet analyzovaných vzorků celkem	Procento nadlimitních vzorků		
	Lehká půda	Ostatní druhy půd <sup>1)</sup>	Lehká půda	Ostatní druhy půd <sup>1)</sup>		Lehká půda	Ostatní druhy půd <sup>1)</sup>	Celkem všechny půdy
As	15,0	20,0	11,1	11,5	14 048	14,2	7,9	8,8
Be	1,5	2,0	1,0	1,1	14 249	12,0	4,1	5,1
Cd	0,4	0,5	0,3	0,3	14 268	11,8	8,9	9,3
Co	20,0	30,0	10,2	11,4	14 259	3,4	1,8	2,0
Cr	55,0	90,0	41,0	40,3	14 280	17,4	4,2	5,9
Cu	45,0	60,0	17,7	21,2	14 280	2,4	2,9	2,9
Hg <sup>2)</sup>	0,3	0,3	0,1	0,1	52 462	1,5	2,3	2,2
Ni	45,0	50,0	22,5	24,1	14 281	4,1	3,8	3,8
Pb	55,0	60,0	24,1	27,4	14 279	3,6	3,0	3,1
V	120,0	130,0	44,0	48,4	14 226	0,9	2,1	1,9
Zn	105,0	120,0	68,8	73,2	14 281	8,7	5,1	5,6

<sup>1)</sup> písčito-hlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd; jedná se o půdy s normální variabilitou prvků, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách včetně půd na karbonátových homínách

<sup>2)</sup> uvedené hodnoty vyjadřují celkový obsah Hg

Pozn.: Při posuzování kvality půdy z hlediska obsahu rizikových prvků je třeba vždy zohledňovat konkrétní stanovištní podmínky a kumulativní schopnost rizikových prvků.

Zdroj: ÚKZÚZ

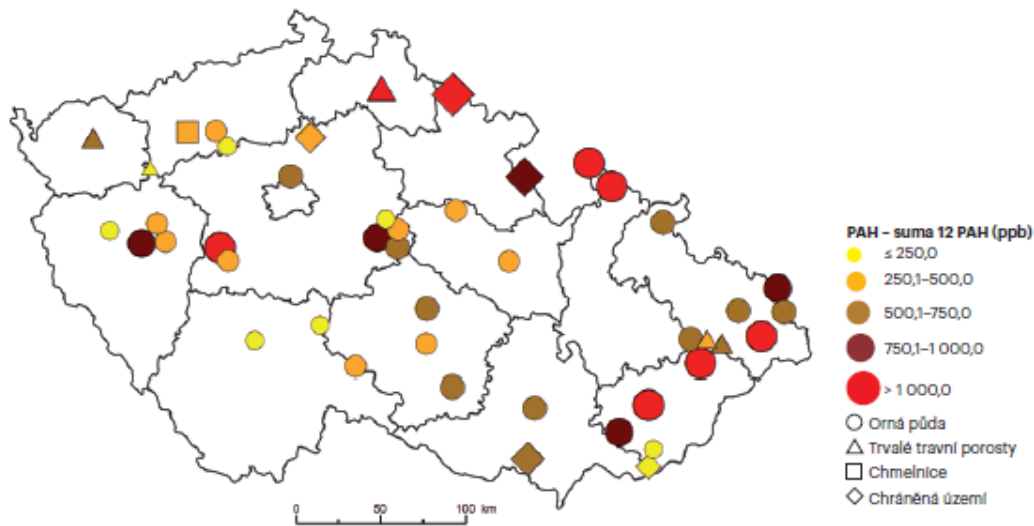
Podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů, provádí ÚKZÚZ v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP) i sledování obsahů rizikových látek a rizikových prvků v půdě. Výsledky uvedeného sledování jsou vedeny v databázi „Registr kontaminovaných ploch“.

Databáze „Registru kontaminovaných ploch“ obsahuje souřadnicově identifikované plochy odběru vzorků a příslušné hodnoty obsahů rizikových prvků v půdě (v mg.kg<sup>-1</sup>). Základní přehled o lokalitách se zjištěnými nadlimitními obsahy rizikových prvků v půdě poskytují **mapy registru kontaminovaných ploch**.

Databáze má dvě části: 1) výsledky stanovení obsahů rizikových prvků ve výluhu 2M HNO<sub>3</sub> – tato část je již uzavřená; 2) výsledky stanovení obsahů rizikových prvků po extrakci lučavkou královskou – tato část databáze je průběžně doplňována výsledky nových šetření. Podrobnější informace na <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/bezpecnost-pudy/registr-kontaminovanych-ploch/>.

# Kontaminace zemědělských půdy v ČR

Obr. 1  
Obsah sumy 12 EPA PAH v ornici zemědělských půd (v rámci BMP) v ČR [ $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ], 2018

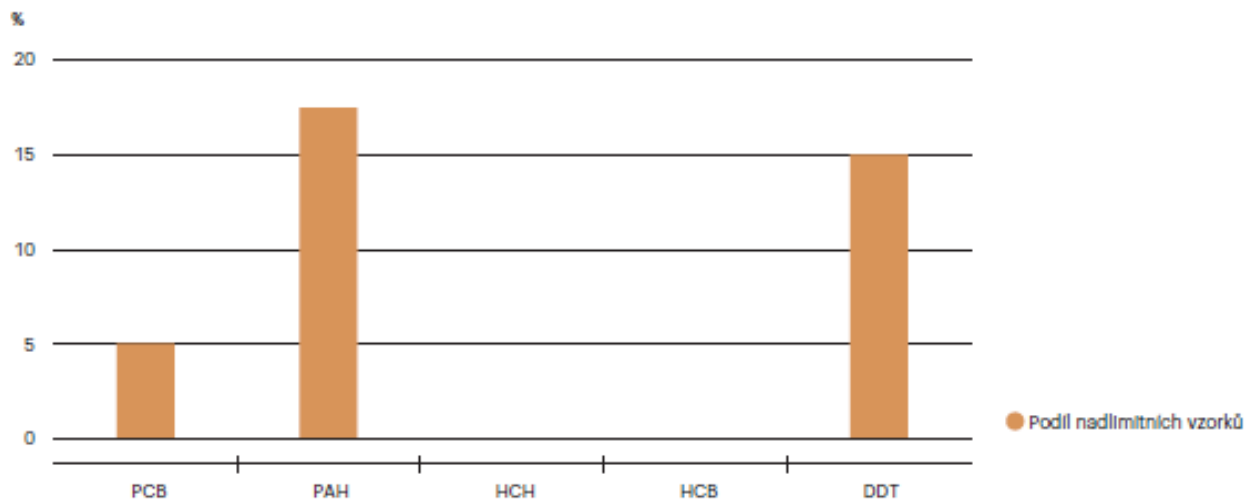


Zjišťováno na základě vzorků ze 40 vybraných monitorovacích ploch a 5 lokalit v chráněných územích. Preventivní hodnota pro sumu 12 EPA PAH dle vyhlášky č. 153/2016 Sb. činí 1 000 ppb ( $1,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny).

Zdroj dat: ÚKZÚZ

Graf 1

Podíl vzorků překračujících preventivní hodnoty rizikových organických látek na zemědělské půdě v ČR [%], 2018



Výsledky Bazálního monitoringu půd (BMP). Zjišťováno na základě vzorků ze 40 vybraných monitorovacích ploch. Preventivní hodnoty uvedených rizikových látek jsou stanoveny vyhláškou č. 153/2016 Sb.

