



全球主要国家氢能路线图

重点内容摘要系列

挪威氢能路线图

2021 年 12 月

中关村氢能与燃料电池技术创新产业联盟

ChinaZ-parkHydrogen&FuelCellIndustryAlliance

目 录

内容摘要.....	3
第一章 生产和应用领域.....	4
1.1. 当前挪威制氢方式.....	4
1.2. 氢气储配方式.....	6
第二章 挪威氢能发展策略.....	7
2.1. 挪威的碳排放目标.....	7
2.2. 氢能产业链支持.....	7
2.3. 协同效应.....	8
第三章 交通应用.....	8
3.1. 海事运输规划.....	9
3.2. 道路运输规划.....	12
3.3. 加氢站基础设施布局.....	14
第四章 工业应用.....	15
第五章 能源应用.....	16
第六章 挪威国家级技术研发.....	16
第七章 挪威在氢能方面的国际合作.....	17

内容摘要

挪威发展氢能条件非常理想。挪威的企业在氢能的潜在市场中处于有利地位。

- 挪威在整个氢能价值链方面拥有多年行业经验，清洁氢的制取和应用条件都很理想。挪威的许多企业和技术团体已为各行业的氢气制取、运输、存储和应用等进行研发并提供相关的设备和服务。

- 挪威天然气储量巨大，有潜力利用可再生能源提升能源生产。

- 把天然气转化为清洁氢需要进行碳捕捉和存储。挪威大陆架有可能成为 CO₂ 潜在的存储地。

- 挪威在石油行业、天然气加工和处理等大型项目方面，经验丰富。

- 挪威具有竞争力的知识和技能团体，涵盖了海洋价值链和大部分的航运业。挪威航运业在研发和实施海上运输高科技解决方案方面经验丰富，包括利用电池和液化天然气。航运业有几个项目正在密切关注利用氢气或是氨气作为能源载体。

第一章 生产和应用领域

1.1. 当前挪威制氢方式

在挪威，目前水电解制氢的电费是免费的，这有助于降低氢气平均成本，让氢气和其它能源载体相比更具有竞争力。2020 年，挪威电力消费税为 0.1613 挪威克朗/kWh。主要制氢方式：水电解和 CCS 蒸汽重整。

1. 电解水制氢有 2 种主流技术：碱性电解和聚合物电解质膜电解(PEM 电解)。这 2 种主流技术相对成熟，但仍有进一步发展空间。目前，PEM 制氢成本略高，部分原因是利用了贵金属（如铂金和铱为催化剂），而且电解槽寿命比碱性电解槽略短。PEM 电解槽结构紧凑，需要空间更小更灵活。目前，碱性电解的能源效率约为 55%-70%，PEM 的能源效率约为 55%-66%（能量损失约为 30%-45%），碱性电解槽预计使用寿命为 6-9 万个小时，而 PEM 电解槽的使用寿命为 3-9 万个小时。据估计到 2030 年，PEM 电解槽的使用寿命约在 3-8.5 万个小时之间。要生产一公斤氢（能量含量约为 33kWh）约需 50-55kWh 的电力，如上所述，这将取决于电解厂的能量损失。水电解制氢过程中温室气体的间接排放，这取决于电力本身是如何产生的。如使用以煤为基础的电力制氢，将会产生大量的间接温室气体排放。

2. 在蒸汽重整过程中，主要由甲烷组成的天然气和蒸汽发生反应，在高温和高压下制氢，该过程会生成氢和二氧化碳。蒸汽重整制氢的能源效率约为 70%-85%。如不对天然气重整制氢过程中产生的二氧化碳进行捕捉，每生产 1 吨的氢

