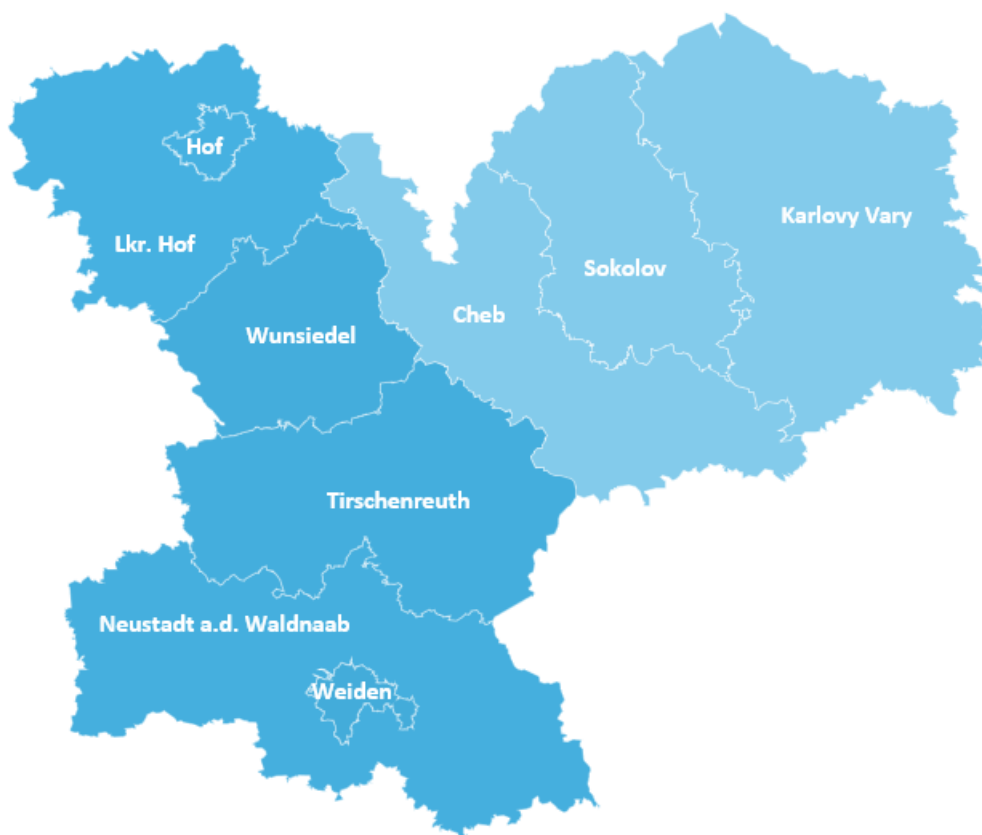


Regionální koncepce vodíkového hospodářství Bavorsko – Čechy



Interreg



Spolufinancováno
Evropskou unií

Bavorsko – Česko

IMPRESSUM

Podporováno

INTERREG Bavorsko – Česko

Projekt: BYCZ01-136 – HyBaBo

Doba realizace projektu:

1. 4. 2024 – 31. 3. 2026

Vedoucí projektu

Prof. Dr. Raphael Lechner (Ostbayerische
Technische Hochschule Amberg-Weiden)

Vydavatel

Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg

Autoři

Maximilian Schinhammer
(Institut für Energietechnik IfE GmbH)
Anna Lena Reinhardt, Florian Birner
(Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden)
Dr. Stefan Bayer, Julian Knopp
(Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hof)
Richard Štěpánovský (Krajská
hospodářská komora Karlovarského kraje)

Rok vydání

2026

Zvláštní poděkování patří celé síti aktérů a partnerů za zdařilou spolupráci!

LANDKREIS
TIRSCHENREUTH



Landkreis
Neustadt
an der Waldnaab



Stadt Weiden in der Oberpfalz



Stadt Hof



Landkreis Hof
wir sind Heimat



Karlovarský
kraj



Deutsch-Tschechische
Industrie- und Handelskammer
Česko-německá
obchodní a průmyslová komora



WASSERSTOFF
REGION
H2NOPF

OBSAH

OBSAH	III
Seznam obrázků	VII
SEZNAM TABULEK.....	IX
SEZNAM ZKRATEK.....	XII
1 Úvod.....	1
1.1 Představení projektových regionů	1
1.2 Projekt HyBaBo	2
1.2.1 Úvodní informace o projektu.....	2
1.2.2 Výchozí situace a motivace projektu	2
1.2.3 Zúčastnění aktéři	3
1.2.4 Plán projektu.....	4
1.3 Cíle projektu.....	4
1.4 Práce s veřejností.....	4
2 Základy rozvoje vodíkového hospodářství	6
2.1 Evropská úroveň.....	6
2.2 Národní a regionální vodíkové strategie.....	7
2.3 Shrnutí	10
3 RÁMCOVÉ PRÁVNÍ PODMÍNKY.....	12
3.1 Evropská úroveň.....	12
3.1.1 Výroba vodíku RFNBO.....	12
3.1.2 Výroba nízkouhlíkového vodíku	16

3.1.3	Výroba pokročilých biopaliv.....	18
3.2	Česká perspektiva.....	19
3.2.1	Novela zákona o ochraně ovzduší.....	20
3.2.2	Spotřeba vodíku pro průmyslové účely	20
3.3	Německá perspektiva	20
3.3.1	Zákon o urychlení využívání vodíku.....	20
3.3.2	Vodík v rámci komunálního plánování zásobování teplem.....	21
4	Politická opatření na podporu rozvoje vodíkového hospodářství	23
4.1	Evropské dotační programy.....	24
4.1.1	Important Project of Common European Interest (IPCEI)	24
4.1.2	Hydrogen Valleys	24
4.1.3	INTERREG	25
4.1.4	HORIZON.....	25
4.2	České dotační programy	25
4.3	Celostátní spolkové dotační programy	26
4.3.1	Celostátní dotační programy	26
4.3.2	Podpora vodíkových čerpacích stanic v silniční dopravě v souvislosti s užitkovými vozidly s pohonem na vodík	27
4.3.3	Rozdílové smlouvy pro CO ₂	28
4.4	Bavorské dotační programy.....	29
4.4.1	Bavorská podpora vybudování infrastruktury pro elektrolýzu (BayFELI).....	29
4.4.2	Bavorský dotační program pro pořízení užitkových vodíkových vozidel	30

5	MÍSTNÍ RÁMCOVÉ PODMÍNKY	31
5.1	Zásobování energiemi	31
5.1.1	Zásobování tepelnou energií	31
5.1.2	Zásobování elektrickou energií	32
5.1.3	Energetické potřeby v sektoru hospodářství	33
5.2	Budoucí sítě pro přepravu vodíku v regionu	34
5.3	Hospodářská struktura	37
5.4	Mobilita	38
5.4.1	Silniční doprava	38
5.4.2	Železniční doprava	39
6	Analýza vodíkového potenciálu pro region HyBaBo	40
6.1	Technické rámcové podmínky	40
6.1.1	Vodík z elektrolýzy	41
6.1.2	Vodík z biogenních zbytků	42
6.1.3	Přeprava a skladování vodíku	45
6.1.4	Využití vodíku	47
6.2	Budoucí rozvoj vodíkového hospodářství v regionu	48
6.2.1	Rozvoj vodíkového hospodářství: ambiciózní scénář	51
6.2.2	Nárůst využívání vodíku: scénář střední cesty	52
6.2.3	Nárůst spotřeby vodíku: konzervativní scénář	53
6.2.4	Přenositelnost uvažovaných studií	54
6.3	Potenciál výroby vodíku se zaměřením na elektrolýzu a potenciál využití v projektové oblasti	55

6.4	Výroba vodíku z biogenních zbytků.....	65
6.4.1	Potenciál výroby vodíku ze zemědělství.....	66
6.4.2	Potenciál výroby vodíku z biologického odpadu a zeleného odpadu	67
6.4.3	Potenciál výroby vodíku z dřevních zbytků	69
6.4.4	Potenciál výroby vodíku z čistírenských kalů	72
6.4.5	Zařazení potenciálů do kontextu stávajících struktur využití.....	73
6.5	Shrnutí vodíkového potenciálu	73
7	ZÁVĚR A VÝHLED DO BUDOUCNA	76
7.1	Závěr	76
7.2	Doporučení k postupu	78
Příloha A.1 Časové vymezení a přístup k vyhodnocení sledovaných toků zbytkových materiálů		
		82
Příloha A.2 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu ze zemědělství		
		83
Příloha A.3 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z biologického odpadu a zeleného odpadu		
		87
Příloha A.4 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z dřevních zbytků		
		98
Příloha A.5 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z čistírenských kalů... ..		
		121
8	SEZNAM LITERATURY	124

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Kritéria pro výrobu vodíku z obnovitelných paliv nebiologického původu (RFNBO) podle delegovaného právního aktu RED II a 37. BImSchV.....	16
Obrázek 2: Část ze schválené základní sítě pro vodík (stav rozvoje k 31. 12. 2032). [51]	35
Obrázek 3: CGHI Corridor. [52]	36
Obrázek 4: 1,25 MW _{el} PEM elektrolyzátor (vlevo) s úpravnou vody (vpravo) ve městě Haßfurt [67].....	42
Obrázek 5: Procesní řetězec od biogenních zbytků až po dodávku vodíku na čerpací stanici [72].....	43
Obrázek 6: Plnicí stanice s logistickými komponenty pro výrobu a dodávku vodíku [89].	47
Obrázek 7: Stacionární vodíkový spalovací motor (vodíková kogenerační jednotka).....	48
Obrázek 8: Zobrazení 67 respondentů z průzkumu mezi podniky.	50
Obrázek 9: Nárůst využívání vodíku v ambiciózním scénáři.	52
Obrázek 10: Nárůst spotřeby vodíku ve středním scénáři.	53
Obrázek 11: Nárůst využívání vodíku v konzervativním scénáři.	54
Obrázek 12: Zjednodušené znázornění uvažovaného systému.	55
Obrázek 13: Současná vodíková infrastruktura a plánovaná hlavní síť v projektové oblasti.....	56
Obrázek 14: Oblasti s potenciálem pro vybudování budoucí vodíkové infrastruktury v projektové oblasti HyBaBo.....	57
Obrázek 15: Vývoj cen emisních povolenek v letech 2023 až 2026 [107].	63
Obrázek 16: Výsledné náklady na výrobu vodíku.	64

Obrázek 17: Procentuální rozložení lesních ploch podle druhu vlastnictví ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc	102
Obrázek 18: Podíl zaměstnanců v odvětví lesnictví a dřevařství na celkové zaměstnanosti v okresech a městech se samostatnou okresní působností v roce 2024, podle [142], legenda graficky přepracována.....	105
Obrázek 19: Procentuální rozložení lesních ploch podle druhu vlastnictví v Karlovarském kraji	109

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled celkových čistých investičních nákladů jednotlivých variant.....	60
Tabulka 2: Časové vymezení a přístup k vyhodnocení sledovaných toků zbytkových materiálů.....	82
Tabulka 3: Vstupní údaje pro výpočet potenciálu – stav hospodářských zvířat a výtěžky metanu –projektová oblast Bavorsko.....	85
Tabulka 4: Vstupní údaje pro výpočet potenciálu – stav zvířat a výtěžky metanu – Karlovarský kraj.....	85
Tabulka 5: Odvozené energetické a vodíkové potenciály podle druhu zvířat – projektová oblast Bavorsko.....	86
Tabulka 6: Odvozený energetický a vodíkový potenciál podle druhu zvířete – Karlovarský kraj.....	86
Tabulka 7: Vstupní parametry pro určení typů sídelní struktury v bavorské projektové oblasti.....	89
Tabulka 8: Klasifikace struktury osídlení a přiřazené podíly organických látek v komunálním odpadu	89
Tabulka 9: Charakteristické hodnoty specifické pro substrát pro výpočet potenciálu	94
Tabulka 10: Množství biologického odpadu a energetický a vodíkový potenciál dílčích oblastí.....	95
Tabulka 11: Objemy domovního odpadu a podíly a objemy organické složky v jednotlivých dílčích oblastech	95
Tabulka 12: Množství organické hmoty a energetický a vodíkový potenciál dílčích oblastí	96
Tabulka 13: Množství zeleného odpadu a energetický a vodíkový potenciál bavorských dílčích oblastí.....	97

Tabulka 14: Energetický a vodíkový potenciál z biologického odpadu a zeleného odpadu v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)	97
Tabulka 15: Rozložení lesních ploch ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc podle druhů vlastnictví.....	101
Tabulka 16: Lesní plochy dílčích regionů a plochy zohledněné pro odhad potenciálu	102
Tabulka 17: Množství starého dřeva a energetický a vodíkový potenciál bavorských dílčích oblastí.....	111
Tabulka 18: Energetický a vodíkový potenciál ze starého dřeva v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)	112
Tabulka 19: Množství lesnických zbytků dřeva v bavorských dílčích oblastech	113
Tabulka 20: Energetický a vodíkový potenciál výroby z lesnických zbytků dřeva v bavorských dílčích oblastech	113
Tabulka 21: Energetický a vodíkový potenciál lesního zbytkového dřeva v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)	114
Tabulka 22: Zaměstnanci v klastru lesnictví a dřevařství a z toho odvozené energetické potenciály ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc.....	115
Tabulka 23: Vstupní údaje týkající se zaměstnaných osob a odvozený počet zaměstnaných osob v klastru v Horních Frankách	115
Tabulka 24: Zaměstnanci v klastrech a škálování zaměstnanci v klastru v Horních Frankách	116
Tabulka 25: Podíly na klastru správního obvodu a dílčí energetické potenciály v Horních Frankách	117
Tabulka 26: Vstupní veličiny týkající se zaměstnaných osob a odvozený počet zaměstnaných v klastrech v Horní Falci	118
Tabulka 27: Zaměstnanci v klastru a škálování zaměstnanci v klastrech v Horní Falci	118

Tabulka 28: Podíly na klastru správního obvodu a dílčí energetické potenciály v Horní Falcí	119
Tabulka 29: Energetický potenciál a teoretický potenciál výroby vodíku z průmyslových zbytků dřeva v dílčích oblastech bavorské projektové oblasti	120
Tabulka 30: Objemy zpracovaného dřeva a vedlejší produkty pil v české projektové oblasti.....	120
Tabulka 31: Energetický a vodíkový potenciál vedlejších produktů pil v české projektové oblasti.....	121
Tabulka 32: Množství čistírenských kalů a teoretický potenciál výroby vodíku v bavorských dílčích oblastech	123
Tabulka 33: Množství čistírenských kalů a teoretický potenciál vodíku v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)	123

SEZNAM ZKRATEK

AEL	Alkalická elektrolýza
AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation
AltholzV	Vyhláška o starém dřevě (Altholzverordnung)
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CGHI	Czech-German Hydrogen Interconnector
CH ₄	Chemická značka: metan
CZK	Česká koruna
DFH	Prořezávkové dřevo
DOM	Domestic (domácnost)
EE	Obnovitelné energie
EEG	Zákon o obnovitelných zdrojích energie (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EHB	European Hydrogen Backbone
EK	Vlastní kapitál
EnFG	Zákon o financování energií (Energiefinanzierungsgesetz)
EnWG	Zákon o energetice (Energiewirtschaftsgesetz)
EWC	European Waste Catalogue
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
FAO	Food and Agriculture Organization
FAUNA	Plány pro přechod síťové infrastruktury na plné zásobování odběratelů vodíkem
FK	Cizí kapitál
FM	Čerstvá hmota
GEG	Zákon o energetice budov
GIS	Geoinformační systém
GW	Gigawatt

GWh	Gigawatthodina
H ₂	Chemická značka: vodík
H ₂ O	Chemická značka: voda
HD_C	High Demand Customer
HT	Vysoká teplota (> 200 °C)
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
HYTEP	Czech Hydrogen Technology Platform
IRH	Průmyslové zbytky dřeva
IROP	Integrovaný regionální operační program
KAV	Vyhláška o koncesních poplatcích za elektřinu a plyn
KrWG	Zákon o cirkulární ekonomice (Kreislaufwirtschaftsgesetz)
KTBL	Kuratorium pro techniku a stavebnictví v zemědělství
KVK	Karlovarský kraj
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodiny
KWK	Kombinovaná výroba tepla a elektřiny
KWKG	Zákon o kombinované výrobě tepla a elektřiny (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz)
KWP	Komunální plánování zásobování tepelnou energií
LD_C	Low Demand Customer
LWF	Bavorský zemský ústav pro lesnictví a lesní hospodářství
MD_C	Medium Demand Customer
MW	Megawatt
MWh	Megawatthodiny
NECP	National Energy and Climate Plans
NEW	Okres Neustadt a.d. Waldnaab
Nm ³	Normovaný metr krychlový
NT	Nízká teplota (< 200 °C)
NWS	Národní vodíková strategie Spolkové republiky Německo



O ₂	Chemická značka: kyslík
oTM	Organická sušina
PEM	Proton Exchange Membrane Elektrolyse
POH	Plán odpadového hospodářství
PPA	Power Purchase Agreement
PtG	Power-to-Gas (např. elektrolýza)
PV	Fotovoltaika
RED	Renewable Energy Directive
RFNBO	Renewable fuels non biological origin
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SKO	Směsný komunální odpad
SNP	Vedlejší produkty pil
SOEC	Vysokoteplotní elektrolýza s pevným oxidem
SPK	Kompenzace cen elektřiny
StromStG	Zákon o dani z elektřiny (Stromsteuergesetz)
TEN T	Transevropské dopravní síť
THG	Skleníkový plyn
TM	Sušina
TS	Suchá substance, sušina
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
Vbh	Hodiny plného využití (počet hodin provozu pod plným zatížením v roce)
WPG	Zákon o plánování zásobování tepelnou energií (Wärmeplanungsgesetz)
WRH	Lesní zbytky dřeva
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

1 ÚVOD

1.1 Představení projektových regionů

Zájmové regiony Karlovarský kraj, východní Horní Franky a severní Horní Falc se v mnoha ohledech podobají. Leží v pohraniční oblasti mezi Bavorskem a západními Čechami a jsou geograficky i historicky úzce propojeny. Geograficky jsou všechny tři regiony charakteristické středohorskou krajinou: severní Horní Falci dominuje Hornofalcký les, zatímco východní Horní Franky jsou silně ovlivněny pohořím Smrčiny (Fichtelgebirge) a částmi pohoří Frankenwald. Na české straně tato krajina v Karlovarském kraji pokračuje Krušnými horami a Českou kotlinou. Vysoký podíl lesů, srovnatelná nadmořská výška a mírné klima vytvářejí příznivé podmínky pro obnovitelné zdroje energie, jako je větrná energie a biomasa. Kromě toho jsou všechny tři regiony spíše venkovského charakteru a čelí podobným strukturálním výzvám, jako je demografická změna a důsledky již proběhlé strukturální transformace, z níž však zároveň vyplývají nové potenciály pro hospodářský rozvoj.

Navzdory těmto společným rysům existují i rozdíly. Karlovarský kraj je mezinárodně známý svými lázeňskými středisky, jako jsou Karlovy Vary, což mu dává výrazný turistický charakter. Naproti tomu severní Horní Falc je více orientována na zemědělství, zatímco východní Horní Franky mají poněkud výraznější průmyslovou základnu, zejména v oblasti malých a středních podniků. Mezi těmito regiony existuje mnoho historických vazeb. Všechny po staletí patřily ke Svaté říši římské národa německého, přičemž části severní Horní Falce a historického Chebska v některých dobách náležely k českému království. Staré obchodní cesty, jako například „Zlatá cesta“, která spojovala Norimberk s Prahou, podporovaly výměnu zboží, lidí a myšlenek. Po druhé světové válce byly tyto vztahy přerušeny železnou oponou. Teprve po politických změnách v letech 1989/90 a vstupu České republiky do EU v roce 2004 se přeshraniční spolupráce opět zintenzivnila. K oživení starých vazeb přispělo mnoho programů financovaných EU. Právě v oblasti zásobování energiemi vyplývají z těchto historických a geografických společných rysů dobré výchozí body. Rozdílné zkušenosti – například v oblasti energetické účinnosti nebo modernizace sítí – mohou vést k produktivní výměně. Zatímco Bavorsko v posledních letech intenzivně investovalo do rozvoje obnovitelných zdrojů energie, česká strana nabízí know-how v oblastech, jako je dálkové zásobování teplem nebo úspory

energie v průmyslu. Společně by měly vzniknout přeshraniční energetické infrastruktury, které nejen přispějí k regionální energetické bezpečnosti, ale také poskytnou ekonomické a ekologické impulsy. Severní Horní Falc, východní Horní Franky a Karlovarský kraj představují historicky a krajinně utvářený celek, který se ideálně hodí pro společný energetický projekt. Stávající společné rysy nabízejí pevný základ pro spolupráci, zatímco rozdíly představují příležitost pro vzájemné učení a doplňování kompetencí.

1.2 Projekt HyBaBo

1.2.1 Úvodní informace o projektu

Zahájením propojení mezi Bavorskem a Čechami posunuly Východobavorská technická vysoká škola Amberg-Weiden (Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden - OTH), Vysoká škola Hof (Hochschule Hof) a Krajská hospodářská komora Karlovarského kraje regionální rozvoj v oblasti vodíku, této technologie budoucnosti, o velký krok vpřed. Projekt s krátkým názvem HyBaBo („Hydrogen Bavaria Bohemia“) byl oficiálně zahájen na začátku dubna 2024 a trval do konce března 2026. Cílem partnerů projektu bylo prostřednictvím regionální spolupráce mezi Bavorskem a Čechy společně rozvíjet sousední regiony – tvořené okresy Tirschenreuth, Neustadt a.d. Waldnaab, městem a okresem Hof, jakož i městem Weiden na německé straně a Karlovarským krajem s městy a okresy Karlovy Vary, Cheb a Sokolov na české straně – v oblasti vodíkových technologií a umožnit koordinovaný rozvoj vodíkového hospodářství. Byla zahájena kontinuální výměna znalostí o vodíkových technologiích a obce s již rozsáhlými aktivitami v oblasti vodíku byly propojeny s obcemi s menšími zkušenostmi. Kromě přenosu znalostí v rámci celého hodnotového řetězce v oblasti vodíkového hospodářství se projekt zaměřil také na práci s veřejností: podařilo se vybudovat větší důvěru společnosti v tuto technologii, aby se mohla stát důležitým stavebním kamenem pro zvládnutí energetické transformace.

1.2.2 Výchozí situace a motivace projektu

V rámci energetické transformace je vodík napříč sektory jedním z nejslibnějších nosičů energie tam, kde není možné přímo využít obnovitelnou elektřinu nebo biogenní zbytky. V rámci národních programů proto v posledních letech vzniklo mnoho regionálních koncepcí.

Hraniční regiony Hof, Tirschenreuth a Karlovarský kraj však byly na mapě vodíkových regionů dosud bílými skvrnami. Projekt HyBaBo tuto mezeru vyplňuje a navazuje přeshraniční spolupráci. Cílem projektu bylo propojit v rámci přeshraniční sítě pro přenos znalostí aktéry z oblasti hospodářství, výzkumu, vzdělávání a komunální samosprávy a vytvořit tak okruh aktérů, který je následně schopen samostatně přistoupit k realizaci. Mezi aktivity patřilo propojení aktérů a pořádání akcí zaměřených na přenos znalostí a další vzdělávání v oblasti vodíkových technologií. Pro úspěšnou realizaci transferových aktivit byla souběžně vypracována studie potenciálu s mapou aktivit a konkrétní koncepcí využívání vodíku. To zahrnovalo stanovení konkrétní poptávky po vodíku v projektové oblasti. Přitom byly rozlišeny sektory průmyslu, mobility a výroby tepla (elektřina, teplo, mobilita) a byl stanoven potenciál pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů energie a (zbytkové) biomasy. Na základě těchto poznatků byla nakonec vypracována nadregionální regionální koncepce s cílem vytvořit regionální synergie a naplánovat bezproblémové možnosti zásobování. Cílovými skupinami byly malé a střední podniky, výzkumné a vzdělávací instituce, regionální síť, komunální rozhodovací orgány a budoucí odborníci.

1.2.3 Zúčastnění aktéři

Projekt Hydrogen Bavaria – Bohemia byl výsledkem spolupráce mezi Východobavorskou technickou vysokou školou Amberg-Weiden, Vysokou školou aplikovaných věd v Hofu a Krajskou hospodářskou komorou Karlovarského kraje. Projekt byl financován z programu INTERREG Evropské unie. Evropská územní spolupráce (INTERREG) je jedním z cílů financovaných v rámci strukturální podpory EU z Evropského fondu pro regionální rozvoj (EFRE). INTERREG se dělí na tři oblasti: přeshraniční, nadnárodní a meziregionální spolupráci. V programovém období 2021–2027 poskytne Evropská unie na tyto programy celkem 8,9 miliardy eur. Z toho 6,6 miliardy eur směřuje do programů přeshraniční spolupráce. Projekt HyBaBo byl podpořen částkou téměř 620 000 eur.

Projektový region zahrnoval okresy Neustadt a.d. Waldnaab, Tirschenreuth a Wunsiedel, město a okres Hof a město Weiden na německé straně, jakož i Karlovarský kraj s městy Karlovy Vary, Cheb a Sokolov na české straně. Cílem byl rozvoj projektového regionu v oblasti vodíkového hospodářství a navázání přeshraniční spolupráce.

1.2.4 Plán projektu

Harmonogram projektu HyBaBo se rozprostíral od dubna 2024 do března 2026 a zahrnoval čtyři úzce propojené aktivity. Na začátku byly v rámci workshopů, exkurzí a vzdělávacích akcí vytvořeny a posíleny regionální skupiny aktérů s cílem předávání znalostí o vodíkových technologiích a generování projektových myšlenek. Souběžně s tím proběhla od července 2024 do března 2025 komplexní analýza potenciálu za účelem stanovení poptávky po vodíku a možností jeho výroby, jakož i vyhodnocení konkrétních projektových přístupů. Na základě těchto výsledků byla od dubna 2025 do března 2026 vypracována tato přeshraniční regionální koncepce, která definovala strategické pokyny a konkrétní opatření pro rozvoj vodíkového hospodářství v pohraničním regionu. Po celou dobu trvání projektu doprovázela aktivity soustavná práce s veřejností, která informovala obyvatelstvo a zapojila do transformačního procesu další aktéry.

1.3 Cíle projektu

Cílem projektu bylo vytvoření skupiny aktérů v oblasti vodíku a přenos znalostí o vodíkových technologiích s cílem umožnit koordinovaný rozvoj vodíkového hospodářství v pohraničním regionu a urychlit stávající iniciativy. Za tímto účelem se partneři se stávajícími rozsáhlými aktivitami v oblasti vodíku (NEW HyPerspectives – modelový vodíkový region Neustadt a.d. Waldnaab s městem Weiden, HyExperts v okrese Wunsiedel) spojili s okresy a městy, které dosud neměly v této oblasti žádné zkušenosti (Karlovarský kraj, okresy Tirschenreuth a Hof, město Hof). Projekt koordinovala OTH Amberg-Weiden ve spolupráci s Vysokou školou v Hofu a jejím Institutem pro vodíkovou a energetickou techniku. Na české straně byla spolužadatelem Krajská hospodářská komora Karlovarského kraje, která fungovala jako multiplikátor pro místní podniky. Cílem aktivit bylo oslovit co nejvíce podniků a aktérů v příhraničním regionu.

1.4 Práce s veřejností

V rámci projektu HyBaBo byla systematicky rozvíjena a průběžně realizována práce s veřejností. Cílem bylo zviditelnit projekt v projektové oblasti, včas zapojit relevantní aktéry a zároveň rozšířit odborný horizont v oblasti vodíku. Webové stránky projektu byly pravidelně

aktualizovány o nejnovější zprávy o postupu projektu, akcích a výsledcích. Jako doplnění byla zřízena a aktivně využívána stránka na LinkedIn, aby byli odborníci i širší zainteresovaná veřejnost informováni o vývoji v projektu.

Pro cílené oslovení relevantních skupin aktérů byl vytvořen e-mailový newsletter, prostřednictvím kterého byly šířeny informace o projektu, upozornění na akce a informace o možnostech financování v oblasti vodíku. Kromě toho byl projekt HyBaBo představen na různých regionálních a nadregionálních akcích a tím prezentován potenciálním podporovatelům z oblasti ekonomiky, vědy, správy a politiky. Prostřednictvím těchto formátů byly kromě představení projektu zprostředkovány a diskutovány také nové perspektivy, příklady využití a aktuální vývoj z jiných regionů.

Dva projektové workshopy oslovily prostřednictvím vybudovaných komunikačních kanálů relevantní cílovou skupinu. Práce s veřejností byla navíc doplněna zpravodajstvím v médiích, mimo jiné televizními reportážemi a novinovými články o projektu.

Souběžně s formální prací s veřejností byla průběžně udržována a rozšiřována projektová síť. Pravidelná výměna informací mezi potenciálními uživateli, výzkumnými institucemi a poskytovateli podpory přispěla k odstranění informačních deficitů, k zvýšení povědomí aktérů o problematice vodíku a k vytvoření předpokladů pro další aktivity a možné investice v následujících fázích projektu.

2 ZÁKLADY ROZVOJE VODÍKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

Již od 90. let 20. století existují celosvětové dohody o ochraně klimatu. V současné době platí Pařížská klimatická dohoda (Paris Agreement), která vstoupila v platnost 4. listopadu 2016 a byla podepsána 195 státy po celém světě a zeměmi EU. Hlavním cílem je omezit globální oteplování výrazně pod 2 °C. Pro všechny státy jsou závazné národní cíle v oblasti ochrany klimatu, které se každých 5 let aktualizují a také zpřísňují. Mnoho zemí oznámilo, že sníží své čisté emise skleníkových plynů na nulu, tedy dosáhne klimatické neutrality do roku 2050 nebo později. Rozdíly existují v termínu (2050, 2060, 2070) a v právní závaznosti. [1]

Nadřazeným cílem obou projektových regionů v České republice a Německu jsou cíle Evropské unie dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. Vodík jako klimaticky neutrální nosič energie představuje jeden ze stavebních kamenů transformace energetiky a je zakotven ve společných cílech, ale také v cílech specifických pro jednotlivé země. Rozvoj vodíkového hospodářství je celosvětovým cílem, i když s různou rychlostí a různými prioritami. [2], [3]

2.1 Evropská úroveň

Evropská unie si jako svůj nejdůležitější strategický výchozí bod pro klimatickou a energetickou politiku zvolila Evropskou zelenou dohodu (European Green Deal), která byla zveřejněna v roce 2019. Tento strategický dokument představil vizi transformace EU na klimaticky neutrální ekonomiku do roku 2050 prostřednictvím postupného snižování emisí skleníkových plynů, podpory inovací, posílení oběhového hospodářství a komplexní modernizace energetiky a průmyslu. Evropská zelená dohoda tak představuje koncepční základ, na kterém stojí následná legislativa EU v oblasti dekarbonizace. [4]

V souladu s tímto rámcem byl v roce 2021 přijat Evropský zákon o klimatu, který poprvé v historii proměnil politické cíle v právně závazné normy. Zákon o klimatu stanoví, že Unie musí do roku 2030 snížit čisté emise skleníkových plynů ve srovnání s rokem 1990 nejméně o 55 % a do roku 2050 dosáhnout klimatické neutrality. Tyto cíle jsou hlavními body, které určují směr všech ostatních právních předpisů EU v oblasti energetiky, průmyslu a mobility. Aby se do roku 2030 snížily čisté emise skleníkových plynů nejméně o 55 % oproti roku 1990, přijala Evropská unie balíček Fit for 55 jako komplexní legislativní balíček k dosažení klimatické

neutrality. Tento balíček obsahuje řadu vzájemně propojených reforem a právních aktů, které se týkají téměř všech odvětví hospodářství. [3], [5]

Kromě toho byl v květnu 2022 představen plán REPowerEU, který vznikl jako reakce na energetickou krizi v důsledku ruské invaze na Ukrajinu. Cílem je rychle snížit závislost EU na dovozech fosilních paliv a zároveň urychlit energetickou transformaci směrem ke klimaticky neutrální energii vyráběné v rámci EU. [2]

V rámci celoevropského cíle REPowerEU bylo stanoveno, že do roku 2030 se v Evropské unii vyprodukuje 10 milionů tun vodíku a současně bude dovezeno 10 milionů tun vodíku z jiných zemí. Postupně mají být uzavřena dlouhodobá energetická partnerství se třetími zeměmi, vytvořeny importní koridory prostřednictvím potrubí a námořní dopravy a rozšířen obchod s vodíkem, kapalným vodíkem a jejich deriváty, jako je amoniak a syntetická paliva. [2]

Vybudování sítě European Hydrogen Backbone (EHB)

Důležitým evropským sdružením pro rozvoj vodíkového hospodářství je European Hydrogen Backbone (EHB). Toto sdružení, které v současné době sdružuje 33 evropských společností zabývajících se plynovou infrastrukturou z členských států EU, Norska, Spojeného království a Švýcarska, si stanovilo za cíl vybudovat celoevropskou síť potrubních vedení, která propojí výrobce, spotřebitele a skladovací lokality. Za tímto účelem budou stávající plynovody přebudovány a budou vybudována nová přeshraniční propojení. Vodík má být do Evropy dopravován převážně z Norska a severní Afriky prostřednictvím potrubních vedení. [6]

2.2 Národní a regionální vodíkové strategie

Realizace evropských klimatických cílů je upravena v národních energetických a klimatických plánech (NECP – National Energy and Climate Plans) jednotlivých členských států EU. Tím je zajištěno, že všechny členské státy Evropské unie společně dosáhnou dlouhodobých klimatických cílů, přičemž zároveň mohou být zohledněny příslušná národní specifika. Tyto NECP musí být pravidelně aktualizovány a pokrývají vždy období deseti let. NECP spojují energetickou politiku, ochranu klimatu, hospodářský rozvoj a bezpečnost dodávek v jednom integrovaném strategickém dokumentu. [7]

Německo a Česká republika po prvním zveřejnění svých NECP v roce 2019 provedly v roce 2024 revizi, aby zohlednily aktuální klimatické cíle a požadavky EU. Tyto plány zároveň představují základ, na kterém vznikají specifické sektorové strategie. Kromě NECP přijaly některé členské státy EU, jako například Německo a Česká republika, samostatnou národní vodíkovou strategii. [7]

Česká vodíková strategie

Vodíková strategie České republiky byla poprvé vypracována Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky v červenci 2021 a aktualizována vládním usnesením v červenci 2024. Strategie výslovně zahrnuje evropskou terminologii RFNBO a přizpůsobuje definice obnovitelného a nízkouhlíkového vodíku na národní úrovni. Tím se naplňuje závazek řídit se evropskými delegovanými právními akty (např. delegovaným nařízením (EU) 2023/1184), které stanoví podmínky pro výrobu obnovitelných paliv nebiologického původu, včetně obnovitelného vodíku. Vodíková strategie tak slouží jako strategický rámec pro koordinaci vnitrostátních politik, investic a plnění evropských cílů, přičemž výslovně definuje RFNBO jako jediný zákonem uznaný typ vodíku, který lze započítat do plnění cílů EU v průmyslu a dopravě. [8]

Souhrnně lze konstatovat, že Česká republika aktivně převádí evropské závazky v oblasti obnovitelných zdrojů energie a vodíku do svého právního systému, i když některé kroky k jejich provedení jsou ještě součástí legislativního procesu nebo jsou řešeny prostřednictvím strategických dokumentů a plánů. Hlavní evropské závazky jsou naplňovány zejména novelami zákonů (např. zákon o ochraně ovzduší), přípravou zvláštního zákona o urychlení rozvoje obnovitelných zdrojů energie a aktualizací strategií v oblasti energetiky a vodíku, jako je NECP a vodíková strategie. Tyto právní akty a dokumenty odrážejí závazky vyplývající z evropských směrnic a nařízení a zároveň přizpůsobují specifické vnitrostátní mechanismy k dosažení cílů EU v oblasti vodíku a obnovitelných zdrojů energie. [8]

Německá národní vodíková strategie

Německá národní vodíková strategie (NWS) je klíčovým nástrojem energetické a průmyslové politiky spolkové vlády pro provádění evropských požadavků na energetickou transformaci a

dosažení klimatických cílů. Byla poprvé přijata v roce 2020 a v červenci 2023 byla komplexně aktualizována, aby reagovala na změněné rámcové podmínky energetické politiky, rostoucí poptávku a nové technologické vývojové trendy. Cílem strategie je vybudování konkurenceschopného vodíkového hospodářství v rámci celého hodnotového řetězce – od výroby přes přepravu a skladování až po průmyslové využití. NWS je doplněna německou importní strategií pro vodík a deriváty vodíku s cílem vyslat jasné signály partnerským zemím a podnikům ohledně potřeby a ochoty Německa dovážet vodík a deriváty vodíku. Kromě strategických programů zřídila spolková vláda Národní radu pro vodík (NWR) jako nezávislý, nadstranický poradní orgán. Rada se skládá z vysoce postavených odborníků z oblasti hospodářství, vědy a občanské společnosti. [9]

Bavorská vodíková strategie

S cílem upevnit a rozšířit silnou pozici bavorského hospodářství a vědy v důležitém budoucím odvětví vodíku založil Svobodný stát Bavorsko v září 2019 v Norimberku centrum Wasserstoff.Bayern (H2.B). Na základě Bavorské vodíkové strategie přijaté v roce 2020 vytvořila zemská vláda vhodný rámec pro konkrétní podobu rozvoje vodíkového hospodářství ve Svobodném státě Bavorsko a v červenci 2024 zveřejnila Bavorskou vodíkovou strategii 2.0, která je součástí Energetického plánu Bavorska 2040. [10], [11]

V Bavorské vodíkové strategii jsou na základě aktuálního stavu uvedeny jasné cíle a konkrétní opatření pro rozvoj bavorského vodíkového hospodářství:

Cílem Bavorské vodíkové strategie je vytvoření základů a rámcových podmínek prostřednictvím konzistentního a pobídkového právního rámce pro rozvoj vodíkového hospodářství. Bavorsko se zaměřuje na nákup a dodávky vodíku na národním i mezinárodním trhu prostřednictvím dovozu, protože budoucí poptávka v Bavorsku výrazně převýší domácí výrobní kapacity. Zajištění dostupnosti vodíku má být realizováno s pomocí vodíkové základní sítě do roku 2032 a souběžného rozvoje sítě pro další propojení regionů. Transformace hospodářství a průmyslu má být podpořena otevřením širokých oblastí pro materiálové a energetické využití v průmyslu, mobilitě a energetice. Tyto cíle mají být realizovány posílením bavorských sítí a kompetencí v oblasti vodíku, jakož i doprovázením a podporou při budování

vodíkové infrastruktury v Bavorsku a prosazováním bavorských zájmů na spolkové a evropské úrovni. Aby bylo možné přesněji definovat požadované cíle a plánovaná opatření, zveřejnilo Centrum Wasserstoff.Bayern (H2.B) v roce 2022 vodíkovou roadmapu. V roce 2025 pracovalo H2.B na navazujícím dokumentu, který má být zveřejněn jako zpráva o pokroku. [10], [11]

2.3 Shrnutí

Navzdory společným evropským cílům v oblasti ochrany klimatu a společnému rámci se národní energetické a klimatické plány (NECP) České republiky a Spolkové republiky výrazně liší vzhledem k jejich ekonomické struktuře, charakteru energetického zásobování a politickým prioritám. Za účelem dosažení evropských klimatických cílů každý členský stát EU vypracovává a aktualizuje své národní energetické a klimatické strategie. Každá země má odlišné předpoklady a specifika, která se odrážejí v NECP.

Zásadní společnou charakteristikou je, že jak Německo, tak Česká republika plánují svou energetickou a klimatickou politiku integrovaně. Obě NECP se zabývají stejnými pěti klíčovými oblastmi: snižování emisí, rozšiřování obnovitelných zdrojů energie, zlepšování energetické účinnosti, zajištění energetického zásobování a podpora výzkumu a inovací. Kromě toho oba státy sledují nadřazený cíl klimatické neutrality do poloviny století a orientují se na evropské redukční cíle pro rok 2030. V obou zemích hraje důležitou roli také modernizace průmyslu, protože energeticky náročná odvětví hospodářství významně přispívají k emisím.

Rozdíly se projevují především v energetickém mixu a ve strategii transformace. Německo sází především na rychlý rozvoj obnovitelných zdrojů energie, jako je větrná a solární energie, a usiluje o rozsáhlou elektrifikaci dopravy, vytápění a průmyslových procesů. V důsledku odklonu od jaderné energie a plánovaného odklonu od uhlí hrají v německém NECP ústřední roli obnovitelné zdroje energie a nové technologie, jako je vodík.

Česká republika naopak sleduje diverzifikovanější přístup, v němž jaderná energie plní důležitou funkci pro stabilní a nízkouhlíkové zásobování elektřinou. Vzhledem k historicky významnému uhelnému průmyslu probíhá strukturální změna opatrněji a postupně, aby se

zmírnilo ekonomické a sociální dopady. Rozvoj obnovitelných zdrojů energie je rovněž podporován, avšak mírnějším tempem než v Německu.

Další rozdíl spočívá v ekonomických výchozích podmínkách. Německo má větší podíl sektoru služeb a rozsáhlé investiční kapacity pro technologie energetické transformace, zatímco Česká republika je silněji průmyslově orientovaná a klade proto zvláštní důraz na bezpečnost dodávek a konkurenceschopnost.