Zdroj dat: ÚKZÚZ

MŽP (2019): Zpráva o stavu životního prostředí ČR.  
[https://www.mzp.cz/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_prostredi\\_publicace](https://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace)

# Kontaminace zemědělských půdy v ČR

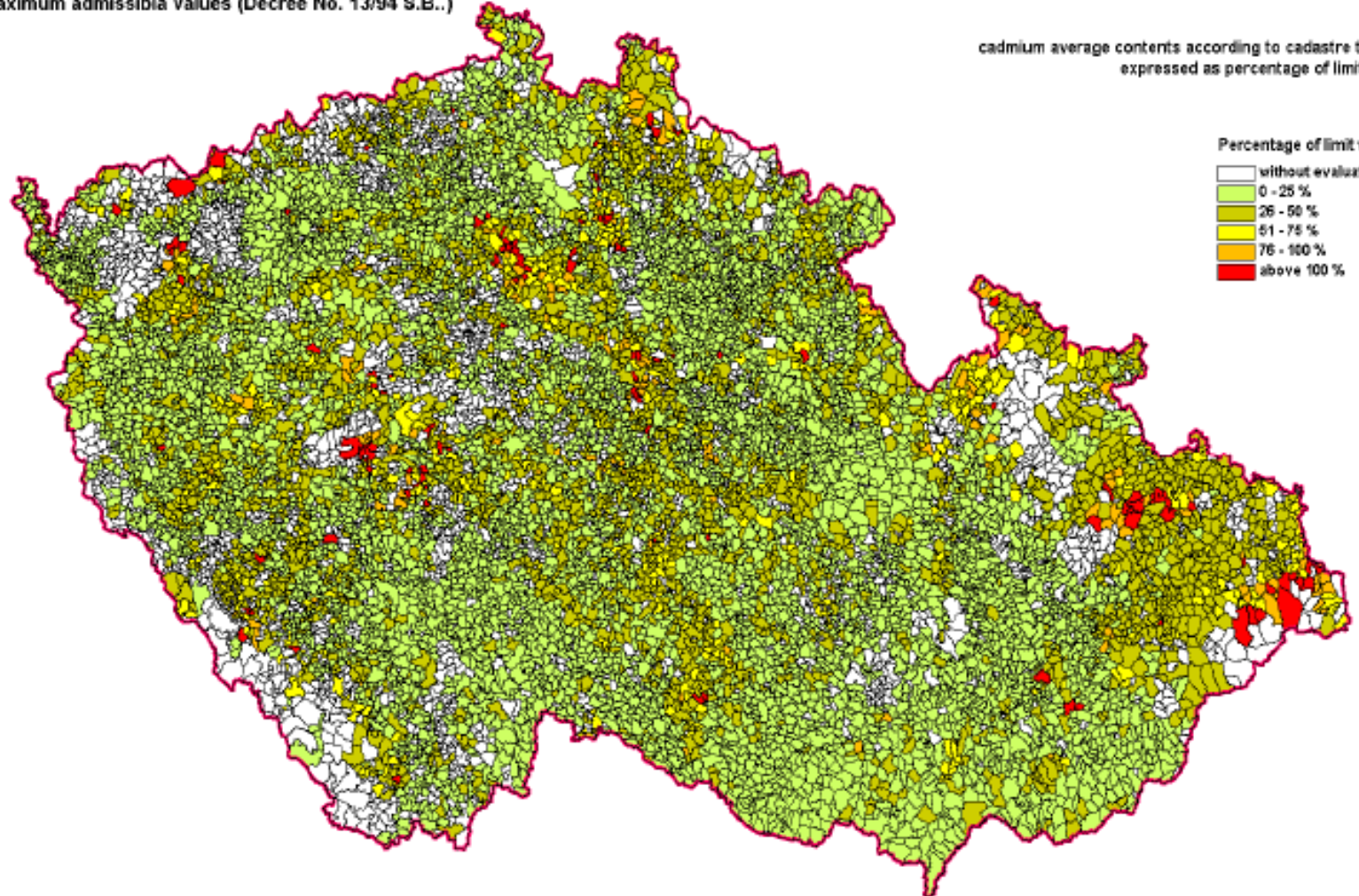
- příklad Cd

Cd

Maximum admissible values (Decree No. 13/94 S.B.)

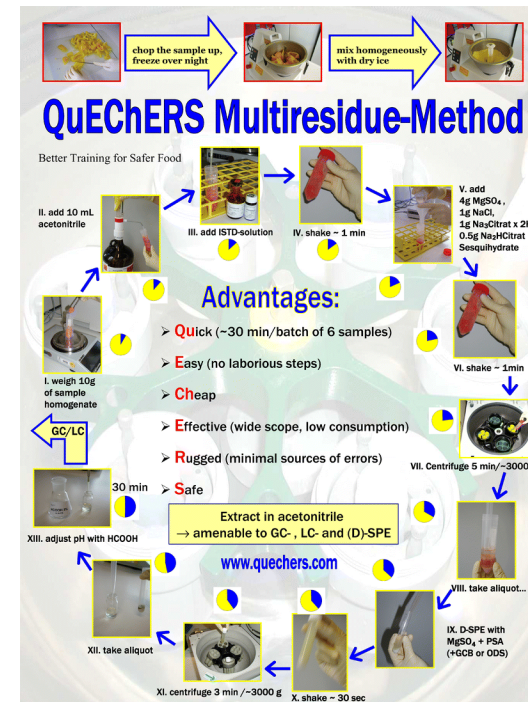
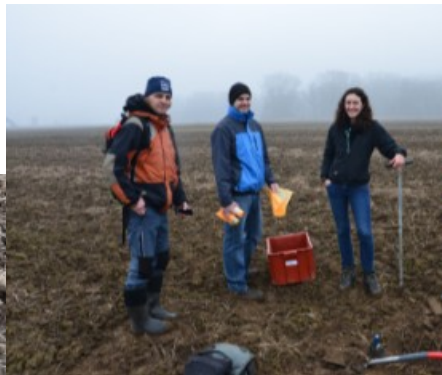
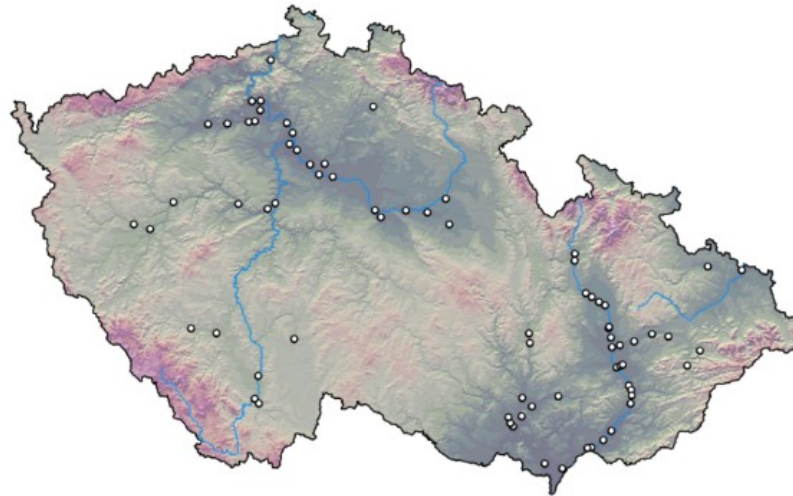
Cadmium 2M nitric acid

cadmium average contents according to cadastre territory  
expressed as percentage of limit values