则将会排放 8 吨的二氧化碳。和电解过程相比，生产车间的体积要大很多。大型蒸汽重整厂每天可生产 120-240 吨的氢。电解槽和加氢站生产商 NEL 公司表示其公司的碱性电解槽每天可生产高达 8 吨的氢。蒸汽重整器建造规模较小，但单位生产成本要高的多。就像电力价格是电解的重要成本驱动因素一样，天然气价格也占了蒸汽重整制氢成本相当大的部分。如采用 CCS 技术，将会大大增加制氢成本。

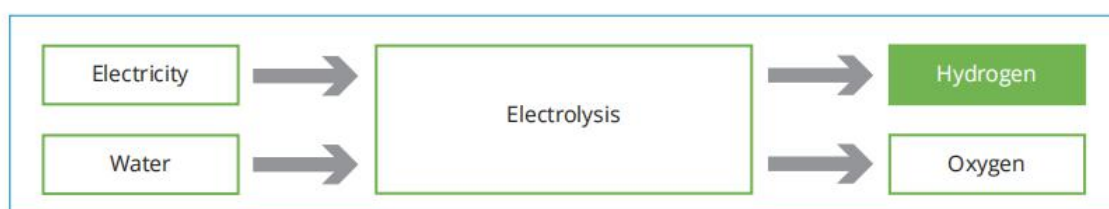


Figure 1-1 Electrolysis - using electricity to separate water into hydrogen and oxygen

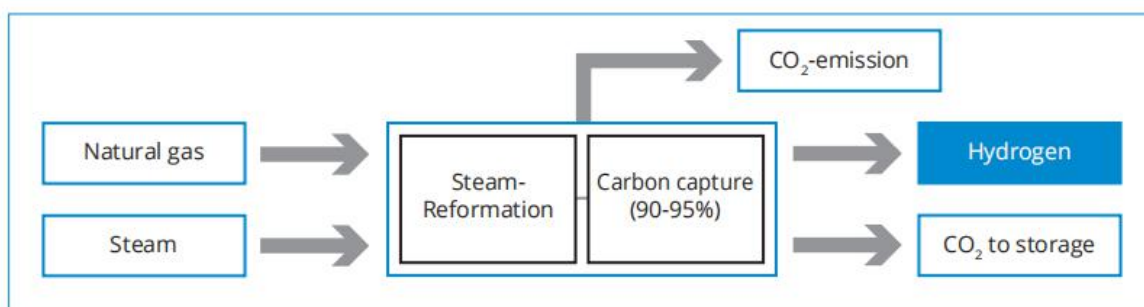


Figure 1-2 Steam reforming with capture and storage of CO₂ as a climate-friendly solution

制氢成本

	Alkaline electrolysis		PEM electrolysis	
	Today	2030	Today	2030
Electrolysis efficiency (%*)	63-70	65-70	56-60	63-68
System cost (USD/kW)**	500	400	1100	650
	-	-	-	-
	1400	850	1800	1500

Figure 1-3 Estimated energy efficiency and system costs for electrolysis (IEA, 2019)

