



LIFE15 ENV/IT/000281

BrennerLEC

Action A1: Technical and administrative preparation

D.A1.1

Resoconto sulle attività di preparazione tecnico / amministrativo

Parte 2: Catena modellistica, architettura di sistema ed interfacce dati



Autostrada del Brennero SpA
Brennerautobahn AG

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO





Storia del documento

Data	Autori	Contributo
31/12/2017	Roberto Cavaliere (IDM), Lorenzo Giovannini (UNITN), Gianluca Antonacci (CISMA), David Catoni (A22), Ilaria De Biasi (A22), Laura Pretto (APPATN), Valentina Miotto (APPATN), Massimo Guariento (APPABZ), Laura Gasser (APPABZ)	Prima versione del documento, sottomesso alla EC



Indice dei contenuti

Executive Summary.....	12
1 Introduzione.....	15
1.1 Metodologia adottata per lo sviluppo del sistema BrennerLEC.....	15
1.2 Struttura del documento.....	16
2 Analisi dei bisogni e dei casi d'uso.....	17
2.1 Identificazione dei bisogni.....	17
2.1.1 Bisogni di carattere ambientale.....	17
2.1.2 Bisogni di carattere viabilistico.....	34
2.1.3 Bisogni evidenziati dagli stakeholder di progetto.....	37
2.1.4 Bisogni evidenziati dai residenti locali.....	40
2.2 Identificazione dei casi e scenari d'uso di riferimento.....	43
2.2.1 Politiche di gestione del traffico per motivi ambientali.....	44
2.2.2 Politiche di gestione del traffico per motivi viabilistici.....	47
2.2.3 Politiche integrate di gestione del traffico.....	51
2.2.4 Applicazioni cooperative / autonome d'interesse.....	55
2.2.5 Canali innovativi d'interazione con l'utente.....	60
3 Architettura e requisiti di sistema.....	61
3.1 Architettura ad alto livello.....	61
3.1.1 Acquisizione dati da sorgenti esterne.....	62
3.1.2 Catena modellistica.....	66
3.1.3 Interfacciamento con applicativi utente.....	67
3.2 Requisiti di sistema.....	68
3.2.1 Requisiti della catena modellistica.....	69
3.2.2 Requisiti relativi agli applicativi per l'utente finale.....	118
4 Piattaforma telematica, interfacce dati e catena modellistica.....	124
4.1 Preparazione della piattaforma telematica.....	124
4.1.1 La piattaforma telematica realizzata nel progetto "INTEGREEN"	124
4.1.2 Una breve introduzione ad Amazon Web Services.....	124
4.1.3 La migrazione della piattaforma su Amazon Web Services.....	126
4.2 Progettazione delle interfacce dati.....	128
4.2.1 CAU A22.....	128
4.2.2 Sensori innovativi.....	155



4.2.3	Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano.....	158
4.2.4	Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento.....	164
4.2.5	Centrale Operativa del Comune di Bolzano.....	167
4.2.6	Piattaforma FBK (dati Trento e Rovereto).....	169
4.2.7	Altre sorgenti dati.....	172
4.3	Progettazione della catena modellistica.....	176
Conclusioni.....		180
Bibliografia.....		183



Indice delle Figure

Figura 1: Metodologia sub-action A1.1.....	16
Figura 2: Concentrazioni medie annue di biossido di azoto in Europa nel 2015.....	20
Figura 3: Concentrazioni medie annue di particolato fine in Europa nel 2015.....	20
Figura 4: Emissioni da trasporto su strada di NO _x per tipologia di carburante.....	22
Figura 5: Emissioni da trasporto su strada per tipologie di veicolo.....	23
Figura 6: Emissioni da trasporto su strada per tipologie di strada.....	23
Figura 7: Concentrazioni medie annuali di NO ₂ in Provincia di Trento.....	24
Figura 8: Concentrazioni medie annuali di NO ₂ in Provincia di Bolzano.....	24
Figura 9: Concentrazioni medie annue di B(a)P nella stazione di fondo urbano della città di Trento.....	25
Figura 10: Concentrazioni medie annuali di B(a)P in Provincia di Bolzano.....	25
Figura 11: Concentrazioni medie annuali di PM10 in Provincia di Bolzano.....	26
Figura 12: Concentrazioni medie annuali di PM2.5 in Provincia di Bolzano.....	26
Figura 13: Concentrazioni medie annuali di PM10 in Provincia di Trento.....	27
Figura 14: Concentrazioni medie annuali di PM2.5 in Provincia di Trento.....	27
Figura 15: Modalità V2V (a sinistra) e V2I (a destra) a confronto.....	56
Figura 16: Esempio di scenario cooperativo applicato alle politiche di riduzione dinamica dei limiti di velocità e di gestione dinamica della capacità autostradale (Fonte: Progetto C-ROADS).....	58
Figura 17: Esempio di applicazione di truck platooning.....	59
Figura 18: Esempio di “app audio-guida” ad incentivazione di spostamenti veicolari sostenibili sull’autostrada.....	61
Figura 19: Architettura ad alto livello alla base del sistema BrennerLEC.....	63
Figura 20: Dettaglio delle sorgenti esterne “traffico” rilevanti per il progetto BrennerLEC (in rosso le componenti da sviluppare / integrare, in giallo le componenti da valutare, in grigio le componenti già esistenti / sviluppate).....	65
Figura 21: Dettaglio delle sorgenti esterne “ambientali” rilevanti per il progetto BrennerLEC (in verde le componenti da sviluppare / integrare, in giallo le componenti da valutare, in grigio le componenti già esistenti / sviluppate).....	66
Figura 22: Architettura logica ad alto livello della catena modellistica (in giallo i passi di pre-processing, in nero i passi di elaborazione, in viola i passi di post-processing).....	67
Figura 23: Modalità di distribuzione dei dati agli applicativi utente.....	69
Figura 24: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione base dell’autostrada A22 (corsia di marcia).....	82



Figura 25: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione base dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).....	83
Figura 26: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (corsia di marcia).....	85
Figura 27: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).....	86
Figura 28: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (carreggiata).....	87
Figura 29: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia esterna).....	88
Figura 30: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia centrale).....	89
Figura 31: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia interna).....	90
Figura 32: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (carreggiata).....	91
Figura 33: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22 (corsia di marcia).....	92
Figura 34: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).....	93
Figura 35: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22 (carreggiata).....	94
Figura 36: Architettura della piattaforma sviluppata nell'ambito del progetto LIFE ENV/IT/389 "INTEGREEN" da IDM.....	126
Figura 37: Architettura della piattaforma alla base del sistema BrennerLEC, eseguita su Amazon Web Service.....	128
Figura 38: La sala di controllo del CAU A22.....	130
Figura 39: La sala di controllo della Centrale Operativa del Comune di Bolzano.....	170
Figura 40: Il profilatore verticale di vento del servizio meteotrentino della Provincia Autonoma di Trento.....	175



Indice delle Tabelle

Tabella 1: Scenario di riduzione delle concentrazioni di NO ₂ a 10 metri dell'autostrada (zona target: Bassa Atesina).....	28
Tabella 2: Bisogni dell'autorità competente in materia di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano.....	30
Tabella 3: Bisogni dell'autorità competente in materia di qualità dell'aria in Provincia di Trento.....	32
Tabella 4: Chilometri percorsi (in milioni) sull'A22 nell'anno 2016.....	35
Tabella 5: Bisogni del gestore autostradale.....	38
Tabella 6: Bisogni dei portatori d'interesse economici.....	39
Tabella 7: Bisogni dei portatori d'interesse ambientali.....	40
Tabella 8: Bisogni dei residenti locali.....	41
Tabella 9: Caso d'uso 1 (riduzione dinamica della velocità a fini ambientali).....	47
Tabella 10: Caso d'uso 2 (riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici).....	51
Tabella 11: Caso d'uso 4 (evento di traffico autostradale).....	55
Tabella 12: Lista di applicazioni di mobilità cooperativa "Day 1" e "Day 1.5" con potenziale applicazione nel progetto.....	56
Tabella 13: Lista di applicazioni di mobilità autonoma di interesse.....	58
Tabella 14: Esempio di caratterizzazione di un requisito di sistema.....	69
Tabella 15: Elenco dei requisiti della catena modellistica.....	71
Tabella 16: Requisito MC-TSE-001 (validatore dati traffico).....	72
Tabella 17: Requisito MC-TSE-002 (tipo di veicolo).....	73
Tabella 18: Requisito MC-TSE-003 (logica di classificazione tipo veicolo).....	73
Tabella 19: Requisito MC-TSE-004 (calcolo di ulteriori parametri).....	74
Tabella 20: Requisito MC-TSE-005 (aggregazioni temporali).....	75
Tabella 21: Requisito MC-TSE-006 (aggregazioni temporali - opzionali).....	75
Tabella 22: Requisito MC-TSE-007 (dipendenze elaborazioni).....	75
Tabella 23: Requisito MC-TSE-008 (interfacciamento con altri sistemi).....	76
Tabella 24: Requisito MC-AQMSE-001 (validatore dati AQ & meteo).....	77
Tabella 25: Valori di soglia per la validazione automatica dei dati AQ & meteo.....	77
Tabella 26: Requisito MC-AQMSE-001 (pre-processing dati sensori innovativi).....	78
Tabella 27: Requisito MC-AQMSE-003 (aggregazioni temporali).....	79
Tabella 28: Requisito MC-AQMSE-004 (dipendenze elaborazioni).....	79
Tabella 29: Requisito MC-AQMSE-005 (interfacciamento con altri sistemi).....	79



Tabella 30: Requisito MC-TSA-001 (stato traffico).....	80
Tabella 31: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di marcia per i tronchi base dell'autostrada A22.....	81
Tabella 32: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per i tronchi base dell'autostrada A22.....	82
Tabella 33: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi base dell'autostrada A22.....	83
Tabella 34: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi base dell'autostrada A22.....	83
Tabella 35: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di marcia per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.....	84
Tabella 36: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.	85
Tabella 37: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.....	86
Tabella 38: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia esterna per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.....	87
Tabella 39: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia centrale per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.....	88
Tabella 40: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia interna per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.....	89
Tabella 41: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.....	90
Tabella 42: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma del deflusso relativo alla corsia di marcia per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22.....	91
Tabella 43: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22.....	92
Tabella 44: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per il tronco Bolzano Nord – Bolzano Sud dell'autostrada A22....	93
Tabella 45: Requisito MC-TSA-002 (metodo di classificazione).....	94
Tabella 46: Requisito MC-TSA-003 (interfacciamento con altri sistemi).....	94
Tabella 47: Requisito MC-EC-001 (minimum output data set).....	95
Tabella 48: Requisito MC-EC-002 (optional output data set).....	95
Tabella 49: Requisito MC-EC-003 (input data set – real-time).....	96



Tabella 50: Requisito MC-EC-004 (input data set – parametri di calibrazione).....	96
Tabella 51: Requisito MC-EC-005 (mappatura classi veicolari).....	97
Tabella 52: Requisito MC-EC-006 (risoluzione temporale).....	97
Tabella 53: Requisito MC-EC-007 (elaborazioni statistiche).....	98
Tabella 54: Requisito MC-EC-008 (interfacciamento con altri sistemi).....	98
Tabella 55: Requisito MC-DMM-001 (Input Data Set (real-time)).....	99
Tabella 56: Requisito MC-DMM-002 (situazione meteorologica corrente).....	100
Tabella 57: Requisito MC-DMM-003 (scrittura output).....	100
Tabella 58: Requisito MC-DMM-004 (elaborazione mappe & grafici).....	100
Tabella 59: Requisito MC-AQLE-001 (minimum output data set).....	101
Tabella 60: Requisito MC-AQLE-002 (optional output data set).....	101
Tabella 61: Requisito MC-AQLE-003 (input data set – real-time).....	102
Tabella 62: Requisito MC-AQLE-004 (calibrazione del modello).....	102
Tabella 63: Requisito MC-AQLE-005 (risoluzione temporale).....	103
Tabella 64: Requisito MC-AQLE-006 (elaborazioni statistiche).....	103
Tabella 65: Requisito MC-TFE-001 (previsione flussi traffico).....	104
Tabella 66: Requisito MC-TFE-002 (previsione stato traffico).....	104
Tabella 67: Requisito MC-TFE-003 (bollettino traffico).....	105
Tabella 68: Requisito MC-TFE-004 (metodo di calcolo del bollettino traffico).....	105
Tabella 69: Requisito MC-TFE-005 (valutazione di scenari).....	106
Tabella 70: Requisito MC-TFE-006 (logiche previsionali).....	107
Tabella 71: Requisito MC-TFE-007 (Input Data Set (real-time)).....	107
Tabella 72: Requisito MC-EF-001 (input Data Set (real-time)).....	108
Tabella 73: Requisito MC-EF-002 (output data set).....	108
Tabella 74: Requisito MC-EF-003 (bollettini previsionali).....	108
Tabella 75: Requisito MC-FMM-001 (dati di input – real-time).....	109
Tabella 76: Requisito MC-FMM-002 (previsioni meteorologiche).....	110
Tabella 77: Requisito MC-FMM-003 (scrittura output).....	110
Tabella 78: Requisito MC-FMM-004 (elaborazione mappe & grafici).....	111
Tabella 79: Requisito MC-AQLF-001 (input data set – real-time).....	111
Tabella 80: Requisito MC-AQLF-002 (output data set).....	112
Tabella 81: Requisito MC-AQLF-003 (bollettini previsionali).....	112
Tabella 82: Requisito MC-B35PT-001 (raccomandazione del giorno successivo).....	113



Tabella 83: Requisito MC-B35PT-002 (attivazione real-time limiti velocità - modalità reattiva).....	113
Tabella 84: Requisito MC-B35PT-003 (attivazione real-time limiti velocità - modalità proattiva).....	114
Tabella 85: Requisito MC-B35PT-004 (Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico).....	115
Tabella 86: Requisito MC-B35PT-005 (interfacciamento con altri sistemi).....	115
Tabella 87: Requisito MC-B4PT-001 (raccomandazione del giorno successivo).....	116
Tabella 88: Requisito MC-B4PT-002 (attivazione real-time limiti velocità - modalità reattiva).....	117
Tabella 89: Requisito MC-B4PT-003 (attivazione real-time limiti velocità - modalità proattiva).....	117
Tabella 90: Requisito MC-B4PT-004 (interfacciamento con altri sistemi).....	118
Tabella 91: Elenco dei requisiti relativi agli applicativi per l'utente finale.....	118
Tabella 92: Requisito APP-DSS-001 (set di contenuti).....	119
Tabella 93: Requisito APP-DSS-002 (Funzionalità Sezione "Grafici").....	119
Tabella 94: Requisito APP-DSS-003 (Funzionalità Sezione "Mappa").....	120
Tabella 95: Requisito APP-DSS-004 (Funzionalità Sezione "Raccomandazioni").....	121
Tabella 96: Requisito APP-DSS-005 (Tipologia di Applicazione).....	121
Tabella 97: Requisito APP-DSS-006 (Meccanismo di Autenticazione Utente).....	121
Tabella 98: Requisito APP-DSS-007 (Prestazioni di Visualizzazione).....	122
Tabella 99: Requisito APP-TTV-001 (set di contenuti).....	123
Tabella 100: Requisito APP-TTV-002 (Tipologia di Applicazione).....	123
Tabella 101: Elenco dei metodi HTTP esposti dal web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	130
Tabella 102: Struttura dell'URI per l'accesso al web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	130
Tabella 103: Codici HTTP delle risposte erogate dal web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	130
Tabella 104: Metodo di log-in della risorsa "token" del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	131
Tabella 105: Metodo di log-out della risorsa "token" del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	131
Tabella 106: Metodo "anagrafica" della risorsa "traffico" del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	132
Tabella 107: Convenzione per la codifica delle direzioni nella risorsa "traffico" nel web-	



service di interfacciamento con il CAU A22.....	133
Tabella 108: Convenzione per la codifica delle corsie nella risorsa “traffico” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	133
Tabella 109: Metodo “transiti” della risorsa “traffico” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	134
Tabella 110: Metodo “aggregati” della risorsa “traffico” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	135
Tabella 111: Metodo “anagrafica” della risorsa “infoutenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	136
Tabella 112: Convenzione per la codifica della tipologia di PMV nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	138
Tabella 113: Metodo “esposizioni” della risorsa “infoutenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	139
Tabella 114: Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	143
Tabella 115: Convenzione per la codifica delle frecce nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	143
Tabella 116: Convenzione per la codifica dei semafori nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	143
Tabella 117: Metodo “anagrafica” della risorsa “percorrenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	144
Tabella 118: Metodo “tempi” della risorsa “percorrenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	145
Tabella 119: Metodo “anagrafica” della risorsa “meteo” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	146
Tabella 120: Metodo “misure” della risorsa “meteo” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	149
Tabella 121: Metodo “anagrafica” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	150
Tabella 122: Metodo “lista” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	153
Tabella 123: Convenzione per la codifica degli eventi nella risorsa “eventi” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	154
Tabella 124: Metodo “subscription” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.....	154
Tabella 125: Metodo “get_station_ID” del web-service “sensori innovativi” A22.....	156
Tabella 126: Metodo “get_metadata_station” del web-service “sensori innovativi” A22.	156
Tabella 127: Metodo “get_datatypes_station” del web-service “sensori innovativi” A22.	