Navzdory těmto odlišným cestám sledují oba NECP stejný dlouhodobý cíl: transformaci na udržitelný, bezpečný a klimaticky šetrný energetický systém. Národní strategie ukazují, že v rámci společného evropského rámce jsou možné různé technologické a politické přístupy, pokud přispívají ke snížení emisí a k dosažení společných klimatických cílů.

V otázce vodíku se obě země zásadně liší: zatímco v Německu je vodík ústředním klíčovým prvkem energetické transformace, v České republice hraje vodík v rámci energetické transformace doplňkovou, avšak z dlouhodobého strategického hlediska významnou – avšak v současné době stále ještě nikoli ústřední – roli.

3 RÁMCOVÉ PRÁVNÍ PODMÍNKY

Evropská unie uložila členským státům v rámci své legislativy v oblasti energetické a klimatické politiky povinnost převést stanovené cíle a pravidla do svých vnitrostátních právních řádů (viz kapitola 2).

V oblasti obnovitelných zdrojů energie a vodíku vyplývají tyto povinnosti zejména ze směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (RED II), která byla následně revidována a doplněna v rámci balíčku „Fit for 55“ a plánu REPowerEU. [2], [5], [12]

Nová revize této směrnice, označovaná jako RED III (směrnice (EU) 2023/2413), upravuje také povinnosti členských států v souvislosti s původem a využíváním obnovitelných paliv nebiologického původu (RFNBO), k nimž patří i obnovitelný vodík. Směrnice RED III stanoví závazný cíl pro podíl obnovitelných zdrojů energie na energetickém mixu EU do roku 2030 ve výši minimálně 42,5 %, s možností zvýšení na 45 %, včetně povinnosti členských států podporovat spotřebu obnovitelného vodíku v průmyslu a dopravě. Směrnice RED III byla transponována do vnitrostátních právních řádů členských států. [13]

Dále se věnujeme části příslušných předpisů EU, zejména z oblasti výroby vodíku, jakož i částem z Německa a České republiky.

3.1 Evropská úroveň

3.1.1 Výroba vodíku RFNBO

Následující definice se vztahuje na obnovitelná paliva nebiologického původu (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBO) a tedy i na elektrolyticky vyráběný vodík, který se používá v odvětví mobility. Dále musí být prokázáno, že tzv. RFNBO ušetří v rámci celého svého hodnotového řetězce, včetně přepravy na čerpací stanici, minimálně 70 % emisí skleníkových plynů ve srovnání s fosilní referencí. Fosilním referenčním palivem je vodík na bázi zemního plynu, který se vyrábí parním reformováním. Kritéria byla na úrovni EU formulována v tzv. „delegovaném právním aktu“ v rámci směrnice RED II a dne 14. 3. 2024 převzata do 37. BImSchV (německé právo) [14], [15]. Kromě toho nová směrnice RED III stanoví minimální

podíl paliv RFNBO (např. vodíku) ve výši 1 % konečné spotřeby energie v odvětví dopravy [16]. Kritéria platí stejně pro všechny země EU.

V případě, že mezi zařízením RFNBO (nazývaným také zařízením PtX) a zařízením na výrobu energie z obnovitelných zdrojů existuje přímé elektrické propojení bez odbočky přes veřejnou síť, považuje se vodík za obnovitelný, pokud bylo zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů uvedeno do provozu nejpozději 36 měsíců před zařízením RFNBO a lze vyloučit odběr elektřiny ze sítě zařízením RFNBO.

Pro možnost odběru elektřiny z elektrické sítě pro provoz elektrolyzérů vyplývají následující čtyři případy:

Případ 1

Vodík je tedy vyroben z obnovitelných zdrojů, pokud se zařízení nachází v nabídkové zóně, ve které průměrný podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů v předchozím kalendářním roce přesáhl 90 % a výroba nepřekročí maximální počet hodin, který byl stanoven v poměru k podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů v dané nabídkové zóně.

Jakmile průměrný podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů v kalendářním roce překročí 90 %, považuje se i v následujících pěti kalendářních letech za vyšší než 90 %.

Nabídkové zóny platné pro region projektu jsou zóna Německo-Lucembursko a Česká republika. V těchto zónách musí podle 37. BImSchV obsahovat energetický mix 90 % obnovitelných zdrojů energie, aby bylo možné bez dalších omezení využívat elektřinu ze sítě pro výrobu RFNBO.

Případ 2

Nejsou-li splněny podmínky uvedené v případě 1, mohou výrobci paliv započítat elektřinu odebranou ze sítě jako plně obnovitelnou, pokud se zařízení nachází v nabídkové zóně, v níž emisní intenzita elektřiny činí méně než 18 g CO₂ eq/MJ (65 g CO₂ eq/kWh), za předpokladu, že jsou splněna následující kritéria:

- pokud existuje smlouva o nákupu elektřiny (PPA), která zajišťuje veškerou elektřinu použitou pro výrobu obnovitelného vodíku
- jsou-li splněny podmínky pro časovou a geografickou korelaci podle článků 6 a 7 delegovaného právního aktu

Emisní intenzita elektřiny se vypočítá podle čl. 28 odst. 5 směrnice (EU) 2018/2001. Jakmile je emisní intenzita elektřiny v kalendářním roce nižší než 18 g CO₂ eq/MJ (65 g CO₂ eq/kWh), považuje se průměrná emisní intenzita elektřiny i v následujících pěti kalendářních letech za nižší než 18 g CO₂ eq/MJ (65 g CO₂ eq/kWh). Tato úleva umožňuje vyrábět RFNBO v nabídkových zónách s nízkým podílem OZE a zároveň nízkými specifickými emisemi. To je důležité zejména v nabídkových zónách, které jsou charakteristické „emisně neutrální“ elektřinou z jaderných elektráren, jako je např. Francie.

Pro porovnání: průměrné specifické emise pro rok 2024 činí v Německu 331 g CO₂ eq/kWh a v České republice 476 g CO₂ eq/kWh [17]. V obou zemích tedy není podle tohoto případu výroba vodíku RFNBO možná.

Případ 3

Elektřina odebraná ze sítě může být rovněž započítána jako zcela obnovitelná, pokud je spotřebována během vyrovnávacího období, během něhož může výrobce paliva na základě dokladů od národního provozovatele přenosové soustavy prokázat, že:

- u zařízení na výrobu elektřiny využívajících obnovitelné zdroje energie byl v souladu s článkem 13 nařízení (EU) 2019/943 proveden redispečink směrem dolů
- elektřina spotřebovaná na výrobu vodíku snížila potřebu redispečinku v odpovídajícím rozsahu

Případ 4

Elektřina odebraná ze sítě může být započítána jako plně obnovitelná, pokud splňuje podmínky adicionality, časové a geografické korelace podle článků 5, 6 a 7 delegovaného právního aktu.

Adicionalita (zásada dodatečnosti):

Vlastní zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů nebo PPA s odpovídajícím množstvím elektřiny,

- která byla uvedena do provozu nejdříve 36 měsíců před uvedením zařízení PtX do provozu,
- pokud zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů neobdrželo žádné podpory ve formě provozních nebo investičních dotací (existují určité výjimky).

Poznámka: Zařízení RFNBO, která budou uvedena do provozu před rokem 2028, jsou do 31. 12. 2037 osvobozena od požadavků týkajících se adicinality. Tím je zajištěno, že elektrolyzéry mohou vyrábět vodík i s existujícími zařízeními na výrobu energie z obnovitelných zdrojů, pokud je elektřina odebírána prostřednictvím PPA.

Časová korelace:

- Do konce roku 2029: pokud je vodík vyráběn ve stejném kalendářním měsíci jako elektřina použitá k jeho výrobě (přímo spotřebovaná nebo uložená ve stejném kalendářním měsíci).
- Od začátku roku 2030: časový horizont se zkracuje na jednu hodinu.
- Časová korelace se považuje za splněnou vždy, pokud je clearingová cena elektřiny nižší než 20 EUR/MWh nebo nižší než 0,36násobek ceny emisní povolenky.

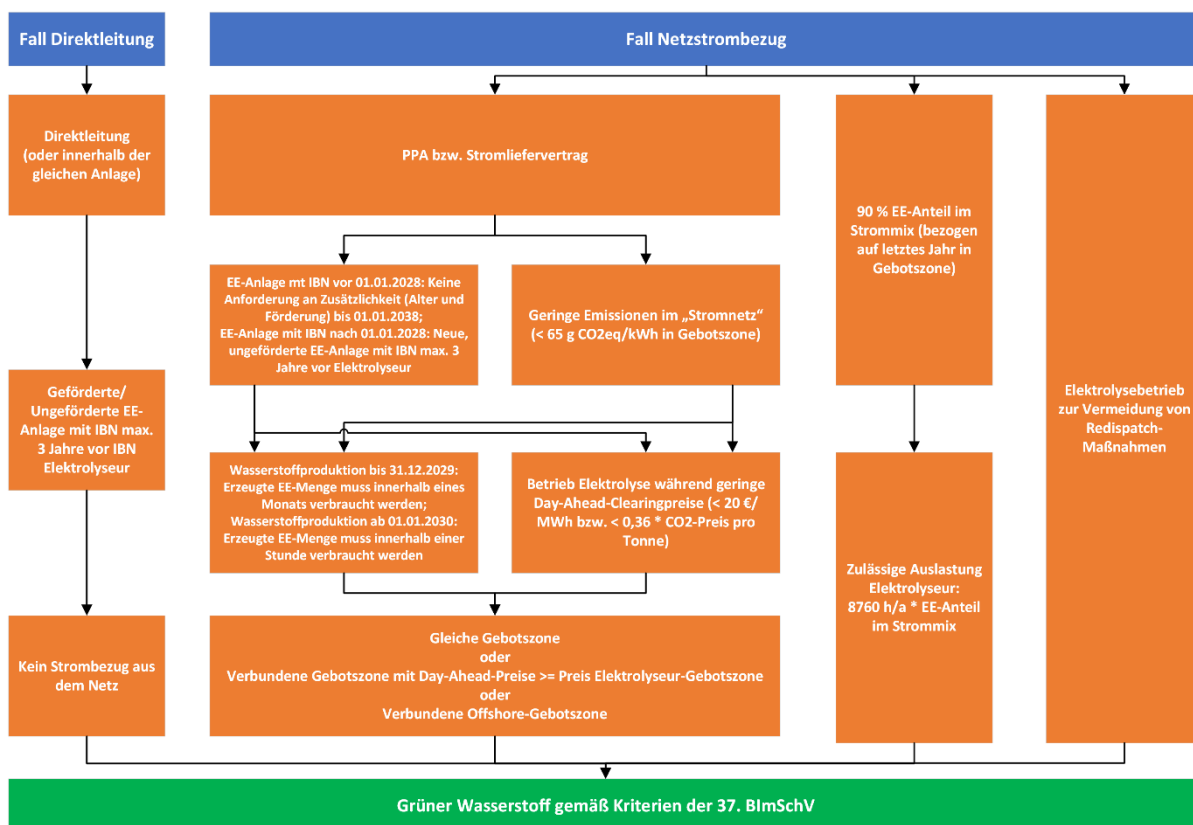
Tím se zajistí, že v síti nebude žádná elektřina z fosilních zdrojů nebo výhradně elektřina z fosilních zdrojů, která v žádném případě nepřispívá k pokrytí mezních nákladů fosilní elektrárny a je proto prodávána neekonomicky (tzv. efekt Merit Order).

Geografická korelace:

- Zařízení PtX s PPA se nachází ve stejné nabídkové zóně jako zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů.
- Zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů může být také v sousední nabídkové zóně, pokud jsou ceny elektřiny vyšší nebo stejné jako v nabídkové zóně zařízení PtX.

- Offshore zařízení, které v rámci PPA dodávají elektřinu do nabídkové zóny na pevnině propojené s pobřežní zónou, ve které se nachází zařízení PtX.

Obrázek 1 znázorňuje rozhodovací strom, ve kterém jsou postupně provedeny všechny kontrolní kroky. To umožňuje individuální posouzení vyrobeného vodíku v konkrétním případě nebo projektu.



Obrázek 1: Kritéria pro výrobu vodíku z obnovitelných paliv nebiologického původu (RFNBO) podle delegovaného právního aktu RED II a 37. BImSchV.

3.1.2 Výroba nízkouhlíkového vodíku

Balíčkem opatření pro trh s vodíkem a plyny vytvořila EU v roce 2024 konzistentní právní rámec pro obnovitelné a nízkouhlíkové plyny. Ústředními prvky jsou směrnice (EU) 2024/1788 a nařízení (EU) 2024/1789, které stanovují společná pravidla pro terminologii, certifikaci a infrastrukturu pro obnovitelné a nízkouhlíkové plyny – včetně vodíku. Směrnice

rovněž ukládá Evropské komisi povinnost vypracovat jednotnou metodu pro hodnocení úspor skleníkových plynů u nízkouhlíkových paliv.

Tato metodika byla přijata nařízením v přenesené pravomoci (EU) 2025/2359 dne 8. července 2025. Doplnjuje směrnici 2024/1788 a definuje, jak se mají vypočítávat úspory skleníkových plynů v průběhu celého životního cyklu – včetně emisí v předcházejících a následných fázích a skutečně dosaženého zachycování CO₂. [18]

EU definuje nízkouhlíkový vodík jako vodík, u kterého je úspora skleníkových plynů nejméně 70 % oproti referenční hodnotě EU pro fosilní paliva (94 g CO₂eq/MJ). To odpovídá maximální intenzitě emisí v průběhu životního cyklu 28,2 g CO₂eq/MJ, resp. 3,38 kg CO₂eq na kg H₂. Tato prahová hodnota představuje v praxi rozhodující mez pro klasifikaci vodíku a jeho derivátů jako „nízkouhlíkových“. Nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2025/2359 stanoví, že při bilancování je třeba zohlednit všechny relevantní kroky procesu. Patří sem emise z dodávek vstupních surovin, procesní energie a přeměny, přepravy a distribuce, jakož i kredity z zachycování a geologického ukládání CO₂ (CCS). Stejně tak je třeba výslovně zahrnout úniky metanu, například z těžby a přepravy zemního plynu. Pro výrobní postupy založené na využití elektřiny, které nespádají pod RFNBO (viz kapitola 3.1.1), např. elektrolýzu s elektřinou z rozvodné sítě s nízkými emisemi, obsahuje metodika možnosti přiřazení emisního faktoru elektřiny. U výrobních postupů založených na plynu definuje EU emisní faktory pro intenzitu emisí CO₂ a metanu použitého paliva. Pro zemní plyn byly tyto faktory stanoveny mimo jiné na 4,9 g CO₂/MJ. Metodika navíc rozlišuje mezi plynem z plynovodu a LNG. [18]

Níže je podrobněji vysvětlena metodika možností přiřazování elektřiny pro využití síťové elektřiny během elektrolýzy [18]. Nová metodika EU v zásadě umožňuje, aby byl vodík klasifikován jako *nízkouhlíkový*, i když je vyráběn pomocí síťové elektřiny. K tomu existují čtyři různé způsoby přiřazování pro hodnocení emisí z elektřiny: roční průměry, hodinové průměry, přístup založený na plném využití provozních hodin a přístup založený na marginální technologii. U ročních průměrů se používají průměrné emisní faktory energetického mixu členského státu EU. V roce 2023 činily tyto hodnoty v Německu 103,8 g CO₂eq/MJ a v České republice 127,6 g CO₂eq/MJ. Čím nižší je tato hodnota, tím snáze může elektrolyzátor splnit požadavky na nízkouhlíkový vodík. Prostřednictvím hodinových průměrů může elektrolyzátor

zlepšit svou emisní bilanci tím, že bude cíleně pracovat v hodinách, kdy je prognózovaný emisní faktor síťové elektřiny obzvláště nízký. Tento přístup předpokládá, že metoda byla schválena národním dozorovým orgánem. Přístup založený na hodinách plného využití umožňuje stanovit emise na 0 g CO₂eq/MJ, pokud elektrolyzátor neběží více hodin, než kolik bylo v předchozím roce hodin, ve kterých byla cena elektřiny určována obnovitelnými zdroji energie nebo jadernými elektrárnami. V případě překročení této hranice platí vysoká standardní hodnota 183 g CO₂eq/MJ. Při přístupu založeném na marginální technologii se použije emisní hodnota technologie, která v daném okamžiku určuje cenu. Je však přípustný pouze tehdy, pokud národní provozovatel přenosové soustavy poskytuje tyto údaje v hodinovém intervalu a transparentním způsobem.

Německo může díky svému energetickému mixu s nižšími emisemi a vysokému podílu obnovitelných zdrojů energie častěji vykazovat hodiny, ve kterých je elektrolyza klimaticky šetrná. Díky flexibilnímu způsobu provozu (např. provoz ve větrných a slunečných hodinách) lze certifikaci jako *nízkouhlíkovou* dosáhnout snáze. V České republice je to obtížnější, protože energetický mix bude až do plánovaného odchodu od uhlí v roce 2033 (viz [19]) i nadále výrazně ovlivněn fosilními palivy. Fosilní elektrárny tam častěji určují cenu elektřiny, což zhoršuje jak roční průměry, tak využitelná hodinová časová okna. V důsledku toho jsou podmínky pro klasifikaci vodíku jako „nízkouhlíkového“ méně příznivé než v Německu.

3.1.3 Výroba pokročilých biopaliv

Pokročilá biopaliva (Advanced Biofuels) jsou v evropském právním rámci definována jako biopaliva vyráběná ze surovin uvedených v příloze IX části A směrnice (EU) 2018/2001 (RED II). Patří sem zejména vybrané frakce odpadů a zbytkových materiálových toků [12]. Příloha IX uvádí kromě toho také suroviny pro výrobu bioplynu pro dopravu. Aby mohla být tato paliva v rámci směrnice zohledněna, musí být splněna stanovená kritéria udržitelnosti a snižování emisí skleníkových plynů. Vliv na emise skleníkových plynů se přitom musí stanovit podle předepsané metodiky s ohledem na celý životní cyklus a vztáhnout k referenční hodnotě pro fosilní paliva. Souběžně s tím evropský právní rámec omezuje podíl biopaliv z potravinářských a krmných plodin a obsahuje zvláštní požadavky na suroviny s vysokým rizikem nepřímých změn ve využívání půdy.

Směrnici RED III byla zvýšena úroveň ambicí v odvětví dopravy. Do roku 2030 musí členské státy buď dosáhnout podílu obnovitelných zdrojů energie v dopravě ve výši nejméně 29 %, nebo alternativně snížit intenzitu skleníkových plynů o nejméně 14,5 % [13]. Kromě toho platí kombinovaná dílčí kvóta ve výši nejméně 1 % v roce 2025 a 5,5 % v roce 2030 pro pokročilá biopaliva a bioplyn ze surovin podle přílohy IX části A a pro obnovitelná paliva nebiogenního původu. V roce 2030 musí alespoň jeden procentní bod připadnout na obnovitelná paliva nebiologického původu (RFNBO). Tyto cílové hodnoty vycházejí ze změn zavedených směrnicí RED III.

Pro regulační hodnocení pokročilých biopaliv nejsou rozhodující pouze použité suroviny. Směrnice RED spojuje uznání biopaliv také s kritérii udržitelnosti a snižování emisí skleníkových plynů. Dopad na skleníkové plyny se vypočítává na základě metodiky stanovené v příloze V s ohledem na celý životní cyklus a zahrnuje zejména emise z těžby nebo pěstování surovin, zpracování, přepravy a distribuce [12]. Označení produktů jako FAME (Fatty Acid Methyl Ester, metylester mastných kyselin) nebo HVO (Hydrotreated Vegetable Oil, hydrogenované biogenní oleje a tuky) proto samy o sobě ještě neopravňují zařazení do kategorie pokročilých biopaliv. Regulační zařazení závisí spíše na použitých surovinách a na splnění požadavků na udržitelnost a na prokazování.

V letectví je nutné pojmové rozlišení. Udržitelné letecké palivo (Sustainable Aviation Fuels, SAF) zahrnuje syntetická letecká paliva, letecká biopaliva (včetně pokročilých biopaliv), další biopaliva a recyklovaná letecká paliva na bázi uhlíku [20], [21]. Pokročilá biopaliva tak mohou být součástí SAF, nelze je však ztotožňovat s SAF jako takovým. Regulační uznání předpokládá, že daná letecká biopaliva splňují kritéria udržitelnosti a emisí skleníkových plynů v průběhu životního cyklu stanovená směrnicí RED a jsou certifikována v souladu s článkem 30 směrnice RED [21].

3.2 Česká perspektiva

V České republice je provádění evropských závazků již patrné v řadě vnitrostátních právních předpisů, i když některé závazky vyplývající ze směrnice RED III stále čekají na své konečné přijetí a dokončení legislativního procesu.

3.2.1 Novela zákona o ochraně ovzduší

Prvním krokem v tomto směru byla zejména novela zákona o ochraně ovzduší, která provádí část závazků souvisejících s obnovitelnými palivy nebiologického původu v odvětví dopravy. Tato novela, která byla v prosinci 2024 schválena Poslaneckou sněmovnou a v únoru 2025 podepsána prezidentem, zavádí pro vybrané dodavatele paliv povinnost zajistit v jednotlivých letech do roku 2030 minimální podíl pokročilých biopaliv a obnovitelných paliv nebiologického původu v odvětví dopravy. Část těchto povinností stanoví minimální podíl energie z obnovitelných paliv nebiologického původu v dopravě ve smyslu požadavků evropské směrnice RED III, a tím splňuje evropskou povinnost transpozice. Součástí nařízení je také postupné snižování emisí skleníkových plynů z energie dodávané v odvětví dopravy podle harmonogramu stanoveného českým zákonem. [22]

3.2.2 Spotřeba vodíku pro průmyslové účely

Další oblastí transpozice je průmyslová spotřeba vodíku. V České republice je to upraveno v rámci transpozice směrnice RED III do energetického a podpůrného práva. Pro podniky s vysokou spotřebou vodíku jsou zde stanoveny minimální podíly obnovitelného vodíku. Tento podíl je v české právní úpravě stanoven nižší, než jak předpokládá samotná směrnice RED III – zatímco směrnice předpokládá cíle až 42% podílu obnovitelných paliv nebiologického původu v průmyslové spotřebě do roku 2030, česká transpozice tento závazek snižuje (například na 10 % pro velké spotřebitele od roku 2030 s následným zvyšováním podílů). [23]

3.3 Německá perspektiva

3.3.1 Zákon o urychlení využívání vodíku

Návrh zákona o urychlení využívání vodíku (zkratka WasserstoffBG) si klade za cíl zvýšit dostupnost vodíku tím, že urychlí, zjednoduší a plně digitalizuje plánovací, schvalovací a zadávací řízení v rámci hodnotového řetězce vodíku, aby účinně podpořil rozvoj národní vodíkové infrastruktury. Příslušným zařízením a potrubím je za tímto účelem přiznán status „výjimečného veřejného zájmu“, díky čemuž jim při rozhodování úřadů přikládají zvláštní váhu. Klíčovými nástroji jsou jasná úprava lhůt, komplexní digitalizace řízení a zrychlená zadávací řízení. Konkrétně se mimo jiné počítá s maximálními lhůtami v povolenacích řízeních podle

vodního práva, digitálními schvalovacími procesy, usnadněním předčasného zahájení opatření, zkrácením počtu instancí a zrychlenými řízeními. Současně se plánují úlevy v energetickém právu pro povolování vodíkových potrubí. Pro ověření účinnosti zrychlujících nástrojů počítá vládní návrh s povinnostmi hodnocení a podávání zpráv. [24]

Do věcné působnosti zákona patří zejména elektrolyzéry, zařízení na dovoz vodíku a jeho derivátů (např. amoniak, metanol), skladovací zařízení a potrubní infrastruktura. Zákon tak pokrývá celý dodavatelský řetězec. Za účelem dekarbonizace sektorů, které lze jen těžko přímo elektrifikovat, jsou navíc zahrnuta zařízení na výrobu syntetických paliv. Oproti dřívějším návrhům rozšiřuje vládní návrh rozsah mimo jiné o zařízení na výrobu vodíku z biogenních zbytků, na zpětnou přeměnu (krakování) derivátů a na úpravu. Dále by měla být usnadněna těžba přírodního vodíku tím, že bude definován jako vyhrazený nerost ve Spolkovém horním zákoně a bude tak podléhat režimu horního práva pro vyhrazené nerosty. [24]

3.3.2 Vodík v rámci komunálního plánování zásobování teplem

Komunální plánování zásobování tepelnou energií (něm. zkr. KWP) je strategický nástroj pro přípravu klimaticky neutrálního zásobování teplem na komunální úrovni. Cílem tepelného plánu je nabídnout občanům na základě neutrální a technologicky otevřené analýzy orientaci při výběru budoucích systémů vytápění. Zveřejnění tepelného plánu s sebou ještě nenese žádné bezprostřední rozhodnutí o realizaci nebo výstavbě. Komunální plánování zásobování tepelnou energií se spíše zaměřuje na dlouhodobé strategické směřování obce, aby bylo možné strukturovaně zahájit a trvale prosazovat transformační proces v odvětví tepelné energie. Právní rámec na federální úrovni vyplývá ze Zákona o plánování zásobování tepelnou energií (zkratka WPG) a zákona o energetice budov (zkratka GEG) [25], [26]. Povinnost provádět komunální plánování zásobování tepelnou energií je v Bavorsku přenesena na obce prostřednictvím zemského práva. Obce s více než 100 000 obyvateli musí plánování zásobování tepelnou energií dokončit nejpozději do 30. června 2026, obce s až 100 000 obyvateli nejpozději do 30. června 2028.

V rámci komunálního plánování zásobování tepelnou energií lze vodík integrovat jako flexibilní a klimaticky šetrný nosič energie s cílem postupně nahradit fosilní paliva a dosáhnout cíle v oblasti emisí CO₂. Vodík přitom nabízí potenciál zejména v oblastech, kde

konvenční technologie, jako jsou decentralizované možnosti zásobování nebo tepelná síť, narážejí na své limity. Průmysl hraje v tomto transformačním procesu ústřední roli. Průmyslové podniky, zejména v odvětvích jako chemická a ocelářská výroba, ale také výroba skla a porcelánu, mohou v tomto procesu fungovat jako motor, který pohání místní rozvoj vodíkových technologií a systémů pro přepravu vodíku. [27]

Dalším důležitým prvkem v této součinnosti může být využití „plánů pro přechod síťové infrastruktury na plné zásobování odběratelů vodíkem“ („FAUNA“). Takový plán může být následně vypracován a schválen v návaznosti na komunální plánování zásobování tepelnou energií; základem pro to je vymezení oblastí rozšiřování vodíkové sítě v rámci vypracování plánu tepelné energie. Oblast rozvoje vodíkové infrastruktury lze vymezit např. na základě toho, že průmyslový podnik nemá v oblasti procesního plynu nebo procesního tepla jinou alternativu. [27]

FAUNA tak na základě KWP vytváří jasný rámec pro transformaci infrastruktury plynárenské sítě na udržitelnou dodávku založenou na vodíku. Stanovením termínů přechodu, povinností prokazovatelnosti a definovaných milníků vytvářejí plány FAUNA jistotu plánování pro všechny aktéry – od provozovatelů sítí přes obce až po průmyslové partnery a odběratele vodíku. Plán rozvoje využití vodíku umožňuje koordinovanou a transparentní realizaci strategií přechodu a podporuje cílené investice do nezbytné infrastruktury. [27]

Celkově vzniká díky kombinovanému pohledu na vodík jako nosič energie, aktivní roli průmyslu a strukturovaným plánům pro vodík integrativní přístup ke komunálnímu plánování zásobování tepelnou energií.

4 POLITICKÁ OPATŘENÍ NA PODPORU ROZVOJE VODÍKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

Rozvoj vodíkového hospodářství je spojen se značnými ekonomickými a strukturálními výzvami, které vyžadují podporu a vytvoření pobídek. Zejména vysoké výrobní náklady na obnovitelný vodík, chybějící infrastruktura a nejistoty ohledně budoucí poptávky vedou ke zvýšeným investičním rizikům. Pro vybudování vodíkového hospodářství jsou nutné investice v rámci celého hodnotového řetězce, protože výroba, dopravní infrastruktura a průmyslové využití musí být budovány současně. Bez politických zásahů vzniká takzvaný „problém slepice a vejce“, který zpomaluje rozvoj trhu s vodíkem.

Podpůrná opatření proto směřují ke snížení investičních rizik, dočasnému vyrovnání nákladových rozdílů a urychlení procesů osvojování technologií. Podporou výzkumu, demonstračních projektů, infrastruktury a uvedení na trh má být umožněn přechod z rané fáze vývoje k dlouhodobě soběstačnému trhu s vodíkem. V tomto kontextu hraje dotační politika ústřední roli při budování evropského vodíkového hospodářství.

Technologické inovace často sledují takzvané křivky učení: s rostoucím objemem výroby klesají náklady díky efektům zkušeností, standardizaci a efektivnějším výrobním procesům. Historické příklady z odvětví fotovoltaiky a větrné energie ukazují, že státní počáteční podpory byly rozhodující pro pozdější snížení nákladů.

Rozvoj vodíkového hospodářství je podporován prostřednictvím různých dotačních programů na několika úrovních. Podporu mají poskytovat centrální programy Evropské unie, národní dotační programy v Německu a České republice a také bavorské dotační programy. Cílem je vybudování kompletního vodíkového hospodářství podél celého hodnotového řetězce – od výzkumu přes výrobu až po infrastrukturu a průmyslové aplikace. V rámci této práce bychom rádi upozornili na některé možnosti podpory a blíže je představili.

4.1 Evropské dotační programy

4.1.1 Important Project of Common European Interest (IPCEI)

Podpora vodíkových projektů v rámci tzv. IPCEI (Important Projects of Common European Interest) je klíčovým nástrojem průmyslové politiky Evropské unie, jehož cílem je urychlit rozvoj klimaticky neutrálního vodíkového hospodářství. IPCEI není jednorázový program, ale dotační nástroj, který lze využívat opakovaně a který podporuje společný evropský rozvoj dané technologie i v jiných oblastech, jako je například bateriový průmysl.

Dosud EU schválila čtyři velké vlny vodíkových projektů IPCEI: Hy2Tech, Hy2Use, Hy2Infra a Hy2Move. Ty společně pokrývají celý vodíkový hodnotový řetězec. Patří sem investice do výroby zeleného vodíku, vodíkové infrastruktury a využití vodíku v průmyslu a dopravě.

Celkem se na nich podílí přibližně 100 podniků z více než 15 zemí, mezi nimiž jsou jak velké průmyslové koncerny, tak specializovaní dodavatelé technologií. Na úrovni EU bylo dosud zaregistrováno přes 400 projektů z 18 států. [28]

4.1.2 Hydrogen Valleys

Hydrogen Valleys jsou regionální vodíkové ekosystémy, které propojují mobilitu, průmysl a energetiku prostřednictvím společné infrastruktury. Tyto klastry pokrývají celý hodnotový řetězec a vytvářejí decentralizované struktury pro výrobu, distribuci a využití vodíku v Evropě. V rámci programu Horizont existují dvě varianty:

- Small scale: Vyžadují roční produkci 500 tun vodíku, který slouží několika sektorům, a musí snížit emise uhlíku ve srovnání s fosilními technologiemi.
- Large scale: Vyžadují 4 000 tun vodíku, který slouží několika sektorům, a musí snížit emise uhlíku ve srovnání s fosilními technologiemi; zásobování alespoň dvou aplikací vodíku z různých sektorů.

Projekty mohou vyrábět vodík elektrolýzou, pyrolýzou nebo parní reformací. Podporována je výstavba výrobních zařízení a infrastruktury i jejich uvádění do provozu, nikoli však provozní náklady. „Technology Readiness Level“ (úroveň technologické připravenosti) musí vzrůst ze stupně 6 na 8. Maximální částky podpory činí 9 milionů eur (small scale), resp. 20 milionů eur (large scale). [29], [30]

4.1.3 INTERREG

Program Interreg podporuje přeshraniční, nadnárodní a meziregionální spolupráci mezi evropskými regiony s cílem vyvinout společná řešení ekonomických, sociálních a ekologických výzev. Podporovány jsou společné projekty veřejných institucí, podniků a výzkumných zařízení v oblastech, jako jsou inovace, ochrana životního prostředí a vzdělávání. Interreg posiluje výměnu know-how, zlepšuje mobilitu a přispívá ke snižování regionálních rozdílů. Program tak podporuje udržitelný rozvoj a evropskou soudržnost, zejména v pohraničních regionech. Zde je v přeshraničním kontextu důležité především téma vodíku a společný rozvoj vodíkového hospodářství v příhraničních regionech.

4.1.4 HORIZON

Partnerství pro čistý vodík (Clean Hydrogen Partnership) zveřejnilo v rámci programu Horizon Europe novou výzvu k podávání žádostí o podporu pro výzkumné a inovační projekty v oblasti vodíku. Celkový objem podpory činí 105 milionů eur a je rozdělen do 21 tematických oblastí. Podporovány jsou mimo jiné projekty zaměřené na výrobu, skladování a distribuci vodíku v rámci celého hodnotového řetězce.

Zvláštní důraz je kladen na regionální implementaci vodíkových řešení: pro dva projekty typu „Hydrogen Valley“ je vyčleněno celkem 25 milionů eur. Pro podání projektu je nutné vytvořit konsorcium složené z podniků, výzkumných institucí, orgánů veřejné správy a dalších právnických osob z relevantních sektorů, jako jsou energetika, doprava nebo infrastruktura. Kromě toho musí konsorcium sestávat ze tří právně nezávislých organizací a pocházet ze tří různých členských států EU nebo zemí přidružených k programu Horizont Evropa.

4.2 České dotační programy

Rozvoj vodíkového hospodářství v České republice je z institucionálního hlediska významně provázen činností české platformy pro vodíkové technologie HYTEP. Podle vlastního popisu HYTEP podporuje rozvoj vodíkového hospodářství v České republice, propojuje relevantní aktéry a poskytuje odborné analýzy. Zároveň je HYTEP propojena i na evropské úrovni; na svých webových stránkách platforma odkazuje na své členství v Hydrogen Europe. [31]

Zapojení společnosti HYTEP do národní správy v oblasti vodíku je rovněž oficiálně zdokumentováno. Strategie pro vodík Ministerstva průmyslu a obchodu uvádí HYTEP nejen jako člena Vodíkové koordinační skupiny, ale i Národní rady pro vodík. Kromě toho byla strategie pro rok 2021 připravena za účasti HYTEP. Aktualizace strategie, o které vláda rozhodla v červenci 2024, byla rovněž vypracována za účasti HYTEP. [8]

Z hlediska dotační politiky se česká vodíková politika soustředí především na výrobu, mobilitu a infrastrukturu. Aktualizovaná vodíková strategie zdůrazňuje význam výroby, resp. dovozu vodíku na bázi elektrolýzy a v oblasti mobility výslovně zmiňuje podporu silničních a kolejových vozidel poháněných vodíkem, rozšiřování veřejné mobility založené na vodíku a koordinovanou výstavbu sítě vodíkových čerpacích stanic.[3] Také aktualizace Národního akčního plánu pro čistou mobilitu odkazuje na podpůrná opatření pro vodíkovou mobilitu a čerpací infrastrukturu. [8], [32]

Jako relevantní rámce podpory v rámci českého programového systému spolufinancovaného EU lze uvést zejména Operační program Doprava, Operační program Spravedlivá transformace a Integrovaný regionální operační program. Konkrétní podpora zaměřená přímo na vodík je viditelná především v oblasti dopravy: Ministerstvo dopravy zveřejnilo v rámci Operačního programu Doprava 2021–2027 výzvu na podporu výstavby vodíkových čerpacích stanic v objemu 300 mil. Kč. Operační program Doprava navíc výslovně uvádí jako prioritu větší využívání a dostupnost alternativních paliv; program Spravedlivý přechod se zabývá přechodem ke klimatické neutralitě ve vybraných regionech, zatímco IROP je zaměřen na udržitelný územní rozvoj a dopravní infrastrukturu. [33], [34]

4.3 Celostátní spolkové dotační programy

4.3.1 Celostátní dotační programy

Spolkový dotační program Průmysl a ochrana klimatu (BIK) podporuje průmysl a odpadové hospodářství při snižování emisí skleníkových plynů. Celkem je do roku 2030 k dispozici přibližně 3,3 miliardy eur. O podporu mohou žádat podniky, které plánují nebo provozují zařízení, jakož i konsorcia, přičemž příjemce podpory musí mít provozovnu v Německu a projekt musí být realizován v Německu. Dotační program se dělí na dva moduly. Modul 1 je

zaměřen na dekarbonizaci výrobních procesů (snížení přímých emisí o min. 40 %). Zachycování a následné ukládání/využívání těžko zamezitelných emisí CO₂ je podporováno v rámci modulu 2. V obou modulech jsou podporovány jak investiční projekty do stávajících a nových zařízení, tak inovační projekty (výzkumné a vývojové projekty nebo studie proveditelnosti). Vodík jako nosič energie je v BIK zohledněn samostatně. Projekty zaměřené na využití nebo výrobu vodíku jsou podporovány pouze v případě, že tento vodík pochází z elektrolýzy vody pomocí elektřiny z obnovitelných zdrojů, přičemž zařízení na výrobu nebo skladování elektřiny nejsou v rámci modulu 1 součástí podpory. Pokud jsou v modulu 1 emise skleníkových plynů sníženy výstavbou tzv. *vyhrazené infrastruktury* (předem stanovená malá skupina uživatelů) pro vodík, jsou náklady na infrastrukturu a úložiště způsobilé k podpoře s intenzitou podpory 100 % až do maximální výše podpory 25 mil. EUR. [35]

4.3.2 Podpora vodíkových čerpacích stanic v silniční dopravě v souvislosti s užitkovými vozidly s pohonem na vodík

Výzva k podávání žádostí o podporu Spolkového ministerstva dopravy (BMV) na „Podporu vodíkových čerpacích stanic v silniční dopravě ve spojení s užitkovými vozidly s pohony na vodík“ je zaměřena na vybudování počáteční sítě veřejně přístupných vodíkových čerpacích stanic pro těžká užitková vozidla. Základem je směrnice o podpoře aktivace trhu v rámci Národního inovačního programu pro technologii vodíku a palivových článků, fáze II (NIP II) ze dne 13. listopadu 2025. Cílem je uvést technologicky vyspělá řešení pro mobilitu založená na vodíku v segmentu užitkových vozidel na trh a urychlit nástup nákladních vozidel s palivovými články a spalovacími motory na vodík. Program proto úzce propojuje výstavbu čerpacích stanic se současnou podporou vozových parků, aby byla zajištěna garantovaná základní vytiženost čerpacích stanic. V rámci této výzvy má být podpořeno přibližně 40 čerpacích stanic a příslušných vozidel. K dispozici jsou čtyři varianty balíčkové podpory: výstavba nových vodíkových čerpacích stanic s novými vozidly, rozšíření stávajících čerpacích stanic tak, aby vyhovovaly směrnici AFIR, s novými vozidly, výstavba nových čerpacích stanic s již existujícími nebo plánovanými vozidly a podpora dalších vozidel pro využití již realizovaných nebo ve výstavbě se nacházejících čerpacích stanic vyhovujících směrnici AFIR. Čerpací stanice musí být umístěny podél hlavní sítě TEN-T nebo ve funkčních oblastech vymezených městských uzlů. Kromě toho platí minimální vzdálenost 100 kilometrů od stávajících lokalit vyhovujících

směrnici AFIR a minimální denní výdejní kapacita 1 000 kilogramů vodíku. Čerpací stanice musí být veřejně přístupné a dodávat vodík z obnovitelných zdrojů, přičemž do roku 2035 je povolen i biogenní nebo nízkouhlíkový vodík.

Podpora zahrnuje investiční dotace na čerpací stanice a vozidla. Vodíkové čerpací stanice mohou být podporovány až do výše 50 % způsobilých investičních výdajů, maximálně však 4 miliony EUR na jednu stanici. Na vozidla se poskytuje až 80 % dodatečných investičních výdajů oproti referenčnímu vozidlu s dieselovým motorem, s omezením maximálními částkami podpory (např. 150 000 € pro vozidla s palivovými články třídy N2 nebo 300 000 € pro nákladní vozidla třídy N3 nad 30 tun s palivovým článkem). Celková výše žádosti o balíček nesmí překročit 7 milionů €, přičemž na vozidla lze schválit maximálně 3 miliony €. Podmínkou pro podporu vozidel je prokázaný příspěvek k minimální denní vytíženosti čerpací stanice v rozmezí 10 až 20 procent. Žádosti lze podávat do 31. května 2026.

