



Hydrogen Fuel Cells

Vision for the 2050 hydrogen economy

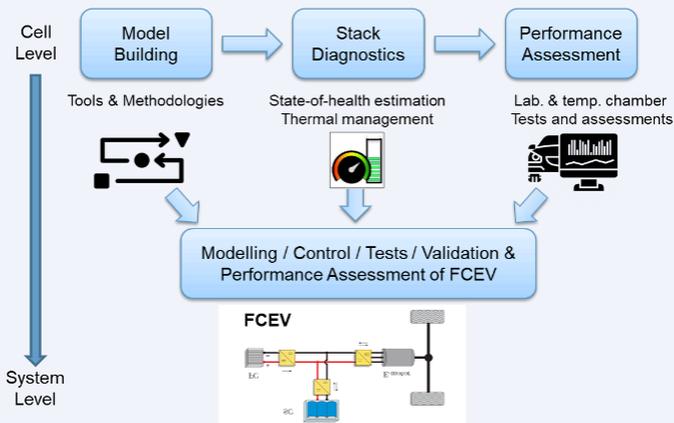
Hydrogen is a central pillar of the energy transformation required to limit global warming to two degrees Celsius (COP21, Paris 2015). Hydrogen can offer economically viable and socially beneficial solutions. Achieving the hydrogen vision creates significant benefits for the energy system, the environment, and businesses around the world.

Hydrogen & fuel cells are critical elements in the decarbonization of the transportation sector

FCEVs are a necessary, complementary to BEVs, to achieve deep decarbonization of the transportation sector. They are convenient for consumers due to long ranges and fast refueling times and particularly competitive for heavily-used vehicles.

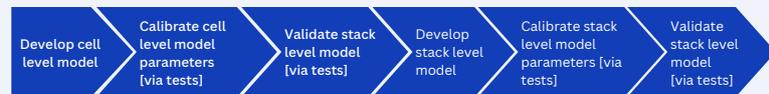
Hydrogen Fuel Cell Solutions

The Hydrogen Fuel Cells group in TNO concentrates on algorithms for state-of-health and state-of-function estimation of the H₂ Fuel Cell and model-based calibration and validation of the best possible fuel cell – battery combination for a specific use case, providing a robust, efficient and reliable powertrain with the lowest possible TCO.



Model parameters identification & validation via testing

Various test setups are available in the TNO laboratories, e.g. electrical cyclers of various sizes for electrical testing of cells and stacks, climatic chambers for testing at different temperatures and humidity levels, automated testing systems with flexibility in terms of possible profiles, Matlab/Simulink coupling for the vehicle / battery / fuel cell toolchain.



Fuel cell state estimation: Health Monitoring

Health monitoring of fuel cells is realized via state of health (online impedance characterization), state of function (to support energy management) and thermal state (temperature distribution) estimation algorithms.

Multi-level assessment methods mixed testing

Testing methods on component level range from Functional verification, Hardware-in-the-Loop (HiL), Technology evaluation to Accelerated ageing/endurance.

Testing methods on vehicle level range from vehicle-level verification, Vehicle-in-the-Loop (ViL) to Test-track (e.g. UITP SORT).

Assessment methodology (KPIs, models) are developed for field deployment evaluation on vehicle and fleet level.

Energy management and system optimization

The Equivalent Cost Minimization Schedule (ECMS) method is used for energy management and system optimization. This system-level model is embedded in the TNO framework.



Hydrogen Fuel Cells

2050年水素経済圏のビジョン

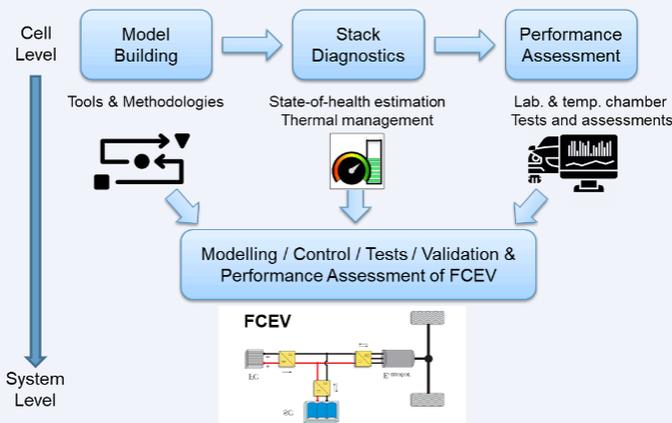
水素は、地球温暖化を2°Cに抑えるために必要なエネルギー転換の中心的な柱です（COP21、パリ2015）。水素は、経済的に実行可能で社会的に有益な解決策を提供することができます。水素ビジョンの達成は、世界中のエネルギーシステム、環境、ビジネスに大きな利益を生み出します。

水素と燃料電池は、運輸部門の脱炭素化のために重要な要素です。

FCEVは、運輸部門の脱炭素化を達成するために、BEVを補完するものとして必要なものである。FCEVは、航続距離が長く、燃料補給が早いと、消費者にとって便利であり、特に多用途に使用される車両にとっては競争力がある。

水素燃料電池ソリューション

TNOの水素燃料電池グループは、水素燃料電池の健康状態や機能を推定するアルゴリズム、特定のユースケースに最適な燃料電池とバッテリーの組み合わせをモデルベースで校正・検証し、堅牢で効率的かつ信頼性の高いパワートレインを、可能な限り低いTCOで提供することに注力しています。



テストによるモデルパラメータ特定と検証

例えば、セルやスタックの電気試験用の様々なサイズの電気サイクラー、異なる温度や湿度レベルでの試験用の恒温槽、可能なプロファイルの点で柔軟性のある自動試験システム、車両/バッテリー/燃料電池ツールチェーン用のMatlab/Simulinkカップリングなど、TNOラボでは様々な試験設定を利用することができます。



燃料電池の状態推定:ヘルスマニタリング

燃料電池のヘルスマニタリングは、ヘルス状態（オンラインインピーダンス特性評価）、機能状態（エネルギー管理サポート）、熱状態（温度分布）推定アルゴリズムによって実現されます。

マルチレベルの評価方法 ミックステスト

コンポーネントレベルの試験方法は、機能検証、HiL（Hardware-in-the-Loop）、技術評価、加速経年劣化/耐久性など多岐にわたる。

車両レベルの試験方法は、車両レベルの検証、ViL（Vehicle-in-the-Loop）からテストトラック（例：UITP SORT）まで多岐にわたる。

評価方法（KPI、モデル）は、車両およびフリートレベルでのフィールド展開評価のために開発されています。

エネルギーマネジメントとシステム最適化

等価コスト最小化スケジュール（ECMS）法は、エネルギー管理およびシステム最適化のために使用されます。このシステムレベルモデルは、TNOフレームワークに組み込まれています。