.....	157
Tabella 128: Metodo “get_data” del web-service “sensori innovativi” A22.....	157
Tabella 129: Identificativi delle stazioni di qualità dell’aria in Provincia di Bolzano.....	158
Tabella 130: Identificativi dei parametri di qualità dell’aria misurati dalle stazioni in Provincia di Bolzano e gestiti dal sistema.....	159
Tabella 131: Identificativi dei tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni in Provincia di Bolzano.....	160
Tabella 132: Elenco dei codici d’errore gestiti dalle stazioni in Provincia di Bolzano e dal sistema.....	160
Tabella 133: Esempio di corretta interpretazione di un record dati fornito da una stazione in Provincia di Bolzano.....	161
Tabella 134: Metodi della risorsa per l’accesso ai dati validati di qualità dell’aria della Provincia Autonoma di Bolzano.....	163
Tabella 135: Metodo “get_station_ID” del web-service delle stazioni di qualità dell’aria di APPATN.....	164
Tabella 136: Metodo “get_metadata_station” del web-service delle stazioni di qualità dell’aria di APPATN.....	164
Tabella 137: Metodo “get_datatypes_station” del web-service delle stazioni di qualità dell’aria di APPATN.....	165
Tabella 138: Metodo “get_data” del web service stazioni AQ APPATN.....	165
Tabella 139: Identificativi dei tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni in Provincia di Trento.....	166
Tabella 140: Parametri della risorsa per l’accesso ai dati validati di qualità dell’aria della Provincia Autonoma di Trento.....	166
Tabella 141: Identificativi delle stazioni di qualità dell’aria in Provincia di Trento.....	167
Tabella 142: Identificativi dei parametri di qualità dell’aria misurati dalle stazioni in Provincia di Trento.....	167
Tabella 143: Metodo “parcheggi” del web-service FBK.....	171
Tabella 144: Metodo “cantieri” del web-service FBK.....	172
Tabella 145: Scelta dei modelli per la catena modellistica di BrennerLEC.....	176



Executive Summary

This report presents a summary of the project activities carried out in the scope of Action A1, which is responsible of all preparatory activities which are needed for the technical implementation of the project. This Action is organized in five different sub-actions, dealing with specific aspects to be prepared: (i) system architecture definition; (ii) telematic platform preparation; (iii) test site area initial preparation; (iv) initial set-up of the modeling chain and (v) acquisition of ministerial authorization for the first pilot tests.

For readability reasons, this deliverable has been split in two parts, so to better distinguish the “technological” set up activities from the “organizational / infrastructure” ones. The present document, the **Part 2** of deliverable D.A1.1, aims to present the activities that have been carried out in order to define the system architecture, prepare the telematic platform and initial set-up the modeling chain. The results of the other sub-actions are reported in Part 1 of this deliverable.

The definition of the system architecture is a process that has been carried through an engineering method available at the state-of-art (“V” model approach) that suggests to design and implement a technological system only after a proper evaluation and assessment of the needs of the different users and stakeholders as well as the requirements to be satisfied. The results of the activity of needs’ identification can be summarized as follows:

- the two **Provincial Environmental Protection Agencies** have highlighted in its full complexity the problems associated to air quality in their territories and the strong pressure to remarkably reduce the emissions produced by traffic;
- the **highway operator** has put in evidence its priority to guarantee in each condition the highest safety levels as well as the elements on top of which the highway will be strategically improved in the next decades, which are mainly characterized by a strong integration with other transportation modes (in particular, rail) and the optimization of the efficiency with which the limited capacity of the Brenner Corridor will be managed;
- the **stakeholders** and **road users** have underlined their concern about the possible negative externalities associated to the pilot traffic management measures that are going to be tested in the project (e.g. increase of travel times, shift of highway traffic on inter-urban road networks) as well as their doubts about the real efficacy of these measures, that should probably integrated with other and more incisive policies.



Use cases have been then developed on top of the identified needs. Such use cases describe the future targeted situations that the BrennerLEC system, in its most advanced evolution, should be able to manage. Thanks to an extreme summary work, it has been possible to describe in a qualitative form a single use case (with different use scenarios) for each measure foreseen in the project: (i) the dynamic traffic management triggered by air quality conditions; (ii) the dynamic traffic management triggered by traffic conditions; and (iii) the integrated traffic management between highway and urban/interurban road operators. A specific assessment has been made in relation to the possible added value that **digital technologies** could have in order to further improve the efficacy of the project, also in relation to other parallel project initiatives carried out on the A22, in particular the CEF project "C-Roads Italy".

The consolidation of the use cases has allowed to design in details the **digital architecture** of the BrennerLEC system, to be conceptually developed on three different layers:

- the acquisition of data from external sources;
- the elaboration of data through models of different complexity;
- the distribution of elaborated information to third parties, e.g. applications destined to the road users.

This system must be able to operate in "real-time" conditions, so to guarantee the dynamic character requested by the implementation of the proposed measures. All **requirements** have been studied in all details, in particular as far as the functionalities and the performance requested by the automatic elaboration logics as well as the different applications that will have to support the operations of the traffic control centres, in particular those of A22 ("Centro Assistenza Utenti" - CAU).

The report moreover describes the features of the first prototype of the telematic platform that will be used for the implementation of this architecture. This platform is an evolution of the one that IDM (formerly TIS) has developed in the scope of the LIFE project "INTEGREEN". During the first project phase, the platform has been reengineered and consolidated, also due to the increased performance needs requested in BrennerLEC. Such performance demand has also determined the decision to migrate it to "Platform-as-a-Service" environment, selected to be Amazon Web Services, that will better allow to scale the platform features as a function of the increase of performance that is deemed to be observed during the execution of the project.

These design activities have been finally completed by a detailed evaluation of all **data interfaces** that need to be implemented for properly feeding the **automatic**



elaboration models, to be configured so to fully satify the requirements set. All interfaces will whenever possible be built following the modern REST architectures, with HTTP/HTTPS communication methods and JSON data formats. In some cases, however, specific solutions have been found in order to match the specific characteristics of equipment with which a direct interface is nedeed. Chosen models are COPERT for the calculation of the emissions, WRF for the calculation of the meteorological conditions and forecasts, and R-line for the calculation of air quality conditions and forecasts. **COPERT** is the European reference as far as the correct estimation of air pollutants emissions generated by traffic is concerned, while **WRF** is an American model which is widely used all over the world in the meteorological sector. **R-line** is a less widespread model which is however considered more appropriate for the specific project application due to its higher flexibility and adaptability in simulating the distribution of air pollutants produced by linear traffic sources.

1 Introduzione

Il presente documento riporta una sintesi delle attività progettuali svolte nell’ambito dell’Azione A1 in relazione alle attività di definizione dell’architettura di sistema, preparazione della piattaforma telematica e progettazione della catena modellistica. Per ragioni di leggibilità, questo deliverable è stato suddiviso in due parti, per meglio separare la parte più “tecnologica” (“Part 1”) da quella più “organizzativa / infrastrutturale” (“Part 2”) sviluppata all’interno di quest’azione.

1.1 Metodologia adottata per lo sviluppo del sistema BrennerLEC

Lo sviluppo del sistema BrennerLEC segue un classico approccio ingegneristico, molto utilizzato nella realizzazione di progetti in materia di sistemi di trasporto intelligenti (*Intelligent Transport Systems*). Tale approccio a “V” prevede che lo sviluppo del sistema sia effettuato attraverso un’analisi preliminare capace di investigare a fondo i bisogni ed i requisiti di ciò che si vuole realizzare, accoppiato nella fase conclusiva del progetto da una fase sperimentale atta a verificare empiricamente il corretto soddisfacimento dei vincoli e delle esigenze inizialmente definite (Figura 1) [1].

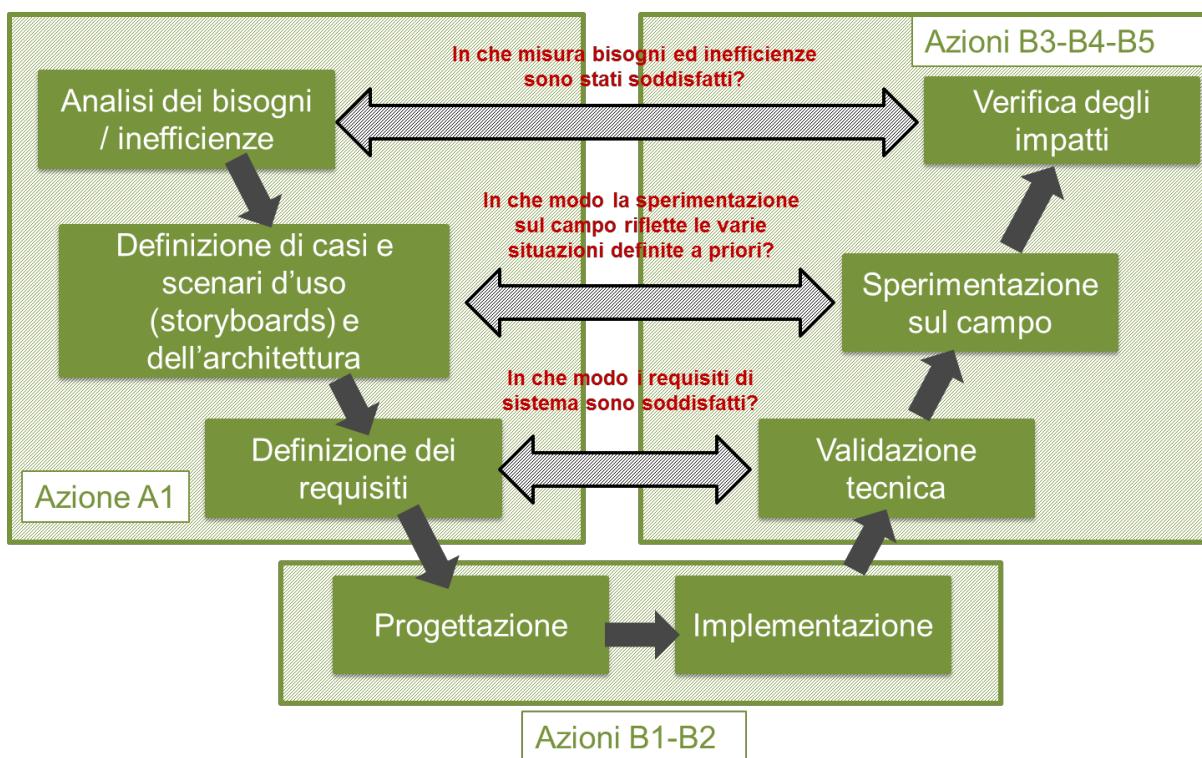


Figura 1: Metodologia sub-action A1.1.



In BrennerLEC, questo approccio è stato in parte corrotto per poter iniziare fin da subito con le attività di sviluppo e test sperimentale. Le analisi preliminari condotte si riferiscono in modo specifico a ciò che il sistema dovrà essere in grado di supportare nella sua versione più evoluta e complessa, e che verrà testato sul campo nell'ultima fase sperimentale del progetto.

1.2 Struttura del documento

Il documento è strutturato come segue. All'interno del Capitolo 2 sono analizzati i diversi bisogni dei principali portatori d'interessi e descritti i casi d'uso di riferimento per il sistema che dovrà essere sviluppato nell'ambito del progetto BrennerLEC. Il Capitolo 3 discute invece le caratteristiche dell'architettura informatica ed il dettaglio dei requisiti tecnici e funzionali che essa dovrà soddisfare. Nel Capitolo 4 sono infine illustrate le attività preparatorie che sono state condotte in relazione alla preparazione della piattaforma telematica, alla definizione delle interfacce dati che dovranno essere sviluppate per l'acquisizione in tempo reale dei dati ed alla selezione dei modelli di calcolo.



2 Analisi dei bisogni e dei casi d'uso

Questo capitolo copre due analisi di approfondimento iniziale che sono state condotte al fine di inquadrare con attenzione il contesto locale in cui il progetto BrennerLEC intende operare.

Nello specifico, è stata effettuata in primo luogo una valutazione dei **bisogni** prioritari dei maggiori **portatori d'interesse**. L'obiettivo di questa valutazione è stato quello di consolidare le diverse problematiche esistenti e le aspettative corrispondenti nei confronti delle soluzioni che il progetto mira ad introdurre. In secondo luogo, sono stati consolidati dei **casi d'uso di riferimento** che descrivono le situazioni target attese grazie al progetto. L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di creare un'aspettativa armonizzata di ciò che s'intende implementare, fondendo i punti di vista diversi dei vari soggetti coinvolti nella realizzazione del progetto.

2.1 Identificazione dei bisogni

L'analisi dei bisogni è stata sviluppata su quattro differenti filoni, che hanno approfondito:

- i **bisogni di carattere ambientale**, messi in evidenza dalle due Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente in virtù dei più recenti studi e valutazioni da loro realizzate;
- i **bisogni di carattere viabilistico**, messi in evidenza dal gestore autostradale anche in virtù delle più recenti valutazioni sulle condizioni di traffico disponibili;
- i **bisogni evidenziati dai diversi portatori d'interesse del progetto**, che sono stati raccolti nell'ambito dei tavoli di lavoro organizzati nell'ambito dell'azione D2 [2];
- i **bisogni evidenziati dai residenti locali**, che sono stati raccolti grazie ai numerosi commenti pervenuti attraverso il questionario ex-ante lanciato nell'ambito dell'azione C3;

2.1.1 Bisogni di carattere ambientale

I bisogni di carattere ambientale sono stati consolidati attraverso un percorso di analisi che, partendo dal quadro normativo europeo / nazionale / locale di riferimento, è andato ad approfondire il quadro della situazione di qualità dell'aria nelle due Province Autonome di Trento e Bolzano, con un focus particolare rivolto alle criticità derivanti dalla notevole vicinanza dei luoghi di vita con il percorso autostradale.

E' bene evidenziare come il focus di questo approfondimento sia stato posto sugli



inquinanti primari, ossia quelle sostanze che sono rilasciate in atmosfera direttamente dalle sorgenti (ad es. CO, NO_x, SO_x, PM, BC), ed indirettamente sugli **inquinanti secondari** (ad es. O₃ troposferico, PM fine secondario), che si formano in atmosfera a seguito di reazioni chimiche a partire da inquinanti primari, e che sono detti precursori. I **gas climalteranti** (ad es. CO₂) sono invece considerati limitatamente al loro contributo emissivo.

Direttive di riferimento e competenze delle autorità provinciali

Secondo l'articolo 268 del **D.Lgs. 152/2006** "Norme in materia ambientale", l'inquinamento atmosferico è definita come "*ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittime dell'ambiente*".

