

La BMW Hydrogen 7.

Indice.



1. Inizia una nuova era di mobilità.	
La BMW Hydrogen 7.	
(Versione riassuntiva)	4
2. Identikit.	17
3. Il principio: motore a combustione interna a idrogeno, propulsore bivalente, massima autonomia.	19
4. Il segnale: l'idrogeno liquido può essere il vettore di energia per la mobilità quotidiana.	22
5. Lo sviluppo: la prima ammiraglia di lusso a idrogeno del mondo che ha concluso con successo il processo di sviluppo della produzione in serie.	26
6. Il concetto dell'automobile: progresso senza compromessi, la tipica dinamica di BMW, comfort da berlina a livello premium.	28
7. Il motore: 12 cilindri, 6,0 litri con iniezione diretta di benzina e insufflazione d'idrogeno nel collettore di aspirazione.	33
8. Il magazzino dell'energia: serbatoio d'idrogeno liquido a doppia parete con superisolamento ad alto vuoto.	37
9. L'approvvigionamento d'idrogeno: un processo di rifornimento d'idrogeno standardizzabile su scala mondiale.	40
10. Scocca e autotelaio: la base è la BMW 760Li, costruzione leggera intelligente, comportamento ottimizzato in caso di crash, taratura speciale dell'assetto.	43

11. Il concetto di sicurezza: sviluppo di standard di sicurezza, collaudi, certificazione da un ente indipendente	47
12. La produzione: integrazione nella produzione in serie nello stabilimento BMW di Dingolfing, BMW Hydrogen 7 come simbolo dell'innovazione.	53
13. La cooperazione: la prima ammiraglia di lusso del mondo a idrogeno adatta alla guida giornaliera, dialogo intenso tra gli utenti e BMW	55
14. L'impulso: la BMW Hydrogen 7 funge da stimolo per ampliare l'infrastruttura di approvvigionamento d'idrogeno.	57
15. La Clean Energy Partnership: è parte della Strategia di sostenibilità nazionale e ha come obiettivo di dimostrare l'idoneità dell'idrogeno alla guida giornaliera.	60
16. Il vettore di energia: l'idrogeno come alternativa ai carburanti fossili disponibile in modo illimitato e la sua produzione sostenibile come prospettiva futura.	63
17. Il progetto BMW CleanEnergy: esperienza BMW nel campo dell'idrogeno iniziata negli anni Ottanta, concentrazione sul motore a combustione interna, fuel-cell come tecnica complementare.	67
18. Dati tecnici.	70
19. Diagramma di potenza e di coppia.	71

1. Inizia una nuova era di mobilità. La BMW Hydrogen 7. (Versione riassuntiva)



BMW Group scrive un capitolo nuovo nella storia dell'automobile. Con la BMW Hydrogen 7 BMW presenta la prima ammiraglia di lusso alimentata ad idrogeno (inglese: hydrogen) adatta alla guida giornaliera, praticamente esente da emissioni. Il nuovo modello funge così da pietra miliare di una nuova era di mobilità sostenibile. La BMW Hydrogen 7 viene azionata da un motore a combustione interna a idrogeno. La vettura ha percorso l'intero processo di sviluppo di serie ed è il risultato di una strategia coerente di BMW Group per sfruttare già oggi l'idrogeno, una fonte di energia molto promettente per il futuro.

La BMW Hydrogen 7 costituisce uno sviluppo rivoluzionario all'interno della BMW Serie 7. Il motore, le sospensioni e la scocca del nuovo modello sono basati sul concetto automobilistico delle berline BMW 760i e BMW 760Li. La BMW Hydrogen 7 è equipaggiata di un motore endotermico bivalente a 12 cilindri che funziona sia a idrogeno che a benzina. Il propulsore eroga una potenza di 190 kW/260 CV e accelera la berlina a idrogeno da 0 a 100 km/h in 9,5 secondi. La velocità massima della BMW Hydrogen 7 è stata limitata elettronicamente a 230 km/h.

Progresso senza compromessi.

Il motore a combustione interna bivalente fornisce una prova convincente dell'eccellenza di BMW Group nel campo ingegneristico. Grazie a una tecnologia di controllo ad alta precisione che regola il motore in modo da disporre costantemente della stessa potenza – e ciò nonostante le differenti caratteristiche di combustione nelle due modalità di funzionamento – il nuovo V12 è in grado di commutare dal funzionamento a idrogeno a quello a benzina senza ritardi o differenze nel comportamento di guida. Con questa innovazione fondamentale nel settore motoristico, BMW Group offre una soluzione pratica e attraente per realizzare la transizione verso l'idrogeno come fonte di energia. Inoltre, pone una pietra miliare per avvicinarsi a una mobilità futura indipendente dai combustibili fossili ed esente da sostanze nocive.

A livello di erogazione di potenza, rotondità di funzionamento e comfort, la nuova BMW Hydrogen 7 si posiziona al livello dei più sofisticati prodotti dell'industria automobilistica azionati a benzina o diesel. La guida praticamente esente da emissioni con la nuova berlina a idrogeno si trasforma nel piacere tipico che si prova nelle vetture BMW. In aggiunta all'innovativo concetto di motore, la dinamica berlina premium si distingue per un equipaggiamento di serie particolarmente ricco.

L'idrogeno – il vettore di energia del futuro.

Gli esperti concordano che l'idrogeno è l'unico vettore di energia con il potenziale di sostituire a lungo termine i carburanti fossili nel traffico su gomma. L'idrogeno (simbolo chimico H) è un componente dell'acqua ed è presente in quasi tutti i composti chimici del circuito biologico ed è conseguentemente anche ecocompatibile. Inoltre, è l'elemento più frequente dell'universo e disponibile in quantitativi praticamente illimitati. L'idrogeno è immagazzinabile a bassissime temperature sotto forma liquida oppure sotto forma gassosa ed è facilmente trasportabile. Sotto forma gassosa non è tossico, è inodore ed incolore. Sotto forma liquida esso possiede, in base al peso, un quantitativo di energia tre volte superiore alla benzina. Mentre l'utilizzo di carburanti fossili determina inevitabilmente l'emissione di biossido di carbonio, l'idrogeno si comporta – nella sua qualità di fonte di energia alternativa – in modo assai ecocompatibile, dato che la sua combustione produce solo vapore acqueo. Inoltre, l'idrogeno è l'unico vettore di energia alternativo rinnovabile che può essere utilizzato in modo sostenibile.

L'idrogeno liquido assicura un alto livello di idoneità alla guida di ogni giorno.

BMW Group punta con coerenza sull'idrogeno liquido come fonte di energia. Il motivo di questa preferenza è che la densità energetica dell'idrogeno liquido – misurata in base al volume – è nettamente superiore alla densità energetica dell'idrogeno allo stato gassoso. In due serbatoi di dimensioni identiche, la quantità di energia dell'idrogeno liquido a bassissima temperatura è di oltre il 75 per cento superiore a quella immagazzinata allo stato gassoso a 700 bar. Conseguentemente, anche l'autonomia di un veicolo azionato a idrogeno liquido è molto più alta.

Nel periodo di costruzione dell'infrastruttura a idrogeno, l'autonomia totale costituirà il criterio decisivo per l'idoneità alla guida giornaliera dell'automobile a idrogeno. La BMW Hydrogen 7 raggiunge la propria alta autonomia attraverso l'alimentazione a idrogeno liquido e alla bivalenza del motore a combustione interna. Nell'esercizio a idrogeno, la BMW Hydrogen 7 può percorrere più di 200 chilometri, mentre nella modalità a benzina offre un'autonomia di altri 500 chilometri.

Ma è soprattutto la semplicità di utilizzo a caratterizzare il fascino e l'alto grado di accettazione della nuova fonte di energia – l'idrogeno. Per questo motivo, la caratteristica di qualità «alta idoneità alla guida giornaliera» è stata un fattore centrale nel processo di concezione della nuova BMW Hydrogen 7. Con la prima berlina a idrogeno realizzata nella produzione in serie, BMW Group emette un segnale univoco nel mondo dell'industria automobilistica. L'automobile fornisce la prova che il passaggio a forme alternative di energia è compatibile con un alto livello di dinamica e di comfort.

Maturità e affidabilità di una vettura di serie.

La prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta in serie non è il risultato di un progetto di ricerca. Il suo sviluppo marca lo stato iniziale della produzione industriale, così che la BMW Hydrogen 7 si pone allo stesso livello degli altri modelli BMW con motore endotermico. La BMW Hydrogen 7 ha percorso l'intero processo di sviluppo di serie previsto per ogni nuovo modello BMW. I componenti nuovi come la tecnica del motore, il sistema del serbatoio e l'elettronica del veicolo per la gestione a idrogeno sono stati sviluppati in base al Processo genesi prodotto di BMW (ted.: Produktenstehungsprozess PEP). Ogni componente viene esaminato se è idoneo a soddisfare i criteri di produzione in serie.

In base a questo concetto, con la nuova BMW Hydrogen 7 viene offerta un'automobile che combina una tecnologia di alimentazione nuova e innovativa con gli alti standard qualitativi conquistati da BMW Group in decenni di sviluppo di automobili e di motori, soprattutto a livello di affidabilità, sicurezza e di divertimento di guida. La maturità del concetto automobilistico della BMW Hydrogen 7 supera così significativamente lo stato di prototipo e di vettura dimostrativa all'idrogeno del passato e dà via libera all'omologazione in base alle disposizioni D/ECE. Negli Stati Uniti, la BMW Hydrogen 7 sarà messa a disposizione a una serie di utenti selezionati allo scopo di prova.

Comfort a livello premium.

La qualità premium della BMW Hydrogen 7 viene confermata da un'esclusiva offerta di comfort. Questa comprende la funzione Soft-Close per le porte, vetri stratificati comfort, climatizzatore automatico versione «High», regolazione elettrica dei sedili con funzione Memoria, riscaldamento a fermo con telecomando, Assistente fari abbaglianti, funzione TV con ricezione DVB-T e schermo posteriore, servizi telematici BMW Assist e BMW Online, CD-changer per 6 CD, DVD-changer per 6 DVD, pacchetto fumatori e portabevande davanti e dietro.

La dotazione comprende inoltre airbag laterali e per la testa davanti e dietro, retrovisori interno ed esterni autoanabbaglianti e Park Distance Control (PDC), sensore pioggia, sistema di navigazione Professional e sistema HiFi Professional, supporto lombare per guidatore e passeggero e riscaldamento sedili davanti e dietro.

Ulteriori highlight offerti dalla BMW Hydrogen 7 sono il Comfort Access, BMW Online, il comando vocale per il sistema di navigazione, l'impianto del telefono e audio, il volante riscaldato, i sedili comfort a regolazione elettrica, BMW Night Vision e Adaptive Light Control. Il pacchetto viene completato da cerchi in lega da 19 pollici con Mobility Set.

La prima automobile premium a idrogeno prodotta in serie e adatta alla guida di ogni giorno viene fornita di serie con un'elegante vernice metallizzata: il colore esclusivo del modello Blue Water Metallic sottolinea il carattere unico dell'automobile.

Motore endotermico bivalente assicura la massima autonomia.

Il motore endotermico bivalente costituisce l'innovazione assoluta della BMW Hydrogen 7. Il potente motore si basa sul propulsore a benzina a 12 cilindri da 6,0 l di cilindrata con VALVETRONIC della BMW Serie 7. La coppia massima ammonta a 390 newtonmetri e viene raggiunta a un regime di 4.300 giri/min. Il motore V12 della BMW Hydrogen 7 presenta un funzionamento bivalente, così da potere bruciare negli stessi cilindri idrogeno o benzina.

Con circa 700 chilometri, l'automobile a idrogeno con motore a combustione interna bivalente raggiunge un'autonomia totale addirittura superiore a quella della BMW 760i. Il guidatore di una BMW Hydrogen 7 può contare dunque su una mobilità senza confini e guidare la sua macchina anche quando la prossima stazione di rifornimento d'idrogeno è lontana. L'idoneità alla guida di ogni giorno, il valore utile e l'esperienza di guida sono garantiti anche quando non è disponibile l'idrogeno.

Il motore endotermico assicura l'affidabilità.

BMW Group ha optato intenzionalmente a favore del motore a combustione interna per promuovere l'accettazione e la diffusione dell'idrogeno come carburante. Il motore endotermico sfrutta una tecnologia matura, basata su un know-how raccolto in decenni di lavoro nel campo della motoristica. Questo concetto di motore soddisfa tutte le premesse per assicurare la tipica agilità e dinamica di guida delle automobili del marchio BMW – anche quando sono alimentate a idrogeno. Inoltre, solo il motore a combustione interna offre il vantaggio del funzionamento bivalente.

Valvole d'insufflazione come tecnologia chiave.

Nell'esercizio a benzina il motore funziona con l'iniezione diretta del carburante mentre quando viene utilizzato l'idrogeno la formazione di miscela avviene già nei canali di aspirazione. A questo scopo sono state sviluppate delle valvole d'insufflazione nuove la cui progettazione e integrazione ha richiesto il massimo dagli ingegneri di motoristica. Le valvole realizzate per funzionare con dell'idrogeno gassoso sono più grandi delle tradizionali valvole dei motori a benzina e, inoltre, coprono uno scarto ben più grande nella portata in volume: infatti, lavorano con pressioni di sistema differenti e con tempi d'insufflazione dell'idrogeno gassoso sia molto lunghi che molto brevi. In centesimi di secondo aggiungono sempre il quantitativo giusto d'idrogeno all'aria aspirata.

L'idrogeno brucia a una velocità fino a 10 volte superiore rispetto a quella dei carburanti tradizionali. La motronica del motore a combustione interna bivalente dispone per questo di alcune funzioni speciali. Con il comando valvole interamente variabile VALVETRONIC – un'esclusiva di BMW – e la regolazione variabile degli alberi a camme Doppio VANOS gli ingegneri disponevano degli strumenti ideali per ottimizzare il processo di combustione dell'idrogeno. I ricambi di gas e la formazione della miscela sono adattabili con precisione alle caratteristiche della miscela aria/idrogeno.

Soluzione pratica per la riduzione delle emissioni di CO₂.

Quando funziona a idrogeno, la BMW Hydrogen 7 emette praticamente solo del vapore acqueo. Il nuovo modello rappresenta così un passo importante per ridurre drasticamente le emissioni prodotte dal traffico individuale, in particolare quelle di anidride carbonica. Per il futuro è prevista l'introduzione di un'automobile che funzionerà esclusivamente a idrogeno (monovalente). Inoltre, nell'ambito della ricerca di BMW Group, si lavora sull'utilizzo pratico della tecnologia delle fuel-cell sotto forma di una Auxiliary Power Unit (APU) che sostituirebbe l'attuale batteria offrendo una capacità molto più elevata.

Con la BMW Hydrogen 7 BMW Group presenta una soluzione pratica e fattibile per un futuro automobilistico a basso impatto ambientale. L'integrazione dell'idrogeno negli affermati processi di sviluppo, di produzione e di vendita costituisce l'approccio più efficiente per diffondere l'idrogeno come alternativa ai carburanti tradizionali. In questo senso BMW Group si vede come un'impresa promotrice del progresso. Emettendo questo impulso BMW Group rafforza la fiducia del cliente nella tecnologia e aumenta il fascino delle automobili a idrogeno.

Superisolamento ad alto vuoto per il serbatoio.

Il concetto di motore bivalente della BMW Hydrogen 7 non richiede solo una gestione motore e un approvvigionamento del carburante speciali ma anche l'integrazione di due serbatoi di carburante differenti. Il serbatoio dell'idrogeno della BMW Hydrogen 7 accoglie circa 8 chilogrammi (circa 170 litri) d'idrogeno liquido mentre il serbatoio tradizionale della benzina ha un volume di 74 litri.

L'idrogeno liquido utilizzato come carburante costituisce una sfida tecnica del tutto particolare nella costruzione del serbatoio. Dato che a pressione ambientale l'idrogeno assume la forma liquida a una temperatura di meno 253 gradi Centigradi, il suo immagazzinamento in un'automobile per un periodo prolungato è stato possibile solo adottando un nuovo sistema di superisolamento. Il serbatoio d'idrogeno della BMW Hydrogen 7 ha una doppia parete. Nell'interspazio di circa 30 millimetri sono inseriti vari strati di fibra di alluminio e di vetro che contribuiscono a ridurre l'irradiazione di calore.

Il forte effetto isolante del serbatoio è inoltre il risultato di un vuoto che viene generato nell'interspazio. In questo modo viene soppressa qualsiasi trasmissione di calore attraverso l'aria. L'alloggiamento del serbatoio interno avviene attraverso dei nastri in materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP) a bassa trasmissione di calore.

Il superisolamento riduce con grande efficienza l'apporto di calore e corrisponde all'effetto isolante di uno strato di polistirolo lungo 17 metri. Se si versasse del caffé caldo nel serbatoio, questo si raffredderebbe a una temperatura adatta alla sua consumazione solo dopo 80 giorni.

Boil-off-management per controllare l'evaporazione.

Dal punto di vista fisico, anche con il superisolamento si ha sempre un leggero apporto di calore. Questo significa che con il tempo evapora una parte esigua dell'idrogeno liquido (inglese: boil-off). Questi bassi quantitativi di evaporazione si manifestano però solo dopo un periodo di più di 17 ore. Nel serbatoio aumenta la pressione così che il carburante gassoso deve essere prelevato attraverso un cosiddetto boil-off management. Il processo limita la pressione interna del serbatoio e assicura – quando viene superato un valore ideale predefinito – un prelievo controllato e la trasformazione dell'idrogeno già evaporato. In un cono Venturi l'idrogeno gassoso fuoriuscito viene miscelato con l'aria e ossidato in un catalizzatore che lo trasforma in acqua. La cosiddetta fase di «immagazzinamento» – fino allo svuotamento controllato di un serbatoio d'idrogeno pieno a metà – ammonta a circa 9 giorni. Dopo questo periodo nel serbatoio resta un quantitativo sufficiente d'idrogeno per percorrere ancora circa 20 chilometri. Se in questo periodo la BMW Hydrogen 7 viene guidata a idrogeno, la pressione interna del serbatoio cala nuovamente, dato che avviene un prelievo d'idrogeno. Una volta posteggiata, l'automobile inizia nuovamente il periodo di parcheggio di 17 ore esente da perdite di energia.

Fare il pieno è facile.

Il concetto di rifornimento d'idrogeno convince per la sua semplicità e in fondo non si distingue molto per il guidatore dal processo di rabbocco di benzina. La novità è l'innesto di rifornimento ad accoppiamento ermetico alla pressione e alle basse temperature attraverso il quale passa l'idrogeno liquido. Il guidatore lo avvicina come un erogatore tradizionale di carburante al tappo del serbatoio e lo inserisce con la pressione della mano. Il blocco definitivo dell'innesto ad accoppiamento e il riempimento del serbatoio sono controllati dal sistema. Il guidatore apre e chiude lo sportellino del serbatoio premendo un tasto nel cockpit, situato vicino al volante. L'intero processo richiede meno di 8 minuti. Grazie alla facilità d'uso e al riempimento gestito dal sistema, fare il pieno d'idrogeno con la BMW Hydrogen 7 è semplice ed esente da pericoli e, inoltre, più pulito di un rifornimento tradizionale di benzina.

Al fine di diffondere al più presto possibile in tutto il mondo una tecnologia unica e adatta all'automobile, BMW Group ha sviluppato con dei partner internazionali un innesto ad accoppiamento per il rifornimento d'idrogeno liquido che dovrebbe definire lo standard futuro su scala internazionale.

Un powerdome bombato segnala l'esclusiva fonte di potenza.

La scocca della BMW Hydrogen 7 si basa sulle misure della BMW 760Li: le dimensioni esterne e il passo sono identici. Dal punto di vista estetico, il look caratteristico della BMW Serie 7 a passo lungo è rimasto praticamente invariato, solo singoli componenti sono stati sviluppati ex novo per via del peso maggiore della vettura e dei componenti del sistema a idrogeno.

La caratteristica di design che distingue la BMW Hydrogen 7 dalla carrozzeria della Serie 7 è il nuovo powerdome più bombato sotto il quale pulsa il motore leggermente più alto in conseguenza alle valvole d'insufflazione H₂. La forma muscolosa del cofano motore attira l'attenzione sulla fonte di potenza del tutto particolare che si nasconde sotto il mantello di acciaio dell'automobile a idrogeno.

Sul cofano posteriore la vettura è ornata dalla scritta «Hydrogen 7»; sotto i lampeggiatori direzionali laterali si trova la dicitura «Hydrogen».

Altri stilemi sono lo sportellino del serbatoio d'idrogeno liquido trasparente con cornice in cromo e il listello del paraurti posteriore con applicazioni in cromo. La scritta «BMW Hydrogen Power» sulle alette parasole dei cristalli laterali posteriori e sui batticalcagni ricordano la rivoluzionaria tecnologia di propulsione dell'ammiraglia.