Po schválení platí lhůta pro vázání prostředků v délce šesti let pro čerpací stanice a čtyř let pro vozidla. Během projektu i v průběhu fáze vázání prostředků musí příjemci dotací předkládat pravidelné zprávy a údaje o provozu a spotřebě administrátoru projektu Jülichovi a společnosti NOW GmbH. Maximální doba trvání projektu činí zpravidla 36 měsíců. [36]

4.3.3 Rozdílové smlouvy pro CO₂

Smlouvy o ochraně klimatu (KSV), resp. od roku 2026 rozdílové smlouvy pro CO₂ jsou klíčovým nástrojem na podporu technologií šetrných ke klimatu a změn ve výrobě, zejména v energeticky náročném průmyslu. Oproti dřívějším smlouvám o ochraně klimatu byly rozdílové smlouvy CO₂ pro rok 2026 koncipovány tak, aby byly technologicky otevřenější a příznivější pro malé a střední podniky. Novinkou je zejména to, že nyní jsou způsobilé k podpoře také technologie CCU/CCS (zachycování, využívání a ukládání CO₂). Toto rozšířené spektrum má otevřít další možnosti transformace a posílit hospodářskou soutěž. Spolková vláda podporuje vybrané projekty po dobu 15 let tím, že hradí dodatečné náklady na zařízení šetrná k klimatu ve srovnání s definovaným referenčním zařízením. Jakmile budou zařízení podporovaná prostřednictvím smluv o ochraně klimatu během doby platnosti smlouvy provozovatelná ekonomicky bez dalších dotací, podniky vrátí peníze spolkové vládě. Smlouvy fungují na základě nabídkového řízení, v němž podniky vypočítají a nabídnou cenu za ušetřenou tunu

CO₂ na tunu vyrobeného produktu. Tyto projekty se vyznačují vysokou mírou inovace, jelikož v daném odvětví dosud nebyly v tomto stylu realizovány. Důležitým kritériem pro přidělení podpory je také efektivita podpory (nabídková cena za ušetřenou tunu CO₂). Čím nižší je nabídková cena za ušetřenou tunu CO₂, tím vyšší je pravděpodobnost přidělení zakázky. Tento postup tak slouží také k identifikaci technických možností a ukazuje směr dalšího vývoje. Důležitou roli zde hraje také přechod stávajících průmyslových zařízení na zelený vodík. Výroba vodíku však není součástí směrnice o podpoře. Další informace naleznete pod odkazem [37].

4.4 Bavorské dotační programy

Kromě evropských a národních dotačních programů podporoval v posledních letech rozvoj regionálního vodíkového hospodářství také Svobodný stát Bavorsko prostřednictvím různých programů v rámci hodnotového řetězce.

4.4.1 Bavorská podpora vybudování infrastruktury pro elektrolýzu (BayFELI)

BayFELI má za cíl podpořit rozvoj decentralizovaných elektrolyzérů v Bavorsku, které vyrábějí výhradně vodík z obnovitelných zdrojů. Elektrolyzéry mohou být napájeny například elektřinou z fotovoltaických, větrných, vodních nebo geotermálních elektráren. Administrátorem projektu je VDI TZ (www.vditz.de/bayfeli). Maximální částka podpory na jeden projekt činí 5 milionů eur. Podporovány jsou tak elektrolyzéry s minimálním výkonem 1 MW (připojovací výkon). Míra podpory činí 45 % způsobilých výdajů, která může být v závislosti na velikosti podniku zvýšena až o 20 procentních bodů na 65 % způsobilých výdajů. Dále musí být předložen kompletní projektový záměr. Řízení o žádosti probíhá ve dvou fázích. V první fázi musí být předložen projektový záměr s úplným a komplexním konceptem využívání vodíku včetně analýzy ekonomické rentability pro daný region. Záměry jsou administrátorem seřazeny podle priority a hodnoceny s použitím různých váhových faktorů (součet váhových faktorů všech faktorů činí 100 %):

1. Efektivita podpory: očekávaná produkce vodíku/objem podpory v kg H₂ /euro.
2. Ekonomická efektivita a obchodní model: údaje o výdajích, příjmech, financování, koncepci odběru a plánu nákladů.

3. Udržitelnost: koncepce odběru elektřiny a vody a výstavba dalších zařízení na obnovitelné zdroje energie.
4. Regionální využití vodíku: vlastní a/nebo externí využití v blízkosti místa výroby.
5. Existence studie proveditelnosti: údaje o stavu plánování, možnosti včasné realizace a studie proveditelnosti.

Jakmile se návrh dostane do druhé fáze žádosti, musí být podána úplná žádost s údaji o financování a srovnávacími nabídkami na způsobilé investiční náklady. **Dotační směrnice pozbývá platnosti dne 31. 12. 2026.** [38]

4.4.2 Bavorský dotační program pro pořízení užitkových vodíkových vozidel

V listopadu 2025 byla oznámena dotační směrnice, která vstoupila v platnost 1. 1. 2026. Bavorské ministerstvo hospodářství chce tímto dotačním programem v objemu 35 milionů EUR podpořit rozvoj využívání užitkových vozidel poháněných vodíkem tříd N1, N2 a N3. Podpora se vztahuje na nákup i leasing vozidel se spalovacím motorem na vodík i vozidel s palivovými články. Podíl podpory činí 80 % dodatečných investičních nákladů ve srovnání s odpovídajícím vozidlem s dieselovým pohonem. První výzva k podávání žádostí o podporu se má uskutečnit v létě 2026 po vyhlášení národní výzvy k podávání žádostí o podporu (viz kapitola 4.3.2). Další informace naleznete pod odkazem [39].

5 MÍSTNÍ RÁMCOVÉ PODMÍNKY

5.1 Zásobování energiemi

5.1.1 Zásobování tepelnou energií

Zásobování tepelnou energií vykazuje v rámci projektové oblasti HyBaBo výrazné prostorové rozdíly. V německých částech oblasti nadále převažují malé decentralizované systémy vytápění, které se vztahují převážně k jednotlivým budovám nebo zařízením v blízkosti budov. V Karlovarském kraji mají naopak tradičně větší váhu centrální a síťové formy zásobování teplem. Pro Bavorsko jako celek ukazují dostupné údaje o domácnostech, že v roce 2022 bylo ještě 38 % bytů vytápěno především zemním plynem a 30 % topným olejem. Centrální zásobování teplem dosáhlo 14 %, dřevo resp. dřevěné pelety 10 % a další obnovitelné zdroje vytápění 4 %. Výchozí situace na německé straně je tedy i nadále jasně ovlivněna fosilními palivy, i když biomasa již v současném stavu přispívá viditelným způsobem. [40], [41]

V okrese Neustadt a.d. Waldnaab pochází převážná část tepla i nadále z fosilních zdrojů: přibližně 54 % připadá na zemní plyn a 31 % na topný olej, zatímco obnovitelné zdroje dosahují podílu 14 %. V okrese Tirschenreuth činila konečná spotřeba energie v domácnostech v roce 2021 799 300 MWh. Z toho pouze 11 % připadalo na elektřinu. Výrazně větší část tak souvisela s dodávkami tepla, přičemž relevantní byly především topný olej, biomasa a zemní plyn. I v okrese Wunsiedel i. Fichtelgebirge je dosud podíl obnovitelných zdrojů na dodávkách tepla omezený: v roce 2020 činil podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě tepla 14 %. V rámci tohoto podílu obnovitelných zdrojů hrála zdaleka největší roli biomasa s 81 %. Teplo z okolního prostředí, solární termální energie a lokální zdroje tepla z obnovitelných zdrojů výrazně zaostávaly. [42], [43], [44]

I ve větších městech projektové oblasti je dosavadní zásobování teplem převážně založeno na fosilních palivech. Ve Weidenu podíl obnovitelného tepla v roce 2021 činil 11 %. Současně připadalo v domácnostech 84 % konečné spotřeby energie na vytápění a ohřev vody. Dominantním zdrojem energie tam byl zemní plyn s 64 %. Pro město Hof je v komunálním plánu zásobování teplem vykazována konečná spotřeba tepla ve výši přibližně 701 GWh ročně. Z toho připadá 326 GWh ročně na zemní plyn, zatímco stávající tepelná síť pokrývá 18

GWh ročně. Podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě tepla činí přibližně 20 %. Ačkoli hustě osídlené oblasti obecně nabízejí příznivější podmínky pro řešení vytápění prostřednictvím rozvodných sítí, v současném stavu tam stále převládá zásobování založené na palivech. [45], [46]

V Karlovarském kraji je výchozí situace odlišná. Podle výsledků sčítání lidu z roku 2021 je 46,4 % obydlených bytů zásobováno centrálními nebo mimo budovu umístěnými topnými systémy. Plyn je pro 25,4 % bytů nejdůležitějším zdrojem energie pro vytápění, elektřina pro 6,8 % a uhlí, koks nebo brikety pro 5,2 %. Zároveň je 73,8 % obydlených bytů napojeno na plynovou síť. V přeshraničním srovnání tak na německé straně stojí spíše decentralizovaný trh s teplem oproti české části regionu, kde jsou silněji zakotveny formy zásobování napojené na síť a centralizovanější. [41]

V rámci projektové oblasti lze již rozpoznat první těžiště další transformace. Ve Wunsiedelu je podle údajů města v městských částech Schönbrunn a Breitenbrunn v současné době napojeno na teplovodní sítě využívající obnovitelné zdroje energie přibližně 130 budov. Takové přístupy zatím nejsou pro region jako celek charakteristické, ukazují však, že dodávky tepla potrubím a z obnovitelných zdrojů jsou ve vhodných částech regionu již prakticky realizovány. [47]

5.1.2 Zásobování elektrickou energií

Na rozdíl od zásobování teplem je v projektové oblasti HyBaBo transformace v oblasti zásobování elektřinou již výrazně pokročilejší. V celém Německu činil podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2025 přibližně 55 %. Pro Bavorsko byl v roce 2024 vykazován vypočítaný podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny ve výši 57 %. Tyto hodnoty představují smysluplný referenční rámec pro zařazení německých částí projektové oblasti. [48], [49]

Regionální údaje ukazují, že několik německých částí regionu již dosahuje vysokých vypočítaných příspěvků k pokrytí z regionálně vyrobené elektřiny. V okrese Neustadt a.d. Waldnaab činil v roce 2019 podíl obnovitelných zdrojů energie a kombinované výroby tepla a elektřiny na dodávkách elektřiny 55 %. V okrese Tirschenreuth bylo v roce 2021 z hlediska

balance pokryto přibližně 63 % spotřeby elektřiny regionálními obnovitelnými zdroji energie. Včetně podílu fosilní kogenerace činila regionální míra pokrytí přibližně 66 %. Pro okres Wunsiedel bylo v roce 2020 vykázáno přibližně 300 000 MWh elektřiny z obnovitelných zdrojů. To odpovídalo 69 % celkové spotřeby elektřiny. Složení výroby bylo široké: 54 % pocházelo z větrné energie, 23 % z biomasy a 21 % z fotovoltaiky. Celkově je tak dodávka elektřiny v několika německých částech regionu již podstatně více založena na obnovitelných zdrojích. Naopak v Karlovarském kraji je naopak situace více založena na konvenčních zdrojích. V roce 2024 činila hrubá výroba elektřiny 1 327 GWh, zatímco čistá spotřeba dosáhla 1 486 GWh. Region byl tedy v konečném důsledku závislý na dovozu elektřiny zvenčí. Ve výrobě dominovaly parní elektrárny s podílem 71,9 %. To doplňovala větrná energie s 10,2 %, paroplynové elektrárny s 7,9 %, další spalovací elektrárny s 5,4 %, fotovoltaika s 2,7 % a vodní energie včetně přečerpávacích elektráren s 1,9 %. Na straně spotřeby připadalo 29,4 % na průmysl, 25,6 % na domácnosti, 22,3 % na obchod, služby, školy a zdravotnictví a 20,4 % na energetický sektor. Česká část regionu tak kombinuje významnou vlastní výrobu s nadále výraznou závislostí na velkých tepelných elektrárnách a dovozu elektřiny. [50]

5.1.3 Energetické potřeby v sektoru hospodářství

Pro energetické hodnocení regionu, v němž se realizuje projekt HyBaBo, má kromě domácností zásadní význam také struktura hospodářství. V několika částech regionu se průmysl, řemeslná výroba, obchod a služby významně podílejí na struktuře zatížení a spotřeby. Zvláště patrné je to v okrese Tirschenreuth. V průmyslovém sektoru bylo v roce 2021 spotřebováno 1 693 000 MWh konečné energie. Koncepce ochrany klimatu okresu Tirschenreuth uvádí, že tento sektor se na celkové spotřebě konečné energie podílí 43 %. Pouze 21 % z toho připadalo na elektřinu. Zbytek spotřeby souvisel především s vytápěním prostor, procesním teplem a chlazením. K tomu přibýlo v oblasti řemesel, obchodu a služeb dalších 532 600 MWh, což představuje 14 % celkové spotřeby konečné energie. Požadavek na transformaci se zde tedy netýká pouze obytných budov, ale ve velké míře také provozních aplikací tepla a energie. [43]

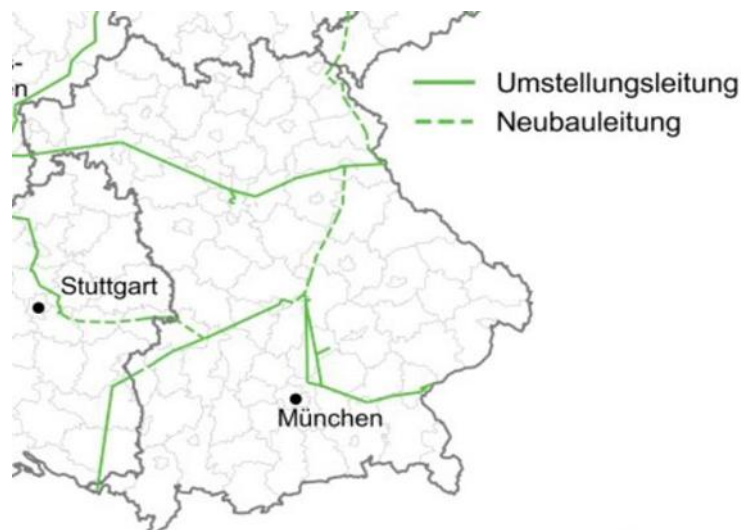
Podobný vzorec se projevuje i v ostatních částech regionu. Ve Weidenu připadá 41 % spotřeby energie a 43 % emisí na sektor GHDI včetně komunálních zařízení. V okrese

Wunsiedel dosahuje tento sektor 38 % spotřeby energie a 40 % emisí. Zároveň je tam zemní plyn s 56 % nejdůležitějším energetickým nosičem, zatímco obnovitelné zdroje energie dosud přispívají pouze 3 %. Pro okres Neustadt a.d. Waldnaab je navíc uvedeno, že 78 % odběru elektřiny připadá na komerční využití. Komunální plánování tepelné energie v Hofu navíc poukazuje na to, že v jednotlivých částech s převahou obchodu a průmyslu, s vyššími teplotami a procesně podmíněnou potřebou tepla, je třeba zvážit jiné možnosti zásobování než v klasických obytných oblastech. [42], [44], [45], [46]

Celkově se projektové území HyBaBo v současném stavu jeví jako prostor s výrazně pokročilou transformací elektroenergetiky, zároveň však s nadále výrazně náročnějším zásobováním teplem. Zatímco na německé straně na trhu s teplem stále převládají převážně struktury související s budovami a založené na fosilních palivech, česká část je silněji charakterizována centrálními strukturami zásobování teplem a výroby elektřiny. K tomu je třeba připočítat skutečnost, že průmyslová spotřeba elektřiny a tepla má v několika částech regionu podobnou nebo dokonce větší váhu než domácnosti. Specifikem projektové oblasti HyBaBo z hlediska energetiky je tak spojení výroby elektřiny, která je již výrazně založena na obnovitelných zdrojích, se zásobováním teplem, které je stále převážně ovládáno fosilními palivy, a zároveň s významnou průmyslovou a komerční spotřebou energie. [41], [42], [43], [44], [50]

5.2 Budoucí síť pro přepravu vodíku v regionu

Na podzim roku 2024 byla celostátní základní vodíková síť schválena Spolkovou síťovou agenturou a první úseky byly dokončeny v roce 2025. Schválená síť, která se skládá z potrubního vedení o celkové délce 9 040 km, z čehož přibližně 60 % tvoří stávající potrubní vedení, které bude převedeno ze zemního plynu na vodík, a 40 % nově vybudované potrubní vedení, má být postupně rozšiřováno do roku 2032. [51]

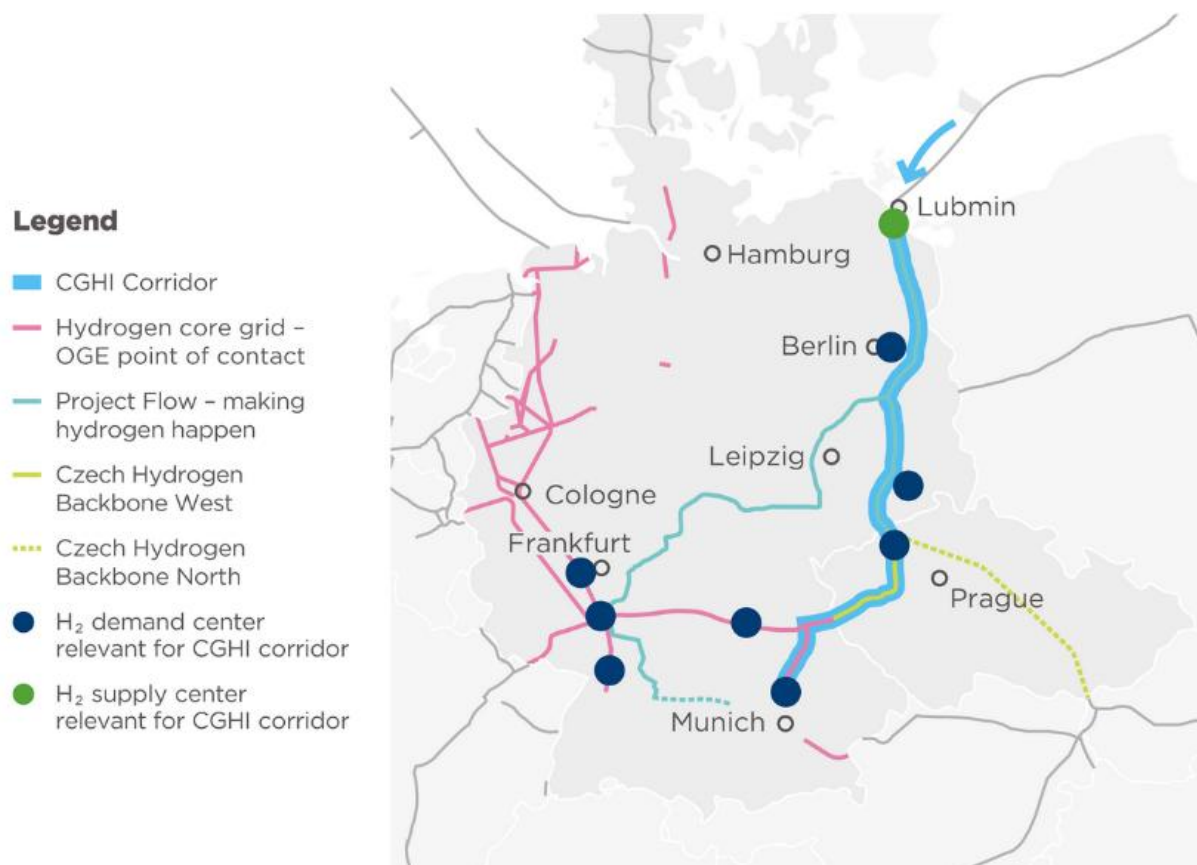


Obrázek 2: Část ze schválené základní sítě pro vodík (stav rozvoje k 31. 12. 2032). [51]

Jak je patrné z mapy schválené základní vodíkové sítě, nově vybudované potrubí, tzv. Bavorské připojovací potrubí (zkráceně H2-BAL), vede ze Saska přes okresy Hof, Wunsiedel, Tirschenreuth a Neustadt a.d. Waldnaab, které se nacházejí v projektové oblasti, a končí u kompresorové stanice ve Waidhausu na českých hranicích. Kontaktním partnerem pro tento projekt je společnost Ferngas Netzgesellschaft mbH.

H2-BAL se dělí na úsek Waidhaus-Arzberg o délce 52,3 km a na úsek Arzberg-Niederhohndorf/Zwickau o délce 117,5 km, jehož uvedení do provozu je plánováno do prosince 2030. Ve Waidhausu v okrese Neustadt a.d. Waldnaab se nachází také potrubní vedení určené ke konverzi na vodík H2ercules, které vede z Rimparu v dolnofranském okrese Würzburg do Rothenstadtu v městské oblasti Weiden v délce 183 km, a úsek z Rothenstadtu do Waidhausu v délce 28,5 km. Uvedení tohoto propojovacího potrubí do provozu je plánováno na konec roku 2032. [51]

Kompresorová a předávací stanice ve Waidhausu v okrese Neustadt a.d. Waldnaab je tak důležitým předávacím bodem mezi národní vodíkovou pátevní sítí a Czech-German Hydrogen Interconnector (CGHI) jako součástí European Hydrogen Backbone. [52]



Obrázek 3: CGHI Corridor. [52]

Czech Hydrogen Backbone WEST

Czech Hydrogen Backbone West je přibližně 163 km dlouhý úsek Czech-German Hydrogen Interconnector (CGHI) procházející Českou republikou, který vede ze Saska mimo Karlovarský kraj do Waidhausu. Projekt Czech Hydrogen Backbone West je součástí mezinárodního vodíkového koridoru s názvem Czech-German Hydrogen Interconnector (CGHI) [53] a tím i součástí European Hydrogen Backbone. Regionální provozovatelé plynových sítí se již řadu let intenzivně zabývají tématem přepravy vodíku a úzce spolupracují se sousedními zeměmi na společném budování sítě.

Společnost NET4GAS, s. r. o. se od roku 2021 intenzivně zabývá tématem přepravy vodíku a úzce spolupracuje s Německem i dalšími zeměmi střední a jihovýchodní Evropy na budování vodíkových koridorů. Díky dobrému technickému stavu přepravní infrastruktury lze vybrané stávající plynovody po úpravách (tzv. repurposing, tedy konverze stávající infrastruktury) využít i pro přepravu vodíku. Byly provedeny rozsáhlé zkoušky materiálů. Náročné stavební

práce na výstavbě stovek kilometrů podzemních plynovodů proto nejsou nutné; úpravy se omezují na technologie nad zemí. [54]

Přípravné práce jsou v pokročilé fázi a první žádost o stavební povolení pro projekt „Česká vodíková páteřní infrastruktura ZÁPAD“ bude podána již v roce 2026. Společnosti NET4GAS (TSO) a GasNet (DSO) plánují projekt pro Karlovarský kraj (v Plzeňském kraji již realizován). Cílem je získat přehled o možných cestách od tranzitu k distribuci čistého vodíku, jakmile bude k dispozici v přepravní soustavě. Studie popíše klíčové technické aspekty tohoto procesu, potvrdí jeho proveditelnost a poukáže na konkrétní body, které je třeba zohlednit. [54]

Plynárenství hraje klíčovou roli v energetické transformaci České republiky v rámci postupného odklonu od uhlí. Část sítě lze převést na 100% vodík a připravit na budoucnost bez emisí. Distribuční síť společnosti GasNet je technicky a kapacitně připravena na směs zemního plynu a vodíku (tzv. blend) až do 20 %. Pilotní projekt se v současné době realizuje v Hranicích u Aše. [54]

5.3 Hospodářská struktura

Navzdory rozdílům mezi jednotlivými částmi regionu lze pro region HyBaBo určit některé společné strukturální rysy. Hospodářská struktura je v regionu HyBaBo celkově široce rozložena a není omezena na jediný sektor. Zároveň je patrné, že vedle klasických průmyslových odvětví existují i novější vývojové trendy. V případě bavorsko-českého pohraničí poukazuje popis projektu na domovské stránce na strukturální proměnu směrem k high-tech regionu, zároveň však nadále zmiňuje významné energeticky náročné podniky z odvětví skla, keramiky a textilu. Tento obraz platí i pro město Weiden, protože tam jsou zmiňováni výrobci skla a porcelánu společně s podniky z automobilového průmyslu, zpracování plastů a mikroelektroniky. Kromě toho je zdůrazňována kombinace odvětví z tradičních oblastí a mladých start-upů. Pro region je důležitá také poloha a infrastrukturní napojení na významné tranzitní trasy východ-západ a sever-jih. Díky tomu hrají v celém regionu ústřední roli logistika, nadregionální dopravní osy a přeshraniční hospodářské vazby. I na straně Karlovarského kraje je zdůrazňován význam nadregionálních dopravních a infrastrukturních koridorů pro hospodářský rozvoj. [55], [56] [57]

K tomu se přidává skutečnost, že region stojí z hlediska energetického zásobování před znatelnou změnou. Právě kvůli stávajícím průmyslovým strukturám vyvstává v mimořádné míře otázka klimaticky šetrných energetických řešení a možností dekarbonizace. To již ukázala i studie HyExpert pro okres Neustadt a.d. Waldnaab. [57], [58], [59]

Projekt HyBaBo na to navazuje tím, že předpokládá přenos znalostí, propojení aktérů, analýzy potenciálu a přeshraniční regionální koncepci na téma vodíku.

5.4 Mobilita

5.4.1 Silniční doprava

Pro projektovou oblast jsou v sektoru mobility relevantní dopravní prostředky silniční a železniční doprava. Lodní doprava není v projektové oblasti z důvodu chybějících plavebních cest zohledněna. Dálniční síť v projektové oblasti je ústřední součástí nadregionální dopravní infrastruktury a spojuje region s národní a mezinárodní silniční sítí. Dálnice A93 představuje nejdelší úsek dálnice v projektové oblasti jako severojižní osa a vede všemi bavorskými okresy v projektové oblasti i městem Weiden. Okres Hof disponuje navíc dálnicí A9, která představuje významnou severojižní dopravní osu. Kromě toho se v tomto okrese od A9 odklání A72 a vytváří výkonné spojení ve východním směru do Svobodného státu Sasko. Také A93 ústí do A72. Dolní hranici projektové oblasti tvoří na bavorské straně dálnice A6, která protíná východní část okresu Neustadt a.d. Waldnaab a spojuje Norimberk s Plzní. [60]

Na české straně je dálnice D6 (Dálnice 6) hlavním dopravním spojením mezi Prahou a Bavorskem a prochází Karlovarským krajem v délce cca 85 km. Části dálnice jsou v současné době ještě ve výstavbě a dokončení je plánováno do konce roku 2028. [61]

Využití vodíku v odvětví mobility v projektové oblasti se zatím nachází v rané fázi vývoje. Možnost tankování je v současné době k dispozici na veřejně přístupné vodíkové čerpací stanici u dálnice A9 v areálu Shell Autohof Berg v okrese Hof. Čerpací stanice, která byla otevřena v roce 2018 a je provozována společností H2 Mobility Deutschland, je dimenzována na 350 barů a 700 barů [62]. Další vodíková čerpací stanice pro tankování při tlaku 350 barů se nachází ve Wunsiedelu, která (podle informací z rozhovorů) má být otevřena v průběhu roku 2026.

Zařazení regionu z hlediska jeho významu pro evropskou silniční dopravu je dáno transevropskou dopravní sítí TEN-T. V nařízení EU 2024/1679 [63] bylo přesně stanoveno, které evropské hlavní silnice tvoří základní síť a rozšířenou základní síť. V tomto nařízení jsou rovněž definovány dopravně významné městské uzly, jimiž se rozumí městské oblasti, v nichž se dopravní infrastruktura transevropské dopravní sítě propojuje s jinými částmi dopravní infrastruktury. V souladu s nařízením 2024/1679 je plánována společná postupná výstavba transevropské dopravní sítě s dokončením základní sítě do 31. 12. 2030 a rozšířené základní sítě do 31. 12. 2040. Na základě rozdělení na základní síť a rozšířenou základní síť v silniční dopravě jsou stanoveny také priority při celostátní podpoře infrastruktury vodíkových čerpacích stanic.

5.4.2 Železniční doprava

V uvažovaném česko-bavorském pohraničním regionu vedou významné železniční tratě. Na německé straně se jedná zejména o západ-východní spojení Norimberk – Hof – Sasko (Franken-Sachsen-Magistrale) a severo-j jižní osu východního koridoru mezi městy Hof a Řezno. Na tyto hlavní osy navazuje řada regionálních a místních železničních tratí, které spojují také větší města Horních Frank. Severovýchodní region Bavorska je však dosud elektrifikován pouze v omezené míře, a proto je označován jako „dieselový ostrov severovýchodního Bavorska“. [64]

Na české straně je situace příznivější, protože hlavní spojení z Chebu na východ (Karlovy Vary – Ústí nad Labem) i na jih (Plzeň – České Budějovice) jsou elektrifikována. Výzkumy výzkumného ústavu ÚJV Řež ukazují, že na dlouhých, topograficky náročných a pouze částečně elektrifikovaných tratích mají vodíkové vlaky oproti bateriovým elektrickým vlakům provozní a ekonomické výhody. Zatímco bateriové vlaky vyžadují dostatečnou dobíjecí infrastrukturu a omezená časová okna pro dobíjení, vodíkové vlaky mohou pokrýt celý denní okruh až 1 000 km bez doplňování paliva a jsou vhodné zejména pro kopcovité a delší regionální tratě. [65]

6 ANALÝZA VODÍKOVÉHO POTENCIÁLU PRO REGION HYBABO

Analýza vodíkového potenciálu tvoří hlavní náplň projektu HyBaBo. V rámci této analýzy má být zmapován celý hodnotový řetězec vodíku – počínaje odběrem elektřiny a jejím složením, přes výrobu vodíku na vhodném možném stanovišti pomocí elektrolýzy a biomasy, skladování vodíku a jeho přepravu potrubím nebo po silnici, až po využití vodíku. Posouzení proveditelnosti slouží jako základ pro získání nezbytných finančních prostředků na vybudování vodíkové infrastruktury v projektové oblasti HyBaBo.

Na začátku projektu byl proto proveden komplexní sběr dat u místních průmyslových a podnikatelských subjektů a u komunálních subjektů. Tato datová základna je nezbytná k určení potenciálních odběratelů vodíku, a tím i budoucí poptávky po vodíku, ale také odběratelů vedlejších produktů elektrolýzy, kyslíku a odpadního tepla v regionu, a k obejití tzv. „problému slepice a vejce“. Kyslík lze například využít v provzdušňované čistírně odpadních vod nebo jako reaktant v rámci tzv. spalování s přídavkem kyslíku (oxyfuel). Odpadní teplo by mohlo být dodáváno do blízkých domácností prostřednictvím tepelné sítě. Využití vedlejších produktů tak má zásadní ekologický i ekonomický vliv na celkovou koncepci a na region. Dále byly vyžádány údaje od regionálních provozovatelů sítí o infrastruktuře v regionu. Kromě toho byly využity údaje z OpenStreetMap a Bavorského energetického atlasu.

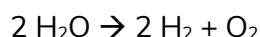
V následujících kapitolách je podrobně popsán a vysvětlen postup v rámci projektu, zjištěná spotřeba vodíku v oblasti zásobování teplem, materiálového využití a mobility, jakož i možní výrobci vodíku. Kapitola vychází mimo jiné z místních a právních rámcových podmínek uvedených v kapitolách 3 a 5.

6.1 Technické rámcové podmínky

Poté, co byly v předchozích kapitolách podrobně vysvětleny podmínky pro umístění a právní rámcové podmínky, popisuje tato kapitola technické rámcové podmínky. Patří sem technologie elektrolýzy vody dostupné na trhu, technologie skladování a přepravy, jakož i možné (budoucí) relevantní možnosti využití a aplikace vodíku. Jako jeden ze stavebních kamenů tohoto bodu slouží speciálně sepsané kapitoly 4.3 a 4.4 z publikace [59].

6.1.1 Vodík z elektrolýzy

Elektrolýza je klíčovou technologií pro výrobu vodíku jako čistého a univerzálně použitelného nosiče energie. Základním principem elektrolýzy vody je rozklad vody (H_2O) na dvě molekuly vodíku (H_2) a kyslíku (O_2) podle chemické rovnice [66]:



Kromě zdroje elektrické energie je dále zapotřebí transformátor a usměrňovač. Ve většině případů je navíc nutná úprava vody, která zbaví vodovodní vodu např. nežádoucích iontů solí, a také sušení plynu. Sušení plynu zajišťuje, že vyrobený vodík a kyslík jsou bez vlhkosti. Byly vyvinuty různé technologie elektrolýzy, aby bylo možné splnit rostoucí požadavky na účinnost, snížení nákladů a flexibilitu. Na trhu je k dispozici několik typů elektrolýzy, které jsou připraveny k sériové výrobě. Patří mezi ně mimo jiné alkalická elektrolýza (AEL), elektrolýza s protonovou výměnnou membránou (PEM), elektrolýza s aniontovou výměnnou membránou (AEM) a vysokoteplotní elektrolýza s pevným oxidem (SOEC).

Tato studie se zabývá výhradně technologií PEM elektrolýzy. Elektrolýza s protonovou výměnnou membránou (PEM) je pokročilá technologie pro výrobu vodíku. Systémy PEM elektrolýzy využívají protonovou výměnnou membránu, která umožňuje transport protonů, zatímco blokuje tok elektronů. Zejména pro decentralizované aplikace a obnovitelné zdroje energie s proměnlivou výrobou energie nabízejí PEM elektrolýzéry mnoho výhod, jejichž účinnost se obvykle pohybuje v rozmezí 60–70 %. V praxi vyžaduje technologie PEM pravidelné monitorování a údržbu, protože pouze tak lze zajistit optimální výkon membrány a dalších komponent. Zejména membrána je drahá a citlivá součást, které je třeba věnovat zvláštní pozornost. Na následujícím obrázku Obrázek 4 je znázorněn 1,25 MW PEM elektrolýzér společnosti Siemens (vlevo na obrázku) v reálném provozu, provozovaný městským podnikem města Haßfurt v Dolních Frankách.



Obrázek 4: 1,25 MW_{el} PEM elektrolyzér (vlevo) s úpravnou vody (vpravo) ve městě Haßfurt [67].

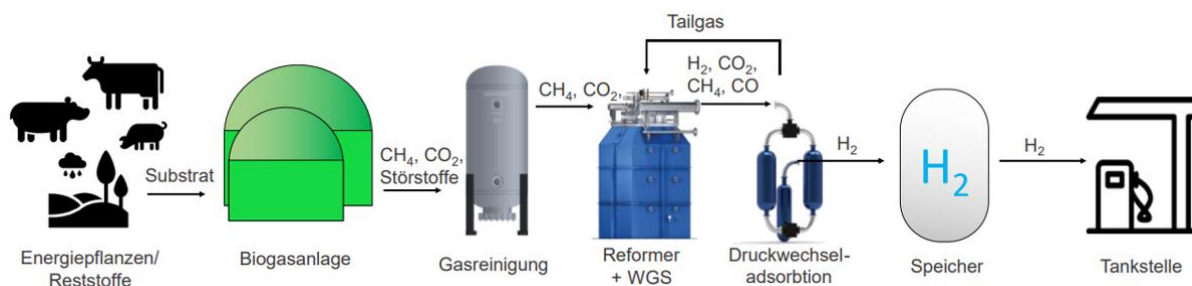
Tento elektrolyzér dodává až 225 Nm³ H₂ /h z přebytečné elektřiny z obnovitelných zdrojů. Vpravo na obrázku je vidět zařízení na úpravu vody, které zcela odsoluje použitou vodovodní vodu. Úprava vody je pro bezporuchový provoz zařízení nezbytná.

6.1.2 Vodík z biogenních zbytků

V rámci transformace energetického systému směrem ke klimaticky neutrálnímu vodíkovému hospodářství je třeba kromě elektrolýzy zohlednit i další způsoby výroby. Za perspektivní zdroje udržitelně vyráběného vodíku se považují také biomasa a biogenní zbytky [68]. Biomasa může být přeměněna na vodík různými způsoby. Následující text stručně vysvětluje základní principy parní reformace bioplynu, zplyňování dřeva, pyrolýzy a hydrotermálních procesů.

V průmyslovém měřítku se vodík vyrábí převážně parním reformováním zemního plynu, který se skládá hlavně z metanu (CH₄) [69]. Zásadní rozdíl oproti reformování bioplynu spočívá ve složení výchozí suroviny: bioplyn má typicky nižší obsah metanu (v průměru asi 60 % objemových [70]) a vyšší podíl CO₂, což může v některých případech vyžadovat další kroky při zpracování [71].

Obrázek 5 znázorňuje procesní řetězec reformování bioplynu ze zemědělských zbytků přes dodávku a úpravu bioplynu až po dodávku vodíku na čerpací stanic.

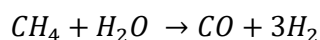


Obrázek 5: Procesní řetězec od biogenních zbytků až po dodávku vodíku na čerpací stanici [72]

Bioplyn obsahuje kromě CH₄ a CO₂ mimo jiné také sirovodík (H₂S), který se před reformováním (např. pomocí aktivního uhlí) odstraňuje [72], [73], neboť H₂S může deaktivovat katalyzátory [74].

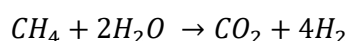
Reformování metanu obsaženého v bioplynu lze ideálně popsat následujícími paralelně probíhajícími reakčními rovnicemi [72]:

V endotermické reakci

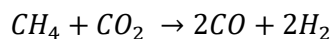


reaguje metan a voda na oxid uhelnatý a vodík.

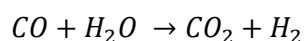
Metan a voda reagují na oxid uhličitý a vodík podle:



Oxid uhličitý obsažený v bioplynu reaguje s metanem rovněž na oxid uhelnatý a vodík [75]:



V reakci vodního plynu (WGS) dochází k přeměně oxidu uhelnatého reakcí s vodní párou obsaženou ve směsi na CO₂:



Tím se zvyšuje výtěžek vodíku a snižuje obsah oxidu uhelnatého.

Po parní reformaci a WGS dochází k separaci vodíku pomocí tlakově proměnné adsorpce (Pressure Swing Adsorption, PSA). PSA je proces pro separaci plyných směsí. Ze vstupní

směsi vzniká proud vodíku a proud zbytkového plynu (tailgas). Zbytkový plyn může být vrácen do hořáku a použit jako zdroj energie pro proces [72], [75].

Pro výrobu vodíku z dřevní biomasy se v odborné literatuře převážně uvažuje o termochemickém zplyňování s následnou úpravou plynu [76], [77]. V tomto procesu se biomasa nejprve mechanicky upraví a vysuší na nízký obsah vody, než je přivedena do procesu zplyňování. Jako zplyňovací činidla se používají vzduch, kyslík, vodní pára, oxid uhličitý nebo jejich směsi. Typické procesní teploty pro zplyňování biomasy se pohybují (v závislosti na řízení procesu a konstrukci reaktoru) v rozmezí přibližně 700 až 1200 °C [76], [78]. Za těchto podmínek dochází v zplyňovači k sušení, pyrolýze, oxidačním a zplyňovacím reakcím, při nichž se pevné palivo přeměňuje na hořlavý surový plyn obsahující H_2 , CO, CO_2 , CH_4 , lehké uhlovodíky, dehty a uhlíkatý pevný zbytek (char, resp. biouhlí) [76].

Vzniká surový plyn bohatý na vodík a oxid uhelnatý, který lze prostřednictvím čištění plynu a (v závislosti na konfiguraci procesu) následné reakce přeměny vodního plynu a separace vodíku zpracovat na proud vysoce čistého vodíku.

Kromě zplyňování je jako další způsob získávání vodíku popisována pyrolýza dřevité biomasy [76], [79], [80]. Pyrolýzou se rozumí tepelný rozklad látek obsahujících uhlík v nepřítomnosti kyslíku nebo v inertní atmosféře. Biomasa se při tom působením tepla přeměňuje na kondenzovatelné složky, nekondenzovatelné plyny (pyrolýzní plyn) a uhlíkatý pevný zbytek (uhlík nebo biouhlí). Na rozdíl od zplyňování se nepřidává žádné oxidační činidlo ani zplyňovací činidlo a potřebné teplo je dodáváno z vnějšího zdroje [76], [80], [81].

Pro technickou pyrolýzu biomasy se v literatuře uvádějí teploty v rozmezí přibližně 350–700 °C [77]. Nekondenzovatelný pyrolýzní plyn se skládá převážně z H_2 , CO, CO_2 , CH_4 a dalších lehkých uhlovodíků [76].

Často zkoumaným konceptem pro procesní řetězce zaměřené na vodík je dvoustupňové propojení pyrolýzy a katalytického reformování těkavých produktů, resp. pyrolýzního oleje, za účelem výroby syntetického plynu bohatého na H_2 a CO [80], [81]. Ten lze následně pomocí reakce vodního plynu dále zpracovat na produktové plyny bohaté na vodík [81]. Vznikající

biouhlí, resp. pevný uhlík, lze energeticky využít. Diskutuje se také o využití jako uhlíkové jímky [82].

Pod pojmem hydrotermální procesy se rozumí termochemické procesy, při nichž se biomasa v horké vodě pod tlakem přeměňuje na pevné, kapalné nebo plynné nosiče uhlíku. Jsou vhodné zejména pro vlhké zbytky, jako jsou čistírenské kaly nebo zbytky z fermentace, protože voda slouží současně jako reakční médium i reaktant, a tím se do značné míry eliminuje energeticky náročné předběžné sušení. Rozlišuje se zejména mezi hydrotermální karbonizací, hydrotermální zkapalňováním a hydrotermálním zplyňováním [76], [83]. Hydrotermální zplyňování je sice popisováno jako slibné, je však technicky náročné a v současné době vykazuje relativně nízkou až střední technologickou vyspělost [76], [84]. Hydrotermální karbonizace je naproti tomu považována za do značné míry vyspělou a je již průmyslově využívána [85], [86]. V konceptech zaměřených na vodík lze hydrouhlí vyprodukované hydrotermální karbonizací přeměnit prostřednictvím následného zplyňování na syntetický plyn a v dalších procesních krocích pak přeměnit na vodík [87].

