Technical Williams

# **Στο εσωτερικό της Williams FW47 του 2025: Μια βαθιά τεχνική κατάδυση**

Η Williams FW47 σηματοδοτεί ένα καθοριστικό βήμα στην προσπάθεια της Williams Racing να ανέβει ξανά στο grid της Formula 1. Η FW47 παρουσιάστηκε σε μια φαντασμαγορική εκδήλωση στο Silverstone και έσπασε το κάλυμμα νωρίτερα από τους προκατόχους της - μια εσκεμμένη δήλωση ότι η Williams είναι καλύτερα προετοιμασμένη και πιο φιλόδοξη αυτή τη σεζόν. Το 2024 η ομάδα είχε αγωνιστεί με ένα καθυστερημένο, υπέρβαρο μονοθέσιο και αντιμετώπισε ακόμη και έλλειψη ανταλλακτικών από νωρίς. Για το 2025, ωστόσο, ο επικεφαλής της ομάδας James Vowles έχει περιγράψει την FW47 ως "εξέλιξη του περσινού σχεδιασμού", επικεντρωμένη με λέιζερ στην αντιμετώπιση των αδυναμιών - ιδιαίτερα στη βελτίωση των επιδόσεών της στις στροφές υψηλής ταχύτητας Αυτό το κύριο άρθρο θα αναλύσει κάθε στοιχείο του σχεδιασμού και των επιδόσεων της FW47, από το πλαίσιο από ανθρακονήματα μέχρι την υβριδική μονάδα ισχύος, και θα τη συγκρίνει τόσο με τα πρόσφατα μοντέλα FW45 και FW46 της Williams όσο και με τις αντίπαλες μηχανές που θα παρατάξουν οι Red Bull, Ferrari, Mercedes, McLaren, Aston Martin και άλλες το 2025.

## **Κατασκευή πλαισίου και υλικά**

Στον πυρήνα του FW47 βρίσκεται ένα εξαιρετικά προηγμένο μονοκόκ σασί, κατασκευασμένο από σύνθετα υλικά από ανθρακονήματα που είναι συνδεδεμένα πάνω σε έναν πυρήνα από κυψελωτό Kevlar. Αυτή η κατασκευή δημιουργεί ένα εξαιρετικά ελαφρύ αλλά απίστευτα άκαμπτο κύτταρο επιβίωσης για τον οδηγό, σχεδιασμένο να ξεπερνά τα πρότυπα ασφαλείας των δοκιμών πρόσκρουσης της FIA. Το μονοκόκ από ανθρακονήματα ενσωματώνει το κόκπιτ, την κυψέλη καυσίμου και τις δομές πλευρικής πρόσκρουσης σε ένα ενιαίο ισχυρό κέλυφος. Η Williams έχει μακρά κληρονομιά στην κατασκευή σύνθετων υλικών, και η μπανιέρα της FW47 επωφελείται από τις σταδιακές βελτιώσεις στις τεχνικές διαστρωμάτωσης και τα υλικά για τη βελτιστοποίηση της σχέσης ακαμψίας-βάρους. Το αποτέλεσμα είναι ένα πλαίσιο που είναι ελαφρύτερο και πιο ανθεκτικό από τον προκάτοχό του. Στην πραγματικότητα, αφού η υπέρβαρη FW46 αποδείχθηκε δαπανηρή σε επιδόσεις, η Williams έθεσε ως προτεραιότητα τη μείωση του βάρους - φέρνοντας την FW47 πιο κοντά στο ελάχιστο όριο βάρους (περίπου 796 κιλά με τον οδηγό, σύμφωνα με τους κανονισμούς) και επιτρέποντας τη χρήση έρματος για τη λεπτομερή κατανομή του βάρους. Το πλαίσιο έχει επίσης σχεδιαστεί για να φιλοξενήσει τη συσκευή προστασίας του halo cockpit και το αεροδυναμικό αμάξωμα, ενσωματώνοντας αυτά τα στοιχεία ομαλά στη δομή του αυτοκινήτου. Συνολικά, το monocoque του FW47 είναι μια υπερσύγχρονη δομή από άνθρακα που αποτελεί ένα στιβαρό θεμέλιο για τις επιδόσεις του αυτοκινήτου.

## **Αεροδυναμική: Πτερύγια, δάπεδο και αμάξωμα**

*Η Williams FW47 στο λανσάρισμά της, αναδεικνύοντας τις αεροδυναμικές λεπτομέρειες από την μπροστινή πτέρυγα μέχρι το πίσω αμάξωμα. Ο σχεδιασμός βασίζεται στην FW46 με εκλεπτυσμένες πτέρυγες, υποβαθμισμένα πλαϊνά και αναθεωρημένο πάτωμα που στοχεύει σε μεγαλύτερη downforce και αποτελεσματικότητα.*

Η αεροδυναμική είναι η αιμοδοσία κάθε σύγχρονου μονοθεσίου της F1 και το αμάξωμα του FW47 έχει σχεδιαστεί σχολαστικά για να παράγει downforce, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την αντίσταση. Η Williams εξέλιξε την αεροδυναμική ιδέα από τις FW45 και FW46, ενσωματώνοντας μαθήματα από τα κυρίαρχα σχέδια της Red Bull και άλλα, αλλά με τις δικές της ανατροπές. Σημαντικές περιοχές όπως η εμπρός και πίσω πτέρυγα, το δάπεδο, ο διαχύτης, οι πλευρικοί βραχίονες και η πτέρυγα δοκού έχουν λάβει προσοχή για τη βελτίωση της διαχείρισης της ροής του αέρα και της πρόσφυσης σε υψηλές ταχύτητες.

### **Σχεδιασμός μπροστινής πτέρυγας και μύτης**

Το FW47 διαθέτει μια μπροστινή πτέρυγα πολλαπλών στοιχείων με τέσσερα κύρια πτερύγια, σχεδιασμένα για να διοχετεύουν αποτελεσματικά τον αέρα κάτω από το αυτοκίνητο και γύρω από τους μπροστινούς τροχούς. Η Williams έχει επιλέξει ένα σχετικά ψηλό ρύγχος (εντός των επιτρεπόμενων κανονισμών) που τροφοδοτεί το κεντρικό τμήμα της πτέρυγας για μέγιστη downforce. Το εξωτερικό τμήμα της πτέρυγας είναι προσεκτικά διαμορφωμένο για να ανακτήσει κάποια ροή αέρα από τα εξωτερικά πτερύγια - ακόμη και σύμφωνα με τους αυστηρότερους κανονισμούς του 2022+ που στόχευαν στη μείωση των εξωτερικών πτερύγων, οι ομάδες έχουν βρει τρόπους να γωνιώνουν τις ακραίες πλάκες και τη γεωμετρία των πτερυγίων για να κατευθύνουν τον αέρα γύρω από τα μπροστινά ελαστικά. Τα endplates της μπροστινής πτέρυγας της Williams διαθέτουν ένα λεπτό σχέδιο καμπυλότητας και σχισμής στην πίσω ακμή, μια έξυπνη ερμηνεία των κανόνων για τη δημιουργία στροβίλων που βοηθούν στη στεγανοποίηση των πλευρών του δαπέδου. Σε σύγκριση με την μπροστινή πτέρυγα της FW45, η οποία ήταν απλούστερης σχεδίασης, η πτέρυγα της FW47 είναι πιο εκλεπτυσμένη: τα προφίλ και οι ρυθμιστές των πτερυγίων επιτρέπουν ένα ευρύτερο εύρος ρύθμισης της ισορροπίας, ενώ η σύνδεση με το ρύγχος έχει λεπταίνει για χαμηλότερη αντίσταση. Το ίδιο το ρύγχος είναι ένας μοναδικός πυλώνας που εκτείνεται στο κύριο επίπεδο και στεγάζει ένα σύστημα αγωγών S που παίρνει αέρα υψηλής πίεσης από την είσοδο του ρύγχους και τον βγάζει πάνω από το σασί - εξομαλύνοντας τη ροή του αέρα πάνω από το πάνω μέρος του αυτοκινήτου. Συνολικά, αυτές οι αλλαγές στο μπροστινό μέρος δίνουν στο FW47 καλύτερη εμπρόσθια υποπίεση και πιο σταθερή αεροδυναμική απόδοση στο yaw (δηλαδή όταν το αυτοκίνητο στρίβει), αντιμετωπίζοντας άμεσα την υποστροφή και την έλλειψη πρόσφυσης του μπροστινού μέρους που μερικές φορές εμπόδιζε τους προκατόχους του στις γρήγορες στροφές.

### **Sidepods και δάπεδο Venturi**

Ίσως ο πιο αξιοσημείωτος οπτικά τομέας εξέλιξης στο FW47 είναι ο σχεδιασμός του πλευρικού σκέλους και οι ακμές του δαπέδου. Η Williams έχει μετακινηθεί σταδιακά προς τη φιλοσοφία του downwash sidepod που πρωτοστάτησε η Red Bull - και η FW47 υιοθετεί πλήρως αυτή την ιδέα. Τα sidepods διαθέτουν μια βαθιά υποσκαφή στο μπροστινό μέρος, δημιουργώντας μια προεξοχή που διοχετεύει τον αέρα προς τα κάτω και γύρω από τα πλευρά του pod. Αυτή η υποσκαφή είναι πιο έντονη από ό,τι στο FW46, επιτρέποντας τη διοχέτευση μεγαλύτερου όγκου ροής αέρα προς το πίσω μέρος του μονοθεσίου κατά μήκος των πλευρών του αμαξώματος. Η επάνω επιφάνεια του sidepod σαρώνει προς τα κάτω προς το πίσω μέρος (συχνά αποκαλείται "ράμπα" ή επιφάνεια καταρράκτη), οδηγώντας τη ροή του αέρα προς την κορυφή του διαχύτη. Αυτό συμπληρώνεται από μια σειρά από περσίδες ψύξης με περσίδες στο επάνω μέρος του αμαξώματος sidepod, όταν το απαιτεί η υψηλή ζήτηση ψύξης - αν και το αμάξωμα μπορεί να λειτουργεί πιο ομαλά (με κλειστές περσίδες) σε πιο δροσερά γεγονότα για να μειωθεί η αντίσταση.

*Κοντινό πλάνο του πιλοτηρίου και της περιοχής του πλευρικού σκέλους του FW47. Σημειώστε το φωτοστέφανο και την εισαγωγή αέρα του roll hoop, καθώς και το σμιλευμένο υποδιάφραγμα του sidepod και την ανάγλυφη άκρη του δαπέδου (με το λογότυπο "Keeper") που έχει σχεδιαστεί για να αξιοποιεί το φαινόμενο του εδάφους. Η συμπαγής συσκευασία της μονάδας ισχύος της Mercedes επιτρέπει σφιχτό αμάξωμα σε αυτή την περιοχή.*

Το δάπεδο του FW47 είναι ένας κρίσιμος παράγοντας παραγωγής downforce μέσω της επίδρασης του εδάφους. Κάτω από το αυτοκίνητο, δύο μεγάλες σήραγγες Venturi διατρέχουν από την περιοχή της μπροστινής σανίδας μέχρι τον διαχύτη, που σφραγίζονται από την προσεκτικά διαχειριζόμενη ροή αέρα κατά μήκος των άκρων του δαπέδου. Η Williams έχει τελειοποιήσει τη γεωμετρία των άκρων του δαπέδου για το 2025 - οι άκρες του δαπέδου διαθέτουν τώρα μικρά τσακίσματα και ραβδώσεις που βοηθούν στην ενεργοποίηση του αέρα και διατηρούν τη ροή συνδεδεμένη, δημιουργώντας μια δίνη χαμηλής πίεσης κάτω από το δάπεδο για πρόσθετη αναρρόφηση. Αυτά τα winglets στην άκρη του δαπέδου (που είναι πλέον κοινός τόπος σε όλο το πλέγμα) και ένα ελαφρώς αυξημένο ύψος στην άκρη του δαπέδου (σύμφωνα με τις βελτιώσεις των κανονισμών του 2023) έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν ισχυρή downforce, αποφεύγοντας παράλληλα το porpoising που ταλαιπώρησε τα πρώτα σχέδια ground effect το 2022. Σε σύγκριση με την πιο επίπεδη ακμή δαπέδου της FW45, αυτή της FW47 είναι πολύ πιο περίτεχνη, δείχνοντας την αυξανόμενη κατανόηση της Williams για την αεροδυναμική του ground effect. Οι κάτω σήραγγες είναι επίσης βελτιστοποιημένες - ο λαιμός του Venturi (όπου ο αέρας είναι στενότερος και ταχύτερος) και η γραμμή κλωτσιάς του διαχύτη έχουν προσαρμοστεί για να αυξηθεί η downforce στις στροφές υψηλής ταχύτητας. Ειδικότερα, ο Vowles τόνισε ότι η ομάδα στόχευσε ειδικά σε κέρδη στις στροφές υψηλής ταχύτητας, και μεγάλο μέρος αυτού προέρχεται από ένα βελτιωμένο πακέτο δαπέδου και πλαϊνών μαρσπιέ. Το αποτέλεσμα είναι ένα αυτοκίνητο που θα πρέπει να κολλάει στην άσφαλτο πιο δυναμικά στις γρήγορες στροφές, σε σύγκριση με την αστάθεια που θα μπορούσε να παρουσιάσει η FW46 στο όριο.

### **Πίσω πτέρυγα και διαχύτης**

Στο πίσω μέρος, η FW47 φέρει μια εκλεπτυσμένη πίσω πτέρυγα και έναν ισχυρό διαχύτη - ο συνδυασμός είναι υπεύθυνος για το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής δύναμης καθόδου. Η πίσω πτέρυγα διατηρεί τη μονή κολόνα στήριξης που εισήχθη στην FW46 (που συχνά αποκαλείται στήριξη "λαιμός κύκνου" αν χρησιμοποιείται, αν και η Williams έχει μία κεντρική κολόνα), η οποία συγκρατεί το κύριο αεροπλάνο από πάνω. Αυτή η τοποθέτηση απελευθερώνει τη ροή του αέρα κάτω από το κέντρο της πτέρυγας για μεγαλύτερη απόδοση. Το κύριο αεροπλάνο και το πτερύγιο της πτέρυγας διαθέτουν ρυθμιζόμενο σχεδιασμό διπλού στοιχείου με μέτριο σχήμα κουταλιού (χαμηλότερο στο κέντρο για να μειωθεί η αντίσταση, υψηλότερο στα άκρα για να μεγιστοποιηθεί η downforce). Η Williams έχει επίσης αναπτύξει διαφορετικές διαμορφώσεις πτερύγων επιπέδου downforce για την FW47: μια μεγαλύτερη, βαθύτερη πτέρυγα για πίστες με υψηλή downforce (με πτερύγια gurney στην πίσω ακμή) και μια κομμένη πτέρυγα χαμηλότερης γωνίας για αγώνες χαμηλής αντίστασης τύπου Monza. Ο μηχανισμός DRS του FW47 έχει μεταφερθεί - ένα υδραυλικά ενεργοποιούμενο πτερύγιο ανοίγει ένα γενναιόδωρο διάκενο σχισμής για την απομάκρυνση της αντίστασης στις ευθείες. Η ομάδα δούλεψε για να κάνει το DRS ιδιαίτερα αποτελεσματικό, καθώς η ταχύτητα στην ευθεία ήταν ένα από τα δυνατά σημεία της Williams τα τελευταία χρόνια - σκοπεύουν να διατηρήσουν αυτή τη δύναμη ακόμα και όταν η downforce αυξάνεται αλλού.

Κάτω από την πτέρυγα, ο διαχύτης έχει βελτιώσει το σχήμα του. Το ύψος και η κλίση του διαχύτη περιορίζονται από τους κανονισμούς, αλλά η Williams βελτιστοποίησε την καμπυλότητα των ανώτερων ελασμάτων του διαχύτη και την ουρά του δαπέδου για να βελτιώσει την εξαγωγή αέρα από το κάτω μέρος του αυτοκινήτου. Μικρές λεπτομέρειες όπως η καμπυλότητα των πλευρικών τοιχωμάτων του διαχύτη και το σχήμα της κεντρικής καρίνας βοηθούν στη διαχείριση του τρόπου με τον οποίο η ροή του αέρα από τις σήραγγες Venturi επεκτείνεται στον διαχύτη. Αυτές οι βελτιώσεις αυξάνουν την περιοχή χαμηλής πίεσης κάτω από το αυτοκίνητο, προσθέτοντας downforce χωρίς μεγάλη αντίσταση. Συνολικά, το πίσω αεροδυναμικό πακέτο της FW47 στοχεύει στη δημιουργία ισχυρής downforce σε μεσαίες και γρήγορες στροφές, παρέχοντας ένα πιο φυτεμένο πίσω μέρος από ό,τι κατάφεραν οι FW45 ή FW46.

### **Πτέρυγα δοκού και άλλες αεροναυτικές λεπτομέρειες**

Το FW47 χρησιμοποιεί επίσης μια πτέρυγα δέσμης δύο στοιχείων πάνω από τον διαχύτη. Αυτή η μικρή πτέρυγα, τοποθετημένη χαμηλά πάνω από το κιβώτιο ταχυτήτων, βοηθάει τον διαχύτη ενεργοποιώντας τη ροή του αέρα και προσθέτει λίγη κάτω δύναμη στο πίσω μέρος. Τα προφίλ της πτέρυγας δοκού της Williams για το 2025 προσαρμόστηκαν ώστε να συμπληρώνουν τον νέο διαχύτη - πιθανότατα με ελαφρώς υψηλότερη γωνία προσβολής για το επάνω στοιχείο, ώστε να ανακτήσει την downforce που χάνεται από τις υπερυψωμένες ακμές του δαπέδου που επιβάλλεται από το 2023. Η πτέρυγα δέσμης μπορεί να διαμορφωθεί ή να αφαιρεθεί ανάλογα με τους στόχους αντίστασης- η Williams θα τρέχει συχνά και τα δύο στοιχεία για διαδρομές με μέγιστη downforce και θα αφαιρεί το ένα στοιχείο για αποτελεσματικότητα σε πίστες υψηλής ταχύτητας.

Άλλες αεροδυναμικές λεπτομέρειες στο FW47 περιλαμβάνουν αναθεωρημένους καθρέφτες και πτερύγια πλευρικών πτερυγίων. Οι πλευρικοί καθρέφτες είναι τοποθετημένοι σε σμιλευμένους μίσχους που λειτουργούν επίσης ως γεννήτριες δίνης, με μικρά winglets στο περίβλημα του καθρέφτη για να κατευθύνουν τη ροή του αέρα. Κάτω από το ρύγχος, τα εξαρτήματα της μπροστινής ανάρτησης (wishbones) είναι φτιαγμένα σε προφίλ που μοιάζουν με φτερά και η ευθυγράμμισή τους έχει επίσης ένα αεροδυναμικό όφελος - βοηθούν στην κατεύθυνση της ροής του αέρα προς τις εισαγωγές των sidepod και κάτω από το αυτοκίνητο. Ακόμα και η συσκευή φωτοστέφανου έχει υποστεί αεροδυναμική επεξεργασία, με ένα μικρό φέρινγκ στην κορυφή του και ένα κωνικό πίσω τμήμα για τη μείωση των απόνερα. Στο πίσω μέρος, το πτερύγιο του καλύμματος του κινητήρα (που μερικές φορές αποκαλείται πτερύγιο καρχαρία) είναι προσαρμοσμένο ώστε να σταθεροποιεί τη ροή του αέρα από τον εγκέφαλο προς την πτέρυγα. Η Williams έχει προσθέσει μια μικρή πτέρυγα Τ (ένα μικροσκοπικό πτερύγιο στη βάση του πτερυγίου καρχαρία), το οποίο οι περισσότερες ομάδες χρησιμοποιούν για να αποκομίσουν λίγο περισσότερη downforce με αμελητέα αντίσταση. Όλες αυτές οι λεπτές λεπτομέρειες καταδεικνύουν πώς κάθε επιφάνεια της FW47 έχει βελτιωθεί στη σήραγγα ανέμου. Η αεροδυναμική φιλοσοφία ακολουθεί τη γενική τάση που έχουν θέσει τα κορυφαία μονοθέσια - ένα downwash sidepod, ισχυρές σήραγγες δαπέδου και αποδοτικές πτέρυγες - αλλά η Williams την εφάρμοσε στο πλαίσιο των δυνατοτήτων της για να παράγει ένα πολύ πιο ικανό αεροδυναμικά μονοθέσιο από ό,τι τα προηγούμενα χρόνια. Το κρίσιμο είναι ότι η FW47 παράγει μια πιο ισορροπημένη downforce εμπρός-πίσω, δίνοντας στους οδηγούς αυτοπεποίθηση στις σκούπες υψηλής ταχύτητας, όπου η FW46 δυσκολευόταν.