Una novità assoluta sono i componenti della scocca in materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP) e acciaio: questo mix di materiali offre un peso ottimizzato e una maggiore resistenza agli urti. La costruzione mista CFRP/acciaio è stata sviluppata da BMW Group apposta per la BMW Hydrogen 7, con l'obiettivo di compensare il maggiore peso del sistema di propulsione e di alimentazione di carburante e di soddisfare inoltre i severi criteri di sicurezza richiesti da questa vettura innovativa. Ad esempio, alcune zone della scocca laterale destra e sinistra sono avvolte da un rinforzo di CFRP, così da raggiungere gli stessi valori di crash della BMW 760Li.

Indicazione dell'idrogeno nel cockpit.

Anche all'interno, l'ammiraglia a idrogeno presenta solo delle leggere modifiche estetiche rispetto alla BMW 760 Li. Nel cockpit si trovano delle spie nuove per il funzionamento a idrogeno. Nella strumentazione combinata della BMW Serie 7, nel display delle spie variabili è stato aggiunto il simbolo «H₂» che si accende quando la macchina funziona a idrogeno. Inoltre, nella BMW Hydrogen 7 l'indicatore del livello di benzina è stato completato

da quello del serbatoio d'idrogeno che ne visualizza il contenuto in chilogrammi. L'autonomia totale è rappresentata come barra bipartita sotto il numero. Le indicazioni di riserva per l'idrogeno (circa 1,5 kg d'idrogeno sufficienti per circa 50 chilometri) e la benzina (circa 15 litri sufficienti per percorrere almeno 100 chilometri) sono rappresentate separatamente.

Le modifiche estetiche più radicali all'interno della vettura sono quelle apportate alla zona posteriore e dovute all'alloggiamento del serbatoio d'idrogeno sotto la cappelliera, dietro il divanetto posteriore.

Nella BMW Hydrogen 7 il divanetto posteriore è stato spostato in avanti di circa 115 millimetri rispetto alla BMW 760Li, ma è sempre arretrato di 25 millimetri rispetto alla BMW Serie 7 a passo normale. Anche nella BMW Hydrogen 7 i due passeggeri posteriori si godono tutto il comfort di viaggio offerto da un'ammiraglia BMW. Per motivi di package, il bracciolo centrale posteriore è installato fisso. La BMW Hydrogen 7 è stata concepita come automobile a quattro posti. In conseguenza alla tecnica dell'idrogeno, il volume del bagagliaio è inferiore rispetto alle altre varianti della BMW Serie 7. Il bagagliaio della BMW Hydrogen 7 ha una capacità di 225 litri e offre spazio sufficiente per depositare due sacche da golf.

Assali in costruzione leggera di alluminio della BMW Serie 7.

Gli assali della BMW Hydrogen 7 si basano sullo châssis di serie in costruzione leggera di alluminio che assicura la caratteristica dinamica di guida della BMW Serie 7. L'avantreno è del tipo MacPherson mentre il retrotreno è realizzato come multilink Integral IV con compensazione del beccheggio in accelerazione e frenata. L'aumento di peso dovuto ai componenti della tecnologia dell'idrogeno ha reso necessarie alcune modifiche nella taratura dell'assetto. Inoltre, il retrotreno della BMW Hydrogen 7 è stato completato – in modo simile alla berlina di sicurezza della BMW Serie 7 – con dei rinforzi in alluminio e acciaio. Inoltre, l'ammiraglia a idrogeno è stata equipaggiata di serie del sistema di regolazione dell'assetto AdaptiveDrive che abbina la stabilizzazione antirollio alla regolazione variabile degli ammortizzatori. AdaptiveDrive assicura un comportamento su strada molto agile della BMW Hydrogen 7 e il suo facile controllo anche nelle curve strette.

La BMW Hydrogen 7 monta l'impianto frenante della BMW Serie 7.

Lo spazio di frenata della vettura dal peso di 2.460 chilogrammi è di 41 metri da 100 km/h a 0 km/h.

Sistema high-tech: controllo pressione pneumatici RDC.

La nuova BMW Hydrogen 7 monta di serie l'ultima generazione del sistema telemetrico di controllo pressione pneumatici RDC (Reifen Druck Control) funzionante sulla base di sensori. Il sistema derivato dal mondo delle gare è molto sensibile e preciso e riflette attualmente il più alto livello della tecnologia

di controllo pneumatici. Il sistema di controllo telemetrico misura in brevi intervalli di tempo la pressione di ogni singolo pneumatico e visualizza nello strumento combinato eventuali variazioni dal valore normale in ogni posizione della ruota. Il guidatore viene informato così più tempestivamente e con maggiore precisione sulla perdita progressiva di pressione di una ruota.

Massima priorità alla sicurezza.

L'idrogeno presenta delle caratteristiche differenti dalla benzina o il diesel e richiede delle misure di sicurezza nuove nella vettura. Il carburante a basso impatto ambientale è inodore e incolore e dunque non percepibile per l'uomo. Dato che è 15 volte più leggero dell'aria, quando entra in contatto con l'aria, l'idrogeno si volatilizza e sale rapidamente verso l'alto. L'idrogeno non è né tossico né nocivo ma nel rapporto di miscela giusto con l'aria si incendia più facilmente della benzina o del gasolio. La manipolazione dell'idrogeno è assolutamente sicura – a condizione che ne vengano osservate le sue particolarità.

La massima sicurezza era anche la prerogativa per BMW Group nella costruzione di un'automobile alimentata a idrogeno utilizzabile nella guida di ogni giorno. Per questo motivo, BMW Group lavora anche in molte sedi internazionali per sviluppare degli standard di sicurezza uniformi per tutti i veicoli alimentati a idrogeno. Parallelamente allo sviluppo di questi standard, è stato elaborato un concetto di sicurezza completo per la BMW Hydrogen 7 e l'ambiente in cui si muove. In aggiunta al boil-off-management, il serbatoio d'idrogeno liquido dispone di due valvole ridondanti che fanno fuoriuscire in modo controllato l'intero contenuto del serbatoio nell'ambiente – ad esempio in caso di un forte aumento della pressione nel serbatoio in conseguenza a un danno. Quando si apre la prima valvola, l'idrogeno viene convogliato nei condotti di sicurezza, inseriti all'interno dei terzi montanti, verso il tetto della macchina. Attraverso la seconda valvola, che reagisce solo a una pressione superiore, il gas può scorrere verso il sottoscocca dove viene soffiato fuori. A differenza delle autovetture a benzina o gasolio, nell'automobile a idrogeno il pericolo di un'escalation sul posto dell'incidente, cioè il rischio che il carburante incendiato fuoriesca a bruci a terra, non è dato, perché l'idrogeno non ha la caratteristica di formare sul suolo delle pozzanghere di fuoco ma sale immediatamente verso l'alto e si volatilizza.

Una delle premesse che deve essere soddisfatta per potere guidare una vettura nel traffico di ogni giorno è la sua sicurezza nel confronto degli altri veicoli. Nella BMW Hydrogen 7 questa viene assicurata attraverso un concetto di sicurezza composto da diversi livelli. Il concetto si basa su una serie di misure volte a prevenire sia lo scoppio del serbatoio che una fuoriuscita non controllata d'idrogeno. Proprio per questo motivo tutti i componenti sono costruiti in modo da soddisfare i più alti criteri di sicurezza.

Inoltre, in caso di avaria di funzionamento, i singoli componenti ritornano automaticamente a uno stato sicuro. Non solo il serbatoio ma anche tutti gli altri componenti e condotti in contatto con l'idrogeno hanno una doppia parete. Una serie di funzioni di sicurezza sviluppate appositamente per la BMW Hydrogen 7 consente di riconoscere rapidamente eventuali difetti e di avviare le rispettive contromisure, così da evitare dei rischi. Ogni avaria viene comunicata dal sistema d'informazione all'utente, anche se questa non costituisce di per sé un rischio. Un sistema di avviso gas con sensori che rilevano l'idrogeno, montati in modo decentrato su tutta l'automobile, segnala eventuali disturbi di funzionamento sia durante la guida che a vettura parcheggiata. L'approvigionamento elettrico dell'impianto di avviso gas ha una tripla alimentazione di sicurezza. Oltre alla batteria della macchina, la BMW Hydrogen 7 è equipaggiata di altre due batterie indipendenti dalla batteria principale e in grado di assicurare l'approvigionamento elettrico all'impianto a idrogeno.

Certificazione indipendente.

In collaborazione con il TÜV Süddeutschland, BMW Group ha sottoposto la BMW Hydrogen 7 a una serie di prove e di procedure di omologazione, concluse con successo, nelle quali è stata dedicata particolare attenzione ai componenti in contatto con l'idrogeno. Inoltre, è stato assolto un programma di crash che superava i criteri previsti dalla legge: il crash frontale e offset in base all'EURO NCAP con una velocità d'urto di 64 km/h, il crash posteriore con sovrapposizione del 100 e del 40 per cento e un crash laterale nella zona più critica, quella dello sportellino del serbatoio. Per assicurarsi anche contro degli scenari d'incidenti ancora più gravi, il serbatoio d'idrogeno è stato avvolto fino a 70 minuti in fiamme dalla temperatura di oltre 1.000 gradi Centigradi. Anche qui il comportamento è stato acritico. L'idrogeno è fuoriuscito lentamente attraverso le valvole di sicurezza, in modo quasi impercettibile.

Alla fine delle prove il TÜV Süddeutschland e i vigili del fuoco, nella funzione di consulenti, sono giunti alla conclusione che le automobili a idrogeno presentano un grado di sicurezza comparabile almeno a quello delle tradizionali vetture a benzina.

Regole per il parcheggio nei garage.

Dato che attualmente non sono disponibili dei dati statistici sufficienti di guida pratica sulla sicurezza dei serbatoi d'idrogeno nelle automobili, non è permesso parcheggiare negli ambienti chiusi. Per motivi di prudenza di BMW Group, questo divieto nei confronti degli utenti sarà applicato fino che sarà raccolto un numero sufficiente di dati statisticamente validi. Questi dati proverranno dall'esercizio a lungo termine e da programmi supplementari di sicurezza.

La guida o una breve fermata in ambienti chiusi, ad esempio in autosilo e gallerie, o l'utilizzo di autolavaggi sono invece consentiti, come anche il parcheggio in posteggi semicoperti.

Assemblaggio nello stabilimento BMW di Dingolfing.

L'assemblaggio della BMW Hydrogen 7 avviene a condizioni di produzione in serie nello stabilimento BMW di Dingolfing, parallelamente ai modelli della BMW Serie 7, BMW Serie 6 e BMW Serie 5. Come tutti i motori a 12 cilindri, il propulsore viene fabbricato dallo stabilimento di motori di Monaco.

Il guidatore di una BMW Hydrogen 7 partecipa a un'impresa pionieristica.

L'idoneità della BMW Hydrogen 7 alla guida di ogni giorno è stata provata in una serie di test, eseguiti anche nel traffico giornaliero. La transizione alla tecnologia dell'idrogeno richiede all'utente di osservare alcune piccole particolarità. Gli automobilisti che decidono già ora di acquistare una berlina a idrogeno, partecipano a un'impresa pionieristica. Numerose esperienze si possono raccogliere solo nella guida giornaliera. Le esperienze degli utenti caratterizzeranno e promuoveranno lo sviluppo futuro della tecnologia.

Con la prima ammiraglia di lusso del mondo alimentata a idrogeno e adatta alla guida giornaliera, BMW Group si rivolge a tutti gli utenti che hanno uno spirito innovativo e dunque sono molto interessati a vivere di persona l'inizio di una nuova era di mobilità individuale. La BMW Hydrogen 7 sarà messa a loro disposizione – analogamente ai tradizionali accordi di leasing – per un periodo di tempo concordato. Negli Stati Uniti, la BMW Hydrogen 7 sarà messa a disposizione a una serie di utenti selezionati allo scopo di prova.

Al momento di consegna della vettura, l'utente riceverà un'introduzione dettagliata. Gli intervalli di manutenzione sono di tre mesi. Inoltre, la berlina a idrogeno sarà equipaggiata di un innovativo sistema di telediagnosi. Il sistema rileva numerosi dati della vettura, come la pressione interna del serbatoio, il livello di carburante, la tensione della rete di bordo ed, eventualmente, anche dei dati di autodiagnosi come messaggi di difetti, e li trasmette automaticamente a intervalli regolari a una hotline di BMW.

Il potenziale dell'idrogeno è stato riconosciuto presto.

La prima ammiraglia alimentata a idrogeno, prodotta in serie e adatta alla guida giornaliera, è il risultato di un intenso lavoro di ricerca di energie alternative per la propulsione automobilistica, portata avanti da BMW Group per vari decenni. I ricercatori di BMW Group hanno individuato presto nell'idrogeno il carburante del futuro. Già negli anni Ottanta BMW Group avviò la ricerca di motori e veicoli alimentabili con dell'idrogeno liquido. Un anno dopo fu presentato il primo prototipo di un autoveicolo bivalente a idrogeno, con il quale BMW pose la prima pietra per questa tecnologia. Oggi, numerosi lavori di ricerca di scienziati e tecnici di tutto il mondo confermano che la transizione

a un vettore di energia sostenibile e disponibile a lungo termine che offre almeno le stesse caratteristiche di dinamica di guida e di gestione economica come la benzina e il gasolio, può essere assicurata solo da un carburante: l'idrogeno prodotto in via rinnovabile.

Riduzione del CO₂ nei tradizionali motori a combustione interna.

I moderni motori a combustione interna montati nelle automobili di BMW Group si distinguono per il più alto livello di dinamica di guida e per l'economicità di consumo. Il progresso raggiunto nella motoristica ha sempre un impatto su diversi settori. Ogni nuovo propulsore ha una potenza superiore, un peso inferiore e un consumo di carburante minore del modello precedente. Questo principio viene definito in BMW «dinamica efficiente» e offre a breve e medio termine un contributo importante alla riduzione delle emissioni, inclusa quella di anidride carbonica (CO₂). Il principio di dinamica efficiente si abbina in modo perfetto alla strategia energetica BMW CleanEnergy che mira a realizzare a lungo termine una tecnologia di propulsione completamente esente da anidride carbonica.

Entro il 2008, le emissioni di CO₂ di tutte le automobili europee di nuova immatricolazione devono essere abbassate alla media di 140 g CO₂/km: questo è l'impegno assunto dall'Associazione dell'industria automobilistica europea (ACEA) nel 1998 nei confronti dell'Unione europea e corrisponde a una riduzione delle emissioni di anidride carbonica del 25 percento rispetto al 1995. Grazie alla BMW Hydrogen 7 e all'implementazione della tecnologia dell'idrogeno nel processo di produzione in serie, BMW Group dimostra – parallelamente alla riduzione permanente delle sostanze inquinanti nei motori a benzina e a gasolio – una strada percorribile per giungere a lungo termine a un abbattimento ancora più radicale delle emissioni di CO₂. BMW Group assume così il ruolo di promotore e apre la strada come leader tecnologico.

Il segnale emesso da BMW Group con la presentazione della BMW Hydrogen 7 non si rivolge solo a un gruppo di utenti particolarmente orientato alle innovazioni ma anche a tutti i partner del mondo politico, scientifico e dell'industria dell'energia che stimolano e plasmano insieme l'inizio di un'epoca nuova. L'iniziativa promossa anche da BMW nel 1998 e supportata dal governo tedesco «Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES) / Strategia energetica per l'industria del traffico» ha eseguito uno studio scientifico su oltre 10 carburanti alternativi ottenuti attraverso più di 70 processi produttivi. Lo studio ha dimostrato che la soluzione più futuribile per un mobilità automobilistica ecocompatibile è l'idrogeno prodotto in modo rinnovabile. Il gruppo VES è composto dalle imprese Aral/BP, BMW Group, DaimlerChrysler, Ford, General Motors/Opel, RWE, Vattenfall, Shell, Total e Volkswagen.

Il futuro ha un nome: BMW CleanEnergy.

La promozione della tecnologia dell'idrogeno come forma energetica del futuro è parte integrale della strategia energetica BMW CleanEnergy.

BMW CleanEnergy è il termine generico che descrive un circuito dell'energia ideale dal punto di vista ecologico, in sé chiuso e basato sull'acqua.

Infatti, l'idrogeno può essere prodotto e sfruttato in modo quasi illimitato con l'energia solare, eolica, idrica o la biomassa. In BMW, la visione di una mobilità sostenibile e esente da sostanze inquinanti non interessa solo la gestione dell'autovettura ma anche la produzione del carburante.

La diversificazione dell'energia, la progressiva indipendenza e a lungo termine la sostituzione dei carburanti fossili come energia di alimentazione sono necessarie sia dal punto di vista ecologico che economico. Solo così sarà possibile ridurre a lungo termine le emissioni di anidride carbonica e i relativi rischi di approvvigionamento. Grazie al suo concetto innovativo, la BMW Hydrogen 7 sarà il promotore di una mobilità sostenibile ed ecocompatibile.

Costruzione dell'infrastruttura d'approvvigionamento.

Con l'introduzione della BMW Hydrogen 7 BMW Group emette un forte stimolo per la costruzione della rete di approvvigionamento d'idrogeno.

La rete capillare di stazioni di rifornimento d'idrogeno è attualmente solo una visione, ma il know-how logistico e tecnico sono quasi interamente disponibili.

Al fine di promuovere la diffusione di stazioni di rifornimento d'idrogeno, BMW Group partecipa alla Clean Energy Partnership Berlin (CEP), fondata nel 2002. Nel frattempo hanno aderito alla CEP Aral, i Berliner Verkehrsbetriebe (BVG – ente dei trasporti pubblici di Berlino), DaimlerChrysler, Ford, General Motors/Opel, Volkswagen, Hydro, Linde, Total e Vattenfall Europe.

La CEP sostiene uno dei più importanti progetti dimostrativi d'Europa – al contempo anche uno dei più grandi del mondo. L'obiettivo della CEP è di promuovere la diffusione dell'idrogeno come vettore di energia e di presentarne le possibilità d'utilizzo nella vita quotidiana. Il lavoro della CEP è parte integrale della strategia di sostenibilità nazionale dello Stato tedesco.

Una delle attività principali della CEP sono i test pratici d'approvvigionamento. A questo fine, nel novembre del 2004 e nel marzo del 2006 sono state costruite due stazioni di rifornimento d'idrogeno a Berlino e nel corso del 2006 ne sarà completata un'altra a Monaco di Baviera. In tutte le stazioni di rifornimento sarà possibile rabboccare sia idrogeno liquido che gassoso.

Inoltre, BMW Group collabora attivamente, nell'ambito della Hydrogen Fuel Cell Platform dell'UE, al programma d'innovazione nazionale del governo tedesco. Infine, l'impegno su scala internazionale include anche la partecipazione a un'alleanza di ricerca del Department of Energy degli USA e la promozione di uno studio di fattibilità sull'idrogeno, così come una campagna d'informazione sull'araomento organizzata in Cina.



2. Identikit.

- Prima ammiraglia di lusso del mondo alimentata a idrogeno adatta alla guida di ogni giorno, modello innovativo della Serie 7 costruito sulla base della BMW 760Li, pietra miliare verso una mobilità sostenibile ed esente da sostanze inquinanti.
- Integrazione completa della tecnologia dell'idrogeno nel processo di sviluppo di serie, tipica dinamica di guida e rotondità di funzionamento BMW, ricco allestimento comfort a livello premium, produzione nello stabilimento BMW di Dingolfing in parallelo ai modelli BMW Serie 7, BMW Serie 6 e BMW Serie 5.
- Motore endotermico a 12 cilindri bivalente per assicurare un'elevata autonomia e dinamica di guida, basato sul propulsore a benzina da 6 litri di cilindrata con VALVETRONIC della BMW Serie 7 con le seguenti prestazioni: potenza 191 kW/260 CV, coppia massima 390 newtonmetri a 4.300 giri/min., accelerazione (0–100 km/h) in 9,5 secondi, velocità massima 230 km/h (bloccata elettronicamente).
- Nell'esercizio a benzina iniezione diretta del carburante, nell'esercizio a idrogeno composizione esterna della miscela con insufflazione nel collettore di aspirazione, potenza motore identica in entrambe le modalità di esercizio, semplice commutazione da una modalità all'altra senza ritardi, gestione motore flessibile con VALVETRONIC e Doppio VANOS; le innovative valvole d'insufflazione costituiscono la tecnologia chiave per l'esercizio a idrogeno.
- Serbatoio d'idrogeno per circa 8 chilogrammi d'idrogeno liquido, serbatoio di benzina con una capacità di 74 litri, l'idrogeno liquido come energia di alimentazione consente un'alta autonomia e così l'idoneità alla guida di ogni giorno, autonomia di oltre 200 chilometri nell'esercizio a idrogeno e di 500 chilometri nell'esercizio a benzina.
- Nell'esercizio a idrogeno il motore emette praticamente solo vapore acqueo e rappresenta una soluzione innovativa per la riduzione drastica delle emissioni di anidride carbonica e la transizione a un'alimentazione indipendente dai carburanti fossili; promotore del progresso.