6.1.3 Přeprava a skladování vodíku

Dalším stavebním kamenem regionálního konceptu vodíku je analýza možných distribučních cest zeleného a nízkouhlíkového vodíku v projektové oblasti. Dodávka pomocí trailerů (návěsových souprav) představuje zpravidla nejnákladnější variantu. Jelikož se dodávky v současné době provádějí pomocí nákladních vozidel poháněných naftou, je třeba počítat se zvýšením cen dodávek, které se následně promítnou do odběrové ceny vodíku. Regionální rozvoj využívání zeleného vodíku by však mohl probíhat pomocí trailerů, pokud není potřebný v místě výroby. Pro nákladově efektivní přepravu větších množství vodíku, které lze v regionu vyrábět pouze omezeně, je vhodná přeprava potrubím. V současné době je to možné prostřednictvím přimíchávání do zemního plynového rozvodu nebo do nově vybudovaných vodíkových potrubí.

Která z těchto možností bude použita, závisí na několika individuálních faktorech, jako jsou například:

- vzdálenosti mezi výrobními zařízeními a spotřebiteli,

- dostupnost potřebné infrastruktury, jako jsou potrubí (pro zemní plyn),
- náklady na přepravu,
- požadovaná čistota vodíku atd.

Jak již bylo zmíněno na začátku, do roku 2032 bude postupně vybudována tzv. základní vodíková síť. Jak vyplývá z Obrázek 2, v budoucnu bude několik úseků základní sítě procházet projektovou oblastí. Úseky by měly přepravovat vodík nejpozději do roku 2032. Kromě toho by v budoucnu měl přes Karlovarský kraj na české straně vést tzv. Czech-German Hydrogen Interconnector (CGHI) [52]. Aby se překlenulo období do uvedení příslušného úseku základní vodíkové sítě do provozu v roce 2032 a aby se zahájilo zavádění vodíku v přeshraniční projektové oblasti, existuje kromě potrubní přepravy vodíku i možnost využití tzv. vodíkových trailerů pro silniční přepravu.

V důsledku toho je třeba v okolí zařízení na výrobu vodíku a potenciálních odběrných míst počítat se zvýšeným provozem nákladních vozidel. Vodíkové trailerové soupravy se obvykle skládají z několika tlakových lahví typu 1 (ocelové lahve) až 4 (nádře z plastu a kompozitních materiálů vyztužených vlákny), které jsou upevněny na návěsu nákladního vozidla. Tyto láhve lze v závislosti na typu naplnit různými tlaky a pojmu tedy různé množství vodíku. Nádrže typu 4 mají oproti klasickým ocelovým lahvím nižší hmotnost a vyšší objem, protože vodík lze skladovat a přepravovat při vysokém tlaku až 500 barů, resp. v osobních nebo nákladních automobilech až 750 barů [88]. Tyto nádrže jsou seskupeny v 20- nebo 40stopových kontejnerech a označují se jako „Multi-Element-Gas-Container“ (MEGC) [88]. Známý je zde např. koncept společnosti Hydrospider AG. Systém se skládá z mobilních zásobníků vodíku, které lze naplnit až 450 barů vodíku (což odpovídá přibližně 440 kg) [89].



Obrázek 6: Plnicí stanice s logistickými komponenty pro výrobu a dodávku vodíku [89].

Jak je vidět na Obrázek 6, naplněné kontejnery lze pomocí standardních trailerových souprav přepravit kamionem na místo použití. K tomu jsou zapotřebí „dokovací stanice“ a výměnné nástavby v místě nakládky a vykládky.

Kromě toho probíhají jednání mezi dodavateli energie a podniky v projektové oblasti ohledně možného zásobování prostřednictvím potrubí, aby bylo možné v budoucnu zásobovat vodíkem energeticky náročné podniky.

6.1.4 Využití vodíku

Oblasti využití vodíku jsou rozmanité. Za nejdůležitější oblasti využití lze prozatím považovat materiálové a energetické využití v průmyslových odvětvích, která lze dekarbonizovat pouze omezeně nebo vůbec. Jedná se například o chemický a ocelářský průmysl, ale také o výrobce skla, keramiky a porcelánu, kteří potřebují vysoké procesní teploty [90]. V budoucnu by však mohl být vodík využíván i v oblasti kombinované výroby tepla a elektřiny (KVTE). Z vodíku lze například pomocí palivových článků nebo spalovacích motorů v rámci KVTE získávat jak elektrickou, tak tepelnou energii. Takový agregát je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 7: Stacionární vodíkový spalovací motor (vodíková kogenerační jednotka)

Další důležitou oblastí použití je vodík v dopravě, zejména v těžké nákladní dopravě. Patří sem např. dálkové nákladní automobily, letadla a lodní doprava. Jelikož tyto oblasti lze v současné době na elektrický pohon převést pouze omezeně, měl by se zde vodík např. v mobilních palivových článcích ve vozidlech zpětně přeměnit na elektřinu a tím zásobovat elektromotor nebo baterii elektrickou energií. Kromě toho hrají roli také tzv. e-paliva, synteticky vyráběná z elektřiny a vodíku. Z dlouhodobého hlediska lze vodík využít také k vytápění obytných budov a jako nosič energie v plynových elektrárnách jako zdroj špičkového výkonu. [90]

6.2 Budoucí rozvoj vodíkového hospodářství v regionu

Jak již bylo popsáno, na začátku projektu byl proveden sběr dat u místních podniků ohledně jejich energetické infrastruktury a jejich potenciální spotřeby vodíku. Získané údaje byly vyhodnoceny a posouzeny podle následujících případů použití vodíku:

- Vodík jako procesní plyn („H2_Einsatz_Prozessgas“)
- Vodík pro procesní teplo ($>200\text{ °C}$) („H2_Einsatz_HT_Prozesswaerme“)
- Vodík pro procesy kombinované výroby tepla a elektřiny (KVET) („H2_Einsatz_Fuelswitch“)

- Nízkoteplotní aplikace (<200 °C) („NT_Waermeeinsatz“)
- Spotřeba zemního plynu v regionu Karlovy Vary podle statistické ročenky pro rok 2024 [91]

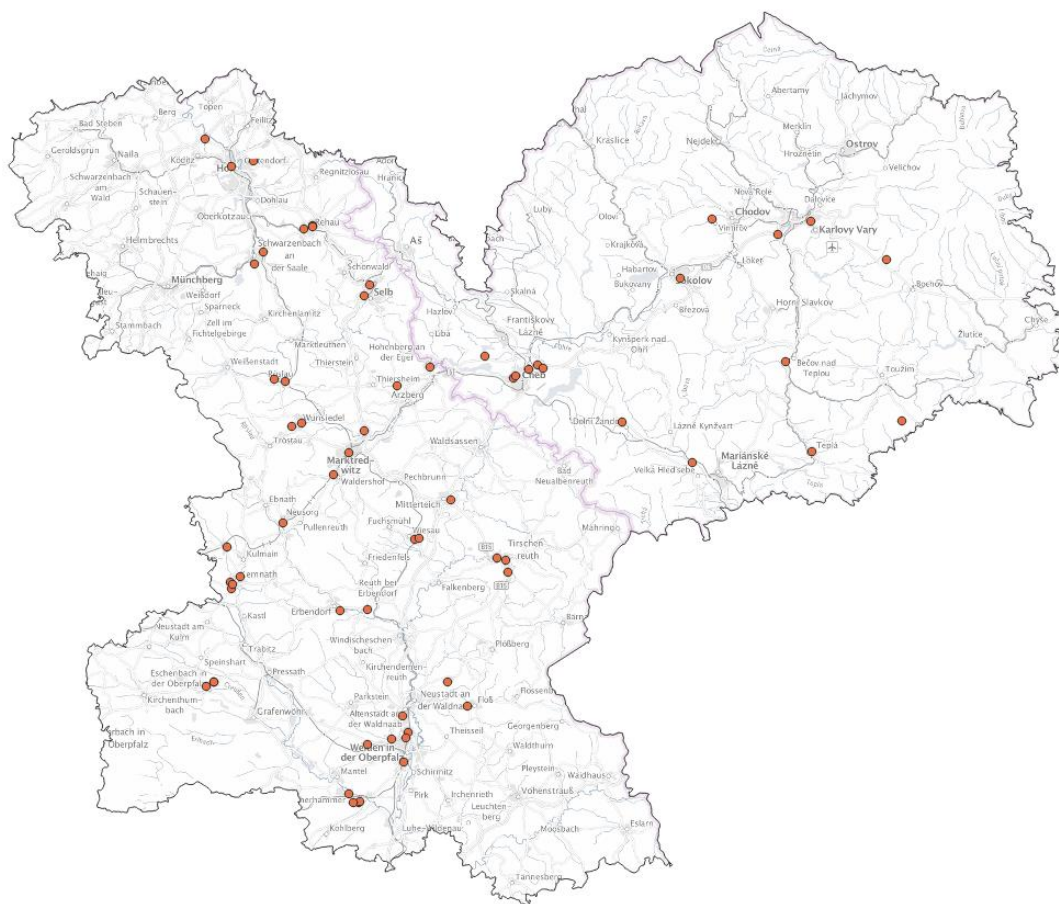
Příslušné potenciály odběru vodíku se vypočítávají na základě údajů o spotřebě elektřiny a paliva ve stávajícím stavu. Budoucí potenciály vodíku pro aplikace v oblasti mobility se vypočítávají na základě poskytnutých statistik registrací v projektové oblasti a veřejně dostupných údajů od Spolkového úřadu pro motorová vozidla [92]. Dále byly pro Karlovarský kraj použity údaje, jako je spotřeba zemního plynu nebo registrovaná vozidla, ze statistické ročenky 2024 [91]. Pro rozdělení spotřeby plynu jako technického potenciálu vodíku v Karlovarském kraji byly použity vlastní předpoklady. Spotřeba „Domestic“ (DOM) a „Low Demand Customer“ (LD_C) tak spadá ze 100 % do nízkoteplotního rozsahu. Poptávka „Medium Demand Customer“ (MD_C) a „High Demand Customer“ (HD_C) se dělí z 50 % na vodík pro procesní teplo >200 °C a z 50 % na vodík pro procesy kombinované výroby tepla a elektřiny (KVET). Konkrétnější rozdělení není možné provést z důvodu nedostatečných údajů.

Pro odhad budoucí poptávky po vodíku v cílovém roce 2050 byly vypracovány tři scénáře vývoje: ambiciózní scénář, střední scénář („střední cesta“) a konzervativní scénář. Scénáře vycházejí z kombinace sběru dat a rozhovorů s regionálními podniky, jakož i ze statistických údajů Karlovarského kraje. Cílem je zmapovat možné cesty vývoje využívání vodíku za různých energetickopolitických, technologických a ekonomických rámcových podmínek.

Scénáře se přitom orientují na dlouhodobé cíle klimatické politiky Evropské unie, zejména na cíl klimatické neutrality do roku 2050, jak byl stanoven v rámci Evropské zelené dohody. Doplnkově byly zohledněny klíčové regulační iniciativy, mezi nimiž je balíček „Fit-for-55“, vodíková strategie EU a sektorové cíle dekarbonizace pro průmysl, dopravu a energetické systémy. Tyto politické nástroje mimo jiné předpokládají výrazné snížení emisí skleníkových plynů, rostoucí elektrifikaci konečných aplikací a intenzivnější využívání obnovitelného vodíku v odvětvích, která se obtížně elektrifikují.

V průmyslové výrobě se to týká zejména vysokoteplotních procesů, například při výrobě skla, keramiky nebo porcelánu, kde je úplná elektrifikace technicky nebo ekonomicky možná pouze

v omezené míře. Také v odvětví mobility se vodík očekává především v aplikacích s vysokými požadavky na dojezd nebo výkon, například v těžké nákladní dopravě nebo ve veřejné dopravě. Naopak u nízkoteplotních procesů v sektoru vytápění se ve všech scénářích nepředpokládá využití vodíku pro procesy vytápění, protože zde je rostoucí elektrifikace (např. tepelná čerpadla) považována za efektivnější možnost dekarbonizace. Scénáře se liší především v rychlosti technologických transformací, elektrifikaci průmyslových procesů, dostupnosti a nákladech na vodík a zvýšení účinnosti energetického systému.



Obrázek 8: Zobrazení 67 respondentů z průzkumu mezi podniky.

Obrázek 8 znázorňuje prostorové rozložení respondentů (67 účastníků) z průzkumu mezi podniky. Většina respondentů pochází z průmyslového sektoru, následuje sektor řemesel a služeb.

6.2.1 Rozvoj vodíkového hospodářství: ambiciózní scénář

Ambiciózní scénář předpokládá důslednou realizaci evropských klimatických cílů a rychlou transformaci energetického systému. To zahrnuje vysoké roční zvýšení účinnosti, resp. úspory ve výši přibližně 2 % v oblasti tepla a kombinované výroby tepla a elektřiny (KVET), výrazné rozšíření obnovitelných zdrojů energie a rozsáhlou integraci vodíku do průmyslových procesů a v odvětví dopravy. Vzhledem k tomu, že vysokoteplotní aplikace jsou v mnoha případech elektrifikovatelné pouze omezeně, předpokládá se v tomto scénáři rozsáhlé využití vodíku, zejména v oblasti skla, keramiky a porcelánu, jakož i v oblasti velkých zařízení na kombinovanou výrobu tepla a elektřiny. Kromě toho je k dispozici připojení k základní vodíkové síti a vodík je k dispozici v dostatečném množství a za přijatelné ceny. Poptávka v oblasti vysokých teplot činí přibližně 22 400 t vodíku ročně, což odpovídá energetické spotřebě kolem 750 GWh ročně. Dále se předpokládá přechod stávajících zařízení KVET na vodík (Fuel Switch), čímž vznikne dodatečná spotřeba 10 600 t ročně (cca 350 GWh/rok).

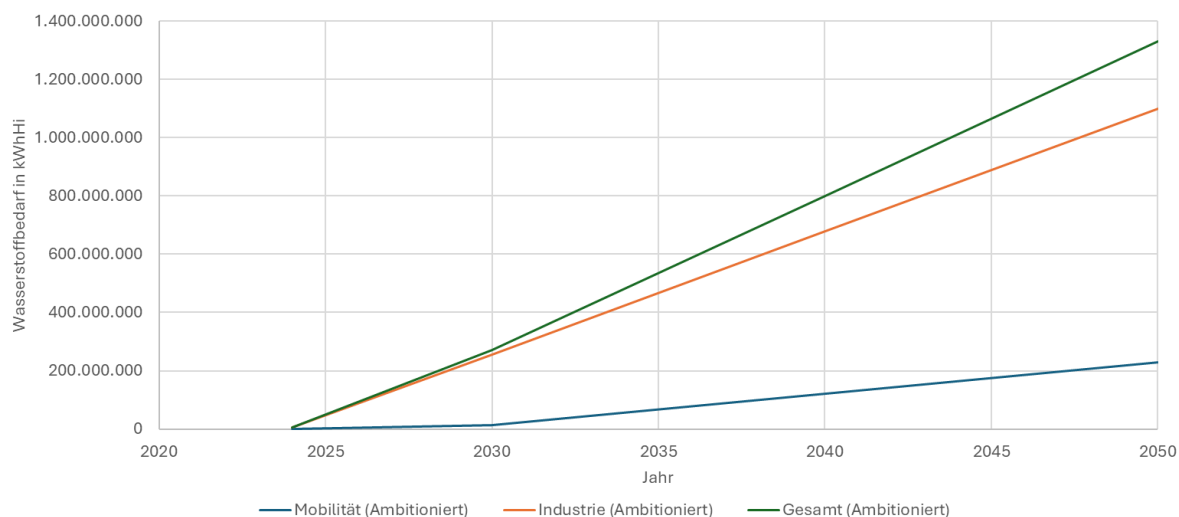
Také v odvětví dopravy se předpokládá rozsáhlá transformace, zejména v těžké nákladní dopravě a v místní hromadné dopravě, kde jsou pohony na vodík považovány za technicky vhodné vzhledem k vysokým požadavkům na dojezd. Z toho vyplývá dodatečná spotřeba 6 900 tun vodíku ročně, resp. přibližně 230 GWh. Tyto údaje vycházejí z cílů na bavorské a federální úrovni v Německu, které byly rozšířeny také na Karlovarský kraj. Tyto cíle zahrnují:

- Úroveň spolkové země Svobodný stát Bavorsko:
 - o Klimatická neutralita dopravního sektoru do roku 2040, resp. 2045 (cíl zemské vlády) [93]
- Federální úroveň Německa:
 - o 15 milionů elektromobilů do roku 2030 (cíl spolkové vlády) [94]
 - o Snížení emisí skleníkových plynů (THG) v odvětví dopravy o 49 % do roku 2030 ve srovnání s rokem 1990 (cíl spolkové vlády) [95]

Z formulovaných cílů a ze studie „*Klimaticky neutrální Německo 2045*“ z roku 2021, kterou zadaly organizace Agora Energiewende a Stiftung Klimaneutralität, lze odvodit předpoklady pro „ambiciózní“ scénář vztahující se k projektové oblasti. Dále jsou do scénáře zahrnuty cíle formulované pro leteckou, železniční a vnitrozemskou lodní dopravu v příslušných odvětvích.

Kromě toho se v tomto scénáři zohledňuje také posun v rozložení dopravních prostředků¹ od silniční dopravy směrem k železniční a veřejné dopravě. [97]

Následující Obrázek 9 znázorňuje časový průběh ambiciózního scénáře do roku 2050.



Obrázek 9: Nárůst využívání vodíku v ambiciózním scénáři.

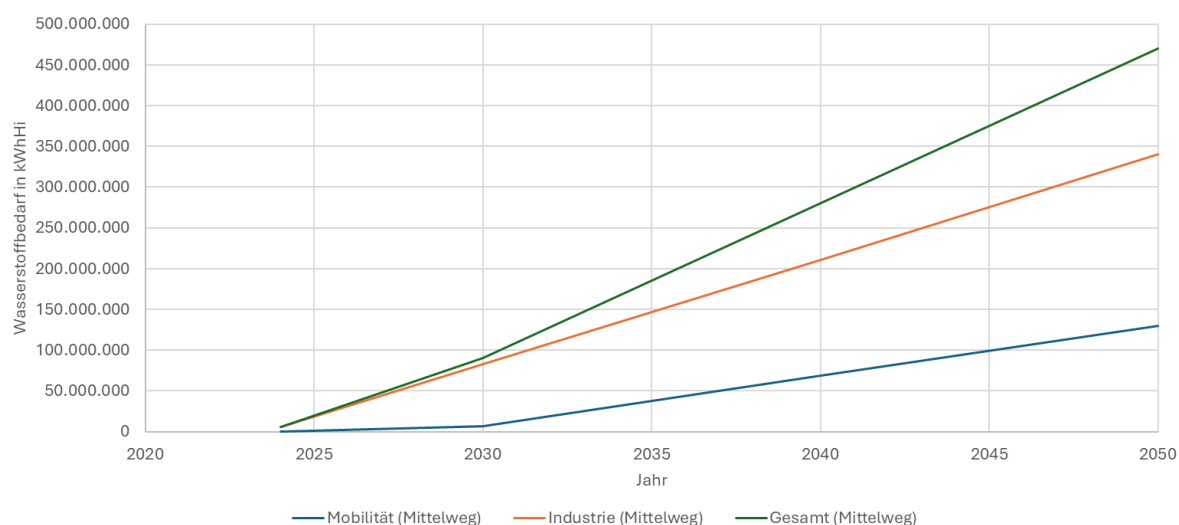
Celkově tento scénář popisuje transformační cestu, která se silně opírá o dlouhodobé strategie dekarbonizace na evropské a národní úrovni.

6.2.2 Nárůst využívání vodíku: scénář střední cesty

Střední scénář představuje realističtější cestu výboje s mírným tempem transformace. Zde se předpokládá roční zvýšení účinnosti, resp. úspora ve výši přibližně 1,5 % [98]. Současně dochází jak k elektrifikaci procesů, tak k selektivnímu využívání vodíku. V průmyslovém sektoru s vysokými teplotami se předpokládá spotřeba vodíku přibližně 10 300 t ročně, což odpovídá asi 340 GWh. V tomto scénáři se předpokládá, že určité procesy – například hybridní postupy při výrobě skla – lze částečně elektrifikovat, zatímco část energetické spotřeby bude i nadále pokryta vodíkem. Předpokládá se, že přibližně 1/3 energie potřebné pro tavení skla bude dodávána vodíkem [99]. Většina, tedy přibližně 66 % potřebné energie, bude dodávána elektřinou. V tomto scénáři se nepředpokládá využití vodíku v kogeneraci, protože zde jsou za pravděpodobnější považovány alternativní možnosti dekarbonizace, jako je elektrifikace nebo

¹ Procentní podíl jednotlivých druhů dopravy na celkovém objemu přepravy [96]

využití obnovitelných zdrojů energie. V odvětví mobility dochází k mírnému přechodu na pohony na vodík, zejména v těžké nákladní dopravě a částečně ve veřejné dopravě. Z toho vyplývá dodatečná spotřeba přibližně 4 000 t vodíku ročně, resp. přibližně 130 GWh. Potřeba v oblasti mobility vyplývá z průměrné hodnoty mezi konzervativním a ambiciózním scénářem. Následující obrázek znázorňuje časový průběh nárůstu spotřeby vodíku ve scénáři střední cesty.



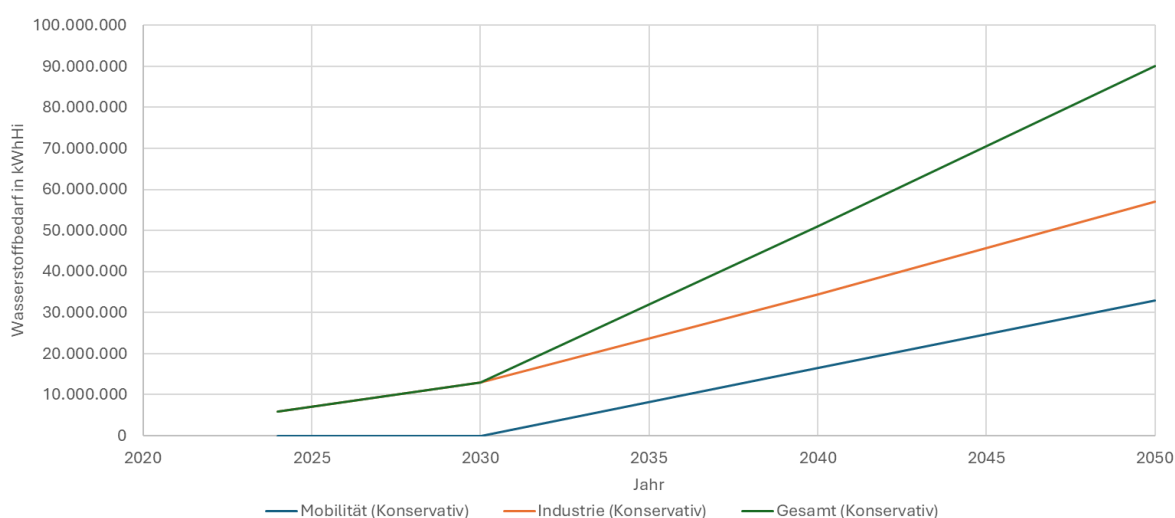
Obrázek 10: Nárůst spotřeby vodíku ve středním scénáři.

6.2.3 Nárůst spotřeby vodíku: konzervativní scénář

Konzervativní scénář předpokládá pomalou transformaci energetického systému. Zde se předpokládá, že dekarbonizaci budou pohánět především elektrifikace a elektřina z obnovitelných zdrojů, zatímco vodík bude kvůli vysokým nákladům, omezené infrastruktuře a nejisté dostupnosti využíván pouze v omezeném rozsahu. Roční nárůst účinnosti se zde odhaduje na 1 %. Vodík se používá převážně v průmyslových aplikacích v úzkých segmentech. V souladu s tím je poptávka v oblasti vysokých teplot s 1 700 t vodíku ročně, resp. přibližně 57 GWh, výrazně nižší. Ani v tomto scénáři se nepředpokládá využití vodíku v kogeneraci.

V sektoru mobility dochází pouze k malému přechodu na technologie založené na vodíku, takže vzniká dodatečná poptávka ve výši přibližně 990 t ročně, resp. přibližně 33 GWh. Údaje týkající se mobility vycházejí ze studie zadané Spolkovým ministerstvem pro hospodářství a energetiku (BMWi resp. BMWE), kterou v roce 2021 zveřejnil Fraunhoferův institut pro

systémový a inovační výzkum ISI ve spolupráci se společností Consentec GmbH [100]. Na základě scénáře „TN-Strom“ popsaného v této studii se jako základ pro výpočty používají prognózy energetické spotřeby, které jsou extrapolovány do roku 2050. Dále jsou do scénáře zahrnuty konkrétní aktuální počty registrací a historické vývojové trendy v počtu elektromobilů v letech 2020–2024 [101]. Následující obrázek znázorňuje časový průběh nárůstu využívání vodíku v konzervativním scénáři.



Obrázek 11: Nárůst využívání vodíku v konzervativním scénáři.

6.2.4 Přenositelnost uvažovaných studií

Pro vypracování scénářů byly částečně využity studie a modelové předpoklady z Německa, například analýzy Agora Energiewende nebo Fraunhoferových institutů. Použití těchto studií je metodicky opodstatněné, protože Německo a Česká republika mají v několika klíčových aspektech srovnatelné rámcové podmínky. Za prvé, obě země podléhají stejným energetickým a klimatickým požadavkům Evropské unie, zejména pokud jde o cíle snižování emisí, požadavky na energetickou účinnost a rozšiřování obnovitelných zdrojů energie. Za druhé, průmyslové struktury jsou v mnoha oblastech podobné, zejména v energeticky náročných odvětvích, jako je zpracování skla, keramiky nebo kovů, která jsou zastoupena i v Karlovarském kraji. Kromě toho jsou energetické systémy obou zemí silně propojeny, například prostřednictvím přeshraniční infrastruktury pro přenos elektřiny a plynu a společných energetických trhů v rámci evropského vnitřního trhu. Technologický vývoj,

investiční náklady a trendy v oblasti infrastruktury se proto často vyvíjejí na celoevropské úrovni a nejsou striktně omezeny na národní úroveň.

Z těchto důvodů mohou německé studie sloužit jako orientační rámec pro technologický vývoj, energetické potřeby a transformační cesty, i když je třeba při konkrétním vývoji scénářů zohlednit regionální specifika – jako jsou průmyslové výrobní struktury nebo místní energetické infrastruktury.

6.3 Potenciál výroby vodíku se zaměřením na elektrolýzu a potenciál využití v projektové oblasti

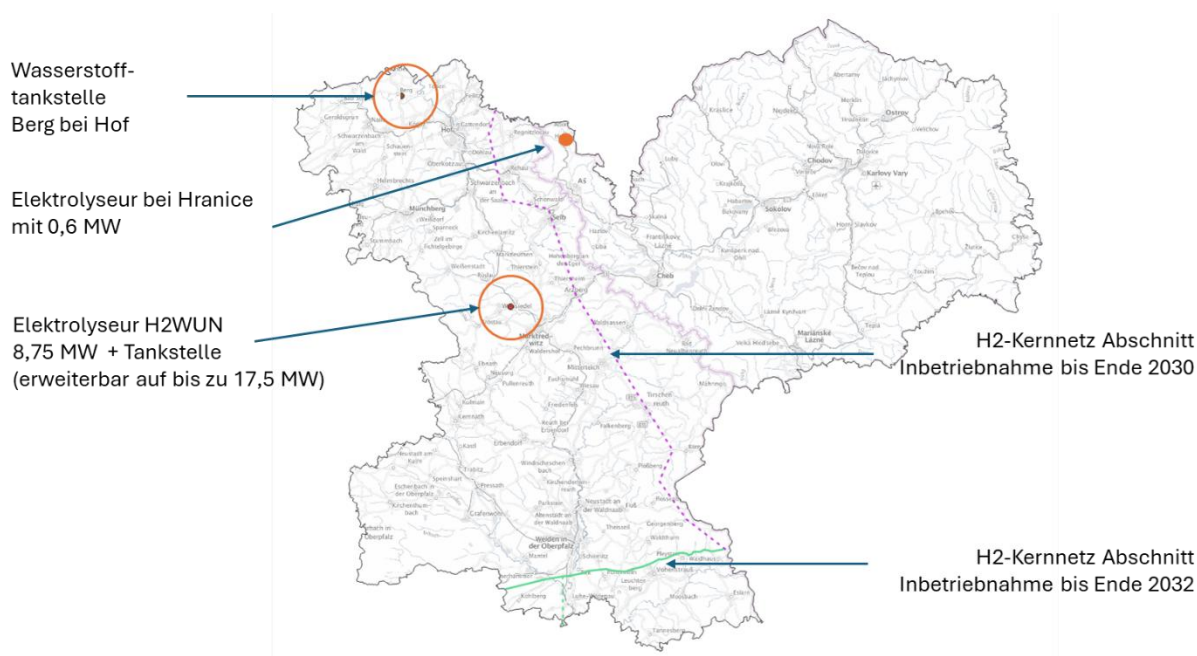
Tato kapitola se zabývá zjištěným potenciálem a výsledky provedené analýzy pro vybudování místní vodíkové infrastruktury v projektové oblasti. Přitom se zaměřuje na následující složky vodíkového hodnotového řetězce:



Obrázek 12: Zjednodušené znázornění uvažovaného systému.

V rámci koncepce byli nejprve identifikováni potenciální odběratelé vodíku, ale také odpadního tepla z elektrolýzy a kyslíku. V dalším kroku byla provedena analýza lokalit na základě regionální infrastruktury. Na základě této analýzy lokalit a scénářů pro rozvoj vodíkového hospodářství v projektové oblasti, uvedených v kapitole 6.2, vznikly možné decentralizované a regionální koncepce zásobování vodíkem, které zahrnují i logistický plán. Na základě lokality a poptávky po vodíku bylo provedeno předběžné dimenzování zařízení na výrobu vodíku s příslušným odběrem elektřiny. Z toho vyplývá vodíková bilance pro projektovou oblast, která ukazuje nadbytek nebo nedostatek budoucí poptávky po vodíku. Z toho vyplývají nezbytné dovozy nebo vývozy vodíku do resp. z regionu. Díky průchodu hlavní sítě projektovou oblastí jsou dány nejlepší předpoklady pro dodatečný dovoz vodíku, ale také pro jeho vývoz.

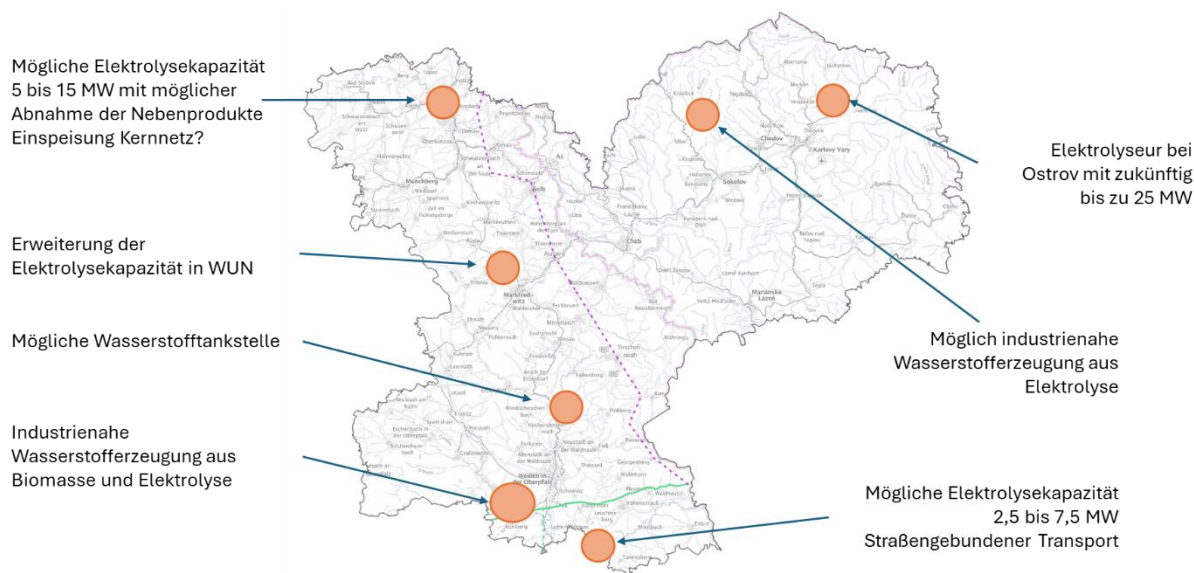
V regionu již v současné době existuje decentralizovaná vodíková infrastruktura. Na severu projektové oblasti se nachází vodíková čerpací stanice Berg u Hofu společnosti H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG přímo u dálnice A9 [102]. Ta disponuje tlakem 350 bar a 700 bar. Kromě toho se ve Wunsiedelu nachází největší elektrolyzátor v Bavorsku s výkonem 8,75 MW, který by v budoucnu mohl být rozšířen až na 17,5 MW a u kterého je (podle informací z rozhovorů) k dispozici vodíková čerpací stanice, která se brzy uvede do provozu [62], [103]. Kromě toho se na straně Karlových Varů nachází elektrolytická stanice o výkonu 600 kW, která vyrábí vodík pro přimíchávání do zemního plynu a zásobuje tak přibližně 360 domácností [104]. V budoucnu bude regionem procházet také hlavní vodíková síť.



Obrázek 13: Současná vodíková infrastruktura a plánovaná hlavní síť v projektové oblasti.

Obrázek 13 ukazuje současnou vodíkovou infrastrukturu v regionu. Na karlovarské straně má v budoucnu vést tzv. CGHI, která tak propojí německou hlavní síť s Českem. V rámci projektu byly za tímto účelem vyžádány soubory Shape pro integraci do GIS, které však bohužel zatím nejsou k dispozici. Kromě zmapování již existující vodíkové infrastruktury v regionu je analýza lokalit a potenciálu pro vybudování další decentralizované infrastruktury zásadním stavebním kamenem regionálního konceptu.

Jak již bylo popsáno, byly zde provedeny rozsáhlé analýzy lokalit a potenciálu. Kromě toho byly využity výsledky a potenciály z již existujících koncepcí vodíku [59]. Následující Obrázek 14 znázorňuje oblasti s potenciálem pro výstavbu další vodíkové infrastruktury. Tyto oblasti s potenciálem jsou rovnoměrně rozloženy po celé projektové oblasti. Jak již bylo zmíněno, uvažované oblasti vyplývají z rozsáhlých konzultací v průběhu projektu i z analýzy regionálních podmínek, jako jsou zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů, propojovací body elektrické sítě, potenciální odběratelé vodíku, dopravní osy, budoucí síť pro přepravu vodíku a možné struktury odběratelů vedlejších produktů elektrolýzy, tj. kyslíku a odpadního tepla.



Obrázek 14: Oblasti s potenciálem pro vybudování budoucí vodíkové infrastruktury v projektové oblasti HyBaBo.

Na německé straně projektu se jako potenciální oblasti jeví sever města Hof v těsné blízkosti hlavní sítě s elektrolýzou o výkonu 5 až 15 MW, rozšíření elektrolýzy ve Wunsiedelu na 17,5 MW, možná vodíková čerpací stanice v severní části okresu Neustadt an der Waldnaab, průmyslová výroba vodíku elektrolýzou a/nebo z biogenních zbytkových materiálů v jižní části okresu Neustadt an der Waldnaab v oblasti Mantel/Weiherhammer a vybudování elektrolýzní kapacity o výkonu 2,5 až 7,5 MW v těsné blízkosti dálnice A6 pro případnou silniční přepravu vodíku. Na české straně projektu se po rozsáhlé analýze ukázaly jako možné lokality pro

elektrolýzu oblasti Kraslice/Sokolov a Ostrov s kapacitou až 25 MW. Tyto potenciální lokality vyplynuly z následujících skutečností:

- Sever města Hof:
 - Blízkost propojovacího bodu a základní vodíkové sítě pro dodávku vodíku
 - Kombinace zařízení na výrobu energie z obnovitelných zdrojů (fotovoltaika a větrná energie)
 - Čistírna odpadních vod jako potenciální odběratel vedlejších produktů – kyslíku a odpadního tepla
- Rozšíření elektrolyzéru Wunsiedel na 17,5 MW
 - Původně plánované rozšíření s výrobní kapacitou až 1 350 t vodíku ročně
 - Infrastruktura pro přívěsy již k dispozici
- Možná vodíková čerpací stanice v severní části okresu NEW
 - Původně plánovaný projekt s existujícím návrhem podpory
- Průmyslová výroba vodíku v oblasti Mantel/Weiherhammer:
 - Nahrazení šedého vodíku na místě
 - Přeprava pomocí přívěsů a přímého potrubí
- Elektrolýza v těsné blízkosti dálnice A6
 - Blízkost propojovacího bodu sítě a dálnice pro silniční přepravu vodíku
 - Blízkost velkoplošných fotovoltaických elektráren
- Lokalita mezi Kraslicemi a Sokolovem:
 - Těžký průmysl v místě
 - Blízkost propojovacího bodu sítě a větrných elektráren
- Lokalita Ostrov:
 - Plánovaný projekt s kapacitou elektrolýzy až 25 MW

Na základě „scénáře střední cesty“ (viz 6.2.2) bude v budoucnu zapotřebí 2 700 tun vodíku ročně od roku 2030, 8 400 tun ročně od roku 2040 a 14 100 tun ročně od roku 2050. Na druhé straně stojí místní elektrolytické kapacity 17,5 MW s produkcí vodíku 1 400 t/rok do roku 2030. Zde se předpokládá, že dojde k rozšíření již existujícího elektrolyzéru ve Wunsiedelu. Tím může vzniknout regionální rozvoj vodíkového hospodářství, díky čemuž by

mohla být vytvořena i regionální struktura odběratelů vodíku, aby byla v budoucnu připravena na vodík ze základní sítě. Do roku 2050 by navíc mohla kapacita elektrolýzy v projektové oblasti vzrůst až na 57,5 MW, rozložených na několik lokalit. Rozšíření kapacity elektrolýzy má za následek, že pro výrobu vodíku RFNBO (viz Obrázek 1) musí být k dispozici až 150 MW dodatečného výkonu z obnovitelných zdrojů energie z větrných a fotovoltaických elektráren. Alternativně lze v budoucnu po odklonu od uhelné energie v České republice od roku 2033 (viz [19]) vyrábět vodík s nízkým obsahem uhlíku také pomocí jaderné energie (viz kapitola 3.1.2). Porovnáme-li nyní budoucí poptávku po vodíku s možnou místní výrobní kapacitou (včetně možné výroby z biogenních zbytků ve výši cca 5 % teoretického potenciálu), vzniká od roku 2030 deficit vodíku ve výši 1 300 t/rok, 5 900 t/rok od roku 2040 a 9 600 t/rok od roku 2050. Jedná se o množství vodíku, které bude v budoucnu nutné odebírat z nadřazené sítě nebo z jiných zdrojů.

Pro další úvahy se jako příklad předpokládá 5 MW elektrolytický systém v těsné blízkosti dálnice A6 s infrastrukturou pro přívěsy, jakož i 10 MW elektrolytický systém na severu města Hof pro napájení do základní vodíkové sítě. Výpočet rentability elektrolytického systému se provádí na základě kalkulace celkových nákladů podle anuitní metody (v návaznosti na VDI 2067 list 1). Výpočet se dělí na náklady spojené s kapitálem, provozem a spotřebou, resp. náklady na energii. Na tomto základě se vypočítají tzv. specifické výrobní náklady na vodík v €/kg H₂.

Pro posouzení ekonomické rentability byly stanoveny a odsouhlaseny následující rámcové podmínky:

- Podíl cizího kapitálu (FK): 80 %
- Podíl vlastního kapitálu (EK): 20 %
- Životnost zařízení: 15 let
- Úroková sazba FK: 4,0 %
- všechny náklady v € netto
- předpokládá se 100% přechod na vodík u příslušných podniků
- Marže pro potenciální provozovatele elektrolyzéru není zohledněna

Byly zohledněny následující náklady:

- náklady na kapitál (investiční náklady na základě průměrných čistých tržních cen jednotlivých komponent)
- provozní a spotřební náklady (údržba, opravy, provoz, technický dohled, personální náklady, pojištění, administrativa)
- náklady na energii (elektrická energie, pomocná energie)

Investiční náklady nelze chápat jako konkrétní nabídkové ceny, ale pouze jako průměrné tržní ceny. Ty se při skutečné realizaci mohou lišit směrem nahoru nebo dolů. Odhadované investiční náklady jsou uvedeny v následující tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled celkových čistých investičních nákladů jednotlivých variant

Náklady v € netto	Případ 1: 5 MW elektrolyzér s přepravou pomocí traileru v blízkosti dálnice	Případ 2: 10 MW elektrolyzér a vtlačení do úseku základní vodíkové sítě
Náklady na plánování, instalaci a nepředvídané výdaje	3 800 000 €	7 400 000 €
Elektrolyzér	8 500 000 €	15 500 000 €
Zásobníky, kompresory a potrubí	8 600 000 €	18 300 000 €
Ostatní periferní zařízení	400 000 €	700 000 €
Náklady na připojení k elektrické síti	900 000 €	1 400 000 €
Celkem	22 200 000 €	43 300 000 €

Celkové náklady na elektrolyzér a jeho příslušenství se pohybují mezi 22,2 mil. € a 43,3 mil. €. Součástí investičních nákladů uvedených v tabulce jsou následující součásti zařízení:

- Elektrolyzér:
 - Kontejner elektrolyzéru 5 MW, resp. systém elektrolýzy s výkonem 10 MW
 - Modul pro zpětné získávání tepla
 - Náklady na dopravu
- Zásobníky, přívěsy, kompresory a rozvod:

- Nízkotlaký vyrovnávací zásobník
- Kompresorová stanice
- Infrastruktura přívěsů a přívěsy (pouze případ 1)
- Přímé připojení od elektrolyzéru k základní vodíkové síti (pouze případ 2)
- Ostatní periferní zařízení
 - Elektrické připojení
 - Měřicí technika
 - Náklady na budovu/přístřešek a montážní systém
- Náklady na připojení k elektrické síti
 - Náklady na připojení k elektrické síti
 - Příspěvek na stavební náklady při odběru ze sítě (transformace vysoké/střední napětí) [105]

Tři složky nákladů – plánování (7,5 %), instalace (7,5 %) a nepředvídané výdaje (5 %) – se stanoví paušálně/procentuálně v závislosti na investičních nákladech a následně se rozdělí procentuálně (v závislosti na investičních nákladech). Výsledné náklady jsou shrnuty v tabulce 1 v bodě „Náklady na plánování, instalaci a nepředvídané výdaje“.