据国际能源署（IEA）估计，因可再生能源成本的下降和生产设施规模不断扩大，到 2030 年，可再生电力制氢的成本可能会将下降 30%。

1.2. 氢气储配方式

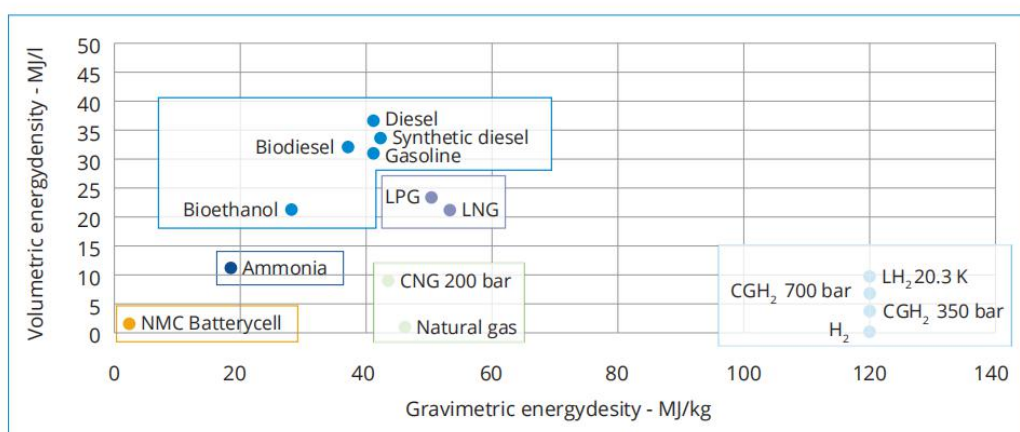


图 1.2 氢气与其他相关燃料/能量载体的能量密度的比较

压缩氢适用于距离较短的运输和中等体积的能量应用。如压力在 50 兆帕时，每立方米可存储 4 公斤的氢，而压力为 70 兆帕时，每立方米可存储 40 公斤的氢。汽车应用的储氢罐压力通常为 70 兆帕。高压氢可利用卡车、火车、或轮

船进行运输，运输方式和目前压缩天然气和沼气的运输方式相同。和天然气一样，氢气也可通过管道进行长距离运输。对于较长距离的氢气运输和需要大量能源的应用，如船舶运输进行液氢更为合适。

第二章 挪威氢能发展策略

2.1. 挪威的碳排放目标

挪威政府的目标是到 2050 年的温室气体排放量将比 1990 年的水平减少 90%至 95%。作为《巴黎协定》后续的一部分，挪威政府签署了一项更雄心勃勃的气候目标，即与 1990 年相比，2030 年将排放减少 50%。

2.2. 氢能产业链支持

2019 年，挪威宣布 PILOT-E 项目对氢能价值链进行支持，为具有竞争力和节能的氢能供应链提供综合解决方案。PILOT-E 项目计划强调目前氢能规划的局限性和成熟的技术。但缺少终端用户的用氢经验。挪威政府的目标是增加挪威的氢能项目试点和示范项目的数量。

2019 年 PILOT-E 宣布为帮助挪威实现完整的氢能供应链提供资金。两个财团共获得 7100 万挪威克朗的资金。在卑尔根市由 BKKAS 带领的财团的项目，旨在研发大规模液氢供应，成为挪威国家氢能供应的第一步。

第二个项目由 FlakkgruppenAS 带领，它通过 HellesyltHydrogenHub 项目，将在挪威西北部打造一个功能

性和商业性可持续的绿色氢能价值链。

2.3.协同效应

除了高效的价值链，跨行业的协同可成为提升氢能项目盈利的重要因素。当前的挑战之一是制氢需要一定的规模和足够的销量才能实现。要有利可图。这也适用于加氢站基础设施的盈利能力。加强跨行业 and 用户之间的合作、汇集需求，有助于提升盈利能力。对计划采用氢能系统的公司来说，重要的是了解他们的项目如何和其它项目、行业和应用互相连接起来。这些连接可降低成本、带来协同效应并有助于提升生产利润。

第三章 交通应用

交通运输占挪威排量的 1/3，占了不属于欧盟排放交易体系部分排放量的约 60%。除了一般的气候目标，挪威政府还有到 2030 年和 2005 年排放水平相比排放减半的雄心目标。将温室气体排放量减半的目标是基于交通行业各部门技术就绪水平的提升。因此，挪威迫切需要在交通运输行业引进和继续发展零排放技术。

壳牌公司的一项研究也清楚的表明发展技术的必要性。他们在该研究中评估了燃料电池交通应用的就绪水平。下图显示了用于各种交通用途的氢气技术准备水平(TRL)。其中一些一流的技术已在商业化条件和有预期的操作情况下运营了一段时间。还需要更多的测试、试点计划和技术研发进