- Superisolamento ad alto vuoto per il serbatoio d'idrogeno, l'idrogeno liquido mantiene per un periodo prolungato una temperatura costante di meno 253 gradi Centigradi; l'effetto isolante è comparabile a uno strato di polistirolo lungo 17 metri.
- Rifornimento semplice, pulito ed esente da pericoli, l'innesto di rifornimento ad accoppiamento viene inserito come un normale erogatore di carburante; il fissaggio e il rabbocco sono comandati dal sistema.
- Il powerdome bombato è il simbolo della BMW Hydrogen 7 e accenna al maggiore ingombro del motore, dovuto alle valvole d'insufflazione dell'idrogeno; mix di materiali per i singoli componenti della scocca: materiale plastico rinforzato da fibra di carbonio (CFRP) per ottimizzare il peso e la protezione anticrash.
- Modifiche all'interno: divanetto posteriore spostato in avanti di 115 millimetri rispetto alla BMW 760Li per accogliere il serbatoio d'idrogeno ma sempre arretrato di 25 millimetri rispetto alla BMW 760i; la consolle centrale del divanetto posteriore è montata fissa per motivi di package, quattro posti a sedere, nel cockpit spie funzionali speciali per l'idrogeno.
- Certificazione di sicurezza indipendente, ampie prove del TÜV Süddeutschland concluse con successo, sistema di controllo comandato da sensori funzionante indipendentemente dall'esercizio del motore, protezione multipla per i componenti a contatto con l'idrogeno.
- Autotelaio con avanreno del tipo MacPherson e retroreno multilink Integral IV, AdaptiveDrive con stabilizzazione antirollio e controllo elettronico delle sospensioni, controllo pressione pneumatici telemetrico RDC.
- Innovativo sistema di telediagnosi, dialogo con gli utenti dell'automobile.
- La prima automobile di serie è risultato di un'esperienza decennale nel collaudo della tecnologia di propulsione all'idrogeno in BMW; lavoro di sviluppo e ricerca di motori all'idrogeno a partire dagli anni Ottanta.
- Promozione di un'infrastruttura capillare per l'approvvigionamento d'idrogeno da parte di BMW Group nell'ambito della Clean Energy Partnership a Berlino; nella sua qualità di automobile di serie a idrogeno per la guida giornaliera, la BMW Hydrogen 7 funge da stimolo per l'ampliamento della rete di stazioni di rifornimento.



3. Il principio: motore a combustione interna a idrogeno, propulsore bivalente, massima autonomia.

- **Un concetto di propulsione innovativo costruito su una base affidabile.**
- **Autonomia di 700 chilometri con il motore bivalente V12.**
- **Eccellente dinamica di guida in tutti i campi di velocità.**

Nella sua qualità di pioniere, per la propulsione della prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta in serie BMW Group punta sul motore a combustione interna. Più di 25 anni di lavoro di ricerca e sviluppo in BMW Group nel campo della tecnologia dell'idrogeno hanno dimostrato che l'utilizzo dell'idrogeno nel motore endotermico offre i più grandi vantaggi a livello di dinamica, di maturità tecnologica e di idoneità alla guida di ogni giorno.

Il motore a combustione interna bivalente della BMW Hydrogen 7 è in grado di bruciare negli stessi cilindri sia idrogeno che la classica benzina. In un periodo in cui l'infrastruttura per il carburante idrogeno è praticamente inesistente, BMW presenta una soluzione che consente di superare facilmente le attuali lacune di approvvigionamento.

Il motore bivalente è basato sul propulsore a benzina a 12 cilindri da 6,0 litri di cilindrata con VALVETRONIC della BMW Serie 7. Esso costituisce uno sviluppo rivoluzionario nel campo dei motori endotermici di BMW ed è stato integrato nel concetto automobilistico della BMW Serie 7. Attraverso questo concetto BMW Group garantisce, grazie al know-how decennale nello sviluppo di motori endotermici, la particolare affidabilità e sicurezza nello sfruttamento dell'idrogeno come carburante.

Motore bivalente per offrire la massima mobilità.

Nel funzionamento a idrogeno, l'autonomia della BMW Hydrogen 7 ammonta a oltre 200 chilometri; altri 500 chilometri possono essere percorsi con la berlina nella modalità a benzina. L'utente dispone dunque di un'autonomia totale di circa 700 chilometri, dunque di una libertà di movimento che soddisfa le esigenze di ogni giorno e che supera addirittura quella offerta da una tradizionale berlina a benzina.

Il serbatoio d'idrogeno della BMW Hydrogen 7 ha una capacità di circa 8 chilogrammi d'idrogeno liquido, mentre il serbatoio separato di benzina offre un volume di 74 litri. Il motore V12 bivalente eroga una potenza di 191 kW/260 CV e raggiunge la coppia massima di 390 newtonmetri a un regime di 4 300 giri/min. L'ammiraglia a idrogeno accelera da 0 a 100 km/h

in 9,5 secondi e la velocità massima è bloccata elettronicamente a 230 km/h. Dunque, il guidatore non deve rinunciare assolutamente alla tipica esperienza di guida che offre una BMW. In entrambe le modalità le prestazioni della BMW Hydrogen 7 sono identiche. Anche il passaggio da una modalità all'altra è possibile senza alcun ritardo e può essere avviato manualmente dal guidatore oppure in automatico non appena si esaurisce il contenuto del serbatoio d'idrogeno o di benzina. La commutazione da una modalità all'altra non comporta nessun cambiamento nel comportamento di guida.

A differenza della fuel-cell la quale utilizza l'idrogeno per generare dell'elettricità che aziona a sua volta l'automobile attraverso un elettromotore, nella BMW Hydrogen 7 l'idrogeno viene immesso direttamente nel motore a combustione interna. Nella modalità a idrogeno il motore endotermico bivalente lavora con una formazione di miscela esterna, mentre nell'esercizio a benzina passa all'iniezione diretta. Al momento di avviamento, il motore si accende nella modalità a idrogeno, così da evitare le emissioni che si formano nell'avviamento a freddo a benzina. La commutazione al funzionamento a benzina è ammesso solo alla fine della fase di riscaldamento del catalizzatore, così che l'automobile non si trova mai in una fase negativa a livello di emissioni.

Sin dall'inizio la massima idoneità alla guida giornaliera.

Nel cammino verso una mobilità sostenibile e povera di emissioni, un'infrastruttura d'approvvigionamento d'idrogeno non ancora sufficiente non deve essere un ostacolo. Con l'introduzione della prima automobile di serie a idrogeno BMW si vede come un promotore del progresso. La prova che le automobili a idrogeno si prestano molto bene alla guida quotidiana è anche una motivazione supplementare per i fornitori d'idrogeno e i gestori di stazioni di rifornimento ad ampliare la loro offerta. Questo a sua volta aumenta la fiducia degli acquirenti nella nuova tecnologia di propulsione e convince un numero maggiore di clienti a puntare sulle vetture a basso impatto ambientale.

In una prima fase, l'obiettivo è di aumentare l'accettazione di questa innovazione presso il grande pubblico. Dato che il grado di accettazione cresce in modo esponenziale rispetto all'idoneità alla guida giornaliera dell'automobile, nella prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta di serie BMW Group punta sul motore a combustione interna bivalente, così che fino alla costruzione di una migliore infrastruttura per le automobili a idrogeno gli utenti della BMW Hydrogen 7 potranno sfruttare i vantaggi nella nuova tecnologia povera di emissioni senza dovere rinunciare alla comodità dell'infrastruttura capillare della tecnologia a benzina.

A lungo termine BMW persegue l'obiettivo di introdurre come vettore di energia il motore a idrogeno monovalente. Infatti, con un motore monovalente sarebbe possibile sfruttare l'intero potenziale di questa fonte energetica. Per qualificare e diffondere l'idrogeno come alternativa ai carburanti tradizionali, la tecnologia necessaria per il suo sfruttamento deve essere integrata nei processi di sviluppo, produzione e vendita che hanno già dimostrato la loro validità nel passato.

Con affidabilità in un futuro automobilistico a basso impatto ambientale.

Nel confronto con la fuel-cell, il motore endotermico bivalente è molto più leggero e, inoltre, comporta dei costi di produzione più contenuti. In più, la costruzione del motore a combustione interna bivalente nei siti produttivi già esistenti di BMW abbatte ulteriormente i costi. L'esperienza decennale nella produzione di motori endotermici garantisce anche il massimo livello di affidabilità. Grazie al suo potenziale di potenza e alla sua dinamica di guida – soprattutto nei campi di velocità superiori – la BMW Hydrogen 7 soddisfa anche nella modalità a idrogeno gli alti criteri di qualità di una BMW. Infine, allo stato attuale della tecnica solo il motore endotermico offre la possibilità di realizzare una propulsione bivalente che consenta di raggiungere un'elevata autonomia, indipendentemente dalla densità della rete di approvvigionamento d'idrogeno.

Per i motivi suesposti, BMW ha deciso di montare nella prima ammiraglia di lusso a idrogeno adatta alla guida giornaliera un motore endotermico bivalente che offre le premesse ideali per entrare in modo pratico, non costoso e veloce in una nuova era di mobilità automobilistica, a basso impatto ambientale – senza scendere a compromessi a livello di libertà di movimento e di divertimento di guida.



4. Il segnale: l'idrogeno liquido può essere il vettore di energia per la mobilità quotidiana.

- **La densità energetica dell'idrogeno liquido crea le premesse per l'elevata autonomia.**
- **Il superisolamento ad alto vuoto consente l'immagazzinamento d'idrogeno liquido.**
- **Nuovi impulsi per l'ampliamento della rete d'approvvigionamento d'idrogeno.**

BMW è la prima casa automobilistica del mondo a progettare lo sviluppo delle proprie vetture a medio e lungo termine prevedendone l'esercizio a idrogeno. Con la BMW Hydrogen 7 viene presentata per la prima volta un'automobile con motore a idrogeno adatta alla produzione in serie la quale offre un alto livello di praticità. La praticità era uno degli obiettivi principali nello sviluppo e nel collaudo della BMW Hydrogen 7 e doveva comprendere la guida, il rifornimento di carburante, la manutenzione e la riparazione. BMW Group ha sottoposto con coerenza la BMW Hydrogen 7 al processo di sviluppo di serie con l'obiettivo di integrare la vettura sin dall'inizio nel traffico quotidiano.

L'alta densità energetica dell'idrogeno assicura l'autonomia.

Nella definizione del contenuto energetico dell'idrogeno si distingue tra la densità energetica gravimetrica (riferita al peso) e la densità energetica volumetrica (riferita al volume). In relazione al proprio peso, l'idrogeno presenta una densità energetica molto elevata, quasi tre volte superiore a quella gravimetrica della benzina che lo rende particolarmente interessante per l'utilizzo negli autoveicoli. La densità energetica volumetrica dell'idrogeno è invece molto più bassa e corrisponde circa a un quarto di quella della benzina. Ma nell'automobile lo spazio disponibile per il serbatoio è limitato: per questo motivo è necessario aumentare il contenuto energetico in base al volume. Le possibilità sono due: l'idrogeno viene compresso allo stato gassoso oppure viene raffreddato fino che raggiunge lo stato liquido. Attualmente, la compressione d'idrogeno gassoso è realizzabile fino a una pressione di 700 bar. A pressione ambientale l'idrogeno passa allo stato liquido quando la temperatura è di meno 253 gradi Centigradi.

Al fine di realizzare nell'automobile un alto contenuto energetico – nonostante il volume d'immagazzinamento limitato – BMW Group punta sull'idrogeno liquido. Quando l'idrogeno è allo stato liquido, la densità energetica volumetrica del carburante liquido, dunque la quantità di energia in base al

fabbisogno di volume del sistema d'immagazzinamento dell'automobile, è di oltre il 75 per cento superiore a quella dell'idrogeno gassoso compresso a 700 bar. Conseguentemente, con l'idrogeno liquido si ottiene un'autonomia superiore del 75 per cento, dunque maggiore libertà di movimento per il guidatore, un criterio particolarmente importante durante la fase di costruzione della rete di rifornimento d'idrogeno.

Il superisolamento ad alto vuoto consente l'immagazzinamento.

Insieme al motore bivalente della BMW Hydrogen 7, il serbatoio a idrogeno liquido costituisce il più importante sviluppo nuovo nell'industria automobilistica. La grande sfida nell'immagazzinamento dell'idrogeno liquido è che l'idrogeno liquido a bassissima temperatura conservi per molto tempo la temperatura di meno 253 gradi Centigradi. A questo scopo è stato sviluppato il superisolamento ad alto vuoto dallo spessore di 30 millimetri che offre un isolamento termico comparabile a uno strato di polistirolo di 17 metri. In questo modo l'idrogeno liquido può essere conservato per un periodo prolungato nell'automobile.

Il bilancio energetico del rifornimento con idrogeno liquido.

La liquefazione dell'idrogeno per il suo sfruttamento come energia di alimentazione nel campo automobilistico richiede inizialmente un input di energia superiore a quello necessario per la compressione dell'idrogeno gassoso. Ma nella guida giornaliera questo bilancio cambia a favore dell'idrogeno liquido: per calcolare il fabbisogno energetico si deve considerare il sistema «automobile» nella sua totalità: durante il rabbocco di un'automobile con idrogeno liquido, si forma del cosiddetto calore di compressione che determina un'estensione dell'idrogeno gassoso compresso con un forte impatto sulla densità energetica. Per ridurre la formazione di calore vi sono due alternative: un raffreddamento passivo, attraverso delle pause durante il processo di rifornimento – una soluzione che non troverebbe molta comprensione presso il cliente – oppure un raffreddamento attivo attraverso l'abbassamento della temperatura dell'idrogeno nella stazione di rifornimento prima del rabbocco. Questo fenomeno aumenta sensibilmente l'input di energia nell'idrogeno gassoso, misurato in base al livello di efficienza «Well-to-Wheel» – cioè nell'esame del percorso del carburante dalla fonte all'automobile.

Data la maggiore densità energetica, a lungo termine l'idrogeno in grandi quantitativi sarà fornito alle stazioni di rifornimento allo stato liquido e sarà anche immagazzinato liquido. La formazione di gas compresso nella stazione di rifornimento sarebbe inefficiente anche perché le dimensioni della stazione di rifornimento sarebbero di norma troppo piccole. A partire invece da stazioni di dimensioni medie, la fornitura avviene – come attualmente per le altre forniture di gas – allo stato liquido – almeno nel periodo in cui il basso volume

di vendita non rende redditizi dei gasdotti. Dunque, anche prima di fare il pieno di gas d'idrogeno il carburante verrebbe liquefatto e poi fatto evaporare e compresso. Questo rappresenta però un notevole lavoro supplementare nella stazione di rifornimento per mettere a disposizione il gas compresso.

Nel confronto con l'idrogeno liquido, l'input di energia necessario per eseguire il rifornimento d'idrogeno gassoso sarebbe dunque superiore.

Impulsi per l'ampliamento dell'infrastruttura di approvvigionamento.

Per il guidatore, il rifornimento di carburante della BMW Hydrogen 7 con idrogeno liquido è concepito in modo tale da assomigliare molto a un pieno di benzina. Le stazioni di rifornimento di oggi possono essere ampliate di magazzini e distributori d'idrogeno così da non dovere costruire delle stazioni completamente nuove.

La differenza principale rispetto a un pieno di benzina è che l'erogatore di carburante è stato sostituito da un innesto ad accoppiamento ermetico al freddo. Per l'utente il processo è praticamente lo stesso. Dopo che il guidatore ha accoppiato l'innesto ad accoppiamento dell'idrogeno al bocchettone di rabbocco della vettura, il sistema si chiude, esegue il rifornimento e si riapre. Il processo dura meno di 8 minuti ed è più pulito e non più pericoloso del normale rabbocco di benzina, perché vengono escluse delle fuoruscite incontrollate di carburante o delle perdite di vapori infiammabili.

Con la presentazione della BMW Hydrogen 7 BMW Group fornisce la prova che la transizione a fonti di energia alternative non deve essere accompagnata da una perdita a livello di piacere di guida, di comfort o di praticità. Inoltre, con l'ammiraglia di lusso a idrogeno BMW emette un forte segnale a favore dell'idoneità alla guida giornaliera dell'idrogeno liquido nella sua qualità di vettore di energia per un'automobile di serie. La BMW Hydrogen 7 ha percorso l'intero processo di sviluppo di un'automobile di serie, incluse tutte le relative prove previste dalla legge. Alla fine del Processo di genesi prodotto (PEP), insieme al TÜV Süddeutschland BMW Group ha sottoposto la BMW Hydrogen 7 a un dettagliato programma di test, dedicando particolare attenzione ai componenti a contatto con l'idrogeno. Alla fine delle prove il TÜV è giunto alla conclusione che la berlina a idrogeno può essere utilizzata almeno con la stessa sicurezza di un'automobile tradizionale con motore a benzina.

La BMW Hydrogen 7 alimentata a idrogeno liquido è adatta alla guida di ogni giorno. Nonostante tutte le prove eseguite, la sua semplicità d'uso può essere analizzata in dettaglio solo nella prassi. E questa resta legata a un'infrastruttura adeguata che attualmente è in fase di costruzione. In questo processo BMW Group ha assunto il ruolo di apripista.

Al fine di promuovere l'ampliamento dell'infrastruttura di approvvigionamento, BMW Group si è impegnata sin dall'inizio per formare delle partnership. Una di queste è la «Clean Energy Partnership» a Berlino (CEP) che rappresenta uno dei processi dimostrativi più importanti d'Europa per la diffusione di energie alternative nell'industria automobilistica. Al consorzio fondato nel 2002 da membri dell'industria automobilistica, della produzione energetica e da enti dei trasporti pubblici fanno attualmente parte, oltre a BMW Group, l'impresa petrolchimica Aral, inoltre DaimlerChrysler, Ford, General Motors/Opel, Volkswagen, Hydro, Linde, Total, Vattenfall e i Berliner Verkehrsbetriebe (ente dei trasporti pubblici di Berlino - BVG). L'obiettivo della CEP è di dimostrare la fattibilità dell'infrastruttura dell'idrogeno, di promuovere tecnicamente la diffusione dell'idrogeno come vettore di energia e di ampliare le sue possibilità di utilizzo nella vita quotidiana. Uno dei progetti del consorzio è la gestione di due stazioni di rifornimento pubbliche d'idrogeno che sono state inaugurate a Berlino nel 2004 e nel 2006.

Un'altra stazione integrata sarà costruita nel corso del 2006 a Monaco di Baviera.

Impegno mondiale di BMW Group.

BMW Group apporta il know-how raccolto nella ricerca e nello sviluppo della tecnologia dell'idrogeno nel programma nazionale d'innovazione del governo tedesco. Inoltre, diversi collaboratori di BMW Group lavoreranno come consulenti nell'Advisory Council e nella direzione del Deployment Strategy Panel della European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform (EHP) – un organo promosso nel 2004 dall'Unione europea che si adopera a favore dell'utilizzo di sistemi energetici europei a costi interessanti e competitivi basati sulle tecnologie dell'idrogeno e della fuel-cell.

L'impegno su scala internazionale comprende inoltre la partecipazione all'alleanza di ricerca del Department of Energy degli USA e la promozione di uno studio di fattibilità sull'idrogeno, così come una campagna d'informazione in Cina. Insieme a scienziati cinesi, gli esperti BMW analizzano sul posto le varie possibilità di costruzione di un'infrastruttura per l'idrogeno.



5. Lo sviluppo: la prima ammiraglia di lusso a idrogeno del mondo che ha concluso con successo il processo di sviluppo della produzione in serie.

- **Costruzione nello stabilimento di Dingolfing nell'ambito della produzione in serie.**
- **Tutti i componenti sono stati sottoposti al processo di genesi prodotto completo.**
- **La BMW Hydrogen 7 soddisfa tutti gli standard di un modello di serie BMW.**

Con la BMW Hydrogen 7 BMW Group scrive un capitolo nuovo nella storia dell'automobilismo. La novità mondiale non è solo la presentazione della prima ammiraglia di lusso a idrogeno del mondo ma al contempo della prima automobile premium alimentata a idrogeno adatta anche alla guida di ogni giorno. La BMW Hydrogen 7 ha concluso con successo l'intero processo di sviluppo della produzione in serie. 27 anni dopo la presentazione del primo studio di concetto BMW sull'idrogeno nel 1979, si è riusciti per la prima volta a trasformare il concetto futuristico di mobilità sostenibile in un approccio adatto alla guida giornaliera. La BMW Hydrogen 7 è la prima ammiraglia di lusso del mondo alimentata a idrogeno adatta alla guida di ogni giorno.

La BMW Hydrogen 7 viene assemblata nello stabilimento di Dingolfing. La produzione avviene in parallelo sulla linea di produzione degli altri modelli della BMW Serie 7, BMW Serie 6 e BMW Serie 5. Il propulsore viene fabbricato – come tutti i 12 cilindri – nello stabilimento di motori BMW di Monaco. L'assemblaggio nello stabilimento di Dingolfing include tutti i componenti necessari per la gestione a idrogeno ed è qui che ha luogo anche il primo funzionamento nella modalità a benzina e la prova di ermeticità del sistema a idrogeno. La messa in funzione finale del propulsore a idrogeno avviene nello stabilimento BMW di Eching, vicino a Monaco.