La gestione della qualità dell'aria in Europa è regolamentata a livello europeo dalla **direttiva 2008/50/EC** relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, che stabilisce tra l'altro gli obiettivi target di qualità dell'aria da perseguire, specifica le modalità per monitorarne l'effettivo raggiungimento e definisce le eventuali azioni correttive in caso di mancato rispetto delle norme.

Tale direttiva è accompagnata da studi di approfondimento condotti dall'**European Environment Agency** (EEA), che annualmente fornisce, sulla base dei dati ufficiali disponibili, una fotografia aggiornata della situazione di qualità dell'aria in Europa. Tale situazione può essere graficamente riassunta nelle mappe di seguito riportate, riferite allo studio più recente elaborato [3], che mettono in evidenza come la zona del Nord Italia ed in particolare della Pianura Padana sia tra le più inquinate in Europa.

La direttiva europea è stata recepita con il **D.Lgs. 13 agosto 2010 n.155** "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Questa norma ha introdotto a livello nazionale un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente che definisce le ampie competenze delegate dallo Stato alle Regioni e Province Autonome nell'ambito della gestione della qualità dell'aria.

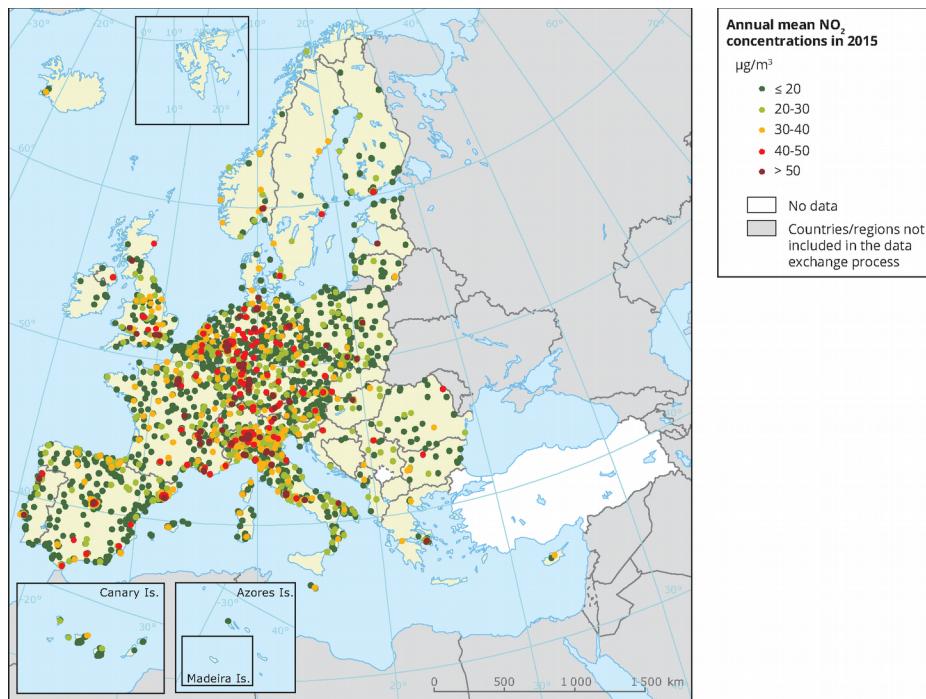


Figura 2: Concentrazioni medie annue di biossido di azoto in Europa nel 2015.

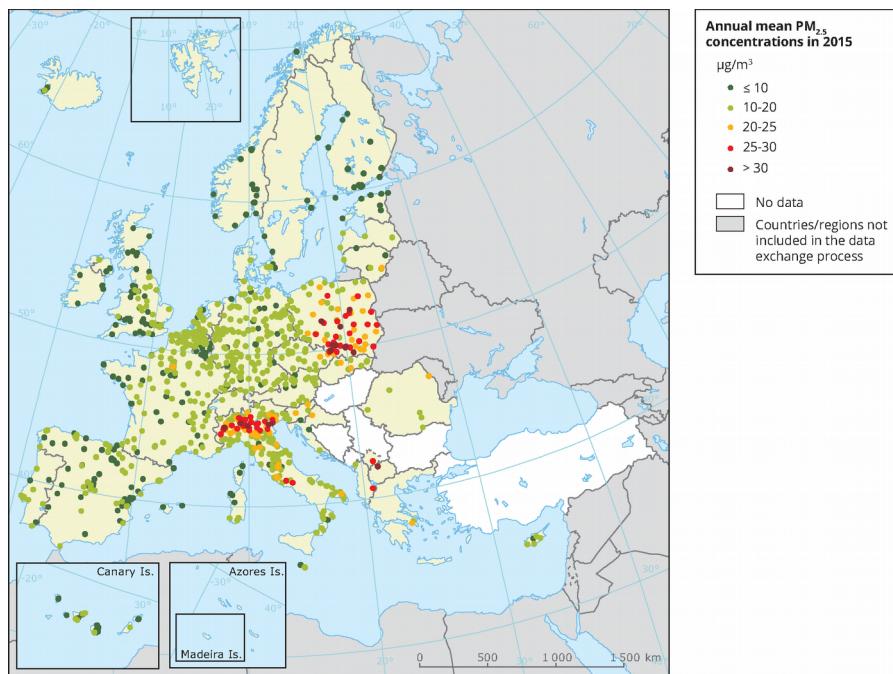


Figura 3: Concentrazioni medie annue di particolato fine in Europa nel 2015.



Il quadro normativo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria è finalizzato a:

- evitare, **prevenire** o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente ;
- **mantenere la qualità** dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- **valutare** la qualità dell'aria (rete di monitoraggio, aree di superamento, valori limite, valori obiettivo, soglie di allarme, ecc);
- **gestire** la qualità dell'aria: adozione di piani con idonee misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente, interventi da attuare nel breve, medio, lungo termine;
- **informare** il pubblico sulla qualità dell'aria.

La pianificazione della tutela della qualità dell'aria avviene attraverso:

- la definizione di **strategie** e **misure** da adottare, che hanno l'effetto di creare provvedimenti e regolamenti di medio-lungo periodo;
- l'integrazione delle esigenze ambientali nelle **politiche settoriali**, al fine di assicurare uno sviluppo sociale ed economico sostenibile;
- **l'armonizzazione** dei diversi atti di programmazione e pianificazione;
- **la partecipazione** ed il coinvolgimento delle parti sociali e del pubblico.

Inventario delle emissioni

Ai sensi del **D.Lgs. 13 agosto 2010 n.155, art. 22** "Regioni e Province Autonome predispongono i rispettivi inventari delle emissioni con cadenza almeno triennale e, comunque, con riferimento a tutti gli anni per i quali lo Stato provvede a scalare l'inventario nazionale su base provinciale". Un inventario delle emissioni è una raccolta coerente dei valori delle emissioni in atmosfera, disaggregati per attività, unità territoriale, combustibile utilizzato, inquinante e sorgente emissiva.

Le Province Autonome di Trento e Bolzano redigono i rispettivi inventari provinciali delle emissioni in atmosfera. Dato che la metodologia di calcolo utilizzata è la medesima (sistema **INEMAR**, condiviso anche con altre amministrazioni regionali), è possibile **ragionare su base regionale** per tracciare un quadro complessivo della situazione emissiva locale. Le valutazioni più recenti, che risalgono al 2013 [4]-[5], indicano che le **emissioni da trasporto su strada** incidono, rispetto alle emissioni annue regionali, per il:

- **60% su ossidi di azoto (NO_x)**



- 14% su particolato (PM_{10})
- 11% su particolato fine ($PM_{2.5}$)
- 21% su monossido di carbonio (CO)
- **46% su anidride carbonica (CO_2)**

Questo dimostra come i trasporti siano la sorgente primaria di emissioni di biossido di azoto e di anidride carbonica in atmosfera. Le emissioni di **NO_x** sono largamente dominate dalla circolazioni di veicoli alimentati con combustibile **diesel** (addirittura per il 95%, Fig.4).

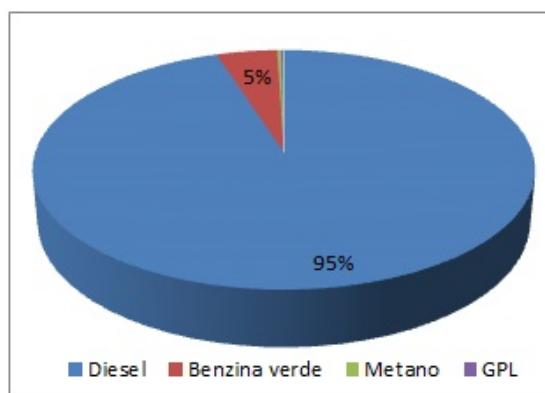


Figura 4: Emissioni da trasporto su strada di NO_x per tipologia di carburante.

Il dettaglio delle emissioni in funzione del tipo di veicoli circolanti e della tipologia di strada è disponibile rispettivamente in Fig.5 e Fig.6). I dati indicano che i **veicoli pesanti** contribuiscono in maniera significativa sulle emissioni di NO_x, per il 48% delle emissioni annue a scala regionale; il 75% delle emissioni di CO₂ sono da attribuire all'insieme di tutte le altre categorie veicolari.

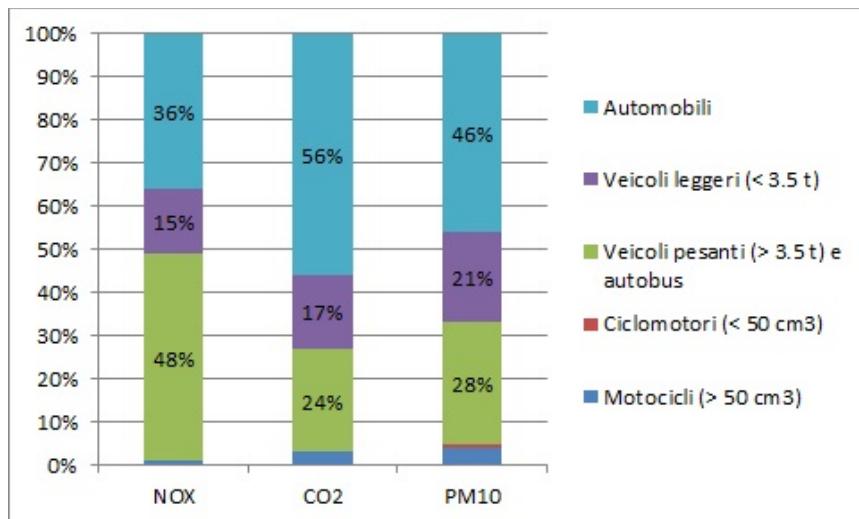


Figura 5: Emissioni da trasporto su strada per tipologie di veicolo.

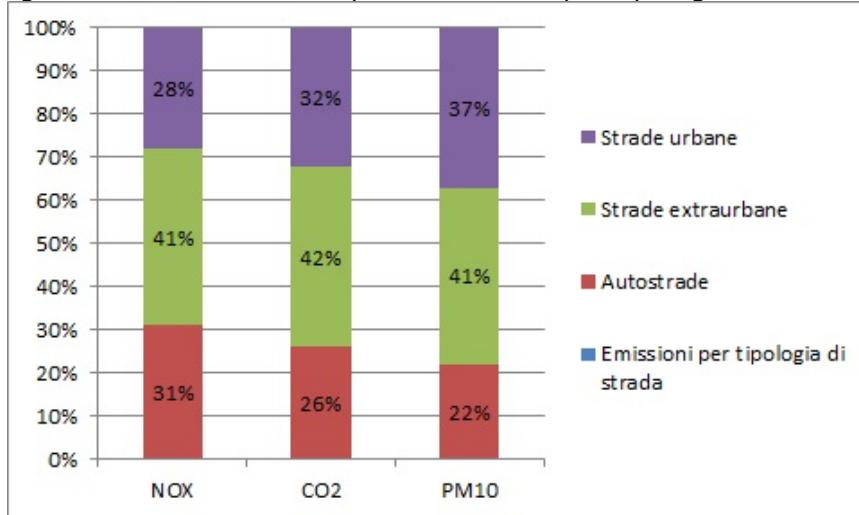


Figura 6: Emissioni da trasporto su strada per tipologie di strada.

Il ruolo del **traffico autostradale** rispetto al quadro emissivo regionale del trasporto su strada risulta essere rilevante: esso incide per il 31% delle emissioni annue di NO_x, per il 26% delle emissioni di CO₂ e per il 22% delle emissioni di PM10.

Monitoraggio della qualità dell'aria

Il monitoraggio della qualità dell'aria viene effettuato secondo il Programma di Valutazione, redatto da ciascuna Regione o Provincia Autonoma ai sensi del D.Lgs. 155/2010, dove viene definita nel dettaglio la rete di monitoraggio, composta da stazioni fisse, stazioni mobili o sostituite da valutazioni di stima obiettiva a seconda della zona e

dell'inquinante considerato.

I risultati del monitoraggio evidenziano in entrambe le Province **situazioni di criticità in termini di superamento del valore limite della concentrazione media annua di NO₂** presso **stazioni di traffico**, sia in ambito urbano che in prossimità dell'arteria autostradale.

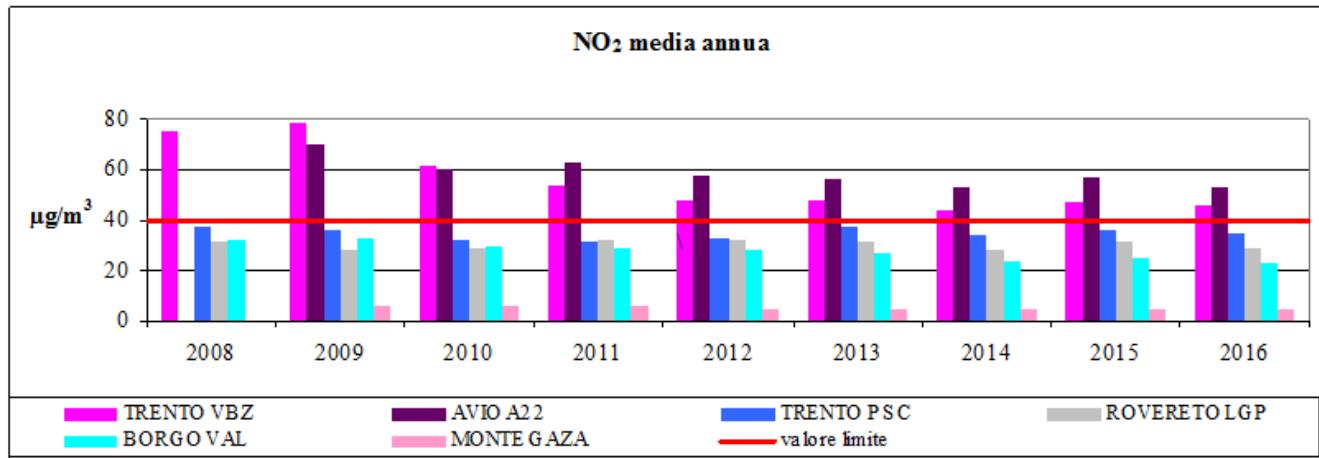


Figura 7: Concentrazioni medie annuali di NO₂ in Provincia di Trento.