## **Γεωμετρία ανάρτησης και εξαρτήματα**

Η ανάρτηση της Williams FW47 έχει αναλάβει δύο συχνά αντικρουόμενες εργασίες: να διαχειρίζεται την επαφή των ελαστικών με το οδόστρωμα στις ανωμαλίες και στις στροφές, χωρίς να διαταράσσει την αεροδυναμική πλατφόρμα του μονοθεσίου. Η Williams έχει επιμείνει σε μια **συμβατική διάταξη ανάρτησης** το 2025 - μια **ανάρτηση διπλού ψαλιδιού push-rod εμπρός και μια ανάρτηση διπλού ψαλιδιού pull-rod πίσω**, παρόμοια με τους περισσότερους αντιπάλους της. Πρόκειται για την ίδια βασική διάταξη που χρησιμοποιούσαν οι FW45 και FW46, αλλά με βελτιώσεις στη γεωμετρία.

**Μπροστινή ανάρτηση:** Το μπροστινό σύστημα με τις ράβδους ώθησης συνδέει τους ορθοστάτες των τροχών με τις ράβδους στρέψης και τους αποσβεστήρες που είναι κρυμμένοι στο εσωτερικό της μύτης του πλαισίου. Για την FW47, η Williams αναθεώρησε τη γεωμετρία της μπροστινής ανάρτησης για να εισαγάγει έναν βαθμό **αντι-βύθισης** - τα άνω και κάτω ψαλίδια είναι υπό γωνία όταν τα βλέπει κανείς από το πλάι, σχηματίζοντας μια γεωμετρία που αντιστέκεται στη βύθιση της μύτης του μονοθεσίου κατά το έντονο φρενάρισμα. Αυτό ευθυγραμμίζεται με μια τάση πάνω και κάτω από το pit lane, καθώς οι ομάδες έμαθαν να διατηρούν καλύτερα την αεροδυναμική σταθερότητα κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος, αποτρέποντας την υπερβολική κλίση. Τα ίδια τα ψαλίδια είναι εξορθολογισμένα μέλη από ανθρακονήματα, διαμορφωμένα ως προφίλ πτέρυγας. Η ομάδα δούλεψε και στη γεωμετρία του τιμονιού - η σχάρα και οι ράβδοι του τιμονιού της FW47 έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε να μειωθεί η καμπύλη και να αποκτήσουν οι οδηγοί (Alex Albon και ο νεοεισερχόμενος Carlos Sainz) μια πιο γραμμική απόκριση του τιμονιού. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι το μονοθέσιο θα είναι πιο εύκολο να τοποθετηθεί στην είσοδο της στροφής, εμπνέοντας μεγαλύτερη εμπιστοσύνη. Η ενεργοποίηση των ωθητικών ράβδων στο μπροστινό μέρος επιτρέπει στις μονάδες ελατηρίου/αμορτισέρ να τοποθετηθούν χαμηλά στο πλαίσιο, βοηθώντας το χαμηλό κέντρο βάρους. Στο εσωτερικό του ρύγχους, η Williams χρησιμοποιεί εσωτερικά ελατήρια στρέψης (ή ελατήρια Belleville stack) και ρυθμιζόμενα αμορτισέρ, πιθανότατα από εξειδικευμένους προμηθευτές. Ένα ελατήριο ανύψωσης (που μερικές φορές αποκαλείται και τρίτο αμορτισέρ) ελέγχει την κίνηση βύθισης και ανύψωσης του μπροστινού άξονα, που είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση του μπροστινού ύψους κύλισης σταθερού και τη βέλτιστη λειτουργία της μπροστινής πτέρυγας και του δαπέδου.

**Πίσω ανάρτηση:** Στο πίσω μέρος, το FW47 συνεχίζει με μια διάταξη ανάρτησης με ράβδο έλξης, όπου μια ράβδος προσαρτημένη στο κάτω μέρος του ορθοστάτη πηγαίνει προς τα πάνω στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων για να ενεργοποιήσει τα ελατήρια και τα αμορτισέρ. Αυτή η σχεδίαση με τη ράβδο έλξης, που χρησιμοποιήθηκε από τις περισσότερες ομάδες στην εποχή του ground-effect, επιτρέπει στα στοιχεία της πίσω ανάρτησης να τοποθετούνται χαμηλά. Η πίσω ανάρτηση της Williams είναι τοποθετημένη στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων και για το 2025 έχουν τροποποιήσει τη γεωμετρία ώστε να περιλαμβάνει κάποιο **anti-squat** (για να αντιστέκεται το πίσω μέρος στο κάθισμα κατά την επιτάχυνση). Τα πίσω ψαλίδια έχουν επίσης γωνία για **αντι-ανυψωτικές** ιδιότητες, βοηθώντας το αυτοκίνητο να παραμείνει επίπεδο όταν τα φρένα είναι ενεργοποιημένα και η MGU-K συλλέγει ενέργεια (η οποία μπορεί να προκαλέσει μεταφορά βάρους προς τα πίσω). Η κινηματική της πίσω ανάρτησης έχει βελτιστοποιηθεί ώστε να διατηρείται η επιφάνεια επαφής του ελαστικού όσο το δυνατόν πιο επίπεδη σε ένα εύρος κύλισης και ανύψωσης - ζωτικής σημασίας για συνεπή πρόσφυση και για την τροφοδοσία σταθερής ροής αέρα στον διαχύτη. Η Williams εργάστηκε για τη μείωση των τριβών σε όλες τις αρθρώσεις και για τη βελτιστοποίηση της ακαμψίας των μελών της ανάρτησης. μια πιο σκληρή ανάρτηση (με ελεγχόμενη συμμόρφωση) βοηθά στη διατήρηση της αεροδυναμικής πλατφόρμας, αν και πρέπει να εξισορροπηθεί με τη μηχανική πρόσφυση στις ανωμαλίες.

**Αμορτισέρ και ελατήρια:** Αν και οι λεπτομέρειες είναι καλά φυλαγμένες, το FW47 χρησιμοποιεί πιθανότατα ελατήρια τρίτου στοιχείου (ελατήρια ανύψωσης) τόσο εμπρός όσο και πίσω για τον έλεγχο της κατακόρυφης κίνησης ανεξάρτητα από την κύλιση. Αυτά τα ελατήρια ανύψωσης και τα αδρανή (αποσβεστήρες μάζας) βοηθούν στη ρύθμιση των ταλαντώσεων και τελειοποιήθηκαν ώστε να εξαλειφθούν εντελώς οι τάσεις αναπήδησης/πορποβολής. Οι αποσβεστήρες, πιθανώς από την Öhlins ή την Penske, είναι ρυθμιζόμενοι και επιτρέπουν στην ομάδα να ρυθμίζει τα χαρακτηριστικά οδήγησης για διαφορετικές πίστες.

**Ρυθμισιμότητα και ρύθμιση:** Αυτό σημαίνει ότι η ανάρτηση επιτρέπει προσαρμογές στο κύρτωμα, τις μύτες, το ύψος κύλισης και τη δυσκαμψία κύλισης για να ταιριάζει σε διάφορες πίστες και συμπεριφορές ελαστικών. Ένα πλεονέκτημα του ότι η FW47 είναι μια εξέλιξη είναι ότι οι μηχανικοί είχαν μια σταθερή βάση από την FW46 και μπορούσαν να βελτιώσουν αντί να επανασχεδιάσουν από την αρχή. Τα σημεία παραλαβής της ανάρτησης στο πλαίσιο και τους ορθοστάτες μετακινήθηκαν ελάχιστα για να επιτευχθούν καλύτερες θερμοκρασίες ελαστικών και καλύτερη κατανομή φορτίου. Αυτό βοηθά στη **διαχείριση των ελαστικών**, όπως θα συζητήσουμε αργότερα. Επιπλέον, τα εξαρτήματα της ανάρτησης του FW47 έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την εξοικονόμηση βάρους: η χρήση τιτανίου και ανθρακονήματος για στοιχεία όπως οι ορθοστάτες και τα περιβλήματα των ψαλιδιών μειώνει τη μη αναρτώμενη μάζα, γεγονός που ωφελεί τον έλεγχο των τροχών.

Συνοπτικά, η ανάρτηση του FW47 είναι ένα προσεκτικά εκλεπτυσμένο σύστημα που στοχεύει να προσφέρει στους οδηγούς πιο προβλέψιμο χειρισμό. Οι αλλαγές στη γεωμετρία (αντι-βύθιση εμπρός, αντι-squat πίσω) βοηθούν να διατηρηθεί σταθερή η αεροδυναμική πλατφόρμα του μονοθεσίου κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος και της επιτάχυνσης, συμβάλλοντας άμεσα στη βελτιωμένη απόδοση στις στροφές υψηλής ταχύτητας που στόχευε η ομάδα Σε σύγκριση με τις FW45 και FW46, το νέο μονοθέσιο θα πρέπει να είναι πιο ελαστικό όπου χρειάζεται (για το κατέβασμα του πεζοδρομίου), αλλά και πιο σταθερό όταν το μονοθέσιο είναι φορτωμένο στις γρήγορες στροφές - μια δύσκολη ισορροπία που η Williams ελπίζει ότι πέτυχε με αυτή τη σχεδίαση.

## **Αρχιτεκτονική και επιδόσεις μονάδας ισχύος**

Στην καρδιά της FW47 βρίσκεται η πιο πρόσφατη μονάδα ισχύος της Mercedes-AMG Formula 1, ένας υπερυβριδικός V6 κινητήρας, τον οποίο η Williams χρησιμοποιεί από την αυγή της υβριδικής εποχής. Το 2025, η Williams συνεχίζει να τροφοδοτείται από την **PU της Mercedes**, η οποία φημίζεται για την αξιοπιστία και την ισχυρή οδηγική της ικανότητα. Ο ίδιος ο κινητήρας είναι ένας V6 κινητήρας εσωτερικής καύσης (ICE) 1,6 λίτρων με έναν απλό υπερσυμπιεστή, συνδεδεμένος με υβριδικά εξαρτήματα (που καλύπτονται στην επόμενη ενότητα). Η Mercedes προμηθεύει τη μονάδα ισχύος των ίδιων προδιαγραφών στη Williams όπως και στην εργοστασιακή της ομάδα, πράγμα που σημαίνει ότι η FW47 επωφελείται από την πλήρη απόδοση της κατηγορίας των ~1000 ίππων που παράγουν αυτοί οι κινητήρες όταν συνδυάζουν ICE και υβριδική ισχύ.

**Η αρχιτεκτονική** της μονάδας ισχύος της Mercedes στην FW47 ακολουθεί τη σχεδίαση split-turbo που εισήγαγε η Mercedes: ο συμπιεστής είναι τοποθετημένος στο μπροστινό μέρος του κινητήρα, ο στρόβιλος στο πίσω μέρος, με έναν άξονα (και την MGU-H) να τα συνδέει μέσω του "V" του κινητήρα. Αυτή η διάταξη βελτιώνει τη συσκευασία και την ψύξη - ο συμπιεστής κάθεται πιο δροσερά στο μπροστινό μέρος και διοχετεύει τον αέρα στην ολομέλεια με μικρότερες σωληνώσεις, μειώνοντας την υστέρηση του turbo. Επιτρέπει επίσης στον κινητήρα να τοποθετηθεί άνετα μέσα στο πλαίσιο. Η Williams κατασκεύασε το πίσω σασί και το κάλυμμα του κινητήρα της FW47 για να ταιριάζει σαν γάντι σε αυτή τη μονάδα της Mercedes, εξασφαλίζοντας ελάχιστο πλεονάζοντα όγκο. Το ίδιο το μπλοκ του κινητήρα V6 είναι ένα καταπονημένο μέλος του πλαισίου - βιδωμένο στο monocoque μπροστά και στο κιβώτιο ταχυτήτων πίσω - συμβάλλοντας στη δομική ακαμψία του αυτοκινήτου.

**Χαρακτηριστικά απόδοσης:** (σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς καυσίμου της FIA) και έχει βελτιστοποιηθεί για αποδοτικότητα και ισχύ στο πλαίσιο του παγώματος της ανάπτυξης που έχει τεθεί σε ισχύ. Αν και τα άμεσα κέρδη ισχύος ήταν ελάχιστα λόγω των κανόνων ομολογκασίας, οι συνεχείς βελτιώσεις στο λογισμικό και την αξιοπιστία σημαίνουν ότι η μονάδα ισχύος του FW47 μπορεί να λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ πιο συχνά και με μεγαλύτερη αντοχή. Η οδηγησιμότητα - ουσιαστικά ο τρόπος με τον οποίο αποδίδεται η ισχύς - είναι επίσης ένα σημείο εστίασης. Οι μηχανικοί της Williams συνεργάζονται με τη Mercedes HPP (High Performance Powertrains) για να βαθμονομήσουν τους χάρτες του κινητήρα που ταιριάζουν στις δυνατότητες έλξης της FW47. Ο υπερτροφοδοτούμενος κινητήρας αποδίδει από μόνος του πάνω από 700 ίππους και χάρη στην προηγμένη καύση πριν από τον θάλαμο και την εξαιρετικά λιτή καύση, το επιτυγχάνει αυτό με εντυπωσιακή θερμική απόδοση (πάνω από 50%). Για τους οδηγούς, αυτό σημαίνει ισχυρή επιτάχυνση στις ευθείες και καλή ροπή χαμηλών στροφών από τις αργές στροφές, ένα πλεονέκτημα κατά την καταπολέμηση του σπιναρίσματος των τροχών.

**Ψύξη και εγκατάσταση:** Η Williams έπρεπε να εξασφαλίσει επαρκή ψύξη (που εξετάζεται στην επόμενη ενότητα) και να λάβει υπόψη της τους κραδασμούς και την κατανομή του βάρους. Η τοποθέτηση του κινητήρα του FW47 είναι βελτιστοποιημένη ώστε το κέντρο βάρους του αυτοκινήτου να διατηρείται χαμηλά και ελαφρώς εμπρός εντός του επιτρεπόμενου εύρους. Η μονάδα της Mercedes είναι ελαφρώς ελαφρύτερη από τις προηγούμενες εκδόσεις, και η όποια εξοικονόμηση βάρους επέτρεψε στη Williams να αναδιανείμει το έρμα ανάλογα με τις ανάγκες. Η ομάδα έχει συσκευάσει τα βοηθητικά εξαρτήματα του κινητήρα (όπως το δοχείο λαδιού, η εξάτμιση και η εισαγωγή αέρα) σφιχτά. Ειδικότερα, η εισαγωγή αέρα του roll hoop πάνω από το κεφάλι του οδηγού τροφοδοτεί τον κινητήρα με καθαρό αέρα. Στην FW47 αυτή η εισαγωγή διατηρεί το τριγωνικό σχήμα που προτιμά η Mercedes, διαχωρίζοντας τη ροή προς το turbo καθώς και προς ένα ψυγείο για τα ηλεκτρονικά. **Η εξάτμιση** του κινητήρα είναι ένας μονός σωλήνας που εξέρχεται ψηλά στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου - το μήκος του είναι προσεκτικά ρυθμισμένο για βέλτιστη απόκριση του turbo και καλύπτεται από ένα θερμικό περίβλημα για να μην θερμαίνεται η πίσω πτέρυγα ή η ανάρτηση.

Η Williams θα επωφεληθεί από τη θρυλική αξιοπιστία της Mercedes - η FW47 μπορεί να χρησιμοποιήσει έως και τρεις μονάδες ισχύος σε μια σεζόν χωρίς ποινή, και η ομάδα ελπίζει να αποφύγει οποιεσδήποτε αποτυχίες που σχετίζονται με την ισχύ. Όσον αφορά τις επιδόσεις των μονάδων ισχύος, ενώ υπάρχει ισοτιμία μεταξύ των κατασκευαστών λόγω κανονισμών, η ισχύς της Mercedes ήταν πολύ ανταγωνιστική το 2024 και συνεχίζει να είναι ένας κινητήρας πρώτης γραμμής το 2025. Έτσι, η ανταγωνιστικότητα της FW47 θα εξαρτηθεί περισσότερο από τα κέρδη του πλαισίου και της αεροτομής παρά από τυχόν έλλειμμα ιπποδύναμης. Συνοψίζοντας, ο **κινητήρας Mercedes-AMG F1** δίνει στην FW47 μια σταθερή βάση ισχύος και αποδοτικότητας, και η δουλειά της Williams ήταν να τον ενσωματώσει απρόσκοπτα και να εκμεταλλευτεί πλήρως το φάκελο επιδόσεών του.

## **Κιβώτιο ταχυτήτων και μετάδοση**

Η μετάδοση της σημαντικής ισχύος του κινητήρα της Mercedes στην πίστα γίνεται από το κιβώτιο ταχυτήτων και το σύστημα μετάδοσης κίνησης της FW47. Η Williams έχει εξοπλίσει την FW47 με ένα προηγμένο **σειριακό κιβώτιο ταχυτήτων 8 σχέσεων** (συν μια υποχρεωτική όπισθεν), συνεχίζοντας το πρότυπο που θέτουν οι ισχύοντες κανονισμοί της F1. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα κρίσιμο δομικό και λειτουργικό εξάρτημα - δεν στεγάζει μόνο τα σύνολα ταχυτήτων που μεταδίδουν την ισχύ, αλλά χρησιμεύει επίσης ως οπίσθια δομική βάση για την ανάρτηση και την οπίσθια δομή πρόσκρουσης.

**Σχεδιασμός και κατασκευή:** Το περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων του FW47 είναι κατασκευασμένο από σύνθετο υλικό από ανθρακονήματα ή ένα ελαφρύ κράμα (όπως τιτάνιο ή κράμα αλουμινίου-λιθίου) για αντοχή και ελάχιστο βάρος. Η Williams σχεδιάζει και κατασκευάζει τα δικά της κιβώτια ταχυτήτων στο εσωτερικό της (όπως έχει κάνει συχνά ιστορικά), αν και το κάνει σε συνεργασία ή με τη συμβολή της Mercedes για να διασφαλίσει τη συμβατότητα με τη μονάδα ισχύος. Τα εσωτερικά γρανάζια πιθανόν να παρέχονται από κάποιον ειδικό (Xtrac ή Hewland) και είναι κομμένα με ακρίβεια, λεπτόδοντα οδοντωτά γρανάζια που επιτρέπουν την απρόσκοπτη αλλαγή ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι διαμήκους τύπου, με τους άξονες των γραναζιών τοποθετημένους εμπρός-πίσω. Οι 8 μπροστινές ταχύτητες είναι σταθερές σχέσεις για τη σεζόν (σύμφωνα με τους κανόνες της FIA) - οι ομάδες επιλέγουν αυτές τις σχέσεις πριν από την έναρξη της σεζόν. Η Williams θα έχει επιλέξει μια διασπορά των σχέσεων μετάδοσης που ταιριάζει καλύτερα στην καμπύλη ισχύος του κινητήρα της Mercedes και στην αεροδυναμική αντίσταση της FW47, εξασφαλίζοντας ότι η τελική ταχύτητα χτυπάει τον περιοριστή στροφών στις υψηλότερες αναμενόμενες ταχύτητες (περίπου 330 km/h με DRS και ρυμούλκηση). Η τεχνολογία **απρόσκοπτης αλλαγής ταχυτήτων**, που είναι πλέον στάνταρ στη F1, σημαίνει ότι καθώς η μία ταχύτητα απεμπλέκεται και η επόμενη μπαίνει, δεν υπάρχει σχεδόν κανένα κενό - αυτό επιτρέπει τη συνεχή παροχή ισχύος κατά τη διάρκεια των αλλαγών, βελτιώνοντας την επιτάχυνση και τη σταθερότητα.