La BMW Hydrogen 7 ha percorso il processo di sviluppo di serie, obbligatorio per ogni nuovo modello BMW. Questo significa che tutti i processi di omologazione e autorizzazione sono soggetti agli stessi elevati criteri validi per i nuovi modelli a benzina e a gasolio di BMW. Ad esempio, il sistema del motore e del serbatoio e l'elettronica dell'automobile per l'esercizio a idrogeno sono stati sottoposti al cosiddetto Processo di genesi prodotto (PEP). Il PEP si estende dall'elaborazione di idee allo sviluppo di una strategia, di prototipi, all'avvio della produzione di serie fino alla fase di test e all'introduzione del prodotto. Nel corso del processo vengono analizzati in dettaglio tutti i criteri importanti per l'utente, così da avere la certezza assoluta che il nuovo veicolo abbia raggiunto la maturità di mercato.

Tutti i componenti vengono collaudati per la produzione in serie.

Analogamente a tutti gli altri modelli BMW, nell'ambito del processo PEP sono stati analizzati tutti i componenti della BMW Hydrogen 7 in merito alla loro idoneità alla produzione in serie. Questo è stato fatto per garantire che l'automobile offra l'elevato standard di qualità, sicurezza e affidabilità che caratterizza tutte le BMW. La base del processo era costituita dal concetto di sicurezza adattato alla gestione a idrogeno.

Oltre alle tradizionali prove di crash, la BMW Hydrogen 7 ha dovuto superare una serie di prove di urto sui componenti del sistema a idrogeno. Ad esempio, è stato eseguito un test d'urto laterale direttamente sull'innesto ad accoppiamento del serbatoio e, inoltre, una prova d'urto posteriore speciale. In più, il serbatoio d'idrogeno ha dovuto superare una serie di prove estreme come un incendio e la resistenza ai colpi di armi da fuoco. La BMW Hydrogen 7 è stata concepita come automobile «di per sé sicura». Tutti i componenti soddisfano i più severi criteri di sicurezza e sono concepiti in modo tale che in caso di avaria ritornano automaticamente a uno stato sicuro. Un'autodiagnosi permanente dell'automobile riconosce tempestivamente eventuali difetti e avvia delle contromisure che evitano o minimizzano qualsiasi rischio. L'utente della macchina viene informato su ogni malfunzionamento, anche quando non rappresenta un pericolo. Il concetto di sicurezza mira a prevenire e registrare al più presto possile eventuali fuoriuscite non controllate d'idrogeno. Questo avviene attraverso un sistema di allarme di gas controllato da sensori che avvia anche delle misure in caso di avarie. Nella definizione del concetto di sicurezza è stata dedicata particolare attenzione che il guidatore non debba modificare troppo le sue abitudini nel passaggio alla forma di alimentazione ecologica.

Un altro obiettivo nello sviluppo della Hydrogen 7 era di promuovere la tecnologia dell'idrogeno all'interno del Gruppo e in collaborazione con i fornitori. Queste esperienze sono particolarmente preziose perché faciliteranno notevolmente lo sviluppo dei modelli futuri di BMW con motore a idrogeno.

6. Il concetto dell'automobile: progresso senza compromessi, la tipica dinamica di BMW, comfort da berlina a livello premium.



- **Il più alto livello di comfort e di equipaggiamento.**
- **Cockpit moderno con spie delle funzioni H₂.**
- **Adattamento della sofisticata tecnica delle sospensioni.**

BMW Group ha riconosciuto sin dall'inizio il potenziale dell'idrogeno come fonte di energia sia per le sue caratteristiche di combustione ecologica a basse emissioni sia per la sua eccellente idoneità a realizzare una dinamica di guida attraente. La conseguenza: la prima ammiraglia di lusso a idrogeno sviluppata per la guida di ogni giorno – la BMW Hydrogen 7 – viene posizionata nel segmento premium come innovazione particolarmente progressista nella famiglia della BMW Serie 7.

Per quanto concerne lo spiegamento di potenza, la dinamica di guida e la rotondità di funzionamento, la BMW Hydrogen 7 si eleva – anche nel funzionamento a idrogeno – a un livello reso possibile dalla tecnologia dei motori a benzina solo dopo un'evoluzione durata più di 100 anni.

Il pregiudizio che il passaggio a una forma energetica alternativa sia accompagnato da una dolorosa rinuncia alla dinamica di guida e al comfort viene eliminato in modo radicale. Con la prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta in serie, BMW Group emette un segnale forte a favore della mobilità individuale del futuro. Il carattere di comfort della BMW Hydrogen 7 viene sottolineato da un ricco equipaggiamento di serie.

Dimensioni e ambiente interno come nella BMW 760Li.

L'automobile a idrogeno misura 5.179 millimetri in lunghezza, 1.902 millimetri in larghezza e ha un passo di 3.128 millimetri: dunque presenta le stesse dimensioni della BMW 760Li. In conseguenza alla nuova tecnologia del motore, la BMW Hydrogen 7 ha un peso a vuoto di 2.460 chilogrammi ed è dunque più pesante della Serie 7 a passo lungo con motore funzionante esclusivamente a benzina; in compenso è stato aumentato il peso totale a terra.

A prima vista, le linee della scocca e l'abitacolo della BMW Hydrogen 7 non si distinguono molto dalla BMW 760Li.

All'interno balzano immediatamente agli occhi i materiali pregiati e l'alta qualità della climatizzazione e dei sedili della BMW Hydrogen 7.

Per i sedili sono disponibili le sellerie in pelle «Nasca» nero e «Nasca» grigio flanella e in «Merino platino». L'allestimento esclusivo comprende anche la modanatura interna in vernice nera lucida da pianoforte.

Le modifiche apportate all'abitacolo si concentrano alla zona posteriore.

L'alloggiamento del serbatoio d'idrogeno dietro il divanetto posteriore e sotto la cappelliera ha reso necessari una serie di adattamenti.

Nella BMW Hydrogen 7 il divanetto posteriore è stato spostato in avanti di circa 115 millimetri rispetto alla BMW 760Li, ma resta sempre arretrato di circa 25 millimetri rispetto alla berlina a passo normale. Lo spazio per le gambe della BMW Hydrogen 7 è generoso come lo viene richiesto da un'ammiraglia di lusso. I due passeggeri posteriori si godono anche nella vettura a idrogeno il comfort di guida tipico di una berlina di alta classe di BMW. Per motivi di package, il bracciolo centrale posteriore è montato fisso. La BMW Hydrogen 7 è concepita come quattro posti. In conseguenza alla tecnica dell'idrogeno, il volume del bagagliaio è inferiore al modello tradizionale. Con una capacità di 225 litri il bagagliaio offre comunque la possibilità di portare con sé comodamente due sacche da golf.

Sistema di controllo telemetrico della pressione pneumatici RDC.

La BMW Hydrogen 7 è equipaggiata di serie del sofisticato sistema di controllo telemetrico della pressione pneumatici RDC (Reifen Druck Control). Il sistema è derivato dal mondo delle gare e si distingue per un'alta precisione e costituisce attualmente lo stato della tecnica in questo campo. Il sistema di controllo pressione pneumatici RDC misura a brevi intervalli regolari la pressione dei singoli pneumatici e visualizza il valore di ogni posizione della ruota sullo strumento combinato. Inoltre, il sistema segnala anche una perdita costante di aria in tutte le quattro ruote che può essere causata dalla diffusione normale dell'aria dal pneumatico oppure da grossi sbalzi di temperatura. In base a questi dati il guidatore viene informato per tempo su eventuali variazioni rispetto al valore normale.

Cockpit moderno con spie delle funzioni H₂.

La BMW Hydrogen 7 si distingue dalla BMW 760Li non solo nella configurazione della zona posteriore ma anche nel cockpit. Numerose spie di funzioni nuove segnalano che a bordo viaggia una tecnologia di propulsione innovativa. La strumentazione combinata sopra il volante è già nota dalla BMW Serie 7: a sinistra il tachimetro con l'indicazione del livello del serbatoio e dell'autonomia, al centro le spie di controllo fisse e variabili, a destra il computer di bordo. Quando il motore endotermico bivalente della BMW Hydrogen 7 funziona a idrogeno, al centro del display con le spie variabili si accende il simbolo «H₂». Nell'esercizio a benzina appaiono l'ora e la temperatura esterna.

L'indicazione del livello del serbatoio nel tachimetro è duplice: sopra il livello di benzina si legge la quantità d'idrogeno disponibile, indicata in chilogrammi. L'autonomia totale viene rappresentata sotto forma di una piccola barra orizzontale bipartita. La barra trasparente indica l'autonomia residua

nell'esercizio a idrogeno, la barra piena informa sull'autonomia residua nell'esercizio a benzina. In più, viene indicata l'autonomia in chilometri. Anche la distanza fino alla destinazione calcolata dal navigatore viene indicata sotto forma numerica. I quantitativi di riserva per l'idrogeno (circa 1,5 chilogrammi d'idrogeno residuo utilizzabile per percorrere 50 chilometri) e per la benzina (circa 15 litri per almeno 100 chilometri) sono indicati separatamente.

Oltre ai messaggi e agli avvisi standard di avarie di un normale motore a combustione interna a benzina, vengono segnalati anche i difetti che interessano l'esercizio a idrogeno. Ad esempio, si accende una spia quando lo sportello del serbatoio non è stato chiuso correttamente oppure quando il motore si surriscalda o non può essere avviato nell'esercizio a idrogeno o quando si raccomanda di recarsi in un'officina specializzata.

Commutazione comoda tra esercizio a idrogeno e a benzina.

Il motore si avvia sempre nella modalità a idrogeno, così da evitare l'avviamento a freddo a benzina con le relative alte emissioni inquinanti. La commutazione da una modalità all'altra avviene manualmente a veicolo fermo oppure durante la guida, premendo semplicemente un tasto del volante. Se si desidera cambiare nuovamente la modalità di esercizio bisogna attendere tre secondi, così da evitare una commutazione indesiderata. Quando uno dei due serbatoi ha solo il quantitativo di riserva definito dal sistema di approvvigionamento, la BMW Hydrogen 7 passa immediatamente all'altra modalità di funzionamento.

In casi eccezionali è possibile avviare la macchina anche nella modalità a benzina: si preme il tasto di selezione della modalità, tenendo premuto al contempo il freno di stazionamento e il pulsante Start/Stop. Successivamente, la BMW Hydrogen 7 può passare di nuovo all'esercizio a idrogeno a meno che il serbatoio d'idrogeno non sia stato svuotato senza rispettare il quantitativo di riserva prescritto.

Dinamica di guida senza compromessi.

Analogamente alla BMW 760i, la BMW Hydrogen 7 monta la regolazione dell'assetto AdaptiveDrive. Il pacchetto AdaptiveDrive combina l'innovazione Dynamic Drive che compensa i movimenti di beccheggio con il sistema di controllo degli ammortizzatori a regolazione variabile EDC-K. Riducendo il coricamento laterale della vettura, AdaptiveDrive trasmette agli occupanti l'impressione di percorrere le curve come su dei pattini: la dinamica di guida è stata abbinata al comfort senza dovere accettare nessun compromesso.

L'equipaggiamento della BMW Hydrogen 7 comprende inoltre airbag per la testa e laterali davanti e dietro, retrovisori interno ed esterni autoanabbaglianti e Park Distance Control (PDC), sensore pioggia, sistema di navigazione Professional, supporto lombare per guidatore e passeggero e riscaldamento dei sedili anteriori e posteriori. La BMW Hydrogen 7 è protetta da un impianto antifurto.

Un comfort straordinario.

Nella BMW Hydrogen 7 il massimo comfort viene assicurato inoltre da una serie di equipaggiamenti supplementari, come il sistema automatico Soft-Close per le porte, i vetri stratificati comfort, il climatizzatore automatico «High», la regolazione elettrica del sedile con funzione Memoria, il riscaldamento a fermo con telecomando, l'Assistente fari abbaglianti, la funzione TV DVB-T con monitor posteriore, CD-changer per 6 CD, DVD-changer per 6 DVD, telefono veicolare separato per i sedili posteriori, pacchetti fumatori e portabevande anteriore e posteriore.

Indipendentemente dalle condizioni meteorologiche, grazie al climatizzatore automatico «High» il comfort di guida resta costantemente a un alto livello. I sensori del climatizzatore automatico «High» rilevano con precisione i raggi solari e adattano con esattezza l'apporto di aria fresca. Il flusso di aria fresca viene distribuito dal sistema automatico sulle diverse zone dell'abitacolo senza generare delle correnti; gli occupanti regolano la climatizzazione a loro piacere.

Il riscaldamento a fermo della BMW Hydrogen 7 viene attivato come riscaldamento supplementare dall'interno della vettura oppure dall'esterno attraverso il telecomando. In inverno, l'abitacolo viene portato a una temperatura piacevole già prima dell'avviamento del motore, così da raggiungere anche più rapidamente la sua temperatura ottimale di esercizio. In estate, il sistema supporta il climatizzatore, fungendo da ventilazione a fermo.

Il clima di benessere all'interno della BMW Hydrogen 7 viene incrementato ulteriormente anche dalle tendine parasole dei cristalli laterali posteriori, ornate dalla scritta «BMW Hydrogen Power». La dicitura si ritrova anche sui batticalcagni sotto le porte.

Il sistema di entertainment di bordo montato di serie è più ricco dell'equipaggiamento di serie della BMW Serie 7 e conferisce all'abitacolo – con CD-changer e DVD-changer, monitor posteriore, funzione TV con ricezione DVB-T, il servizio telematico BMW Assist, telefono separato nella zona posteriore e predisposizione Teleservice – da ogni punto di vista delle qualità di lifestyle e business della categoria premium.

Degli ulteriori highlight tecnici come il Comfort Access, BMW Online e ricognizione vocale per il comando della navigazione, del telefono e dell'impianto audio sono disponibili anche per la BMW Hydrogen 7. A questi si aggiungono il volante riscaldato, sedili comfort a regolazione elettrica, BMW Night Vision, Adaptive Light Control, cerchi in lega da 19 pollici con Mobility Set.

Vernice metallizzata di serie.

Nel traffico, la BMW Hydrogen 7 si fa notare come automobile esclusiva per la sua elegante vernice metallizzata. La vernice metallizzata è di serie; il carattere unico dell'ammiraglia di lusso a idrogeno viene accentuato in modo molto raffinato dal colore Blue Water Metallic, disponibile solo per questo modello.

La quintessenza del concetto di automobile della BMW Hydrogen 7: in futuro, guidare un'automobile non perderà il proprio fascino – ma sarà una cosa più pulita.

7. Il motore: 12 cilindri, 6,0 litri con iniezione diretta di benzina e insufflazione d'idrogeno nel collettore di aspirazione.



- **Velocità massima di 230 km/h con motore a idrogeno.**
- **Il motore emette solo vapore acqueo.**
- **BMW consolida la propria posizione di leader tecnologico nel campo motoristico.**

Con l'introduzione della BMW Hydrogen 7, il lavoro di sviluppo nel campo automobilistico per ridurre drasticamente le emissioni di anidride carbonica compie un importante passo in avanti. Il motore 12 cilindri bivalente della BMW Hydrogen 7 è in grado di bruciare l'idrogeno senza produrre praticamente emissioni inquinanti e, inoltre, di funzionare con della benzina in modo tradizionale. Grazie a questo sviluppo rivoluzionario nel campo motoristico, la BMW Hydrogen 7 apre la strada per la transizione pratica in una mobilità automobilistica esente da emissioni. Le lacune di approvvigionamento dovute a un'infrastruttura disponibile solo in parte vengono superate dal motore bivalente a 12 cilindri della BMW Hydrogen 7 in modo alquanto pratico. Questa innovazione tecnologica dimostra l'elevato senso di responsabilità di BMW Group nella sua qualità di leader tecnologico nel settore dei propulsori.

In base allo stato attuale della tecnica, solo il motore endotermico offre il vantaggio di funzionare in modo bivalente. Grazie alla bivalenza, i guidatori che hanno optato per un'alimentazione con un'energia pulita non vengono limitati nella loro mobilità. L'autonomia della BMW Hydrogen 7 ammonta a 700 chilometri ed è stata addirittura aumentata rispetto alle vetture tradizionali con motore a benzina. Rispetto alla tecnologia della fuel-cell, il motore a combustione interna ha un grado di maturità molto più alto che si basa sulle esperienze raccolte nel corso di decenni. In aggiunta all'affidabilità del concetto motoristico, anche le eccellenti caratteristiche di dinamica di guida del motore endotermico costituiscono un argomento importante per il suo utilizzo nella guida di ogni giorno.

12 cilindri di serie con adattamento all'idrogeno.

Il motore a 12 cilindri della prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta in serie e adatta alla guida giornaliera è derivato dal propulsore a benzina della BMW 760i ed è completo dei più moderni dettagli tecnici come il comando valvole interamente variabile VALVETRONIC e il comando variabile degli alberi a camme sul lato di aspirazione e di scarico Doppio VANOS. Il motore endotermico bivalente è concepito in modo tale da consentire di bruciare nei

cilindri idrogeno o benzina. La particolarità: le prestazioni dell'automobile sono identiche in entrambe le modalità di esercizio, il motore può essere commutato senza ritardi percepibili durante la guida dal funzionamento a idrogeno al normale esercizio a benzina.

Il propulsore eroga da una cilindrata di 6,0 litri una potenza di 191 kW/260 CV; la velocità massima della BMW Hydrogen 7 è limitata elettronicamente a 230 km/h. La coppia massima è di 390 newtonmetri e viene raggiunta a un regime di 4.300 giri/min. La berlina a idrogeno accelera in 9,5 secondi da 0 a 100 km/h. Nella modalità a idrogeno la BMW Hydrogen 7 ha un'autonomia di 200 chilometri, mentre nell'esercizio a benzina percorre altri 500 chilometri. Grazie a queste qualità, il motore V12 bivalente della prima automobile premium a idrogeno adatta alla guida di ogni giorno offre, indipendentemente dalla modalità di esercizio, dinamica, comfort e affidabilità nel modo tipico delle BMW. Per questo motivo la propulsione bivalente è particolarmente adatta ad aumentare l'accettazione del nuovo tipo di energia.

Il VALVETRONIC crea le premesse ottimali per l'esercizio a idrogeno.

Fondamentalmente, l'idrogeno presenta delle caratteristiche di combustione nettamente differenti dalla benzina o dal gasolio. L'idrogeno brucia più rapidamente della benzina. Per la combustione della miscela aria/idrogeno la velocità di combustione superiore offre dei grandi vantaggi: con lo stesso quantitativo di energia si realizza un rendimento superiore alla benzina. Le differenze delle caratteristiche di combustione dei due carburanti vengono compensate da una serie di funzioni speciali della gestione motore del propulsore bivalente.

Gli ingegneri di motori BMW disponevano già del controllo del carico esente da farfalla VALVETRONIC – sviluppato da BMW – e della regolazione variabile degli alberi a camme Doppio VANOS, due elementi ideali per la gestione flessibile del motore V12 bivalente. Questi sistemi consentono di adattare il sofisticato cambio di carico e il ritmo d'insufflazione alle caratteristiche della miscela aria/idrogeno. Il VALVETRONIC influenza la durata e l'alzata delle valvole. Attraverso una leva posizionata tra l'albero a camme e le valvole di aspirazione dei cilindri, un albero eccentrico attivato da un elettromotore traduce l'alzata delle camme in movimenti delle valvole più grandi o più piccoli. Un'unità di regolazione a comando idraulico influenza con l'aiuto del VANOS l'inizio e la fine del periodo di apertura delle valvole.

Le valvole d'insufflazione sono la tecnologia chiave.

Nel motore V12 bivalente funzionante a benzina e a idrogeno, la formazione di miscela varia a seconda del carburante utilizzato. Nell'esercizio a benzina il motore funziona con l'iniezione diretta di benzina, mentre la formazione di miscela con l'idrogeno avviene nei canali di aspirazione. I diffusori d'idrogeno

sono stati integrati nell'impianto di aspirazione. Le speciali valvole d'insufflazione d'idrogeno sono un'ulteriore conferma dell'arte ingegneristica dei progettisti del motore. Le valvole del gas sono naturalmente di dimensioni più grandi delle tradizionali valvole d'iniezione e coprono una variazione molto più ampia della portata in volume: infatti, devono essere in grado di lavorare con varie pressioni dell'idrogeno e anche con tempi d'insufflazione sia molto corti che molto lunghi. In centesimi di secondo aggiungono sempre e con la massima precisione il quantitativo d'idrogeno necessario all'aria aspirata.

La formazione pulita di miscela riduce anche gli ossidi di azoto.