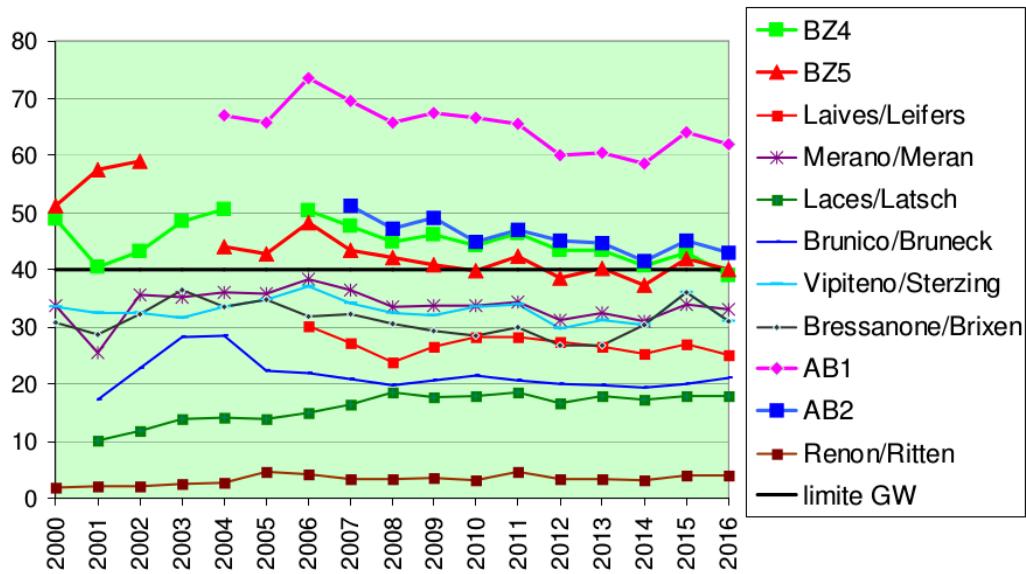


Figura 8: Concentrazioni medie annuali di NO₂ in Provincia di Bolzano.

Per quanto riguarda il particolato, non si registrano superamenti dei valori limite (né su media giornaliera né su media annua) di **PM10** e **PM2.5**, ma emergono criticità associate al rispetto del valore obiettivo di **benzo(a)pirene (B(a)P - IPA)** (Fig.9), che



però sono causate principalmente da altre sorgenti emissive (in particolare, la combustione domestica a legna). Ciò è dimostrato ad esempio dalla situazione in Alto Adige, dove i maggiori sforamenti si registrano a Laces, in un punto dove l'esposizione a questo tipo di sorgente emissiva è molto rilevante (Fig.10).

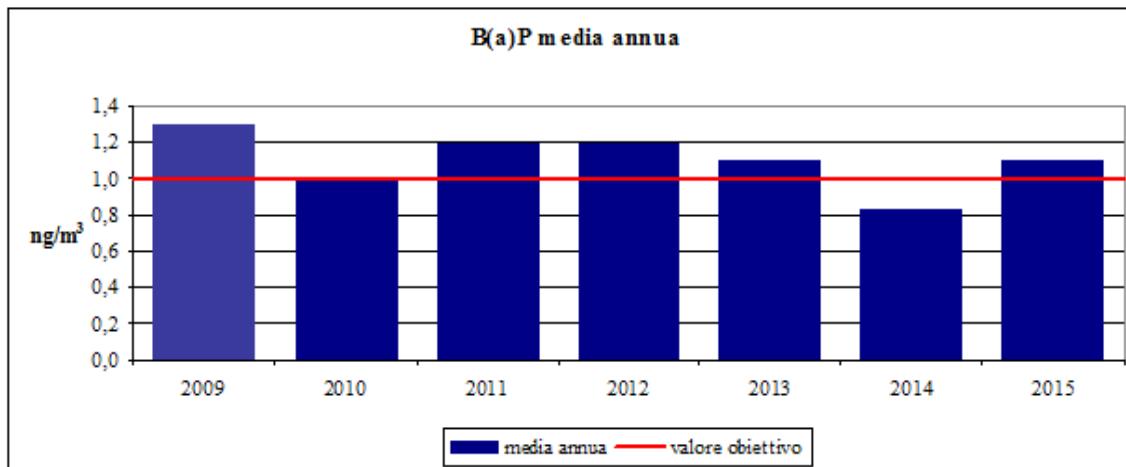


Figura 9: Concentrazioni medie annue di B(a)P nella stazione di fondo urbano della città di Trento.

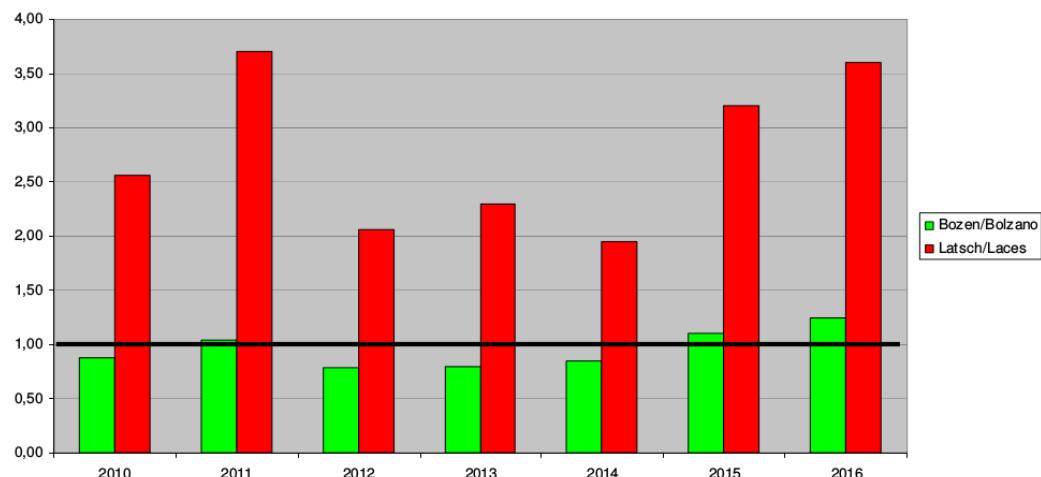


Figura 10: Concentrazioni medie annuali di B(a)P in Provincia di Bolzano.

In realtà le **linee guida** emanate dalla **World Health Organization (WHO)** [6] consigliano soglie annuali molto più stringenti per il **particolato atmosferico**, per cui è opportuno mantenere una certa attenzione per questa tipologia di inquinante. Nelle figure successive viene riportata la situazione nelle due Province di Bolzano e Trento, aggiornata al 2016.

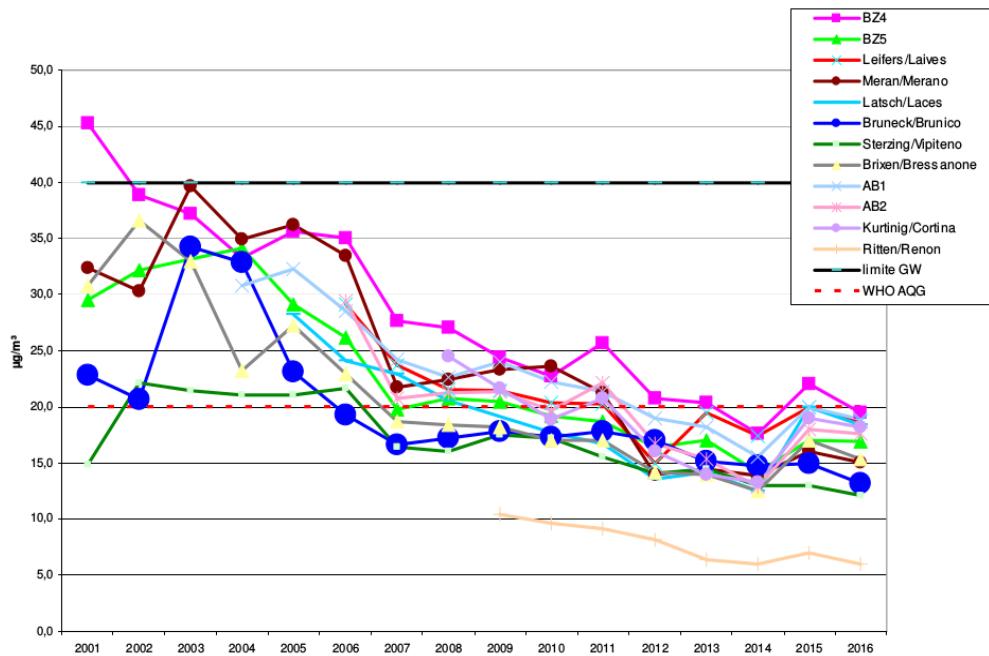


Figura 11: Concentrazioni medie annuali di PM10 in Provincia di Bolzano.

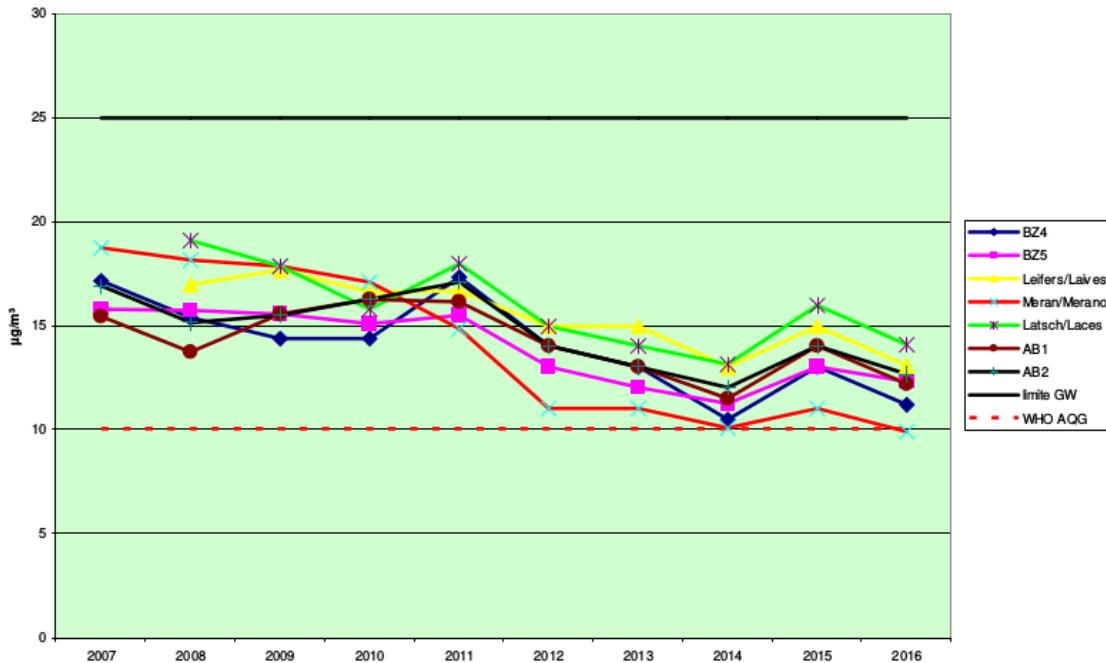


Figura 12: Concentrazioni medie annuali di PM2.5 in Provincia di Bolzano.

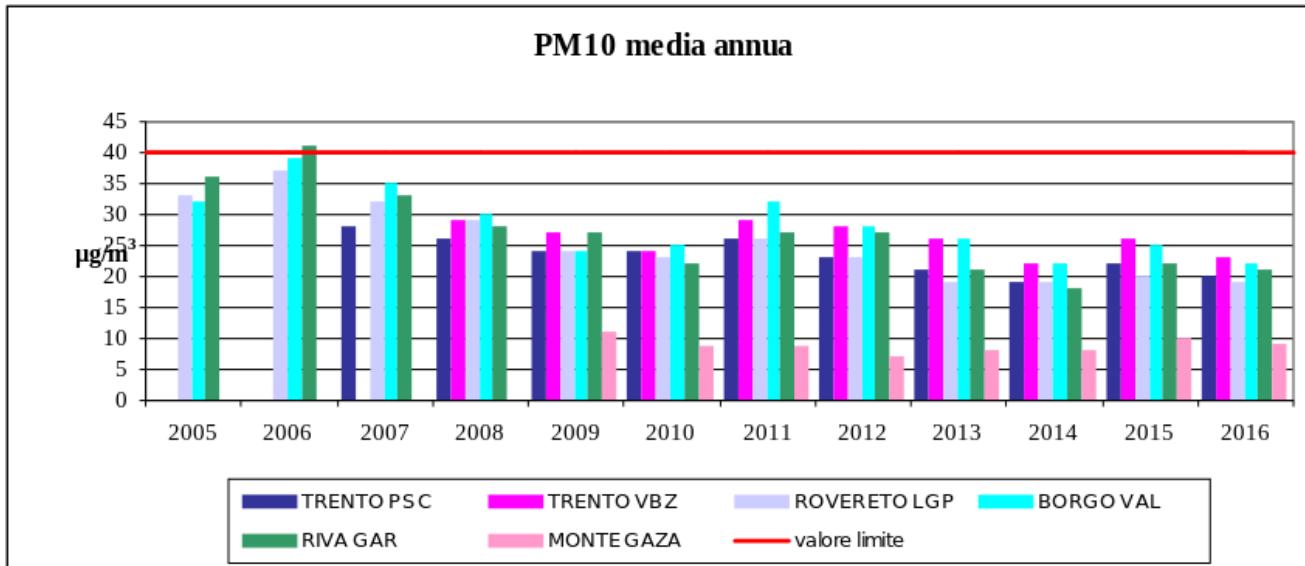


Figura 13: Concentrazioni medie annuali di PM10 in Provincia di Trento.

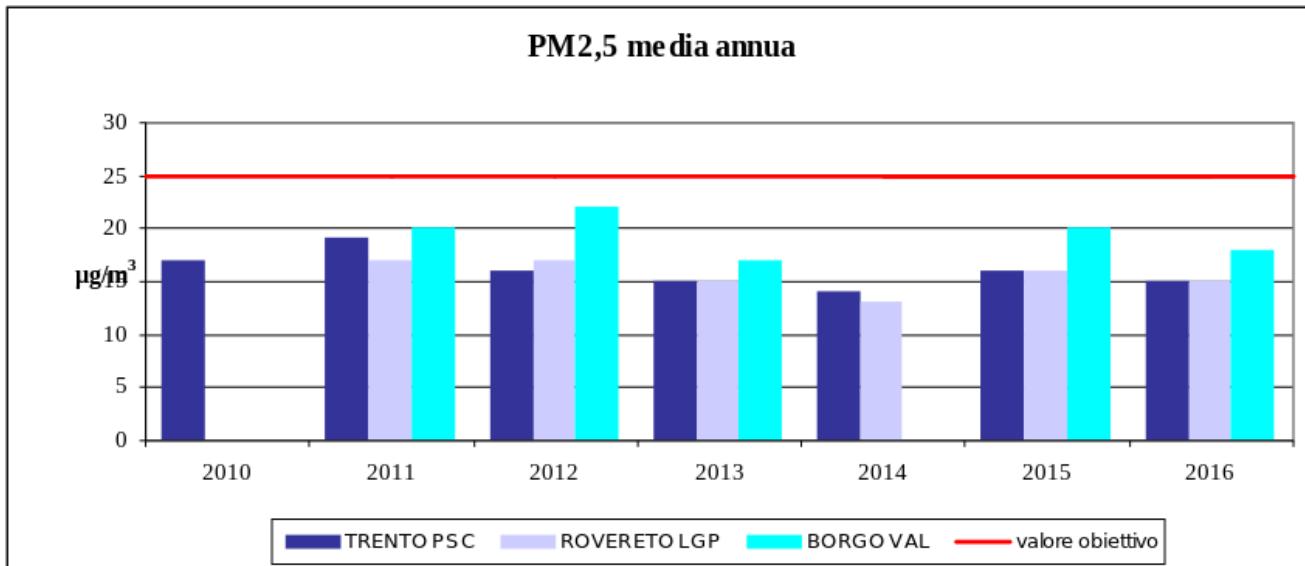


Figura 14: Concentrazioni medie annuali di PM2.5 in Provincia di Trento.

Pianificazione della qualità dell'aria

Le Province Autonome di Trento e Bolzano hanno adottato propri Piani provinciali di tutela della qualità dell'aria. In **Provincia di Trento** nel novembre 2017 è stato approvato in via preliminare dalla Giunta Provinciale il nuovo Piano di tutela della qualità dell'aria, che



sostituisce il precedente Piano del 2007, a fronte di una mutata situazione normativa e di stato provinciale di qualità dell'aria. Il nuovo Piano contiene una serie di strategie e misure per consolidare i risultati ottenuti e per affrontare con sempre maggiore efficacia le criticità.