一步提升技术水平。运输经济研究所也在一份关于重型卡车零排放报告的得出结论，在未来引入燃料电池汽车还有很长的路要走。

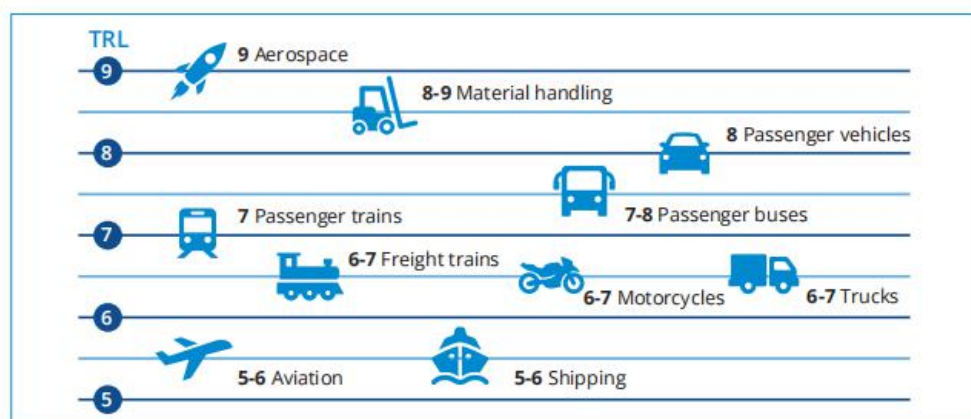


Figure 3-3 Technology readiness level (TRL) of fuel cells. Source: Shell (2017) Shell hydrogen study: Energy of the future? Sustainable mobility through fuel cells and hydrogen), figure taken from DNV GL (2019), Production and use of hydrogen in Norway

挪威研究理事会、挪威创新中心和挪威水资源和能源局已资助几个氢能的试点计划和示范项目，并支持挪威政府增加试点项目和示范项目数量的目标。通过 2019 年成立的零排放基金，挪威水资源和能源局还将在技术充分成熟时为车辆和船舶提供资金。

3.1. 海事运输规划

挪威正在进行几个试点和示范项目。

目前氨气和氢能系统还没有商业化，挪威正在进行几个试点和示范项目。挪威政府将继续通过挪威水资源和能源局、挪威创新公司和挪威研究理事会资助新技术和解决方案的研发和实施。

挪威国内航运和渔业约占挪威排放量的 8.6%。挪威政府的雄心是希望到 2030 年将这些排放量减半。挪威政府强调了航运业通过开发和商业化零排放和低排放解决方案来减少排放和增加价值的机会。挪威政府将协助挪威海运业获得相关技能和经验，使其能够成为全球航运转型过程中的主要供应商。

挪威海事业是国际领导者，包括航运公司、海事服务、造船厂和设备供应商。2018 年，海洋业占挪威价值创造的 8%，占挪威出口的 17%。该行业专注于开发和测试环保航运、零排放和低排放技术。电动渡轮的发展为挪威海上设备供应商提供了新机会。挪威自主和绿色航运的高科技解决方案是该行业最重要的国际竞争优势。现在，越来越多的船舶使用零排放和低排放技术。

3.1.1. 低排放和零排放船舶

在政府绿色航运行动计划的背景报告中，DNV-GL 将低排放船舶定义为和传统技术相比将温室气体排放减少至少 40% 的船舶。这可以通过使用混合推进系统来实现，如部分电气化，或使用液化天然气和沼气的混合物。它也可以通过技术和操作措施的结合（如优化船体、螺旋桨和推进机械、更低的速度或更多的自动化控制系统）来实现。

零排放船舶被定义为与传统技术相比，温室气体排放减少约 95% 的船舶。这是用化石燃料无法实现的。例如在燃料电池中使用电池和氢气。

在挪威，据计算航运业只有三分之二以上的能源需求可

能来自电力供应。氢气和电池的混合动力系统可适用于其余的路线。高速渡船有着更高的能量和较低的重量要求，表明氢气可能更适合于这些航线。它也可以通过技术和操作措施的结合（如优化船体、螺旋桨和推进机械、更低的速度或更多的自动化控制系统）来实现。