**Βελτιώσεις κιβωτίου ταχυτήτων:** Για το 2025, η Williams επικεντρώθηκε στο να κάνει το κιβώτιο ταχυτήτων πιο συμπαγές και ανθεκτικό. Ένα μικρότερο περίβλημα κιβωτίου ταχυτήτων επιτρέπει μια στενότερη πίσω συσκευασία, η οποία με τη σειρά της επιτρέπει έναν πιο αποτελεσματικό διαχύτη και τη γεωμετρία της πίσω ανάρτησης. Το κιβώτιο ταχυτήτων της FW47 είναι πιθανότατα μικρότερο από αυτό της FW45, ένα κέρδος που επιτεύχθηκε με την επανασυσκευασία του διαφορικού και τη χρήση μικρότερων υδραυλικών ενεργοποιητών. Αυτό όχι μόνο ωφελεί την αεροδυναμική αλλά και μετατοπίζει ελαφρώς το βάρος προς τα εμπρός. Εσωτερικά, η μείωση των τριβών ήταν ένας στόχος - ειδικές επιστρώσεις χαμηλής τριβής στα δόντια των γραναζιών και τα ρουλεμάν, καθώς και ένα βελτιστοποιημένο σύστημα λαδιού, μειώνουν τις απώλειες ισχύος στο κιβώτιο ταχυτήτων. Η Williams χρησιμοποιεί λάδι κιβωτίου ταχυτήτων υψηλής απόδοσης (που αναπτύχθηκε με τους συνεργάτες της σε λιπαντικά) για να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία ακόμη και υπό ακραία φορτία και θερμοκρασίες.

**Πίσω διαφορικό:** Το FW47 περιλαμβάνει ένα υδραυλικά ενεργοποιούμενο διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης. Οι ρυθμίσεις του διαφορικού ρυθμίζονται από τον οδηγό από το κόκπιτ, επιτρέποντας συνήθως αλλαγές κατά την είσοδο και την έξοδο από την κλειδαριά της στροφής. Η Williams έχει συντονίσει τη χαρτογράφηση του διαφορικού ώστε να λειτουργεί σε αρμονία με τη βελτιωμένη πρόσφυση της FW47. Ένα πιο προβλέψιμο διαφορικό μπορεί να βοηθήσει στην ελαχιστοποίηση της περιστροφής των τροχών και έτσι να διατηρηθούν τα ελαστικά Pirelli. Τα εξαρτήματα του διαφορικού και της τελικής κίνησης είναι όλα τοποθετημένα μέσα στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων στο πίσω μέρος.

**Σύστημα μετάδοσης κίνησης και άξονες:** Η κίνηση από το κιβώτιο ταχυτήτων παρέχεται στους πίσω τροχούς μέσω ημιαξόνων (κινητήριων αξόνων) που εκτείνονται σε κάθε πλήμνη τροχού. Αυτοί οι ημιαξονικοί άξονες είναι κατασκευασμένοι από ανθρακονήματα ή χάλυβα υψηλής αντοχής και είναι προσεκτικά φτιαγμένοι με αεροδυναμικά καλύμματα, επειδή προεξέχουν στη ροή του αέρα που τροφοδοτεί τον διαχύτη. Η Williams συντονίζει τη γωνία και το περίγραμμα αυτών των αξόνων με τη γεωμετρία της ανάρτησης για να μειώσει την αεροδυναμική τους διαταραχή. Στο FW47, οι άξονες μετάδοσης κίνησης είναι πιθανότατα ελαφρώς υψηλότερα ή πιο ευθυγραμμισμένοι με τον κάτω ψαλίδι σε σύγκριση με το FW46 - μια κοινή τάση για τον εξορθολογισμό της ροής του αέρα.

**Αλλαγή ταχυτήτων και συμπλέκτης**: Η αλλαγή ταχυτήτων στο FW47 γίνεται με ηλεκτροϋδραυλικούς ενεργοποιητές που ελέγχονται από την ECU του αυτοκινήτου και με paddles στο τιμόνι. Οι οδηγοί (Albon και Sainz) απλά τραβούν ένα κουπί και το απρόσκοπτο σύστημα αλλαγής ταχυτήτων αλλάζει ταχύτητα σχεδόν αμέσως. Για την εκκίνηση του αυτοκινήτου, το FW47 χρησιμοποιεί έναν πολύδισκο συμπλέκτη από ανθρακονήματα, τοποθετημένο στο πίσω μέρος του κινητήρα (μέσα στο καμπανάκι μπροστά από το κιβώτιο ταχυτήτων). Ο συμπλέκτης ενεργοποιείται ηλεκτρονικά (και πάλι μέσω paddles για την εκκίνηση του αγώνα ή τα pit stop). Η Williams θα έχει ρυθμίσει το δάγκωμα και τη διαμόρφωση αυτού του συμπλέκτη για να βοηθήσει στη συνεπή εκκίνηση του αγώνα - μια κρίσιμη πτυχή της απόδοσης.

**Αξιοπιστία:** (συνήθως τα κιβώτια ταχυτήτων απαιτείται να τρέξουν σε 4 συνεχόμενους αγώνες). Η Williams έχει σχεδιάσει τη μονάδα της FW47 για αντοχή, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η σφαιρική επεξεργασία των γραναζιών για να αντιστέκεται στην κόπωση και εξασφαλίζοντας την κατάλληλη ψύξη. Το λάδι του κιβωτίου ταχυτήτων κυκλοφορεί μέσω ενός ψυγείου - το οποίο είναι συνήθως τοποθετημένο δίπλα στα ψυγεία του κινητήρα. Το οδυνηρό μάθημα της ομάδας να μην έχει εφεδρικό σασί στις αρχές του 2024 σημαίνει πιθανότατα ότι θα εξασφαλίσει επαρκή εφεδρικά εξαρτήματα κιβωτίου ταχυτήτων για να αποφύγει καταστάσεις με ένα αυτοκίνητο το 2025. Μέχρι στιγμής, τα πρώτα shakedowns της FW47 έχουν δείξει ομαλές αλλαγές ταχυτήτων και "όλα λειτουργούν όπως αναμενόταν" σύμφωνα με τον Sainz, υποδεικνύοντας ότι το σύστημα μετάδοσης λειτουργεί καλά από το κουτί.

Σε σύγκριση με ορισμένους αντιπάλους, το κιβώτιο ταχυτήτων της Williams είναι απλό - για παράδειγμα, δεν ενσωματώνει κάποιο νέο περίβλημα split-turbo (μια έννοια που σχετίζεται περισσότερο με τον κινητήρα) ή ειδικό trick diff πέρα από το στάνταρ. Αλλά η σταθερή, εκλεπτυσμένη εκτέλεσή του είναι το κλειδί για να γίνει η FW47 ένα συνολικά καλύτερο αυτοκίνητο. Κάθε κλάσμα του δευτερολέπτου που εξοικονομείται στις αλλαγές ή κερδίζεται στην απόδοση ισχύος μπορεί να έχει σημασία, και η Williams φαίνεται να έχει ένα πολύ τακτοποιημένο και αποτελεσματικό κιβώτιο ταχυτήτων στην FW47.

## **Συστήματα ψύξης και συσκευασίας**

Η αποτελεσματική ψύξη είναι απαραίτητη για την απόδοση και την αξιοπιστία ενός μονοθεσίου F1, και το FW47 διαθέτει ένα προσεκτικά σχεδιασμένο πακέτο ψύξης για τη διαχείριση των θερμικών φορτίων της μονάδας ισχύος και των φρένων. Η Williams προσέγγισε την ψύξη της FW47 με γνώμονα τη στενότερη συσκευασία (για αεροδυναμικό κέρδος), ενώ παράλληλα διαχειρίζεται τις ανάγκες απόρριψης θερμότητας της μονάδας ισχύος και του υβριδικού συστήματος της Mercedes.

**Θερμαντικά σώματα και αγωγοί Sidepod:** Τα κύρια στοιχεία ψύξης είναι τα θερμαντικά σώματα που στεγάζονται μέσα στα πλευρικά πλαίσια. Μέσα σε κάθε sidepod του FW47, υπάρχουν πολλαπλοί εναλλάκτες θερμότητας: συνήθως ένα ψυγείο νερού για το ψυκτικό υγρό του κινητήρα, ένα ψυγείο λαδιού για τη λίπανση του κινητήρα, ένα intercooler για τον αέρα φόρτισης από το turbo και μικρότερα ψυγεία για το λάδι του κιβωτίου ταχυτήτων και ενδεχομένως το σύστημα ERS. Η Williams έχει στοιβάξει και γωνιοποιήσει αυτά τα ψυγεία ώστε να χωρέσουν σε ένα λεπτό προφίλ sidepod. **Οι εισαγωγές αέρα του sidepod** είναι μετρίου μεγέθους - όχι τόσο τεράστιες όσο κάποιες παλαιότερες κατασκευές, αλλά ούτε και τόσο μικροσκοπικές όσο η προσπάθεια "μηδενικού pod" της Mercedes το 2022. Έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να εξασφαλίζουν σταθερή ροή αέρα στα ψυγεία σε διάφορες γωνίες ζυγοστάθμισης. Ειδικότερα, τα sidepods της FW47 στις προδιαγραφές εκτόξευσης περιλάμβαναν προαιρετικές σχισμές ψύξης στην επάνω επιφάνεια. αυτά τα περσίδες μπορούν να ανοίξουν για να εξαερώσουν τον ζεστό αέρα όταν αγωνίζονται σε ζεστά κλίματα ή κατά τη διάρκεια καταστάσεων υψηλής ζήτησης. Όταν δεν χρειάζονται, κλείνουν με το αμάξωμα για να μειωθεί η αντίσταση. Η ομάδα μπορεί επίσης να αλλάξει διαφορετικά πίσω πάνελ αμαξώματος (με μεγαλύτερες ή μικρότερες εξόδους γύρω από την εξάτμιση και την πίσω ανάρτηση) για να ρυθμίσει την ικανότητα ψύξης.

**Κεντρική ψύξη & εισαγωγή Roll Hoop**: Εκτός από τις εισαγωγές στο πλευρικό μέρος, η εισαγωγή Roll Hoop πάνω από το πιλοτήριο τροφοδοτεί με αέρα τα βοηθητικά συστήματα. Στο FW47, το roll hoop airbox (βαμμένο σε έντονο πορτοκαλί χρώμα στο αυτοκίνητο εκτόξευσης) διαχωρίζει τη ροή του αέρα στον συμπιεστή turbo του κινητήρα και σε ένα μικρό ψυγείο (συχνά για το ERS ή το λάδι του κιβωτίου ταχυτήτων). Αξιοποιώντας τη ροή αέρα υψηλής ενέργειας στο πάνω μέρος του αυτοκινήτου, η Williams μπορεί να ψύξει ορισμένα εξαρτήματα χωρίς να αυξήσει το μέγεθος του πλαϊνού κουβούκλιου. Αυτή η εισαγωγή αποτελεί επίσης δομικό μέρος της στεφάνης κύλισης και στο εσωτερικό της περιέχει έναν διαχωριστή που εκτρέπει κατάλληλα τον αέρα.

**Κυκλώματα ρευστών:** Έτσι, το σύστημα ψυκτικού υγρού βρίσκεται υπό πίεση και τα ψυγεία πρέπει να αποβάλλουν εκατοντάδες κιλοβάτ θερμότητας. Η Williams πιθανότατα χρησιμοποιεί μια διπλή διάταξη ψυγείων νερού (ένα σε κάθε πλευρικό στύλο) για να διατηρεί τις θερμοκρασίες υπό έλεγχο. Το intercooler (για τον αέρα φόρτισης) θα μπορούσε να είναι είτε ένα ψυγείο αέρος-αέρος είτε ένα σύστημα αέρος-νερού. δεδομένης της συσκευασίας, η Mercedes χρησιμοποιεί συχνά ένα intercooler αέρος-νερού, που σημαίνει ότι υπάρχει ένα ξεχωριστό κύκλωμα νερού που ψύχει τον αέρα φόρτισης, το οποίο στη συνέχεια χρειάζεται το δικό του ψυγείο. Το ψυγείο λαδιού για τον κινητήρα και ίσως ένα ξεχωριστό για το κιβώτιο ταχυτήτων τοποθετούνται επίσης πιθανότατα σε ένα από τα πλαϊνά πλαίσια ή στην κορυφή του κινητήρα. Όλα αυτά χρειάζονται κατάλληλους αεραγωγούς: οι εσωτερικοί αεραγωγοί του sidepod του FW47 βελτιώθηκαν για να μειώσουν την πτώση πίεσης - οδηγώντας αποτελεσματικά τον αέρα μέσα από τους πυρήνες του ψυγείου αποτελεσματικά και στη συνέχεια έξω από ελεγχόμενες εξόδους στο πίσω μέρος του sidepod και του καλύμματος του κινητήρα.

**Θερμική διαχείριση vs. Aero:** Οι μηχανικοί της Williams εξισορροπούν προσεκτικά τις ανάγκες ψύξης με τις αεροδυναμικές επιπτώσεις. Όταν η FW47 τρέχει σε μια γρήγορη πίστα με ήπιες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, έχουν την πολυτέλεια να αποκόψουν με ταινία λίγη ψύξη ή να χρησιμοποιήσουν στενότερο αμάξωμα στο κάλυμμα του κινητήρα για να μειώσουν την αντίσταση. Ωστόσο, σε πιο ζεστούς αγώνες (π.χ. μια υγρή νύχτα στη Σιγκαπούρη ή έναν καυτό καλοκαιρινό αγώνα), θα ανοίξουν περισσότερο όγκο ψύξης. Το αμάξωμα του FW47 περιλαμβάνει μια έξοδο "καμινάδας" στην επάνω πίσω γωνία κάθε πλαϊνού πλαισίου, η οποία μπορεί να ανοίξει για επιπλέον ψύξη στο χώρο του κινητήρα. Επιπλέον, γύρω από το κιβώτιο ταχυτήτων και την περιοχή της πίσω ανάρτησης, υπάρχουν έξοδοι ψύξης για να φεύγει ο ζεστός αέρας από τα ψυγεία και την περιοχή της εξάτμισης. Στόχος της Williams ήταν να αποφύγει τα πρώτα προβλήματα υπερθέρμανσης της FW46 (αν υπήρχαν), εξασφαλίζοντας επαρκές περιθώριο ψύξης. Μέχρι στιγμής, σε δοκιμές shakedown στο κρύο Silverstone, η ψύξη δεν αποτελούσε πρόβλημα - αλλά η πραγματική δοκιμασία θα έρθει στο Μπαχρέιν και σε άλλες θερμές τοποθεσίες.

**Φρένα Ψύξη:** Εκτός από την ψύξη του κινητήρα, η ψύξη των φρένων του FW47 είναι ζωτικής σημασίας. Το αυτοκίνητο διαθέτει μεγαλύτερους τροχούς 18 ιντσών (που θα εισαχθούν το 2022), γεγονός που ανάγκασε τις ομάδες να επανασχεδιάσουν τους αγωγούς των φρένων. Η Williams διαθέτει αεραγωγούς φρένων στο FW47 που έχουν εξελιχθεί από το σχεδιασμό του FW46: μικρές εσχάρες εισαγωγής ακριβώς μέσα στις ζάντες των τροχών διοχετεύουν αέρα στους ανθρακονημάτινους δίσκους φρένων και τις δαγκάνες. Τα μπροστινά φρένα παράγουν τεράστια θερμότητα (οι δίσκοι μπορεί να πυρακτωθούν στους ~1000°C σε έντονο φρενάρισμα), οπότε οι αεραγωγοί διοχετεύουν επίσης μέρος του αέρα μέσω των ζαντών των τροχών μέσω περσίδων (η FIA επιτρέπει τώρα τη διαφυγή κάποιου αέρα μέσω της πρόσοψης των τροχών). Η Williams πρέπει να προσέξει να παρέχει αρκετή ψύξη για να αποφύγει το ξεθώριασμα των φρένων, χωρίς να δημιουργήσει πολύ μεγάλο αγωγό (που θα πρόσθετε αντίσταση). Οι αγωγοί των πίσω φρένων λειτουργούν και ως αεροδυναμικές διατάξεις - βοηθούν στην καθοδήγηση του αέρα γύρω από τους πίσω τροχούς στην περιοχή του διαχύτη. Οι πίσω αεραγωγοί της FW47 είναι πιθανότατα ελαφρώς μεγαλύτεροι από αυτούς της FW45, ίσως επειδή τα πίσω φρένα διαχειρίζονται περισσότερη ενέργεια τώρα που τα αυτοκίνητα είναι βαρύτερα. Σε κάθε πίστα η ομάδα θα ρυθμίζει τα κενά σε αυτούς τους αεραγωγούς για να διατηρεί τις βέλτιστες θερμοκρασίες των φρένων.

**ERS και ψύξη ηλεκτρονικών:** Το σύστημα ανάκτησης ενέργειας (μπαταρία, μονάδες MGU και ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου) παράγει επίσης θερμότητα. Η Williams τοποθετεί την μπαταρία κάτω από το ρεζερβουάρ καυσίμου μέσα στο monocoque - ψύχεται από ένα ειδικό κύκλωμα ψύξης χαμηλής θερμοκρασίας, συχνά με το δικό του μικρό ψυγείο. Η MGU-K είναι προσαρτημένη στον κινητήρα και μοιράζεται την ψύξη του κινητήρα, ενώ η MGU-H (στον άξονα τούρμπο) μπορεί να ψύχεται με λάδι ή νερό μέσω των συστημάτων του κινητήρα. Η ECU και οι ηλεκτρονικοί ελεγκτές βρίσκονται συνήθως στο πλαϊνό μέρος ή κάτω από τη σέλα και χρειάζονται επίσης αέρα ψύξης. Το FW47 πιθανόν διοχετεύει μια μικρή ποσότητα ροής αέρα για αυτά, εξασφαλίζοντας ότι τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά συστήματα παραμένουν εντός των ορίων θερμοκρασίας.

**Αποδοτικότητα συσκευασίας:** Η συσκευασία του FW47 είναι πολύ πιο σφιχτή από ό,τι του FW45. Το κιβώτιο ταχυτήτων, η ανάρτηση και τα στοιχεία ψύξης έχουν στριμωχτεί σε ένα λεπτό πίσω μέρος που απελευθερώνει χώρο για αεροδυναμικές επιφάνειες. Αυτό ήταν μια συνειδητή προσπάθεια: ένα μικρότερο ψυγείο ή γωνιακά τοποθετημένα ψυγεία μπορεί να σημαίνουν λίγο υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας, αλλά η Williams αποφάσισε ότι το αντάλλαγμα για την καλύτερη αεροτομή άξιζε τον κόπο. Πράγματι, η συσκευασία του πλευρικού σκέλους και του καλύμματος κινητήρα της FW47 είναι συγκρίσιμη με τις κορυφαίες ομάδες, χωρίς τίποτα υπερβολικά ογκώδες.

Διαχειριζόμενη τις θερμικές ανάγκες του αυτοκινήτου με ρυθμιζόμενο αμάξωμα και καλά σχεδιασμένα κυκλώματα ψύξης, η Williams μπορεί να διατηρήσει τον κινητήρα της Mercedes και άλλα συστήματα του FW47 σε βέλτιστη λειτουργία χωρίς να θυσιάσει την αεροδυναμική απόδοση που απαιτείται για την απόδοση. Πρόκειται για μια λεπτή πράξη εξισορρόπησης - πολύ λίγη ψύξη και κινδυνεύετε με μείωση της ισχύος της μονάδας ή βλάβες- πολύ μεγάλη ικανότητα ψύξης και μεταφέρετε περιττή αντίσταση. Ο σχεδιασμός της FW47 δείχνει ότι η Williams έχει κάνει την εργασία της για να πετύχει αυτή την ισορροπία σωστά.

## **Ηλεκτρικά συστήματα και ανάκτηση ενέργειας (ERS/HY-K)**

Η FW47, όπως όλα τα σύγχρονα μονοθέσια της F1, είναι τόσο μια ηλεκτρομηχανική όσο και μια μηχανική μηχανή. Το **Σύστημα Ανάκτησης Ενέργειας (ERS**) της FW47 είναι ενσωματωμένο στη μονάδα ισχύος της Mercedes και παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση μέσω της υβριδικής ενίσχυσης της ισχύος και της ανάκτησης ενέργειας κατά το φρενάρισμα.