In **Provincia di Bolzano** è in vigore il piano approvato nel 2005 (aggiornato nel 2010 in base alle nuove direttive in materia di valutazione della qualità dell'aria e di zonizzazione del territorio). Il piano prevede un catalogo di provvedimenti che costituiscono l'indirizzo strategico per attuare politiche di prevenzione e miglioramento della qualità dell'aria a medio e lungo termine, ivi comprese le azioni a breve termine per le aree in cui sono superati i valori limite per la tutela della salute.

La valutazione della qualità dell'aria in Provincia di Bolzano per gli anni di riferimento 2005 - 2009 ha messo in evidenza situazioni di superamento del valore limite di NO₂, soprattutto in corrispondenza della **fascia attorno all'A22** e nelle **città di Bolzano e Bressanone**. La Provincia ha dovuto pertanto, in base alle normative EU e nazionali, adottare un piano di misure per garantire il rispetto del valore limite entro il 2015. Tali misure sono state trasmesse al Ministero dell'Ambiente che ha il compito di raccogliere i piani regionali ed integrarli in un piano statale. La mancata adozione dei piani determina l'avvio di una procedura di infrazione nei confronti dello Stato Membro.

Il piano della Provincia Autonoma di Bolzano è stato approvato nel gennaio 2011 con il nome di **"Programma per la riduzione dell'inquinamento da NO₂"**. Esso contiene:

- una valutazione della qualità dell'aria nelle aree di superamento del valore limite con analisi delle correlazioni fonti/ricettori;
- l'elaborazione di **scenari di qualità dell'aria**, con scenari "Business-As-Usual (BAU)" messi a confronto con scenari di implementazione di specifici provvedimenti ("PLAN").

Nel 2011, pur tenendo conto della "normale" evoluzione delle emissioni e dei provvedimenti previsti non era prevedibile per le **zone di superamento vicine al percorso dell'A22** un rientro nel valore limite di 40 µg/m³ entro il 2015 come richiesto dalla direttiva UE. Essendo che la causa principale di tale mancato raggiungimento dell'obiettivo normativo era l'emissione di ossidi di azoto da parte del traffico autostradale, la Giunta provinciale di Bolzano ha inoltrato nel 2011 la richiesta al Governo italiano di attuare gli interventi di riduzione delle emissioni generate dal traffico autostradale in quanto la regolamentazione di tale traffico ricade nella competenza statale. A seguito della positiva istruttoria svolta da parte del Ministero dell'ambiente, nel 2013 è stato istituito il **Comitato tecnico presso la Presidenza del Consiglio**



previsto dal D.Lgs. 155/2010. Il Comitato ha il compito di valutare una serie di interventi mirati alla riduzione delle emissioni di NO_x derivanti dal traffico autostradale in Alto Adige e di approvare un programma di misure.

Su richiesta del Ministero dell'Ambiente, la Provincia di Bolzano ha fornito una proposta di misure da attuare per garantire il rispetto di questo limite entro il 2020 (Tab.1). Il pacchetto di misure proposto include, tra le misure di breve-medio termine, la **riduzione della velocità massima** consentita da 130 km/h a 100 km/h in un tratto della A22 a Sud di Bolzano e da 110 km/h a 90 km/h in due tratti dove la velocità massima consentita è pari a 110 km/h (presso la città di Bolzano e di Bressanone).

Fattori	Riduzione emissioni di NO _x nel periodo 2010 -2020	Concentrazione NO ₂ nel 2020
Fondo rurale (altre emissioni) - A	0%	16 µg/m ³
Traffico su A22 senza provvedimenti - B	50%	28 µg/m ³
Traffico su A22 con provvedimenti - C	Ulteriore 34%	22 µg/m ³
Concentrazione senza provvedimenti - D = A+B		44 µg/m³
Concentrazione con provvedimenti - E = A+C		38 µg/m³

Tabella 1: Scenario di riduzione delle concentrazioni di NO₂ a 10 metri dell'autostrada (zona target: Bassa Atesina).

La maggiore preoccupazione riguarda l'ipotesi di ottenere una riduzione del 50% delle emissioni nel decennio 2010-2020 senza l'attuazione di misure aggiuntive. Infatti, l'atteso contributo derivante dalla messa in circolazione delle nuove autovetture diesel **EURO 5** e **EURO 6** non si è concretizzato sul campo, determinando così il concreto rischio che nonostante i provvedimenti individuati non si riesca entro il 2020 a garantire il rispetto del valore limite in ogni punto del territorio. Questo quadro introduttivo, necessario per fotografare il percorso che ha portato all'avvio di questo progetto sperimentale, può quindi ben spiegare il contenuto dei bisogni che le due autorità ambientali provinciali hanno espresso e che rivolgono nei confronti del progetto, riassunti rispettivamente in Tab.2 (Provincia di Bolzano) e Tab.3 (Provincia di Trento).



ID	Nome	Descrizione
APPABZ_1	Riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto	<p>Le politiche sperimentali introdotte nel progetto hanno l'obiettivo di dimostrare in modo quantitativo ed oggettivo il contributo che esse possono dare in termini di riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto vicino all'asse autostradale. Questo tipo di valutazione è particolarmente importante alla luce dei continui sforamenti nel valore medio annuale registrato in alcune delle stazioni da traffico. Nel programma di riduzione dell'NO_2 varato dalla Provincia si è dovuto prendere atto dell'impossibilità di garantire un rientro nei limiti fissati a norma di legge attraverso i soli interventi attuabili da parte degli enti pubblici locali competenti. Queste situazioni di superamento dei limiti destano particolare preoccupazione per alcune situazioni di esposizione particolarmente critiche all'interno delle città di Bolzano e Bressanone, in cui molti abitanti sono esposti anche al contributo di altre sorgenti emissive. Il rientro nei valori limite può essere raggiunto solo mettendo in campo delle misure che riguardano specificatamente il corridoio autostradale che rientrano però nella sfera di competenza dello Stato italiano. Questo bisogno è estremamente importante anche in relazione alle procedure di infrazione da parte della Commissione Europea nei confronti dello Stato italiano e che nel prossimo futuro potrebbero coinvolgere direttamente anche la Provincia di Bolzano.</p>
APPABZ_2	Riduzione delle concentrazioni di particolato e black carbon (BC)	<p>Le politiche sperimentali introdotte nel progetto hanno l'obiettivo di dimostrare in modo quantitativo ed oggettivo quale contributo esse possono dare in termini di riduzione delle concentrazioni di altri inquinanti atmosferici vicino all'asse autostradale. L'attenzione sarà posta ai valori limite suggeriti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (WHO) (più bassi di quelli previsti dalla normativa) per le concentrazioni di particolato fine PM_{10} ed ultrafine $\text{PM}_{2.5}$. Un ulteriore ambito di indagine saranno le concentrazioni di BC (black carbon), inquinante che viene monitorato da poco tempo e di cui si ritiene possa avere effetti cancerogeni e genotossici.</p>
APPABZ_3	Riduzione delle emissioni di gas serra	<p>Le politiche sperimentali introdotte nel progetto hanno anche l'obiettivo di contribuire positivamente alla riduzione dei principali gas serra (CO_2, BC) prodotti dai trasporti su strada. In modo particolare, l'intento nel progetto è quello di approfondire il possibile contributo delle politiche sperimentali, soprattutto quelle relative alla gestione dinamica dei limiti di velocità ai fini ambientali, rispetto ad un gas serra ancora relativamente poco studiato come il black carbon.</p>



ID	Nome	Descrizione
APPABZ_4	Impatto sulla salute umana	Alla luce delle considerazioni fatte nel bisogno APPABZ_1, un'ulteriore aspettativa è che grazie al sistema di monitoraggio ed all'architettura di sistema sviluppata nell'ambito del progetto BrennerLEC sia possibile effettuare degli studi di approfondimenti degli impatti prodotti dall'inquinamento generato dal traffico autostradale sulla salute umana e quindi raccogliere indicazioni più precise e specifiche su come poter gestire il problema della qualità dell'aria nei prossimi anni.
APPABZ_5	Limitazione dei disagi per l'utenza automobilistica ed informazione alla popolazione	Le politiche di miglioramento della qualità dell'aria devono essere necessariamente supportate anche dal consenso popolare in quanto senza il contributo attivo della popolazione il loro effetto sarebbe ridotto sia in termini quantitativi che in termini temporali. Vi è pertanto la necessità di sviluppare delle misure che sappiano venire incontro anche alle esigenze di spostamento degli utenti autostradali, sviluppando un compromesso ottimale tra la riduzione delle concentrazioni di inquinanti e la fruizione dell'infrastruttura autostradale. Da qui la prospettiva di gestire dinamicamente le misure di riduzione della velocità, in funzione delle reali esigenze di tipo ambientale.

Tabella 2: Bisogni dell'autorità competente in materia di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano.

ID	Nome	Descrizione
APPATN_1	Riduzione delle emissioni e delle concentrazioni di biossido di azoto	Il problema relativo alle elevate concentrazioni di biossido di azoto misurate in corrispondenza di stazioni da traffico è presente anche in Provincia di Trento. La concentrazione media annua di biossido di azoto al 2010 risulta rispettata in tutte le stazioni della rete di monitoraggio tranne nella stazione di traffico di Trento via Bolzano. La Provincia di Trento ha fatto richiesta di proroga del rispetto dal valore limite alla Commissione europea con la presentazione di un piano di rientro. Con decisione del 6 luglio 2012, la Commissione ha accettato la richiesta di proroga del termine per il raggiungimento del valore limite annuo di NO ₂ per la zona di interesse della Provincia di Trento al 1 gennaio 2015. Il valore limite annuale non risulta però ancora rispettato in Provincia di Trento per gli anni 2015 e 2016. L'aspettativa nei confronti delle politiche sperimentali del progetto è quella di ottenere una sensibile riduzione delle emissioni di biossido di azoto prodotte dal traffico autostradale attraverso un miglioramento della gestione di situazioni di congestione che sono responsabili di picchi emissivi notevoli. Questo sforzo si integra con altre misure di riduzione delle emissioni di biossido di azoto che verranno perseguiti nell'ambito della pianificazione provinciale di tutela della qualità dell'aria.
APPATN_2	Correlazione con	L'aspettativa nei confronti delle politiche sperimentali del progetto è quella di approfondire le



ID	Nome	Descrizione
	le emissioni di particolato, Black Carbon (BC) e IPA	correlazioni tra livelli di traffico, emissioni e immissioni di particolato fine e ossidi di azoto in funzione della tipologia dei mezzi in transito e rispetto alla gestione di situazioni di congestione in cui si registrano picchi emissivi notevoli. Questo sforzo si integra con altre misure di riduzione delle emissioni che verranno perseguiti nell'ambito della pianificazione provinciale di tutela della qualità dell'aria. L'ambito di indagine in particolare si focalizza sull'analisi della concentrazione degli ossidi di azoto e di traccianti quali ad esempio BC (black carbon), componente del particolato con caratteristiche climalteranti, ottimo indicatore delle emissioni provenienti da traffico, e candidato nella definizione di un futuro standard di qualità dell'aria a livello europeo e di IPA (idrocarburi policiclici aromatici), indicatori del potenziale tossico/nocivo associato in modo particolare ai fumi di scarico dei veicoli diesel.
APPATN_3	Riduzione delle emissioni di composti climalteranti	Oltre all'attenzione sugli inquinanti, è da sottolineare anche l'esigenza di contribuire positivamente alla riduzione dei principali gas serra (CO_2) e composti climalteranti (BC) prodotti dai trasporti su strada. In modo particolare, l'intento del progetto è quello di approfondire il possibile contributo delle politiche sperimentali, soprattutto quelle relative alla gestione dinamica della capacità autostradale, rispetto ad un inquinante climalterante ancora relativamente poco studiato come il black carbon. Questo sforzo si integra con altre misure di riduzione dei consumi energetici che verranno perseguiti nell'ambito della pianificazione provinciale di tutela della qualità dell'aria.
APPATN_4	Impatto sulla salute umana	Alla luce delle considerazioni effettuate ai punti precedenti, un'ulteriore aspettativa è che grazie al sistema di monitoraggio (concentrazione di ossidi di azoto, BC, IPA, classificazione dimensionale del particolato) ed all'architettura di sistema sviluppata nell'ambito del progetto BrennerLEC (transiti, tipologia mezzi, velocità e dati meteo) sia possibile disporre di dati sperimentali per effettuare degli studi di approfondimento degli impatti prodotti dall'inquinamento generato dal traffico autostradale sulla salute umana in particolare rispetto alla concentrazione e natura chimico/fisica del particolato emesso. Recenti evidenze epidemiologiche hanno chiaramente identificato come l'insorgenza di svariate patologie sia attribuibile al particolato prodotto dal traffico, in relazione alle costituenti chimiche che lo caratterizzano e alla dimensione che ne rende possibile l'accumulo nelle vie aeree. Vi è quindi un giustificato interesse a raccogliere indicazioni più precise e specifiche che possano consentire di approfondire questi aspetti per gestire il problema della qualità dell'aria nei prossimi anni nelle aree maggiormente interessate a questa sorgente di inquinamento.



ID	Nome	Descrizione
APPATN_5	Limitazione dei disagi per l'utenza automobilistica ed informazione alla popolazione	E' importante che le politiche di gestione del traffico finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria siano supportate dal consenso della popolazione e degli utenti autostradali in quanto senza questo contributo attivo l'effetto delle politiche sarebbe ridotto sia in termini quantitativi che in termini temporali. Vi è pertanto la necessità di sviluppare delle misure che sappiano venire incontro anche alle esigenze di spostamento degli utenti autostradali, sviluppando un compromesso ottimale tra la riduzione delle concentrazioni di inquinanti e la fruizione dell'infrastruttura autostradale. Da qui la prospettiva di gestire dinamicamente le misure di riduzione della velocità, in funzione delle reali esigenze di tipo trasportistico e della gestione dei flussi di traffico.

Tabella 3: Bisogni dell'autorità competente in materia di qualità dell'aria in Provincia di Trento.



2.1.2 Bisogni di carattere viabilistico

Autostrada del Brennero è una S.p.A. predisposta per la gestione del traffico autostradale sull'autostrada A22, un arteria di circa 315 [km] che collega la Pianura Padana e l'A1 con l'Austria e la Germania, posta sul corridoio scandinavo-mediterraneo della rete stradale trans-europea. La società, composta da circa 1.000 addetti (con altrettanti posti di lavoro indotti) è partecipata per circa l'85% da una molteplicità di enti pubblici (Province, Comuni, Camere di Commercio) dei territori attraversati e da circa il 15% da altri enti (principalmente banche).

I bilanci aziendali, pubblicamente disponibili sul sito del gestore, esprimono su base annua da una parte le prospettive di sviluppo da parte del gestore autostradale, e dall'altra forniscono un quadro completo delle mutevoli condizioni di traffico che il gestore è chiamato a gestire.

Volumi di traffico e condizioni di sicurezza

Il bilancio più recente, che si riferisce all'anno 2016, mostra un quadro di continua crescita dei volumi di traffico, con un trend sempre più consolidato dopo gli anni della crisi. Nel **2016** è stato infatti registrato il **record di percorrenze veicolari**, con circa 4.803.000 [veicoli/km all'anno], pari a 13.159 [veicoli / km al giorno] e 548 [veicoli / km all'ora], con un **aumento del 4,11% rispetto al 2015**.

La ripartizione tra percorrenze di veicoli pesanti e leggeri mostra una chiara dominanza di **veicoli leggeri** (circa il **72%**), che però presentano un **tasso di crescita** leggermente inferiore rispetto ai **veicoli pesanti** (3,5% rispetto a 5,6%), come riassunto in Tab.4.

Per quanto riguarda la sicurezza stradale, essa viene tipicamente quantificata in funzione del parametro **tasso di incidentalità globale (TIG)**, calcolato come:

$$TIG = \frac{i \cdot p_i + f \cdot p_f + m \cdot p_m}{365 \cdot TGMA \cdot L}$$

dove i , f e m sono rispettivamente il numero di incidenti, feriti e morti in autostrada in un anno, p_i , p_f e p_m dei pesi legati ai valori medi degli esborsi delle compagnie di assicurazione, e $TGMA$ il traffico giornaliero medio annuale.