3.1.2. 挪威政府绿色运输行动计划

挪威政府将：

- 进一步促进挪威海运业的绿色增长和竞争力，促进海运业低排放和零排放技术的更多出口。
- 促进所有船舶类别的零排放和低排放解决方案。
- 在未来对县当局收入系统中标准支出评估的审查中，考虑到由于县当局对渡轮和高速渡轮航线上的低排放和零排放系统的要求而引起的支出增加。
- 在技术上可行时，尽快落实对世界遗产峡湾游轮和渡轮实行零排放要求的决议，最迟不迟于 2026 年，并在适当的时候提交给议会。
- 将世界遗产峡湾船舶规定的环境要求扩展到挪威其他的峡湾。
- 评估 NIS 和 NOR 船舶注册中零排放和低排放船舶的环境效益计划。
- 确保挪威海事局和挪威海岸管理局具备处理绿色航运新系统的能力和技能，包括制定海运业使用氢气的法规。
- 在可行的情况下，考虑在公共渡轮和高速渡轮服务中规定低排放和零排放系统的要求。

- 评估为水产养殖业服务船引入零排放和低排放系统的要求。
- 考虑为涉及石油生产的新作业船舶引入零排放和低排放系统的要求。

自 2021 年起，将在赫杰尔梅兰-内斯维克-斯基帕维克轮渡航线上进行氢能技术测试。挪威科技工业研究院(SINTEF)正与 ABB 合作，测试与电池和柴油发动机相结合的氢能技术。

3.1.3. 海事部门氢能项目

如上文所述，挪威公共道路管理局已与 NorledAS 挪威航运公司签订合同，该公司将自 2021 年起为 Hjelmeland–Nesvik–Skipavik 航线研发、建造和运营氢能渡轮。氢能至少可满足渡轮 50% 的能源需求。Norled 还参与了一个由欧盟资助的研发项目，该项目正在考虑在斯塔万格郊外的 Finnøy 路线上的一艘渡轮上使用氢气。

3.2. 道路运输规划

公路和非公路车辆和机构（如挖掘机）所组成的公路运输占了挪威排放量的 23%。

公路车辆是交通运输行业最大的排放源，占挪威全国排放量的 17% 左右。2018-2019 年挪威国家运输计划(NTP)也为零排放汽车设定了数字目标。

3.2.1. 零排放车辆推广

2025 年零排放车辆目标：

- (1) 到 2025 年，新车和轻型货车必须是零排放车辆。
- (2) 到 2025 年，新的城市公交车必须是零排放车辆或使用沼气。
- (3) 到 2030 年，新的大型货车、75%的新长途巴士和 50%的新卡车必须是零排放车辆。
- (4) 到 2030 年，最大城市中心的商品分销必须零排放。
- (5) 公共机构必须在自己和租赁的车辆和船舶中尽可能使用生物燃料、低排放和零排放技术。
- (6) 到 2050 年，交通运输业必须实现零排放或气候中性。

截至 2019 年底，挪威已注册 149 辆氢气汽车、1 辆轻型货车、5 辆氢气公交车和 1 辆氢气卡车。相比之下，截至 2019 年底，已登记的电动汽车 260,581 辆，电动货车 7331 辆，电动公交车 199 辆，电动卡车 21 辆。挪威公司已经从美国的尼古拉汽车公司 (Nikola Motors) 预购了大约 70 辆氢气卡车。

2020 年 1 月，ASKO 开始使用第一辆氢动力卡车。该卡车的续航里程为 500 公里，总重量为 26 吨，主要是向商店运送杂货。ASKO 总共订购了四辆全部由斯堪尼亚制造氢能卡车，其支持资金来自包括挪威水资源和能源局在内的机构。这些卡车的氢气供应来自挪威的本地制氢，利用 ASKOMidt-Norge 建筑屋顶的 9000 平米光伏板的电力。加氢站也位于 ASKO 的场地内，由挪威水资源和能源局进行资金支持。该加氢站不仅为新氢能卡车供氢，还为 ASKO 的氢能燃料电池汽车和叉车供氢。