Il fatto che i carburanti fossili contengano anche del carbonio (C), comporta nei sistemi di propulsione tradizionali delle emissioni la cui riduzione costituisce un processo molto complesso. Questo problema non esiste nell'utilizzo dell'idrogeno dato che la sua combustione non produce né anidride carbonica (CO_2), né idrocarburi (HC) o monossido di carbonio (CO). Durante la combustione dell'olio di lubrificazione e il lavaggio del filtro a carbone attivo si formano però delle emissioni minime di CO_2 , HC e CO; per questo l'attività del motore della BMW Hydrogen 7 nella modalità a idrogeno viene definita «praticamente esente da emissioni». L'anidride carbonica si forma attraverso la combustione di vapori di benzina e la trasformazione delle emissioni di HC e di CO nel catalizzatore. Il concetto di un'automobile a benzina richiede anche l'utilizzo di un filtro a carbone attivo per raccogliere i vapori naturali della benzina che si formano, ad esempio, in presenza di una forte irradiazione solare. Le emissioni prodotte durante l'esercizio a idrogeno sono limitate a qualche per cento dei valori limite Euro4.

Nell'esame delle emissioni del motore a 12 cilindri bivalente sono rilevanti solo le emissioni di ossidi di azoto (NO_x).

Ad alte temperature di combustione, cioè superiori ai 1.000 gradi Centigradi, nella camera di combustione si formano – indipendentemente dal tipo di carburante – delle emissioni di NO_x attraverso il legame tra l'azoto e l'ossigeno dell'aria. La gestione flessibile del motore della BMW Hydrogen 7 consente di applicare una strategia di esercizio che evita quasi interamente la formazione di emissioni di ossidi di azoto.

A pieno carico il motore a 12 cilindri bivalente viene regolato dalla quantità e funziona nell'esercizio cosiddetto stechiometrico. Questo significa che il rapporto tra aria e carburante è equilibrato ($\text{lambda} = 1$). In questo campo di esercizio il motore raggiunge la propria massima potenza. Le emissioni di NO_x sono minimizzabili attraverso un semplice catalizzatore a tre vie.

A carico parziale il controllo del carico avviene, analogamente a un motore diesel, attraverso una regolazione della qualità, cioè della quantità delle molecole d'idrogeno nell'aria. In questo caso il motore lavora con un'alta eccedenza di aria ($\text{lambda} > 2$), la miscela è magra. In questa miscela magra la combustione ha luogo a temperature molto più basse. Dato che queste sono

inferiori al livello termico necessario per la formazione di NO_x , le emissioni di NO_x sono molto basse. Grazie all'alta soglia d'infiammazione dell'idrogeno, nella modalità H_2 il motore può essere gestito con una miscela molto magra, cioè con una quota di carburante particolarmente bassa, così da incrementare ulteriormente l'efficienza.

Nel campo tra il pieno carico ($\lambda = 1$) e il carico parziale ($\lambda > 2$) crescono invece fortemente le emissioni grezze di NO_x . La conseguenza è che le emissioni dei gas di scarico aumentano significativamente. La gestione motore della BMW Hydrogen 7 è in grado di sopprimere questo campo e di passare direttamente dalla combustione magra a carico parziale alla combustione stechiometrica a pieno carico. La gestione motore salta nella coppia il campo di miscela sfavorevole a livello di gas inquinanti tra $\lambda = 1$ e $\lambda = 2$.

La strategia d'esercizio intelligente del motore V12 bivalente consente di raggiungere delle alte prestazioni, indipendentemente dal carburante, riducendo al contempo al minimo le emissioni nell'intera mappatura. Questo viene realizzato sfruttando in modo mirato le particolarità che contraddistinguono l'idrogeno nel suo processo di combustione, così da ottimizzare la potenza, l'efficienza e la riduzione di emissioni del motore. Il propulsore della BMW Hydrogen 7 eroga anche nella modalità a idrogeno una dinamica adeguata, ma emette praticamente solo del vapore acqueo.

Con questo concetto innovativo del motore a 12 cilindri bivalente, BMW Group dimostra ancora una volta la propria core-competence nel settore della motoristica e rafforza la propria posizione di leader tecnologico nel campo automobilistico.



8. Il magazzino dell'energia: serbatoio d'idrogeno liquido a doppia parete con superisolamento ad alto vuoto.

- **Straordinaria efficienza isolante del serbatoio d'idrogeno.**
- **Doppio serbatoio minimizza l'afflusso di calore.**
- **Sistema sicuro di gestione del boil-off.**

Il concetto di motore bivalente della BMW Hydrogen 7 prevede l'integrazione di due serbatoi di carburante separati. Al fine di realizzare la massima autonomia, la BMW Hydrogen 7 dispone di un serbatoio tradizionale di benzina dalla capacità di 74 litri e di un serbatoio di carburante supplementare che immagazzina circa 8 chilogrammi (circa 170 litri) d'idrogeno liquido. BMW Group punta sull'idrogeno liquido perché il quantitativo energetico dell'idrogeno liquido, riferito al fabbisogno in volume del sistema del serbatoio dell'automobile, è di oltre il 75 per cento superiore a quello dell'idrogeno gassoso che viene immagazzinato a 700 bar in un sistema di serbatoio a gas compresso. Grazie alla sua densità energetica superiore, l'idrogeno liquido consente di raggiungere una maggiore autonomia.

Insieme al motore bivalente, il serbatoio d'idrogeno liquido è la seconda grande innovazione della BMW Hydrogen 7. La sfida particolare che poneva questo sistema di serbatoio era costituita dalla conservazione dello stato liquido dell'idrogeno per un periodo possibilmente lungo; lo stato liquido viene raggiunto a pressione ambientale a meno 253 gradi Centigradi. A questo scopo il serbatoio è stato costruito con una doppia parete e completato da un superisolamento che ha consentito di raggiungere l'alto vuoto.

Superisolamento ad alto vuoto nel serbatoio.

Il serbatoio d'idrogeno è composto da una parete interna e una parete esterna, entrambe costruite in lamiera di acciaio dallo spessore di 2 millimetri. Tra il serbatoio interno e quello esterno si trova un superisolamento ad alto vuoto di circa 30 millimetri. L'alto vuoto previene la trasmissione di calore attraverso l'aria. Al fine di evitare un afflusso indesiderato di calore, nell'interspazio sono state inserite delle pellicole di riflessione di alluminio e degli strati di fibra di vetro che riducono la radiazione di calore. Il serbatoio interno è appeso a quello esterno con dei nastri in materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP).

Lo strato intermedio con il vuoto offre un effetto isolante eccellente, comparabile a quello di uno strato di polistirolo lungo circa 17 metri. Questo tipo d'isolamento consente di raggiungere una costanza termica estremamente alta, che si illustra molto bene in base al seguente esempio:

se il serbatoio venisse riempito con del caffé bollente, questo resterebbe caldo per 80 giorni. Solo dopo questo periodo si sarebbe raffreddato a una temperatura che ne consentirebbe la consumazione. Analogamente, l'idrogeno a bassissima temperatura conserva nel suo serbatoio per un lungo periodo la temperatura di meno 250 gradi Centigradi e lo stato liquido.

Sistema di gestione del boil-off.

Naturalmente, un leggero afflusso di calore è inevitabile. La conseguenza è che una parte dell'idrogeno evapora. Questo processo viene definito boil-off.

Queste perdite minime da evaporazione si manifestano solo dopo che la vettura è rimasta parcheggiata per un periodo di oltre 17 ore. Infatti, dopo 17 ore aumenta la pressione del serbatoio così che il carburante allo stato gassoso deve essere apportato alla cosiddetta gestione del boil-off. Questo processo limita la pressione interna del serbatoio attraverso un prelievo controllato dell'idrogeno già evaporato. Un aumento della pressione oltre il valore di 5,1 bar determina inoltre l'apertura automatica di una valvola di boil-off che previene così una pressione troppo alta all'interno del serbatoio. L'idrogeno gassoso liberato viene miscelato all'aria in un tubo Venturi e ossidato in un catalizzatore, senza apporto supplementare di energia, e trasformato in acqua. La cosiddetta «fase di fermo» fino allo svuotamento controllato di un serbatoio d'idrogeno pieno a metà ammonta a circa 9 giorni. Dopo questo periodo nel serbatoio rimarrebbe un quantitativo sufficiente d'idrogeno per percorrere ancora 20 chilometri. Se nel frattempo la BMW Hydrogen 7 viene guidata a idrogeno, il prelievo di carburante necessario per l'azionamento del motore determina una riduzione della pressione interna del serbatoio. Una volta parcheggiata l'automobile, inizia nuovamente il periodo di fermo di 17 ore – esente da perdite – prima che intervenga la gestione del boil-off.

In caso di danneggiamento del superisolamento ad alto vuoto e di un conseguente riscaldamento, il serbatoio è munito, in aggiunta alla valvola di boil-off, di due valvole di sicurezza ridondanti; se la pressione dovesse aumentare eccessivamente, esse provvedono a fare fuoriuscire l'idrogeno nell'ambiente in modo controllato e decentrale. In questo processo vengono sfruttate le caratteristiche fisiche dell'idrogeno: dato che l'idrogeno è più leggero dell'aria, esso sale immediatamente in alto e diviene volatile. Quando si apre la prima valvola, l'idrogeno gassoso viene convogliato verso il tetto dell'automobile attraverso i condotti di sicurezza montati nei terzi montanti. Attraverso la seconda valvola, che si apre solo a una pressione superiore, il gas viene diretto verso il sottoscocca e soffiato via.

Durante la guida, nella BMW Hydrogen 7 la conversione predefinita d'idrogeno liquido in idrogeno gassoso è un processo permanente. Nel serbatoio d'idrogeno liquido è contenuta anche una riserva d'idrogeno gassoso. Questa scorta è necessaria perché l'idrogeno viene prelevato dal serbatoio allo stato gassoso e poi convogliato al motore. Inoltre, la scorta permanente di gas viene utilizzata per avviare il motore che parte sempre nella modalità H₂, povera di emissioni. L'idrogeno viene inviato al motore, attraverso uno scarto di pressione, passando per i condotti a doppia parete; questa costruzione rende superflua una pompa del carburante per l'idrogeno.

La capsula del sistema secondario.

L'idrogeno viene prelevato dal serbatoio allo stato gassoso, a una bassissima temperatura; prima di essere adatto alla formazione della miscela nel motore endotermico, deve essere riscaldato. A questo scopo il gas d'idrogeno viene inviato a uno scambiatore di calore che si trova in una cosiddetta capsula secondaria, un altro componente innovativo della BMW Hydrogen 7. Anche questa ha una doppia parete e incapsula lo scambiatore di calore e i sensori della pressione e della temperatura, così come i blocchi valvole.

Lo scambiatore di calore sfrutta il calore del motore e funziona con l'acqua del circuito di raffreddamento. Quando la pressione del serbatoio è inferiore al valore di 3 bar, necessario per l'esercizio del motore, una parte dell'idrogeno gassoso riscaldato viene fatta passare attraverso il contenitore d'idrogeno liquido. Questo apporto di calore stimola l'evaporazione di una parte dell'idrogeno liquido nel serbatoio e la pressione aumenta nuovamente al valore desiderato.

Serbatoio di benzina adattato.

Per la BMW Hydrogen 7 il serbatoio di benzina della BMW 760Li è stato adattato allo spazio disponibile e ha adesso un volume di 74 litri. L'adattamento si era reso necessario per fare passare vicino al serbatoio di benzina i condotti di mandata del serbatoio d'idrogeno che lo collegano all'impianto di aspirazione del motore e per ampliare il circuito di raffreddamento con il riscaldamento dell'idrogeno. Inoltre, in questo modo è stato ricavato lo spazio per la pompa dell'acqua supplementare del circuito di raffreddamento.

9. L'approvvigionamento d'idrogeno: un processo di rifornimento d'idrogeno standardizzabile su scala mondiale.



- **Fare il pieno d'idrogeno nel modo usuale.**
- **Collegamento manuale, riempimento controllato dal sistema.**
- **Partnership internazionale per una standardizzazione
su scala mondiale.**

La richiesta fondamentale per lo sviluppo del sistema di rifornimento di carburante della BMW Hydrogen 7 era che il processo di rifornimento non fosse più complicato di un rabbocco di benzina. L'introduzione della prima ammiraglia di lusso a idrogeno adatta alla guida giornaliera non vuole contribuire solo a ridurre le emissioni di anidride carbonica ma l'automobile vuole essere anche una pietra miliare per inaugurare un'era nuova dell'automobilismo ed emettere un segnale indirizzato a tutta l'industria automobilistica.

Il sistema di rifornimento a idrogeno liquido si distingue dal rifornimento tradizionale soprattutto per l'innesto dell'erogatore resistente alla pressione e alle bassissime temperature. Per il resto, il processo di rifornimento è analogo a quello della benzina e il guidatore deve eseguire praticamente le stesse manovre manuali. Prima del rifornimento, l'automobile viene bloccata con il freno di stazionamento elettromeccanico inserendo la posizione «P» nel cambio. Premendo un pulsante situato a sinistra del volante, il guidatore apre lo sportellino del serbatoio d'idrogeno. Adesso inserisce l'innesto ad accoppiamento per l'idrogeno liquido, analogamente all'erogatore della benzina o del gasolio, nel bocchettone di rifornimento d'idrogeno.

Una volta unito manualmente l'innesto ad accoppiamento, il bloccaggio definitivo avviene automaticamente. La vettura comunica autonomamente, attraverso un contatto elettrico e senza che sia necessario un intervento del conducente, alla stazione di rifornimento che è pronta per il rifornimento. Il riempimento d'idrogeno inizia sotto il controllo del sistema.

La stazione di rifornimento riceve l'autorizzazione di eseguire automaticamente il rabbocco solo se l'automobile è bloccata, la tensione di bordo è sufficiente e non è attivo un allarme di gas o un segnale di crash, il livello d'idrogeno nel serbatoio non è superiore all'80 per cento e la pressione interna del serbatoio è superiore ai 5,5 bar, lo sportellino è completamente aperto ed è stato concluso il test di ermeticità per l'innesto ad accoppiamento del serbatoio. Il riempimento di carburante comandato dal sistema prevede l'apertura delle valvole a sfera, l'introduzione del tubo di trasferimento,

il riempimento, il lavaggio del condotto di riempimento, il ritiro del tubo di riempimento, la chiusura delle valvole a sfera e lo sbloccaggio.

Il guidatore stacca l'innesto ad accoppiamento del serbatoio e chiude lo sportellino premendo nuovamente il pulsante del serbatoio.

L'intero processo richiede meno di 8 minuti. Il riempimento di carburante non comporta nessun pericolo ed è anche più pulito di un pieno di benzina o gasolio. A differenza della benzina o del gasolio, attraverso l'ermeticità totale del processo di rabbocco, non possono fuoriuscire dei vapori infiammabili. Se nella stazione di rifornimento e nell'automobile dovesse manifestarsi un difetto, il processo viene interrotto o addirittura non avviato.

Rifornimento coassiale d'idrogeno.

L'idrogeno liquido dalla temperatura di meno 250 gradi Centigradi viene introdotto come una «pioggerellina» nella BMW Hydrogen 7. Il gas d'idrogeno del serbatoio che si trova sopra la fase liquida forma una condensa con le goccioline; la conseguenza è un calo della pressione nel serbatoio. Il processo di rifornimento avviene in modo coassiale, cioè il condotto interno del tubo del serbatoio composto da due strati trasporta l'idrogeno liquido mentre quello esterno provvede al ritorno dell'idrogeno gassoso il cui posto nel serbatoio è stato occupato dall'idrogeno liquido; l'idrogeno gassoso ritorna attraverso l'innesto ad accoppiamento coassiale del serbatoio al punto di prelievo.

È in corso la standardizzazione mondiale.

Al fine di introdurre al più presto possibile in tutto il mondo un innesto ad accoppiamento standard per il rifornimento d'idrogeno liquido e adatto all'utilizzo nell'automobile, BMW Group ha fondato un consorzio aperto con le case automobilistiche General Motors/Opel e Honda, il fabbricante d'idrogeno Linde e la Walther come fabbricante dei componenti meccanici. L'obiettivo del consorzio è la standardizzazione mondiale dell'innesto ad accoppiamento sviluppato per il rifornimento d'idrogeno liquido.

Linde apporta il know-how sull'idrogeno.

La collaborazione tra BMW Group e la ditta Linde ha caratterizzato già numerosi progetti del passato sull'idrogeno. L'impresa dispone degli stabilimenti più grandi del mondo per la produzione d'idrogeno e ha costruito numerosi impianti di liquefazione d'idrogeno. La Linde è uno dei più grandi produttori d'idrogeno liquido, serve quasi tutte le stazioni di rifornimento d'idrogeno liquido attualmente esistenti e fornisce anche l'idrogeno liquido e gassoso alle stazioni di Berlino e di Monaco.

Rifornimento a freddo e a caldo.

In aggiunta al pratico rifornimento a freddo, avviato manualmente e comandato dal sistema, in casi eccezionali è possibile rabboccare il serbatoio d'idrogeno della BMW Hydrogen 7 anche a caldo. Questo viene fatto quando il serbatoio è completamente vuoto oppure quando la vettura era rimasta parcheggiata per un periodo particolarmente lungo ed è troppo calda per eseguire un riempimento a freddo. Già al momento della consegna della BMW Hydrogen 7 l'utente viene informato in dettaglio come evitare delle situazioni che potrebbero rendere necessario un rifornimento a caldo. Infatti, il rifornimento a caldo richiede molto più tempo del rifornimento a freddo perché il serbatoio d'idrogeno deve essere prima raffreddato alla temperatura adatta all'esercizio normale. Per motivi di sicurezza, il rifornimento a caldo può essere eseguito solo da personale qualificato della stazione di rifornimento. La BMW Hydrogen 7 conserva però anche in questo caso la propria mobilità e può essere guidata a benzina.

Il rifornimento avviene analogamente alla BMW Serie 7 di serie. Il carburante utilizzato è benzina del tipo Super Plus (98 ottani).



10. Scocca e autotelaio: la base è la BMW 760Li, costruzione leggera intelligente, comportamento ottimizzato in caso di crash, taratura speciale dell'assetto.

- **Design caratteristico con powerdome bombato.**
- **Nuova costruzione con mix dei materiali CFRP/acciaio.**
- **Sistema di controllo pressione pneumatici telemetrico RDC come nel mondo delle gare.**

Nella BMW Hydrogen 7 sono stati abbinati con successo dinamica, lusso e comfort di guida con una tecnologia di propulsione rivoluzionaria.

La prima ammiraglia di lusso alimentata a idrogeno si distingue per una scocca sportiva ed elegante e un autotelaio impostato per raggiungere la massima dinamica di guida. Esteticamente, la BMW Hydrogen 7 si riconosce immediatamente come membro della famiglia BMW Serie 7. La sua immagine corrisponde essenzialmente al design della carrozzeria della BMW 760Li, la più grande berlina della BMW Serie 7. Le dimensioni esterne e il passo dei due modelli sono identici.

La tecnica dell'idrogeno della BMW Hydrogen 7 ha reso necessarie alcune modifiche e delle nuove soluzioni nella scocca della BMW 760Li. L'innovazione fondamentale è costituita dall'utilizzo di materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP) in varie parti della scocca. BMW Group ha sviluppato apposta per la BMW Hydrogen 7 una nuova costruzione mista in CFRP che offre un'elevata protezione in caso di crash a un basso peso. Questo concetto ha consentito di compensare parzialmente una parte della massa supplementare dovuta alla tecnologia di propulsione e al sistema di serbatoio dell'idrogeno e di soddisfare al contempo i severi criteri di sicurezza passiva. Ad esempio, l'abitacolo è rinforzato lateralmente con del CFRP. Il peso a vuoto della BMW Hydrogen 7 ammonta a 2.460 chilogrammi.

Design della carrozzeria: esterni leggermente modificati.

Il cofano motore e lo sportellino trasparente del serbatoio d'idrogeno liquido impreziosito da una cornice in cromo sono gli elementi della carrozzeria della BMW Hydrogen 7 che si notano di più rispetto alla BMW 760Li; per il resto le modifiche apportate sono minime. Il powerdome particolarmente bombato diviene così l'emblema della prima ammiraglia di lusso a idrogeno prodotta in serie. La bombatura è dovuta al maggiore ingombro del motore che monta delle valvole d'insufflazione d'idrogeno più alte. La nuova forma segnala che sotto il manto di lamiera della berlina a idrogeno pulsata una fonte di potenza del tutto particolare. Nel frontale della BMW Hydrogen 7, lo spazio normalmente

disponibile per i fari fendinebbia è stato utilizzato per ampliare il raffreddamento del motore. L'ammiraglia a idrogeno non è fornibile con tetto scorrevole, perché sul tetto è montato il coperchio per la fuoriuscita di sicurezza dell'idrogeno.

La nuova BMW Hydrogen 7 è riconoscibile, oltre al powerdome più bombato, attraverso la scritta «Hydrogen 7» sul cofano posteriore e sotto i lampeggiatori direzionali laterali. Un'altra caratteristica di design sono gli inserti in cromo nei paraurti posteriori. Nei batticalcagni la scritta «BMW Hydrogen Power» ricorda nuovamente la rivoluzionaria tecnologia di propulsione utilizzata nella berlina.

La prima automobile premium del mondo prodotta in serie e adatta alla guida di ogni giorno esce dalle linee di produzione con un'elegante vernice metallizzata; soprattutto il colore disponibile in esclusiva per questo modello Blue Water Metallic accentua il carattere unico di questa vettura.