Provozní a spotřební náklady zahrnují náklady na obsluhu technických zařízení, náklady na údržbu a opravy jednotlivých zařízení a komponentů, jakož i personální náklady, pojištění, správu a náklady na pronájem. Náklady jsou stanoveny na základě hodnot stanovených v normě VDI 2067 a údajů z analýzy trhu, resp. z jednání s výrobcí:

- Údržba a opravy komponentů: 1,3 % (na základě údajů výrobců)
- Náklady na obsluhu: 1 plný úvazek
- Náklady na odběr vody: 2 €/m³

Náklady na energii se skládají z předpokládaných cen elektřiny pro provoz elektrolyzéru, kompresorové stanice a dalších komponent:

- Cena elektřiny z rozvodné sítě pro elektrolyzér: 8,09 ct/kWh_{el} až 8,13 ct/kWh_{el} (předpoklad IfE pro PPA)

- Cena elektřiny z rozvodné sítě pro kompresorovou stanici: 9,72 až 10,65 ct/kWh_{el} (předpoklad lfe pro nákup na burze)

Rozdílné ceny elektřiny vyplývají z rozdílných poplatků za připojení k síti. Elektřina pro elektrolýzu je tak osvobozena od následujících poplatků a přírážek:

- Daň z elektřiny (prostřednictvím dodatečné refundace) (viz § 9a StromStG)
- Poplatky za využívání sítě provozovatelů distribuční sítě (viz § 118 odst. 6 EnWG)
- Koncesní poplatek (za určitých okolností, pokud jsou současné ceny elektřiny pro zákazníky se zvláštní smlouvou z předloňského roku vyšší než cena PPA; viz § 2 KAV odst. 4) resp. podmínky pro zákazníky se zvláštní smlouvou
- Příspěvek na offshore a KWKG (viz § 25 EnFG ve spojení s § 26 EnFG a § 93 EEG)

Při výpočtu nákladů na elektřinu se předpokládalo, že na německé straně projektu existují zařízení na výrobu vodíku RFNBO podle [15].

Níže jsou uvedeny potenciální výnosy, které lze po výpočtu výrobních nákladů na H₂ odečíst jako dodatečné výnosy (na straně vodíku). V přehledu výsledků v Obrázek 16 ještě nejsou započítány. Jedná se o dodatečné výnosy pro německou projektovou oblast.

- Prodej odpadního tepla: 0,6 €/kg H₂ (při výnosu 5 ct/kWh_{th});
- Prodej kyslíku v současné době nelze finančně odhadnout;
- Výnosy z emisních povolenek: 8,50 €/kg H₂ (při ceně CO₂ 300 €/t ekvivalentu CO₂; cílová hodnota snížení emisí skleníkových plynů v roce 2026), pokud se použije v dopravě;
- Kompenzace cen elektřiny (SPK) pro energeticky náročné podniky [106]: 1,90 €/kg H₂ (podmínka: zavedení systému energetického managementu a odběr min. 30 % elektřiny z obnovitelných zdrojů z nedotovaných zařízení → PPA je stejně nezbytné;
- čerpání dotací na spolkové nebo zemské úrovni → v současné době není k dispozici žádná relevantní výzva k podávání žádostí o dotace.

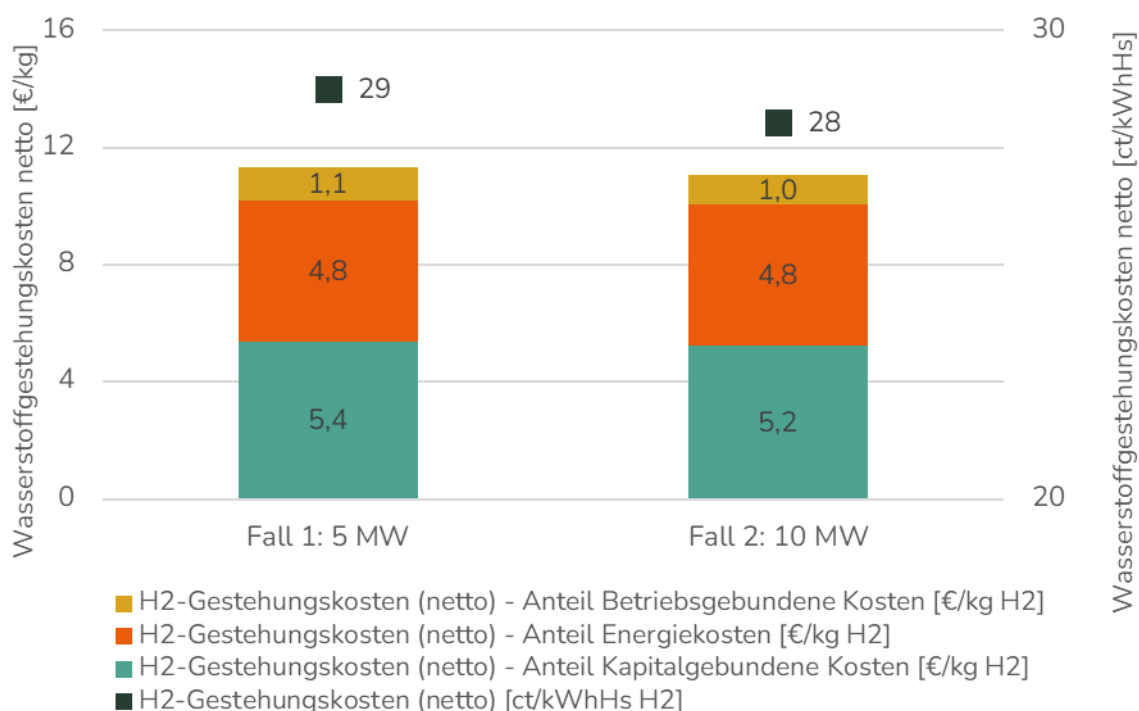
Potenciál výnosů z prodeje emisních povolenek pro využití vodíku v dopravě velmi silně závisí na vývoji cen emisních povolenek (€/t ekvivalentu u CO₂). S rostoucími cenami emisních povolenek lze generovat dodatečné výnosy. Od začátku roku 2026 se hodnota po propadu opět pohybuje kolem 300 €/t ekvivalentu CO₂. To je patrné z následujícího obrázku.



Obrázek 15: Vývoj cen emisních povolenek v letech 2023 až 2026 [107].

Snížení výrobních nákladů na vodík prostřednictvím prodeje odpadního tepla vznikajícího při elektrolýze velmi silně závisí na možné ceně tepla. Ve výše uvedeném příkladu byl předpokládán výnos 5 ct/kWh_{th}. Výnos vyplývá z možné prodejní ceny tepla po odečtení provozních nákladů tepelné sítě. Zpeněžení vznikajícího kyslíku nelze v současné době finančně odhadnout. V tomto ohledu byl odhadnut potenciál 2 800 až 5 600 tun ročně.

Na základě výše popsanych nákladů a předpokladů vyplývají výrobní náklady na vodík pro různé varianty, které jsou znázorněny v následujícím diagramu. Jak již bylo popsáno, tyto náklady se vypočítávají jako součet ročních kapitálových, provozních a spotřebních nákladů a nákladů na energii dělený ročním objemem vyrobeného vodíku.



Obrázek 16: Výsledné náklady na výrobu vodíku.

Zobrazené náklady na výrobu vodíku se pohybují mezi 11,00 €/kg H₂ netto, resp. 28 ct/kWh_{H₂} netto a 11,30 €/kg H₂ netto, resp. 29 ct/kWh_{H₂} netto. Případné dodatečné výnosy z prodeje emisních povolenek a odpadního tepla zde nebyly zohledněny.

Díky uvedeným možnostem podpory a prodeji vedlejších produktů vyplývá z výpočtů značný potenciál pro snížení výrobních nákladů na vodík. Ve výpočtech ekonomické rentability nejsou zohledněny náklady na straně odběratelů, jako je např. přestavba nebo změna možných průmyslových procesů či koncových zařízení u soukromých zákazníků a úpravy v plynárenské síti, jakož i výstavba přípojných zařízení u potenciálních odběratelů vodíku, jelikož to nelze bez závazného příslibu finančně odhadnout. To vede k dalším investičním nákladům a vyšším provozním nákladům, které je třeba zohlednit.

Při prodeji odpadního tepla prostřednictvím případné sítě zásobování teplem je třeba zohlednit i další body. Elektrolyzátor, který je poháněn přebytečnou elektřinou nebo elektřinou z větrných a fotovoltaických elektráren, dosahuje v zimních měsících méně hodin plného využití než v letních měsících. Znamená to, že zejména v chladných měsících je k dispozici méně odpadního tepla. Právě v těchto měsících však panuje zvýšená poptávka po teple. Z

tohoto důvodu je při realizaci nutné vybudovat redundantní zásobování teplem, aby se kompenzovalo chybějící odpadní teplo z elektrolýzy. Kromě pokládky tepelných potrubí a údržby a provozu je nutné nainstalovat jeden nebo více dalších zdrojů tepla. S tím jsou spojeny další investiční náklady.

Při realizaci vznikají další investiční náklady také na využití vznikajícího kyslíku. Vzhledem k jeho silně oxidačním vlastnostem je při manipulaci s kyslíkem nutná maximální opatrnost. S tím jsou spojena další investiční opatření. Kyslík vznikající při elektrolýze je v závislosti na technologii elektrolýzy rovněž pod tlakem. Obvykle se kyslík uvolňuje přes ventil a vypouští se do okolí.

6.4 Výroba vodíku z biogenních zbytků

V rámci této analýzy potenciálu výroby vodíku z biogenních zbytků jsou zdroje biogenních zbytků rozděleny do následujících kategorií původu:

- Zemědělství
- Biologický odpad
- Zelený odpad
- Dřevní odpad
- Čistírenské kaly

Podrobný přehled těchto toků látek a případných podkategorií je uveden v následujících odstavcích.

Datové podklady se liší mezi bavorskou a českou projektovou oblastí (Karlovarský kraj) jak z hlediska prostorového rozlišení (na úrovni okresů a měst vs. regionálně agregované), tak z hlediska dostupných časových období. Pokud jsou k dispozici konzistentní časové řady, jsou potenciály pro vyhlazení ročních výkyvů vykazovány na základě víceletých průměrů. Pokud však nejsou k dispozici žádné časové řady, ale pouze charakteristické hodnoty nebo odhady založené na modelech, provádí se stanovení potenciálu na základě těchto dat.

Referenční hodnoty (zejména referenční roky) a předpoklady použité k tomuto účelu jsou uvedeny v příloze. V následujících odstavcích jsou shrnuty hlavní výsledky jednotlivých toků látek a zařazeny podle jejich významu pro regionální koncepci.

6.4.1 Potenciál výroby vodíku ze zemědělství

Pro stanovení energetického potenciálu z živočišných zbytků

Postup popsany níže vychází z metodiky uvedené v [72],

Stanovení potenciálu zemědělských zbytkových materiálů bylo však přizpůsobeno dostupným regionálním údajům o projektové oblasti. Zohledněny jsou živočišné zbytkové materiály z chovu hospodářských zvířat, jelikož ty lze v zásadě využít k výrobě bioplynu nebo pro navazující cesty výroby vodíku

Nejprve se stanoví stav hospodářských zvířat za každý rok pro každou dílčí oblast na základě údajů ze Statistik Kommunal [108] a statistické ročenky Karlovarského kraje [109], [110]. Analogicky k [72] zahrnuje analýza tyto druhy zvířat:

Skot, dojnice, mladý skot, telata, prasata, ovce, drůbež a koně.

Pro českou projektovou oblast se ve [109], resp. [110] neprovádí samostatné vykazování mladého skotu a telat, v důsledku čehož se u skotu neprovádí žádné další rozlišování a používá se celkový stav „skotu“. Dojnice jsou z důvodu samostatného sběru údajů zohledňovány odděleně, a proto nejsou započítávány do kategorie „skot“.

Pro stanovení teoretického potenciálu výroby vodíku se průměrné stavy zvířat propojí se specifickými ročními výtěžky metanu známými z literatury a měřicích a fyzikálními vlastnostmi metanu. Z toho odvozený energetický potenciál se následně s přihlédnutím k účinnosti reformování bioplynu převede na teoretický potenciál výroby vodíku. Podrobné výpočtové kroky, vstupní hodnoty a výsledky specifické pro jednotlivé druhy zvířat jsou uvedeny v příloze.

Pro bavorskou projektovou oblast vyplývá teoretický potenciál výroby vodíku přibližně **6.900 t/rok**, pro českou projektovou oblast (Karlovarský kraj) přibližně **1.800 t/rok**.

Uvedené potenciály z živočišných zbytků je třeba chápat jako teoretické orientační hodnoty. Výpočet vychází ze statisticky zaznamenaných stavů skotu a výtěžků metanu uvedených v literatuře, takže regionální rozdíly v chovných systémech, krmení, technice ustájení a množství vznikajících živočišných exkrementů jsou zobrazeny pouze zjednodušeně. U české projektové oblasti je navíc třeba vzít v úvahu, že mladý skot a telata nejsou v podkladových statistikách vykazovány samostatně, a proto nebylo možné u skotu provést další diferenciaci. Navíc uváděné výtěžky metanu představují zjednodušené průměrné hodnoty a mohou zachytit rozdíly specifické pro jednotlivé podniky a regiony pouze v omezené míře. Uvedené potenciály tak umožňují především zařazení do řádů velikosti, nelze je však chápat jako přesně určitelné nebo v krátkodobém horizontu plně mobilizovatelné potenciály.

6.4.2 Potenciál výroby vodíku z biologického odpadu a zeleného odpadu

Podle § 3 odst. 7 zákona KrWG zahrnují biologické odpady biologicky rozložitelné organické materiály rostlinného, živočišného nebo houbového původu (mj. kuchyňské a potravinové odpady, jakož i odpady ze zahrad a parků) [113]. Odpadová bilance Bavorska rozlišuje biologické odpady podle této definice na komunální zelený odpad, zelený odpad z domácností a odpady z biokontejnerů [114]. Poslední z nich označuje odděleně shromažďovanou organickou frakci domovního odpadu [115]. V této studii jsou pro projektovou oblast zohledněny toky biogenních odpadů z odděleně shromažďovaných bioodpadů (a), organické složky ve zbytkovém odpadu (b) a zeleného odpadu (c).

Pro českou projektovou oblast je vymezení příslušných toků látek provedeno prostřednictvím regionálního Plánu odpadového hospodářství (POH) [116] a kódů katalogu odpadů Evropského seznamu odpadů (European Waste Catalogue, EWC) [117], které jsou v něm uvedeny. Vzhledem k odlišným systémům statistického sběru dat je metodický výpočet pro obě projektové regiony prezentován odděleně. Podrobný popis metodiky je uveden v příloze.

Stanovení potenciálu pro bavorské části území vychází z údajů z Odpadové bilance Bavorska [118] za sledované období 2016 až 2023.² Pro analýzu teoreticky dostupného potenciálu výroby vodíku z biologického odpadu byla zohledněna frakce „odpad z biokontejnerů“.

U odpadů z biokontejnerů se zohledňuje odděleně sbíraná organická složka komunálního odpadu. Komerční bioodpady, které jsou ve statistice odpadů uvedeny samostatně, byly z výpočtu z velké části vyloučeny, protože příslušná množství jsou často likvidována soukromými subjekty a nejsou proto v komunálních údajích o odpadech zahrnuta v plném rozsahu. Pro organickou složku v komunálním odpadu se vychází z podílů organických látek přiřazených podle struktury osídlení, jelikož tato frakce není k dispozici přímo jako samostatně zaznamenané množství. Frakce zeleného odpadu zahrnuje organické materiály z domácností, z údržby veřejných zelených ploch i z komerčních zdrojů, pokud jsou tyto zahrnuty do bilance odpadů.

Pro českou projektovou oblast Karlovarský kraj vychází datová základna z regionálního Plánu odpadového hospodářství (POH) [116]. Na rozdíl od bavorského projektového regionu jsou zde toky biologicky rozložitelných odpadů vykazovány pomocí kódů katalogu odpadů Evropského seznamu odpadů (European Waste Catalogue, EWC) [117], které jednoznačně klasifikují druhy odpadů. Rozčlenění množství podle skupin původců (např. domácnosti vs. podniky/gastronomie) v tomto přehledu není obsaženo. Zohledňují se kuchyňské a kantýnské odpadky, organické složky v sídlištním odpadu a také zahradní a parkové odpady jako ekvivalent zeleného odpadu.

Pro bavorskou projektovou oblast vyplývá z odpadu z biokontejnerů teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **300 t/rok**. Organická složka v komunálním odpadu rovněž vykazuje teoretický potenciál ve výši přibližně **300 t/rok**. Největší podíl v rámci této skupiny materiálů mají zelené odpady s objemem přibližně **1 000 t/a**. Celkově tedy pro bavorskou

²Soubory PDF byly dne 17. 6. 2025 staženy pomocí přímých odkazů na stránce [abfallbilanz.bayern.de](https://www.abfallbilanz.bayern.de) (např. <https://www.abfallbilanz.bayern.de/doc/2022/KSDaten.pdf>; totéž platí pro ostatní roky 2016–2023) a uloženy do lokálního archivu. V době psaní tohoto textu již nejsou tehdejší přímé odkazy dostupné (přesměrování na úvodní stránku).

projektovou oblast vyplývá teoretický potenciál pro výrobu vodíku z biologických odpadů a zelených odpadů ve výši přibližně **1 600 t/a**.

Pro českou projektovou oblast vyplývá teoretický potenciál výroby vodíku z organického odpadu a zeleného odpadu ve výši přibližně **500 t/rok**. Největší podíl na tom mají organické složky v sídlištním odpadu a také odpad ze zahrad a parků. Kuchyňské a kantýnské odpadky k tomu naproti tomu přispívají jen v malé míře.

Uvedené potenciály z biologického odpadu a zeleného odpadu je třeba celkově chápat jako teoretické orientační hodnoty. Ačkoli výpočet v bavorské projektové oblasti vychází ze statisticky zaznamenaných objemů komunálního odpadu, existují zejména u komerčního biologického odpadu a zeleného odpadu nejistoty, jelikož příslušné toky materiálů jsou částečně evidovány v soukromém sektoru, a proto nejsou v komunálních statistikách odpadu zachyceny v plném rozsahu. U organického podílu v komunálním odpadu se navíc stanovení potenciálu neprovádí na základě přímo vykázaných objemů, ale na základě organických podílů přiřazených podle struktury osídlení, což vede k dalším nejistotám. V české projektové oblasti vychází odvození z toků látek založených na EWC, které odpovídají frakcím používaným v Bavorsku pouze přibližně. To se týká zejména kuchyňského a kantýnského odpadu, organické složky v komunálním odpadu a zeleného odpadu, který je evidován jako samostatná sběrná kategorie. Výsledky obou projektových regionů jsou proto přímo srovnatelné pouze v omezené míře a je třeba je interpretovat s ohledem na příslušné datové podklady a vymezení.

6.4.3 Potenciál výroby vodíku z dřevních zbytků

V následující části je zkoumán teoretický potenciál výroby vodíku z frakcí dřevních zbytků. Kromě starého dřeva jsou zohledněny lesní zbytky dřeva a průmyslové zbytky dřeva. Energetické využití těchto materiálových toků je zjednodušeně znázorněno pomocí termochemického zplyňování dřeva s následnou reakcí vodního plynu a separací vodíku. Podrobné výpočtové kroky, vstupní hodnoty a regionální odvození jsou uvedeny v příloze.

Pod pojmem staré dřevo se podle § 2 Vyhlášky o starém dřevě (Altholz) rozumí dřevní odpad, který vzniká jako průmyslové zbytky dřeva nebo jako použité dřevo (použité výrobky z masivního dřeva nebo dřevěných materiálů) [128]. Ačkoli lze staré dřevo podle této definice

zařadit k průmyslovým zbytkům dřeva, dochází na základě samostatného statistického sběru dat k oddělení posuzování těchto toků materiálů. Podkladové údaje pro bavorské dílčí oblasti vycházejí z bilancí odpadů za roky 2016–2023. Pro českou projektovou oblast je potenciál výroby ze starého dřeva vyjádřen kódem odpadového katalogu EWC 20 01 38 (odděleně shromažďovaná frakce – dřevo). Tento kód nejlépe představuje statistický ekvivalent bavorské frakce „staré dřevo“.

Celkově vyplývá pro bavorskou projektovou oblast teoretický potenciál výroby vodíku ze starého dřeva ve výši přibližně **500 t/rok**. V případě Karlovarského kraje činí tento potenciál přibližně **40 t/rok**. Stanovení potenciálu pro odpadní dřevo v bavorské projektové oblasti vychází převážně ze statisticky zaznamenaných objemů odpadu, avšak u jednotlivých dílčích regionů vykazuje nejistoty v důsledku chybějících nebo neseparovaně vykazovaných údajů o odpadním dřevě. Kromě toho nebyl záměrně zahrnut potenciální podíl dřeva v objemovém odpadu, aby se zabránilo dvojímu započítání v důsledku nejednoznačně přiřaditelných navazujících toků využití. Uvedené potenciály výroby vodíku z odpadního dřeva je proto třeba celkově interpretovat jako konzervativní dolní hranici.

U lesnických zbytků dřeva se v bavorské projektové oblasti zohledňuje lesní zbytkové dřevo a dřevo z prořezávek. Lesní zbytkové dřevo označuje ty podíly dřeva, které po těžbě dřeva zůstávají v porostu a obvykle se energeticky využívají. Dřevo z prořezávek vzniká v rámci plánovaných lesnických ošetrovacích opatření a zahrnuje zejména slabé dřevo, které v pilařském průmyslu často není využitelné. Jelikož pro bavorskou projektovou oblast nejsou k dispozici údaje o těžbě dřeva rozčleněné podle okresů, odhaduje se potenciál na základě plochy pomocí specifických ukazatelů výnosu. Zde je zvolen konzervativní přístup, který odvozuje potenciál zbytkového dřeva výhradně z lesních ploch ve vlastnictví státu a veřejnoprávních subjektů.

Pro bavorskou projektovou oblast vyplývá z lesnických dřevních zbytků teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **4 100 t/rok**. Pro českou projektovou oblast se potenciál lesnických dřevních zbytků odhaduje na základě regionálních údajů o těžbě dřeva. Z toho vyplývá pro Karlovarský kraj teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **3 300 t/rok**. Stanovení potenciálu je vzhledem k rozdílné dostupnosti dat a metodickým postupům

v obou projektových regionech přímo srovnatelné pouze v omezené míře. Kromě toho byly v obou regionech záměrně zohledněny pouze státní a obecní lesy, aby se snížily nejistoty ohledně využitelnosti potenciálu zbytkového dřeva z drobně členěných soukromých lesů. To zároveň vede k spíše konzervativnímu odhadu dostupného potenciálu. Zejména v Bavorsku použité plošné ukazatele zjednodušeně odrážejí rozdíly závislé na stanovišti, druhu stromu a způsobu hospodaření.

Průmyslové zbytkové dřevo zahrnuje zbytkové materiály, které vznikají při materiálovém využití dřeva v dřevozpracujícím průmyslu. Patří sem zejména vedlejší produkty z pilařských závodů a z průmyslu dřevěných materiálů, celulózy a papíru a nábytkářského průmyslu, mezi něž patří piliny, pilová moučka, dřevní štěpka, kůra nebo černý louh, které lze využít k výrobě energie. Ve statistice odpadů není průmyslové zbytkové dřevo vykazováno samostatně, protože jeho likvidace a využití probíhá převážně v soukromém sektoru.

Pro bavorskou projektovou oblast se regionalizace celobavorského potenciálu provádí na základě podílu zaměstnaných v odvětví lesnictví a dřevařství. Pro českou projektovou oblast se potenciál průmyslového zbytkového dřeva odhaduje na základě vedlejších produktů z pilařství, jelikož nejsou k dispozici žádné konzistentní, veřejně dostupné statistiky o celkovém objemu průmyslového zbytkového dřeva.

Pro bavorskou projektovou oblast vyplývá z průmyslového zbytkového dřeva teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **2 800 t/rok**. Pro Karlovarský kraj vyplývá z vedlejších produktů pilařského průmyslu teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **1 200 t/rok**. Stanovení potenciálu pro průmyslové dřevní zbytky je v obou projektových regionech spojeno s větší nejistotou než u starého dřeva nebo lesnických dřevních zbytků, jelikož nejsou k dispozici přímo srovnatelné regionální statistiky o objemu celkového množství průmyslových dřevních zbytků.

Počty zaměstnanců přitom nejsou přímo úměrné množství vznikajícího zbytkového dřeva; navíc se pro českou projektovou oblast zohledňují jako statisticky zachytitelný dílčí tok pouze vedlejší produkty z pilařství. Uvedené potenciály je proto třeba na pozadí použitých předpokladů a datových podkladů považovat za přibližný odhad.

Celkově vyplývá pro bavorskou projektovou oblast na základě nezaokrouhlených dílčích hodnot ze zkoumaných frakcí zbytkového dřeva teoretický potenciál pro výrobu vodíku ve výši přibližně **7 300 t/rok**. Pro Karlovarský kraj činí odpovídající potenciál přibližně **4 500 t/rok**. Zbytkové dřevo tak představuje v rámci zkoumaných toků biogenních odpadních materiálů obzvláště významný zdroj potenciálu. Zároveň nelze tyto výsledky vzhledem k existujícím způsobům materiálového a energetického využití, rozdílné dostupnosti dat, metodickým předpokladům a omezené mobilizovatelnosti chápat jako produkční objemy, které lze bezprostředně plně využít.

6.4.4 Potenciál výroby vodíku z čistírenských kalů

Vlastnosti čistírenského kalu se liší v závislosti na původu a provozu zařízení (mj. obsah sušiny/podíl vody a podíl popela a organické hmoty). Odhad potenciálu založený čistě na údajích o látkách by proto vyžadoval parametrizaci specifickou pro danou látku. Níže je odhadován vodíkový potenciál výroby z čistírenského kalu specificky pro danou technologii na základě technických charakteristik referenčního zařízení [150] s hydrotermální předúpravou, následným zplyňováním a úpravou H₂. Zařízení je navrženo pro různé organické zbytky (mj. komunální čistírenský kal). Odvození stanovených referenčních hodnot a regionálních potenciálů je popsáno v příloze.

Pro bavorskou projektovou oblast vyplývá z čistírenského kalu teoretický potenciál vodíku přibližně **800 t/rok**, pro českou projektovou oblast přibližně **300 t/rok**.

Uvedené potenciály výroby z čistírenských kalů je třeba chápat jako orientační hodnoty specifické pro danou technologii. Výpočet není založen na podrobné charakterizaci složení regionálně vznikajících čistírenských kalů, ale na technických orientačních hodnotách referenčního zařízení. Pokud se do čistírenského kalu přidávají navíc dřevité zbytky, nelze tato množství již plně přičítat k potenciálu zbytkového dřeva, který je vykazován samostatně, a odpovídajícím způsobem jej snižují. Výsledky je proto třeba chápat především jako odhad potenciálu výroby vodíku z čistírenského kalu specifický pro dané zařízení.

6.4.5 Zařazení potenciálů do kontextu stávajících struktur využití

Vypočítané potenciály výroby vodíku z biogenních zdrojů popisují nejprve teoretické řády na základě předpokládaného množství zbytkových materiálů a předpokladů o konverzi. Z toho však nelze přímo vyvodit závěr o potenciálu, který lze v praxi mobilizovat ve stejné výši. Je třeba vzít v úvahu, že značná část uvažovaných biogenních zbytkových materiálů je již dnes odváděna do stávajících způsobů využití. To se týká zejména bioodpadů a zeleného odpadu, které se již kompostují nebo fermentují, čistírenského kalu, který se převážně tepelně využívá, a dřevitých zbytkových materiálů, které se částečně již využívají jako surovina nebo k výrobě energie. Využití těchto toků surovin pro výrobu vodíku by proto v mnoha případech nespočívalo v dodatečném zajištění zbytkových materiálů, ale v přeorientování či realokaci již využívaných toků surovin. Skutečná využitelnost uvedených potenciálů tedy nezávisí pouze na objemu, ale také na stávající konkurenci v oblasti využití, regionálních sběrných a logistických strukturách, technických a ekonomických podmínkách, právních a regulačních požadavcích a také na konkrétních vlastnostech jednotlivých zbytkových materiálů.

6.5 Shrnutí vodíkového potenciálu

Kapitola 6 této regionální koncepce komplexně zkoumá potenciál výroby vodíku v regionu HyBaBo a popisuje celý hodnotový řetězec vodíku od výroby přes přepravu a skladování až po využití v průmyslu, mobilitě a zásobování teplem. Analýza vychází z technických, právních a ekonomických rámcových podmínek a také z podrobného sběru dat u podniků v regionu. Ukazuje se, že vodík může hrát klíčovou roli zejména tam, kde jiné možnosti dekarbonizace, jako je elektrifikace, narážejí na své limity – například ve vysokoteplotních procesech ve sklářském, keramickém a kovozpracujícím průmyslu nebo v těžké nákladní dopravě.

Pro výrobu vodíku jsou zvažovány různé technologické cesty. Důraz je kladen na PEM elektrolýzu, která je díky své vysoké flexibilitě a vhodnosti pro obnovitelné zdroje energie obzvláště relevantní. Stávající 8,75 MW elektrolýzér ve Wunsiedelu lze rozšířit na 17,5 MW, čímž tvoří důležitý výchozí bod pro regionální výrobu. Kromě toho jsou identifikovány další potenciální lokality na bavorské a české straně, například v Hofu, v okrese Neustadt an der Waldnaab, podél dálnice A6, jakož i v Ostrově nebo v okolí Sokolova. Doplnkově se kapitola zabývá potenciálem biogenních zbytkových surovin, mezi něž patří zemědělské odpady,

bioodpady a zelený odpad. Tyto toky surovin by mohly v regionu poskytnout několik tisíc tun vodíku ročně a být tak důležitým doplňkem k výrobě vodíku na bázi elektřiny. Celkově se jedná o značný teoretický potenciál, který však bude realisticky využitelný pouze částečně (max. 5 %).

V souvislosti s přepravou a skladováním vodíku je zřejmé, že tento region bude v budoucnu napojen na vznikající základní vodíkovou síť (o délce přibližně 9 040 kilometrů v rámci celého Německa) respektive na European Hydrogen Backbone. Základní síť v Německu vzniká částečně přestavbou stávajících plynovodů a měla by být plně vybudována do roku 2032. Zvláštní význam mají bavorské propojovací plynovody H2-BAL a H2ercules, které vedou přímo přes projektovou oblast a budou napojovat jak výrobce, tak průmyslové odběratele. Kromě toho se na české straně plánuje Czech-German Hydrogen Interconnector, který propojí tamní síť s německou základní sítí a tím usnadní přeshraniční přepravu vodíku. Do dokončení potrubní infrastruktury zůstává silniční přeprava pomocí trailerů nezbytným mezikrokem.

Regionální využití vodíku se soustředí především na energeticky náročná odvětví, v nichž je zapotřebí vysoké procesní teplo a elektrifikace je technicky či ekonomicky téměř nemožná. Kromě toho se vodík zvažuje v dopravním sektoru, zejména v těžké nákladní dopravě, kde bateriová elektrická řešení umožňují pouze omezený dojezd. Diskutuje se také o budoucím zapojení do tepelných sítí nebo zařízení na kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (KVET), přičemž využití v nízkoteplotním rozsahu by z dlouhodobého hlediska mělo hrát pouze doplňkovou roli. Průzkum mezi podniky ukazuje jasnou potřebu jistoty při plánování a koordinovaného rozvoje regionální infrastruktury.

Pro odhad budoucí poptávky po vodíku jsou vypracovány tři scénáře do roku 2050. V ambiciózním scénáři roste využití vodíku velmi rychle a výrazně, zejména díky rozsáhlé transformaci energeticky náročných průmyslových odvětví a hluboké restrukturalizaci dopravního sektoru. Střední scénář předpokládá mírnější vývoj a zohledňuje částečně elektrifikovatelné procesy, díky čemuž je poptávka po vodíku nižší. Konzervativní scénář nakonec předpokládá výrazně pomalejší transformaci a silnější dominanci elektrifikace, takže vodík se bude využívat pouze v okrajových aplikacích. Rozpětí se pohybuje od přibližně 2 700 tun vodíku ročně v konzervativním scénáři až po přibližně 40 000 tun v ambiciózním scénáři.

Podle současných poznatků se očekávaný vývoj pohybuje mezi konzervativním a střední scénářem. Porovnáme-li tyto potřeby s regionálními výrobními potenciály, je zřejmé, že region se bez dodatečných dovozů neobejde. Ani při maximálním rozšíření kapacit elektrolýzy, které by do roku 2050 mohly vzrůst na přibližně 57,5 MW a které musí být v souladu s přísnými evropskými kritérii pro výrobu nízkouhlíkového vodíku a vodíku RFNBO, nelze poptávku plně pokrýt ani ve středním, ani v ambiciózním scénáři. Dovoz přes základní vodíkovou síť se proto stane ústřední součástí zásobování. Zároveň mohou být místní výrobní zařízení – zejména ta, která využívají obnovitelnou elektřinu nebo biogenní zbytky – důležitými stavebními kameny pro odolnost, regionální tvorbu přidané hodnoty a raný rozvoj trhu.

V této kapitole zaujímá významné místo také ekonomický pohled. Příklady výpočtů pro 5 MW a 10 MW elektrolyzéry ukazují investiční náklady mezi 22 a 43 miliony eur. Z toho odvozené výrobní náklady na vodík se pohybují přibližně mezi 11,00 a 11,30 € za kilogram. Díky výnosům z prodeje odpadního tepla a kvót na snížení emisí skleníkových plynů lze však tyto náklady výrazně snížit. Kapitola ukazuje, že ekonomická rentabilita silně závisí na podmínkách podpory, cenách elektřiny a vytíženosti a že rozhodující je koordinovaný postup.

Celkově tato kapitola dochází k závěru, že region HyBaBo má dobré předpoklady k tomu, aby v budoucím vodíkovém systému sehrál významnou roli. Regionální budování vodíkového hospodářství však bude úspěšné pouze tehdy, pokud budou výroba, infrastruktura a poptávka růst společně a budou podporovány politickými, právními a ekonomickými rámcovými podmínkami. Úplné soběstačnosti nelze dosáhnout, ale kombinace místní produkce a nadregionálních dovozů umožňuje stabilní a dlouhodobě udržitelnou transformaci. Pro strategické zařazení a následující doporučení k postupu se v následujícím textu používá scénář „střední cesty“ jako předpoklad, protože nejlépe odráží předvídatelné potřeby regionu v oblasti infrastruktury a dovozů.

7 ZÁVĚR A VÝHLED DO BUDOUČNA

7.1 Závěr

Výsledky regionálního konceptu ukazují, že projektová oblast HyBaBo by neměla být chápána jako soběstačná vodíková oblast. Měla by se spíše profilovat jako přeshraniční prostor pro využití, distribuci a inovace, v němž se propojuje regionální výroba, nadregionální připojení k síti a koordinovaný vývoj poptávky. Na základě scénáře „střední cesty“ činí poptávka po vodíku přibližně 2 700 t ročně od roku 2030, 8 400 t/rok od roku 2040 a 14 100 t/rok od roku 2050. I při zohlednění regionálních kapacit pro elektrolýzu a omezeného podílu biogenních zbytkových surovin zde zůstává výrazný deficit v zásobování. Projektová oblast tak může pokrýt svou potřebu pouze částečně a i v dlouhodobém horizontu zůstává závislá na dodatečných dovozech. Z toho vyplývá zároveň ústřední problém typu „slepice a vejce“ při rozběhu vodíkového hospodářství: potenciální odběratelé váhají bez zajištěných dodávek, zatímco výrobci a provozovatelé infrastruktury nemají bez spolehlivé poptávky jistotu investic.

Budoucí napojení na základní vodíkovou síť v dlouhodobém horizontu výrazně posílí postavení regionu. Dokud však nebudou příslušné úseky potrubí plně k dispozici, zůstává přeprava cisternami nezbytným mezikrokem. Současně představuje výzvu i nákladová struktura budoucího odběru ze sítě. Stanovený poplatek za rozběh ve výši 25 €/kWh/h/a (viz [151]) se může zejména pro průmyslové odběratele stát významnou nákladovou položkou a ovlivnit konkurenceschopnost aplikací založených na vodíku.

I na straně výroby panují značné nejistoty. Rozvoj obnovitelných zdrojů energie neprobíhá v jednotlivých bavorských regionech všude stejným tempem. Zejména v případě rozšiřování větrných elektráren působí brzdící vliv dostupnost pozemků, délka schvalovacího řízení a regionální omezení. Bez dodatečné elektřiny z obnovitelných zdrojů lze však plánované rozběhnutí elektrolyzérů realizovat pouze v omezené míře. K tomu se přidává skutečnost, že ekonomická rentabilita elektrolyzérů silně závisí na vývoji cen elektřiny na burze. Ačkoli existují regulační a energeticko-ekonomické úlevy, vysoké burzovní ceny elektřiny mohou výrazně zvýšit náklady na výrobu. Kromě toho vyžaduje využití vedlejších produktů, jako je

odpadní teplo a kyslík, další investice do tepelné infrastruktury, skladovacích kapacit a bezpečného technického propojení.

Na straně poptávky je budoucí poptávka i nadále spojena s nejistotami. Příslušné podniky v současné době ještě zvažují, zda se zaměří na vodík, nebo zda se vydají jinými cestami dekarbonizace, zejména elektrifikací. Zůstává tak otevřené, jak rychle a v jakém rozsahu se vyvine stabilní regionální trh. Zvláště důležitá je v tomto ohledu role potenciálních klíčových zákazníků, protože jejich vstup významně přispívá k vytížení výrobní a distribuční infrastruktury. Pokud tito odběratelé odpadnou nebo odloží investice, má to přímý dopad na dynamiku rozběhu v daném regionu.

K tomu se přidávají ekonomické překážky na straně výrobců i uživatelů. Výrobní náklady na vodík uvedené v koncepci se v současné době pohybují kolem 11 €/kg, což je výrazně více než u fosilních alternativ. Ačkoli mohou kvóty na skleníkové plyny a prodej odpadního tepla působit jako úleva, obě veličiny jsou kolísavé a lze je plánovat jen omezeně. Současně vznikají na straně odběratelů dodatečné investiční náklady, například na přestavbu průmyslových pecí, hořáků nebo plynovodů. Bez spolehlivých podmínek podpory zůstává mnoho z těchto investic ekonomicky obtížně realizovatelných.

Kromě toho panují v Bavorsku a v Karlovarském kraji odlišné regulační a strukturální podmínky. Zatímco Německo klade velký důraz na vodík z obnovitelných zdrojů, v České republice panují jiné podmínky, pokud jde o skladbu energetického mixu, tepelnou infrastrukturu a možné cesty k výrobě vodíku s nízkými emisemi uhlíku. Tyto rozdíly ztěžují harmonizaci přeshraničních koncepcí a zvyšují potřebu koordinace v oblasti infrastruktury, podpory a kategorie kvality vodíku.

Celkově koncepce ukazuje, že region má dobré předpoklady pro vybudování vodíkového hospodářství, jeho rozjezd však zůstává závislý na technických, ekonomických a regulačních podmínkách. Transformace může být úspěšná pouze tehdy, pokud se podaří propojit regionální výrobu, napojení na dovozní síť, spolehlivý odběr, vhodné podpůrné struktury a koordinovaný přeshraniční rozvoj.

7.2 Doporučení k postupu

Na základě prezentovaných výsledků a potenciálu jsou definována doporučení pro projektovou oblast a zároveň je popsána role regionu v letech 2030, 2040 a 2050.

Do roku 2030 by měla projektová oblast HyBaBo plnit funkci přeshraničního startovacího klastru. V této fázi není v popředí zájmu plošné zásobování, ale cílené budování prvních udržitelných hodnotových řetězců. Přednostně by se měly rozvíjet stávající a v krátkodobém horizontu realizovatelné lokality, jakož i konkrétní vztahy s odběrateli. Mezi ně patří zejména rozvoj elektrolyzérů ve Wunsiedelu, vývoj dalších decentralizovaných přístupů k výrobě v identifikovaných potenciálních oblastech a vybudování odolné logistiky přepravy cisternami až do připojení k síťové infrastruktuře. Souběžně s tím by region měl cíleně vytvářet struktury odběratelů, aby již při uvedení nadřazených síťových připojení do provozu existovala stabilní poptávka.