3.2.2. 车辆购买奖励补贴

氢动力车辆（燃料电池车）的购买和用户奖励与电池动力车辆相同。在 2017 年挪威国家预算中，保守党、进步党、自由党和基督教民主党通过一项决议，将电动汽车对燃料电池汽车的福利延长至 2025 年或 5 万辆汽车。欧洲航天局已通知并批准了燃料电池车辆的增值税豁免至 2023 年。

税收

电动汽车免征车辆登记税和增值税。Granavold 政治纲领表示，挪威政府将在整个议会任期内继续免除车辆登记税和增值税。

自 2018 年 1 月 1 日起，免征道路交通保险税（原机动车年税低税率）和登记转让费。

2020 年，在计算使用公司汽车的福利时，与正常规则相比，标价有 40% 的折扣。

用户激励

过去，零排放车辆免收道路通行费和渡轮费，有免费停车和公交专用道。现在由地方当局决定是否免除电动汽车的道路通行费和停车费。挪威已经制定一项国家规则，以确保零排放车辆在通过收费站和渡轮时支付的费用不会超过正常费用的一半。挪威正在为停车制定类似的规则，但尚未引入，等待对管辖区域的最终澄清。

3.3. 加氢站基础设施布局

2019 年 7 月，挪威交通部长、气候与环境部长提出了交通替代燃料基础设施行动计划。先决条件是，替代燃料基础

设施的发展应由市场驱动，应在没有政府资助的情况下尽早可行。有关当局将利用其政策工具，在早期阶段支持市场发展。用替代燃料充电和加油的基础设施必须与车辆和船舶的发展相结合。

挪威水资源和能源局将在早期阶段为替代燃料基础设施的开发提供资金。到目前为止，挪威水资源和能源局已经资助 9 座加氢站，以及 ASKO 氢能项目基础设施。总体来说，挪威水资源和能源局已承诺提供约 8200 万挪威克朗的资金，用于打造公共的加氢站。

第四章 工业应用

目前在挪威所使用的几乎所有的氢都被用作化学工业和精炼石油产品的化学原料。

TiZirTitaniumandIronAS 公司正开展一个项目，他们将用氢气代替煤作为还原剂，生产钛渣和高纯度生铁。挪威水资源和能源局已向 TiZir 提供了 1.27 亿挪威克朗资金，用于示范工厂的预设计和新炉技术的验证，这是将氢项目变为现实的第一步。目前的生产过程涉及到冶炼厂的冷水供应，这会导致能量损失。计划中的用氢工艺将使冶炼厂的热进料成为可能。如果用氢气代替煤炭，估计某些特定的排放量将减少 90%，能源消耗估计将减少 40%。

欧盟的碳排放交易系统

欧盟的排放交易系统(ETS)旨在减少温室气体排放。排放交易系统(ETS)中的排放量不能超过系统中可用的排放配额数量。

因此，欧盟排放交易系统设定了排放上限。每年都会减少一定数量的津贴。欧盟排放交易系统涵盖了欧盟 11,000 多家公司的温室气体排放总量的约 45%，以及挪威约 120 家公司约 50% 的排放量。

第五章 能源应用

挪威的可再生能源资源和运作良好的能源行业是挪威的竞争优势。挪威的电力供应是可再生、灵活、安全的，且具有价格竞争力，这使得挪威的制氢成本可更便宜。因挪威水电的低价格和灵活性，氢能在挪威能源系统中的价值低于欧洲。对某些无法接入电网的特定应用，氢气系统已经具有竞争力。