Il TIG è stato piuttosto costante nel corso degli ultimi anni, attorno al valore di 21,45. Nel 2015 è stato raggiunto un record storico (18,99), valore sostanzialmente confermato anche nel 2016 (19,49). Il TIG è più basso nella tratta Brennero - Ala (18,06) rispetto al tratto tra Ala e Verona (20,06). E' bene sottolineare come le condizioni di sicurezza siano decisamente superiori a quelle registrate sulle altre autostrade italiane, in cui il valore medio del TIG è



circa 28-30.

Mese	Leggeri		Pesanti		Totale	
	Valore	Aumento % rispetto 2015	Valore	Aumento % rispetto 2015	Valore	Aumento % rispetto 2015
Gennaio	242,2	+3,43%	88,2	+1,57%	330,4	+2,93%
Febbraio	220,9	+7,71%	98,9	+9,65%	319,8	+8,30%
Marzo	270,9	+13,65%	113,4	+5,01%	384,3	+10,95%
Aprile	227,2	-6,70%	111,7	+3,62%	338,9	-3,54%
Maggio	291,8	+3,69%	124,1	+9,39%	415,9	+5,36%
Giugno	289,9	-2,05%	119,8	+4,73%	409,7	-0,16%
Luglio	404,8	+9,21%	127,4	+2,02%	532,2	+7,40%
Agosto	442,2	-1,16%	111,5	+9,51%	553,7	+0,82%
Settembre	345,6	+6,08%	128,7	+4,93%	474,3	+5,77%
Ottobre	261,3	+8,34%	116,9	+3,69%	378,2	+6,83%
Novembre	199,0	+0,19%	108,6	+7,93%	307,6	+2,79%
Dicembre	261,4	+1,91%	96,8	+5,75%	358,2	+2,89%
TOTALE	3.457,2	+3,54%	1.346,0	+5,57%	4.803,2	+4,10%

Tabella 4: Chilometri percorsi (in milioni) sull'A22 nell'anno 2016.

Il TIG è un indicatore importante anche per quello che riguarda le **politiche tariffarie**: l'adeguamento annuale dei pedaggi è infatti funzione dei valori del TIG. Questo elemento è contenuto nella convenzione di concessione tra le società concessionarie responsabili delle varie arterie autostradali e lo Stato italiano. L'adeguamento segue la seguente formula di adeguamento tariffario annuale (denominata "price-cap"):

$$\Delta T \leq \Delta P - X + \beta \cdot \Delta Q$$

dove ΔT è la variazione tariffaria, ΔP il tasso di inflazione programmata, X un parametro di produttività e β e ΔQ due parametri legati alla qualità del servizio autostradale e al TIG. Nonostante la continua diminuzione dei valori del TIG, le tariffe in A22 sono però ferme dal 2014.

Rinnovo della concessione e prospettive di evoluzione aziendale

Ad inizio 2016 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) e i soci di A22 hanno firmato un protocollo d'intesa per il **rinnovo della concessione dell'Autostrada del Brennero** per i prossimi 30 anni. Tale rinnovo è vincolato rispetto ad una serie di condizioni che possono essere così sintetizzate:



- Autostrada del Brennero deve diventare una società interamente partecipata da amministrazioni pubbliche locali, in una forma societaria tale per cui è garantito il rispetto del requisito del “controllo analogo”.
- Almeno l'80% delle attività deve riguardare compiti affidati dallo Stato tramite i soci pubblici.

Nell'accordo, Autostrada del Brennero si impegna a versare circa 1963 milioni di Euro durante i prossimi 30 anni allo Stato, di cui circa 568 per il valore della concessione (con rate annue da 70 milioni) e 1.395 di canone per la concessione. Autostrada del Brennero si impegna inoltre a finanziare per 1.62 miliardi di Euro il **corridoio ferroviario del Brennero** e per 2 miliardi di Euro interventi infrastrutturali tra cui:

- la **terza corsia tra Verona e Modena** (circa 90 km);
- la **terza corsia dinamica tra Bolzano e Verona**;
- la **realizzazione di aree di servizio più moderne**, predisposte anche alla ricarica per mezzi non a combustibile fossile.

E' previsto inoltre lo sviluppo di adeguate **politiche tariffarie** rivolte a favorire l'**intermodalità** (stimolando in particolare il **trasferimento del trasporto delle merci su rotaia**) e ridurre l'**inquinamento atmosferico**. La politica è quella di **contenere gli aumenti tariffari** per permettere lo **sviluppo economico dei territori** attraversati dall'autostrada, favorendo in particolare il traffico autostradale "interno" (ossia con origine e destinazione all'interno del percorso autostradale A22). In particolare, è in fase di studio l'applicazione della **Direttiva 2011/76/UE** denominata "**Eurovignette**" che modifica la direttiva 1999/62/EC che prima aveva regolato l'introduzione di pedaggi differenziati per determinate categorie di mezzi pesanti, il tutto allo scopo di "caricare" i maggiori costi sostenuti dalla collettività su chi direttamente produce inquinamento acustico e atmosferico. Tali pedaggi dovrebbero tenere conto del costo dell'inquinamento atmosferico prodotto da ogni tipologia di veicolo, quantificato come segue:

$$PCV_{ij} = \sum_k EF_{ik} \cdot PC_{jk}$$

dove PCV_{ij} è il costo dell'inquinamento atmosferico provocato dai veicoli di classe i (espressa in classe EURO) su un tipo di strada j (espresso in Euro / veicolo * km), EF_{ik} è il fattore di emissione dell'inquinante k per il veicolo di classe i (espresso in g / veicolo * km) e PC_{jk} è il costo monetario dell'inquinamento k per il tipo di strada j (espresso in g / Euro).

La direttiva è stata recepita anche in Italia con due decreti legge del 2010 e del 2014, e anche il protocollo d'intesa sottoscritto all'inizio del 2016 per la gestione dell'autostrada



del Brennero prevede la possibilità di applicare questi principi. Le modalità di applicazione dell'Eurovignette sarà decisa solo al termine di uno studio di fattibilità, che ha ricevuto a fine dicembre 2016 il via libera da parte della Giunta della Provincia Autonoma di Bolzano. L'analisi che verrà effettuata valuterà non solo l'ammontare dei pedaggi da applicare, ma studierà attentamente anche l'impatto di un possibile aggravio del traffico di transito lungo la strada statale, nonché tutte le questioni organizzative e logistiche, come ad esempio il pagamento del pedaggio tramite Telepass. La maggiorazione del pedaggio per le infrastrutture situate in regioni di montagna, come appunto la A22, in ogni caso non può superare il 25% del totale, e lo studio dovrà chiarire se le entrate che ne deriveranno dovranno essere utilizzate solamente per il finanziamento di progetti transfrontalieri come ad esempio il tunnel del Brennero e le relative tratte di accesso.

Il percorso di rinnovo della concessione autostradale non è stato ancora concluso. Nel momento in cui le azioni dei soci privati saranno trasferite ai soci pubblici e lo statuto opportunamente modificato, Autostrada del Brennero sarà tenuta a predisporre un piano economico e finanziario definitivo, che dovrà poi essere approvato da MIT e portare alla firma della nuova convenzione.

Questo quadro introduttivo fornisce dunque una prospettiva delle priorità e del percorso di evoluzione del gestore autostradale. Tale prospettiva è inquadrata rispetto ai temi ed agli obiettivi di progetto attraverso la lista di bisogni, riportata in forma sintetica in Tabella 5.

2.1.3 Bisogni evidenziati dagli stakeholder di progetto

In questo paragrafo vengono riassunti i bisogni di carattere “sociale” che sono stati messi in evidenza dai diversi portatori d'interesse durante i primi incontri dei tavoli di lavoro organizzati nell'ambito dell'azione D2.

Ai fini di quest'analisi sono stati considerati solo i bisogni emersi nell'ambito di due gruppi di lavoro: il gruppo di lavoro **“Osservatorio Socio-Economico”**, formato da tutti i portatori d'interesse economici, ed il gruppo di lavoro **“Sostenibilità Ambientale”**, formato da tutti i portatori d'interesse ambientali. Questi bisogni sono riassunti rispettivamente in Tabella 6 e 7. Per maggiori dettagli sulle attività iniziali di coinvolgimento degli stakeholder si rimanda al deliverable D.D2.1 [2].



ID	Nome	Descrizione
A22_1	Sviluppo strategico	Le politiche sperimentali introdotte nel progetto devono rappresentare uno strumento per lo sviluppo strategico dei trasporti attraverso il corridoio del Brennero, congruente con quanto previsto nel piano d'investimenti trentennale in modo particolare con (i) l'aumento della capacità autostradale (aumento fisso / dinamico); (ii) il progressivo trasferimento del trasporto merci su rotaia; (iii) lo sviluppo di strutture di parcheggio scambiatrici con la viabilità ordinaria; (iv) l'implementazione della direttiva Eurovignette.
A22_2	Sicurezza stradale	Le politiche sperimentali introdotte nel progetto devono avere una ricaduta positiva o quantomeno non causare impatti negativi sulla sicurezza stradale. Questo anche per motivi di natura puramente economica, in funzione del calcolo del TIG e della possibilità di poter aumentare le tariffe secondo quanto previsto dalla convenzione di concessione vigente tra le concessionarie autostradali e il MIT.
A22_3	Esteriorità sul traffico (ed economiche)	Le politiche sperimentali introdotte nel progetto devono essere calibrate in modo da evitare che l'utenza autostradale (sia leggera che pesante) preferisca strutturalmente l'utilizzo della viabilità ordinaria al posto della viabilità autostradale, con impatti negativi anche sui ricavi del gestore ottenuti tramite i pedaggi. Le politiche devono piuttosto ambire ad un nuovo equilibrio che sappia ottimizzare l'utilizzo dell'intera infrastruttura stradale disponibile, aumentando a parità di condizioni al contorno il numero di veicoli complessivamente trasportati e quindi i possibili introiti da pedaggi.
A22_4	Immagine aziendale	Il progetto deve rappresentare uno strumento per migliorare (o almeno non peggiorare) l'immagine del gestore autostradale nei confronti dei suoi clienti e più in generale nei confronti delle popolazioni attraversate dall'autostrada, con un aumento (o almeno un non decremento) del grado di soddisfazione complessivo nei confronti delle iniziative intraprese da parte del gestore autostradale per migliorare i livelli di servizio e ridurre le esteriorità negative sui territori attraversati.
A22_5	Sviluppo tecnologico	Le politiche sperimentali introdotte nel progetto devono essere supportate da un'architettura di sistema che oltre ad essere compatibile ed interoperabile con gli attuali sistemi ITS in uso e controllati principalmente dal CAU possano favorire una rapida integrazione con le tecnologie ITS cooperative testate nell'ambito di altri progetti europei in cui A22 è / è stata coinvolta.

Tabella 5: Bisogni del gestore autostradale.



ID	Nome	Descrizione
ECONOMY_1	Giornate da bollino	Le politiche sperimentali del progetto devono essere tali da poter permettere in modo particolare un miglioramento nella gestione del deflusso del traffico durante le giornate da bollino. Particolare attenzione va rivolta all'intero tratto alpino dell'A22 con un'attenzione specifica alle problematiche di incolonramento che si verificano periodicamente in corrispondenza della barriera di ingresso da nord all'altezza di Vipiteno.
ECONOMY_2	Tempi di percorrenza	Le politiche sperimentali devono essere tarate in modo da contenere al minimo gli aumenti dei tempi di percorrenza e più in generale le ricadute negative che una riduzione dei livelli di servizio autostradali potrebbero comportare, non solo sull'economia locale ma anche nel comparto turistico in termini di peggioramento del livello di raggiungibilità dei numerosi punti di attrazione.
ECONOMY_3	Traffico sulla viabilità ordinaria	Le politiche sperimentali devono essere calibrate al fine di evitare il più possibile che una parte significativa del traffico autostradale si sposti sulla viabilità ordinaria. Questo scenario potrebbe portare ricadute negative ancora più significative di quelle elencate nel bisogno precedente (ECONOMY_2).
ECONOMY_4	Informazione, comunicazione, sensibilizzazione, trasparenza	Il progetto deve essere impostato con un approccio aperto, sia con gli stakeholder che più in generale con gli utenti finali. E' assolutamente importante spiegare perché si fa il progetto, in un'ottica integrata di quali altre misure si stanno attuando per risolvere in generale il problema di qualità dell'aria, soprattutto quello legato alle concentrazioni di biossido di azoto. In questo senso è anche fondamentale condividere i risultati scientifici del progetto per capire il possibile impatto delle politiche sperimentate. Azioni di informazione vanno per quanto possibile integrate con attività di sensibilizzazione e formazione rivolte agli automobilisti su temi quali la guida ecologica.
ECONOMY_5	Sviluppo tecnologico	Il sistema di supporto per lo svolgimento dei test deve essere pensato in un'ottica evolutiva, in grado di capitalizzare l'utilizzo delle nuove tecnologie emergenti, sia quelle digitali come anche lato veicolo (es. "mega-tir"). Questo anche per favorire ricadute positive in termini di innovazione dell'industria locale e ridurre il gap con il livello raggiunto da molti altri Stati Membri, soprattutto del Nord-Europa.

Tabella 6: Bisogni dei portatori d'interesse economici.



ID	Nome	Descrizione
ENVIRONMENT_1	Integrazione dei provvedimenti per la qualità dell'aria	Il programma sperimentale del progetto deve essere arricchito da un programma organico e completo di interventi. Tali interventi devono perseguire l'obiettivo di sviluppare soluzioni di trasporto inter-modali, favorendo quanto più possibile il trasferimento del trasporto di merci su rotaia. Questi interventi devono essere anche accompagnati da politiche tariffarie efficaci capaci di meglio distribuire i transiti internazionali sui diversi valichi alpini e riducendo lo stato di sofferenza a cui attualmente è soggetto il valico del Brennero.
ENVIRONMENT_2	Informazione al pubblico e cultura della sostenibilità	Il progetto deve essere accompagnato da azioni di sensibilizzazione delle popolazioni locali sui problemi di qualità dell'aria e più in generale dalla creazione di una cultura della sostenibilità che va condivisa anche con gli ospiti dei nostri territori.
ENVIRONMENT_3	Condivisione dei risultati del progetto	Il progetto deve garantire un'ampia condivisione dei risultati conseguiti attraverso le politiche sperimentali, soprattutto da un punto di vista del beneficio ambientale raggiunto. Questo è fondamentale anche per creare quello spirito diffuso di coinvolgimento e di partecipazione agli obiettivi di progetto indicati nel bisogno precedente (ENVIRONMENT_2).

Tabella 7: Bisogni dei portatori d'interesse ambientali.

2.1.4 Bisogni evidenziati dai residenti locali

In questo paragrafo vengono riassunti i bisogni evidenziati dai residenti locali, che è stato possibile mettere in luce grazie alle risposte aperte ottenute attraverso il questionario ex-ante lanciato nell'ambito dell'azione C3. Questi bisogni sono riassunti in Tabella 8. Per maggiori dettagli sulle attività iniziali di valutazione della percezione dell'opinione pubblica nei confronti del progetto si rimanda al deliverable D.C3.1 [7].