Modifiche all'interno.

Esteticamente, l'abitacolo della BMW Hydrogen 7 è quasi identico a quello della BMW 760Li. Nel cockpit si trovano delle spie nuove per l'esercizio a idrogeno. Quando la macchina funziona a idrogeno, nella strumentazione combinata della BMW Serie 7 si illumina il simbolo «H₂». Nella zona superiore del tachimetro è stata integrata un'indicazione supplementare del serbatoio di H₂ che ne visualizza il livello in chilogrammi. L'autonomia totale appare sia come barra orizzontale bipartita che sotto forma numerica. L'indicazione della riserva d'idrogeno (circa 1,5 chilogrammi di quantitativo utilizzabile, sufficiente per percorrere circa 50 chilometri) e di benzina (circa 15 litri sufficienti per 100 chilometri) sono rappresentati separatamente.

Le modifiche estetiche più visibili si trovano nella zona posteriore e riguardano l'alloggiamento del serbatoio d'idrogeno sotto la cappelliera e dietro il divanetto posteriore. Il divanetto posteriore della BMW Hydrogen 7 è stato spostato in avanti di 115 millimetri rispetto alla versione lunga della BMW Serie 7 ma è comunque arretrato di 25 millimetri rispetto alla BMW Serie 7 con passo normale. I due passeggeri posteriori dell'ammiraglia a idrogeno godono sempre del comfort di viaggio che contraddistingue tutte le berline di lusso di BMW. Per motivi di package, il bracciolo centrale posteriore è montato fisso. La BMW Hydrogen 7 è concepita così come automobile a quattro posti.

Costruzione leggera in alluminio per gli assali.

I componenti supplementari del sistema di approvvigionamento d'idrogeno hanno determinato un aumento di peso, soprattutto nella parte posteriore della vettura, che ha reso necessari degli adattamenti dell'autotelaio e dei sistemi di regolazione. Lo châssis si basa sugli assali di serie in costruzione leggera di alluminio che caratterizza anche la tipica dinamica di guida della BMW Serie 7.

L'avantreno è del tipo MacPherson mentre il retrotreno è stato realizzato come asse multilink Integral IV con compensazione del beccheggio in accelerazione e frenata. Inoltre, l'asse posteriore è stato completato con rinforzi in alluminio e in acciaio come la BMW Serie 7 di sicurezza. La BMW Hydrogen 7 è equipaggiata del sistema di regolazione dell'assetto AdaptiveDrive, tarato appositamente per questo modello, che abbina la stabilizzazione del rollio alla regolazione variabile degli ammortizzatori. AdaptiveDrive assicura un'alta maneggevolezza della BMW Hydrogen 7 e il suo facile controllo anche in curva.

Le molle dell'asse posteriore sono state adattate alla configurazione della BMW Hydrogen 7. Inoltre gli ammortizzatori dell'asse anteriore e posteriore sono stati ri-tarati e modificati in modo da offrire agli occupanti anche nella BMW Hydrogen 7 senza alcuna limitazione l'impareggiabile combinazione di stabilità di guida e dinamica della BMW Serie 7.

La BMW Hydrogen 7 monta l'impianto frenante della BMW Serie 7.

Lo spazio di frenata dell'automobile da 100 km/h a 0 km/h è di 41 metri.

Il freno di stazionamento elettromeccanico è stato adattato alla BMW Hydrogen 7: la posizione di alloggiamento è nuova, è stato modificato il percorso del cavo come anche l'attrezzo di apertura di emergenza.

Il resto dell'impianto frenante corrisponde a quello dei modelli BMW 760i e BMW 760Li.

I sistemi di regolazione sono quelli dei modelli BMW 760i e BMW 760Li; essi sono stati adattati alle prestazioni e alla ripartizione delle masse della BMW Hydrogen 7. In aggiunta al software di regolazione di AdaptiveDrive le modifiche interessano la taratura del sistema antibloccaggio (ABS) e del Controllo dinamico di stabilità (DSC).

La BMW Hydrogen 7 viene fornita con cerchi in lega da 19 pollici dal nuovo design e con un Mobility Set. Inoltre, per la BMW Hydrogen 7 sono disponibili dei pneumatici invernali da 18 pollici.

Sofisticato sistema di controllo pressione pneumatici RDC.

L'equipaggiamento della BMW Hydrogen 7 comprende anche il sistema telemetrico di controllo pressione pneumatici RDC (Reifen Druck Control), basato su sensori. Il sistema derivato dal mondo delle gare è molto più sensibile dei sistemi tradizionali e rappresenta attualmente lo stato della tecnica nel campo del controllo pressione pneumatici.

Il sistema di controllo pressione pneumatici telemetrico RDC misura permanentemente e a intervalli regolari la pressione di ogni singolo pneumatico. Il valore di ogni ruota viene visualizzato attraverso delle spie di controllo nella strumentazione combinata. Il sistema RDC comprende quattro sistemi elettronici delle ruote, ognuno con un ricevitore di 125 kHz e un trasmettitore di 433 MHz, montati nelle ruote con delle valvole metalliche. L'elettronica delle singole ruote è alimentata da batterie dalla durata di 5 anni.

Il guidatore viene informato ancora prima e con maggiore precisione su una perdita d'aria in un pneumatico. Inoltre, il sistema segnala anche un'eventuale perdita uniforme di pressione in tutte le quattro ruote. Questa può essere causata dalla diffusione naturale dell'aria dalle ruote o da grandi sbalzi di temperatura.

Efficiente isolamento acustico offre il massimo comfort.

Il motore a combustione interna bivalente della BMW Hydrogen 7 presenta un'acustica differente dai tradizionali motori a benzina. La combustione più veloce e il conseguente rendimento superiore nell'esercizio a idrogeno producono una rumorosità del motore superiore e in uno spettro di frequenza differente. Una serie di contromisure ha neutralizzato questo effetto.

Ad esempio, nella BMW Hydrogen 7 è stato introdotto il supporto del cambio automatico della variante a 8 cilindri della BMW Serie 7 che presenta una taratura più morbida. Questo intervento offre un compromesso ideale tra un'alta dinamica di guida e un'acustica piacevole.

Nella BMW Hydrogen 7, nel rivestimento del pianale e della paratia frontale, davanti al motore, sono stati integrati dei cosiddetti isolamenti acustici del tipo «super-high». L'aerazione dell'abitacolo avviene attraverso un canale acusticamente isolato sviluppato apposta. Il condotto dell'aria è munito di un silenziatore di aspirazione.

Il livello dei rumori nel funzionamento a idrogeno è comparabile a quello della BMW 760i a benzina ma è stata conservata la tipica sonorità dell'esercizio a idrogeno.

11. Il concetto di sicurezza: sviluppo di standard di sicurezza, collaudi, certificazione da un ente indipendente.



- **Concetto di sicurezza a più livelli per i componenti dell'impianto dell'idrogeno.**
- **Automonitoraggio attivo della BMW Hydrogen 7.**
- **Collaudo con tutti i mezzi di prova applicati allo sviluppo di automobili di serie.**

Nelle ricerche portate avanti da BMW Group nel settore delle energie di alimentazione alternative, l'idrogeno ha dimostrato di essere il carburante ideale per un futuro automobilistico esente da emissioni. Ovviamente, l'idrogeno ha delle caratteristiche differenti dalla benzina o dal gasolio e richiede un trattamento diverso. La nuova energia di alimentazione esige delle misure di sicurezza nuove. Nelle fasi di sviluppo e progettazione della BMW Hydrogen 7 l'alta priorità era di elaborare un livello di sicurezza che consentisse l'utilizzo dell'automobile nel traffico di ogni giorno.

Dato che il sistema a idrogeno della BMW Hydrogen 7 si basa su un'energia per la quale non esistono praticamente delle esperienze nella guida di ogni giorno, il concetto di sicurezza include tutto l'ambiente che circonda l'automobile e tutti gli stati di esercizio, dalla guida – ad esempio in galleria – fino al parcheggio e al rabbocco alla stazione di rifornimento, come anche la manutenzione e riparazione.

Tutti i componenti del sistema d'idrogeno sono stati concepiti in modo che già la loro configurazione offra la massima sicurezza. Al fine di soddisfare il criterio di «sicurezza intrinseca», tutti i componenti ritornano, in caso di avaria, a uno stato sicuro. Inoltre, l'automobile è equipaggiata di un sistema di automonitoraggio comandato da sensori che trasmette al guidatore una serie di informazioni supplementari sullo stato della macchina. L'utente dell'automobile viene avvisato su eventuali difetti anche quando questi non costituiscono di per sé un pericolo. La BMW Hydrogen 7 ha percorso tutte le fasi del Processo di genesi prodotto. Nell'ambito dei complessi processi predefiniti di omologazione e autorizzazione sono state eseguite delle prove di qualità e di sicurezza molto severe. Ad esempio, è stata dedicata particolare attenzione alla sicurezza funzionale di tutti i componenti in contatto con l'idrogeno che sono stati sottoposti a un processo di sviluppo speciale, orientato soprattutto alla sicurezza.

Il progresso nel campo della mobilità è accompagnato sempre da premesse nuove ed, eventualmente, anche da nuove norme di sicurezza. A questo scopo, BMW Group collabora in molti organi internazionali per definire degli standard di sicurezza universalmente validi per le automobili alimentate a idrogeno. Il concetto di sicurezza della BMW Hydrogen 7 è impostato in modo da offrire al guidatore una transizione alla tecnologia di propulsione a basso impatto ambientale senza che egli debba subire delle limitazioni nella guida giornaliera.

Le proprietà dell'idrogeno sono importanti dal punto di vista della sicurezza.

Una delle differenze fondamentali tra l'idrogeno e la benzina o il gasolio è la sua proprietà di essere incolore e inodore. Inoltre, l'idrogeno è 15 volte più leggero dell'aria e tende così a salire e volatilizzarsi. A differenza della benzina e del gasolio, se l'idrogeno dovesse fuoriuscire dal serbatoio, non si formerebbero delle pozzanghere di carburante a terra. Nel serbatoio d'idrogeno l'elemento è contenuto sotto forma liquida, raffreddato a bassissime temperature sotto lo zero. Se l'idrogeno liquido dovesse fuoriuscire nell'aria, si riscalderebbe immediatamente, assumerebbe la forma gassosa, salirebbe verso l'alto e si volatizzerebbe. A differenza della benzina e del diesel, la liberazione incontrollata di carburante non causerebbe dei danni ambientali al suolo.

Una sfida importante per il sistema di sicurezza era costituita invece dall'infiammabilità dell'idrogeno, nettamente superiore a quella della benzina o del gasolio. Infatti, il campo di miscela dell'idrogeno con l'aria entro il quale potrebbe incendiarsi è più ampio, nonostante che l'energia d'infiammazione dell'idrogeno sia più bassa di quella della benzina o del diesel. Questo significa che l'energia necessaria per infiammare il gas è più bassa rispetto ai carburanti tradizionali. Quando l'idrogeno si incendia, la fiamma si sviluppa verso l'alto ma non è visibile all'occhio umano e non produce fumo. Per lo scenario «worst-case» che potrebbe verificarsi su strada, l'idrogeno offre però un vantaggio rispetto alla benzina e al gasolio: il rischio d'incendio e di escalation sul posto dell'incidente è inferiore. Dato che l'idrogeno è altamente volatile, si può incendiare solo se la fonte di fiamma si trova nelle sue vicinanze immediate, cioè laddove la miscela aria/H₂ presenta un rapporto adatto all'infiammazione. La probabilità che l'automobile inizi a bruciare è relativamente bassa. Infine, l'incendio non si diffonderebbe attraverso le pozzanghere al suolo, tipiche per la benzina o il diesel.

Se il serbatoio d'idrogeno dovesse perdere del carburante in un ambiente chiuso senza possibilità di fuoriuscita dell'idrogeno, l'uomo non percepirebbe la concentrazione di gas perché è incolore e inodore. Ma a differenza della

benzina o del diesel, l'idrogeno non è tossico o irritante; per la protezione antincendio valgono però delle regole differenti da quelle applicate ai carburanti tradizionali.

La manipolazione dell'idrogeno è sicura, a condizione che ne vengano osservate le sue particolarità. Analogamente alla benzina o al gasolio, il guidatore può abituarsi facilmente alla manipolazione dell'idrogeno. In linea di principio, ogni carburante comporta – in conseguenza al suo contenuto di energia – un potenziale di pericolo. Va ricordato che non sarebbe possibile azionare un autoveicolo con la benzina o il diesel se questi non fossero infiammabili.

Sicurezza a più livelli per i componenti dell'impianto dell'idrogeno.

Nella sua qualità di pioniere nel campo delle vetture alimentate a idrogeno, BMW dà la preferenza all'immagazzinamento d'idrogeno liquido a bassissima temperatura in un innovativo serbatoio superisolato. A questo scopo, l'idrogeno viene raffreddato fino allo stato liquido. Il vantaggio rispetto allo stato gassoso è la densità d'immagazzinamento nettamente superiore che si traduce in una maggiore autonomia dell'autovettura. La sfida per gli ingegneri era costituita dal fatto che a pressione ambiente l'idrogeno assume lo stato liquido solo a una temperatura di meno 253 gradi Centigradi e che il carburante deve conservare la bassa temperatura nel serbatoio per un periodo possibilmente lungo. Anche se il serbatoio è isolato estremamente bene, non è possibile evitare del tutto un leggero apporto di calore sul suo contenuto. Conseguentemente, una parte del carburante nel serbatoio evapora nel corso del tempo: subentra il cosiddetto effetto di boil-off. Questo effetto determina un aumento della pressione del serbatoio, perché l'idrogeno gassoso occupa più spazio. Nella BMW Hydrogen 7 questo fenomeno viene controllato dalla gestione del boil-off. Questo sistema convoglia il quantitativo di boil-off a un catalizzatore che lo ossida in acqua senza consumare dell'energia supplementare.

Se in conseguenza a un danneggiamento al superisolamento ad alto vuoto del serbatoio d'idrogeno dovesse aumentare la temperatura, il serbatoio dispone, in aggiunta al sistema di gestione del boil-off, anche di due valvole di sicurezza ridondanti che in caso di un aumento estremo della pressione fanno fuoriuscire l'idrogeno in modo controllato nell'ambiente. Quando si apre la prima valvola, l'idrogeno viene trasportato attraverso i condotti di sicurezza nei terzi montanti sul tetto dell'automobile dove viene soffiato verso l'esterno. La seconda valvola fa fuoriuscire il gas dal sottoscocca. Inoltre, il serbatoio d'idrogeno liquido si trova dietro al divanetto posteriore, sopra il retrotreno – dunque in una posizione ottimale dal punto di vista di sicurezza in caso di crash.

Tutti i condotti e componenti in contatto con l'idrogeno sono stati realizzati a parete doppia. Nel caso di un difetto nella parete interna di un condotto d'idrogeno, la seconda parete assicura che l'idrogeno fuoriuscente venga convogliato in modo sicuro verso l'esterno e che venga rilevato il più rapidamente possibile dai sensori dell'idrogeno. Se questi diagnosticano una fuoriuscita d'idrogeno, vengono chiuse le valvole di bloccaggio nella zona del serbatoio, così da limitare le perdite d'idrogeno a un quantitativo acritico.

Automonitoraggio attivo nella BMW Hydrogen 7.

La BMW Hydrogen 7 è stata concepita intenzionalmente come automobile «di per sé» sicura. Questo significa che l'ammiraglia a idrogeno si automonitora permanentemente, che tutti i componenti soddisfano i più severi criteri di sicurezza e che in caso di avaria ritornano automaticamente a uno stato sicuro. Quando nella macchina non scorre della corrente, essa si trova in uno stato sicuro. Un sofisticato sistema comandato da sensori segnala eventuali difetti di funzionamento in tutti i componenti a contatto con l'idrogeno. I sensori dell'idrogeno sono stati montati in cinque punti critici dell'automobile: nel vano motore, nella capsula del sistema secondario, nello sportellino del serbatoio d'idrogeno liquido, nell'abitacolo e nel bagagliaio. In caso di rilevazione d'idrogeno, si accendono delle spie LED rosse nei pulsanti di chiusura delle porte, indipendentemente dal funzionamento del motore, della rete di bordo e dello strumento combinato. Durante la guida nello strumento combinato appaiono dei messaggi di allarme e un gong emette un avviso acustico. In più, viene sorvegliato permanentemente lo stato del sistema attraverso dei sensori della pressione e della temperatura, così che il sistema può avviare delle contromisure prima del verificarsi di un difetto. In caso di perdite d'idrogeno, l'approvvigionamento viene disattivato e la BMW Hydrogen 7 passa automaticamente all'esercizio a benzina; inoltre si aprono automaticamente i cristalli laterali.

Nella BMW Hydrogen 7 la batteria di avviamento viene completata da due batterie supplementari che forniscono l'energia al sistema di sicurezza comandato da sensori. L'impianto di allarme gas funziona dunque indipendentemente dallo stato della batteria di avviamento. Le due batterie insieme offrono energia per 66 giorni e coprono dunque il massimo periodo d'immagazzinamento dell'idrogeno nel serbatoio.

Collaudo e certificazione da parte di un ente indipendente.

Il motore, il sistema di serbatoio e l'elettronica dell'automobile della BMW Hydrogen 7 sono stati concepiti come parti integrali della vettura e hanno passato l'intero processo di genesi prodotto. Nei processi di omologazione e autorizzazione previsti per ogni BMW nuova è stato verificato che vengano soddisfatti i tipici criteri di qualità e sicurezza di ogni automobile BMW. Tutti i componenti critici a livello di sicurezza sono stati

sottoposti a un processo di sviluppo speciale, cioè ogni componente è stato oggetto di dettagliate analisi di sicurezza per accertare se soddisfa i criteri, precedentemente definiti, di un'automobile di serie. In una fase successiva, queste analisi teoriche sono state confermate da prove speciali. Per ogni componente importante dei periti esterni ne hanno certificato la validità, attraverso degli esami di sicurezza teorici e delle prove pratiche.

Analogamente a tutte le automobili di serie, la BMW Hydrogen 7 è stata sottoposta a tutte le normali prove di crash, dedicando naturalmente particolare attenzione ai componenti in contatto con l'idrogeno: a titolo esemplare siano citate, la prova di crash frontale con offset, in base all'EURO NCAP, a una velocità d'urto di 64 km/h e una sovrapposizione del 100 e del 40 per cento e la prova di crash laterale nella zona più critica, direttamente nell'innesto ad accoppiamento del serbatoio. Nessuna delle prove di crash ha determinato un livello di danneggiamento critico del serbatoio, del suo isolamento o dei componenti in contatto con l'idrogeno.

In aggiunta alle complesse prove dei componenti e dell'automobile, sono stati testati il comportamento del serbatoio d'idrogeno a condizioni estreme, come sotto l'effetto di fiamme, di colpi di armi da fuoco, di gravi danni meccanici e la reazione del serbatoio di carburante e dei dispositivi di sicurezza nel caso di una perdita artificiale dell'isolante dell'ato vuoto.

BMW Group ha elaborato, in collaborazione con il TÜV Süddeutschland, un ampio programma di scenari d'incidenti. Le valvole di sicurezza ridondanti offrono anche in presenza di sollecitazioni estreme un alto grado di affidabilità che l'idrogeno immagazzinato fuoriesca senza costituire un pericolo. In una delle numerose prove d'incendio, dei serbatoi d'idrogeno pieni sono stati avvolti fino a 70 minuti da fiamme dalla temperatura massima di 1.000 gradi Centigradi. Anche in questo caso il comportamento dei serbatoi è stato acritico: l'idrogeno evaporato fuoriusciva dalle valvole di sicurezza in modo controllato e quasi impercettibile. I risultati hanno confermato senza alcuna riserva il livello di sicurezza dell'impianto a idrogeno liquido.

Per i processi di sviluppo importanti dal punto di vista della sicurezza è stata fornita una prova di validità dei risultati del lavoro di sviluppo, dei criteri che deve soddisfare il sistema e della completezza delle prove di sicurezza. Per i singoli componenti e per l'automobile completa sono stati eseguiti dei «review» e degli «assessment» sia da parte di periti interni che di periti esterni indipendenti, tra i quali il TÜV e altri ingegneri e istituti specializzati. Alla fine degli ampi esami, il TÜV Süddeutschland e i vigili del fuoco, nella loro funzione di consulenti, sono giunti alla conclusione che «le automobili a idrogeno offrono almeno lo stesso livello di sicurezza degli autoveicoli a benzina».

Regole per il parcheggio nei garage.

Dato che attualmente non sono disponibili dei dati statistici sufficienti di guida pratica sulla sicurezza dei serbatoi d'idrogeno nelle automobili, non è permesso parcheggiare negli ambienti chiusi. Per motivi di prudenza di BMW Group, questo divieto nei confronti degli utenti sarà applicato fino che sarà raccolto un numero sufficiente di dati statisticamente validi. Questi dati proveranno dall'esercizio a lungo termine e da programmi supplementari di sicurezza.