挪威能源供应可再生能源中所占的比例最高，在欧洲的排放量最低。挪威的能源供应主要由水电、风电和火电组成，其中水电占主导地位。挪威约 1,600 座水电站的总装机容量略高于 32,000 兆瓦，约占挪威电力产能的 95%。

第六章 挪威国家级技术研发

在过去 10 年中，挪威在氢能领域积累了大量的研发专业知识。例如，挪威有研究团体是高温燃料电池和电解槽的专家，特别是在质子传导陶瓷领域。在该领域，挪威在材料方面拥有世界一流的基础专业知识。挪威也是低温燃料电池和电解槽（包括碱性电解）以及氢能燃烧和混合金属中储氢

方面的专家。挪威在建模和分析氢能系统和氢能价值链方面，以及加氢站技术和储氢罐技术也处于国际领先地位。挪威公司也是海洋氢能技术研发的先驱。

通过挪威研究委员会，挪威当局在 2009 年至 2019 年间资助了价值约 5.5 亿挪威克朗的氢、燃料电池和水电解相关研究。其中最基本的研究方案是主题广泛的 ENERGIX 能源研究。ENERGIX 通过研发新材料、转化工艺和解决方案来生产和使用氢和氢能技术。据挪威研究和技术领域的兴趣、专业知识、评估和指导方针，以及来自 Energi21 战略的建议，挪威研究委员会每年都会为氢能领域的资金做广告。ENERGIX 还支持参与国际研发项目。

Energi21 是挪威新的气候友好型能源技术研究、开发、示范和商业化的国家级战略，该战略强调了和氢能相关的两个重点领域：海上运输气候友好型能源技术以及气候友好型和节能型能源技术，包括碳捕获和储存(ccs)。在海上运输中，氢能被认为是三个重要的解决方案之一。在工业领域，增加使用无排放氢是未来的重要焦点。

第七章 挪威在氢能方面的国际合作

北欧合作

北欧国家（挪威、瑞典、丹麦、挪威和冰岛）都有雄心勃勃的气候目标，使用氢和氢基系统可以帮助实现这些目标。

在赫尔辛基宣言中，北欧决定共同努力消除低排放系统的障碍，将运输行业脱碳作为使北欧地区碳中和的一部分。这五个北欧国家都表示，他们有兴趣投资基于可再生能源的

氢。其中三个国家（丹麦、挪威和挪威）也一直在研究将氢气作为海洋领域的替代燃料。

2019 年 9 月，在挪威的敦促下，在哥本哈根北欧理事会期间召开了由北欧能源研究公司组织的氢能会议。会议汇集了来自各北欧国家的有关各方，突出了氢气领域的优势、联合倡议和项目。作为这次会议的后续，“北欧可持续公路交通 p2x”项目已启动。北欧能源研究项目负责领导该项目。该项目考虑将绿色电力（特别是剩余电力）转化为氢（通过电解），并可能再次转化为绿色燃料，如氨或合成燃料（功率为 x）。

挪威参与的国际研究伙伴关系

1. SET 计划（欧洲能源战略技术计划）是欧盟在低碳能源研究和创新方面进行战略发展的框架。

2. 燃料电池和氢能联合企业（项目 2 号）(EU_sFCH2JU) 是欧盟的公私合作伙伴关系，为欧洲氢和燃料电池技术的研究和创新提供资金。

3. ACT（加速 CCS 技术）是在欧盟研究与创新框架计划 Horizon2020 下设立的 ERANETCofund，其中参与国的研究资助机构，包括欧盟委员会和一些非欧洲国家，联手呼吁与 CCS 技术相关的提案和知识共享。

4. ZEP（ZeroEmissionPlatform）是 CCS 的技术平台。参与者包括来自学术界、工业界、当局和环保运动的各方，目的是就如何在欧洲开发和商业化 CCS 技术提出建议。

5. HorizonEurope（2021-2027）是欧盟新的研究和创新框架计划，是 HorizonEurope2020 框架计划（2014-2020）的

后续。