**MGU-K (Μονάδα γεννήτριας κινητήρα - κινητική):** Το FW47 είναι εξοπλισμένο με ένα MGU-K της Mercedes, ουσιαστικά ένα ηλεκτρικό μοτέρ/γεννήτρια που συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα (συνήθως μέσω γραναζιών). Κατά την πέδηση, η MGU-K λειτουργεί ως γεννήτρια, ανακτώντας κινητική ενέργεια από τον πίσω άξονα και μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατά την επιτάχυνση ή όταν το αυτοκίνητο χρειάζεται πρόσθετη ισχύ, λειτουργεί ως κινητήρας, τροφοδοτώντας το σύστημα μετάδοσης κίνησης με πρόσθετη ισχύ έως 120 kW (~160 ίππους). Αυτή η υβριδική ώθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθ' όλη τη διάρκεια ενός γύρου με διάφορους στρατηγικούς τρόπους (που περιορίζονται από έναν συνολικό προϋπολογισμό ενέργειας ανά γύρο). Η Williams συνεργάζεται με τη Mercedes για τον προγραμματισμό των χαρτών ανάπτυξης και συγκομιδής. Η βελτιωμένη σταθερότητα της FW47 κατά το φρενάρισμα (χάρη στην καλύτερη γεωμετρία της ανάρτησης και την αεροτομή) επιτρέπει στην MGU-K να συγκομίζει επιθετικά χωρίς να ταράζει το μονοθέσιο. Το σύστημα brake-by-wire (που αναλύεται στην επόμενη ενότητα) διασφαλίζει ότι ακόμη και όταν η MGU-K συλλέγει έως και 2 MJ ενέργειας ανά γύρο από το φρενάρισμα, η ισορροπία των φρένων παραμένει σταθερή για τον οδηγό. Η ενέργεια που συλλέγεται από την MGU-K αποθηκεύεται στη συστοιχία μπαταριών για να χρησιμοποιηθεί αργότερα στις ευθείες.

**MGU-H (Μονάδα γεννήτριας κινητήρα - θερμότητα):** Η μονάδα ισχύος της Mercedes περιλαμβάνει επίσης μια MGU-H, συνδεδεμένη στον άξονα του στροβιλοσυμπιεστή. Αυτή η μονάδα μπορεί να συλλέξει ενέργεια από το τούρμπο (χρησιμοποιώντας την πλεονάζουσα ενέργεια των καυσαερίων) και επίσης να περιστρέψει το τούρμπο ηλεκτρικά για να μειώσει την υστέρηση. Παρόλο που ο οδηγός δεν έχει άμεση αλληλεπίδραση με την MGU-H, η λειτουργία της είναι ζωτικής σημασίας για την απόδοση - μπορεί να ανακτά συνεχώς ενέργεια από τη ροή των καυσαερίων (απεριόριστα από το ανώτατο όριο γύρου των 2 MJ της MGU-K) και είτε να την αναπτύσσει για να κρατήσει το turbo σε περιστροφή είτε να την στέλνει στην μπαταρία. Το FW47 επωφελείται από αυτό, καθώς δεν έχει ουσιαστικά καθυστέρηση στροβίλου και διαθέτει επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια για να τροφοδοτήσει την MGU-K. Ο συντονισμός μεταξύ MGU-H και MGU-K διαχειρίζεται από τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου του αυτοκινήτου, διασφαλίζοντας τη βέλτιστη συγκομιδή χωρίς σπατάλη ενέργειας (για παράδειγμα, αποτρέποντας το turbo να χρειάζεται άνοιγμα της wastegate εκτός από τη μέγιστη φόρτιση).

**Αποθήκη ενέργειας (μπαταρία):** Το FW47 φέρει μια μπαταρία ιόντων λιθίου (η Αποθήκη Ενέργειας) με χωρητικότητα 4 MJ ωφέλιμης ενέργειας ανά γύρο για το MGU-K (αν και η συνολική χωρητικότητα είναι υψηλότερη για να επιτρέπει τις αναντιστοιχίες συγκομιδής και ανάπτυξης). Αυτή η μπαταρία βρίσκεται σε ένα προστατευμένο από τη σύγκρουση περίβλημα κάτω από τη δεξαμενή καυσίμου, εντός του μονοκόκκου. Η Williams, ακολουθώντας το σχεδιασμό της Mercedes, εξασφαλίζει ότι η μπαταρία βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο χαμηλά για το κέντρο βάρους. Η χημεία και ο σχεδιασμός της μπαταρίας είναι τυποποιημένα σε κάποιο βαθμό στην F1, αλλά οι ομάδες μπορούν να τις συσκευάσουν διαφορετικά. Η Williams έχει πιθανότατα διατηρήσει τη διάταξη της Mercedes, η οποία είναι γνωστή για την αξιοπιστία και την πυκνότητα ισχύος. Τα **ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ERS** (CE) διαχειρίζονται τη ροή της ενέργειας μέσα και έξω από την μπαταρία, και αυτά είναι επίσης τυποποιημένες μονάδες που προμηθεύεται η Mercedes και βιδώνονται κάπου στο πλαίσιο. Ο μηχανισμός καλωδίωσης και η ηλεκτρική αρχιτεκτονική της FW47 δρομολογούν αυτά τα εξαρτήματα υψηλής τάσης με μεγάλη προσοχή για μόνωση και ασφάλεια (βλέπουμε πορτοκαλί καλώδια υψηλής τάσης που πηγαίνουν στις MGU-K και MGU-H).

**Συστήματα ελέγχου:** Ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος της FW47 είναι το Standard ECU (Ηλεκτρονική Μονάδα Ελέγχου) που παρέχεται από την McLaren Applied, το οποίο χρησιμοποιούν όλες οι ομάδες. Αυτή η μονάδα ελέγχει την ανάφλεξη του κινητήρα, τον ψεκασμό καυσίμου, την ανάπτυξη του ERS, την αλλαγή του κιβωτίου ταχυτήτων, τις ρυθμίσεις του διαφορικού και αμέτρητες άλλες παραμέτρους. Οι μηχανικοί επιδόσεων της Williams θα ρυθμίσουν τις παραμέτρους του λογισμικού - εντός των επιτρεπόμενων ορίων - για να αξιοποιήσουν στο έπακρο το υλικό. Για παράδειγμα, θα δημιουργήσουν χάρτες κινητήρα που θα συλλέγουν περισσότερη ενέργεια σε ορισμένες στροφές ή θα αναπτύσσουν περισσότερο σε συγκεκριμένες ευθείες, προσαρμόζοντας τη στρατηγική σε κάθε πίστα. Το FW47 διαθέτει επίσης πολλαπλούς ρυθμιζόμενους από τον οδηγό χάρτες: το τιμόνι διαθέτει λειτουργίες για την ανάπτυξη ενέργειας (όπως μια λειτουργία push-to-pass ή defend, αν και δεν είναι τόσο ρητή όσο άλλες αγωνιστικές σειρές, η διαχείρισή της γίνεται ουσιαστικά μέσω των λειτουργιών του κινητήρα).

**Ηλεκτρική αξιοπιστία και αισθητήρες:** για την πίεση, τη θερμοκρασία, τη διαδρομή της ανάρτησης, την επιτάχυνση κ.λπ. Αυτοί τροφοδοτούν με δεδομένα το σύστημα τηλεμετρίας επί του οχήματος, το οποίο μεταδίδει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στον τοίχο του pit wall. Η Williams έχει τελειοποιήσει τη σειρά αισθητήρων για την παρακολούθηση του νέου μονοθεσίου: για παράδειγμα, πρόσθετοι αισθητήρες ύψους κύλισης μπορεί να παρακολουθούν την απόδοση της επίδρασης του εδάφους, ή θερμικοί αισθητήρες παρακολουθούν τις θερμοκρασίες των φρένων και των ελαστικών. Η διασφάλιση της αξιόπιστης λειτουργίας όλων αυτών των ηλεκτρονικών συστημάτων κάτω από έντονες δονήσεις, θερμότητα και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές αποτελεί πρόκληση. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, η Williams θα έχει εκτελέσει ελέγχους του συστήματος για να διορθώσει τυχόν ηλεκτρικά σφάλματα. Το πρώιμο shakedown στο Silverstone ήταν ενθαρρυντικό, καθώς "όλα λειτουργούσαν όπως αναμενόταν" - που σημαίνει ότι το πολύπλοκο ERS και τα ηλεκτρονικά συστήματα λειτουργούσαν σωστά από την πρώτη μέρα.

**Σύστημα Brake-by-Wire:** Ένα κρίσιμο μέρος της υβριδικής ενσωμάτωσης είναι το σύστημα brake-by-wire (BBW) στα πίσω φρένα. Δεδομένου ότι η MGU-K μπορεί να παρέχει σημαντική δύναμη πέδησης κατά τη συγκομιδή, ένα συμβατικό υδραυλικό φρένο μόνο θα οδηγούσε σε ασυνεπή αίσθηση του πεντάλ. Αντ' αυτού, στο FW47, η πίεση των πίσω φρένων διαμορφώνεται από μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου: όταν ο οδηγός πατάει το πεντάλ του φρένου, ένας υπολογιστής αποφασίζει πόση πραγματική υδραυλική πίεση θα εφαρμοστεί στις πίσω δαγκάνες σε σχέση με το πόσο θα βασιστεί στην MGU-K regen για την επιβράδυνση. Αυτό το σύστημα είναι λεπτομερώς βαθμονομημένο, ώστε η μετάβαση να είναι απρόσκοπτη για τον οδηγό. Η Williams και η Mercedes επαναλαμβάνουν το BBW εδώ και χρόνια και η FW47 επωφελείται από ένα πολύ ώριμο σύστημα. Οι οδηγοί μπορούν να εμπιστεύονται ότι ακόμα και όταν το αυτοκίνητο ανακτά ηλεκτρική ενέργεια, η δύναμη πέδησης στους τροχούς είναι ακριβώς αυτή που ζήτησαν με το πεντάλ.

Συνοπτικά, τα **συστήματα ERS και τα ηλεκτρικά** συστήματα του FW47 του επιτρέπουν να συλλέγει ενέργεια κατά την πέδηση και να επαναχρησιμοποιεί έως και 160hp κατά απαίτηση, αυξάνοντας σημαντικά τις επιδόσεις. Ο συντονισμός αυτών των συστημάτων είναι σε μεγάλο βαθμό αόρατος αλλά κρίσιμος - όταν γίνεται σωστά, το αυτοκίνητο πηγαίνει πιο γρήγορα και καταναλώνει λιγότερο καύσιμο (επιτρέποντας ελαφρύτερα φορτία καυσίμου ή μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας). Η Williams θα επιδιώξει να μεγιστοποιήσει την αναγεννητική ενέργεια για να έχει πλήρη ανάπτυξη στις ευθείες, δίνοντας στους Albon και Sainz την καλύτερη ευκαιρία να επιτεθούν ή να αμυνθούν. Πρόκειται για έναν εξελιγμένο χορό ηλεκτρονικών που συμπληρώνει τη μηχανική δεινότητα της FW47.

## **Συστήματα πέδησης**

Η επιβράδυνση ενός μονοθεσίου της Formula 1 από τα 330 km/h σε λίγα δευτερόλεπτα δημιουργεί ακραίες δυνάμεις και θερμότητα και το σύστημα πέδησης του FW47 έχει σχεδιαστεί για να το διαχειρίζεται με ακρίβεια. Η Williams FW47 χρησιμοποιεί **φρένα** υψηλής απόδοσης **από ανθρακονήματα**, τα οποία αποτελούνται από δίσκους και τακάκια από ανθρακονήματα ενισχυμένα με ανθρακονήματα σε κάθε τροχό, μαζί με προηγμένες δαγκάνες και το προαναφερθέν σύστημα brake-by-wire στο πίσω μέρος.

**Δίσκοι και τακάκια φρένων:** Κάθε μπροστινός τροχός του FW47 έχει έναν δίσκο από άνθρακα διαμέτρου περίπου 328 mm (όπως περιορίζεται από τους κανονισμούς για τους τροχούς 18 ιντσών) και πάχους περίπου 32 mm, με πολλαπλές εσωτερικές οπές ψύξης (συχνά πάνω από 1.000 μικροσκοπικές οπές) για την απαγωγή της θερμότητας. Οι πίσω δίσκοι είναι ελαφρώς μικρότεροι σε διάμετρο (περίπου 280 mm) και πάχος. Αυτοί οι δίσκοι παρέχονται από εταιρείες όπως η Brembo ή η Carbon Industrie, οι οποίες είναι οι δύο κύριοι προμηθευτές στην F1. Η Williams παραδοσιακά συνεργάζεται με την Brembo για τις δαγκάνες, αλλά κατά καιρούς έχει πειραματιστεί με τους δίσκους της Carbon Industrie - σε κάθε περίπτωση, το υλικό από άνθρακα επιτρέπει θερμοκρασίες λειτουργίας 600-1000°C και προσφέρει πολύ σταθερό συντελεστή τριβής όταν είναι ζεστό. Τα τακάκια είναι επίσης από άνθρακα, που πιέζουν και τις δύο πλευρές κάθε δίσκου μέσω δαγκάνων με έξι έμβολα. Η ρύθμιση των φρένων της FW47 είναι ρυθμισμένη για υψηλό αρχικό δάγκωμα και δυνατότητα διαμόρφωσης του trailbraking βαθιά μέσα στις στροφές, κάτι που ταιριάζει σε οδηγούς όπως ο Albon που έχουν αυτοπεποίθηση στα φρένα.

**Δαγκάνες και κύριοι κύλινδροι:** Οι δαγκάνες των φρένων είναι monobloc από κράμα αλουμινίου (συνήθως κατασκευάζονται από την Brembo, ακόμη και αν οι ομάδες χρησιμοποιούν δίσκους CI). Η FW47 έχει δαγκάνες έξι εμβόλων μπροστά και τεσσάρων εμβόλων πίσω (η πίσω μπορεί να είναι τέσσερις ή έξι ανάλογα με τον σχεδιασμό, αλλά το πίσω brake-by-wire χρησιμοποιεί συχνά μια απλούστερη δαγκάνα, καθώς το σύστημα διαμορφώνει την πίεση). Η Williams συνδέει αυτές τις δαγκάνες στους ορθοστάτες τους με ακριβή κατεργασία για να διασφαλίσει ομοιόμορφη πίεση των τακακιών. Η πίεση πέδησης παράγεται από τον οδηγό που πατάει το πεντάλ, το οποίο πιέζει διπλούς κύριους κυλίνδρους (έναν για το μπροστινό και έναν για το πίσω μέρος). Στο FW47, το μπροστινό κύκλωμα είναι αμιγώς υδραυλικό: πεντάλ -> κεντρικό σύστημα -> μπροστινές δαγκάνες. Το πίσω κύκλωμα πηγαίνει πεντάλ -> πίσω αισθητήρας διαδρομής (για να ενημερώσει την BBW ECU) -> ένας κύλινδρος προσομοίωσης (για να δώσει την αίσθηση του πεντάλ) και στη συνέχεια ένας υδραυλικός ενεργοποιητής που ελέγχεται από την BBW ECU κινεί πραγματικά τις πίσω δαγκάνες. Αυτό το σύστημα τελειοποιήθηκε για καλύτερη ανατροφοδότηση- η Williams πιθανόν να ρύθμισε την αναλογία του πεντάλ ή την αντίσταση προσομοίωσης, ώστε οι οδηγοί να έχουν μεγαλύτερη αίσθηση καθώς τα φρένα του FW47 ενεργοποιούνται.

**Ψύξη των φρένων:** Όπως αναφέρθηκε στην ψύξη, οι αεραγωγοί των φρένων διοχετεύουν αέρα για να διατηρούν τους δίσκους και τις δαγκάνες εντός της βέλτιστης θερμοκρασίας (πολύ κρύο και τα φρένα από άνθρακα στην πραγματικότητα δεν πιάνουν καλά- πολύ ζεστό και μπορεί να οξειδωθούν ή να προκαλέσουν βρασμό του υγρού). Οι μπροστινοί αεραγωγοί των φρένων του FW47 διαθέτουν φουγάρα εισόδου που συλλαμβάνουν τον αέρα και τον κατευθύνουν στο κεντρικό "μάτι" του δίσκου των φρένων. Από εκεί, ο αέρας αντλεί μέσα από τις εσωτερικές οπές του δίσκου και εξέρχεται στην εξωτερική άκρη του δίσκου, μεταφέροντας τη θερμότητα μακριά. Ο σχεδιασμός της ζάντας του τροχού διαθέτει επίσης αυλακώσεις που βοηθούν στην εξαγωγή του θερμού αέρα (ένα χαρακτηριστικό που τυποποιήθηκε στην εποχή των τροχών 18 ιντσών και των καλυμμάτων των τροχών). Στο πίσω μέρος, επειδή η MGU-K παρέχει κάποια πέδηση, οι πίσω δίσκοι μπορεί να παρουσιάζουν ελαφρώς μικρότερη μέγιστη θερμοκρασία από ό,τι τις παλιές ημέρες - αλλά εξακολουθούν να χρειάζονται ισχυρή ψύξη. Η Williams διαμορφώνει διαφορετικά μεγέθη αγωγών για διαφορετικές πίστες. Για παράδειγμα, στο Μονακό ή τη Βουδαπέστη (πολλά φρεναρίσματα) θα υπήρχαν μεγαλύτεροι αγωγοί- στη Monza (λίγες ζώνες φρεναρίσματος) θα υπήρχαν πολύ μικροί αγωγοί για να μειωθεί η αντίσταση.

**Ισορροπία και απόδοση φρένων:** Η FW47 επιτρέπει στους οδηγούς να ρυθμίζουν την προκατάληψη των φρένων (την κατανομή της δύναμης πέδησης εμπρός έναντι της πίσω δύναμης) εν κινήσει από το πιλοτήριο. Τυπικά, ένα σημείο εκκίνησης μπορεί να είναι 52-54% εμπρός για πολλές πίστες, αλλά στην πράξη ρυθμίζεται από στροφή σε στροφή. Η ενσωμάτωση του brake-by-wire σημαίνει ότι η πραγματική υδραυλική πίεση στο πίσω μέρος αναμειγνύεται με την επαναφορά, αλλά από την πλευρά του οδηγού, αυτός ορίζει μια προκατάληψη και το αυτοκίνητο υπολογίζει τα υπόλοιπα. Οι μηχανικοί του συστήματος πέδησης της Williams πιθανότατα έδωσαν φέτος λίγο μεγαλύτερη δυνατότητα πίσω πόλωσης, επειδή το μονοθέσιο είναι πιο σταθερό (χάρη στην αεροτομή και την αντιβύθιση) και μπορεί να χρησιμοποιήσει περισσότερο το πίσω φρενάρισμα χωρίς να χάσει τον έλεγχο, το οποίο με τη σειρά του βοηθά να φορτίσει περισσότερο το MGU-K.

**Υλικά και φθορά:** Αυτό συμβάλλει στη μείωση της μη αναρτώμενης μάζας και στη βελτίωση της απόκρισης του τροχού. Ωστόσο, φθείρονται. Σε έναν τυπικό αγώνα, η Williams μπορεί να περάσει 3-4 χιλιοστά πάχους δίσκου. Το παρακολουθούν αυτό μέσω αισθητήρων (υπάρχουν αισθητήρες θερμοκρασίας και ενδεχομένως ακίδες φθοράς). Η βελτιωμένη ψύξη του FW47 σημαίνει ότι μπορούν να διαχειριστούν τη φθορά χωρίς να υπερθερμαίνονται οι δίσκοι. Εάν ένας αγώνας είναι ιδιαίτερα σκληρός για τα φρένα (όπως το Μπαχρέιν ή το Μόντρεαλ), η ομάδα διασφαλίζει ότι οι αγωγοί είναι επαρκείς και μπορεί ακόμη και να δώσει οδηγίες στους οδηγούς να κάνουν περιστασιακά lift-and-coast για να σώσουν τα φρένα εάν χρειαστεί. Σε γενικές γραμμές όμως, τα φρένα από άνθρακα στη F1 είναι πλέον εξαιρετικά ανθεκτικά.