# Pesticidy v orné půdě ČR

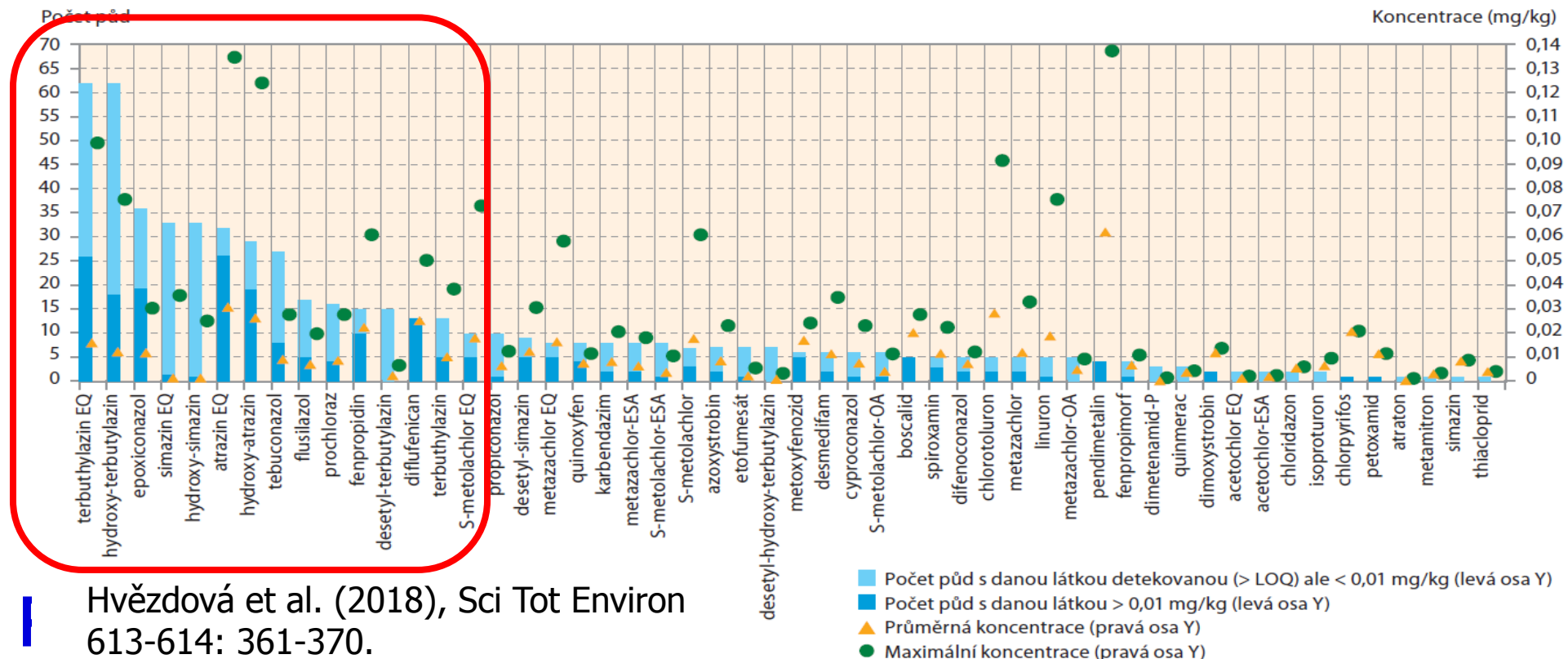
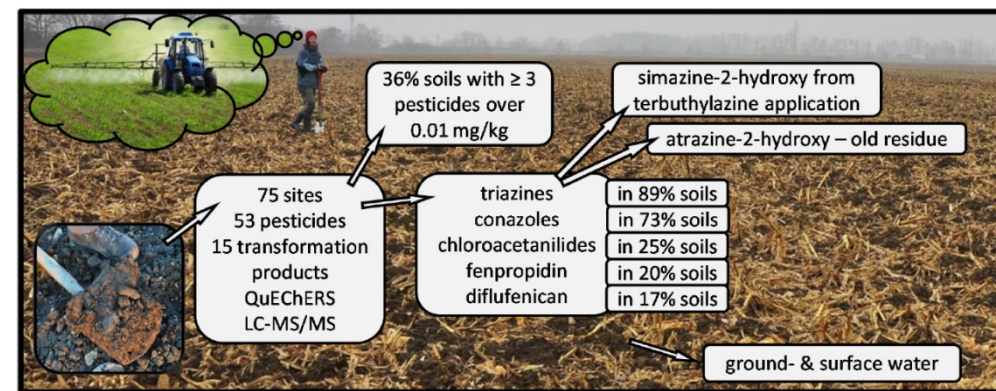
- únor–březen 2015 = dlouhodobá rezidua CUPs
- 75 orných půd, 0-25 cm, vysušení, mělnění, přesátí, archivování, analýzy ...
- půdní vlastnosti (TOC, CEC, pH, textura, HA/FA ...)
- QuEChERS extrakce + LC/MS/MS analýza 53 CUPs a 15 TPů včetně 2 zakázaných t ... tovaným výskytům ve vodách





# Pesticidy v orné půdě ČR

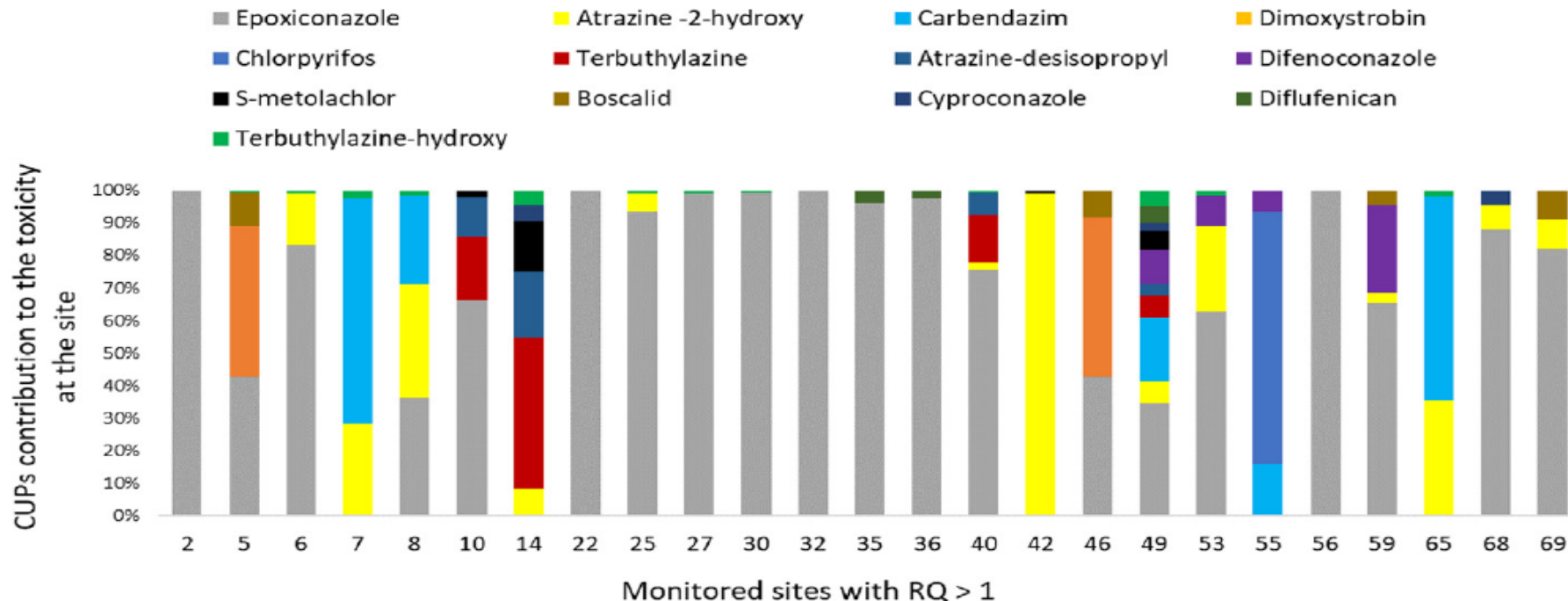
- 99% půd s alespoň jedním pesticidem > LOQ
- 51% půd s  $\geq 5$  pesticidy > LOQ
- **81% půd s alespoň jedním pesticidem nad 0.01 mg/kg**
- **36% půd s  $\geq 3$  pesticidy nad 0.01 mg/kg**



Hvězdová et al. (2018), Sci Tot Environ 613-614: 361-370.