Do roku 2040 by se projektová oblast měla vyvinout z počátečního klastru v přeshraniční průmyslový a logistický koridor. V této fázi výrazně vzroste význam propojení mezi regionální výrobou, klíčovými průmyslovými odběrateli a nadregionální přepravou vodíku. Rozšiřování dalších kapacit pro elektrolýzu by proto nemělo probíhat plošně, ale s orientací na klastry. Zvláště vhodné se pro tento účel jeví již identifikované potenciální oblasti na severu města Hof, ve Wunsiedelu, v oblasti Mantel/Weiherhammer, podél dálnice A6 a na české straně v oblasti Kraslice/Sokolov a Ostrov. Rozhodující je, aby každé rozšíření infrastruktury bylo spojeno s konkrétními možnostmi odběru, výhodami dané lokality a strukturami přeshraniční spolupráce.

Do roku 2050 by měla projektová oblast plnit funkci regionálního distribučního uzlu i uzlu posilujícího odolnost v rámci nadřazeného vodíkového systému. Hlavním úkolem pak nebude úplná soběstačnost, ale bezpečné a flexibilní zásobování přeshraničních průmyslových a dopravních aplikací. Regionální elektrolyzéry, využití biogenních zbytkových surovin a dovoz po rozvodné síti se doplňují do jednoho celkového systému. Místní výroba zvyšuje odolnost, otevírá regionální tvorbu přidané hodnoty a stabilizuje rané segmenty trhu. Množstevní

zásobování však bude i v dlouhodobém horizontu ve značné míře závislé na dodatečném dovozu.

Prioritní oblasti využití vodíku by se v daném regionu měly soustředit tam, kde je přímá elektrifikace technicky nebo ekonomicky možná pouze v omezené míře. To se týká zejména průmyslových procesů s vysokými teplotami, vodíku jako procesního plynu či náhrady stávajících způsobů využití šedého vodíku, jakož i vybraných aplikací v oblasti mobility s vysokými požadavky na dojezd a výkon. Pro scénář „střední cesta“ z toho vyplývají především průmyslové aplikace v oblasti vysokých teplot, jakož i selektivní využití v těžké nákladní dopravě a částečně ve veřejné dopravě. Naproti tomu by využití vodíku v nízkoteplotních procesech a v širokém měřítku pro vytápění budov nemělo být sledováno jako prioritní cíl. Ani rozsáhlé využití v kogeneraci se ve scénáři střední cesty nejeví jako prioritní směr vývoje.

Regionální výrobu je třeba důsledně rozšiřovat, avšak bez ambice zajistit kompletní zásobování celého regionu. Měla by být spíše chápána jako strategický doplněk k dovozům. Důraz je kladen na výrobu vodíku z elektřiny pomocí elektrolýzy, jelikož v regionu již existují první závody, potenciál pro výrobu z obnovitelných zdrojů a struktury odběratelů. K tomu mohou významně přispět biogenní zbytkové suroviny, zejména tam, kde lze smysluplně využít regionální toky surovin a zapojit stávající infrastrukturu. Vzhledem k omezenému reálně využitelnému potenciálu by však tato cesta měla být chápána především jako doplněk pro odolnost, regionální tvorbu přidané hodnoty a jednotlivé aplikační klastry, nikoli jako kvantitativní páteř plného zásobování.

Vzhledem k tomu, že projektová oblast bude i ve scénáři „střední cesty“ trvale závislá na dodávkách vodíku z vnějších zdrojů, je nutné tuto závislost na dovozu včas zohlednit jako základní předpoklad při plánování. Napojení na budoucí základní vodíkovou síť i na přeshraniční přepravní koridory má proto zásadní význam pro dlouhodobou bezpečnost dodávek. Dokud nebude k dispozici potrubní infrastruktura, zůstává přeprava cisternami nezbytným mezikrokem. Z toho vyplývá, že již dnes by měly být vypracovány strategie nákupu, prozatímní logistická řešení, možnosti skladování a konkrétní odběrné smlouvy s potenciálními klíčovými zákazníky. Funkční vodíkové hospodářství vznikne pouze tehdy, pokud budou synchronizovaně plánovány výroba, dovoz, infrastruktura a poptávka.

Pro praktickou realizaci rozvoje vodíkové ekonomiky by se region měl důsledně zaměřit na klastrové struktury. Jednotlivé projekty v oblasti výroby nebo čerpacích stanic přinesou očekávané výsledky pouze tehdy, budou-li prostorově i funkčně propojeny se spotřebiteli, logistikou, energetickým zásobováním a výzkumnými institucemi. Projektová oblast HyBaBo má pro to dobré předpoklady, protože jak na bavorské, tak na české straně byly identifikovány vhodné oblasti s potenciálem. Z toho vyplývá doporučení nejprve vybudovat několik málo, ale odolných klastrů s jasnými klíčovými zákazníky, namísto toho, aby se paralelně realizovalo mnoho izolovaných jednotlivých projektů. Takový klastrový přístup zvyšuje ekonomickou efektivitu, vytváří jistotu při plánování a posiluje přeshraniční viditelnost regionu jako společného vodíkového prostoru.

Zvláštní předností projektové oblasti je navíc její přeshraniční charakter. Z toho vyplývá zároveň nutnost trvalé koordinace mezi bavorskými a českými aktéry. Rozdílné regulační rámcové podmínky, odlišné možnosti financování a rozdílné požadavky na kategorii kvality vodíku vyžadují úzkou spolupráci. Proto je smysluplné vybudovat trvalou koordinační a projektovou strukturu, v níž budou obce, podnikatelský sektor, provozovatelé sítí, výzkumné instituce a multiplikátoři společně pracovat na vývoji projektů, správě dat, monitorování podpory a propagaci lokality. Pouze pokud bude tato koordinace institucionálně zajištěna, může region skutečně proměnit své přeshraniční výhody vyplývající z polohy v konkrétní investice.

Kromě infrastruktury a výroby je třeba za strategickou oblast považovat i přípravu odborných pracovníků. Rozvoj vodíkového hospodářství bude úspěšný pouze tehdy, pokud bude možné zajistit plánování, výstavbu, provoz a údržbu zařízení dostatečně kvalifikovaným personálem. Stávající struktury vysokých škol, vzdělávání a transferu v Hofu, Ambergu-Weidenu a Karlovarském kraji k tomu nabízejí pevný základ. Ten by měl být cíleně využíván k systematickému rozvoji dalšího vzdělávání, aplikovaného výzkumu, transferu znalostí a podpory mladých talentů. Rozvoj kvalifikované pracovní síly tak není pouze doprovodným opatřením, ale samostatnou součástí regionální transformační strategie.

Souhrnně řečeno by region projektu HyBaBo neměl chápat svou roli v přeshraničním vodíkovém systému jako region soběstačné výroby, ale jako koordinovaně rozvíjený prostor

pro využití, distribuci a inovace. V krátkodobém horizontu je v popředí zájmu vybudování prvních klastrů a klíčových aplikací, ve střednědobém horizontu rozvoj směrem k přeshraničnímu průmyslovému a logistickému koridoru a v dlouhodobém horizontu etablování se jako odolný distribuční uzel v nadřazeném vodíkovém systému. Kombinace cílené regionální výroby, jasně upřednostněných oblastí využití, zajištěného napojení na import, přeshraniční koordinace a aktivního budování odborné pracovní síly představuje pro tento účel nejvhodnější směr rozvoje.

Příloha A.1 Časové vymezení a přístup k vyhodnocení sledovaných toků zbytkových materiálů

Referenční hodnoty (zejména referenční roky) a předpoklady použité k tomuto účelu jsou uvedeny v příslušných částech týkajících se toků látek. Tabulka 2 shrnuje časová období a přístupy k vyhodnocení použité v analýze pro jednotlivé kategorie zbytkových materiálů.

Tabulka 2: Časové vymezení a přístup k vyhodnocení sledovaných toků zbytkových materiálů

Kategorie zbytkových materiálů	Období, za které jsou k dispozici údaje pro Bavorsko	Období Česká republika	Způsob vyhodnocení
Zemědělství	2016 – 2023	2020–2023	Víceletý průměr
Biologický odpad a zelený odpad	2016–2023	2017 – 2021	Víceletý průměr
Čistírenské kaly	2016 – 2023	2020 – 2023	Víceletý průměr
Zbytkové dřevo	2016 – 2023 / Charakteristické hodnoty	2017 – 2023 / Charakteristické hodnoty	Víceletý průměr a charakteristická hodnota

Pokud se vypočítávají víceleté průměry, provádí se výpočet pro každou dílčí oblastj následovně:

$$\bar{M}_j = \frac{1}{N} \sum_y M_{j,y} \quad (1)$$

Součet zahrnuje všechny roky y v daném časovém období (viz Tabulka 2); N je počet zohledněných let. Odlišné přístupy k vyhodnocení, například na základě charakteristických hodnot nebo datových sad za jednotlivé roky, jsou vysvětleny v příslušných kapitolách věnovaných tokům látek.

Příloha A.2 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu ze zemědělství

Postup popsany níže vychází z metodiky uvedené v [72], byl však přizpůsoben dostupným regionálním údajům o projektové oblasti a vztahuje se na časová období uvedená v tabulce 2. Jednotlivé kroky výpočtu jsou vysvětleny níže.

Nejprve se stanoví stav hospodářských zvířat za každý rok pro každou dílčí oblast na základě údajů ze Statistik Kommunal [108] a statistické ročenky Karlovarského kraje [109], [110]. Analogicky k [72] zahrnuje analýza tyto druhy zvířat:

skot, dojnice, mladý skot, telata, prasata, ovce, drůbež a koně.

Celkový počet $n_{i,ges}$ daného druhu zvířat i se pro každý rok sledovaného období vypočítá agregací stavů z jednotlivých dílčích regionů podle rovnice (2):

$$n_{i,ges} = \sum_j n_{i,j} \quad (2)$$

kde

$i \in \{\text{skot, dojnice, mladý skot, telata, prasata, ovce, drůbež, koně}\}$
a

j jako index příslušných zvažovaných dílčích regionů bavorské, resp. české projektové oblasti.

Víceletý průměr $\bar{n}_{i,ges}$ pro daný druh zvířat se následně vypočítá analogicky k rovnici (1) jako aritmetický průměr za příslušné období a použije se pro další stanovení potenciálu.

Pro českou projektovou oblast se ve [109], resp. [110] neprovádí samostatné vykazování mladého skotu a telat, v důsledku čehož se u skotu neprovádí žádné další rozlišování a používá se celkový stav „skotu“. Dojnice jsou z důvodu samostatného sběru údajů zohledňovány odděleně, a proto nejsou započítávány do kategorie „skot“.

Pro stanovení energetického potenciálu Q_i z živočišných zbytků se následně $\bar{n}_{i,ges}$ vynásobí specifickými ročními výtěžky metanu známými z literatury a měřicích údajů V_{i,CH_4} [72], [111] a fyzikálními vlastnostmi metanu (viz rovnice (3)).

$$Q_i = H_{u,CH_4} \cdot V_{i,CH_4} \cdot \rho_{CH_4} \cdot \bar{n}_{i,ges} \quad (3)$$

Zde H_{u,CH_4} označuje výhřevnost metanu v kWh/kg, ρ_{CH_4} normální hustotu v kg/Nm³ a V_{i,CH_4} specifický roční výtěžek metanu u příslušného druhu zvířetei v Nm³_{CH₄}/(Tier·a) . Výjimku tvoří drůbež, u nichž je v použitém zdroji výtěžek metanu uveden v přepočtu na 100 míst pro zvířata za rok. Pro tento výpočet byla tato hodnota přepočítána na jedno zvíře, resp. jedno místo pro zvíře za rok. Mladý skot a telata byla započítána s korekčním faktorem pro jednotky velkého skotu 0,4, resp. 0,3 [72], [112].

Nakonec se energetický potenciál každého druhu zvířat i sečte do celkového teoretického energetického potenciálu ze zemědělství (LW) $Q_{pot,LW}$.

$$Q_{pot,LW} = \sum_i Q_i \quad (4)$$

Výsledný teoretický roční potenciál výroby vodíku $m_{pot,H_2,LW}$ se vypočítá podle vzorce:

$$m_{pot,H_2,LW} = \frac{Q_{pot,LW} \cdot \eta_{BG,ref}}{H_{u,H_2}} \quad (5)$$

Základem jsou zde účinnost reformování bioplynu uvedená v [72] s hodnotou $\eta_{BG,ref} = 0,60$ a výhřevnost vodíku s hodnotou $H_{u,H_2} = 33,33$ kWh/kg.

Výsledky stanovení potenciálu

V tabulkách 3 a 4 jsou shrnuty výtěžky metanu podle druhů zvířat V_{i,CH_4} použité pro výpočet a agregované průměrné stavy zvířat $\bar{n}_{i,ges}$ pro bavorskou a českou projektovou oblast.

Tabulka 3: Vstupní údaje pro výpočet potenciálu – stav hospodářských zvířat a výtěžky metanu – projektová oblast Bavorsko

Druh	Výtěžek metanu na zvíře V_{i,CH_4} [Nm ³ _{CH₄} /(Tier·a)]	Celkový počet zvířat $\bar{n}_{i,ges}$ [-]
Skot	185	52 330
Dojnice	289	73 411
Mladý skot	74	15 150
Telata	55,5	34 575
Prasata	19	110 186
Ovce	81	6 210
Drůbež	1,64	219 857
Koně	388	3 104

Tabulka 4: Vstupní údaje pro výpočet potenciálu – stav zvířat a výtěžky metanu – Karlovarský kraj

Druh	Výtěžek metanu na zvíře V_{i,CH_4} [Nm ³ _{CH₄} /(Tier·a)]	Celkový počet zvířat $\bar{n}_{i,ges}$ [-]
Skot	185	40 569
Dojnice	289	2 455
Prasata	19	16 666
Ovce	81	11 422
Drůbež	1,64	124 353
Koně	388	1 264

Na základě rovnic (3) až (5) se z nich stanoví energetické potenciály Q_i , odpovídající potenciály vodíkové energie Q_{i,H_2} a z nich odvozené potenciály vodíkové hmotnosti $m_{pot,H_2,i}$. Energetické potenciály jsou nejprve vyjádřeny v kWh/rok a v tabulkách 5 a 6 jsou uvedeny v GWh/rok.

Potenciály vodíkové hmotnosti se vypočítávají za použití $H_{u,H_2} = 33,33 \text{ kWh/kg}$ a jsou uvedeny v t/rok.

Tabulka 5: Odvozené energetické a vodíkové potenciály podle druhu zvířat – projektová oblast

Bavorsko

Druh	Energetický potenciál Q_i [GWh/rok]	H ₂ – energetický potenciál Q_{i,H_2} [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H_2,i}$ [t/rok]
Skot	97,00	58,20	1 746,26
Dojnice	212,58	127,55	3 826,88
Mladý skot	11,23	6,74	202,23
Telata	19,23	11,54	346,13
Prasata	20,98	12,59	377,63
Ovce	5,04	3,02	90,73
Drůbež	3,61	2,17	65,04
Koně	12,07	7,24	217,21
Součet	381,74	229,05	6 872,09

Tabulka 6: Odvozený energetický a vodíkový potenciál podle druhu zvířete – Karlovarský kraj

Druh	Energetický potenciál Q_i [GWh/rok]	H ₂ – Energetický potenciál Q_{i,H_2} [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H_2,i}$ [t/rok]
Skot	75,20	45,12	1353,80
Dojnice	7,11	4,27	127,98
Prasata	3,17	1,90	57,12
Ovce	9,27	5,56	166,88
Drůbež	2,04	1,23	36,79
Koně	4,91	2,95	88,46
Součet	101,71	61,03	1 831,02

Příloha A.3 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z biologického odpadu a zeleného odpadu

Metodika bavorské projektové oblasti

Stanovení potenciálu pro bavorské části území vychází z údajů z Odpadové bilance Bavorska [118] za sledované období 2016 až 2023³.

a) Odpady z biokontejnerů

Pro analýzu teoreticky dostupného potenciálu výroby vodíku z biologického odpadu byla zohledněna frakce „odpad z biokontejnerů“. Základem výpočtu je víceletý průměr tohoto druhu odpadu pro příslušné dílčí oblasti.

Komerční bioodpady, které jsou ve statistice odpadů uvedeny samostatně, byly z výpočtu z velké části vyloučeny. Pouze v letech 2016–2018 byly pro okres Neustadt a.d.W. zaznamenána malé množství v rozsahu 2–6 t/rok. Tyto odpady byly pro výpočet průměru přiřazeny k odpadům z biokontejnerů, protože jejich vliv na celkové součty je zanedbatelný. Ve všech ostatních regionech nejsou k dispozici žádné údaje o komerčních odpadech z biokontejnerů.

U menších podniků nebo podniků s pouze malým množstvím organického odpadu se používá biokontejner, jak je obvyklé u domácností. V těchto případech nelze odpad jednoznačně rozlišit podle soukromého nebo komerčního původu. V případě větších množství, jako například v gastronomických nebo potravinářských provozech, se likvidace obvykle provádí soukromým sektorem. Tato množství často nejsou zahrnuta v komunálních statistikách odpadu.

³Soubory PDF byly dne 17. 6. 2025 staženy pomocí přímých odkazů na stránce *abfallbilanz.bayern.de* (např. <https://www.abfallbilanz.bayern.de/doc/2022/KSDaten.pdf>; totéž platí pro ostatní roky 2016–2023) a uloženy do lokálního archivu. V době psaní tohoto textu již nejsou tehdejší přímé odkazy dostupné (přesměrování na úvodní stránku).

Výpočet vodíkového potenciálu se provádí za předpokladu, že zaznamenaný bioodpad je zužitkován v bioplynových stanicích a vzniklý bioplyn je následně přeměněn na vodík parní reformací (viz oddíl 6.4.1).

Pro stanovení teoretického energetického potenciálu Q_{pot} z biologického odpadu se vypočítá průměr za několik let $\bar{M}_{\text{Bioabfall},j}$ a vynásobí se specifickými energetickými parametry metanu.

Podle [119] činí specifický výtěžek plynu na tunu biologického odpadu $123 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{Input}}$. Na rozdíl od rovnice (3) je zde nutné určit objem metanu z výtěžku bioplynu s přihlédnutím k obsahu metanu x_{CH_4} , takže energetický potenciál dílčího regionu se vypočítá pomocí

$$Q_{\text{pot,Bioabfall},j} = \bar{M}_{\text{Bioabfall},j} \cdot V_{\text{Biogas}} \cdot x_{\text{CH}_4} \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot H_{u,\text{CH}_4} \quad (6)$$

kde $x_{\text{CH}_4} = 0,60$ [119].

Na základě takto zjištěného energetického potenciálu lze následně analogicky k oddílu 6.4.1 určit teoretický vodíkový potenciál $m_{\text{pot,H}_2,\text{Bioabfall},j}$.

b) Organické látky v komunálním odpadu

Vedle toho jsou tu ještě přirozené organické zbytky, které jsou veřejnými subjekty zajišťujícími likvidaci odpadů shromažďovány jako domácí nebo zbytkový odpad. Studie Spolkového úřadu pro životní prostředí ukazuje, že domácí odpad v Německu tvoří v průměru asi 39 % organických složek, mezi nimiž jsou kuchyňské, potravinové a zahradní odpady [120].

K určení množství organického odpadu obsaženého v komunálním odpadu se používá rozlišení na základě struktury osídlení podle [121]. Nejprve došlo k rozdělení okresů a měst bez okresní příslušnosti do různých typů struktury osídlení na základě hustoty obyvatelstva d_j podle rovnice (7):

$$d_j = \frac{E_j}{A_j} \quad (7)$$

Zde E_j označuje počet obyvatel a A_j plochu příslušné územní jednotky. U těchto strukturálních údajů se upouští od výpočtu víceletého průměru, protože roční výkyvy v počtu obyvatel a

rozloze území jsou ve srovnání s objemy odpadů považovány za zanedbatelné. Údaje použité k tomuto účelu jsou převzaty ze statistiky odpadů za rok 2023 [122].

Vstupní parametry použité pro stanovení hustoty obyvatelstva a z nich vyplývající hustota obyvatelstva jsou uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7: Vstupní parametry pro určení typů sídelní struktury v bavorské projektové oblasti

Město / okres	Počet obyvatel [osob]	Rozloha [km ²]	Hustota obyvatel [os./km ²]
Město a okres Hof	141 134	950	148,56
Okres Wunsiedel	72 036	607	118,68
Město Weiden	43 093	68	633,72
Okres Neustadt a.d.W.	96 220	1430	67,29
Okres Tirschenreuth	72 121	1085	66,47

V návaznosti na [121] byl následně každé strukturální třídě na základě hustoty obyvatelstva přiřazen typický podíl organických látek o_j v komunálním odpadu (viz Tabulka 8).

Tabulka 8: Klasifikace struktury osídlení a přiřazené podíly organických látek v komunálním odpadu

Město / okres	Struktura osídlení	Podíl organické hmoty o_j [hmotnostní %]
Město a okres Hof	venkovská	39,6
Okres Wunsiedel	venkovská	39,6
Město Weiden	venkovská - hustě osídlená	35
Okres Neustadt a.d.W.	venkovská	39,6
Okres Tirschenreuth	venkovská	39,6

Na základě klasifikace struktury osídlení a přiřazených podílů organických látek o_j se v následujícím kroku vypočítá teoretický potenciál výroby vodíku z množství zbytkového odpadu.

Základem jsou víceleté průměry množství komunálního odpadu $\bar{M}_{\text{Hausmüll},j}$ v jednotlivých dílčích oblastech. Množství organické složky v komunálním odpadu $\bar{M}_{\text{Organik},j}$ se určuje na základě množství komunálního odpadu a odpovídajícího podílu organické složky o_j z Tabulky 8 podle rovnice (8):

$$\bar{M}_{\text{Organik},j} = \bar{M}_{\text{Hausmüll},j} \cdot \frac{o_j}{100} \quad (8)$$

Energetický a vodíkový potenciál tohoto podílu se následně stanoví analogicky k výpočtu pro odpad z biokontejneru s použitím odpovídajícího množství organické hmoty a známých parametrů výtěžnosti plynu a metanu.

c) Zelený odpad

Frakce zeleného odpadu zahrnuje organické materiály z domácností, údržby veřejných zelených ploch a z komerčních zdrojů. Ty nejsou ve všech dílčích oblastech plně zahrnuty ve statistice odpadů, protože likvidace (analogicky k komerčním biologickým odpadům) je často organizována soukromým sektorem. Kromě toho je rovněž možná dodávka na veřejná sběrná místa, jako jsou sběrný recyklovatelných materiálů. Jednoznačné oddělení soukromých a komerčních množství proto není možné.

Pro stanovení potenciálu se používá celková částka uvedená v bilanci odpadů Bavorska, která zahrnuje „zelený odpad z domácností“, „komunální zelený odpad“ a „zelený odpad z podnikatelské sféry“. Stanovení teoretického energetického potenciálu se provádí analogicky k metodice popsané pro biologický odpad. Odchytky vyplývají výhradně z charakteristických hodnot specifických pro daný substrát, konkrétně ze specifického výtěžku plynu a podílu metanu ve vyrobeném bioplynu.

Podle [123] se specifický výtěžek bioplynu ze zeleného odpadu (pro tuto analýzu použitý s parametry trávy z údržby krajiny) pohybuje v rozmezí 200–400 m³ bioplynu na tunu organické

sušiny (t_{oTM}). Toto široké rozpětí je způsobeno především kolísajícím obsahem ligninu v substrátu: vyšší obsah ligninu snižuje množství fermentovatelné organické hmoty, a tím i výtěžek bioplynu. Obsah metanu v bioplynu se pro výpočet předpokládá ve výši 50 % objemových.

Pro přepočet na bázi čerstvé hmoty se zvolí průměrný výtěžek $300 \text{ Nm}^3/t_{oTM}$ a přepočítá se pomocí podílu sušiny TM (v % čerstvé hmoty) a podílu organické sušiny oTM (v % sušiny):

$$V_{\text{Biogas,FM}} = V_{\text{Biogas,oTM}} \cdot \frac{TM}{100} \cdot \frac{oTM}{100} \quad (9)$$

při $TM = 50 \%$ a $oTM = 85 \%$ dostáváme:

$$V_{\text{Biogas,FM}} = 300 \cdot 0,50 \cdot 0,85 = 127,5 \text{ Nm}^3/t_{\text{FM}}. \quad (10)$$

Výsledná předpokládaná hodnota $127,5 \text{ Nm}^3/t_{\text{FM}}$ je rovněž použita ve *Zprávě o potenciálu bioplynu v Bavorsku* [121].

Pro zelený odpad platí specifický výtěžek bioplynu $V_{\text{Biogas}} = 127,5 \text{ Nm}^3/t_{\text{FM}}$ a obsah metanu $x_{\text{CH}_4} = 0,50$. Teoretický energetický potenciál dílčího regionu se analogicky k výpočtu potenciálu biologického odpadu vypočítá jako:

$$Q_{\text{pot,Grüngut,j}} = \bar{M}_{\text{Grüngut,j}} \cdot V_{\text{Biogas}} \cdot x_{\text{CH}_4} \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot H_{u,\text{CH}_4} \quad (11)$$

Z toho vyplývající teoretický vodíkový potenciál $m_{\text{pot,H}_2,\text{Grüngut,j}}$ se následně určí podle rovnice (5) n Přílohu A.2 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu ze zemědělství na základě vypočteného energetického potenciálu $Q_{\text{pot,Grüngut,j}}$.

Metodika pro českou projektovou oblast (Karlovarský kraj)

Pro českou projektovou oblast Karlovarský kraj vychází datová základna z regionálního Plánu odpadového hospodářství (POH) [116].

Na rozdíl od bavorského projektového regionu jsou zde toky biologicky rozložitelných odpadů vykazovány pomocí kódů katalogu odpadů Evropského seznamu odpadů (European Waste Catalogue, EWC) [117], které jednoznačně klasifikují druhy odpadů. Rozčlenění množství

podle skupin původců (např. domácnosti vs. podniky/gastronomie) v tomto přehledu není obsaženo.

Biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO) se v regionu od 1. 4. 2015 shromažďují odděleně. Realizace se liší podle obce, mimo jiné prostřednictvím odděleného sběru a odvozu (zejména v oblastech s rodinnými domy) a také prostřednictvím dodávek do sběrných a recyklačních dvorů. Větší obce kombinují několik sběrných systémů. Biologický odpad živočišného původu z kuchyní a stravovacích zařízení smí být sbírán společně s rostlinnou frakcí pouze tehdy, pokud následné zpracování probíhá v bioplynové stanici nebo v kompostárně s hygienizací.

Pro odděleně shromažďovaný zelený odpad jako samostatný dílčí tok nejsou ve veřejně dostupných statistikách k dispozici jednoznačně vymezené objemy, protože sběr je částečně agregován v rámci BRKO a není k dispozici další rozlišení podle dílčích frakcí (např. tráva, listí, odřezky). V POH je proto zelený odpad zobrazen jako sběrná kategorie pod kódem EWC 20 02 01 („biologicky rozložitelné odpady“ v rámci zahradního a parkového odpadu).

a) Kuchyňský a kantýnský odpad

Odpady z kuchyní a jídelen (dále jen **KK**; EWC 20 01 08) jsou v praxi často shromažďovány prostřednictvím komerčních struktur pro likvidaci a sběr. V regionálním plánu odpadového hospodářství (POH) jsou však množství vykazována společně (domácnosti, obce a komerční zdroje), takže není možné rozlišovat podle skupin původců. Tento tok látek proto není interpretován jako ekvivalent bavorské kategorie „odpady z biokontejnerů“, ale je do stanovení potenciálu zahrnut jako samostatný tok biogenních zbytkových látek v české projektové oblasti. Pro vyrovnaní ročních výkyvů je vytvořen víceletý průměr kuchyňských a kantýnských odpadů $\bar{M}_{KK}$ za období 2017–2021:

$$\bar{M}_{KK} = \frac{1}{N} \sum_y M_{KK,y} \quad (12)$$

Zde N odpovídá počtu sledovaných let (zde $N = 5$) v rámci zvoleného časového období.

b) Organické složky v sídlištním odpadu

I přes tříděný sběr zůstává značná část organických složek ve směsném komunálním odpadu (SKO). Množství SKO je v regionálním plánu nakládání s odpady uvedeno pod kódem katalogu odpadů EWC 20 03 01 (směsný komunální odpad) a pro odhad potenciálu je použito jako víceletý průměr:

$$\bar{M}_{SKO} = \frac{1}{N} \sum_y M_{SKO,y} \quad (13)$$

Množství organického odpadu navíc uvedené v POH pod kódem EWC 20 03 01 odpovídá (s výjimkou zaokrouhlení) paušálnímu podílu 30 % ročního množství SKO a je proto použito jako přibližný údaj pro podíl organického odpadu ve zbytkovém odpadu. Pro odhad potenciálu platí:

$$\bar{M}_{Organik,SKO} = \bar{M}_{SKO} \cdot o_{SKO} \quad (14)$$

kde $o_{SKO} = 0,30$.

c) Zelený odpad

Jako ekvivalent zeleného odpadu se pro českou projektovou oblast používají zahradní a parkové odpady, které jsou v regionálním plánu nakládání s odpady uvedeny pod kódem EWC 20 02 01 („biologicky rozložitelné odpady“ v rámci zahradních a parkových odpadů). Množství jsou v použitých statistikách uvedena jako souhrnná kategorie, proto není k dispozici další členění (např. tráva, listí, odřezky). Pro víceletý průměr $\bar{M}_{Grüngut}$ platí:

$$\bar{M}_{Grüngut} = \frac{1}{N} \sum_y M_{Grüngut,y} \quad (15)$$

Výsledky stanovení potenciálu

Než budou uvedeny regionální potenciály, shrnuje Tabulka 9 charakteristické hodnoty pro jednotlivé substráty (výtěžek bioplynu V_{Biogas} a podíl metanu x_{CH_4}). Tyto hodnoty tvoří základ pro výpočet teoretického energetického potenciálu Q_{pot} z dříve stanovených víceletých

průměrů množství zbytkových materiálů $\bar{M}$ podle rovnic (6), resp. (11). Energetické potenciály vypočítané z víceletých průměrů množství zbytkových materiálů jsou nejprve vyjádřeny v kWh/a a v tabulkách výsledků jsou uvedeny v GWh/rok. Z nich vypočítané vodíkové potenciály jsou nejprve vyjádřeny v kg/a a v tabulkách jsou uvedeny v t/rok. Pro kuchyňský a kantýnský odpad (KK) jsou použity charakteristické hodnoty z databáze KTBL (substrát: zbytky jídla) [124]. Z toho vyplývající potenciál vodíku $m_{\text{pot,H}_2}$ se následně určí podle rovnice (5) s přihlédnutím k referenční účinnosti $\eta_{\text{BG,ref}}$. Výtěžky bioplynu uvedené v tabulce 8 jsou převzaty podle příslušných zdrojů. Rozdíly v zápisu a referenční základně objemových jednotek ($\text{m}^3/\text{t}_{\text{Input}}$, $\text{Nm}^3/\text{t}_{\text{FM}}$) vyplývají z použité literatury.

Tabulka 9: Charakteristické hodnoty specifické pro substrát pro výpočet potenciálu

Frakce zbytkových látek	Výtěžek bioplynu V_{Biogas}	Jednotka	Podíl metanu x_{CH_4} [obj. %]
Odpady z biokontejnerů	123	$\frac{\text{m}^3}{\text{t}_{\text{Input}}}$	60
Organické látky v komunálním odpadu	123	$\frac{\text{m}^3}{\text{t}_{\text{Input}}}$	60
Zelený odpad	127,5	$\frac{\text{Nm}^3}{\text{t}_{\text{FM}}}$	50
Odpad z kuchyní a jídelen	94,7	$\frac{\text{m}^3}{\text{t}_{\text{Input}}}$	60

Výsledky pro jednotlivé bavorské dílčí oblasti jsou uvedeny v tabulkách 10 až 13. Tabulka 10 znázorňuje zjištěné množství biologického odpadu a z něj odvozený energetický a vodíkový potenciál.

Tabulka 10: Množství biologického odpadu a energetický a vodíkový potenciál dílčích oblastí

Město / okres	Biologický odpad $\bar{M}_{\text{Bioabfall},j}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,Bioabfall},j}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2,\text{Bioabfall},j}$ [t/rok]
Město a okres Hof	14 145,38	10,44	187,93
Okres Wunsiedel	4 874,63	3,60	64,76
Město Weiden	1 429,63	1,06	18,99
Okres Neustadt a.d.W.	2 993,29	2,21	39,77
Okres Tirschenreuth	1 087,71	0,80	14,45
Celkem	24 530,64	18,10	325,90

Celkově z toho vyplývá teoretický potenciál výroby vodíku z odpadu z biokontejnerů ve výši přibližně **326 t/rok**.

Pro organickou složku v komunálním odpadu jsou objemy komunálního odpadu, přiřazené podíly organické složky a z nich vypočítané objemy organické složky pro jednotlivé dílčí oblasti shrnuty v Tabulce 11.

Tabulka 11: Objemy domovního odpadu a podíly a objemy organické složky v jednotlivých dílčích oblastech

Město / okres	Množství komunálního odpadu $\bar{M}_{\text{Hausmüll},j}$ [t/rok]	Podíl organického odpadu o_j [hmotnostní %]	Množství organického odpadu $\bar{M}_{\text{Organik},j}$ [t/rok]
Město a okres Hof	16 045,13	39,6	6 353,87
Okres Wunsiedel	7 986,75	39,6	3 162,75
Město Weiden	6 401,75	35	2 240,61
Okres Neustadt a.d.W.	14 067,13	39,6	5 570,58
Okres Tirschenreuth	9 476	39,6	3 752,50
Celkem	53 976,75	-	21 080,31

Z takto stanoveného množství organické hmoty se následně vypočítá energetický a vodíkový potenciál. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 12.

Tabulka 12: Množství organické hmoty a energetický a vodíkový potenciál dílčích oblastí

Město / okres	Množství organické hmoty $\bar{M}_{\text{Organik,j}}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,Organik,j}}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2, \text{Organik,j}}$ [t/rok]
Město a okres Hof	6 353,87	4,69	84,41
Okres Wunsiedel	3 162,75	2,33	42,02
Město Weiden	2 240,61	1,64	29,50
Okres Neustadt a.d.W.	5 570,58	4,11	74,01
Okres Tirschenreuth	3 752,50	2,77	49,85
Celkem	21 080,31	15,54	279,79

Organická složka v komunálním odpadu tak vykazuje teoretický potenciál pro výrobu vodíku v celkovém množství přibližně **280 t/rok**.

Tabulka 13 ukazuje množství zeleného odpadu a z něj odvozený energetický a vodíkový potenciál.

Tabulka 13: Množství zeleného odpadu a energetický a vodíkový potenciál bavorských dílčích oblastí

Město / okres	Zelený odpad $\bar{M}_{\text{Grüngut},j}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,Grüngut},j}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2, \text{Grüngut},j}$ [t/rok]
Město a okres Hof	36 194,50	27,69	498,45
Okres Wunsiedel	15 455,38	11,82	212,84
Město Weiden	6 257,50	4,79	86,17
Okres Neustadt a.d.W.	13 880,13	10,62	191,15
Okres Tirschenreuth	2 456,88	1,88	33,83
Celkem	74 244,38	56,80	1 022,45

V bavorské projektové oblasti tak vyplývá teoretický potenciál výroby vodíku ze zeleného odpadu ve výši přibližně **1 022 t/rok**.

Výsledné roční energetické potenciály a z nich odvozené potenciály vodíku jednotlivých toků látek v české projektové oblasti jsou uvedeny v Tabulce 14. Výpočet se provádí analogicky k bavorské oblasti na základě odvozených víceletých průměrů $\bar{M}$ a charakteristických hodnot specifických pro jednotlivé substráty z Tabulky 8.

Tabulka 14: Energetický a vodíkový potenciál z biologického odpadu a zeleného odpadu v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)

Frakce zbytkových materiálů	Množství zbytků $\bar{M}$ [t/rok]	Energetický potenciál Q_{pot} [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2}$ [t/rok]
Odpady z kuchyní a jídelen	563,80	0,32	5,77
Organické látky v komunálním odpadu	22 211,20	16,39	295,08
Zelený odpad	17 572	13,47	242,48
Součet	–	30,18	543,33

Příloha A.4 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z dřevních zbytků

Pro všechny dřevité frakce se vychází z výhřevnosti $H_{u,Holz} = 4 \text{ kWh/kg}$, která odpovídá obsahu vody přibližně 10–20 %, typickému pro upravené dřevěné palivo vhodné ke zplyňování [125], [126]. Stanovení hmotnosti vodíku, kterou lze z toho teoreticky vyrobit, se provádí s použitím výhřevnosti vodíku H_{u,H_2} a referenční účinnosti $\eta_{Konv,ref}$. Ta zjednodušeně shrnuje konverzní řetězec skládající se ze zplyňování dřeva, reakce přeměny vodního plynu a separace vodíku. Pro tento odhad se konzervativně počítá s hodnotou $\eta_{Konv,ref} = 0,35$. Tato hodnota vychází z účinností studeného plynu ve výši přibližně 35 až 37 %, které jsou uvedeny v závěrečné zprávě BiDRoGen pro komerčně dostupné vzduchové zplyňovače s následným shiftem a separací vodíku [127].

Metodika bavorské projektové oblasti

Metodický výpočet potenciálů v bavorské projektové oblasti se provádí odděleně pro (a) staré dřevo, (b) lesní zbytkové dřevo a (c) průmyslové zbytkové dřevo.

a) Staré dřevo

Pod pojmem staré dřevo se podle § 2 Vyhlášky o starém dřevě (Altholz) rozumí dřevní odpad, který vzniká jako průmyslové zbytky dřeva nebo jako použité dřevo (použité výrobky z masivního dřeva nebo dřevěných materiálů) [128]. Ačkoli lze staré dřevo podle této definice zařadit k průmyslovým zbytkům dřeva, dochází na základě samostatného statistického sběru dat k oddělenému posuzování těchto toků materiálů.

Nejprve se z ročních objemů starého dřeva vypočítá víceletý průměr $\bar{M}_{Altholz,j}$ pro každou územní jednotku podle rovnice (1). Podkladové údaje pro bavorské dílčí oblasti vycházejí z bilancí odpadů za roky 2016–2023.

Pro dvě územní jednotky nejsou v daném období k dispozici souvislé údaje o starém dřevě:

Město Weiden: V celém sledovaném období nejsou v bilanci odpadů uvedeny žádné konkrétní objemy starého dřeva. Výpočet se provádí na základě objemu starého dřeva na obyvatele v celém správním obvodu Horní Falce $m_{\text{Altholz,Opf},y}$ v příslušném roce y , vynásobeného ročním počtem obyvatel $P_{\text{Weiden},y}$ města podle bilance odpadů.

$$M_{\text{Altholz,Weiden},y} = m_{\text{Altholz,Opf},y} \cdot P_{\text{Weiden},y} \quad (16)$$

Okres Tirschenreuth (TR): Od roku 2020 se již nevykazuje samostatná frakce starého dřeva; množství je zde zahrnuto v kategorii „zbytky třídění“ [129]. Pro odhad chybějících množství starého dřeva se nejprve určí průměrný objem na obyvatele $\bar{m}_{\text{Altholz,TR}}$ za roky 2016–2019:

$$\bar{m}_{\text{Altholz,TR}} = \frac{1}{N} \sum_{y=2016}^{2019} \frac{M_{\text{Altholz,TR},y}}{P_{\text{TR},y}} \quad (17)$$

Pro chybějící roky ($y \geq 2020$) se následně odhadne roční množství starého dřeva $M_{\text{Altholz,TR},y}$ vynásobením příslušným počtem obyvatel $P_{\text{TR},y}$. Přitom se předpokládá, že objem na obyvatele se mění jen nepatrně:

$$M_{\text{Altholz,TR},y} = \bar{m}_{\text{Altholz,TR}} \cdot P_{\text{TR},y} \quad (18)$$

Po stanovení hodnoty $\bar{M}_{\text{Altholz},j}$ se teoretický energetický potenciál $Q_{\text{pot,Altholz},j}$ vypočítá vynásobením předpokládanou výhřevností. Pro výpočet s hmotnostmi vt/a se výhřevnost $H_{u,\text{Holz}} = 4 \text{ kWh/kg}$ ekvivalentně použije jako 4 MWh/t .

$$Q_{\text{pot,Altholz},j} = \bar{M}_{\text{Altholz},j} \cdot H_{u,\text{Holz}} \quad (19)$$

Energetický potenciál vypočítaný podle rovnice (19) je nejprve uveden na adrese MWh/a a v tabulkách výsledků je uváděn v GWh/rok.