ID	Nome	Descrizione
USERS_1	Sicurezza stradale	E' importante accompagnare le politiche sperimentali di progetto con adeguate misure di controllo della velocità, al fine anche di aumentare ulteriormente la sicurezza stradale, che spesso è messa a rischio da veicoli che transitano troppo velocemente.
USERS_2	Modalità di applicazione delle politiche di	Molti residenti locali conoscono la realtà attuale sulle autostrade austriache, per cui i limiti di velocità sono applicati in maniera fissa. Tale politica è considerata troppo restrittiva, e si



ID	Nome	Descrizione
	riduzione dinamica della velocità ai fini ambientali	chiede al progetto di trovare un compromesso tra salvaguardia dell'ambiente e le necessità di transito in tempi contenuti attraverso l'arteria autostradale. Altrimenti è molto probabile attendersi uno spostamento di parte del traffico autostradale locale in viabilità ordinaria, a meno che non si intervenga sulle tariffe (es. non facendo pagare l'autostrada in condizioni di limiti ridotti attivati). In generale si ritiene che molti benefici possano essere ottenuti garantendo condizioni di velocità più costante (non necessariamente abbassando i limiti). Inoltre va verificato che l'introduzione di limiti di velocità dinamici non siano tali da creare pericolosi rallentamenti alla circolazione e generare criticità quali incidenti.
USERS_3	Evidenza dei risultati ottenuti	E' importante che il progetto abbia un'adeguata predisposizione all'"apertura" verso le parti interessate al progetto, mettendo in evidenza gli impatti (positivi / negativi che siano) che le sperimentazioni proposte genereranno.
USERS_4	Sensibilizzazione su temi quali eco-driving	Per massimizzare gli impatti ambientali delle politiche sperimentali proposte è opportuno che il progetto preveda attività di sensibilizzazione che vadano ad influire positivamente sullo stile di guida degli automobilisti. Un corretto stile di guida infatti può aumentare gli effetti delle politiche di riduzione della velocità.
USERS_5	Integrazione con politiche di riduzione del traffico pesante	Uno dei problemi più significativi che caratterizza l'A22 riguarda l'eccessiva circolazione di mezzi pesanti. Un contenimento di questo fenomeno permetterebbe migliori condizioni per la fluidità del traffico leggero ed una riduzione delle esternalità ambientali.
USERS_6	Integrazione con altre misure di mobilità e traffico	La sperimentazione di progetto va considerata in un contesto di sviluppo più ampia, ad es. consentendo la circolazione gratuita nei tratti cittadini, la maggiore disponibilità di mezzi pubblici quando sono introdotte delle limitazioni, la differenziazione delle tariffe in funzione di fasce orarie per incentivare una maggiore distribuzione del traffico nell'arco della giornata, ecc.

Tabella 8: Bisogni dei residenti locali.



2.2 Identificazione dei casi e scenari d'uso di riferimento

Il secondo passo propedeutico per la definizione delle caratteristiche desiderate dal sistema BrennerLEC consiste nel caratterizzare una serie di “situazioni di riferimento” target che il sistema stesso dovrà essere in grado di gestire, nelle modalità e nei vincoli evidenziati, ed in modo da dare una risposta, parziale o completa, ai bisogni precedentemente consolidati. Secondo le più moderne teorie di ingegneria del software, tali situazioni di riferimento, sono classificate come:

- **casi d'uso:** definiscono le interazioni che avvengono tra gli attori e il sistema per il raggiungimento di un certo obiettivo;
- **scenari d'uso:** caratterizzazione specifica di una possibile declinazione di un caso d'uso.

Nell'ambito del progetto BrennerLEC, sono stati definiti tre diversi casi d'uso, ciascuno relativo ad una delle tre azioni del progetto in cui sono sviluppate le diverse politiche di gestione del traffico autostradale. I dettagli dei casi d'uso così definiti sono riportati nelle pagine seguenti. Vengono riportati numerosi cenni a diverse applicazioni “cooperative” che si basano su moderne tecnologie di comunicazioni tra i veicoli e gli elementi di infrastruttura, per cui è probabile attendersi un rapido sviluppo nei prossimi anni anche sull'arteria autostradale in cui il sistema viene sperimentato. A margine della descrizione dei casi d'uso viene fornita una sintetica panoramica di queste future prospettive tecnologiche e di come esse potranno essere utilizzate a vantaggio del progetto.

La descrizione dei casi d'uso si avvale dell'utilizzo dei seguenti acronimi:

- **CAU:** Centro Assistenza Utenti
- **DSS:** *Decision Support System*
- **PMV:** Pannello a Messaggio Variabile
- **RSU:** *Road Side Units*
- **TIC:** *Traffic Information Center*
- **TCC:** *Traffic Control Center*
- **TMC:** *Traffic Management Center*
- **V2I:** *Vehicle-to-Infrastructure*
- **V2V:** *Vehicle-to-Vehicle*



2.2.1 Politiche di gestione del traffico per motivi ambientali

Riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

Descrizione (1)	<p>La riduzione dinamica della velocità a fini ambientali viene attuata con lo scopo di rispettare obiettivi “target” giornalieri di qualità dell’aria (es. valor medio giornaliero di NO₂ entro i 50 µg/m³ in inverno ed entro i 30 µg/m³ in estate, valutati in corrispondenza delle zone abitate più vicine all’asse autostradale). Questo provvedimento viene introdotto in una prima fase in occasione del superamento dei valori target di qualità dell’aria esclusivamente sulla base delle misure del sistema integrato di monitoraggio in tempo reale (modalità reattiva) ed in seguito sulla base delle previsioni di qualità dell’aria elaborate da una catena modellistica basata su una concatenazione di modelli previsionali meteorologici e di traffico con quelli per la dispersione degli inquinanti in atmosfera (modalità proattiva). La catena modellistica elabora in automatico ogni giorno una previsione della qualità dell’aria per il giorno successivo, valutata ad es. con risoluzione oraria, e resa disponibile indicativamente verso le ore 12 (mezzogiorno). La previsione è accompagnata da una raccomandazione del tipo di politica da adottare (es. limiti sì/no, che limite di velocità, orario di attivazione). Tale raccomandazione viene elaborata automaticamente in funzione degli obiettivi “target” giornalieri di qualità dell’aria precedentemente citati. Tali obiettivi, da calibrare sperimentalmente anche al fine di raggiungere un compromesso ottimale rispetto al livello di servizio dell’arteria autostradale, potrebbero essere inoltre via via attualizzati rispetto all’obiettivo annuale target (es. media annuale di NO₂ pari 40 µg/m³ valutata in corrispondenza delle zone abitate più vicine all’asse autostradale).</p>
Descrizione (2)	<p>La catena modellistica elabora anche ulteriori scenari ipotetici, calcolati variando le condizioni previste di traffico ma mantenendo costanti le previsioni meteorologiche per il giorno successivo. Tali scenari sono costruiti partendo dagli obiettivi target, ossia valutando quali scenari di traffico che dovrebbero essere necessari per poter garantire il rispetto degli obiettivi target con politiche differenti (o senza alcun tipo di limitazione). Tutti questi output prodotti dalla catena modellistica vengono resi disponibili attraverso un opportuno sistema di supporto alle decisioni (DSS). La raccomandazione sul provvedimento suggerito viene dunque notificata all’assistente del CAU A22 attraverso questo tool informativo, corredata di tutti i dettagli necessari (entità e orario della riduzione). L’assistente di centrale è invitato ad attivare la limitazione raccomandata utilizzando il sistema che gestisce da remoto i PMV. In una fase successiva di sviluppo, è ipotizzabile una maggiore automatizzazione di questo processo, che però dovrà in ogni caso prevedere una supervisione manuale da parte del CAU. Nel momento in cui i limiti dinamici sono attivati, la componente “TIC” del CAU distribuisce l’informazione a tutti i canali informativi collegati alla centrale. In futuro l’attivazione dei limiti sui pannelli a messaggio variabile da parte del TCC del CAU potrebbe essere accoppiata con un’azione di aggiornamento del sistema remoto che gestisce le unità di bordo strada RSU. In questo modo tali unità, dialogando con i veicoli attraverso i protocolli di comunicazione veicolo-infrastruttura (V2I), possono trasmettere l’informazione relativa ai limiti dinamici di velocità direttamente a bordo veicolo.</p>



Riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

Descrizione (3)	La catena modellistica è alimentata e calibrata in continuo grazie ad un sistema integrato di monitoraggio delle condizioni di qualità dell'aria e meteorologiche a bordo strada, correlate con la situazione corrente di traffico. Questo è possibile attraverso dei run del modello di emissione / qualità dell'aria alimentato con cadenza oraria dai seguenti dati: (i) transiti e velocità dei veicoli; (ii) dati meteorologici. In questo modo, è possibile verificare in tempo reale la corrispondenza tra previsione e situazione reale, con la valutazione di quale tra i diversi scenari ipotetici previsti si sta effettivamente realizzando. E' bene sottolineare come in una futura estensione del sistema questo tipo di calibrazione e confronto sarà basato esclusivamente sui dati meteorologici e di qualità dell'aria raccolti dai sensori innovativi : non è infatti immaginabile, soprattutto per motivi manutentivi e di costo, che questo compito sia affidato sul lungo periodo alle stazioni mobili di qualità dell'aria. Grazie a questo continuo sistema di verifica, può dunque essere fornito all'assistente di centrale del CAU A22 tramite lo stesso DSS un aggiornamento continuo del provvedimento originariamente suggerito (es. in termini di attivazione / non attivazione dei limiti, variazione del limite dinamico di velocità, variazione dell'orario di attivazione dei limiti).
Attori coinvolti	<ul style="list-style-type: none">• Assistente di centrale TCC: riceve la notifica dal sistema di supporto alle decisioni ed ordina la riduzione del limite di velocità;• Operatore di centrale TCC: implementa la riduzione del limite di velocità;• Operatore di centrale TIC: aggiorna i canali informativi gestiti;• Automobilista su veicolo non connesso: visualizza la limitazione attraverso i PMV;• Automobilista su veicolo “parzialmente” connesso: visualizza la limitazione attraverso i canali di bordo di generazione corrente: radio, navigatore o altro.• Automobilista su veicolo “completamente” connesso: visualizza la limitazione attraverso i canali di bordo di generazione futura: interfaccia di bordo per applicazioni cooperative. Questo tipo di veicolo è presumibilmente in grado di attivare automaticamente il cruise control adeguando la velocità del veicolo al nuovo limite di velocità.



Riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

Vincoli	<ul style="list-style-type: none">• L'attivazione della limitazione suggerita è possibile solo in assenza di altri eventi concomitanti sul tratto d'interesse che stanno inficiando i normali livelli di sicurezza (es. presenza di un incidente, veicolo in avaria che sta causando rallentamenti, carico disperso sulla carreggiata, ecc.). Queste situazioni in generale sono molto più numerose degli scenari descritti nel caso d'uso 3 e vanno valutate caso per caso dall'operatore TCC di turno. La possibilità di attivare la misura suggerita potrà essere rivalutata nel momento in cui tali eventi si saranno esauriti e se le indicazioni aggiornate fornite dal DSS raccomandano l'introduzione di un qualche tipo di politica di riduzione dinamica dei limiti di velocità. Appropriata documentazione di queste situazioni deve comunque essere predisposta per giustificare la decisione di non attivare la misura suggerita.• Secondo lo stesso principio, la rimozione di una limitazione in vigore deve essere immediatamente attuata a seguito di un evento come quelli citati a titolo di esempio al punto precedente.• E' opportuno prevedere, per motivi di sicurezza e di confidenza da parte dell'utenza, nonché di impatti concreti sui livelli di qualità dell'aria, un intervallo minimo di attivazione della misura per evitare qualsiasi problema di isteresi (continua attivazione / rimozione del limite di velocità). Tale intervallo potrebbe essere settato ad es. su 3 ore.• Nella modalità proattiva, l'utilizzo di logiche previsionali è vincolato dalla disponibilità di data set completi ed affidabili relativi sia alle condizioni osservate in passato in situazioni simili sia alle condizioni previste per il giorno successivo.• Nella modalità reattiva, l'utilizzo di logiche automatiche è vincolato dalla disponibilità in tempo reale di data set completi ed affidabili relativi alle variabili traffico, meteo e qualità dell'aria.• La variabile "tratto d'interesse" non è da considerare un grado di libertà per la sperimentazione prevista nel progetto (limitata al tratto BLEC-AQ). Lo diventa tuttavia in un'ottica di applicazione futura di questo sistema a tratti di lunghezza più estesa.• La verifica in tempo reale delle previsioni giornaliere calcolate il giorno precedente potrebbe essere arricchita da strumenti previsionali "nowcast" tali da valutare l'evolversi della situazione sulle successive 1-2 ore e quindi permettere, in caso di necessità, una gestione anticipata e potenzialmente più efficiente dei correttivi ai provvedimenti originariamente suggeriti.
Scenari associati	<ul style="list-style-type: none">• S1.1 "Modalità reattiva": in questo scenario la catena modellistica è disabilitata. L'assistente di centrale del CAU A22 valuta l'introduzione di provvedimenti in funzione di ciò che viene misurato dal sistema integrato di monitoraggio in tempo reale.• S1.2 "Modalità proattiva": è lo scenario di riferimento con la catena modellistica in funzione. Questo scenario potrebbe anche funzionare senza il supporto del sistema integrato di monitoraggio in tempo reale, implementando il provvedimento originariamente suggerito.



Riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

Dipendenze con altri casi d'uso	Il caso d'uso è inibito nel caso in cui si stia attuando il caso d'uso 2 sugli stessi tratti di competenza. In una prospettiva di replicazione di questa misura su tutto il tratto autostradale, il caso d'uso risulta anche inibito dal verificarsi di alcuni scenari del caso d'uso 3 (S3.2 "Cantiere stradale" - cantiere in sede autostradale e S3.3 "Evento di traffico nei tratti autostradali cittadini"), conguentemente a quanto indicato nei vincoli.
Possibili sinergie con applicazioni cooperative	<ul style="list-style-type: none">IVS: In-Vehicle Signage.IVSL: In-Vehicle Speed Limits. (entrambe verranno testate su A22 nell'ambito del progetto C-ROADS Italy)

Tabella 9: Caso d'uso 1 (riduzione dinamica della velocità a fini ambientali).

2.2.2 Politiche di gestione del traffico per motivi viabilistici

Riduzione dinamica della velocità ed utilizzo della corsia di emergenza come corsia di transito per motivi viabilistici	
Descrizione (1)	Grazie ad una catena modellistica basata su modelli previsionali di traffico (basati essenzialmente sullo <u>storico</u> di giornate analoghe) e di calcolo delle emissioni è disponibile in automatico una previsione delle condizioni di traffico e relativo impatto emissivo per il giorno successivo. Tale previsione, valutata ad es. con risoluzione oraria, viene calcolata periodicamente ogni giorno, e resa disponibile indicativamente verso le ore 12 (mezzogiorno). La previsione è valutata per il tratto interessato alla riduzione di velocità facendo riferimento sia alle condizioni locali che a quelle delle tratte precedenti , tenendo quindi conto della <u>propagazione nel tempo e nello spazio della funzione densità di traffico</u> . La previsione è accompagnata da una raccomandazione del tipo di politica da adottare , in modo particolare per quello che riguarda la necessità o meno di aprire temporaneamente la corsia di emergenza come corsia di transito . Se tale provvedimento non viene ritenuto necessario, viene elaborata una prima indicazione di strategia di riduzione dinamica dei limiti di velocità , valutati in termini di: (i) tratto d'interesse; (ii) entità della riduzione del limite di velocità; (iii) durata della limitazione. Questa strategia è in generale complessa, dal momento che non solo il tipo di provvedimento può evolvere nel tempo (es. limite di velocità ulteriormente ridotto ed esteso su un tratto più lungo rispetto all'intervallo precedente), ma è possibile anche prevedere limitazioni differenti ma contemporanee su tratte differenti. Questo tipo di raccomandazione viene elaborata automaticamente in funzione di obiettivi "target" giornalieri di traffico / emissioni (es. massimizzazione della capacità dell'arteria con minimizzazione delle emissioni prodotte).
Descrizione (2)	Tutti questi output prodotti dalla catena modellistica vengono resi disponibili attraverso un opportuno sistema di supporto alle decisioni (DSS) . La raccomandazione sul provvedimento suggerito viene dunque notificata al responsabile e all'assistente del CAU A22 attraverso questo tool informativo, corredata di tutti i dettagli necessari (tratti d'interesse, entità della riduzione, durate). Nel caso in cui la raccomandazione preveda esclusivamente la riduzione dinamica dei limiti di velocità, essa viene solamente presa come riferimento iniziale per la sua possibile attuazione durante il giorno successivo.