# Pesticidy v půdě ČR

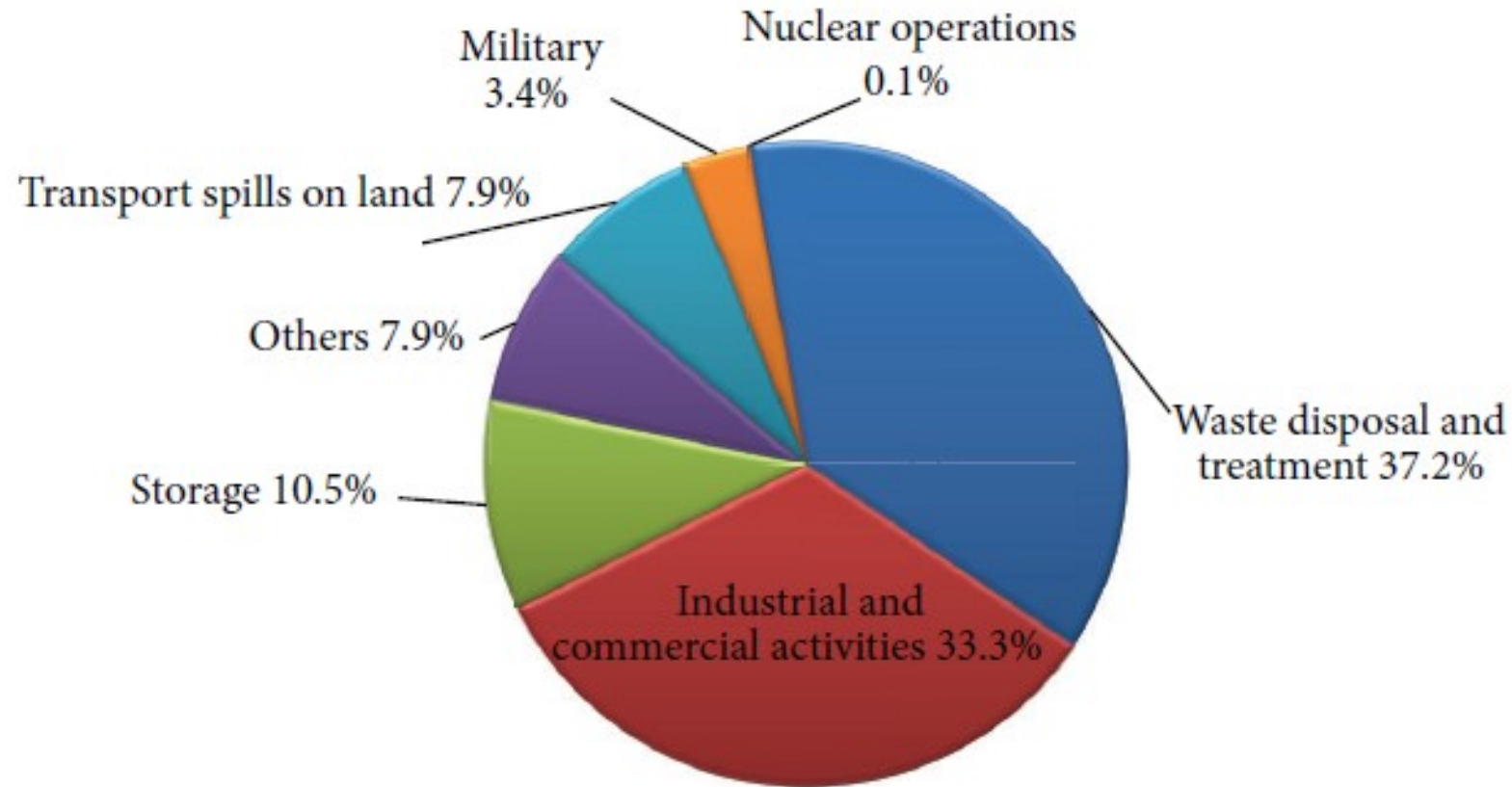
- výsledky zaslouží pozornost z hlediska možných dopadů
  - dle provedené analýzy ekologických rizik je v **35% půd významné riziko pro půdní biotu** (RQ > 1)
  - také zahraniční limity založené na výpočtu rizik byly často překročeny