Teoreticky vyrobitelná hmotnost vodíku se tak v t/a vypočítá jako:

$$m_{\text{pot,H2,Altholz},j} = \frac{Q_{\text{pot,Altholz},j} \cdot \eta_{\text{Konv,ref}}}{H_{u,\text{H2}}} \quad (20)$$

Dalším zdrojem starého dřeva může být objemný odpad. Podle údajů Spolkového úřadu pro životní prostředí se podíl starého dřeva odhaduje na přibližně 45 % [130]. Na základě Zprávy

o trhu s energetickým dřevem za rok 2022 [131] e však tento objem do bilance nezahrnuje, protože následné toky využití nelze jednoznačně přiřadit a nelze vyloučit statistické vícenásobné zaznamenání. Uvedený potenciál vodíku z odpadního dřeva proto představuje konzervativní spodní hranici.

b) Lesnické zbytkové dřevo

Pro bavorskou projektovou oblast nejsou k dispozici údaje o těžbě dřeva rozčleněné podle okresů. Potenciál se proto odhaduje na základě plochy pomocí specifických hodnot výskytu. Zohledňují se dvě hlavní kategorie lesnických zbytků dřeva: lesní zbytky dřeva (WRH) a prořezávkové dřevo (DFH). Oba druhy dřeva vznikají jako vedlejší produkty lesního hospodaření a jsou považovány za energeticky využitelné.

Lesní zbytkové dřevo označuje ty části dřeva, které po těžbě dřeva zůstávají v porostu a obvykle se energeticky využívají. Patří sem především koruny stromů, větve, krátké nebo neprodejné části kmenů, stejně jako větvičky a jehličí. Zatímco části tohoto takzvaného těžebního odpadu, jako jsou korunový materiál a krátké kmeny, lze zpracovat na štěpku nebo palivové dřevo, jemnější složky, jako jsou větvičky a jehličí, většinou zůstávají v lese [132], [133], [134]. Jelikož lesní zbytky dřeva nejsou pro materiálové využití téměř vhodné, nabízejí teoreticky vysoký potenciál pro energetické využití [134].

Prořezávkové dřevo vzniká v rámci plánovaných lesnických ošetrovacích opatření, jako je péče o mladé porosty, prořezávání mladých nebo starých porostů. Cílem těchto opatření je stabilizace a podpora kvality zbývajících porostů odstraněním konkurenčních, nemocných nebo méněcenných stromů. Dřevo, které při tom vzniká, se většinou označuje jako slabé dřevo a zahrnuje zpravidla kmeny s průměrem v prsní výšce asi 7 až 20 centimetrů, které v pilařských provozech často nelze zužitkovat. V závislosti na zpracování lze toto dřevo využít buď jako štěpky, nebo po odstranění jemných částí jako kusové palivové dřevo [133], [135].

Pro lesní zbytkové dřevo jsou v [133] uvedeny specifické výtěžky 400–800 kg/(ha·a). Pro prořezávkové dřevo se tam hodnoty pohybují mezi 700–1100 kg/(ha·a). [136] uvádí 400 kg/(ha·a) (lesní zbytkové dřevo) a 550–800 kg/(ha·a) (prořezávkové dřevo). V [137] je pro zbytky dřeva z lesa uváděn výtěžek 1000 kg/(ha·a). Údaje závisí mimo jiné na stanovišti, druhu

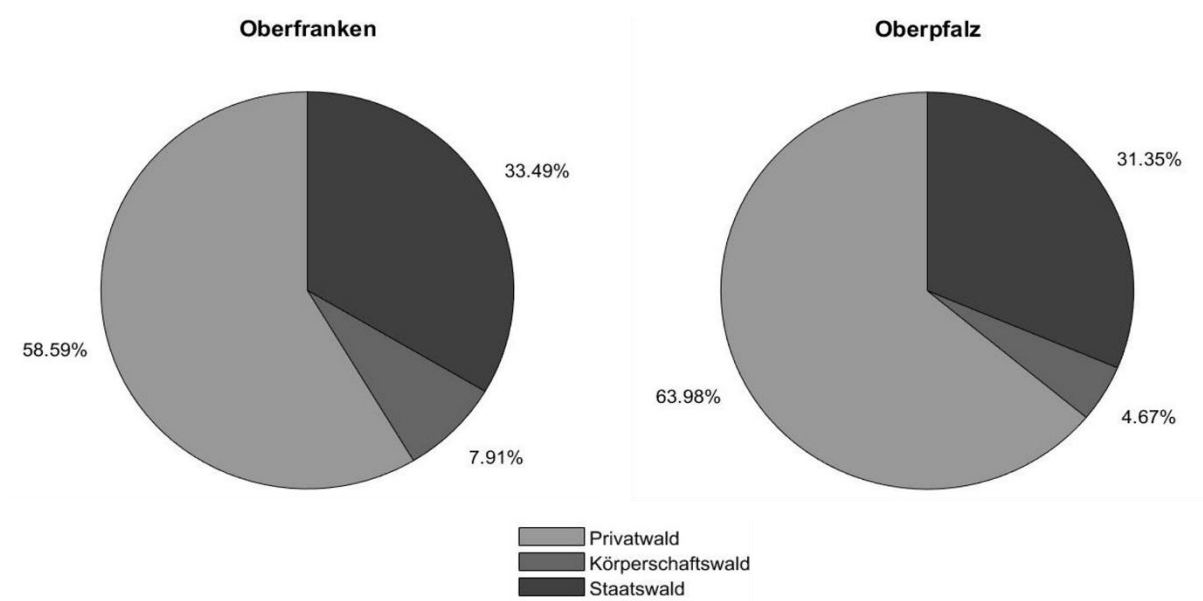
stromu a způsobu obhospodařování. Konkrétní hodnoty výtěžku jsou uváděny jako plošné roční průměry na hektar a rok. Z uvedených zdrojů byly nejprve vypočítány průměrné hodnoty a následně zaokrouhleny na 10 kg/(ha·a). Pro další výpočet proto sloužily jako základ hodnoty 670 kg/(ha·a) resp. ekvivalent 0,67 t/(ha · a) pro zbytkové dřevo z lesů a 790 kg/(ha·a) resp. 0,79 t/(ha · a) pro dřevo z prořezávek.

Kromě toho byl zvolen konzervativní přístup, který odvozuje potenciál zbytkové dřevní hmoty jako dolní hranici výhradně z lesních ploch ve vlastnictví státu a právnických osob. Důvodem je skutečnost, že potenciál zbytkové dřevní hmoty z lesů v soukromém vlastnictví je vzhledem k roztržité struktuře vlastnictví a s tím spojené obtížné mobilizaci zatížen výrazně vyššími nejistotami. Uvedené potenciály proto vycházejí z vědomě konzervativně zvoleného přístupu.

Rozhodující procentuální rozložení typů vlastnictví (státní, korporátní a soukromé lesy) bylo z důvodu nedostatku údajů na úrovni jednotlivých okresů převzato z úrovně správních obvodů [138] a přeneseno na okresy a města se samostatnou okresní působností za předpokladu, že vykazují srovnatelné poměry. Pro další vyhodnocení byly státní lesy federace a spolkové země sloučeny dohromady jako státní lesy. Tabulka 15 ukazuje absolutní rozložení lesních ploch ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc podle druhů vlastnictví, zatímco Obrázek 17 znázorňuje odpovídající procentuální podíly

Tabulka 15: Rozložení lesních ploch ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc podle druhů vlastnictví

Správní obvod	Státní les [ha]	Komunální lesy samosprávy [ha]	Soukromý les [ha]	Celková lesní plocha [ha]
Horní Franky	98 221	23 204	171 832	293 257
Horní Falc	131 627	19 604	268 653	419 884
Celkem	229 848	42 808	440 485	713 141



Obrázek 17: Procentuální rozložení lesních ploch podle druhu vlastnictví ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc

Na tomto základě byla pro každou dílčí oblast j vypočítána zohledněná lesní plocha A_j [ha] jako součet státních a obecních lesů. Příslušné vstupní veličiny a z nich odvozené odhadované lesní plochy jsou uvedeny v Tabulce 16.

Tabulka 16: Lesní plochy dílčích regionů a plochy zohledněné pro odhad potenciálu

Město / okres	Celková lesní plocha [ha]	Státní les [ha]	Lesy samosprávy [ha]	Odhadovaná lesní plocha [ha]
Město Hof	743	248,8	58,8	307,6
Okres Hof	30 852	10 332,3	2 440,4	12 772,7
Okres Wunsiedel	27 428	9 185,6	2 169,6	11 355,2
Město Weiden	2 099	658,0	98,0	756,1
Okres Neustadt a.d.W.	65 369	20 493,2	3 052,7	23 545,9
Okres Tirschenreuth	50 249	15 753,1	2 346,6	18 099,7
Součet	176 740	56 671,1	10 166,1	66 837,2

Příslušné množství zbytkového dřeva $M_{WRH,j}$ a $M_{DFH,j}$ se vypočítá vynásobením plochy průměrnými hodnotami výtěžku.

$$M_{WRH,j} = A_j \cdot m_{WRH} \quad (21)$$

$$M_{DFH,j} = A_j \cdot m_{DFH} \quad (22)$$

Celkové množství lesního zbytkového dřeva $M_{ges,FRH,j}$ v jedné dílčí oblasti je nakonec výsledkem součtu obou druhů zbytkového dřeva podle vzorce:

$$M_{ges,FRH,j} = M_{WRH,j} + M_{DFH,j} \quad (23)$$

Množství energie $Q_{pot,FRH,j}$ z lesnických dřevních zbytků (FRH) se vypočítá jako součin hmotnosti dřeva $M_{ges,FRH,j}$ a výhřevnosti $H_{u,Holz}$, přičemž se zde používá hodnota v MWh/t.

$$Q_{pot,FRH,j} = M_{ges,FRH,j} \cdot H_{u,Holz} \quad (24)$$

$Q_{pot,FRH,j}$ byl následně použit k určení potenciálu výroby vodíku. Analogicky k rovnici (20) vyplývá teoreticky vyrobitelná hmotnost vodíku $m_{pot,H2,FRH,j}$ pro každou dílčí oblast ve výši:

$$m_{pot,H2,FRH,j} = \frac{Q_{pot,FRH,j} \cdot \eta_{Konv,ref}}{H_{u,H2}} \quad (25)$$

c) Průmyslové zbytky dřeva

Průmyslové zbytky dřeva (IRH) zahrnují zbytky, které vznikají při materiálovém využití dřeva v dřevozpracujícím průmyslu. Patří sem zejména vedlejší produkty pil a z průmyslu zpracování dřevěných materiálů, celulózy/papíru a výroby nábytku, včetně pilin, dřevní štěpky, kůry nebo černého louhu, které lze energeticky využít.

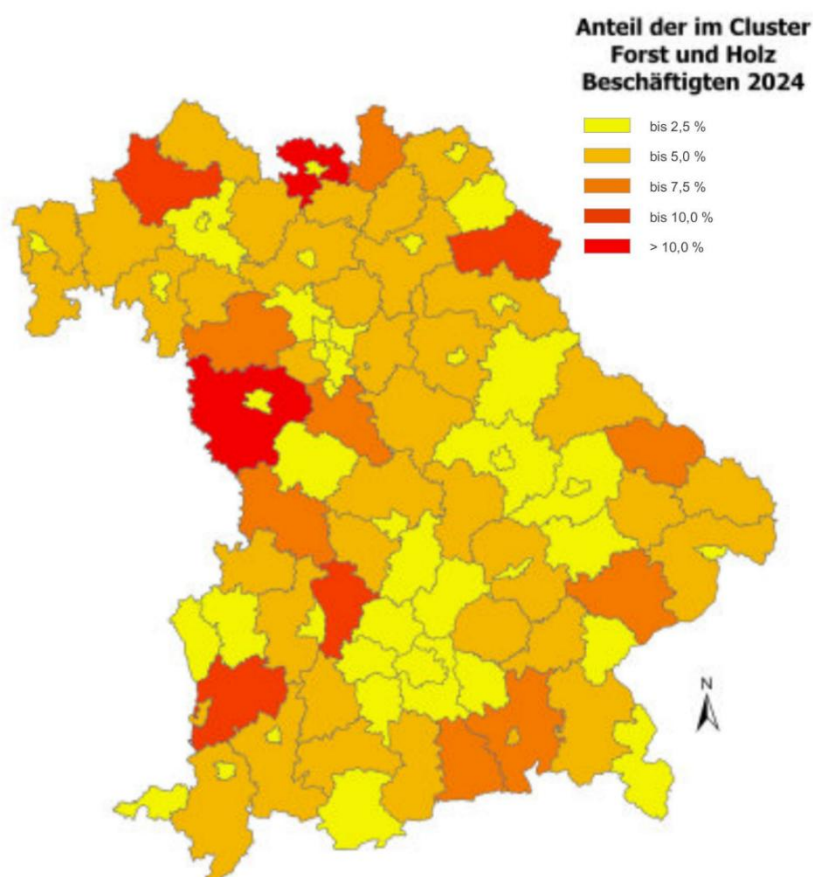
Ve statistice odpadů není průmyslové zbytky dřeva vykazováno samostatně, protože jeho likvidace a využití probíhá převážně v soukromém sektoru. Podle atlasu potenciálu „*BIOENERGIE v spolkových zemích*“ [139] je dostupný potenciál průmyslových zbytků dřeva v Bavorsku odhadován na 23 400 TJ, který je v následujícím textu uváděn jako roční

energetický potenciál $Q_{\text{pot,IRH,Bay}}$ v TJ/a. Materiální využití (např. pro výrobu dřevotřískových desek) je z tohoto množství již odečteno.

Pro regionální rozdělení tohoto potenciálu se předpokládá, že rozložení průmyslových zbytků dřeva přibližně odpovídá regionálnímu rozložení hodnotového řetězce založeného na dřevě.

Jako základ slouží počet zaměstnanců podléhajících sociálnímu pojištění v takzvaném *klastru lesnictví a dřevařství*. Klastr zahrnuje různé dílčí odvětví, včetně pil, nábytkářského průmyslu a celulózového a papírenského průmyslu. Podrobný popis klastru je uveden v kapitole 3 ve [140] a vychází z „Klasifikace hospodářských odvětví, vydání 2008 (WZ 2008)“ [141].

Jelikož nejsou k dispozici žádné veřejně dostupné údaje o zaměstnanosti v klastru na úrovni okresů a měst se samostatnou okresní působností, odhad se provádí na základě podílu zaměstnanců v klastru na celkové zaměstnanosti v příslušných územních celcích. Datovou základnou pro tento odhad je analýza Bavorského zemského ústavu pro lesnictví a lesní hospodářství (LWF) [142], ve které je pro každý okres a každé město se samostatnou okresní působností uveden procentuální podíl zaměstnanců v klastru lesnictví a dřevařství na celkové zaměstnanosti (viz. Obrázek 18).



Obrázek 18: Podíl zaměstnanců v odvětví lesnictví a dřevařství na celkové zaměstnanosti v okresech a městech se samostatnou okresní působností v roce 2024, podle [142], legenda graficky přepracována

Celkový počet zaměstnanců v odvětví lesnictví a dřevařství v Bavorsku činí $C_{\text{Bay}} = 154.800$. Pro správní obvody Horní Franky a Horní Falc je podle [41] $C_{\text{Reg}} = 13.500$, resp. $C_{\text{Reg}} = 13.100$ vykazován počet zaměstnanců.

Nejprve se celobavorský energetický potenciál $Q_{\text{pot,IRH,Bay}}$ z průmyslových zbytků dřeva rozdělí na úroveň správních obvodů $Q_{\text{pot,IRH,Reg}}$. K tomu se určí poměr zaměstnanců klastru na úrovni správních obvodů C_{Reg} k celobavorskému celkovému počtu C_{Bay} zaměstnanců v klastru lesnictví a dřevařství.

$$Q_{\text{pot,IRH,Reg}} = \frac{C_{\text{Reg}}}{C_{\text{Bay}}} \cdot Q_{\text{pot,IRH,Bay}} \quad (26)$$

Tato veličina slouží v dalším průběhu jako základ pro rozdělení na úrovni správních obvodů.

V dalším kroku se pro každý okres nebo město se samostatnou okresní působností j vypočítá počet zaměstnanců v odvětví lesnictví a dřevařství C_j z celkového počtu zaměstnanců podléhajících sociálnímu pojištění B_j v dané oblasti a z procentních podílů p_j uvedených na [142]. Třídy zobrazené na mapě se interpretují jako intervaly. Pro p_j se používají příslušné průměrné hodnoty tříd. Pro okres Coburg se na rozdíl od údajů ve [142] používá přesná hodnota 10,7 %.

$$C_j = \frac{p_j}{100} \cdot B_j \quad (27)$$

kde j je indexem pro okresy a města se samostatnou okresní působností ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc.

Hodnoty pro B_j byly převzaty z údajů Spolkové agentury práce a byly shromážděny jednotlivě pro okresy a města se samostatnou okresní působností ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc [143].

Jelikož se součet všech C_j na základě aproximativních hodnot odvozených z tříd liší od známého celkového počtu $C_{\text{gesamt,Reg}}$ všech zaměstnanců v klastru v příslušném správním obvodu, je stanoven jednotný škálovací faktor s , aby byly zachovány relativní váhy a zároveň byl součet přizpůsoben známému celkovému počtu. Celkový počet $C_{\text{gesamt,Reg}}$ vychází z údajů ve [142].

$$s = \frac{C_{\text{gesamt,Reg}}}{\sum_j C_j} \quad (28)$$

Pomocí tohoto faktoru se přepočítá každý stanovený počet zaměstnanců C_j :

$$\tilde{C}_j = s \cdot C_j \quad (29)$$

$\tilde{C}_j$ je přitom upravený, resp. škálovaný počet zaměstnanců v klastru Lesnictví a dřevařství v oblasti j , takže platí:

$$\sum_j \tilde{C}_j = C_{\text{gesamt,Reg}} \quad (30)$$

Nakonec se energetický potenciál $Q_{\text{pot,IRH,Reg}}$ stanovený na úrovni správního obvodu rozdělí proporcionálně k škálovanému počtu zaměstnanců $\tilde{C}_j$ na okresy a města se samostatnou okresní působností. Pro každou oblast vyplývá dílčí potenciál $Q_{\text{pot,IRH,j}}$ ve výši:

$$Q_{\text{pot,IRH,j}} = \frac{\tilde{C}_j}{C_{\text{gesamt,Reg}}} \cdot Q_{\text{pot,IRH,Reg}} \quad (31)$$

Popsaný postup byl obdobně aplikován na správní obvody Horní Franky a Horní Falc.

Potenciál výroby vodíku $m_{\text{pot,H2,IRH,j}}$ příslušné dílčí oblasti lze vypočítat podle

$$m_{\text{pot,H2,IRH,j}} = \frac{Q_{\text{pot,IRH,j}} \cdot \eta_{\text{Konv,ref}}}{H_{u,\text{H2}}} \quad (32)$$

Pro výhřevnost vodíku byla hodnota 33,33 kWh/kg jednotně přepočítána na 0,12 TJ/t.

Metodika pro českou projektovou oblast

Vzhledem k odlišným systémům statistického sběru dat se metodický výpočet pro českou projektovou oblast provádí odděleně od bavorského postupu. Níže jsou potenciály pro (a) staré dřevo, (b) lesní zbytky a (c) průmyslové zbytky odvozeny samostatně. Základem je regionální plán nakládání s odpady a další specifické odborné a statistické zdroje.

a) Staré dřevo

Pro českou projektovou oblast je potenciál výroby ze starého dřeva vyjádřen kódem odpadového katalogu EWC 20 01 38 (odděleně shromažďovaná frakce – dřevo). Tento kód nejlépe představuje statistický ekvivalent bavorské frakce „staré dřevo“. Analogicky k bavorskému postupu se nejprve vypočítá víceletý průměr $\bar{M}_{\text{Altholz}}$ za období 2017–2021:

$$\bar{M}_{\text{Altholz}} = \frac{1}{N} \sum_y M_{\text{Altholz},y} \quad (33)$$

Následně se pomocí rovnic (19) a (20) vypočítá teoretický potenciál produkce vodíku. Potenciální podíl dřeva v objemném odpadu (EWC 20 03 07) se z výše uvedených důvodů do bilance nezahrnuje.

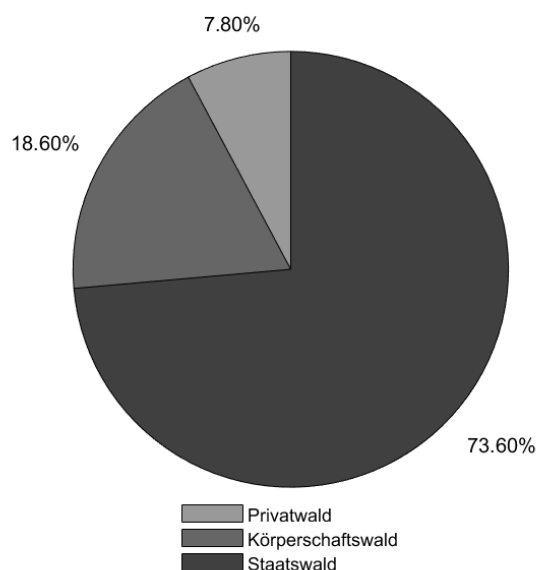
b) Lesní zbytkové dřevo

Pro českou projektovou oblast (Karlovarský kraj) jsou k dispozici regionální statistiky těžby dřeva, proto lze teoretický potenciál výroby vodíku z lesního zbytkového dřeva (WRH) odhadnout na základě těžby.

Podle informací Západočeské univerzity v Plzni [144] připadá po těžbě dřeva typicky 15–25 % na lesní zbytky (zejména korunový materiál a pařezy). Srovnatelný řád uvádí i příručka FNR „Pevná biopaliva“: jako zbytky při těžbě kmenového dřeva se uvádí zejména pilinové dřevo s 11–17 % a kmenové dřevo z korun s 2–8 % z celkového objemu kmenového dřeva (definice včetně kůry) [145]. Z toho vyplývá rozpětí přibližně 13–25 %. Doplnkově uvádí dokument CELEBIO, který vyhodnocuje data S2BIOM (potenciál biomasy v celé EU, „Base potential 2020“), pro Karlovarský kraj podíl lesní zbytkové dřevní hmoty ve výši přibližně 15 % vzhledem k těžbě kmenového dřeva (logging residues / stemwood harvest) [146]. V následujícím textu je proto pro odhad použit konzervativní přístup 15 %, vztažený k uváděnému objemu těžby bez kůry ($V_{\text{Einschlag,o. R.}}$). Ten je převzat z [110] a představuje rok 2023.

$$V_{\text{WRH}} = 0,15 \cdot V_{\text{Einschlag,o. R.}} \quad (34)$$

Analogicky k bavorské projektové oblasti se v následujícím textu rovněž zohledňují pouze státní a obecní lesy. Podíl státních a obecních lesů je označen jako s_{SK} . Pro Karlovarský kraj se podle [147] stanoví na $s_{\text{SK}} = 0,922$. Podíl soukromých lesů zahrnuje také církevní majetek. Procentuální rozložení lesních ploch podle druhů vlastnictví je znázorněno na obrázku 19.



Obrázek 19: Procentuální rozložení lesních ploch podle druhu vlastnictví v Karlovarském kraji

Přepočet objemu zbytkového dřeva V_{WRH} na hmotnost M_{WRH} se provádí na základě předpokládané objemové hmotnosti $\rho_{WRH} = 500 \text{ kg/m}^3$, která se pro další výpočty ekvivalentně používá jako $0,5 \text{ t/m}^3$, a na základě podílu státních a obecních lesů.

$$M_{WRH} = \rho_{WRH} \cdot V_{WRH} \cdot s_{SK} \quad (35)$$

Energetický a teoretický vodíkový potenciál se stanoví podle rovnic (24) a (25). Samostatná bilance dřeva z prořezávek se neprovádí, protože se předpokládá, že příslušná množství jsou již zahrnuta v základním objemu těžby a v opačném případě nelze vyloučit dvojí započítání.

c) Průmyslové zbytky dřeva (vedlejší produkty z pil)

Pro Karlovarský kraj (KVK) nejsou v současné době k dispozici žádné konzistentní, veřejně dostupné statistiky o objemu průmyslových zbytků dřeva (IRH). Jako datový podklad se proto používá databáze o zpracování dřeva poskytnutá společností Lesy ČR, která uvádí množství dřeva zpracovaného na národní úrovni $V_{\text{verarb,CZ,2024}}$ (v m^3) [148]. Databáze vychází z průzkumu (2022) a byla v květnu 2025 aktualizována na základě nově poskytnutých údajů od podniků. Proces aktualizace byl dokončen k 31. 8. 2025. Databáze obsahuje výhradně údaje,

které podniky poskytly dobrovolně. Jako referenční rok byl zvolen rok 2024 , protože v době vyhodnocení představuje poslední rok, pro který jsou v databázi k dispozici úplné údaje.

Vzhledem k tomu, že databáze neuvádí hodnoty rozčleněné podle regionů, je přiřazení k projektovému regionu provedeno na základě regionálního podílu, který je odvozen z průzkumu kapacit pilařských provozů z roku 2015 [149]. Pro Karlovarský kraj z toho vyplývá podíl $w_{KVK} = 1,10 \%$ na celostátním zpracování na pilách (řezání kulatiny), což pro výpočet odpovídá desítkové hodnotě 0,011. S tímto podílem se přibližně přenáší celostátně zpracované množství dřeva pro rok 2024 na projektovou oblast.

$$V_{\text{verarb,KVK,2024}} = w_{KVK} \cdot V_{\text{verarb,CZ,2024}} \quad (36)$$

Potenciální objem vedlejších produktů pil V_{SNP} se odhaduje pomocí faktoru vedlejších produktů y_{SNP} jako podíl na zpracovaném dřevě. Tento faktor popisuje podíl vstupního dřeva, který není odveden jako řezivo, ale vzniká jako vedlejší produkty (např. štěpky/odřezky/zbytky a piliny/pilinový prach). Jelikož pro Karlovarský kraj nejsou k dispozici žádné regionální statistiky o celkovém objemu průmyslových zbytků dřeva, jsou v následujícím textu vedlejší produkty z řezání použity jako statisticky zachytitelná část regionálního potenciálu výroby z průmyslových zbytků dřeva. Na základě konverzních faktorů UNECE/FAO (Evropská hospodářská komise OSN / Organizace pro výživu a zemědělství) je pro Českou republiku (jehličnaté dřevo) uváděna výtěžnost řeziva kolem 60 %, z čehož vyplývá faktor vedlejších produktů $y_{\text{SNP}} = 0,40$ [147].

Bilancování zahrnuje vedlejší produkty prvního stupně zpracování (řezání kulatiny). Následné stupně zpracování (např. průmysl dřevěných materiálů, nábytkářský nebo papírenský průmysl) nejsou z důvodu nedostatku konzistentních regionálních údajů a za účelem zamezení potenciálního dvojího započítání v rámci hodnotového řetězce samostatně zohledňovány.

$$V_{\text{SNP,KVK,2024}} = y_{\text{SNP}} \cdot V_{\text{verarb,KVK,2024}} \quad (37)$$

Přepočet objemu $V_{\text{SNP,KVK,2024}}$ na hmotnost $M_{\text{SNP,KVK,2024}}$ se provádí pomocí rovněž předpokládané průměrné hustoty $\rho_{\text{SNP}} = 500 \text{ kg/m}^3 (= 0,5 \text{ t/m}^3)$ (ekvivalent dřeva/pevný objem).

$$M_{\text{SNP,KVK},2024} = \rho_{\text{SNP}} \cdot V_{\text{SNP,KVK},2024} \quad (38)$$

Další kroky přepočtu pro stanovení energetického potenciálu a z něj odvozeného teoretického vodíkového potenciálu se provádějí podle postupu popsaného pro bavorskou projektovou oblast.

Výsledky stanovení potenciálu

a) Staré dřevo

Výsledky stanovení vodíkového potenciálu pro staré dřevo v bavorských dílčích oblastech jsou uvedeny v Tabulce 17. Jsou zde uvedeny víceleté průměry množství starého dřeva a z nich odvozené energetické a vodíkové potenciály.

Tabulka 17: Množství starého dřeva a energetický a vodíkový potenciál bavorských dílčích oblastí

Město / okres	Množství starého dřeva $\bar{M}_{\text{Altholz},j}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,Altholz},j}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2,\text{Altholz},j}$ [t/rok]
Město a okres Hof	6 314,38	25,26	265,23
Okres Wunsiedel	1 759,13	7,04	73,89
Město Weiden	560,88	2,24	23,56
Okres Neustadt a.d.W.	1 176,13	4,70	49,40
Okres Tirschenreuth	1 064,86	4,26	44,73
Celkem	10 875,38	43,50	456,81

Celkově vyplývá pro bavorskou projektovou oblast teoretický potenciál výroby vodíku ze starého dřeva ve výši přibližně **460 t/rok**.

Výsledky pro českou projektovou oblast jsou shrnuty v Tabulce 18. Jsou zde uvedeny víceleté průměry množství starého dřeva M_{Altholz} a z nich vypočítané energetické a vodíkové potenciály.

Tabulka 18: Energetický a vodíkový potenciál ze starého dřeva v české projektové oblasti

(Karlovarský kraj)

Množství starého dřeva $\bar{M}_{\text{Altholz}}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,Altholz}}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H}_2,\text{Altholz}}$ [t/rok]
1 020,60	4,08	42,87

Pro Karlovarský kraj z toho vyplývá teoretický potenciál výroby vodíku ve výši přibližně **43 t/rok**.

Stanovení potenciálu výroby pro staré dřevo v bavorské projektové oblasti vychází převážně ze statisticky zaznamenaných objemů odpadu, vykazuje však u jednotlivých dílčích regionů nejistoty v důsledku chybějících nebo samostatně nevykazovaných údajů o starém dřevě. Ty se týkají zejména města Weiden a okresu Tirschenreuth, pro které byly chybějící nebo již samostatně nevykazované objemy starého dřeva odhadnuty na základě přístupů na obyvatele. Kromě toho nebyl záměrně započítán potenciální podíl dřeva v objemovém odpadu, aby se zabránilo dvojímu započítání v důsledku nejednoznačně přiřaditelných následných toků využití. Uvedené potenciály výroby vodíku ze starého dřeva je proto třeba celkově interpretovat jako konzervativní spodní hranici. U české projektové oblasti je navíc třeba vzít v úvahu, že použitý kód katalogu odpadů EWC 20 01 38 statisticky zachycuje bavorskou frakci „staré dřevo“ pouze přibližně.

b) Lesnické zbytkové dřevo

Potenciály výroby z lesnických zbytků dřeva stanovené pro bavorské dílčí regiony jsou shrnuty v tabulkách 19 a 20. Tabulka 19 uvádí vypočítané množství lesního zbytkového dřeva, prořezávaného dřeva a celkové množství lesnických zbytků dřeva. Tabulka 20 znázorňuje z toho odvozené energetické a vodíkové potenciály.

Tabulka 19: Množství lesnických zbytků dřeva v bavorských dílčích oblastech

Město / okres	Prořezové dřevo $M_{DFH,j}$ [t/rok]	Lesní zbytkové dřevo $M_{WRH,j}$ [t/rok]	Celkové zbytky dřeva $M_{ges,FRH,j}$ [t/rok]
Město Hof	243,00	206,09	449,10
Okres Hof	10 090,43	8 557,71	18 648,14
Okres Wunsiedel	8 970,61	7 607,98	16 578,59
Město Weiden	597,32	506,59	1 103,91
Okres Neustadt a.d.W.	18 601,26	15 775,75	34 377,01
Okres Tirschenreuth	14 298,76	12 126,80	26 425,56
Celkem	52 801,39	44 780,92	97 582,31

Tabulka 20: Energetický a vodíkový potenciál výroby z lesnických zbytků dřeva v bavorských dílčích oblastech

Město / okres	Energetický potenciál $Q_{pot,FRH,j}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H_2,FRH,j}$ [t/rok]
Město Hof	1,80	18,86
Okres Hof	74,59	783,30
Okres Wunsiedel	66,31	696,37
Město Weiden	4,42	46,37
Okres Neustadt a.d.W.	137,51	1 443,98
Okres Tirschenreuth	105,70	1 109,98
Celkem	390,33	4 098,87

Celkově vyplývá pro bavorskou projektovou oblast z lesnických zbytků dřeva teoretický potenciál výroby vodíku ve výši přibližně **4 100 t/rok**.

Pro českou projektovou oblast je potenciál výroby z lesního zbytkového dřeva zbytků určen na základě těžby z odvozeného objemu lesního zbytkového dřeva V_{WRH} . Výsledky jsou shrnuty v Tabulce 21.

Tabulka 21: Energetický a vodíkový potenciál lesního zbytkového dřeva v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)

Frakce zbytkového materiálu	Objem lesního zbytkového dřeva V_{WRH} [m ³ /rok]	Hmotnost lesního zbytkového dřeva M_{WRH} [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{pot,WRH}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H_2,WRH}$ [t/rok]
Lesní zbytkové dřevo	169 261,05	78 029,40	312,12	3 277,56

c) Průmyslové zbytky dřeva

Potenciály výroby z průmyslových zbytků dřeva zjištěné pro bavorské dílčí oblasti jsou shrnuty v tabulkách 22 až 29. Nejprve jsou pro správní obvody Horní Franky a Horní Falc uvedeny regionální rozdělovací klíče odvozené z podílu zaměstnanců v klastru lesnictví a dřevařství a z nich vypočítané dílčí energetické potenciály. Tabulka 29 následně ukazuje energetické potenciály připadající na dílčí regiony projektu a z nich odvozené teoretické

potenciály pro výrobu vodíku. Energetické potenciály na úrovni správních obvodů jsou uvedeny v Tabulce 22.

Tabulka 22: Zaměstnanci v klastru lesnictví a dřevařství a z toho odvozené energetické potenciály ve správních obvodech Horní Franky a Horní Falc

Správní obvod	Zaměstnanci v klastru C_{Reg} [-]	Podíl na hodnotě v Bavorsku $\frac{C_{Reg}}{C_{Bay}}$ [-]	Energetický potenciál $Q_{pot,IRH,Reg}$ [TJ/a]
Horní Franky	13 500	0,0872	2 040,70
Horní Falc	13 100	0,0846	1 980,23

Tabulka 23: Vstupní údaje týkající se zaměstnaných osob a odvozený počet zaměstnaných osob v klastru v Horních Frankách

Město / okres	Celkový počet zaměstnanců B_j [-]	Podíl na klastru p_j [%]	Zaměstnanci v klastru C_j [-]
Město Hof	24 928	1,25	311,60
Okres Hof	39 652	3,75	1 486,95
Okres Wunsiedel	30 455	1,25	380,69
Město Bamberg	57 179	1,25	714,74
Okres Bamberg	39 784	3,75	1 491,90
Město Bayreuth	50 508	1,25	631,35
Okres Bayreuth	24 323	3,75	912,11
Město Coburg	33.815	1,25	422,69
Okres Coburg	26.693	10,7	2.856,15
Okres Forchheim	34.903	3,75	1.308,86
Okres Kronach	25.231	6,25	1.576,94
Okres Lichtenfels	27.650	3,75	1.036,88
Okres Kulmbach	29.264	3,75	1.097,40
Součet	444.385	-	14.228,26

Pro Horní Franky vyplývá jednotný škálovací faktor $s = 0,95$. Tabulka 24 znázorňuje výsledný počet škálovaných zaměstnanců v klastru v jednotlivých okresech a městech se samostatnou okresní působností.

Tabulka 24: Zaměstnanci v klastrech a škálování zaměstnanci v klastru v Horních Frankách

Město / okres	Zaměstnanci v klastru C_j [-]	Zaměstnanci v klastru (škálování) $\tilde{C}_j$ [-]
Město Hof	311,60	296,02
Okres Hof	1.486,95	1.412,60
Okres Wunsiedel	380,69	361,65
Město Bamberg	714,74	679,00
Okres Bamberg	1.491,90	1.417,31
Město Bayreuth	631,35	599,78
Okres Bayreuth	912,11	866,51
Město Coburg	422,69	401,55
Okres Coburg	2.856,15	2.713,34
Okres Forchheim	1.308,86	1.243,42
Okres Kronach	1.576,94	1.498,09
Okres Lichtenfels	1.036,88	985,03
Okres Kulmbach	1.097,40	1.042,53
Součet	14.228,26	13.516,84

Vzhledem k použití zaokrouhlených škálovacích faktorů mohou nastat nepatrné odchylky mezi součtem uvedených škálovaných zaměstnanců v klastru a celkovým počtem, z něhož vycházíme.

Tabulka 25 znázorňuje podíly na klastru správního obvodu a z nich odvozené dílčí energetické potenciály v Horních Frankách.

Tabulka 25: Podíly na klastru správního obvodu a dílčí energetické potenciály v Horních Frankách

Město / okres	Podíl na klastru správního obvodu [%]	Potenciál P_j [TJ/a]
Město Hof	2,19	44,69
Okres Hof	10,45	213,27
Okres Wunsiedel	2,68	54,60
Město Bamberg	5,02	102,51
Okres Bamberg	10,49	213,98
Město Bayreuth	4,44	90,55
Okres Bayreuth	6,41	130,82
Město Coburg	2,97	60,62
Okres Coburg	20,07	409,65
Okres Forchheim	9,20	187,72
Okres Kronach	11,08	226,17
Okres Lichtenfels	7,29	148,71
Okres Kulmbach	7,71	157,40
Součet	100	2.040,70

Pro správní obvod Horní Falc byl výpočet proveden stejným způsobem. Vstupní údaje týkající se zaměstnanosti a z nich odvozený počet zaměstnanců v klastru jsou uvedeny v Tabulce 26. Jednotný škálovací koeficient činí $s = 1,03$. Tabulka 27 uvádí škálovaný počet zaměstnanců v klastru, zatímco Tabulka 28 shrnuje podíly na klastru v dané oblasti a z nich odvozené dílčí energetické potenciály.

Tabulka 26: Vstupní veličiny týkající se zaměstnaných osob a odvozený počet zaměstnaných v klastrech v Horní Falci

Město / okres	Celkový počet zaměstnanců B_j [-]	Podíl na klastru p_j [%]	Zaměstnanci v klastru C_j [-]
Město Weiden	27.865	1,25	348,31
Okres Neustadt a.d.W.	32.847	3,75	1.231,76
Okres Tirschenreuth	28.270	8,75	2.473,63
Město Amberg	28.342	1,25	354,28
Okres Amberg-Sulzbach	29.912	3,75	1.121,70
Město Řezno	133.030	1,25	1.662,88
Okres Řezno	54.214	1,25	677,68
Okres Cham	55.820	3,75	2.093,25
Okres Neumarkt a.d.W.	53.931	3,75	2.022,41
Okres Schwandorf	59.276	1,25	740,95
Celkem	503.507	-	12.726,85

Tabulka 27: Zaměstnanci v klastru a škálování zaměstnanci v klastrech v Horní Falci

Město / okres	Zaměstnanci v klastru C_j [-]	Zaměstnanci v klastru (v přepočtu) $\tilde{C}_j$ [-]
Město Weiden	348,31	358,76
Okres Neustadt a.d.W.	1.231,76	1.268,72
Okres Tirschenreuth	2.473,63	2.547,83
Město Amberg	354,28	364,90

Okres Amberg-Sulzbach	1.121,70	1.155,35
Město Řezno	1.662,88	1.712,76
Okres Řezno	677,68	698,01
Okres Cham	2.093,25	2.156,05
Okres Neumarkt a.d.W.	2.022,41	2.083,08
Okres Schwandorf	740,95	763,18
Celkem	12.726,84	13.108,64

Tabulka 28: Podíly na klastru správního obvodu a dílčí energetické potenciály v Horní Falcí

Město / okres	Podíl na klastru správního obvodu [%]	Potenciál P_j [TJ/a]
Město Weiden	2,74	54,20
Okres Neustadt a.d.W.	9,68	191,66
Okres Tirschenreuth	19,44	384,88
Město Amberg	2,78	55,12
Okres Amberg-Sulzbach	8,81	174,53
Město Řezno	13,07	258,74
Okres Řezno	5,32	105,44
Okres Cham	16,45	325,70
Okres Neumarkt a.d.W.	15,89	314,68
Okres Schwandorf	5,82	115,29
Celkem	100	1980,23

Energetický potenciál jednotlivých bavorských dílčích oblastí a z něj vypočítaný teoretický potenciál výroby vodíku jsou uvedeny v Tabulce 29. Energetický potenciál jednotlivých dílčích

oblastí, který byl v rámci výpočtu původně vyjádřen v TJ/aP_j, byl pro účely výsledné tabulky přepočítán na GWh/rok.

Tabulka 29: Energetický potenciál a teoretický potenciál výroby vodíku z průmyslových zbytků dřeva v dílčích oblastech bavorské projektové oblasti

Město / okres	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,IRH,j}}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H2,IRH,j}}$ [t/rok]
Město Hof	12,41	130,36
Okres Hof	59,24	622,09
Okres Wunsiedel	15,17	159,27
Město Weiden	15,05	158,09
Okres Neustadt a.d.W.	53,24	559,05
Okres Tirschenreuth	106,91	1.122,69
Součet	262,02	2.751,55

Pro českou projektovou oblast se potenciál výroby z průmyslových zbytků dřeva odhaduje na základě vedlejších produktů pil. Výsledky jsou shrnuty v Tabulkách 30 a 31. Jsou zde uvedeny regionální objemy zpracování odvozené z národního zpracování dřeva, z nich vypočítaný objem a hmotnost vedlejších produktů pil, jakož i odpovídající energetický a vodíkový potenciál.