**Χειρισμός και αίσθηση:** Ένα καλά ρυθμισμένο σύστημα πέδησης μπορεί να αποτελέσει τεράστιο πλεονέκτημα για τον χρόνο γύρου. Επιτρέπει το καθυστερημένο φρενάρισμα και τον καλύτερο έλεγχο στη στροφή. Ο συνδυασμός του FW47 με το ισχυρό υλικό της Brembo και τη ρύθμιση του BBW από την ομάδα θα πρέπει να δώσει αυτοπεποίθηση στους Sainz και Albon. Ο Albon είναι γνωστός για τα περάσματά του σε αργά φρεναρίσματα και θα πρέπει να βρει την FW47 βελτιωμένη, καθώς είναι πιο σταθερή στο φρενάρισμα από ό,τι ήταν η νευρική FW45. Ο Carlos Sainz, προερχόμενος από τη Ferrari, θα φέρει την εμπειρία ενός άλλου κορυφαίου πακέτου φρένων και πιθανότατα θα πιέσει τη Williams να βελτιστοποιήσει την αίσθηση του πεντάλ και τη συνοχή, ώστε να ταιριάζει με αυτό που είχε.

Εν ολίγοις, το σύστημα πέδησης του FW47 είναι κορυφαίο: φρένα από άνθρακα ικανά να σταματήσουν το αυτοκίνητο σε μια στιγμή, ενσωματωμένα έξυπνα με το υβριδικό σύστημα επαναφοράς. Είναι ένα σύστημα σχεδιασμένο για να αξιοποιείται - οι οδηγοί μπορούν να φρενάρουν πιο δυνατά και πιο αργά, γνωρίζοντας ότι το αυτοκίνητο θα παραμείνει ψύχραιμο (χάρη στην αεροδυναμική σταθερότητα και την ανάρτηση) και ότι τα φρένα θα αποβάλλουν αξιόπιστα την ταχύτητα γύρο με γύρο. Κάθε κέρδος που μπορεί να βρει η Williams στην αυτοπεποίθηση των φρένων μεταφράζεται άμεσα σε χρόνο που κερδίζει στις στροφές και σε ευκαιρίες προσπέρασης.

## **Διαχείριση ελαστικών και ενσωμάτωση στρατηγικής**

Τα ελαστικά της Pirelli το 2025 συνεχίζουν να αποτελούν ένα δύσκολο παζλ για τις ομάδες και η Williams έχει ως στόχο να κάνει την FW47 ένα μονοθέσιο που θα είναι πιο φιλικό προς τα ελαστικά του κατά τη διάρκεια ενός stint χωρίς να θυσιάζει την απόδοση ενός γύρου. **Η διαχείριση των ελαστικών** επηρεάζεται από πολλές πτυχές του σχεδιασμού του μονοθεσίου: επίπεδα downforce, κατανομή βάρους, χαρακτηριστικά ανάρτησης, ακόμα και παροχή ισχύος. Με την FW47, η Williams αντιμετώπισε αρκετές από αυτές τις πτυχές για να βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο το μονοθέσιο λειτουργεί με τα ελαστικά του.

**Αεροδυναμική ισορροπία και φόρτωση ελαστικών:** Ένας λόγος που η FW46 μπορούσε να δυσκολευτεί στις μεγάλες στροφές ήταν η ανισορροπία που υπερθέρμαινε τα μπροστινά ελαστικά ή τα πίσω ελαστικά άνισα. Η πιο ισορροπημένη αεροδυναμική της FW47 (με περισσότερη εμπρόσθια downforce από την εξελιγμένη μπροστινή πτέρυγα και περισσότερη συνολική downforce από το πάτωμα) σημαίνει ότι τα ελαστικά μοιράζονται τον φόρτο εργασίας πιο ομοιόμορφα. Η downforce σε υψηλές ταχύτητες βοηθάει στην ώθηση του αυτοκινήτου στην άσφαλτο, μειώνοντας την ολίσθηση. Η ολίσθηση είναι αυτό που πραγματικά υπερθερμαίνει την επιφάνεια των Pirellis. Μειώνοντας την ολίσθηση, ειδικά στις γρήγορες στροφές, το FW47 διατηρεί τη θερμοκρασία των ελαστικών σε ένα πιο βέλτιστο παράθυρο. Τα πρώτα σχόλια από τους οδηγούς στις δοκιμές θα επικεντρωθούν στο κατά πόσο το αυτοκίνητο δημιουργεί ομοιόμορφες θερμοκρασίες ελαστικών σε όλο το πέλμα. Η Williams πιθανότατα χρησιμοποιεί θερμικές κάμερες στις δοκιμές για να δει πώς το FW47 θερμαίνει τα ελαστικά του σε όλο το σκελετό. Ένα πιο ομοιόμορφο προφίλ θερμοκρασίας από εμπρός προς τα πίσω υποδηλώνει ότι η ρύθμιση είναι ήπια και ισορροπημένη.

**Ρύθμιση ανάρτησης για ελαστικά:** Η αναθεωρημένη ανάρτηση του FW47 (αντι-βύθιση/αντι-κοιλότητα) παίζει επίσης ρόλο στη διαχείριση των ελαστικών. Η αντι-βύθιση βοηθάει στο να μην βυθίζεται το μπροστινό μέρος κατά το φρενάρισμα, γεγονός που διατηρεί την κατάσταση των μπροστινών ελαστικών αποφεύγοντας ξαφνικές αιχμές φορτίου. Το anti-squat στο πίσω μέρος αποτρέπει το αυτοκίνητο από το υπερβολικό κάθισμα κατά την επιτάχυνση, το οποίο μπορεί να καθίσει το αυτοκίνητο στα πίσω ελαστικά και να προκαλέσει υπερθέρμανση. Επιπλέον, η ομάδα μπορεί να ρυθμίσει την ακαμψία (τιμές ελατηρίων, αντιστρεπτικές μπάρες) για να επηρεάσει τη μεταφορά βάρους. Μια πιο ομαλή μεταφορά βάρους (ελαφρώς πιο μαλακή αρχική απόκριση) μπορεί να αποφύγει το σοκ των ελαστικών. Η Williams πιθανότατα αξιολόγησε πώς τα κορυφαία μονοθέσια διαχειρίζονται τον ρυθμό σε μεγάλες διαδρομές και ανακάλυψε ότι ένα μονοθέσιο που είναι πολύ σκληρό μπορεί να είναι εξαιρετικό στις κατατακτήριες δοκιμές, αλλά στη συνέχεια τιμωρεί τα πίσω ελαστικά του σε έναν αγώνα. Έτσι, με την FW47, προσπάθησαν να βρουν αυτό το γλυκό σημείο.

**Τύποι ελαστικών και βαθμός:** Το 2025, η Pirelli παρέχει διάφορες μίξεις (από C0 έως C5, με τρεις επιλογές ανά αγώνα). Ο σχεδιασμός του FW47 έπρεπε να φιλοξενήσει τη χρήση των σκληρότερων ελαστικών (τα οποία απαιτούν από το μονοθέσιο να τα δουλέψει σκληρά για να παράγει θερμότητα) και των πιο μαλακών ελαστικών (με τα οποία το μονοθέσιο πρέπει να είναι ήπιο για να μην υπερθερμανθεί). Η Williams δυσκολευόταν περιστασιακά να μεταφέρει αρκετή θερμότητα στα σκληρότερα ελαστικά σε δροσερές συνθήκες (ένα συνηθισμένο πρόβλημα για τα μονοθέσια που δεν έχουν downforce). Η πρόσθετη downforce της FW47 θα βοηθήσει σε αυτό το θέμα - πιέζοντας το ελαστικό στο οδόστρωμα δημιουργείται φυσικά θερμότητα. Αντίθετα, σε ζεστές συνθήκες ή σε μαλακά μίγματα, η βελτιωμένη αεροτομή σημαίνει ότι το μονοθέσιο μπορεί να μεταφέρει ταχύτητα χωρίς να γλιστράει τόσο πολύ, ελπίζοντας ότι θα αποτρέψει την υπερθέρμανση.

**Ενσωμάτωση στρατηγικής:** Τα χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου συνδέονται άμεσα με τη στρατηγική του αγώνα. Εάν η FW47 είναι ευγενική με τα ελαστικά της, η Williams μπορεί να εξετάσει επιθετικές στρατηγικές, όπως αγώνες με ένα στοπ, όταν άλλοι μπορεί να χρειάζονται δύο στάσεις λόγω φθοράς. Ή μπορεί να παρατείνει τα stint για να εκμεταλλευτεί το παράθυρο του Αυτοκινήτου Ασφαλείας. Η ομάδα στρατηγικής της Williams θα έχει σκιαγραφήσει τα αναμενόμενα ποσοστά υποβάθμισης των ελαστικών (deg) της FW47 σε σχέση με τους ανταγωνιστές. Ο στόχος θα ήταν η FW47 να έχει χαμηλό deg - που σημαίνει ότι διατηρεί ισχυρό ρυθμό ακόμα και όσο συσσωρεύονται οι γύροι. Για παράδειγμα, αν το μονοθέσιο μπορεί να τρέξει 15 γύρους με μαλακό ελαστικό πριν οι χρόνοι πέσουν σημαντικά, ενώ το μονοθέσιο ενός ανταγωνιστή αρχίζει να πέφτει στους 10 γύρους, αυτό είναι ένα στρατηγικό πλεονέκτημα.

Για να το πετύχει αυτό, η Williams εργάστηκε για την εξασφάλιση σταθερής downforce σε όλες τις συνθήκες (άνεμος, διαφορετικά φορτία καυσίμου, κ.λπ.), καθώς η ασυνέπεια αναγκάζει τους οδηγούς να καταπονούν τα ελαστικά. Βασίζονται επίσης στην ομαλότερη παροχή ισχύος του κινητήρα και του υβριδικού της Mercedes - οποιοδήποτε σπινάρισμα των τροχών υπερθερμαίνει γρήγορα τα πίσω ελαστικά, οπότε η χαρτογράφηση του γκαζιού ώστε να είναι λιγότερο αιχμηρή μπορεί να βοηθήσει την πρόσφυση. Η πρόσφυση της FW47 από τις αργές στροφές βελτιώνεται από το βελτιωμένο διαφορικό και την ανάρτηση, οπότε η φθορά των πίσω ελαστικών θα πρέπει να είναι λιγότερο ακανθώδης από ό,τι πριν.

**Δεδομένα και εργαλεία ελαστικών:** Η Williams θα χρησιμοποιήσει εργαλεία προσομοίωσης (από τη συνεργασία με την Atlassian και άλλες συνεργασίες ανάλυσης δεδομένων, τις οποίες η ομάδα διαφήμισε το 2025) για να μοντελοποιήσει τη συμπεριφορά των ελαστικών. Η διαδικασία σχεδιασμού του FW47 περιελάμβανε υπολογιστικούς γύρους για την εκτίμηση της ενεργειακής εισροής των ελαστικών. Κατά τη διάρκεια της πραγματικής λειτουργίας, αισθητήρες υπερύθρων μετρούν τις θερμοκρασίες του πέλματος σε πραγματικό χρόνο και αισθητήρες φορτίου στην ανάρτηση συμπεραίνουν πώς παραμορφώνεται το ελαστικό. Όλα αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή του τρόπου λειτουργίας του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, αν βλέπουν ότι το μπροστινό αριστερό ελαστικό υπερθερμαίνεται συνεχώς (κάτι συνηθισμένο σε πίστες όπως το Silverstone με πολλές γρήγορες δεξιές στροφές), μπορεί να προσαρμόσουν την ψύξη της μπροστινής πτέρυγας ή των αεραγωγών των φρένων ή ακόμα και να θυσιάσουν λίγο ρυθμό για να προστατεύσουν αυτό το ελαστικό για χάρη του συνολικού χρόνου του αγώνα.

**Είσοδοι οδηγού:** Albon και Sainz προσαρμόζουν επίσης την οδήγησή τους στη διαχείριση των ελαστικών. Η προβλεψιμότητα της FW47 τους επιτρέπει να οδηγούν με πιο φιλικό προς τα ελαστικά τρόπο - για παράδειγμα, δεν χρειάζεται να διορθώνουν μεγάλες στιγμές υπερστροφής (που καταστρέφουν τα πίσω ελαστικά) επειδή το μονοθέσιο είναι πιο σταθερό. Μπορούν επίσης να κατανείμουν τη δουλειά: χρησιμοποιώντας την πέδηση του κινητήρα (μέσω MGU-K regen) για να βοηθήσουν στην επιβράδυνση του αυτοκινήτου μπορούν να γλιτώσουν λίγο τα πίσω φρένα και συνεπώς την επιφάνεια των πίσω ελαστικών.

Συνοπτικά, το FW47 έχει σχεδιαστεί για να είναι **πιο ήπιο στο λάστιχο και πιο προσαρμόσιμο στη στρατηγική του**. Η Williams γνωρίζει ότι για να νικήσει μονοθέσια με πιθανώς μεγαλύτερη ταχύτητα, μπορεί μερικές φορές να τα ξεγελάσει με τη στρατηγική - και αυτό απαιτεί ένα μονοθέσιο που μπορεί να κερδίσει μερικούς γύρους παραπάνω με ένα σετ ελαστικών ή να διατηρήσει ένα σταθερό ρυθμό ενώ οι άλλοι εξασθενούν. Οι πρώτες ενδείξεις της σεζόν θα δείξουν αν η FW47 τηρεί αυτή την υπόσχεση. Αν το κάνει, η Williams θα μπορούσε να εκτελέσει τολμηρές στρατηγικές ενός stop ή να πιέσει σκληρά γνωρίζοντας ότι το μονοθέσιό της δεν θα πέσει ξαφνικά από τον "γκρεμό" της απόδοσης των ελαστικών.

## **Κατανομή βάρους και ισορροπία**

Η επίτευξη της βέλτιστης **κατανομής βάρους και ισορροπίας** είναι θεμελιώδους σημασίας για το σχεδιασμό του FW47. Οι κανονισμοί της Formula 1 προβλέπουν ένα στενό εύρος για την κατανομή του βάρους (για την αποφυγή ακραίων ρυθμίσεων με κλίση προς τα εμπρός ή προς τα πίσω), οπότε οι ομάδες κινούνται εντός αυτών των ορίων - τυπικά περίπου 46-48% μπροστά και 52-54% πίσω κατανομή βάρους με τον οδηγό στο μονοθέσιο. Η Williams είχε ως στόχο να τοποθετήσει τη μάζα της FW47 στο ιδανικό εύρος και όσο το δυνατόν χαμηλότερα.

**Ελάχιστο βάρος και έρμα:** Το ελάχιστο βάρος το 2025 για ένα μονοθέσιο της F1 κυμαίνεται στα 790 κιλά, συμπεριλαμβανομένου του οδηγού. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, το FW46 ήταν "αρκετά παχουλό" και πιθανότατα πάνω από αυτό το ελάχιστο όριο, πράγμα που σημαίνει ότι η Williams δεν μπορούσε να τοποθετήσει ελεύθερα το έρμα και έπρεπε να μεταφέρει ανεπιθύμητο βάρος. Με την πιο λιτή κατασκευή του FW47, η Williams προσπάθησε να πετύχει το ελάχιστο βάρος και ενδεχομένως να το υπολείψει ελαφρώς (το οποίο στη συνέχεια διορθώνεται με την προσθήκη βάρους έρματος σε στρατηγικά σημεία). Το έρμα είναι ουσιαστικά πυκνά μπλοκ βολφραμίου που μπορούν να βιδωθούν στο δάπεδο του πλαισίου. Η δυνατότητα τοποθέτησης, ας πούμε, 5-10 κιλών έρματος εκεί που θέλετε είναι ένα τεράστιο πλεονέκτημα στην εξισορρόπηση της συμπεριφοράς του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, η προσθήκη έρματος προς τα εμπρός μπορεί να αυξήσει το φορτίο του μπροστινού τροχού, βοηθώντας το ζέσταμα και το στρίψιμο του μπροστινού ελαστικού, ενώ η μετατόπιση του προς τα πίσω μπορεί να βοηθήσει την πρόσφυση. Το πρόγραμμα απώλειας βάρους του FW47 - με τη χρήση ελαφρύτερων υλικών, βελτιστοποιημένο σχεδιασμό εξαρτημάτων - είχε ως στόχο την ανάκτηση αυτής της ελευθερίας. Το αποτέλεσμα είναι ότι η Williams μπορεί να ρυθμίσει την κατανομή βάρους της FW47 ώστε να ταιριάζει στις απαιτήσεις κάθε πίστας.

**Κέντρο βάρους:** Η διατήρηση του κέντρου βάρους (CG) σε χαμηλά επίπεδα είναι μια άλλη προτεραιότητα. Το FW47 το επιτυγχάνει αυτό με την τοποθέτηση βαρέων εξαρτημάτων όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Το πιο βαρύ στοιχείο είναι ο κινητήρας, ο οποίος βρίσκεται όσο πιο χαμηλά στο χώρο του πλαισίου επιτρέπουν οι κανονισμοί. Η μπαταρία και οι ελεγκτές ES βρίσκονται κάτω από τη δεξαμενή καυσίμου, και πάλι χαμηλά. Ακόμα και πράγματα όπως το κάθισμα, η κολόνα του τιμονιού και η στερέωση του φωτοστέφανου λαμβάνονται υπόψη για την επίδρασή τους στο ύψος του CG. Ένα χαμηλότερο CG σημαίνει λιγότερη μεταφορά βάρους κατά τη διάρκεια της στροφής, η οποία γενικά βελτιώνει τη σταθερότητα και επιτρέπει πιο μαλακή ανάρτηση χωρίς προβλήματα κύλισης του αμαξώματος. Η Williams πιθανότατα συνέκρινε το ύψος CG του FW47 με τα FW45 και FW46 και διαπίστωσε βελτιώσεις χάρη στο πιο συμπαγές κιβώτιο ταχυτήτων και την ελαφρώς χαμηλότερη τοποθέτηση του κινητήρα (το νέο πλαίσιο μπορεί να επιτρέψει στη μονάδα ισχύος να καθίσει μερικά χιλιοστά χαμηλότερα).

**Ισορροπία εμπρός-πίσω:** Η Williams θα ρυθμίσει την ονομαστική ισορροπία του FW47 εντός του επιτρεπόμενου παραθύρου διανομής. Αν το μονοθέσιο από τη φύση του θέλει λίγο περισσότερο βάρος προς τα πίσω (το οποίο μπορεί να βελτιώσει την πρόσφυση και το φορτίο της πίσω αεροδυναμικής δύναμης), θα παραμείνει στο ανώτερο όριο της οπίσθιας μεροληψίας- αν ανταποκρίνεται καλύτερα σε περισσότερο βάρος μπροστά (για να κρατήσει τα μπροστινά ελαστικά απασχολημένα), μπορεί να πάει προς το μπροστινό άκρο. Στην πράξη, το φορτίο καυσίμου επηρεάζει αυτό το γεγονός σε μεγάλο βαθμό - καθώς το καύσιμο καίγεται, η κατανομή του βάρους μετατοπίζεται ελαφρώς (η κυψέλη καυσίμου βρίσκεται περίπου στο κέντρο, αλλά εκτείνεται προς τα πίσω). Ο χειρισμός του FW47 έχει σχεδιαστεί για να παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια μιας διαδρομής με καύσιμα, πράγμα που σημαίνει ότι το χαρακτηριστικό της κατανομής βάρους είναι πιθανότατα στη μέση.

**Επιρροή στο χειρισμό:** Ένα καλά ισορροπημένο αυτοκίνητο δεν θα έχει ούτε υπερβολική υποστροφή (η οποία συχνά υποδηλώνει υπερβολικό πίσω βάρος ή ανεπαρκές μπροστινό φορτίο) ούτε υπερβολική υπερστροφή (η οποία θα μπορούσε να υποδηλώνει υπερβολική πρόσθια κλίση ή ανισορροπία αεροτομής). Η μηχανική ισορροπία του FW47 στις στροφές χαμηλής ταχύτητας συντονίζεται από τις αντιστρεπτικές μπάρες και το διαφορικό, αλλά αυτά λειτουργούν καλύτερα αν η βασική κατανομή βάρους είναι σωστή. Η Williams ενθαρρύνθηκε από την αρχική αίσθηση - ο Sainz ανέφερε ότι το μονοθέσιο συμπεριφερόταν κανονικά ακόμη και σε ένα κρύο, υγρό shakedown, υποδηλώνοντας ότι δεν υπήρχαν δυσάρεστες εκπλήξεις στην ισορροπία. Η λεπτομερής ρύθμιση της κατανομής του βάρους θα γίνει στις δοκιμές- μπορεί να μετακινήσουν το έρμα με βήματα κατανομής 0,5% για να δουν τα αποτελέσματα.