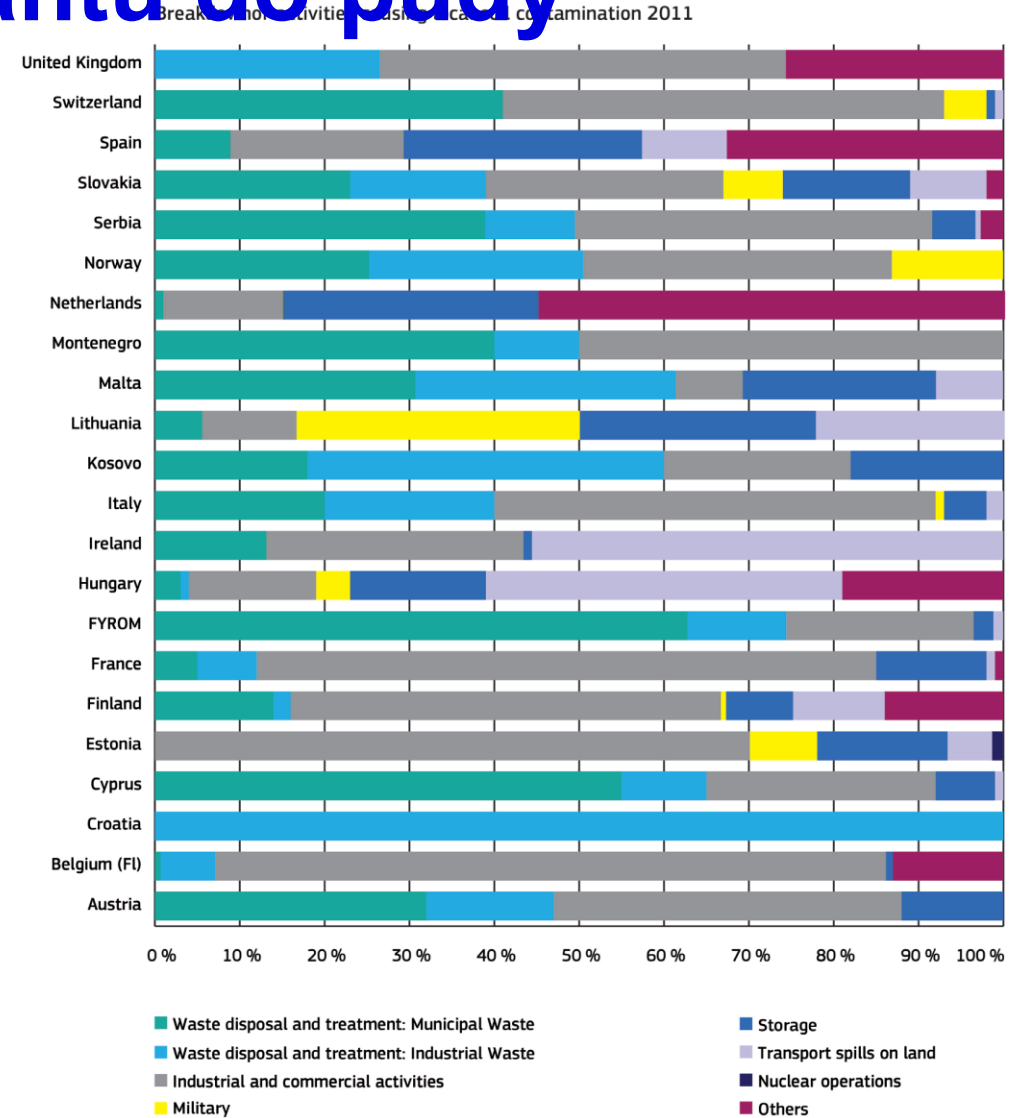
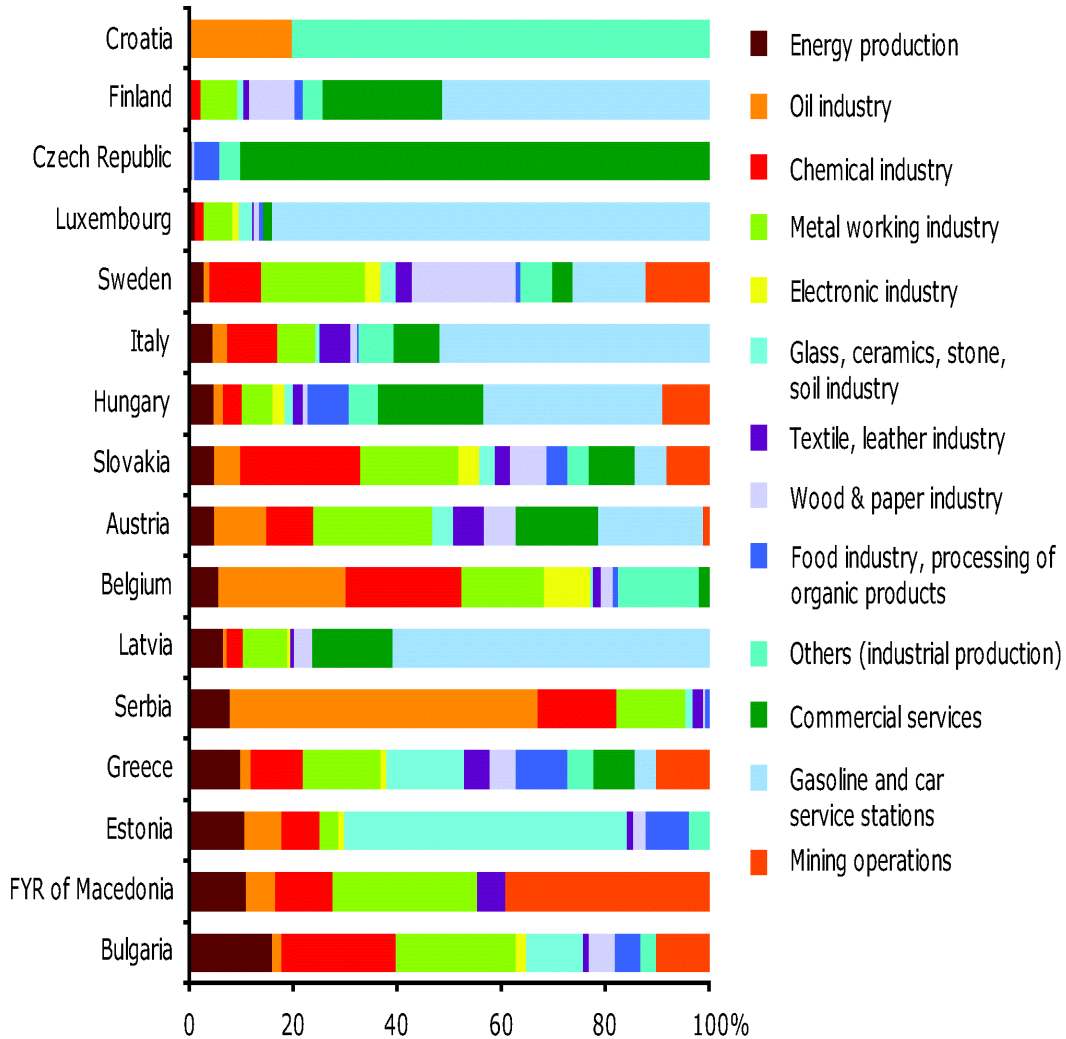
# Hlavní vstupy kontaminantů do půdy

- **Průmyslové podniky**
- **Těžba surovin**
- **Skládky odpadů**
- **Havárie**
- **Spad z ovzduší**
- Sklady chemikálií
- Vojské střelnice, cvičiště
- **Úmyslná aplikace pesticidů a hnojiv**
- Aplikace odpadů (kaly ČOV, komposty ...)
- Zaplavení půdy vodou, nánosy sedimentů

# Hlavní vstupy kontaminantů do půdy



# Hlavní vstupy kontaminantů do půdy



JRC (2014): Progress in Management of Contaminated Sites in Europe.  
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85913/lbna26376enn.pdf>

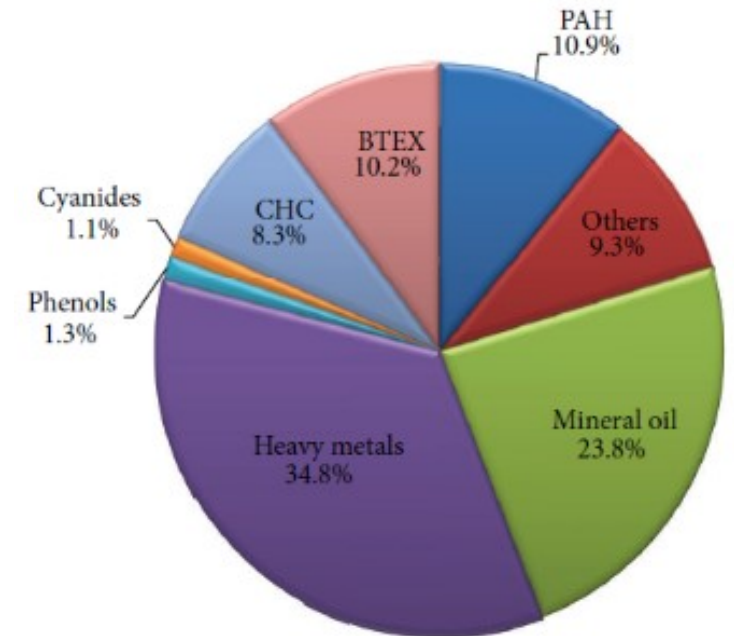
# Půdní kontaminace, polutanty

- Plyny (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> ..., VOCs)
- Prach, saze, částice
- Minerální sloučeniny N, P, S ...
- Těžké kovy, hliník a další kovy ...
- Organické sloučeniny (org. pesticidy, ropné látky, PCBs, PAHs, dioxiny ...)
- Pesticidy (herbicidy, fungicidy, insekticidy, moluskocidy ...)
- Meliorační hmoty, toxická rezidua hnojiv
- Radionuklidy

**Za prioritní polutanty půd lze považovat** (Van-Camp et al., 2004):

kadmium, měď, olovo, zinek, rtuť, arsen, nikl, chrom, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs), dioxiny, polychlorované bifenyly (PCBs), org. pesticidy jako HCB a DDT ...