La guida o una breve fermata in ambienti chiusi, ad esempio in autosilo e gallerie, o l'utilizzo di autolavaggi sono invece consentiti, come anche il parcheggio in posteggi semicoperti.



12. La produzione: integrazione nella produzione in serie nello stabilimento BMW di Dingolfing, BMW Hydrogen 7 come simbolo dell'innovazione.

- **Costruzione a condizioni di produzione in serie.**
- **Assemblaggio parallelamente alla BMW Serie 7,
BMW Serie 6 e BMW Serie 5.**
- **L'innovazione nel campo della costruzione leggera della scocca
è utilizzabile anche per altri modelli.**

La produzione della BMW Hydrogen 7 è simbolo degli enormi progressi che ha compiuto BMW Group nello sviluppo del motore a idrogeno. A differenza dei prototipi e delle vetture dimostrative del passato, la BMW Hydrogen 7 non è il risultato di un progetto di ricerca ma ha assolto – come tutti i modelli BMW – il processo di sviluppo di serie. Per questo motivo anche la produzione può essere eseguita a condizioni di prodotto di serie. L'automobile sarà costruita nello stabilimento BMW di Dingolfing, in parallelo ai modelli BMW Serie 7, BMW Serie 6 e BMW Serie 5. Come tutti i 12 cilindri BMW, il propulsore sarà costruito dallo stabilimento di motori di Monaco.

Nella BMW Hydrogen 7 l'obiettivo principale dello sviluppo di serie era di realizzare un utilizzo efficiente dell'automobile e di ottenere l'omologazione per il mercato tedesco e gli altri mercati ECE. Analogamente a tutti gli autoveicoli delle altre serie di modelli, anche la BMW Hydrogen 7 è stata sottoposta al cosiddetto Processo di genesi prodotto (PEP). Nel corso di questo processo ogni componente – e l'automobile completa – vengono esaminati separatamente e ne viene verificata l'idoneità alla produzione in serie. Un ruolo importante è rivestito dai criteri di sicurezza. Le diverse fasi del PEP – collaudo, omologazione e autorizzazione alla produzione – assicurano che tutte le automobili soddisfino gli elevati standard di BMW Group.

Nella BMW Hydrogen 7 l'obiettivo principale era di promuovere la tecnologia dell'idrogeno all'interno del Gruppo e presso i rispettivi fornitori. La raccolta di know-how dettagliato sull'integrazione della tecnologia dell'idrogeno nella guida giornaliera è la base per gli sviluppi futuri di automobili.

Produzione innovativa della scocca.

Una delle grandi sfide della produzione era, oltre al nuovo concetto di propulsione, la costruzione della scocca. Nella BMW Hydrogen 7 la scocca è stata realizzata per la prima volta in un mix di materiali con materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP). Questa tecnica irrigidisce le parti della scocca che sono esposte a dei carichi particolarmente alti, dovuti al maggiore

peso totale della carrozzeria. Il risultato della costruzione mista con CFRP è una rigidità enorme della scocca, accompagnata da un'ottimizzazione del peso. Il know-how di questa tecnologia sarà applicato in futuro anche ad altre automobili di BMW.

L'assemblaggio della BMW Hydrogen 7 avviene a Dingolfing, dove ha luogo anche il primo funzionamento nella modalità a benzina e la prova di ermeticità del sistema a idrogeno. La messa in funzione del motore a idrogeno avviene nello stabilimento BMW di Eching, vicino a Monaco.

13. La cooperazione: la prima ammiraglia di lusso del mondo a idrogeno adatta alla guida giornaliera, dialogo intenso tra gli utenti e BMW.



- **Le esperienze della guida giornaliera forniscono delle informazioni preziose.**
- **Il piacere di guidare e la partecipazione a un'opera pionieristica.**
- **Competente servizio di assistenza con tecnici che hanno assolto un corso di formazione speciale.**

I guidatori della nuova BMW Hydrogen 7 parteciperanno a un'opera pionieristica e vivranno di prima persona l'inizio di una nuova era di mobilità. Ogni utente influenzerà con le sue esperienze personali lo sviluppo futuro del motore a idrogeno. A questo scopo, tutti gli utenti della BMW Hydrogen 7 saranno in stretto contatto con gli ingegneri di BMW Group che hanno partecipato allo sviluppo dell'automobile e della sua tecnologia. Gli specialisti di BMW Group otterranno un feedback permanente sulle esperienze giornaliere con la prima ammiraglia di lusso del mondo a idrogeno prodotta in serie.

Al momento di consegna della BMW Hydrogen 7, a ogni utente dell'automobile sarà data un'introduzione dettagliata nella quale verranno spiegate le particolarità del motore a idrogeno e il funzionamento pratico dell'automobile. Il guidatore potrà godersi così con la BMW Hydrogen 7 nel traffico di ogni giorno il livello di dinamica di guida, comfort e affidabilità che conosce dalla BMW Serie 7. L'unica novità per lui è costituita dalle norme da osservare nell'esercizio a idrogeno che sono differenti da quelle delle automobili a benzina o diesel. Come in tutte le grandi innovazioni, BMW attribuisce molta importanza al giudizio dell'utente su tutte le funzioni legate al funzionamento a idrogeno, inclusa la semplicità di utilizzo. Le esperienze e opinioni raccolte nel corso della prassi influenzano lo sviluppo futuro delle automobili a idrogeno.

Il sistema di telediagnosi trasmette i dati dell'automobile direttamente a BMW.

La BMW Hydrogen 7 è equipaggiata di un innovativo sistema di telediagnosi. Il sistema assicura una rilevazione particolarmente dettagliata dei dati di esercizio importanti per la diagnosi dell'automobile. Nella BMW Hydrogen 7 il processo di diagnosi avviene permanentemente e automaticamente, così da potere disporre dei principali dati in tempi brevi e in tutti gli stati di esercizio. Il sistema rileva numerosi dati sulla vettura e li trasmette

automaticamente in intervalli di quattro ore a una hotline di BMW. I dati comprendono ad esempio la pressione interna del serbatoio e il suo livello, la tensione della rete di bordo e numerose altre informazioni sullo stato momentaneo del veicolo.

Un servizio di assistenza competente è assicurato da officine BMW specializzate.

Gli ingegneri che hanno sviluppato la BMW Hydrogen 7 hanno elaborato un programma di servizio di assistenza speciale. Ogni tre mesi viene eseguito un intervento regolare di manutenzione nel corso del quale vengono controllati l'ermeticità del sistema a idrogeno e il funzionamento dei dispositivi di sicurezza, così da garantire il più alto livello di affidabilità e sicurezza della BMW Hydrogen 7 nella guida giornaliera. Tutti i lavori di manutenzione e di riparazione saranno eseguiti esclusivamente da officine specializzate. I collaboratori del servizio di assistenza hanno assolto una formazione dettagliata che consente loro di eseguire con sicurezza e competenza tutti i lavori al sistema d'idrogeno. Inoltre, solo queste officine dispongono degli attrezzi speciali necessari per effettuare degli interventi sul sistema a idrogeno della BMW Hydrogen 7.



14. L'impulso: la BMW Hydrogen 7 funge da stimolo per ampliare l'infrastruttura di approvvigionamento d'idrogeno.

- **Lo studio: l'idrogeno è il carburante alternativo più promettente per il futuro.**
- **Una mobilità adatta alla prassi aumenta l'accettazione del motore H₂.**
- **Sono in fase di progettazione delle nuove stazioni di rifornimento a idrogeno.**

Attraverso l'introduzione della BMW Hydrogen 7, BMW Group emette un forte impulso per l'ampliamento dell'infrastruttura dell'idrogeno. La rete capillare di stazioni di rifornimento d'idrogeno è attualmente ancora una visione, ma il know-how tecnico e logistico è già disponibile. Per l'automobilista l'approvvigionamento pratico di carburante è molto semplice, dato che fare il pieno di un'automobile a idrogeno è semplice come con un veicolo a benzina o gasolio. Gli argomenti decisivi a favore dell'idrogeno sono la riduzione delle emissioni di anidride carbonica e l'indipendenza dai carburanti fossili che non sono disponibili in quantitativi illimitati.

Uno studio scientifico dell'iniziativa Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (Strategia energetica per l'industria del traffico e dei trasporti VES) che ha analizzato oltre 10 carburanti alternativi, prodotti con più di 70 processi differenti, ha dimostrato che l'idrogeno ottenuto in via rinnovabile è la soluzione più promettente per raggiungere una mobilità sostenibile. Il grande vantaggio politico e strategico dell'idrogeno è, come si legge nello studio VES, che esso può essere prodotto in modo molto flessibile e con un grande potenziale da fonti rinnovabili, così da ridurre a lungo termine le emissioni di CO₂ e i relativi rischi di approvvigionamento. Inoltre, la tecnologia dell'idrogeno offre un elevato potenziale innovativo per le applicazioni nel campo della mobilità e così dei nuovi settori di crescita per il sistema Germania. Il governo federale tedesco promuove le tecnologie a basso impatto ambientale con un nuovo «Programma nazionale d'innovazione per l'idrogeno e le fuel-cell». Nei prossimi dieci anni è previsto lo stanziamento di altri 500 milioni di euro di contributi. Il programma si concentra su progetti pilota e dimostrativi.

BMW Group punta sull'approvvigionamento d'idrogeno liquido.

Nell'introduzione del carburante alternativo su tutto il territorio nazionale, BMW Group punta sull'idrogeno liquido. Il motivo principale è che rispetto all'idrogeno gassoso, l'idrogeno liquido offre una maggiore densità energetica.

In collaborazione con il partner di progetto Magna Steyr, BMW ha avviato lo sviluppo di un sistema di serbatoio che consente di rifornire le automobili con dell'idrogeno liquido in modo pulito e sicuro, in modo simile alle vetture a benzina o gasolio.

La prima stazione di rifornimento d'idrogeno liquido pubblica del mondo è stata inaugurata nel 2000 all'aeroporto di Monaco di Baviera, gestita dalla ditta Linde e utilizzata da BMW insieme ad altri produttori. Questo progetto ha contribuito a raccogliere delle preziose esperienze pratiche sul motore a idrogeno.

In seguito sono state messe in funzione altre due stazioni di rifornimento. Nel 2004 è stata inaugurata a Berlino una stazione Aral che approvvigiona gli autobus e le automobili con idrogeno liquido e gassoso. Nel marzo del 2006 l'impresa petrolchimica Total ha aperto a Berlino un'altra stazione di rifornimento integrata che offre, oltre ai carburanti tradizionali, anche l'idrogeno. La stazione ha sostituito una stazione di prova che era stata inaugurata dalla Total a Berlino già nel 2002.

Altre stazioni di rifornimento d'idrogeno liquido sono disponibili, su scala mondiale, a Washington, Tokio e Milano.

BMW e Total promuovono lo sviluppo dell'idrogeno.

Al fine di promuovere l'idrogeno come carburante alternativo, BMW e Total hanno deciso di intensificare la loro collaborazione futura. Le due imprese hanno firmato recentemente un accordo che prevede l'apertura da parte di Total di tre stazioni di rifornimento a idrogeno in Europa, così da incentivare la diffusione delle automobili BMW a idrogeno. Dopo l'inaugurazione della stazione Total di Berlino, un'altra stazione pubblica di rifornimento con erogatori d'idrogeno verrà messa in funzione a Monaco nel corso di questo anno, nelle vicinanze del Centro di ricerca e innovazioni di BMW. Al contempo sarà chiusa la stazione all'aeroporto di Monaco. Inoltre, è stata accordata la costruzione di una terza stazione di rifornimento integrata a idrogeno in una città europea.

Processo di rifornimento uguale in tutto il mondo.

Un vantaggio della tecnologia all'idrogeno è la semplicità del processo di rifornimento dell'automobile. Il riempimento del serbatoio d'idrogeno è comandato quasi interamente dal sistema ed è analogo a un pieno di benzina.

Per tutte le stazioni di rifornimento d'idrogeno liquido del mondo è stato sviluppato un innesto ad accoppiamento uniforme, che è stato costruito in stretta collaborazione tra l'industria automobilistica, l'industria di approvvigionamento di carburante e la ditta Linde. BMW Group ha

partecipato come rappresentante delle case automobilistiche europee a questo lavoro di sviluppo comune che definisce uno standard mondiale per i sistemi di rifornimento d'idrogeno liquido.

Costruzione dell'infrastruttura con l'aiuto della tecnologia Linde.

BMW Group e Linde hanno già collaborato in una serie di progetti d'idrogeno. La ditta Linde è uno dei principali costruttori d'impianti di produzione d'idrogeno del mondo e ha realizzato numerosi impianti di liquefazione d'idrogeno. L'impresa è attiva a tutti i livelli di produzione e di approvvigionamento di H₂. La Linde è uno dei maggiori produttori d'idrogeno, fornisce l'impiantistica a quasi tutte le stazioni d'idrogeno liquide attualmente esistenti e serve inoltre le stazioni di Berlino e Monaco con idrogeno liquido e gassoso.

15. La Clean Energy Partnership: è parte della Strategia di sostenibilità nazionale e ha come obiettivo di dimostrare l'idoneità dell'idrogeno alla guida giornaliera.



- **CEP – uno dei più grandi progetti dimostrativi del mondo.**
- **Parte integrale della Strategia di sostenibilità nazionale.**
- **A Berlino la flotta a idrogeno viene utilizzata giornalmente.**

In Germania, l'utilizzo dell'idrogeno come energia alternativa per i motori viene testato a condizioni molto simili alla prassi nell'ambito di un'iniziativa comune. A questo scopo, BMW collabora con Aral, i Berliner Verkehrsbetriebe (ente per i trasporti pubblici di Berlino – BVG), DaimlerChrysler, Ford, General Motors/Opel, Volkswagen, Hydro, Linde, Total e Vattenfall Europe nella Clean Energy Partnership Berlin (CEP). La CEP, fondata nel 2002, gestisce uno dei più importanti progetti dimostrativi d'Europa – al contempo uno dei più grandi del mondo. L'obiettivo dell'iniziativa è di acquisire ulteriore sapere sull'idrogeno e le sue proprietà come vettore di energia e di collaudare le possibilità di un suo utilizzo nella vita giornaliera così come l'efficacia del sistema nella sua totalità. La durata del progetto CEP è limitata inizialmente alla fine del 2007, il budget ammonta a 33 milioni di euro. La CEP è al contempo parte della Strategia nazionale di sostenibilità e viene promossa dal governo federale tedesco.

Un aspetto importante nelle prove pratiche con l'idrogeno come carburante alternativo è la dimostrazione del suo impatto positivo sull'ambiente. A questo scopo, l'idrogeno dovrebbe essere prodotto possibilmente da fonti di energia rinnovabili. Questo è fattibile soprattutto attraverso la produzione di corrente dalla biomassa, dall'energia solare, idrica ed eolica perché in questi processi non si formano, fino all'utilizzo dell'idrogeno, delle emissioni indesiderate.

Automobili e autobus alimentati a idrogeno nel traffico cittadino.

Nell'ambito di questa iniziativa, BMW ha in circolazione diverse automobili con motore a combustione interna a idrogeno. L'intera flotta CEP è composta da 16 automobili di vari fabbricanti, equipaggiate di tecnologie differenti, che circolano a Berlino. Tutte le vetture hanno in comune che funzionano praticamente senza generare delle emissioni, cioè dal terminale di scarico fuoriesce, come prodotto finale della combustione dell'idrogeno nel motore, del puro vapore acqueo.

In Europa, le automobili di BMW non si trovano più nella fase di test, ma vengono guidate nel traffico cittadino. Questo dimostra la loro elevata idoneità alla guida giornaliera. A livello di potenza e affidabilità, le automobili a idrogeno sono assolutamente allo stesso livello delle automobili di BMW Group con motore tradizionale; anche il processo di rifornimento è praticamente uguale per il guidatore. A livello di sicurezza non deve essere accettata nessuna limitazione: secondo uno studio del TÜV Süddeutschland, «le automobili a idrogeno presentano un livello di sicurezza comparabile almeno a quello delle tradizionali automobili a benzina».

L'energia di propulsione alternativa viene utilizzata anche nei trasporti pubblici cittadini. I Berliner Verkehrsbetriebe (ente di Berlino per i trasporti pubblici BVG) hanno messo in funzione nel 2006, nell'ambito del progetto promosso dall'Unione europea «HyFLETT:CUTE», due autobus con motori a combustione interna a idrogeno. Nei prossimi due anni si aggiungeranno altri 12 autobus. La più grande flotta di autobus a idrogeno a basso impatto ambientale del mondo dovrà dimostrare la validità del concetto in un duro test di utilizzo quotidiano dato che sarà integrata nel servizio di linea di Berlino.

Due stazioni di rifornimento a idrogeno nella prova pratica.

Un altro aspetto centrale del lavoro della CEP è di fornire la prova pratica della validità del concetto di approvvigionamento. A questo scopo sono state costruite a Berlino due stazioni pubbliche di rifornimento a idrogeno.

Queste sono attualmente le uniche stazioni di rifornimento d'Europa che consentono di fare il pieno sia d'idrogeno liquido che gassoso.

Nel novembre del 2004 è stata inaugurata a Messedamm a Berlino-Charlottenburg la stazione di rifornimento CEP Aral, specializzata nel rabbocco e nel servizio di assistenza di automobili con motore a idrogeno.

Per la prima volta l'Aral ha riunito in una stazione di rifornimento tradizionale la fornitura, l'immagazzinamento e il processo di rifornimento d'idrogeno liquido, la produzione sul posto e il rifornimento d'idrogeno gassoso.

Al contempo, la CEP gestisce nella stazione di rifornimento un centro d'informazioni nel quale i visitatori possono ottenere numerosi dati interessanti sul progetto e sulle possibilità d'utilizzo e le prospettive future dei motori a idrogeno.

Nel marzo del 2006 il gruppo petrolchimico Total ha inaugurato la stazione di rifornimento CEP a Berlino-Spandau. L'attività di questa stazione è l'approvvigionamento di carburante per gli autobus del BVG. Fino a 20 autobus al giorno possono fare il pieno d'idrogeno; inoltre, la stazione può servire con idrogeno liquido e gassoso anche le automobili. La stazione dispone anche di un cosiddetto impianto di riformazione di vapore per la produzione locale d'idrogeno dal gas liquido e di due fuel-cell stazionarie

che ne assicurano l'approvvigionamento di corrente e di calore. La stazione viene rifornita d'idrogeno liquido – che viene immagazzinato a una temperatura di meno 253 gradi centigradi – introdotto in un serbatoio costruito sopra il livello del suolo dalla capacità di 17.600 litri.

Il progetto si sviluppa con successo.

Attraverso le innovative stazioni di rifornimento e la flotta di automobili, la CEP presenta l'utilizzo delle tecnologie del futuro e illustra inoltre le premesse tecniche ed economiche per sfruttare l'idrogeno nel traffico di ogni giorno. Al contempo, l'obiettivo è di mettere alla prova l'idoneità di funzionamento di diverse tecnologie già disponibili nell'ambito di un sistema, come la produzione decentrale d'idrogeno gassoso attraverso l'elettrolisi o attraverso la trasformazione d'idrogeno liquido nelle stazioni di rifornimento. Ulteriori elementi del progetto sono la produzione centrale d'idrogeno in un impianto di produzione esterno, così come la sua fornitura e l'immagazzinamento sul posto.

Inoltre viene messa alla prova pratica la produzione economica d'idrogeno da fonti energetiche a basso impatto ambientale. L'impresa produttrice di energia Vattenfall Europe fornisce al progetto CEP dell'energia prodotta in via rinnovabile. Attraverso la fornitura di corrente «verde» certificata, viene garantito che l'intera catena di energia necessaria per alimentare i veicoli a idrogeno sia esente da emissioni.

Dal suo inizio nell'anno 2002, il progetto di dimostrazione della CEP funziona nel complesso esercizio di ogni giorno senza presentare dei problemi. Le imprese partecipanti hanno potuto acquisire molte informazioni nuove sull'utilizzo dell'idrogeno e compiere dei grandi progressi in numerosi campi. Le esperienze degli utenti, dei tecnici e dei gestori del progetto CEP saranno valutate nel 2007.



16. Il vettore di energia: l'idrogeno come alternativa ai carburanti fossili disponibile in modo illimitato e la sua produzione sostenibile come prospettiva futura.

- **Produzione ecologicamente vantaggiosa grazie all'utilizzo di energie rinnovabili.**
- **Produzione dell'idrogeno con l'energia eolica e solare: un elevato potenziale in Europa.**
- **Collaudo di nuove tecnologie d'immagazzinamento.**

Nella sua qualità di vettore energetico, l'idrogeno offre un enorme potenziale per il futuro perché è disponibile in modo praticamente illimitato.

L'idrogeno (simbolo chimico: H) è l'elemento più vecchio, più frequente e più leggero dell'universo. Essendo anche un componente dell'acqua è presente in tutti i composti organici del circuito biologico ed è dunque compatibile con l'ambiente. L'idrogeno è immagazzinabile sotto forma liquida a bassissima temperatura ed è facilmente trasportabile. Sotto forma gassosa è atossico, incolore e inodore. L'idrogeno liquido presenta, in base al peso, un quantitativo di energia tre volte superiore alla benzina. Mentre l'utilizzo di carburanti fossili comporta necessariamente la formazione di emissioni di anidride carbonica, il carburante alternativo idrogeno è altamente compatibile con l'ambiente, dato che la sua combustione produce praticamente solo del vapore acqueo.