**Σύγκριση με προηγούμενα αυτοκίνητα:** αλλά οποιοδήποτε περιττό βάρος που μετέφεραν θα είχε ουσιαστικά αυξήσει το CG και ίσως ανάγκασε σε συμβιβασμό (π.χ. αν είσαι υπέρβαρος, δεν μπορείς να προσθέσεις έρμα προς τα εμπρός ακόμα και αν θέλεις λίγο περισσότερο βάρος μπροστά). Στο 2024, το υπερβολικό βάρος και η έλλειψη εφεδρικού πλαισίου από νωρίς ήταν διπλό χτύπημα - όχι μόνο η απώλεια επιδόσεων λόγω μάζας αλλά και η αδυναμία ρύθμισης της ισορροπίας. Το FW47 το διορθώνει αυτό: "ήταν σε θέση να κάνει όλα αυτά" την προετοιμασία σωστά, υπονοώντας ότι έχουν το απαιτούμενο έρμα και τα εφεδρικά. Έτσι, αναμένουμε ότι το FW47 τρέχει ακριβώς στο ελάχιστο των 798kg, με ίσως ~50kg από αυτά ως καύσιμα, αφήνοντας περίπου 748kg στεγνό αυτοκίνητο + οδηγός για να διατεθούν. Αν ο οδηγός είναι ~80kg μαζί με τον εξοπλισμό, το ξηρό βάρος του αυτοκινήτου ~668kg μπορεί να περιλαμβάνει ίσως ~20kg έρματος, αν κατασκευάστηκε σημαντικά κάτω από το όριο. Αυτό το έρμα μπορεί να μετακινηθεί. Η Williams πιθανότατα θα κρατήσει κάποιο έρμα προς τα εμπρός για να σταθεροποιήσει το φρενάρισμα (αφού το φρενάρισμα σε υψηλές ταχύτητες ήταν μια αδυναμία πριν).

**Ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια της σεζόν:** Για παράδειγμα, προσθέτοντας μια μικρή πτέρυγα στο πίσω μέρος, η αεροδυναμική ισορροπία μετατοπίζεται αποτελεσματικά προς τα πίσω, γεγονός που μπορεί να μιμηθεί μια αλλαγή στην κατανομή του βάρους όσον αφορά τον χειρισμό. Αλλά η φυσική κατανομή είναι σταθερή, εκτός αν μετακινηθεί το έρμα, κάτι που συνήθως γίνεται μόνο αν διαπιστωθεί κάποιο σαφές πρόβλημα. Η ομάδα σχεδιασμού της FW47 θα είχε ως στόχο μια ουδέτερη ισορροπία του πλαισίου, ώστε όταν προσθέσει τα γνωστά επίπεδα downforce εμπρός και πίσω, το μονοθέσιο να μην είναι ούτε βαρύ στη μύτη ούτε δυστυχισμένο στην ουρά. Μόλις οι οδηγοί αρχίσουν να πιέζουν στις δοκιμές και τους αγώνες, θα ανατροφοδοτήσουν αν αισθάνονται ότι η ισορροπία του μονοθεσίου αλλάζει με την καύση καυσίμου ή τη φθορά των ελαστικών- αυτό θα τους ενημερώσει αν χρειάζεται κάποια μικρή ανακατανομή.

Εν κατακλείδι, το FW47 είναι πιθανότατα **στο βάρος-στόχο και απόλυτα ισορροπημένο** σύμφωνα με το σχέδιο. Αποβάλλοντας το περιττό βάρος του προκατόχου της και τοποθετώντας έξυπνα τη μάζα, η Williams δίνει στους οδηγούς της ένα μηχάνημα που είναι προβλέψιμο και ανταποκρίνεται. Η δυνατότητα λεπτομερούς ρύθμισης της κατανομής του βάρους παρέχει επίσης έναν επιπλέον μοχλό για να τραβήξουν όταν κυνηγούν λύσεις ρυθμίσεων σε διαφορετικές πίστες - κάτι που θα χρειαστούν καθώς θα αντιμετωπίσουν μια ποικιλία πίστες μέχρι το 2025.

## **Νέες καινοτομίες και ερμηνείες κανόνων**

Αν και το 2025 δεν έφερε ριζικές αλλαγές στους κανόνες όπως το 2022, η Williams εισήγαγε αρκετές **καινοτομίες και έξυπνες ερμηνείες των κανόνων** στην FW47. Στη Formula 1, η πρόοδος συχνά προέρχεται από την εύρεση μικρών πλεονεκτημάτων στα περιθώρια των κανονισμών, και η FW47 είναι απόδειξη ότι η Williams αναζητά ενεργά αυτά τα κέρδη.

Ένας τομέας καινοτομίας είναι **οι αεροδυναμικές λεπτομέρειες**. Το FW47 διαθέτει αρκετά διακριτικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που εκμεταλλεύονται γκρίζες ζώνες ή νέες ελευθερίες που επιτρέπονται στους κανόνες:

* **Σχεδιασμός τελικής πλάκας μπροστινής πτέρυγας:** Το σχήμα της συμβολής μεταξύ των οριζόντιων στοιχείων της πτέρυγας και της κατακόρυφης ακραίας πλάκας έχει τελειοποιηθεί για τη δημιουργία ροής αέρα. Οι κανονισμοί του 2022 στόχευαν αρχικά στον περιορισμό αυτής της εκροής, αλλά οι ομάδες, συμπεριλαμβανομένης της Williams, διαπίστωσαν ότι με την καμπύλωση της τελικής πλάκας ή την προσθήκη ενός μικρού χείλους, μπορούν να αυξήσουν νόμιμα τη ροή του αέρα προς τα έξω, βελτιώνοντας τη διαχείριση των απόνερα των μπροστινών ελαστικών. Τα endplates της FW47 έχουν μια χαρακτηριστική καμπύλη στο κάτω πίσω μέρος - μια μικρή πινελιά που βοηθά στην κατεύθυνση του αέρα γύρω από τους μπροστινούς τροχούς για καθαρότερη ροή προς τα κάτω.
* **Winglets άκρων δαπέδου:** Σε απάντηση σε κάποια περιθώρια στα σχέδια των άκρων του δαπέδου, η Williams πρόσθεσε μικροσκοπικά winglets και flick-ups στην περιφέρεια του δαπέδου. Αυτά βρίσκονται εντός των ορίων διαστάσεων που θέτει η FIA, αλλά μπορούν να επηρεάσουν δραστικά την ισχύ της δίνης κατά μήκος της άκρης του δαπέδου, "σφραγίζοντας" ουσιαστικά το δάπεδο για να ενισχύσουν το φαινόμενο εδάφους. Άλλες ομάδες, όπως η Red Bull και η Ferrari, διαθέτουν παρόμοια χαρακτηριστικά- η υιοθέτηση τους από τη Williams στην FW47 δείχνει ότι διασφαλίζει ότι κανένα αεροδυναμικό τέχνασμα δεν μένει ανεκμετάλλευτο.
* **Πίσω πτέρυγες:** Η Williams παρατήρησε πώς η Aston Martin το 2022 εισήγαγε μια νέα τελική πλάκα με κάποια καμπυλότητα (ένα σχέδιο που ήταν μια έξυπνη ερμηνεία του κανόνα). Μέχρι το 2025, οι κανόνες έχουν βελτιωθεί, αλλά οι ομάδες εξακολουθούν να προσπαθούν να διαμορφώσουν τη μεταβατική περιοχή για καλύτερη απόδοση. Οι endplates της Williams φαίνεται να έχουν μια μικρή καμπυλότητα κοντά στην επάνω εξωτερική γωνία, πιθανότατα για να μειώσουν την αντίσταση και να βελτιώσουν την αποδοτικότητα του ανοίγματος της πτέρυγας, χωρίς να παραβιάζουν τον κανονισμό που απαγορεύει τις παραδοσιακές αυλακωτές endplates. Πρόκειται για μια λεπτή, αλλά σημαντική ερμηνεία για να κερδίσετε λίγη ταχύτητα στην ευθεία γραμμή.
* **Βάσεις κάμερας μύτης:** (συνήθως στο ρύγχος ή στο μπροστινό διάφραγμα) μετατρέπονται συχνά από τις ομάδες σε μικρά winglets. Η Williams έχει προσανατολίσει τις βάσεις των καμερών της στην FW47 με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούν downforce (ή να κατευθύνουν τη ροή του αέρα με χρήσιμο τρόπο) αντί να προσθέτουν απλώς αντίσταση. Αυτή είναι μια μικρή λεπτομέρεια, αλλά και πάλι δείχνει ότι δεν αφήνει καμία πέτρα αναποδογυρισμένη.

Ένα άλλο πεδίο καινοτομίας είναι τα **υλικά και η κατασκευή**. Η Williams μπορεί να έχει χρησιμοποιήσει νέα σύνθετα υλικά σε μη δομικές περιοχές για να εξοικονομήσει βάρος. Για παράδειγμα, τα φέρινγκ των τροχών, τα στοιχεία των πτερύγων και το αμάξωμα θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ελαφρύτερη πλέξη άνθρακα ή ακόμη και κάποια τρισδιάστατα εκτυπωμένα μέρη τιτανίου για τα στηρίγματα στήριξης. Οι κανονισμοί επιτρέπουν εξωτικά υλικά εφόσον πληρούν τις απαιτήσεις πρόσκρουσης και ακαμψίας. Μετά την εισαγωγή του ανώτατου ορίου προϋπολογισμού, οι ομάδες πρέπει να καινοτομούν αποτελεσματικά - κάνοντας περισσότερα με λιγότερα. Η συνεργασία της Williams με νέους χορηγούς (όπως η Atlassian, μια εταιρεία λογισμικού) υποδηλώνει ότι στρέφονται στον προηγμένο υπολογιστικό σχεδιασμό και την ανάλυση δεδομένων για να βρουν αυτές τις μικρές καινοτομίες. Ίσως χρησιμοποιώντας αλγορίθμους γεννητικού σχεδιασμού, έχουν ελαφρύνει ορισμένα εξαρτήματα πέρα από αυτό που θα επέτρεπε ο παραδοσιακός σχεδιασμός - αποδίδοντας αυτές τις μερικές εκατοντάδες γραμμάρια που εξοικονομούνται εδώ και εκεί.

**Από μηχανικής πλευράς**, ένας αξιοσημείωτος τομέας έξυπνης ερμηνείας είναι το σύστημα διεύθυνσης. Ενώ η ενεργή ανάρτηση ή οτιδήποτε άλλο τέτοιου είδους απαγορεύεται, οι ομάδες μερικές φορές εκμεταλλεύονται τη συμμόρφωση ή τους έξυπνους δακτυλίους. Η Williams θα μπορούσε, για παράδειγμα, να έχει ένα κουζινέτο στην πίσω ανάρτηση που υπό φορτίο συμπεριφέρεται ελαφρώς σαν τιμόνι (αλλαγή πέλματος) για να βοηθήσει την είσοδο στις στροφές - συχνά ονομάζεται παθητικό πίσω τιμόνι. Αν το έχουν κάνει αυτό, θα ήταν βαθιά μυστικό, αλλά η βελτιωμένη στροφή της FW47 θα μπορούσε να υποδηλώνει κάποια ρύθμιση του ελαστικού δακτυλίου που ουσιαστικά δίνει καλύτερη περιστροφή στο μέσο της στροφής χωρίς να παραβιάζει τους κανόνες (οι κανόνες επιτρέπουν κάποια ευελιξία εφόσον δεν είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη).

Υπάρχει επίσης καινοτομία **στον τομέα της ψύξης**: Η χρήση της εισαγωγής roll-hoop από τη Williams για τη μερική τροφοδοσία ενός intercooler μπορεί να είναι μοναδική στον τρόπο με τον οποίο διαχωρίζει τη ροή του αέρα εσωτερικά. Αν έχουν μια πιο αποδοτική διάταξη του intercooler, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει πυκνότερο αέρα φόρτισης για τον κινητήρα - ένα κέρδος απόδοσης που δεν φαίνεται προφανώς στην επιφάνεια. Από πλευράς κανόνων, οι ομάδες πρέπει να ασχοληθούν με το προβλεπόμενο μέγεθος εισαγωγής του κινητήρα, αλλά μπορούν να το δρομολογήσουν δημιουργικά στο εσωτερικό.

Επιπλέον, το λογισμικό είναι ένας αόρατος αλλά κρίσιμος τομέας καινοτομίας. Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανόνες, ορισμένα βοηθήματα οδήγησης απαγορεύονται, αλλά η έξυπνη χαρτογράφηση του κινητήρα ή του διαφορικού μπορεί να μιμηθεί μια μορφή ελέγχου πρόσφυσης ή υποβοήθησης ευστάθειας χωρίς να παραβιάζεται το γράμμα του νόμου. Για παράδειγμα, η Williams θα μπορούσε να βελτιώσει την παροχή ροπής σε κάθε ταχύτητα για να ελαχιστοποιήσει το σπινάρισμα των τροχών - χρησιμοποιώντας ουσιαστικά το υβριδικό σύστημα και τη χαρτογράφηση του γκαζιού ως ένα *ψευδο-έλεγχο πρόσφυσης* που παραμένει εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Όλες οι ομάδες το κάνουν αυτό σε κάποιο βαθμό, αλλά αν η Williams βρει μια καλύτερη βαθμονόμηση (ίσως με τη βοήθεια του HPP της Mercedes), θα μπορούσε να βελτιώσει τους χρόνους γύρου και τη διάρκεια ζωής των ελαστικών.

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι ο James Vowles, προερχόμενος από τη Mercedes, έφερε μια πληθώρα γνώσεων σχετικά με τη στρατηγική και ενδεχομένως με τον τρόπο εκμετάλλευσης των κανόνων. Παρόλο που η στρατηγική δεν αποτελεί χαρακτηριστικό σχεδιασμού του μονοθεσίου, η FW47 μπορεί να σχεδιαστεί με ορισμένες έννοιες στρατηγικής στο μυαλό - για παράδειγμα, πολύ γρήγορη εξυπηρέτηση στο pit stop. Το pit crew της Williams ήταν ήδη από τα καλύτερα, αλλά ο σχεδιασμός του αυτοκινήτου μπορεί να βοηθήσει τα pit stop (σχεδιασμός παξιμαδιών τροχών, τοποθέτηση σημείων γρύλου). Το FW47 έχει πιθανότατα βελτιστοποιημένη εργονομία για το pit stop: τα παξιμάδια των τροχών και τα κομβία του μπορεί να είναι σχεδιασμένα για εξαιρετικά γρήγορη εμπλοκή και τα συστήματα ψύξης των φρένων σχεδιασμένα για να αποτρέπουν την υπερθέρμανση των ζαντών (η οποία μπορεί να καθυστερήσει την αλλαγή ελαστικών). Πρόκειται για μια ολιστική άποψη - η καινοτομία δεν είναι μόνο ένα μεγάλο πράγμα, αλλά δεκάδες μικροσκοπικές βελτιώσεις.

Τέλος, για **τις λεπτομέρειες των κανόνων του 2025**: Η FIA έκανε κάποιες μικρές αλλαγές για το 2025, όπως ελαφρώς μεγαλύτερους πλευρικούς καθρέφτες για καλύτερη ορατότητα και πιθανώς αυστηρότερες δοκιμές κάμψης στις μπροστινές και πίσω πτέρυγες για τον περιορισμό των πλεονεκτημάτων "flexi-wing". Η Williams θα ανταποκρινόταν ενισχύοντας τα στοιχεία της πτέρυγας για να περάσει αυτές τις δοκιμές, ενώ παράλληλα θα επέτρεπε ένα άγγιγμα ελαστικής παραμόρφωσης για αεροδυναμικό όφελος (συνήθως οι ομάδες σχεδιάζουν τις πτέρυγες ώστε να λυγίζουν αρκετά σε υψηλή ταχύτητα για να αποβάλλουν την αντίσταση, χωρίς να αποτυγχάνουν στις δοκιμές). Οι βάσεις των κύριων πτερύγων της FW47 μπροστά και πίσω είναι πιθανότατα εντός των επιτρεπόμενων ανοχών - μια ερμηνεία των κανονισμών που είναι πλέον συνήθης πρακτική, αλλά εξακολουθεί να αποτελεί μηχανική τέχνη για να επιτευχθεί σωστά.

Στην ουσία, το FW47 δεν έχει μία και μοναδική καινοτομία που να τραβάει τα πρωτοσέλιδα (δεν έχει διπλό διαχύτη ή καινοτομία επιπέδου F-duct), αλλά είναι ένα μωσαϊκό από πολλές έξυπνες λύσεις. Κάθε μία από αυτές - από αεροτομές μέχρι λογισμικό - κερδίζει μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου ανά γύρο. Η Williams έχει σηματοδοτήσει ότι αυτό το μονοθέσιο είναι ένα **βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση** και εκμεταλλεύεται μια σαφέστερη κατανόηση των κανόνων και της συμπεριφοράς του μονοθεσίου της, αντί να παίρνει άγρια ρίσκα. Είναι το είδος της έξυπνης προόδου που κάνει μια ομάδα στο δρόμο για την ανάκτηση της ανταγωνιστικότητας, όπως τόνισε ο Vowles: μια "ομάδα που κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση "με μια σαφή, διαφανή φιλοσοφία ανάπτυξης.

## **Συγκρίσεις με προηγούμενα μοντέλα Williams (FW45 & FW46)**

Για να εκτιμήσουμε τις εξελίξεις του FW47, είναι σημαντικό να το συγκρίνουμε με τους άμεσους προγόνους του, το FW45 (2023) και το FW46 (2024). Καθένα από αυτά τα αυτοκίνητα σηματοδότησε στάδια στην πρόσφατη εξέλιξη της Williams, και η FW47 βασίζεται στα θεμέλιά τους, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζει τις αδυναμίες τους.

**Πλαίσιο και βάρος:** Η FW45 του 2023 ήταν μια απλή μηχανή - αξιόπιστη ισχύς Mercedes και αξιοπρεπής ταχύτητα στην ευθεία γραμμή, αλλά υπέφερε από το γεγονός ότι ήταν κάπως υπανάπτυκτη αεροδυναμικά και πιθανότατα βρισκόταν στο όριο ή πάνω από το όριο βάρους. Η FW46 του 2024 ήταν ένα πιο φιλόδοξο βήμα: Η Williams προσπάθησε να προσθέσει downforce και να αλλάξει τις έννοιες (ιδιαίτερα γύρω από τα sidepods), αλλά όπως σημειώθηκε, ολοκληρώθηκε αργά και ήταν υπέρβαρη. Αυτό οδήγησε σε δυσκολίες όταν ο Albon τράκαρε στην Αυστραλία, αφού ένα εφεδρικό σασί δεν ήταν έτοιμο Αυτά τα ζητήματα εμπόδισαν τα πρώτα αποτελέσματα του 2024. Το FW47 έρχεται σε έντονη αντίθεση: ήταν **έτοιμο νωρίς και πιο λιτό**. Η Williams κατάφερε να βγάλει την FW47 στην πίστα σε ένα shakedown πάνω από μια εβδομάδα πριν από τις επίσημες δοκιμές - μια τεράστια βελτίωση στην επιχειρησιακή ετοιμότητα. Επίσης, έδιωξαν το περιττό βάρος, πράγμα που σημαίνει ότι το FW47 μπορεί να τρέξει νόμιμα με ελάχιστη μάζα με έρμα, ενώ το FW46 ουσιαστικά μετέφερε "νεκρό βάρος" που δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Αυτό δίνει στο FW47 ένα πλεονέκτημα χειρισμού και ευελιξίας που δεν είχε το FW46.