Overview of contaminants affecting soil



# Důsledky kontaminace půd

negativní důsledky (řada z nich nepřímé) pro kvalitu půdy jako takové (funkce půdy, její ekosystémové služby), kvalitu okolního prostředí, zdraví rostlin, živočichů:

1. **Kontaminace půd ohrožuje toxicitou půdní organismy**, což vede ke **ztrátě funkcí půdy a biodiverzity** a konečném důsledku ke ztrátě půdní úrodnosti a omezení využití půdy.
2. Toxické **působení půdních kontaminantů na rostliny** způsobuje inhibici růstu rostlin, vedoucí ke snížení výnosů u zemědělských plodin. V závažnějších případech může dojít i k absenci rostlinného pokryvu s následky zvýšené eroze a dalšího šíření kontaminantů do prostředí.
3. I v případě malého ovlivnění rostlin je neopomenutelný **přestup kontaminantů potravními řetězci** (půda–rostlina–člověk či půda–rostlina–zvíře–člověk) s možným zvyšováním koncentrací (bioobohacování) a ohrožením vrcholových článků potravních řetězců včetně zdraví lidí. Kumulace v plodinách vede také k poklesu kvality primární produkce.
4. **Působení kontaminantů na živočichy** včetně člověka může vyústit v projevy akutní nebo chronické toxicity – vážné zdravotní poruchy, trvalé poškození, ztráta reprodukce, úmrtí, karcinogeneze, mutace. Dlouhodobá expozice může vést k závažným **zdravotním problémům**, vyplývajícím z chronické toxicity těchto látek. Akutní toxicitu nelze vzhledem k charakteru zátěže zemědělsky využívaných půd předpokládat.

# Důsledky kontaminace půd

negativní důsledky (řada z nich nepřímé) pro kvalitu půdy jako takové (funkce půdy, její ekosystémové služby), kvalitu okolního prostředí, zdraví rostlin, živočichů:

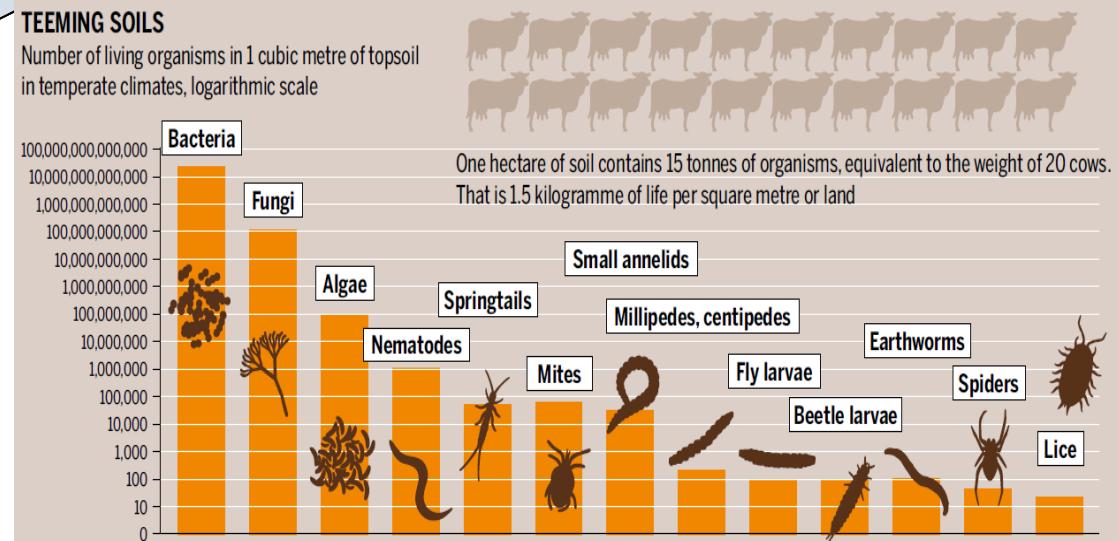
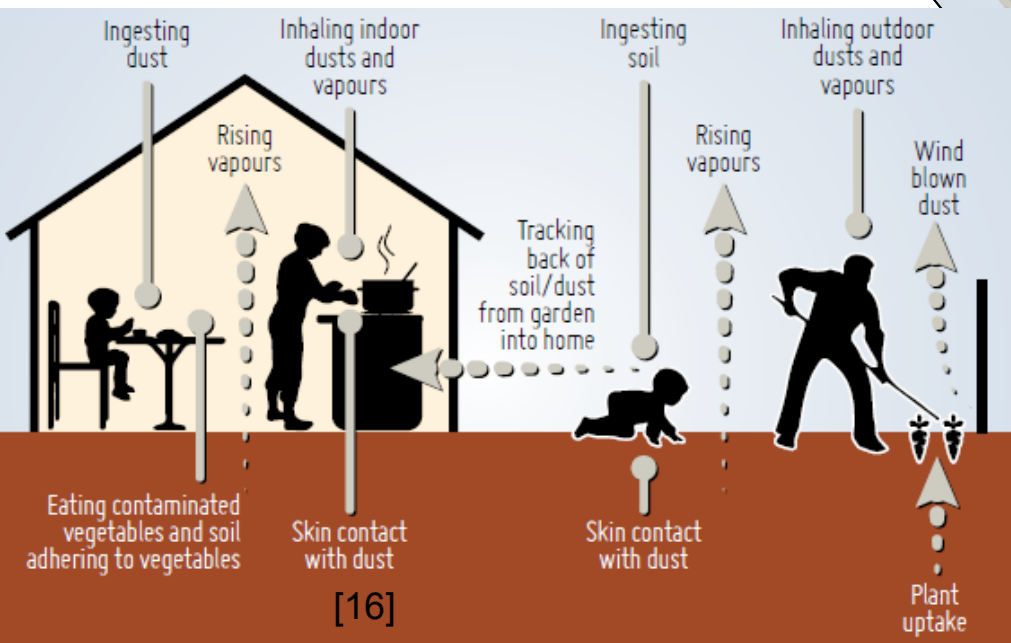
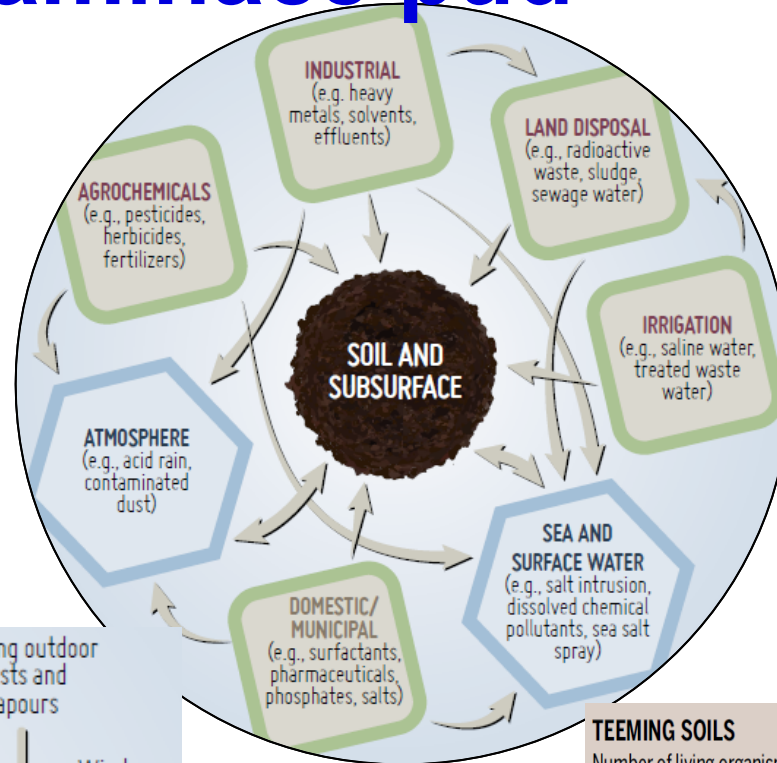
- 5. Kontaminace okolního prostředí** – podzemní a povrchové vody vody a ovzduší.
- 6. Ovlivnění půdního chemismu** – poškození sorpčního komplexu půd, narušení primární půdní struktury
- 7. Ekonomické a hospodářské důsledky** – výdaje spojené s průzkumem a remediací kontaminovaných ploch, s opatřeními minimalizující negativní vlivy, pokles ceny pozemků, ztráta úrodné půdy, zvýšené náklady na úpravu vody, koroze materiálů v půdě