Tabulka 30: Objemy zpracovaného dřeva a vedlejší produkty pil v české projektové oblasti

Zpracované množství dřeva Česká republika $V_{\text{verarb,CZ,2024}}$ [m ³ /rok]	Množství zpracovaného dřeva Karlovarský kraj $V_{\text{verarb,KVK,2024}}$ [m ³ /rok]	Vedlejší produkty pil Karlovarský kraj $V_{\text{SNP,KVK,2024}}$ [m ³ /rok]
13.274.673,00	146.021,40	58.408,56

Tabulka 31: Energetický a vodíkový potenciál vedlejších produktů pil v české projektové oblasti

Hmotnost vedlejších produktů z pily $M_{\text{SNP,KVK,2024}}$ [t/rok]	Energetický potenciál $Q_{\text{pot,SNP}}$ [GWh/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{\text{pot,H2,SNP}}$ [t/rok]
29.204,28	116,82	1.226,70

Příloha A.5 Metodika a základní údaje pro stanovení potenciálu z čistírenských kalů

Výpočet víceletého průměru $\bar{M}_{\text{TS,KS},j}$ se provádí podle rovnice (1).

Referenční parametry zařízení se vztahují k přítoku s 30 % sušiny. Jelikož regionální data jsou k dispozici jako hmotnost při 100 % sušiny, pro lepší srovnatelnost se navíc vypočítává odpovídající mokrá hmota při 30 % sušiny.

$$\bar{M}_{30,\text{KS},j} = \frac{\bar{M}_{\text{TS,KS},j}}{0,30} \quad (39)$$

Z technických orientačních hodnot referenčního zařízení se odvodí specifický výtěžek vodíku v závislosti na množství sušiny. Orientační hodnoty zahrnují roční vstup $M_{30,\text{ref}}$ a roční množství energie vodíku $Q_{\text{H2,ref}}$. Nejprve se určí příslušné roční množství sušiny.

$$M_{\text{TS,ref}} = 0,30 \cdot M_{30,\text{ref}} \quad (40)$$

Roční hmotnost vodíku se vypočítá z množství energie na základě výhřevnosti vodíku $H_{u,\text{H2}}$.

$$m_{\text{H2,ref}} = \frac{Q_{\text{H2,ref}}}{H_{u,\text{H2}}} \quad (41)$$

Z toho vyplývá výtěžek vztažený na množství sušiny:

$$Y_{\text{H2,TS}} = \frac{m_{\text{H2,ref}}}{M_{\text{TS,ref}}} \quad (42)$$

Vzhledem k údajům závislým na konfiguraci a proměnlivé kvalitě substrátu se používá konzervativní přístup s redukčním faktorem $f_{\text{kon}} = 0,8$.

$$Y_{\text{H}_2, \text{TS}, \text{kon}} = f_{\text{kon}} \cdot Y_{\text{H}_2, \text{TS}} \quad \text{kde } f_{\text{kon}} = 0,8 \quad (43)$$

Teoretický vodíkový potenciál územní jednotky j činí:

$$m_{\text{pot}, \text{H}_2, \text{KS}, j} = \bar{M}_{\text{TS}, \text{KS}, j} \cdot Y_{\text{H}_2, \text{TS}, \text{kon}} \quad (44)$$

Výsledky stanovení potenciálu

Výpočet regionálních vodíkových potenciálů se provádí na základě technických referenčních hodnot referenčního zařízení uvedených v [150]. Při použití referenčního vstupu $M_{30, \text{ref}} = 18.500 \text{ t/a}$ při 30 % sušiny vyplývá podle rovnice (40) referenční hmotnost v poměru k sušině TS ve výši $M_{\text{TS}, \text{ref}} = 5.550 \text{ t/a}$. Z uvedeného výstupu vodíku $Q_{\text{H}_2, \text{ref}} = 18,8 \text{ GWh/rok}$ vyplývá roční hmotnost vodíku ve výši $m_{\text{H}_2, \text{ref}} = 564,06 \text{ t/a}$. Z toho vyplývá výtěžek vodíku v poměru k sušině ve výši $Y_{\text{H}_2, \text{TS}} = 0,1016 \text{ t H}_2/\text{t TS}$. Při použití redukčního faktoru $f_{\text{kon}} = 0,8$ se pro další výpočet použije konzervativní výtěžek ve výši $Y_{\text{H}_2, \text{TS}, \text{kon}} = 0,0813 \text{ t H}_2/\text{t sušiny}$.

Výsledky stanovení potenciálu pro čistírenské kaly v bavorských dílčích oblastech jsou uvedeny v Tabulce 32. Jsou zde uvedeny víceleté průměry množství čistírenských kalů v sušině, z nich odvozená ekvivalentní mokrá hmota při 30 % sušiny a teoretické vodíkové potenciály vypočítané na základě konzervativního výtěžku vodíku v sušině $Y_{\text{H}_2, \text{TS}, \text{kon}} = 0,0813 \text{ t H}_2/\text{t sušiny}$.

Tabulka 32: Množství čistírenských kalů a teoretický potenciál výroby vodíku v bavorských dílčích oblastech

Město / okres	Množství čistírenského kalu $\bar{M}_{TS,KS,j}$ [t/rok]	Ekvivalentní mokrý hmot $\bar{M}_{30,KS,j}$ [t/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H2,KS,j}$ [t/rok]
Město a okres Hof	4 017,13	13 390,43	326,59
Okres Wunsiedel	1 487,13	4 957,10	120,90
Město Weiden	885,50	2 951,67	71,99
Okres Neustadt a.d.W.	1 496,13	4 987,10	121,64
Okres Tirschenreuth	1 992,50	6 641,67	161,99
Součet	9 878,39	32 927,97	803,11

Výsledky pro českou projektovou oblast jsou shrnuty v Tabulce 33.

Tabulka 33: Množství čistírenských kalů a teoretický potenciál vodíku v české projektové oblasti (Karlovarský kraj)

Množství čistírenského kalu $\bar{M}_{TS,KS}$ [t/rok]	Ekvivalentní mokrý hmota $\bar{M}_{30,KS}$ [t/rok]	H ₂ – hmotnostní potenciál $m_{pot,H2,KS}$ [t/rok]
3.421,50	11.405,00	278,17

8 SEZNAM LITERATURY

- [1] United Nations, „The Paris Agreement“. Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [2] Europäische Kommission, „REPowerEU“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_de
- [3] Evropská unie, *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2021/1119 ze dne 30. června 2021, kterým se stanoví rámec pro dosažení klimatické neutrality a mění nařízení (ES) č. 401/2009 a nařízení (EU) 2018/1999 („evropský právní rámec pro klima“)*. [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj/deu>
- [4] Evropská komise, „Zelená dohoda pro Evropu“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de
- [5] „Kommission begrüßt Fertigstellung der wichtigsten ‚Fit für 55‘-Rechtsvorschriften – EU nun auf Kurs, die Ziele für 2030 zu übertreffen“. 9. října 2023. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_23_4754
- [6] „The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative“. [online]. Dostupné z: <https://ehb.eu/>
- [7] Evropská komise, „National energy and climate plans“. Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en?prefLang=de
- [8] Ministerstvo průmyslu a obchodu, „Vodíková strategie ČR aktualizace 2024 schválena vládou“. 18. července 2024. Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/cz/prumysl/strategicke-projekty/vodikova-strategie-cr-aktualizace-2024-schvalena-vladou--282165/>
- [9] „Die Nationale Wasserstoffstrategie“. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/Dossiers/wasserstoffstrategie.html>
- [10] „Zentrum Wasserstoff Bayern“. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://h2.bayern/>
- [11] Bavorské státní ministerstvo hospodářství, místního rozvoje a energie, „Wasserstoffstrategie“. Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.stmwi.bayern.de/energie/energiewende/wasserstoffstrategie/>
- [12] Evropská unie, *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 ze dne 11. prosince 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (přepracované znění)* sv. L 328. Evropská unie, 2018, str. 82–209.
- [13] Evropská unie, *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/2413 ze dne 18. října 2023, kterou se mění směrnice (EU) 2018/2001, nařízení (EU) 2018/1999 a směrnice 98/70/ES, pokud jde o podporu energie z obnovitelných zdrojů, a zrušuje směrnice Rady (EU) 2015/652, č. 2023/2413*. 2023.
- [14] *Verordnung zur Neufassung der Siebenunddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote)*: 37.

- BImSchV*. 2024. [online]. Dostupné z: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_37_2024/BJNR0830A0024.html
- [15] Úřad pro publikace Evropské unie, L-2985 Luxemburg, *Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2023/1184 ze dne 10. února 2023, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 stanovením unijní metodiky, v níž jsou vymezena podrobná pravidla pro výrobu kapalných a plynných paliv z obnovitelných zdrojů nebiologického původu používaných v odvětví dopravy*. 2023. [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1184>
- [16] NOW GmbH, „Erneuerbare-Energien-Richtlinie III (RED III) - Ziele für erneuerbare Kraftstoffe im Verkehr“. Citováno dne: 14. března 2025. [online]. Dostupné z: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/04/NOW-Factsheet_REDIII.pdf
- [17] „Electricity Maps“. Citováno dne: 1. dubna 2025. [online]. Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/map/all/monthly>
- [18] Úřad pro publikace Evropské unie, L-2985 Luxemburg, *Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2025/2359 ze dne 8. července 2025, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1788 upřesněním metodiky pro posuzování úspor emisí skleníkových plynů z nízkouhlíkových paliv*. Citováno dne: 12. února 2026. [online]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202502359
- [19] Evropská komise, „National plan of the Czech Republic in the area of energy and climate.“ Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/publications/czechia-final-updated-necp-2021-2030-submitted-2024_en
- [20] „ReFuelEU aviation - Mobility and Transport - European Commission“. Citováno dne: 8. dubna 2026. [online]. Dostupné z: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en
- [21] „FAQ on ReFuelEU Aviation - Mobility and Transport - European Commission“. Citováno dne: 8. dubna 2026. [online]. Dostupné z: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation/faq-refueleu-aviation_en
- [22] Ministerstvo životního prostředí ČR, *Zákon, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony*. 2025. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2025-42>
- [23] Ministerstvo průmyslu a obchodu, *Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů*. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>
- [24] *Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung der Verfügbarkeit von Wasserstoff und zur Änderung weiterer rechtlicher Rahmenbedingungen für den Wasserstoffhochlauf und weiterer energierechtlicher Vorschriften*. Citováno dne: 30. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://dserver.bundestag.de/btd/21/025/2102506.pdf>
- [25] Spolkové ministerstvo spravedlnosti a pro ochranu spotřebitele, *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz - GEG)*. 2020. Citováno dne: 7. května 2026. [online]. Dostupné z: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/inhalts_bersicht.html

- [26] Spolkové ministerstvo spravedlnosti a pro ochranu spotřebitele, *Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG)*. 2024. Citováno dne: 7. května 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/>
- [27] Spolková síťová agentura, „In dem Verwaltungsverfahren zur Festlegung vom Format der Fahrpläne für die Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff gemäß § 71k Gebäudeenergiegesetz (FAUNA)“. 2025. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Fahrplaene/_DL/FAUNA.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- [28] „IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen“. [online]. Dostupné z: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html>
- [29] Evropská komise, „Large-scale Hydrogen Valley“. Citováno dne: 1. dubna 2025. [online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/HORIZON-JU-CLEANH2-2025-06-01?isExactMatch=true&status=31094501,31094502,31094503&callIdentifier=HORIZON-JU-CLEANH2-2025&order=DESC&pageNumber=1&pageSize=50&sortBy=startDate>
- [30] Evropská komise, „Small-scale Hydrogen Valley“. Citováno dne: 1. dubna 2025. [online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/HORIZON-JU-CLEANH2-2025-06-02?isExactMatch=true&status=31094501,31094502&callIdentifier=HORIZON-JU-CLEANH2-2025&order=DESC&pageNumber=1&pageSize=50&sortBy=startDate>
- [31] Czech Hydrogen Technology Platform, „Czech Hydrogen Technology Platform (HYTEP)“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/en/>
- [32] Odbor komunikace 01400, „Clean and sustainable transport. Government approves the update to the National Action Plan for Clean Mobility“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/en/guidepost/for-the-media/press-releases/clean-and-sustainable-transport--government-approves-the-update-to-the-national-action-plan-for-clean-mobility---282798/>
- [33] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, „Programy“. [online]. Dostupné z: <https://www.dotaceeu.cz/en/evropske-fondy-v-cr/kohezni-politika-po-roce-2020/programy>
- [34] Ministerstvo dopravy ČR, „New OPD calls for the support of construction of hydrogen filling stations for urban projects“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Nove-vyzvy-OPD-na-podporu-vystavby-plnicich-stanic?lang=en-GB>
- [35] Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien, „Bundesförderung Industrie und Klimaschutz“. Citováno dne: 7. března 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/>

- [36] BMV, „Aufruf zur Antragseinreichung für die Förderung von Wasserstofftankstellen im Straßenverkehr in Verbindung mit Nutzfahrzeugen mit wasserstoffbasierten Antrieben (01/2026)“. [online]. Dostupné z: https://www.ptj.de/foerdermoeglichkeiten/nip/hrs_nfz_2026
- [37] BMW, „CO₂-Differenzverträge (Klimaschutzverträge) für die Industrie“. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.co2-differenzvertraege.info/>
- [38] „Bayerisches Förderprogramm zum Aufbau einer Elektrolyseur-Infrastruktur in Bayern: BayFELI“. 12. Juli 2023. Citováno dne: 7. března 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.verkuendung-bayern.de/baymbf/2023-358/>
- [39] Bavorské státní ministerstvo hospodářství, místního rozvoje a energie, „Wasserstoffbetriebene Nutzfahrzeuge“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.stmwi.bayern.de/foerderungen/wasserstoffbetriebene-nutzfahrzeuge/>
- [40] Bavorský zemský úřad pro statistiku, „Rund sieben von zehn Haushalte in Bayern heizen im Jahr 2022 mit Gas oder Öl“. [online]. Dostupné z: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2023/pm105/index.html>
- [41] Český statistický úřad, „Centrální dálkové topení vytápí v našem kraji téměř každý druhý obydlený byt, plyn využívá jako hlavní zdroj tepla více než čtvrtina obydlených bytů v regionu“. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/kvk/ustredni-dalkove-topeni-vytapi-v-nasem-kraji-temer-kazdy-druhy-obydleny-byt-plyn-vyuziva-jako-hlavni-zdroj-tepla-vice-nez-ctvrtina-obydlenych-bytu-v-regionu>
- [42] Institut für Energietechnik IfE GmbH, „Digitaler Energienutzungsplan Landkreis Neustadt a. d. Waldnaab“. 2022. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.neustadt.de/landratsamt/abteilungen-und-sachgebiete/kreisentwicklung-wirtschaftsfoerderung-und-naturpark/kreisentwicklung/energie/energieprojekte/energienutzungsplan/abschlussbericht-denp-lkr-new.pdf?cid=xm>
- [43] Lukas Faltenbacher a Energie-Technologisches Zentrum Nordoberpfalz GmbH, „Integriertes Klimaschutzkonzept für die Kommunen des Landkreises Tirschenreuth“. 2025. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.kreis-tir.de/fileadmin/user_upload/Landkreis/Energie___Klima/250130_Klimaschutzkonzept.pdf
- [44] ENERGIEAGENTUR nordbayern GmbH, „Energie- und Klimaschutz Bericht Landkreis Wunsiedel i. Fichtelgebirge“. 2024. [online]. Dostupné z: <https://freiraum-fichtelgebirge.de/app/uploads/2024/09/Zwischenbericht-EEA-2023.pdf>
- [45] EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, „Kommunale Wärmeplanung Hof“. 27. května 2025. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.hof.de/fileadmin/user_upload/umwelt-wirtschaft/klimaschutz/2025-05-27_HP_UPA_Zielszenario_Hof_E24023.pdf
- [46] Julian Hollstegge, David Kienle, Matthias Rösch, Wolfgang Seitz, und TEAM 4 Bauernschmitt & Wehner, „Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Weiden i.d.OPf.“ Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.weiden.de/fileadmin/user_upload/C_Umwelt-Gesundheit-Verbraucher/C08_Klimaschutz/klimaschutzkonzept_barrierearm.pdf

- [47] Město Wunsiedel, „Klimaneutrale Wärmeversorgung“. [online]. Dostupné z: <https://www.wunsiedel.de/seite/826819/klimaneutrale-w%C3%A4rmeversorgung.html>
- [48] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, „Struktur der Stromerzeugung in Deutschland 2025“. Prosinec 2025. [online]. Dostupné z: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/AGEB_Infografik_02_2025_Stromerzeugung_2025.pdf
- [49] Bavorské státní ministerstvo hospodářství, místního rozvoje a energie, „Energiedaten“. Citováno dne: 4. května 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.stmwi.bayern.de/energie/energiedaten/>
- [50] Český statistický úřad, „Základní tendence demografického, sociálního a ekonomického vývoje Karlovarského kraje 2024“. 2024. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/docs/107508/2e20a1b0-3152-4885-82cd-02f76f4ee483/33012425c.pdf?version=1.0>
- [51] „Wasserstoffkernnetz“. [online]. Dostupné z: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>
- [52] CGHI, „CGHI vision“. Citováno dne: 9. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.cghi.eu/cghi-project/>
- [53] NET4GAS, s.r.o., „Czech Hydrogen Backbone WEST“. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.net4gas.cz/en/projects/hydrogen-projects/czech-hydrogen-backbone-west>
- [54] Karlovarský kraj, „Workshop představil možnosti využití plynárenské soustavy pro zásobování Karlovarského kraje vodíkem“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.kr-karlovarsky.cz/aktuality/workshop-predstavil-moznosti-vyuziti-plynarenske-soustavy-pro-zasobovani-karlovarskeho-kraje-vodikem>
- [55] Město Weiden, „Der Wirtschaftsstandort Weiden“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.weiden.de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/wirtschaftsstandort-weiden?>
- [56] Karlovarský kraj, „Strategie, koncepce a plány“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.kr-karlovarsky.cz/karlovarsky-kraj/strategie-koncepce-plany>
- [57] Institut für Wasserstoff- und Energietechnik der Hochschule Hof (iwe), „HyBaBo“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://iwe.hof-university.de/institut-fuer-wasserstoff-und-energietechnik/projekte/hybabo/>
- [58] Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden, „Projekt HyBaBo“. Citováno dne: 26. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.oth-aw.de/forschung/forschungsprofil/forschungs-und-entwicklungsprojekte/hybabo/hybabo/>
- [59] T. Gollwitzer a kol., „NEW HyPerspectives“, Jan. 2023. Citováno dne: 7. března 2025. [online]. Dostupné z: https://wasserstoff.new-perspektiven.de/wp-content/uploads/2023/07/20230705_NEW_Abschlussbericht-HyPerspectives-Web-DS-mit-Anhaengen.pdf
- [60] Bayerische Vermessungsverwaltung, „BayernAtlas“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://atlas.bayern.de>
- [61] Ředitelství silnic a dálnic s.p., „Pro úsek D6 Olšová Vrata – Žalmanov bylo zahájeno řízení o povolení záměru“. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z:

<https://kraje.rsd.cz/karlovarsky/pro-usek-d6-olsova-vrata-zalmanov-bylo-zahajeno-rizeni-o-povoleni-zameru/>

- [62] H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG, „Seit dem 1. Oktober tanken Kundinnen und Kunden an den H2 MOBILITY-Stationen in Dresden und Berg bei Hof regenerativen Wasserstoff (H₂). Der Wasserstoff stammt von Rießner Gase und wird in einer PEM-Elektrolyse hergestellt.“ Citováno dne: 30. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://h2.live/press/gruener-wasserstoff-aus-wind-und-sonnenergieh2-mobility-deutschland-erhaelt-erste-lieferung-von-riessner-gase/>
- [63] Evropská unie, *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1679 ze dne 13. června 2024 o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě, o změně nařízení (EU) 2021/1153 a (EU) č. 913/2010 a o zrušení nařízení (EU) č. 1315/2013 (Text s významem pro EHP)*. Citováno dne: 25. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1679/corrigendum/2025-11-14/oj>
- [64] Schnellmann, S., Gafner, K., Tschumi, J., Müller, D., Coleman, D., a Bärtsch, C., „Machbarkeitsstudie über den Einsatz von emissionsfreien Fahrzeugen für das Expressverkehrsnetz Nordostbayern und das Regionalverkehrsnetz Oberfranken“. 2024. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: <https://beg.bahnland-bayern.de/de/medien/themen/Machbarkeitsstudie-zum-Einsatz-emissionsfreier-Fahrzeuge-auf-der-Oberfranken-Achse>
- [65] Federico Zenith; Andreas D. Landmark; Line Skeidsvoll, „Regional Hydrogen Trains on Czech Railways – Techno-economic study (RegioHyt)“. 2024. Citováno dne: 9. dubna 2026. [online]. Dostupné z: https://www.ujv.cz/file/edee/2024/07/1_regiohyt_complete_final.pdf
- [66] A. Brinner a Witt Ulrike, „Elektrolyse – Basics III: Funktionsprinzip der Elektrolyse“. Citováno dne: 7. března 2025. [online]. Dostupné z: https://www.zsw-bw.de/uploads/media/20210331_ZSW_Elektrolyse_Basics_III_Funktionsprinzip.pdf
- [67] Zösch, Norbert, „Sonne, Wind & mehr“. 30. března 2023.
- [68] Spolkové ministerstvo hospodářství a ochrany klimatu (BMWK), „Biomasse im Fokus“, energieforschung.de. Citováno dne: 23. dubna 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.energieforschung.de/de/aktuelles/news/2022/biomasse-start-wasserstoff-projekte-bmwk-kreislaufwirtschaft-wertschoepfung>
- [69] R. Kumar, A. Kumar, a A. Pal, „Overview of hydrogen production from biogas reforming: Technological advancement“, *Int. J. Hydrog. Energy*, sv. 47, č. 82, str. 34831–34855, září 2022, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.08.059.
- [70] „Fraunhofer-Verfahren erhöht Methanausbeute von Biogasanlagen“, Fraunhofer-Gesellschaft. Citováno dne: 9. prosince 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2022/juni-2022/fraunhofer-verfahren-erhoeht-methanausbeute-von-biogasanlagen.html>
- [71] G. Langhans, F. Scholwin, M. Nelles, a S. Weinrich, *Handbuch zur Bilanzierung von Biogasanlagen für Ingenieure - Band II: Grundlagen und Methoden für die Bewertung und Bilanzierung in der Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2025. doi: 10.1007/978-3-658-44323-8.
- [72] Gradel, A., Seibert, T., Oertel, E., a Gretsche, L., „Potenzialstudie für Biomethan- oder Wasserstoffproduktion aus biogenen Reststoffen aus der Tierhaltung in der Region

- Hochfranken“, BtX energy GmbH, Hof, Potenzialstudie, 2024. [online]. Dostupné z: <https://btx-energy.de/wp-content/uploads/2024/02/Potenzialstudie-Hochfranken.pdf>
- [73] J. Böttcher, ed., *Management von Biogas-Projekten: Rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-20956-7.
- [74] D. Singh, P. Sirini, a L. Lombardi, „Review of Reforming Processes for the Production of Green Hydrogen from Landfill Gas“, *Energies*, sv. 18, č. 1, str 15, prosinec 2024, doi: 10.3390/en18010015.
- [75] S. Gellert, *Thermochemische Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse unter besonderer Berücksichtigung der Rohgasreformierung*, 1. vyd. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2013.
- [76] J. R. C. Rey a kol., „Renewable Hydrogen from Biomass: Technological Pathways and Economic Perspectives“, *Energies*, sv. 17, č. 14, str. 3530, červenec 2024, doi: 10.3390/en17143530.
- [77] L. Jara-Cobos, M. Abril-González, a V. Pinos-Vélez, „Production of Hydrogen from Lignocellulosic Biomass: A Review of Technologies“, *Catalysts*, sv. 13, č. 4, str. 766, duben 2023, doi: 10.3390/catal13040766.
- [78] Lundgren, Joakim; Vreugdenhil, Berend; Ganjkanlou, Yadi; Baldwin, Robert, „Biomass gasification for hydrogen production“, IEA Bioenergy, Technical report, únor 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/biomass-gasification-for-hydrogen-production/>
- [79] A. Briones-Hidrovo, J. Copa, L. A. C. Tarelho, C. Gonçalves, T. Pacheco Da Costa, a A. C. Dias, „Environmental and energy performance of residual forest biomass for electricity generation: Gasification vs. combustion“, *J. Clean. Prod.*, sv. 289, str. 125680, březen 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125680.
- [80] J. Alvarado-Flores a kol., „Thermochemical Production of Hydrogen from Biomass: Pyrolysis and Gasification“, *Energies*, sv. 17, č. 2, str. 537, leden 2024, doi: 10.3390/en17020537.
- [81] K. Zayer Kabeh, M. Prussi, a D. Chiaramonti, „Advances in Bio-Hydrogen Production: A Critical Review of Pyrolysis Gas Reforming“, *Appl. Sci.*, sv. 15, č. 7, str. 3995, duben 2025, doi: 10.3390/app15073995.
- [82] C. Synwoldt a D. Novak, *Wasserstoff: Technik - Projekte - Politik*. Weinheim: Wiley-VCH, 2023.
- [83] „Working Group Hydrothermal Processes“, Deutsches Biomasseforschungszentrum. Citováno dne: 8. prosince 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.dbfz.de/en/working-group-hydrothermal-processes>
- [84] M. Abawalo, K. Pikoń, M. Landrat, a W. Ściarski, „Hydrogen Production from Biowaste: A Systematic Review of Conversion Technologies, Environmental Impacts, and Future Perspectives“, *Energies*, sv. 18, č. 17, str. 4520, srpen 2025, doi: 10.3390/en18174520.
- [85] M. Cavali a kol., „Hydrothermal carbonization – A critical overview of its environmental and economic sustainability“, *J. Clean. Prod.*, sv. 491, str. 144838, únor 2025, doi: 10.1016/j.jclepro.2025.144838.
- [86] G. Ciceri, M. Hernandez Latorre, F. Fionnuala, a M. Kumar Mediboyina, „Hydrothermal Carbonization (HTC) : Valorisation of organic waste and sludges for hydrochar production of biofertilizers“, IEA BIOENERGY, 978-1-910154-90-8 (ISBN), 2021. Citováno dne: 4.

- listopadu 2025. [online]. Dostupné z: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-79093>
- [87] bluefL_webmaster-25, „blueFLUX-Prozess: Energie aus Reststoffen erzeugen“, blueFLUX Energy AG - Wirklich nachhaltige Energie. Citováno dne: 8. prosince 2025. [online]. Dostupné z: <https://bluefluxenergy.de/prozess/>
- [88] M. Kuhnert a FORVIA, „Hydrogen Storage Container“. 8. prosince 2022.
- [89] Anlagenbau Neundörfer GmbH, „Trailerabfüllung Hydros spider“. 23. dubna 2021.
- [90] BMW, „Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie: NWS 2023“. 26. července 2023. Citováno dne: 30. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [91] Český statistický úřad, „STATISTICKÁ ROČENKA KARLOVARSKÉHO KRAJE“. 2024. Citováno dne: 24. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/docs/107508/6f21bc5a-2392-1716-de90-f5fb3735bc36/33008324.pdf?version=1.8>
- [92] Spolkový úřad pro motorová vozidla, „Zulassungsbezirke und Gemeinden 2024“. [online]. Dostupné z: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html
- [93] Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí a ochranu spotřebitele, „Klimapolitik in Bayern“. Citováno dne: 4. dubna 2024. [online]. Dostupné z: <https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/klimaschutzpolitik/index.htm>
- [94] Vláda SRN, „Nachhaltige Mobilität“. Citováno dne: 4. dubna 2024. [online]. Dostupné z: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/nachhaltige-mobilitaet-2044132>
- [95] Spolkový úřad životního prostředí, ed., „Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt“. března 2024. Citováno dne: 4. dubna 2024. [online]. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-ergebnisse-kompakt>
- [96] Spolkový úřad životního prostředí, „Fahrleistungen, Verkehrsleistung und Modal Split“. Citováno dne: 4. dubna 2024. [online]. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr>
- [97] Prognos, Öko-Institut, a Wuppertal-Institut, „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann“. Červen 2021. Citováno dne: 13. května 2024. [online]. Dostupné z: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf
- [98] Spolkové ministerstvo pro hospodářství a energie, „EU legt klare Regeln für die Senkung des Energieverbrauchs fest“. [online]. Dostupné z: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/03/20230310-eu-legt-klare-regeln-fur-die-senkung-des-energieverbrauchs-fest.html>
- [99] HORN Glass Industries, „Melting process in HORN hybrid furnaces“. [online]. Dostupné z: <https://www.hornglass.com/company/news/detail/melting-process-in-horn-hybrid->

- furnaces#:~:text=This%20increases%20the%20energy%20flexibility,be%20reduced%20up%20to%2050
- [100] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI und Consentec GmbH, „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 Kurzbericht: 3 Hauptszenarien“. 21. června 2021. Citováno dne: 28. května 2024. [online]. Dostupné z: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/LFS_Kurzbericht.pdf
- [101] Spolkový úřad pro motorová vozidla, „Fahrzeuge - Bestand“. Citováno dne: 20. ledna 2025. [online]. Dostupné z: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html
- [102] H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG, „H2 tanken“. Citováno dne: 20. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://h2.live/>
- [103] WUN H2 GmbH, „Willkommen bei der größten Elektrolyseanlage Bayerns“. Citováno dne: 20. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.wun-h2.de/>
- [104] Radio Prague International, „Westböhmisches Hranice wird erste Gemeinde mit Wasserstoffversorgung“. [online]. Dostupné z: <https://deutsch.radio.cz/westboehmisches-hranice-wird-erste-gemeinde-mit-wasserstoffversorgung-8821451>
- [105] Bayernwerk Netz GmbH, „Baukostenzuschuss 2026“. 2026. [online]. Dostupné z: https://www.bayernwerk-netz.de/content/dam/revu-global/bayernwerk-netz/files/energie-anschliessen/anschluss-mittel-und-hochspannung/bayernwerk_netz_baukostenzuschuss_2026.pdf
- [106] BMWK, „Richtlinie für Beihilfen für Unternehmen in Sektoren beziehungsweise Teilsektoren, bei denen angenommen wird, dass angesichts der mit den EU-ETS-Zertifikaten verbundenen Kosten, die auf den Strompreis abgewälzt werden, ein erhebliches Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen besteht (Beihilfen für indirekte CO₂-Kosten) für die Abrechnungsjahre 2023 bis 2030“. 13. března 2024. [online]. Dostupné z: <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/dphpaDtrbve3zAhLMUF/content/dphpaDtrbve3zAhLMUF/BAz%20AT%2026.03.2024%20B2.pdf?inline>
- [107] emobility.energy GmbH, „THG-Quote: Preisentwicklung und aktueller Preis“. Citováno dne: 16. dubna 2025. [online]. Dostupné z: https://www.emobility.energy/thg/thg-quote-preisentwicklung?seo_lead=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xLLmNvbS98MTc0NDgxODE3MDU0OA%3D%3D#
- [108] „Statistik kommunal für Bayern“. Citováno dne: 4. února 2026. [online]. Dostupné z: https://www.statistik.bayern.de/produkte/statistik_kommunal/
- [109] Český statistický úřad, „Statistická ročenka Karlovarského kraje 2023 / Statistical Yearbook of the Karlovarský Region 2023“, Český statistický úřad, Karlovy Vary, 978-80-250-3335-7, prosinec 2023.
- [110] Český statistický úřad, *Statistická ročenka Karlovarského kraje 2024 / Statistical Yearbook of the Karlovarský Region 2024*. Karlovy Vary: Český statistický úřad, 2024. [online]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/docs/107508/6f21bc5a-2392-1716-de90-f5fb3735bc36/33008324.pdf?version=1.8>

- [111] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Faustzahlen. Citováno dne: 11. prosince 2024. [online]. Dostupné z: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>
- [112] KTBL, „Großvieheinheitenrechner“, KTBL Daten. Citováno dne: 11. prosince 2024. [online]. Dostupné z: <https://daten.ktbl.de/gvrechner/gvHome.do>
- [113] Spolková republika Německo, *Kreislaufwirtschaftsgesetz*. 2012. Citováno dne: 8. května 2025. [online]. Dostupné z: https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/___3.html
- [114] Bavorský zemský úřad pro životní prostředí (LfU), „Hausmüll in Bayern - Bilanzen 2023“, Augsburg, LfU, Odbor 31, listopad 2024.
- [115] Bavorský zemský úřad pro životní prostředí (LfU), „Behandlung von Bioabfällen und Grüngut in Bayern“, Bavorský zemský úřad pro životní prostředí. Citováno dne: 5. května 2025. [online]. Dostupné z: [https://www.lfu.bayern.de/abfall/bioabfall_gruengut/index.htm#:~:text=Definition%20Bioabf%C3%A4lle,Fraktion%20des%20Hausm%C3%BClls%20%3D%20Biotonneninhalte\).](https://www.lfu.bayern.de/abfall/bioabfall_gruengut/index.htm#:~:text=Definition%20Bioabf%C3%A4lle,Fraktion%20des%20Hausm%C3%BClls%20%3D%20Biotonneninhalte).)
- [116] Krajský úřad Karlovarského kraje, „Plán odpadového hospodářství Karlovarského kraje: Analytická část. Na období 2016–2025 s výhledem do roku 2035. Aktualizace 2023“, Krajský úřad Karlovarského kraje, Odbor životního prostředí a zemědělství, Karlovy Vary, 2023.
- [117] *Commission Decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste (notified under document number C(2000) 1147) (Text with EEA relevance) (2000/532/EC)*. 2015. Citováno dne: 19. února 2026. [online]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dec/2000/532/2015-06-01>
- [118] Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, „Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2022: Struktur- und abfallwirtschaftliche Daten der Körperschaften“, Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, Augsburg, Německo, 2022. Citováno dne: 17. června 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.abfallbilanz.bayern.de/doc/2022/KSDaten.pdf>
- [119] ARCHEA Service GmbH, „Gaserträge und Nährstoffgehalte - Abfall“. Citováno dne: 19. února 2026. [online]. Dostupné z: https://www.archea-biogas.de/_mediafiles/9-substrate.pdf
- [120] H.-J. Dornbusch a kol., „Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien“, Spolkový úřad životního prostředí, Dessau-Roßlau, závěrečná zpráva, červen 2020.
- [121] B. Krautkremer a kol., „Biogaspotenzial Bayern: Endbericht“, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Kassel; Freising; Witzenhausen, květen 2024.
- [122] Bavorský zemský úřad pro životní prostředí „Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2023: Struktur- und abfallwirtschaftliche Daten der Körperschaften“, Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, Augsburg, Německo, 2023. Citováno dne: 17. června 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.abfallbilanz.bayern.de/doc/2023/KSDaten.pdf>

- [123] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), *Faustzahlen für die Landwirtschaft*. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2018.
- [124] „KTBL-Biogasrechner“. Citováno dne: 16. června 2025. [online]. Dostupné z: <https://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do>
- [125] Y. Gao a kol., „Syngas Production from Biomass Gasification: Influences of Feedstock Properties, Reactor Type, and Reaction Parameters“, *ACS Omega*, sv. 8, č. 35, str. 31620–31631, Sep. 2023, doi: 10.1021/acsomega.3c03050.
- [126] S. Mishra a R. K. Upadhyay, „Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters“, *Mater. Sci. Energy Technol.*, sv. 4, str. 329–340, 2021, doi: 10.1016/j.mset.2021.08.009.
- [127] BtX energy GmbH und A.H.T. Syngas Technology N.V., „BiDRoGen (Biomasse Dezentral Refomieren zur oertlichen Wasserstoff-Gewinnung)“, BtX energy GmbH, Bindlach, BMW-Fkz-03EI5438A, únor 2026. [online]. Dostupné z: https://btx-energy.de/wp-content/uploads/2026/02/BMW-Fkz-03EI5438A_BiDRoGen.pdf
- [128] „§ 2 AltholzV - Einzelnorm“. Citováno dne: 24. února 2026. [online]. Dostupné z: https://www.gesetze-im-internet.de/altholzv/_2.html
- [129] Okres Tirschenreuth, „Abfallwirtschaft – Jahresbericht 2021 (Stand: Februar 2022)“, únor 2022. Citováno dne: 24. února 2026. [online]. Dostupné z: https://www.awz-tir.de/fileadmin/user_upload_awz/Verwaltung/Abfallbericht_2021.pdf
- [130] S. Flamme, S. Hams, J. Bischoff, a C. Fricke, „Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung: Abschlussbericht“, Spolkový úřad životního prostředí, Dessau-Roßlau, 1862–4804, červen 2020.
- [131] J. Metsch, S. Hiendlmeier, H. Borchert, a M. Genßler, „Energieholzmarkt Bayern 2022: Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern – Eine Analyse von Aufkommen und Verbrauch“, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, Abschlussbericht 07/2024, Juli 2024. Citováno dne: 24. února 2026. [online]. Dostupné z: https://s.bayern.de/energieholzmarktbericht_2022
- [132] Umweltbundesamt, „Waldrestholz — SNS UMTHEs“, Umweltthesaurus (UMTHES). Citováno dne: 27. srpna 2025. [online]. Dostupné z: https://sns.uba.de/umthes/de/labels/TH_00607772.html
- [133] H. Hartmann, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, und Deutschland, Hrsg., *Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen: Leitfaden*, 3., zcela přepracované vydání v bioenergie.fnr.de. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2013.
- [134] Drossart, Inga a Mühlenhoff, Jörg, „Holzenergie: Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen“, Agentur für Erneuerbare Energien e. V., Berlin, 66, duben 2013.
- [135] „Schwachholz und Durchforstungsholz“, HOLZ VON HIER. Citováno dne: 27. srpna 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.holz-von-hier.eu/waldvielfalt/holzvermarktung/schwachholu-und-durchforstungsholz/>
- [136] Fischer, Ute, Schrammek, Alexander, Seitz, Wolfgang, Stenglein, Christian, a Ruckdeschel, Markus, „Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Hof 2020“, Stadt Hof, Hof, Kulmbach, Nürnberg, prosinec 2020.
- [137] T. Schröder, *Simultane Planung von Standort, Kapazität und Konfiguration von Bioraffinerien*. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2017.

- [138] Bavorská zemská agentura pro lesnictví a lesní hospodářství, „Waldfläche und Holzbodenfläche insgesamt und nach Eigentumsarten (Bayern und Regierungsbezirke)“. Citováno dne: 27. srpna 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.bundeswaldinventur.bayern.de/114701/index.php>
- [139] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern“, Gülzow, Deutschland, Jan. 2013. Citováno dne: 22. ledna 2025. [online]. Dostupné z: https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/240.AEE_Potenzialatlas_Bioenergie_Einleitung_jan13.pdf
- [140] M. Knauf, R. Hunkemöller, S. Friedrich, W. Mai, H. Borchert, a J. Bauer, „Clusterstudie Forst, Holz und Papier in Bayern 2015: Abschlussbericht, Langfassung“, Freising, červen 2016.
- [141] Spolkový statistický úřad (Destatis), „Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008)“, Spolkový statistický úřad (Destatis). Citováno dne: 26. května 2025. [online]. Dostupné z: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-wz-2008.html>
- [142] Bavorský zemský ústav pro lesnictví a lesní hospodářství, „Beschäftigte und Umsätze“. Citováno dne: 13. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/betriebswirtschaft/050299/index.php>
- [143] Spolková agentura práce, „Faktencheck zum Arbeitsmarkt - Arbeitsmarktmonitor“. Citováno dne: 13. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://arbeitsmarktmonitor.arbeitsagentur.de/faktencheck/regionalstruktur/tabelle/515/2024/employrate/?r=>
- [144] Západočeská univerzita v Plzni (ZČU Plzeň), „Informace ke zbytkovým materiálům biologického původu v Karlovarském kraji; (e-mailová informace, nepublikováno; asděleno v kontextu projektu)“, leden 2026.
- [145] L. Eltrop, Universität Stuttgart, und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, ed., *Leitfaden feste Biobrennstoffe: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen im mittleren und großen Leistungsbereich*, 4., zcela přepracované vydání. Gülzow-Prüzen: FNR, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V, 2014.
- [146] M. Dettenhofer, P. Zedníček, D. Milerová Prášková, a G. Sakellaris, „National Bioeconomy Dossier: Czech Republic“, CEITEC, prosinec 2020. [online]. Dostupné z: https://www.cei.int/sites/default/files/2022-04/CELEBIO_%20Bioeconomy%20Dossier_Czech%20Republic.pdf
- [147] Spojené národy, *Forest product conversion factors for the UNECE region*. in Geneva timber and forest discussion paper, no. 49. Geneva: United Nations, 2010.
- [148] Lesy České republiky s.p., „Dřevozpracující kapacity v ČR (podle informací LČR)“. Lesy České republiky, s. p., Hradec Králové, 31. srpna 2025. Citováno dne: 5. února 2026. [online]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/wp-content/uploads/2025/11/tabulka-databaze-web-24112025.xlsx>
- [149] Lesy České republiky s.p., „Zjištění potenciálu dřevozpracujících podniků“, Lesy České republiky, s.p., listopad 2015. Citováno dne: 5. února 2026. [online]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/wp-content/uploads/2016/12/zajisteni-potencialu-drevozpracujicich-podniku-11-2015.pdf>

- [150] blueFLUX Energy AG, „Grüner Wasserstoff mit FLUXone Hydro“, blueFLUX. Citováno dne: 24. března 2026. [online]. Dostupné z: <https://bluefluxenergy.de/anlage/fluxone-hydro/>
- [151] Spolková síťová agentura, „Bundesnetzagentur legt Hoch-lauf-ent-gelt für das Was-ser-stoff-Kern-netz fest“. Citováno dne: 27. března 2026. [online]. Dostupné z: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20250714_Hochlauf.html