**Αεροδυναμική αντίληψη:** (κάποιοι το περιέγραψαν ως ολισθηρό στις ευθείες, αλλά χωρίς downforce στις στροφές). Είχε μικρά πλαϊνά και ένα βασικό πάτωμα - το οποίο το έκανε γρήγορο σε πίστες όπως η Monza, αλλά δυσκολευόταν σε πίστες με υψηλή downforce. Η FW46 κινήθηκε προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης downforce: διέθετε μεγαλύτερες εισαγωγές sidepod και ένα διαφορετικό σχήμα εμπνευσμένο εν μέρει από τη φιλοσοφία της Red Bull. Κέρδισε κάποια downforce (ο Albon είχε κάποιες δυνατές επιδόσεις στις κατατακτήριες δοκιμές του 2024), αλλά κέρδισε επίσης αντίσταση και πολυπλοκότητα που η ομάδα μάθαινε ακόμα να βελτιστοποιεί. Η FW47 περιγράφεται από τον Vowles ως **εξέλιξη της FW46**, που σημαίνει ότι δεν πέταξαν αυτή την ιδέα, αλλά την τελειοποίησαν. Οι πλευρικοί βραχίονες στο FW47 είναι ακόμα πιο σμιλευμένοι και το δάπεδο πιο αποτελεσματικό. Αυτή η εξέλιξη είναι εμφανής στις επιδόσεις στις στροφές υψηλής ταχύτητας - ένας τομέας που στοχεύει ειδικά για βελτίωση Η FW47 πιθανότατα διατηρεί την κληρονομιά της καλής ταχύτητας στην ευθεία (η Williams δεν θα ήθελε να χάσει αυτή τη δύναμη), αλλά τώρα είναι πολύ λιγότερο "one-trick pony". Έτσι, σε σύγκριση με την FW45, η FW47 έχει πολύ μεγαλύτερη συνολική downforce και καλύτερη ισορροπία. Σε σύγκριση με την FW46, η FW47 έχει παρόμοια φιλοσοφία, αλλά με αμέτρητες βελτιώσεις από την μπροστινή πτέρυγα μέχρι τον διαχύτη που συνολικά την καθιστούν ένα πιο **αεροδυναμικά αποδοτικό** μονοθέσιο - περισσότερη downforce χωρίς ανάλογη ποινή αντίστασης.

**Ανάρτηση και χειρισμός:** Όταν ήταν καλή (ορισμένες πίστες με χαμηλή αντίσταση), εξέπληττε με το ρυθμό της, αλλά σε άλλες συνθήκες έπεφτε. Η FW46 εισήγαγε νέες γεωμετρίες ανάρτησης που βοήθησαν λίγο - για παράδειγμα, ο Albon συχνά επαίνεσε τη βελτιωμένη σταθερότητα στις στροφές μεσαίας ταχύτητας με το μονοθέσιο 2024. Ωστόσο, η FW46 μπορεί να εισήγαγε λίγο απρόβλεπτη συμπεριφορά καθώς πρόσθεταν downforce (για παράδειγμα, το porpoising εμφανίστηκε ελαφρώς στις πρώτες δοκιμές του 2024 μέχρι να το περιορίσουν). Το FW47, κληρονομώντας τα διδάγματα, φαίνεται να έχει μια πιο αποφασισμένη ανάρτηση. Οι οδηγοί δεν έχουν σχολιάσει δημοσίως λεπτομερώς ακόμα, αλλά οι πρώτες σημειώσεις του Sainz για το shakedown έδειξαν ότι τα πράγματα φαίνονταν φυσιολογικά - ουσιαστικά, χωρίς δυσάρεστες εκπλήξεις. Η εστίαση της ομάδας στις στροφές υψηλής ταχύτητας υποδηλώνει ότι η FW47 θα αισθάνεται πιο σταθερή στις γρήγορες αλλαγές κατεύθυνσης (κάτι με το οποίο η FW45 δυσκολευόταν ιδιαίτερα, γλιστρώντας συχνά και υπερθερμαίνοντας τα ελαστικά της). Έτσι, πρακτικά, περιμένουμε **λιγότερη υποστροφή** από ό,τι είχε η FW45 (η οποία συχνά δεν είχε εμπρόσθια downforce) και **λιγότερη σπασμωδική υπερστροφή** από ό,τι παρουσίαζε περιστασιακά η FW46 όταν η πίσω downforce της ήταν σε αιχμή. Η FW47 θα πρέπει να είναι ένα αυτοκίνητο με πιο ουδέτερη συμπεριφορά, πιο εύκολο να ρυθμιστεί για διάφορες πίστες.

**Μονάδα ισχύος και αξιοπιστία:** Και τα τρία αυτοκίνητα χρησιμοποιούν τις υβριδικές μονάδες ισχύος της Mercedes των αντίστοιχων ετών, οπότε οι διαφορές στην απόδοση του κινητήρα είναι ελάχιστες (η παγωμένη εξέλιξη σημαίνει ότι τα όποια οφέλη από το 2023 έως το 2025 είναι μικρές βελτιώσεις αξιοπιστίας ή ενσωμάτωσης). Ωστόσο, οι αλλαγές στην ψύξη και την ενσωμάτωση είναι αξιοσημείωτες. Η FW45 είχε πολύ σφιχτό packaging, αλλά μερικές φορές φλέρταρε με την υπερθέρμανση αν έτρεχε σε κίνηση. Το FW46 πρόσθεσε μεγαλύτερη ικανότητα ψύξης (αισθητή με την προσθήκη περσίδων στα μέσα του 2024). Το FW47, με το νέο πακέτο ψύξης, πιθανότατα μπορεί να λειτουργεί πιο δροσερά ή τουλάχιστον να δίνει στους οδηγούς περισσότερα περιθώρια για να πιέσουν χωρίς να χτυπήσουν τα θερμικά όρια. Από άποψη αξιοπιστίας, το FW45 ήταν αξιοπρεπές, το FW46 είχε μερικές δυσκολίες (κυρίως βοηθητικές, όπως ίσως υδραυλικά προβλήματα ή το προαναφερθέν σενάριο ζημιών από σύγκρουση). Η FW47, που είναι καλύτερα προετοιμασμένη, θα πρέπει να συνεχίσει αυτή την τάση σταθερής αξιοπιστίας - και κυρίως να μην χάνει χρόνο στα δοκιμαστικά λόγω προβλημάτων, όπως συνέβαινε μερικές φορές με τη βιαστική FW46 στην αρχή.

**Αποτελέσματα και πορεία ανάπτυξης:** Το 2023 (FW45), η Williams τερμάτισε ψηλότερα στην κατάταξη από ό,τι πολλοί περίμεναν (κατά καιρούς υπερέβαινε το βάρος της, τερματίζοντας στην P7 των κατασκευαστών το 2023). Το 2024, παρά τις υποσχέσεις του νέου μονοθεσίου, τα αποτελέσματα υποχώρησαν και κατέληξαν **στην ένατη θέση του πρωταθλήματος**, γεγονός που δείχνει ότι η FW46 δεν έφερε τη συνεπή βελτίωση που ήλπιζαν. Τώρα, με το FW47, η Williams στοχεύει να ανακάμψει. Μέχρι τον Απρίλιο του 2025, η ομάδα έχει ήδη συγκεντρώσει περισσότερους βαθμούς (η ομάδα είχε 19 βαθμούς και βρισκόταν στην 6η θέση στις αρχές της βαθμολογίας του 2025 από ό,τι είχε σε παρόμοιο σημείο το 2024 - ένα σημάδι ότι η FW47 είναι πιο ανταγωνιστική στη μεσαία κατηγορία. Έχει αναμετρηθεί ακόμη και με τις Haas και ίσως την Aston Martin στον αγωνιστικό ρυθμό, ενώ η FW46 είχε συχνά κολλήσει να παλεύει μόνο με τους ουραίους δρομείς. Αυτή η τάση υποδηλώνει ότι η FW47 είναι ένα πιο **ολοκληρωμένο και ανταγωνιστικό πακέτο** σε σχέση με τα πρόσφατα μονοθέσια της Williams.

Εν ολίγοις, το FW45 ήταν ένα μονοθέσιο με χαμηλή έλξη και χαμηλή downforce που ευδοκιμούσε μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες, ενώ το FW46 ήταν ένα βήμα με υψηλότερη downforce, αλλά υπέρβαρο και κάπως ασυνεπές. Το FW47 συνδυάζει το καλύτερο και από τις δύο προσεγγίσεις - διατηρώντας την καλή απόδοση και προσθέτοντας παράλληλα downforce - και το κάνει αυτό σε μια καλύτερα σχεδιασμένη, ελαφρύτερη πλατφόρμα. Υπογραμμίζει την πρόοδο της Williams: κάθε χρόνο από τους νέους κανονισμούς του 2022, μαθαίνουν και επαναλαμβάνουν. Η FW47 είναι η πρώτη σε αυτή τη γενιά που πραγματικά μοιάζει *με Williams με κατεύθυνση*, αντί να την προλαβαίνει. Είναι μια εξέλιξη, όχι μια επανάσταση, αλλά μερικές φορές η εξέλιξη είναι ακριβώς αυτό που χρειάζεται για να κερδίζεις σταθερά τις επιδόσεις σου στη στενή μεσαία κατηγορία της F1.

## **Συγκρίσεις με 2025 βασικούς ανταγωνιστές**

Η Williams μπορεί να βρίσκεται σε πορεία ανάκαμψης, αλλά εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σκληρό ανταγωνισμό από τους πρωτοπόρους της F1 και το μεσαίο πεδίο το 2025. Η σύγκριση της FW47 με τα μονοθέσια των άλλων ομάδων - την RB21 της Red Bull, την SF-25 της Ferrari, την W16 της Mercedes, την MCL39 της McLaren, την AMR25 της Aston Martin και άλλες - δίνει το πλαίσιο για το πού βρίσκεται τεχνικά η Williams.

**Red Bull (RB21):** Η Red Bull RB21 είναι το σημείο αναφοράς, καθώς η Red Bull κυριάρχησε τα πρώτα χρόνια της εποχής του ground-effect. Η RB21 πιθανότατα διαθέτει μια ακραία downwash sidepod σχεδίαση, υπερ-αποδοτικές σήραγγες Venturi και κορυφαία στην κατηγορία συνολική downforce. Η FW47 έχει σαφώς αντλήσει έμπνευση από τη φιλοσοφία της Red Bull - τα sidepods και το δάπεδό της παρουσιάζουν ομοιότητα στο concept. Ωστόσο, η εκτέλεση της Red Bull είναι συνήθως πιο ακραία: τα υποστρώματά τους μπορεί να είναι βαθύτερα, το πίσω packaging πιο επιθετικό και η αεροδυναμική τους ενσωμάτωση απολύτως κορυφαία. Μπορεί κανείς να περιμένει ότι η RB21 θα παράγει περισσότερη downforce από την FW47 σε οποιοδήποτε επίπεδο πτέρυγας, απλά και μόνο λόγω της βελτιστοποίησης λεπτότερων λεπτομερειών και πιθανώς μιας ρύθμισης υψηλότερης κλίσης που εφαρμόζει η Red Bull (έχουν την ικανότητα να κάνουν τον διαχύτη να λειτουργεί σε μεγαλύτερο δέλτα ύψους εμπρός-πίσω). Τούτου λεχθέντος, η Williams έχει καλύψει κάποια διαφορά: για παράδειγμα, εκεί που η FW45 απείχε μίλια από την RB19 (2023) στις στροφές, η FW47 είναι πιθανότατα πολύ πιο κοντά στην απόδοση της RB21 στις μεσαίες στροφές - δεν ταιριάζει, αλλά δεν είναι και τόσο μακριά. Όσον αφορά τη μονάδα ισχύος, η Honda της Red Bull (με την επωνυμία Red Bull Powertrains μέχρι το 2025) είναι στο ίδιο επίπεδο με τη Mercedes σε απόδοση, οπότε στην ευθεία γραμμή, η FW47 και η RB21 εξαρτώνται περισσότερο από τις διαφορές στην οπισθέλκουσα. Το μονοθέσιο της Red Bull μπορεί να έχει ακόμα πλεονέκτημα στη διαχείριση των ελαστικών - η φιλοσοφία τους για υψηλή downforce είναι γενικά φιλική προς τα ελαστικά. Η Williams δούλεψε για να το βελτιώσει αυτό, αλλά είναι ένας τομέας όπου η πολυετής εμπειρία της Red Bull αποδίδει καρπούς. Η αεροδυναμική σταθερότητα (το πώς συμπεριφέρεται το μονοθέσιο στον τυρβώδη αέρα) είναι ένα άλλο δυνατό σημείο της Red Bull- η Williams θα το μάθει μόνο όταν αγωνιστούν στενά, αλλά τα πρώτα σημάδια δείχνουν ότι η FW47 είναι πιο σταθερή από πριν. Μπορούμε ήδη να παρατηρήσουμε ότι ενώ η FW47 αποτελεί σαφή βελτίωση, *δεν* είναι ακόμα στο επίπεδο της Red Bull σε ακατέργαστο ρυθμό - στους πρώτους αγώνες, η Red Bull εξακολουθεί να υπερτερεί της Williams με σημαντική διαφορά. Η επιτυχία για τη Williams θα μετρηθεί στο να κλείσει αυτή τη διαφορά και να διεκδικήσει περιστασιακά το κάτω μέρος των βαθμών που συνήθως μονοπωλεί η Red Bull. Συνοψίζοντας, **FW47 vs RB21**: παρόμοια σχεδιαστική κατεύθυνση, αλλά η Red Bull έχει περισσότερη downforce και εκλεπτυσμένη αεροδυναμική - η Williams πλησιάζει εννοιολογικά, αλλά χρειάζεται περαιτέρω εξέλιξη για να φτάσει την πρωταθλήτρια ομάδα.

**Ferrari (SF-25):** SF-25 από τα μέσα ενημέρωσης) έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Ιστορικά, η Ferrari σύμφωνα με τους κανόνες 2022/23 είχε πολύ ισχυρή ταχύτητα στην ευθεία (εν μέρει χάρη στον ισχυρό κινητήρα και την αποτελεσματική αντιστάθμιση αντίστασης/κάτω ισχύος), αλλά μερικές φορές αγωνιζόταν με τη φθορά των ελαστικών και την ασυνεπή κάτω ισχύ. Η SF-25 πιθανότατα συνεχίζει την εξέλιξη της Ferrari από την SF-23/SF-24, πιθανότατα διαθέτοντας ένα μοναδικό σχεδιασμό πλευρικών πτερυγίων που το 2023 είχε μια σέσουλα "μπανιέρας" και μέχρι το 2024/25 θα μπορούσε να έχει υβριδοποιηθεί με downwash τύπου Red Bull. Το αυτοκίνητο της Ferrari είναι συνήθως πολύ καλό στις αργές στροφές και στις ζώνες πρόσφυσης. Συγκρίνοντας με την FW47, η Williams μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πιο κοντά στο concept της Red Bull από ό,τι της Ferrari (αφού η Ferrari τείνει να κάνει κάποια πράγματα διαφορετικά, όπως η φιλοσοφία της μπροστινής πτέρυγας ή η συσκευασία των ψυγείων). Η μονάδα ισχύος της Ferrari είναι πολύ ανταγωνιστική. το 2024 η Ferrari έκανε διορθώσεις αξιοπιστίας που της επέτρεψαν να χρησιμοποιεί την πλήρη ισχύ πιο συχνά, οπότε οι επιδόσεις της στην ευθεία γραμμή το 2025 είναι κορυφαίες. Η ισχύς της Mercedes της Williams είναι συγκρίσιμη, οπότε η ευθεία γραμμή θα εξαρτηθεί από την αεροδυναμική - εδώ η Ferrari χρησιμοποιεί συχνά λίγο περισσότερη αντίσταση για να αποκτήσει downforce (ιστορικά ήταν λίγο πιο αργή στις ευθείες από τη Red Bull). Η FW47 μπορεί να έχει ακόμα ένα μικρό πλεονέκτημα στην απόδοση χαμηλής έλξης (ένα χαρακτηριστικό που μεταφέρθηκε από τις ημέρες της FW45), που σημαίνει ότι σε πίστες όπως η Monza, η Williams θα μπορούσε να αμφισβητήσει μια Ferrari στην καθαρή ταχύτητα. Ωστόσο, στις γρήγορες στροφές, μια Ferrari είχε συνήθως μεγαλύτερη συνολική πρόσφυση από τα πρόσφατα μονοθέσια της Williams. Η FW47 προσπαθεί να εξαλείψει αυτό το χάσμα, εστιάζοντας στη βελτίωση των στροφών υψηλής ταχύτητας. Μπορεί να είναι ακόμα υπερβολικό να πούμε ότι η FW47 μπορεί να εξισώσει την downforce της Ferrari - η Ferrari είναι πρωτοπόρος με τεράστια Ε&Α, άλλωστε - αλλά η Williams θα μπορούσε να είναι πιο κοντά σε σχέση με το παρελθόν. Ένας τομέας που πρέπει να προσέξουμε είναι **το φρενάρισμα και η ευελιξία**: Ο Sainz μετακόμισε από τη Ferrari στη Williams, οπότε θα συγκρίνει άμεσα αυτό που ένιωσε στην SF-24 με την FW47. Αν διαπιστώσει ότι η Williams του δίνει αυτοπεποίθηση παρόμοια ή και περισσότερο σε ορισμένες φάσεις (ίσως η Williams είναι πιο εύκολη στα ελαστικά, οπότε αργότερα σε ένα stint είναι πιο γρήγορη), αυτό είναι τεράστιο. Η Ferrari είχε επίσης κάποια περίεργη γεωμετρία ανάρτησης (το μονοθέσιό τους του 2022 είχε μια πολύ τραβηγμένη από τα μαλλιά μοναδική σχεδίαση εμπρός, αν και απομακρύνθηκαν από αυτό). Η Williams παρέμεινε συμβατική, γεγονός που μπορεί να θυσίασε ένα μικρό πλεονέκτημα συσκευασίας, αλλά της έδωσε εξοικείωση. **FW47 εναντίον SF-25**: Η Williams έχει μειώσει τη διαφορά, αλλά η Ferrari πιθανότατα παραμένει μπροστά στο συνολικό αεροδυναμικό φορτίο και ίσως πιο εξελιγμένη σε ορισμένους τομείς (όπως μια ενδεχομένως πιο πολύπλοκη μπροστινή πτέρυγα ή κόλπα στο πάτωμα). Παρόλα αυτά, στην ισχύ και την ευθεία γραμμή, είναι πολύ κοντά, και η Williams μπορεί να έχει προβάδισμα στην αξιοπιστία ή τη συνέπεια. Η παρουσία του Lewis Hamilton στη Ferrari (σύμφωνα με τη βαθμολογία, ο Hamilton είναι στη Ferrari το 2025) σημαίνει ότι η Ferrari έχει κορυφαία συμβολή οδηγών - η Williams θα στηριχθεί στους Sainz και Albon για να χτυπήσουν πάνω από το βάρος του μονοθεσίου σε αγώνες όπου η στρατηγική ή οι συνθήκες παίζουν ρόλο.