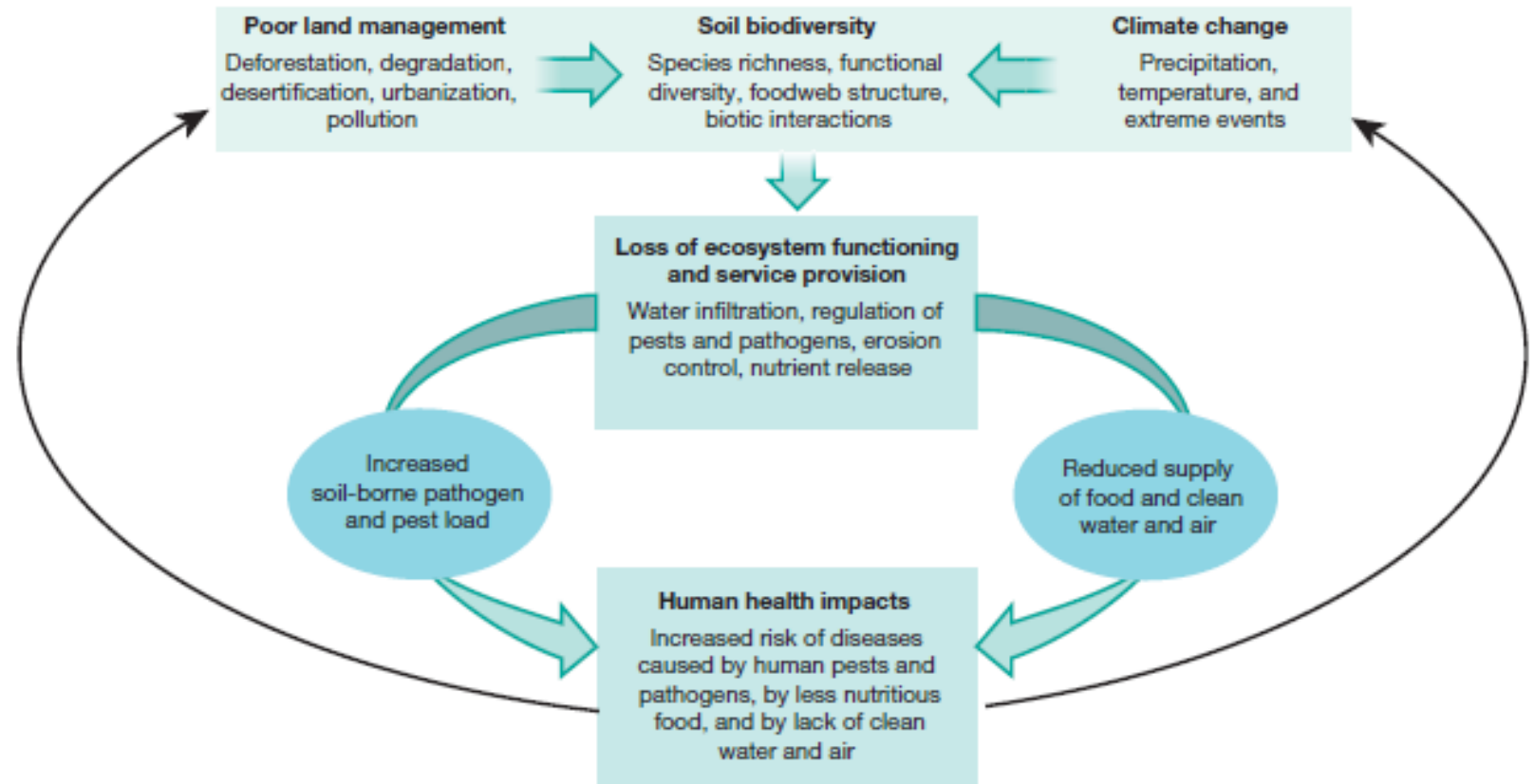
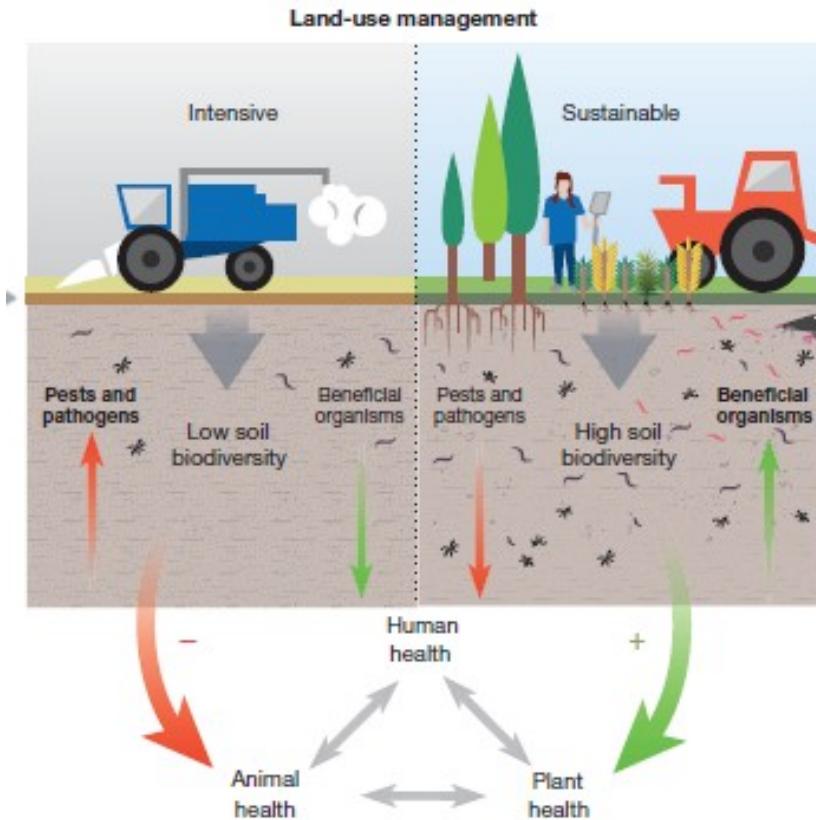
# Důsledky kontaminace půdy

FAO (2018): Soil Pollution: a hidden reality.

<http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1127426/>



# Dopady – nepřímé na lidské zdraví



**Figure 1 | Flow diagram illustrating the link between soil biodiversity and human health.** Soil biodiversity is often negatively affected by the interaction between poor land management practices and drivers of climate change, both of which ultimately compromise ecosystem function

and services that are essential for human health (control of pests and pathogens, production of nutritious food, cleansing water and reducing air pollution). Responses to reduced human health can in turn affect management decisions that govern land use and climate change.