L'idrogeno prodotto in via rinnovabile è l'unico vettore di energia sfruttabile in via sostenibile.

I vantaggi ecologici e l'auspicata indipendenza dai carburanti fossili non disponibili in quantitativi illimitati sono i motivi principali per cui negli anni Ottanta BMW ha orientato, come una delle prime case automobilistiche del mondo, lo sviluppo delle proprie automobili a medio e lungo termine sull'esercizio a idrogeno. L'obiettivo è di evitare le emissioni e di sfruttare su grande scala l'energia prodotta in via rinnovabile.

In tutto il mondo vengono prodotti già 600 miliardi di metri cubi d'idrogeno all'anno.

Attualmente vengono prodotti in tutto il mondo più di 600 miliardi di metri cubi d'idrogeno all'anno, in Germania circa 30 miliardi di metri cubi. L'idrogeno è disponibile soprattutto sotto forma di acqua e negli idrocarburi, cioè in carbone, petrolio e gas naturale. L'idrogeno non legato non esiste in natura. Al fine di sfruttarlo sul piano energetico deve essere trasformato. L'idrogeno puro può essere prodotto ad esempio dall'acqua, dalla biomassa, dal petrolio o dal gas naturale. Particolarmente interessante è la sua produzione in via

sostenibile nell'ambito del circuito rinnovabile della natura. Infatti, l'idrogeno prodotto dalla biomassa o con l'aiuto dell'energia solare, eolica o idrica, è disponibile in quantitativi illimitati, dato che a differenza del carbone o del petrolio può essere ottenuto dall'acqua in quantitativi praticamente illimitati.

Produzione d'idrogeno dall'acqua.

Una delle possibilità più interessanti e promettenti a lungo termine è la produzione d'idrogeno tramite elettrolisi. Attraverso l'afflusso di corrente, è possibile produrre l'idrogeno dall'acqua in quantitativi praticamente illimitati. L'energia elettrica separa il legame chimico dell'acqua e lo decomponе in idrogeno e ossigeno. Nel corso di questo procedimento all'anodo (elettrodo positivo) si forma dell'ossigeno e al catodo (negativo) dell'idrogeno.

Il principio viene applicato in un cosiddetto elettrolizzatore attraverso un collegamento in serie. Attualmente, circa il 2 per cento dell'idrogeno consumato su scala mondiale viene prodotto con questa tecnica. Dal punto di vista ecologico, il processo è raccomandabile soprattutto quando la corrente necessaria per l'elettrolisi viene prodotta in via rinnovabile.

Idrogeno prodotto con l'energia solare.

Una variante affascinante della produzione d'idrogeno è quella con energia solare. Il sole offre il più grande potenziale di energia rinnovabile: in un secondo, il sole manda verso la terra un quantitativo di energia che corrisponde al consumo mondiale di un anno. L'energia solare di un anno ammonta a circa 1,1 miliardi di terawattore che corrispondono circa a un quantitativo diecimila volte superiore al consumo annuo globale. Ad esempio, l'energia solare è trasformabile attraverso dei pannelli solari che producono della corrente. Per collaudare questa tecnica BMW ha partecipato già molto presto al progetto d'idrogeno solare a Neunburg vorm Wald/Baviera dove in collaborazione con altre imprese si collauda la produzione fotovoltaica d'idrogeno e il suo utilizzo per una serie di applicazioni.

Secondo lo stato attuale della tecnica, ancora più interessante è la produzione di corrente attraverso delle centrali solari termiche funzionanti con specchi parabolici con un tubo posizionato lungo la linea focale degli specchi nel quale viene riscaldato dell'olio fino a 400 gradi Centigradi. In uno scambiatore di calore l'olio fa evaporare dell'acqua che aziona a sua volta una turbina a vapore per produrre della corrente. Questi impianti sono già in funzione nel deserto del Mojave in California e producono l'ecologica corrente solare che viene utilizzata per fabbricare dell'idrogeno. Nella più grande centrale solare del mondo vengono prodotti su una superficie di specchi di 2,3 milioni di metri quadri 354 megawatt di corrente che corrispondono al fabbisogno energetico di circa 200.000 persone.

Al fine di promuovere lo sfruttamento dell'energia solare anche in Europa, in Spagna viene costruito attualmente un impianto simile a quello delle centrali solari californiane. Le possibilità di produzione d'idrogeno dall'energia solare sono enormi. Gli esperti stimano che il potenziale tecnico mondiale sia 30 volte superiore al fabbisogno attuale di carburante di tutto il mondo.

Alto potenziale per l'Europa.

Le regioni più adatte alle centrali termiche solari sono quelle intorno al 40. grado di latitudine. Il potenziale più alto lo offrono l'Africa con circa 1,5 milioni e l'Australia con circa 1,1 milioni di terawattore (TWh). Ma anche per l'Europa questa forma di produzione di corrente rappresenta un'alternativa interessante. Gli esperti valutano il potenziale a circa 4.500 TWh che corrisponde alla potenza di oltre 12 milioni di centrali solari californiane descritte sopra. Attraverso l'energia fotovoltaica, cioè l'utilizzo di collettori solari, sono realizzabili in Europa circa 600 TWh.

Anche l'energia eolica potrebbe divenire una fonte importante per la produzione d'idrogeno. Il potenziale mondiale per la produzione di H₂ con la corrente eolica ammonta a un quantitativo 15 volte superiore al fabbisogno attuale di carburante. Gli esperti stimano che in Europa degli impianti eolici offshore, dunque costruiti in mare aperto, potrebbero produrre circa 1.800 TWh di corrente, mentre il potenziale dei parchi eolici a terra ammonta a circa 350 TWh. Attualmente, in Europa vengono prodotti solo 60 TWh di corrente elettrica con l'energia eolica che corrispondono circa al 2,4 percento del fabbisogno di energia totale.

L'idrogeno prodotto con la biomassa.

Un'altra alternativa è costituita dalla produzione d'idrogeno attraverso delle materie prime rinnovabili. Questa è l'unica possibilità per ottenere l'idrogeno direttamente da un vettore di energia primaria rinnovabile. Inoltre, la biomassa viene considerata neutra a livello di CO₂, dato che le piante assorbono dall'aria nel corso della fotosintesi un quantitativo di anidride carbonica più o meno identico a quello che emettono successivamente nella fase di trasformazione. L'idrogeno da biomassa viene fabbricato ad esempio attraverso la fermentazione o la gassificazione. Gli esperti sono dell'avviso che si potrebbero utilizzare anche dei rifiuti organici per la produzione d'idrogeno. Il potenziale mondiale disponibile per la produzione d'idrogeno da biomassa ammonta a circa 14.400 TWh che consentirebbero di coprire già il 60 percento del fabbisogno mondiale di carburante. La produzione d'idrogeno dalla biomassa sarebbe realizzabile a bassi costi. Questo viene dimostrato da uno studio che valuta i costi per la sua messa a disposizione alla stazione di rifornimento. Apparentemente sarebbe possibile raggiungere un importo di 0,80 euro per un'unità d'idrogeno dallo stesso contenuto energetico di un litro di benzina.

Numerose possibilità d'immagazzinamento.

A differenza dell'energia elettrica, l'idrogeno è immagazzinabile in grandi quantitativi sia sotto forma gassosa che liquida. Questo avviene ad esempio in cosiddetti gasometri o in serbatoi pressurizzati fino a 100 bar. Dei piccoli quantitativi sono immagazzinabili in bombole pressurizzate in acciaio o in materiale composto rinforzato con fibra di carbonio a una pressione massima di 350 bar. I nuovi sistemi di serbatoi per le automobili che possono essere riempiti con una pressione fino a 700 bar sono stati già montati nelle prime autovetture.

Sotto forma liquida, l'idrogeno può essere immagazzinato a una temperatura di meno 253 gradi Centigradi. Un'ulteriore possibilità sono i cosiddetti serbatoi ibridi nei quali l'idrogeno viene immagazzinato sotto pressione con della polvere metallica e viene liberato attraverso un apporto di calore. I serbatoi ibridi possono assorbire un quantitativo d'idrogeno fino al due per cento del loro peso, che però non è sufficiente per l'utilizzo nelle automobili.

Attualmente, il lavoro di ricerca si concentra sull'immagazzinamento in strutture a nanofasi o in alanati – dei composti di alluminio e idrogeno legati dal magnesio. Queste tecnologie aprono delle prospettive completamente nuove per l'immagazzinamento dell'idrogeno.

17. Il progetto BMW CleanEnergy: esperienza BMW nel campo dell'idrogeno iniziata negli anni Ottanta, concentrazione sul motore a combustione interna, fuel-cell come tecnica complementare.



- **Negli anni Ottanta presentazione della prima BMW con motore a idrogeno.**
- **170.000 chilometri di esperienza pratica con la BMW 750hL.**
- **Nove record mondiali con l'automobile a idrogeno BMW H₂R.**

BMW Group dispone di un'esperienza pluriennale nella ricerca dell'idrogeno come fonte di alimentazione alternativa. Già negli anni Ottanta BMW ha avviato lo sviluppo di motori e automobili alimentabili con idrogeno liquido. Nei primi prototipi funzionanti sia a idrogeno che a benzina, il serbatoio d'idrogeno altamente isolato occupava tutto il bagagliaio dell'automobile.

Nel 1984 venne costruita la BMW 745i Turbo con un motore 3,5 litri sei cilindri in linea. Nel 1990 il Gruppo presentò la BMW 735iL, la nuova generazione di un'automobile con motore a idrogeno, e nel 1995 fu presentata la BMW 728h con un motore 2,8 litri sei cilindri in linea. Tutte le automobili avevano in comune il motore bivalente ed erano in grado di funzionare sia a idrogeno che a benzina. I motori disponevano già allora di una cosiddetta insufflazione d'idrogeno nel collettore di aspirazione e in tutte le automobili il serbatoio dell'idrogeno liquido era montato nel bagagliaio.

La BMW 750hL: la prima automobile a idrogeno prodotta in una piccola serie.

Il 2000 marcò un grande progresso a livello di sviluppo, quando a Berlino venne presentata la BMW 750hL, la prima automobile a idrogeno del mondo prodotta in una piccola serie. Il motore a idrogeno a 12 cilindri basato sul propulsore di serie della BMW 750i erogava 150 kW/204 CV da una cilindrata di 5,4 litri.

L'elevato potenziale del motore a idrogeno per la guida pratica fu dimostrato per la prima volta dalla BMW 750hL in occasione dell'Esposizione mondiale Expo 2000 a Hannover, dove 15 automobili vennero utilizzate giornalmente come shuttle. Nel febbraio dell'anno successivo BMW avviò la famosa «CleanEnergy World Tour 2001». La flotta composta da 15 BMW 750hL percorse cinque continenti e circa 170.000 chilometri in tutto il mondo. Dopo la partenza a Dubai, la rotta le portò a Bruxelles, Milano, Tokio e Los Angeles fino alla tappa finale a Berlino. Ancora oggi il giro del mondo viene considerato un forte argomento a favore di uno dei carburanti più puliti a nostra disposizione. Con la dimostrazione pratica BMW ha fornito un'altra prova impressionante dell'elevata affidabilità del motore a idrogeno.

APU: fuel-cell per l'approvvigionamento di corrente.

Una particolarità della BMW 750hL era la fuel-cell che serviva all'approvvigionamento di corrente. Nella sua funzione di Auxiliary Power Unit era stata montata nel bagagliaio dell'autovettura e forniva la corrente all'elettronica di bordo e all'impianto di climatizzazione. La compatta fuel-cell richiede solo lo spazio occupato da una normale batteria ma con 5 chilowatt messi a disposizione la supera sia a livello di potenza che di durata. La «batteria elettrochimica» non assicura solo l'approvvigionamento di corrente dell'automobile ma anche una serie di funzioni nuove. Ad esempio, gli innovativi modelli a idrogeno della BMW Serie 7 sono equipaggiati di un sistema di climatizzazione a fermo, così da generare del freddo indipendentemente dal funzionamento del motore.

Mentre i «normali» utenti elettrici di una rete di bordo di un'automobile vengono alimentati da un convertitore con la tensione di 12 volt, questo impianto di climatizzazione funziona a 42 volt. In futuro, sempre più apparecchi di bordo saranno alimentati con una tensione di 42 volt o superiore dato che con la corrente a 12 volt i quantitativi di energia necessari diventano troppo alti e la potenza necessaria non è trasmettibile. In questo campo la fuel-cell sfrutta i propri vantaggi; grazie alla costruzione modulare, può essere adattata in modo ottimale al fabbisogno futuro delle reti di bordo. L'utilizzo della fuel-cell come APU per la produzione di corrente nell'automobile è anche al centro degli attuali progetti di ricerca che perseguono l'obiettivo di sviluppare una soluzione particolarmente pratica per lo sfruttamento di questa tecnologia.

Studio di concetto della Hydrogen: la BMW 745h con propulsore a 8 cilindri.

Già nel 2001 BMW ha presentato al Salone internazionale dell'automobile (IAA) di Francoforte la BMW 745h come studio di concetto della Hydrogen. Questo studio di concetto voleva dimostrare una possibile automobile di serie a idrogeno basata sull'attuale BMW Serie 7. Nella BMW 745h è stato presentato per la prima volta un motore a idrogeno basato sulla nuova generazione di motori a 8 cilindri. Il propulsore ha una cilindrata di 4,4 litri ed eroga nell'esercizio a idrogeno una potenza di 135 kW/184 CV.

BMW H₂R: nove record mondiali con l'automobile a idrogeno.

Che anche l'idrogeno si presti a realizzare dei primati sportivi è stato dimostrato nel settembre 2004. Sul circuito di alta velocità del centro di prove di BMW a Miramas in Francia, il prototipo BMW H₂R con motore endotermico ha marcato nove record per veicoli a idrogeno. BMW ha scritto così un nuovo capitolo di storia dell'automobilismo. La BMW H₂R ha superato ad esempio la distanza di un chilometro con partenza lanciata in meno di 12 secondi e ha raggiunto una velocità di oltre 300 km/h. I risultati della caccia

ai record sportivi non hanno rivelato solo l'elevato potenziale di potenza del motore a idrogeno ma hanno dimostrato anche il grado di maturità del propulsore. La BMW H₂R ha sottolineato nuovamente il ruolo di BMW come leader tecnologico.

Il propulsore a idrogeno della BMW H₂R era stato sviluppato in solo dieci mesi, si basa sul motore a benzina della BMW 760i ed è equipaggiato dunque della più moderna tecnologia motoristica. Il motore a 12 cilindri ha erogato da una cilindrata di 6 litri 210 kW/285 CV che hanno accelerato il prototipo in circa 6 secondi a 100 km/h e gli hanno consentito di raggiungere una velocità di punta di oltre 300 km/h. La base del sistema di carburante era l'affermato concetto della produzione in serie. Per l'immagazzinamento dell'idrogeno è stato sviluppato un serbatoio a doppia parete dalla capacità di circa 11 chilogrammi d'idrogeno liquido. Nell'autotelaio gli ingegneri hanno fatto uso di componenti di serie di un'automobile sportiva BMW. La scocca della BMW H₂R, lunga 5,40 metri e larga 2 metri è stata concepita in modo da offrire un'aerodinamica ottimale e la pelle esterna è stata realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di carbonio (CFRP).

Conoscenze dell'idrogeno per le scuole.

L'obiettivo della strategia energetica di BMW CleanEnergy è di promuovere la mobilità sostenibile. BMW CleanEnergy è il termine generico che descrive il circuito dell'energia ecologicamente ideale, cioè chiuso, sulla base dell'acqua. L'idrogeno può essere prodotto in modo ecocompatibile e utilizzato in modo quasi illimitato. BMW si impegna anche per aumentare l'accettazione del carburante del futuro da parte della società. Ad esempio, BMW Group offre in tutto il mondo sotto il titolo «H₂ – la mobilità del futuro» dell'ampio materiale didattico sui temi energia, idrogeno e tecnologia dell'idrogeno. La cartella di base viene raccomandata anche dall'Istituto bavarese per la pedagogia scolastica e la ricerca sulla formazione (ISB) come materiale didattico per le scuole medie e i licei. Inoltre, è disponibile anche del materiale per le scuole elementari.

BMW CleanEnergy nel Centro del traffico e dei trasporti del Deutsches Museum.

Nella sua qualità di membro fondatore del Centro del traffico e dei trasporti, BMW informa nel Deutsches Museum sulla mobilità del futuro basata sull'idrogeno. Dal 2003 i visitatori possono seguire su una superficie di 400 metri quadri un'affascinante presentazione, completata da numerose vetrine interattive, sulle possibilità di utilizzo dell'idrogeno. Nella mostra viene illustrato il circuito completo dell'idrogeno: la produzione, la distribuzione e l'immagazzinamento dell'idrogeno fino al suo utilizzo nella prima automobile di serie a idrogeno del mondo, la BMW Hydrogen 7. Inoltre, BMW presenta in Cina una mostra simile dal 2004, nel Science & Technology Museum di Pechino, dove viene illustrata la strategia energetica BMW CleanEnergy.

Dati tecnici. BMW Hydrogen 7.

Carrozzeria			Hydrogen 7
Numero porte/posti			4/4
Lungh./lorgh./alt. (vuota)	mm	5.179/1.902/1.489	
Passo	mm	3.128	
Carreggiata ant./post.	mm	1.578/1.582	
Diametro sterzata	m	12,6	
Capacità serbatoio	ca. l	74	
Quantità accumulabile utile H ₂	ca. kg	7,8	
Sistema di raffr. incl. riscaldamento	l	14,9	
Olio motore	l	8,5	
Olio ingranaggi	l	Carica perenne	
Olio per riduttore assiale	l	Carica perenne	
Peso a vuoto EG (incl. conduc. da 75 kg)	kg	2.460	
Carico utile (incl. pacchetto optional)	kg	400 (incl. 100 kg su tetto)	
Peso complessivo ammesso sec. DIN	kg	2.860	
Car. ass. post.: Peso a vuoto DIN/EG è	%	53	
Carico trainabile ammesso frenato (12%)/non frenato	kg	non omologato	
Carico su tetto ammesso	kg	100	
Capacità bagagliaio DIN 70020	l	225	
Resistenza aerodinamica	C _x x A	0,30 x 2,38	
Motore			
Tipo/cilindri/valvole		V/12/4	
Gestione motore		MED9 (H ₂ e benzina)	
Cilindrata	cm ₃	5972	
Corsa/alesaggio	mm	80,0/89,0	
Compressione	:	1	9,5
Carburante		Idrogeno/ROZ 98	
Potenza	kW (CV)	191 (260)	
a giri	min ⁻¹	5.100	
Coppia	Nm	390	
a giri	min ⁻¹	4.300	
Impianto elettrico			
Batteria/posizione	Ah/-	90/Bagagliaio lato destro	
Generatore	A/W	180/2.520	
Sospensioni			
Sospensione anteriore		Mac Pherson con braccio tirante e traversa, sterzo a cremagliera	
Sospensione posteriore		Integral IV rinforzata; elementi di rinforzo in acciaio ed alluminio; sospensione posteriore a doppia elasticità	
Sistemi di stabilità		Adaptive Drive (= Dynamic Drive + EDC)	
Freni anteriori		Pinza dei freni in alluminio FNR Al 60; disco dei freni ventilato	
Diametro	mm	348 x 30	
Freni posteriori		Pinza dei freni in ghisa sferoidale FN 46; disco dei freni ventilato	
Diametro	mm	345 x 24	
Sterzo		Servosterzo a cremagliera ad intervento variabile (sistema Servotronic)	
Rapporto totale di trasmissione sterzo	:	1	13,1
Cambio		Automatico sull'asse posteriore	
Rapporti del cambio	I	:	4,17
	II	:	2,34
	III	:	1,52
	IV	:	1,14
	V	:	0,87
	VI	:	0,69
	R	:	3,40
Riduttore assiale	:	1	3,62
Pneumatici		245/50 R 18 100 W RSC Bridgestone ER 42	
Cerchi		Cerchio multirazza da 18" (8J x 18 EH 2)	
Prestazioni			
Rapporto massa/potenza secondo DIN	kg/kW	12,87	
Potenza specifica	kW/l	31,98	
Accelerazione 0-100 km/h	s	9,5	
Velocità massima	km/h	230 (limitatore)	
Consumo ciclo UE			
Totale benzina	l/100 km	13,9 (partenza in modo H ₂)	
Totale H ₂	kg/100 km	3,6 (benzinequivalente 13,3 litri)	
Emissioni CO ₂ UE da benzina	g/km	332	
Emissioni CO ₂ UE da H ₂	g/km	5	
Altre			
Emissioni		< EU4	
Assicurazione (classific. tedesca)	KH/V/K/TK	-	

19. Diagramma di potenza e di coppia.