**Mercedes (W16):** (μετά το W14 το 2023 και το W15 το 2024). Η Mercedes πέρασε μια ταραχώδη περίοδο προσαρμογής στους νέους κανονισμούς - η ιδέα του μηδενικού πλευρικού άξονα του 2022-23 δεν λειτούργησε όπως ήλπιζαν, και στα μέσα του 2023 στράφηκε σε μια πιο συμβατική σχεδίαση. Η W15 (2024) πιθανότατα ήταν ένα μεταβατικό αυτοκίνητο, και η W16 (2025) πιθανώς βελτιώνει τη νέα φιλοσοφία. Το αποτέλεσμα είναι ότι η Mercedes μπορεί τελικά να έχει ανακτήσει πολλές επιδόσεις - οι πρώτες βαθμολογίες του 2025 τις δείχνουν ανταγωνιστικές (P2 στους βαθμούς των ομάδων μετά από μερικούς αγώνες) Η W16 έχει πιθανώς ένα πολύ αποτελεσματικό μπροστινό μέρος (η Mercedes συχνά υπερέχει στις αργές στροφές και στο φρενάρισμα) και βελτιωμένη αεροδυναμική απόδοση τώρα που έχουν ξεφορτωθεί την προβληματική ιδέα. Για τη Williams, το ενδιαφέρον σημείο είναι ότι μοιράζονται τον ίδιο κινητήρα και (ενδεχομένως) κάποια στοιχεία του κιβωτίου ταχυτήτων. Η Williams *δεν* χρησιμοποιεί την πίσω ανάρτηση της Mercedes ή το πλήρες κιβώτιο ταχυτήτων όπως κάνει/έκανε η Aston Martin- είναι πιο ανεξάρτητες. Ωστόσο, οι όποιες βελτιώσεις βρήκε η Mercedes στο πώς να αξιοποιεί στο έπακρο τη μονάδα ισχύος ή να διαχειρίζεται τα υβριδικά συστήματα πιθανότατα θα περάσουν στη Williams μέσω της σχέσης με τους πελάτες. Η FW47 μπορεί να επωφεληθεί από την τεχνογνωσία της Mercedes σε τομείς όπως η ρύθμιση του brake-by-wire ή η χαρτογράφηση του κινητήρα. Παρόλα αυτά, η W16 θα έχει το πλεονέκτημα σε καθαρή downforce και εμπειρία - η Mercedes έχει περισσότερο χρόνο σε αεροδυναμική σήραγγα από τη Red Bull λόγω του χαμηλότερου τερματισμού το 2024, και σίγουρα τον αξιοποίησε. Έτσι, η W16 θα πρέπει να είναι ταχύτερη στις περισσότερες στροφές από την FW47. Ένα χαρακτηριστικό που ξεχωρίζει είναι η **ανάρτηση και η οδήγηση**: Η Mercedes πειραματιζόταν με υψηλή αντιβύθιση και anti-squat το 2024. Μέχρι το 2025 μπορεί να έχουν κάτι σαν μπροστινή ανάρτηση που πραγματικά κρατάει την πλατφόρμα επίπεδη. Η Williams έχει προσθέσει κάποια αντιβύθιση, αλλά ίσως όχι στα ακραία επίπεδα που έκανε η Mercedes (αφού έπρεπε να επαναλάβει προσεκτικά για να μην αναστατώσει άλλες πτυχές). Επομένως, η W16 μπορεί να είναι εξαιρετικά καλή στο φρενάρισμα με ελάχιστη βύθιση της μύτης, ωφελώντας την αεροτομή- η Williams έχει βελτιωθεί αλλά όχι σε αυτό το επίπεδο ακόμα. Ένας άλλος τομέας είναι οι **ερμηνείες των βοηθημάτων για τον οδηγό**: Η Mercedes είναι μάστορες στη χρήση των λειτουργιών του κινητήρα και των διαφορικών τρικ για την απόδοση - η Williams θα αποκτήσει μέρος αυτής της τεχνογνωσίας μέσω του Vowles και της Mercedes που είναι συνεργάτης της, αλλά η εργοστασιακή ομάδα μπορεί να έχει ακόμα ένα επιπλέον πλεονέκτημα στη λεπτομερή ρύθμιση. **FW47 vs W16**: Η Williams προσπαθεί ουσιαστικά να κάνει στη μεσαία κατηγορία αυτό που κάνει η Mercedes κυνηγώντας την κορυφή: να βελτιώσει μια νέα ιδέα αφού εγκαταλείψει μια παλιά κατεύθυνση. Και οι δύο έχουν κάνει βήματα προόδου, αλλά οι μεγαλύτεροι πόροι της Mercedes σημαίνουν ότι η W16 είναι μια πιο προηγμένη μηχανή. Παρόλα αυτά, με την ίδια μονάδα ισχύος, αν η αεροτομή της FW47 πλησιάσει περισσότερο, σε μια καλή μέρα η Williams μπορεί να πλησιάσει τη Mercedes σε συγκεκριμένες συνθήκες - ειδικά αν η Mercedes αντιμετωπίσει προβλήματα φθοράς ελαστικών (κάτι που συνέβη σε κάποια προηγούμενα χρόνια) και η Williams μπορεί να επωφεληθεί πηγαίνοντας πιο μακριά ή χρησιμοποιώντας μια εναλλακτική στρατηγική.

**McLaren (MCL39):** Αν οι βαθμοί είναι ενδεικτικοί (προηγείται στο πρωτάθλημα από νωρίς). Η MCL39, με οδηγούς τους Norris και Piastri, έχει γίνει ένα μονοθέσιο πρώτης γραμμής. Αυτή είναι μια δραματική μεταστροφή από τις αρχές του 2023, όταν η McLaren αγωνιζόταν. Το κλειδί ήταν μια σειρά αναβαθμίσεων το 2023 που ουσιαστικά επανασχεδίασαν το αυτοκίνητο στα μέσα της σεζόν για να μιμηθούν τα sidepods και το πάτωμα της Red Bull - μέχρι το 2024, η McLaren (MCL60, όπως την ονόμασαν για την 60ή επέτειο, στη συνέχεια πιθανώς MCL38 ή πίσω στην αριθμητική ακολουθία για το 2024) ήταν ανταγωνιστική, και μέχρι το 2025 φαίνεται να είναι στην αιχμή του δόρατος. Για τη Williams, η McLaren είναι μια ενδιαφέρουσα αναφορά: και οι δύο ομάδες ήταν κοντά στην ουρά το 2022, η McLaren έκανε άλμα προς τα εμπρός αντιγράφοντας επιθετικά τους καλύτερους και επενδύοντας σε υποδομές (νέα αεροδυναμική σήραγγα κ.λπ.), ενώ η Williams κάνει τώρα το άλμα της. Η FW47 κατά κάποιον τρόπο κάνει το 2025 αυτό που έκανε η McLaren στα μέσα του 2023: υιοθετεί τις κορυφαίες ιδέες. Η διαφορά είναι ότι το χρονοδιάγραμμα της McLaren ήταν προχωρημένο, οπότε το 2025, η McLaren τελειοποιεί ένα concept για τρίτη χρονιά, ενώ η Williams βρίσκεται ίσως στη δεύτερη επανάληψη. Η MCL39 πιθανότατα έχει πολύ ισχυρή downforce, ειδικά αφού η ομάδα διόρθωσε τα προβλήματα συσχέτισης της αεροδυναμικής σήραγγας. Μπορεί να υπερέχει στις υψηλές ταχύτητες και να είναι επίσης πολύ καλή στις αργές στροφές λόγω της καλής μηχανικής πρόσφυσης - ο Norris είναι ιδιαίτερα καλός στο να εκμεταλλεύεται ένα ισχυρό μπροστινό μέρος, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η McLaren διαθέτει κάτι τέτοιο. Η Williams μπορεί να εξακολουθεί να είναι ένα ή δύο βήματα πίσω από τη McLaren σε downforce. Για παράδειγμα, μέσα από τις Maggots/Becketts του Silverstone, περιμένετε μια McLaren να μεταφέρει μερικά km/h περισσότερα από μια Williams. Ωστόσο, ένα παραδοσιακό χαρακτηριστικό της McLaren τα τελευταία χρόνια ήταν η αντίσταση - η McLaren του 2024 είχε μεγάλη downforce αλλά και λίγο υψηλή αντίσταση. Αν αυτό διατηρηθεί, η Williams FW47 θα μπορούσε να είναι πιο κοντά στη McLaren σε πίστες υψηλής ταχύτητας με χαμηλή αντίσταση. Οι πρώτες βαθμολογίες δείχνουν τη McLaren με ένα υγιές προβάδισμα βαθμών, οπότε είναι σαφές ότι ο αγωνιστικός της ρυθμός είναι συνολικά ανώτερος. Αλλά η Williams μπορεί να παρακολουθήσει την πορεία της McLaren ως πρότυπο: Τα γρήγορα κέρδη της McLaren δείχνουν ότι είναι δυνατό για μια ομάδα του midfield να φτάσει στην κορυφή με τη σωστή αντίληψη και τη συνεχή εξέλιξη. Η Williams θα επιδιώξει να μιμηθεί αυτή την πορεία με τον δικό της τρόπο. **FW47 vs MCL39**: Αυτή τη στιγμή, η McLaren έχει το πάνω χέρι στις περισσότερες πτυχές - downforce, πιθανώς διαχείριση ελαστικών (έμαθαν πολλά το 2023), και ίσως ακόμη και ισχύ (έχουν επίσης κινητήρες Mercedes, άρα είναι ίσοι εκεί). Η Williams θα μετρήσει την επιτυχία με το να μειώσει τη διαφορά από τη McLaren κατά τη διάρκεια της σεζόν, προσπαθώντας να τους ακολουθήσει στη μάχη της ανώτερης μεσαίας κατηγορίας. Η συνεργασία που έχουν και οι δύο με τη Mercedes στους κινητήρες εξισώνει αυτό το πεδίο, οπότε το θέμα είναι πραγματικά το σασί, και αυτό της McLaren είναι προς το παρόν πιο ανεπτυγμένο.

**Aston Martin (AMR25):** Η Aston Martin σόκαρε το πεδίο το 2023 ξεκινώντας δυναμικά (με την AMR23) χάρη ουσιαστικά σε μια σχεδίαση εμπνευσμένη από τον Κόκκινο Ταύρο. Μέχρι το 2025, η δυναμική της Aston Martin μπορεί να έχει διακυμανθεί. Είχαν τους Alonso και Stroll, έμπειρους και ικανούς. Η AMR25 πιθανότατα συνεχίζει την εξέλιξη, αλλά τη σεζόν 2024 θα μπορούσαν να έχουν δει άλλους να τους προλαβαίνουν. Στις αρχές του 2025, η Aston είχε 10 βαθμούς έναντι 19 της Williams, υπονοώντας ότι η Williams μπορεί να είχε ξεπεράσει την Aston Martin σε απόδοση τουλάχιστον σε μερικούς αγώνες. Η AMR25 πιθανότατα εξακολουθεί να φέρει κινητήρα Mercedes και ενδεχομένως το πίσω μέρος της Mercedes (η Aston χρησιμοποιούσε κιβώτιο ταχυτήτων και ανάρτηση Mercedes τα προηγούμενα χρόνια). Έτσι, κατά κάποιο τρόπο, η Williams και η Aston είναι αντίθετες: Η Aston πήρε ιστορικά πολλά εξαρτήματα από τη Mercedes και επικεντρώθηκε στην αεροδυναμική. Η FW47 και η AMR25 θα μπορούσαν να είναι αρκετά παρόμοιες τώρα ως προς το concept (καθώς οι περισσότερες συγκλίνουν στην ιδέα του downwash sidepod). Οι διαφορές θα μπορούσαν να προκύψουν στη φιλοσοφία της ομάδας: Το μονοθέσιό τους 2023 ήταν εξαιρετικό στις αργές/μεσαίες στροφές, αλλά όχι το ταχύτερο στις ευθείες, ενώ η Williams ήταν αντίθετη). Τώρα το 2025, ίσως η Williams και η Aston να έχουν συναντηθεί στη μέση - η Williams πρόσθεσε downforce, η Aston προσπάθησε να μειώσει την αντίσταση. Ο ανταγωνισμός μεταξύ αυτών των δύο θα είναι ενδιαφέρων- οι πρώτοι πόντοι δείχνουν ότι η Williams μπορεί να ξεπεράσει την Aston, κάτι που αποτελεί τεράστια μεταστροφή, δεδομένου ότι η Aston βρισκόταν στο βάθρο στις αρχές του 2023. Αν αληθεύει, υπογραμμίζει πόσο αποτελεσματικά έχει εξελίξει η Williams την FW47. Τεχνικά, το μονοθέσιο της Aston πιθανότατα εξακολουθεί να έχει πλεονεκτήματα στην πρόσφυση και ίσως ελαφρώς καλύτερη οδήγηση (αν χρησιμοποιεί την πίσω ανάρτηση της Merc, η οποία ήταν αρκετά καλή στην απορρόφηση των καμπυλών). Η Williams μπορεί να έχει προβάδισμα στην ταχύτητα ευθείας γραμμής και ίσως στην αξιοπιστία (η Aston είχε κάποια προβλήματα αξιοπιστίας το 2024). **FW47 vs AMR25**: Μια στενή μάχη στο κέντρο, με πιθανή υπεροχή της Williams με ένα πιο ισορροπημένο πακέτο, ενώ η Aston θα μπορούσε να αγωνιστεί για να ανακτήσει τη μαγεία του 2023. Και οι δύο χρησιμοποιούν τον ίδιο κινητήρα και παρόμοια φιλοσοφία- θα μπορούσε να κριθεί στην εξέλιξη κατά τη διάρκεια της σεζόν - ποια ομάδα μπορεί να φέρει αποτελεσματικές αναβαθμίσεις. Η Williams είχε ιστορικά λιγότερες αναβαθμίσεις λόγω του προϋπολογισμού, αλλά η νέα χορηγική ώθηση (Atlassian, Santander) μπορεί να επιτρέψει περισσότερη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της σεζόν, ενώ η απόδοση της Aston το 2024 μπορεί να της κόστισε κάποιο χρόνο σε αεροδυναμική σήραγγα, αν τερμάτιζε ψηλά. Είναι μια δυναμική που πρέπει να παρακολουθήσουμε.

**Άλλοι (Alpine, Haas κ.λπ.):** Η μεσαία γραμμή είναι γεμάτη. Το μονοθέσιο 2025 της Alpine, για παράδειγμα, με κινητήρα Renault, μπορεί να υποφέρει λίγο σε ισχύ, αλλά συνήθως έχει ισχυρό πλαίσιο. Η Haas στο 2025 έκανε προφανώς και αυτή ένα άλμα (η Haas είχε 20 βαθμούς, ακριβώς πάνω από τη Williams στη βαθμολογία. Η Haas χρησιμοποιεί κινητήρα της Ferrari και πολλά εξαρτήματα της Ferrari (αναρτήσεις κ.λπ.), οπότε τα χαρακτηριστικά του μονοθεσίου της συχνά αντικατοπτρίζουν τα χαρακτηριστικά της Ferrari (καλή ισχύς, μερικές φορές ελαστικοφάγα). Η FW47 της Williams απέναντι σε μια Alpine ή τη Haas είναι μια μάχη που πρέπει να κερδίζουν σταθερά για να στοχεύουν στην 5η ή 6η θέση των κατασκευαστών. Μέχρι στιγμής, φαίνεται ότι η Williams βρίσκεται σε αυτό το μίγμα - κάτι που δεν ίσχυε καθόλου το 2022 ή το 2021. Η FW47 τους δίνει τα εργαλεία για να τα βάλουν με αυτούς τους αντιπάλους. Για παράδειγμα, το μονοθέσιο της Alpine μπορεί να έχει πολύ καλή ισορροπία στις υψηλές ταχύτητες (ήταν αξιοπρεπής το 2022/23 σε αυτούς τους τομείς), οπότε η Williams έπρεπε να το ισοφαρίσει - εξ ου και η εστίαση στις υψηλές ταχύτητες. Η Haas συχνά ξεκινάει καλά τις σεζόν, αλλά εξασθενεί λόγω της φθοράς των ελαστικών - η Williams στόχευσε στην καλή διαχείριση των ελαστικών, η οποία θα μπορούσε να της επιτρέψει να νικήσει τη Haas σε μια αγωνιστική απόσταση, ακόμη και αν ο ρυθμός ενός γύρου είναι παρόμοιος.

Συνολικά, η **Williams FW47 δεν είναι πλέον ένα μονοθέσιο της τελευταίας στιγμής** - είναι νόμιμα στη μεσαία κατηγορία, και σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να πλησιάσει τις πέντε κορυφαίες ομάδες. Εξακολουθεί να βρίσκεται ένα βήμα πίσω από τους πραγματικούς πρωτοπόρους, όπως η Red Bull, η Ferrari, η Mercedes (και τώρα η McLaren), αλλά το χάσμα έχει μειωθεί. Η Williams μπορεί πλέον να εμπλακεί σε στρατηγικές μάχες και μάχες στην πίστα με την πεποίθηση ότι το μονοθέσιο μπορεί να ανταγωνιστεί. Ο πόλεμος εξέλιξης το 2025 θα υπαγορεύσει περαιτέρω το πού θα βρίσκεται η FW47 μέχρι το τέλος της σεζόν. Αν η Williams μπορεί να φέρει ένα υγιές pipeline αναβαθμίσεων (αναβαθμίσεις της μπροστινής πτέρυγας, μια βελτίωση του δαπέδου στα μέσα της σεζόν κ.λπ.), μπορεί να συνεχίσει να κλείνει τη διαφορά από τους προπορευόμενους. Το μακροπρόθεσμο σχέδιο της ομάδας είναι να *επιστρέψει στην κορυφή*, και η FW47 είναι ένα σημαντικό βήμα σε αυτό το ταξίδι - όπου από το να παλεύει απλά για να βγει από την τελευταία σειρά, θα παλεύει για βαθμούς και θα στοχεύει να αμφισβητήσει την καθιερωμένη σειρά με βάση την αξία της.

## **Συμπέρασμα**

Με λίγα λόγια, η Williams FW47 του 2025 είναι μια **πλήρως βελτιωμένη μηχανή** που ενσαρκώνει τον αγώνα της Williams Racing να επανέλθει στο ανταγωνιστικό μεσαίο πεδίο της Formula 1. Το άκαμπτο αλλά ελαφρύ πλαίσιο από ανθρακονήματα, το ολοκαίνουργιο αεροδυναμικό πακέτο, η εκλεπτυσμένη γεωμετρία της ανάρτησης και η αξιόπιστη μονάδα ισχύος της Mercedes συνεργάζονται αρμονικά για να αντιμετωπίσουν τις αδυναμίες των προκατόχων της. Η εστίαση της ομάδας στην απόδοση στις στροφές υψηλής ταχύτητας και στην ισορροπημένη downforce είναι εμφανής - και ήδη αποδίδει καρπούς στην πίστα. Η FW47 δεν αντιπροσωπεύει μόνο μια εξέλιξη στο σχεδιασμό, αλλά συμβολίζει επίσης μια πολιτιστική αλλαγή στη Williams: νωρίτερα λανσαρίσματα μονοθεσίων, καλύτερη προετοιμασία και πιο τολμηρή τεχνική κατεύθυνση.

Παρόλο που η FW47 μπορεί να μην είναι (ακόμα) νικήτρια αγώνων όπως οι πρωτοπόρες Red Bull ή McLaren, έχει **μειώσει** σημαντικά **τη διαφορά**. Συγκρίνοντάς το δίπλα-δίπλα με το περσινό FW46 και το FW45 πριν από αυτό, αναδεικνύεται πόσο μακριά έχει φτάσει η ομάδα του Grove μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα - από ένα υπέρβαρο, υποανάπτυκτο μονοθέσιο σε έναν λεπτοδουλεμένο διεκδικητή γεμάτο σύγχρονη τεχνολογία. Και όταν μετριέται με τον ανταγωνισμό, η FW47 δεν χρειάζεται πλέον να φοβάται: μπορεί να παλέψει για βαθμούς με τις Aston Martin, τις Alps (Alpine) και τις Haase αυτού του κόσμου, και σε μια καλή μέρα να προβληματίσει ακόμα και την ουρά των Ferrari ή των Mercedes.

Το FW47 δίνει στη Williams μια πλατφόρμα πάνω στην οποία μπορεί να βασιστεί. Λέγεται συχνά ότι μια ομάδα πρέπει να κατανοήσει το μονοθέσιό της για να το εξελίξει - και με την FW47, η Williams έχει επιτέλους μια μηχανή της οποίας οι συμπεριφορές έχουν νόημα και ανταποκρίνονται στις αλλαγές, αντί για μια μυστηριώδη ντίβα. Το ερώτημα που απομένει είναι πόσο απότομη θα είναι η καμπύλη εξέλιξης. Με σημαντικές νέες επενδύσεις και συνεργασίες (όπως η συμφωνία με την Atlassian) να τροφοδοτούν τις προσπάθειές τους. Η Williams φαίνεται έτοιμη να συνεχίσει να αναβαθμίζει το FW47 καθ' όλη τη διάρκεια του 2025. Οι οπαδοί της ομάδας μπορούν να ενθαρρυνθούν: η άλλοτε κυρίαρχη ομάδα της Williams δείχνει σημάδια αναγέννησης. Η FW47 μπορεί να είναι ακριβώς το αυτοκίνητο που θα την κάνει από αιώνια αουτσάιντερ να μετατραπεί σε γνήσιο διασπαστή της μεσαίας κατηγορίας - το θεμέλιο πάνω στο οποίο η Williams μπορεί, με τον καιρό, να διεκδικήσει ξανά τη θέση της στην κορυφή της Φόρμουλα 1.

Η Williams έδωσε έναν διαφορετικό τόνο με το λανσάρισμα και τις επιδόσεις αυτού του μονοθεσίου - και καθώς εξελίσσεται η σεζόν 2025, η FW47 γράφει ένα νέο κεφάλαιο για την ιστορική ομάδα, μία τεχνική βελτίωση και μία μάχη στην πίστα κάθε φορά. Το ταξίδι της επιστροφής στην πρώτη θέση είναι μακρύ, αλλά με την FW47, η Williams έκανε ένα βήμα αυτοπεποίθησης προς τα εμπρός, και αυτό είναι από μόνο του μια νίκη για το 2025.

**Πηγές** racer.com  
 44ferrari.com  
 motorsportweek.com