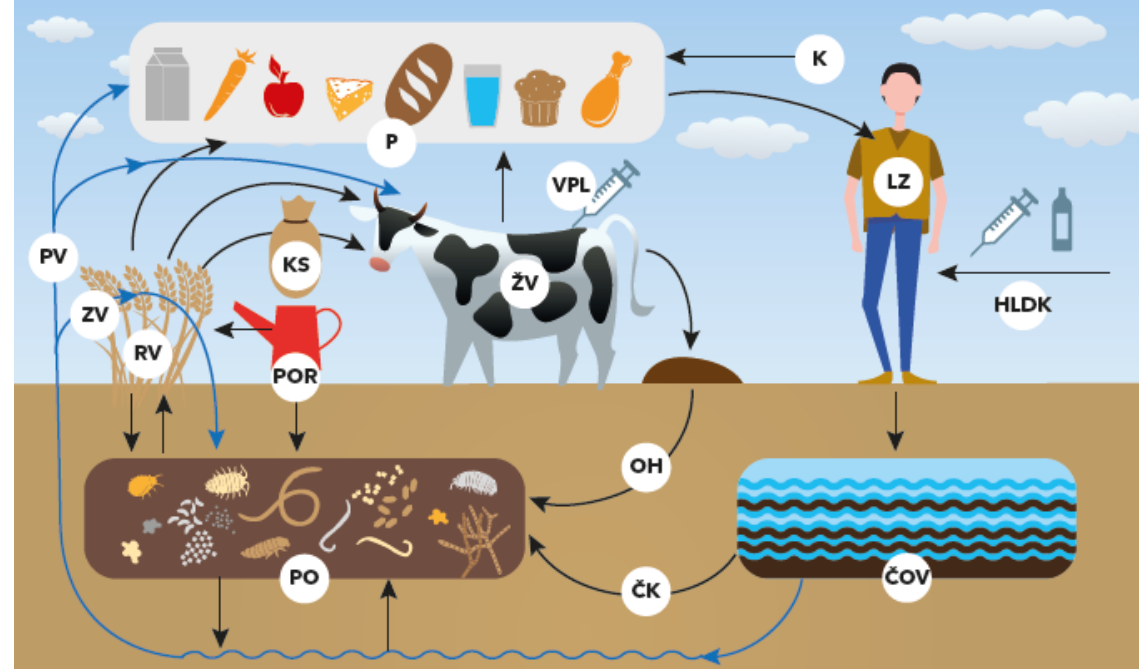
# Dopady kontaminace

- pesticidy a veterinární ATB

Šimek (2020): Bez půdy to nepůjde. ISBN 978-80-86668-59-8  
[https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=8135\\_FINALNI\\_Brozura\\_Bez\\_pudy\\_to\\_nepujde\\_WEB](https://www.bc.cas.cz/Cds/Download/?filename=8135_FINALNI_Brozura_Bez_pudy_to_nepujde_WEB)

each year 700 000 deaths due to ATB resistant bacteria; these bacteria will kill more people than cancer up to 2050

Cesty látek s bio-inhibičním (LBI) účinkem včetně jejich reziduí v potravní síti v konvenčním intenzivním zemědělství. Rostlinná výroba (RV) je závislá na široké škále prostředků ochrany rostlin (POR) s bio-inhibičním účinkem (tj. herbicidů, insekticidů, fungicidů aj.), které vstupují také do půdy, půdních organismů (PO) i do vlastní plodiny. S rostlinnou biomasou se LBI dostávají do krmiv hospodářských zvířat (KS) a potravin (P). Intenzifikovaná živočišná výroba (ŽV) je závislá na veterinárních preparátech a léčivech (VPL) obsahujících LBI, které se následně mohou stát i součástí potravin (P). Významným výstupem nestrávených LBI z ŽV jsou odpady (hnůj, kejda, aj.), které dále slouží jako důležitá organická hnojiva (OH) zemědělských půd. Rezidua LBI obsažená v OH vstupují do půdy a půdních potravních sítí a s kořeny rostlin se dostávají do rostlinné biomasy. Rezidua LBI, která se dostávají při zemědělské výrobě a následném zpracování (např. s konzervanty, K) do potravin jsou kontrolována, aby nepřesahovala limitní hodnoty stanovené zákonem a potraviny byly nezávadné pro lidské zdraví (LZ). V závislosti na skladbě potravin a životním stylu se však v lidském těle může akumulovat široké spektrum LBI, které ještě mohou doplňovat humánní léky (HL). Jejich rezidua opouštějí lidské tělo s výkaly a společně s LBI z dezinfekčních a kosmetických prostředků (DK) putují do čistíren odpadních vod (ČOV). Čistírenské kaly (ČK) mohou být dalším zdrojem LBI pro půdu, pokud jsou využívány jako hnojivo, podobně jako i užitková voda pro závlahu (ZV) plodin. Rezidua LBI se dostávají skrze půdu a vodu v prostředí také do zdrojů pitné vody (PV). (originál Dana Elhottová)



**Hlavní typy kontaminantů (těžké kovy, POPs, pesticidy, další polutanty) jejich zdroje, základní informace o osudu polutantů v půdě, biodostupnost a její role v rizicích kontaminace**

# Viz další kurzy

## **E1220 Environmental Pollutants**

- <https://is.muni.cz/predmet/1431/E1220?lang=cs>

## **E6050 Osud tox látek v ŽP**

- <https://is.muni.cz/predmet/1431/E6050?lang=cs>

# Místo závěru

## PUDA A SVET

**1** Země a půda mají všude myriádu **SPOLEČENSKÝCH, EKOLOGICKÝCH, KULTURNÍCH, DUCHOVNÍCH I EKONOMICKÝCH** rozměrů.

**2** Úrodná půda je nezbytná pro život. Tvoří jen tenkou vrstvičku na zemském povrchu. **TRVÁ 2000 LET, NEŽ VZNIKNE POUHÝCH 10 CM PŮDY.**

**3** Ročně přicházíme o miliony hektarů půdy kvůli nevhodným zemědělským postupům, výstavbě měst nebo silnic a kvůli odlesňování. **MĚSTA KONZUMUJÍ SOUSEDNÍ POLE** a plantáže se rozšiřují na úkor lesů nebo pastvin.

**4** **BEZ LEPŠÍ PÉČE O PŮDU NEDOKÁŽEME UŽIVIT ROSTOUCÍ SVĚTOVOU POPULACI**, udržet globální oteplování pod domluvenou úrovní 2 °C, ani zastavit úbytek rozmanité přírody.

**5** Vlastnictví půdy není rozděleno rovnoměrně – panují v něm ještě větší společenské rozdíly než v příjmech. **PŮDA JE PRITOM KLÍČOVÝM RECEPTEM PROTI HLADU A CHUDOBE.** V mnoha zemích ženy nemají stejná vlastnická práva jako muži.

**6** **CENY POZEMKŮ ROSTOU SKORO VŠUDE.** Nedaří-li se zajistit práva rodin a obcí, jsou lidé vyháněni ze své půdy.

**7** **ROSTE SOUPEŘENÍ O PŮDU.** K příčinám patří pěstování krmiv pro velkochovy hospodářských zvířat a používání plodin k výrobě automobilových biopaliv.

**9** Ačkoli se v zemědělství hojně používají syntetická hnojiva, výnosy nerostou tak rychle, jak se očekávalo. **EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ PODPORUJE PŮDNÍ ŽIVOT** a vylepšuje úrodnost půdy – a to hnojiva z továrny nedokážou.

**11** **MODERNÍ PLÁNOVÁNÍ MĚST A OBCÍ MUSÍ CHRÁNIT PŮDU.** Infrastruktura a rezidenční výstavba nesmí zabírat tolik úrodné ornice.

Ochrana půdy je úkol pro celý svět. **NICMĚNĚ KAŽDÝ MŮŽE VELKOU MĚROU PŘÍSPĚT,** například nakupováním biopotravin a menší spotřebou masa.

Globální obchod proměnil ornou půdu v movitost. **BOHATÉ ZEMĚ A ROSTOUCÍ EKONOMIKY SVOJI POPTÁVKU PO PŮDĚ EXPORTUJÍ DO ROZVOJOVÉHO SVĚTA.** Půdu importují v milionech tun komodit vypěstovaných na druhé straně světa.

**10** **ORNICE NENÍ JENOM ROZEMLETÁ HORNINA.** Polovinu z ní tvoří minerály a pětinu vzduch. Hlavně je neuvěřitelně plná hub, hlístů, stonožek, žížal nebo chvostoskoků, na kterých závisí úrodnost.

**12**