Riduzione dinamica della velocità ed utilizzo della corsia di emergenza come corsia di transito per motivi viabilistici

Descrizione (3)	<p>La catena modellistica è alimentata e calibrata in continuo grazie ad un sistema integrato di monitoraggio delle condizioni correnti di traffico. In questo modo, nel caso di mancata decisione di aprire temporaneamente la corsia di emergenza come corsia di transito, è possibile attualizzare le strategie indicative elaborate nelle previsioni del giorno prima. Ad esempio, a causa di volumi di traffico superiori alle attese può emergere l'esigenza di attivare il limite dinamico di velocità prima del previsto. Questo strumento di supporto in tempo reale è caratterizzato da una risoluzione temporale elevata (es. 5 minuti) ed eventualmente arricchita da un sistema di previsione sul breve periodo (ad es. con orizzonte rispetto l'ora successiva), secondo quanto già in uso presso il CAU. L'assistente di centrale può decidere di attivare la limitazione raccomandata utilizzando il sistema che gestisce da remoto i PMV, eventualmente dopo un confronto con il responsabile del CAU. In una fase successiva di sviluppo, è ipotizzabile una maggiore automatizzazione di questo processo, che però dovrà in ogni caso prevedere una supervisione manuale da parte del CAU. Nel momento in cui i limiti dinamici sono attivati, la componente "TIC" del CAU distribuisce l'informazione a tutti i canali informativi collegati alla centrale. In futuro l'attivazione dei limiti sui pannelli a messaggio variabile da parte del TCC del CAU potrebbe essere accoppiata con un'azione di aggiornamento del sistema remoto che gestisce le unità di bordo strada ("Road Side Units - RSU"). In questo modo tali unità, dialogando con i veicoli attraverso i protocolli di comunicazione veicolo-infrastruttura (V2I), possono trasmettere l'informazione relativa ai limiti dinamici di velocità direttamente a bordo veicolo.</p> <p>Grazie a questo continuo sistema di verifica, può essere fornito all'assistente di centrale del CAU A22 tramite lo stesso DSS un aggiornamento continuo del provvedimento precedentemente suggerito (es. in termini di riduzione / estensione dei tratti d'interesse e dell'entità della riduzione dei limiti).</p>
------------------------	---



Riduzione dinamica della velocità ed utilizzo della corsia di emergenza come corsia di transito per motivi viabilistici

Attori coinvolti	
	<ul style="list-style-type: none">• Responsabile CAU: riceve la notifica dal sistema di supporto alle decisioni e decide, d'accordo con la dirigenza, di avviare le procedure per l'apertura al transito della corsia di emergenza; supervisiona l'attuazione delle riduzioni dinamiche di velocità.• Assistente di centrale TCC: coordina operativamente i preparativi per l'implementazione dell'apertura della corsia di emergenza come corsia di transito; decide di attivare in tempo reale i provvedimenti di riduzione dinamica della velocità suggeriti dal DSS, previo eventuale confronto con il responsabile CAU.• Operatore di centrale TCC: implementa i provvedimenti di gestione dinamica del traffico che sono stati decisi secondo le istruzioni fornite dall'assistente CAU;• Operatore di centrale TIC: aggiorna i canali informativi gestiti;• Automobilista su veicolo non connesso: visualizza l'apertura al transito della corsia di emergenza e/o la riduzione del limite di velocità sui PMV;• Automobilista su veicolo "parzialmente" connesso: visualizza l'apertura della corsia e/o la riduzione del limite di velocità attraverso i canali di bordo di generazione corrente: radio, navigatore o altro.• Automobilista su veicolo "completamente" connesso: visualizza la riduzione del limite di velocità attraverso i canali di bordo di generazione futura: interfaccia di bordo per applicazioni cooperative. Questo tipo di veicolo è presumibilmente in grado di attivare automaticamente il cruise control adeguando la velocità del veicolo al limite di velocità applicato al particolare tratto percorso. Non è inclusa al momento l'informazione legata alla disponibilità di una corsia supplementare, che deve essere quindi compresa attraverso i canali tradizionali.



Riduzione dinamica della velocità ed utilizzo della corsia di emergenza come corsia di transito per motivi viabilistici

Vincoli

- L'attivazione delle limitazioni suggerite è possibile solo **in assenza di altri eventi concomitanti** sul tratto d'interesse che stanno inficiando i normali livelli di sicurezza (es. presenza di un incidente, veicolo in avaria che sta causando rallentamenti, carico disperso sulla carreggiata, ecc.). Queste situazioni in generale sono molto più numerose degli scenari descritti nel caso d'uso 3 e vanno valutate caso per caso dall'operatore TCC di turno. La possibilità di attivare la misura suggerita potrà essere rivalutata in corrispondenza del ciclo successivo di valutazioni automatiche effettuate dalla catena modellistica. Appropriata documentazione di queste situazioni deve comunque essere predisposta per giustificare la decisione di non attivare la misura suggerita.
- L'apertura temporanea della corsia di emergenza come corsia di transito è possibile solo a conclusione delle operazioni di **bonifica della corsia di emergenza**, secondo quanto previsto dall'ordinanza definita dal gestore autostradale.
- La **rimozione di una limitazione in vigore** deve essere immediatamente attuata nel caso in cui subentrino altri eventi concomitanti che causano velocità ridotta sul tratto d'interesse o che vanno ad interferire con i normali livelli di sicurezza (forti rallentamenti, presenza di incidenti ecc.). Nel caso di apertura temporanea della corsia di emergenza come corsia di transito, va seguito in modo molto stringente quanto previsto dall'ordinanza.
- In generale, si esclude (almeno per questo primo sviluppo) la possibilità di utilizzare il sistema per gestire proattivamente le **turbative di traffico** causate da eventi come **incidenti e cantieri**.
- Va previsto, per motivi di sicurezza, un intervallo minimo di attivazione della misura evitando qualsiasi problema di **isteresi** (continua attivazione / rimozione dei limiti di velocità).
- La catena modellistica deve essere in grado di non consigliare una riduzione dei limiti di velocità nel caso in cui i flussi di traffico siano già così intensi e le velocità di percorrenza talmente ridotte (**situazioni di stop&go**) da rendere poco opportuna l'adozione di questo tipo di misura.
- Il corretto funzionamento del sistema è vincolato dalla **disponibilità di data set di traffico completi ed affidabili** relativi alle condizioni osservate sia in passato che in tempo reale.



Riduzione dinamica della velocità ed utilizzo della corsia di emergenza come corsia di transito per motivi viabilistici

Scenari associati	<ul style="list-style-type: none">S2.1 “Modalità mono-tratto”: è riferita alla misura più semplice che prevede di ridurre il limite di velocità ad un certo valore in un tratto ben definito. Il valore del limite di velocità può scendere o salire ulteriormente ad intervalli successivi ed eventualmente essere applicato ad una sezione diversa da quella precedente, ma sempre unica.S2.2 “Modalità multi-tratto”: è riferita ad una misura più complessa che prevede la possibilità di applicare due o più limiti di velocità diversi in due o più tratti contigui tra loro. E' uno scenario che si può manifestare temporalmente a valle dello scenario precedente.S2.3 “Apertura temporanea della corsia di emergenza come corsia di transito”: si riferisce all'apertura temporanea della corsia di emergenza come corsia di transito nel tratto autostradale predisposto, da gestire in modo stringente in funzione di quanto previsto dall'ordinanza esistente. Si ricorda che questa misura prevede a regime l'abbassamento del limite di velocità a 80 km/h.
Dipendenze con altri casi d'uso	Gli scenari S2.1 e S2.2 sono inibiti nel caso in cui si stia attuando lo scenario S2.3 sullo stesso tratto di competenza. Gli scenari S2.1 e S2.2 possono invece concatenarsi con lo scenario S2.3 su tratti successivi differenti. In una prospettiva di replicazione di questa misura su tutto il tratto autostradale, il caso d'uso risulta anche inibito dal verificarsi di alcuni scenari del caso d'uso 3 (S3.2 “Cantiere stradale” - cantiere in sede autostradale e S3.3 “Evento di traffico nei tratti autostradali cittadini”), conseguentemente a quanto indicato nei vincoli.
Possibili sinergie con applicazioni cooperative	<ul style="list-style-type: none">IVS: In-Vehicle Signage.IVSL: In-Vehicle Speed Limits.SSV: Slow or Stationary VehicleTJW: Traffic Jam Ahead Warning (tutte verranno testate su A22 nell'ambito del progetto C-ROADS Italy)

Tabella 10: Caso d'uso 2 (riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici).

2.2.3 Politiche integrate di gestione del traffico

Gestione integrata del traffico autostradale, cittadino ed extra-urbano	
Descrizione (1)	Grazie ad una catena modellistica basata su modelli previsionali di traffico (basati essenzialmente sullo <u>storico</u> di giornate analoghe) e di calcolo delle emissioni è disponibile in automatico una previsione delle condizioni di traffico e relativo impatto emissivo per il giorno successivo, valutata non solo nei tratti autostradali “cittadini” ma anche nei principali corridoi di attraversamento stradali urbani ed extra-urbano relativi alle città di Bolzano, Trento e Rovereto. Tale previsione, valutata ad es. con risoluzione oraria, viene calcolata periodicamente ogni giorno, e resa disponibile indicativamente verso le ore 12 (mezzogiorno). La previsione è accompagnata da una raccomandazione del tipo di politica da adottare , in funzione di piani di gestione integrata del traffico predefiniti in accordo tra i diversi gestori stradali, come ad es. l’obbligo di transito dei mezzi pesanti / più inquinanti attraverso specifici corridoi di attraversamento. Questo tipo di



Gestione integrata del traffico autostradale, cittadino ed extra-urbano

	raccomandazioni viene elaborato automaticamente in funzione di obiettivi "target" giornalieri di traffico / emissioni (es. massimizzazione della capacità dell'arteria con minimizzazione delle emissioni prodotte).
Descrizione (2)	Tutti questi output prodotti dalla catena modellistica vengono resi disponibili attraverso un opportuno sistema di supporto alle decisioni (DSS) . La raccomandazione sul provvedimento suggerito viene dunque notificata al responsabile ed all'assistente del CAU A22 attraverso questo tool informativo, corredata di tutti i dettagli necessari (piano di gestione integrata del traffico suggerito, durata dell'attivazione, tipologie di mezzi coinvolti, ecc.).
Descrizione (3)	La catena modellistica è alimentata e calibrata in continuo grazie ad un sistema integrato di monitoraggio delle condizioni correnti di traffico e parcheggio , che possono confermare o modificare le indicazioni fornite dal sistema previsionale. Ad esempio, a causa di volumi di traffico superiori alle attese o di livello di occupazione delle aree di parcheggio più elevato del previsto può emergere l'esigenza di attivare le politiche suggerite prima del previsto, o modificare il contenuto della politica stessa (es. piano esteso ad altre categorie di mezzi). Questo strumento di supporto in tempo reale è caratterizzato da una risoluzione temporale elevata (es. 5 minuti) ed è eventualmente arricchito da un sistema di previsione sul breve periodo (ad es. con orizzonte rispetto l'ora successiva), secondo quanto già in uso presso il CAU. L'attivazione del piano, basato tipicamente sull'esposizione congiunta e contemporanea di specifici messaggi sulle diverse reti di PMV avviene in modo coordinato dai diversi assistenti di centrale, in funzione di protocolli d'intervento e procedure che verranno via via definiti. In una fase successiva di sviluppo, è ipotizzabile una maggiore automatizzazione di questo processo, che però dovrà in ogni caso prevedere una supervisione manuale da parte dei diversi TMC. Nel momento in cui la messaggistica è esposta, la componente "TIC" del CAU così come gli altri TIC territoriali (Centrale Viabilità Provinciale Alto Adige, Viaggiare in Trentino) distribuisce l'informazione a tutti i canali informativi collegati. In futuro l'attivazione dei limiti sui pannelli a messaggio variabile potrebbe essere accoppiata con un'azione di aggiornamento del sistema remoto che gestisce le unità di bordo strada ("Road Side Units - RSU"). In questo modo tali unità, dialogando con i veicoli attraverso i protocolli di comunicazione veicolo-infrastruttura (V2I), possono trasmettere l'informazione relativa ai piani di gestione integrata del traffico direttamente a bordo veicolo. Grazie a questo continuo sistema di verifica, può essere fornito all'assistente di centrale del CAU A22 tramite lo stesso DSS un aggiornamento continuo del provvedimento precedentemente suggerito (es. estensione della tipologie di mezzi coinvolti dal piano).



Gestione integrata del traffico autostradale, cittadino ed extra-urbano

Attori coinvolti	<ul style="list-style-type: none">• Assistenti di centrale (CAU A22, altri TCC) ricevono la notifica dal sistema di supporto alle decisioni e concordano le misure di gestione integrata del traffico.• Operatori di centrale (CAU A22, altri TCC): implementano le misure definite dagli assistenti.• Operatori di centrale (CAU A22, altri TIC): aggiornano i canali informativi gestiti;• Automobilista su veicolo non connesso: visualizza le indicazioni dinamiche esposte attraverso i PMV;• Automobilista su veicolo “parzialmente” connesso: visualizza lle indicazioni correnti attraverso i canali di bordo di generazione corrente: radio, navigatore o altro.• Automobilista su veicolo “completamente” connesso: visualizza la indicazioni correnti attraverso i canali di bordo di generazione futura: interfaccia di bordo per applicazioni cooperative.
Vincoli	<ul style="list-style-type: none">• L'attivazione delle misure suggerite è possibile solo in assenza di altri eventi concomitanti nell'area d'interesse che stanno inficiando i normali livelli di sicurezza (es. presenza di un incidente, veicolo in avaria che sta causando rallentamenti, carico disperso sulla carreggiata, ecc.). Queste situazioni in generale sono molto più numerose degli scenari descritti in seguito e vanno valutate caso per caso dall'operatore TCC di turno. La possibilità di attivare la misura suggerita potrà essere rivalutata in corrispondenza del ciclo successivo di valutazioni automatiche effettuate dalla catena modellistica. Appropriata documentazione di queste situazioni deve comunque essere predisposta per giustificare la decisione di non attivare la misura suggerita.• La rimozione di una misura in vigore deve essere immediatamente attuata nel caso in cui subentrino altri eventi concomitanti che causano velocità ridotta sul tratto d'interesse o che vanno ad interferire con i normali livelli di sicurezza (forti rallentamenti, presenza di incidenti ecc.).• Va previsto, per motivi di sicurezza, un intervallo minimo di attivazione della misura.• Il corretto funzionamento del sistema è vincolato dalla disponibilità di data set di traffico completi ed affidabili relativi alle condizioni osservate sia in passato che in tempo reale.



Gestione integrata del traffico autostradale, cittadino ed extra-urbano

Scenari associati

- La catena modellistica è in grado anche di gestire eventi di carattere temporaneo come **manifestazioni cittadine** o **cantieri stradali**, ai quali possono essere associati **piani temporanei di gestione integrata del traffico**. In questo caso la previsione automatica è “dominata” dalle misure definite per la gestione di questi eventi.
- Il sistema integrato è in grado anche di gestire perturbazioni in tempo reale alla viabilità come **code o incidenti**, sia in ambito autostradale che nella rete urbana / extra-urbana di riferimento, limitatamente alla viabilità di attraversamento delle città. In questo caso il piano di gestione integrata del traffico è sospeso e la **messaggistica sui PMV** utilizzata ai fini della sicurezza stradale per **segnalare l'evento traffico**. Gli operatori di centrale possono poi decidere se è opportuno o meno ripristinare la politica associata al piano di gestione integrata del traffico una volta che l'evento si è concluso.
- Gli scenari associati a questo caso d'uso, che possono essere concomitanti possono essere così riassunti:
 - **S3.1 “Manifestazione cittadina”**: in questo caso la misura di gestione integrata del traffico riguarda l'informazione all'utenza delle limitazioni temporanee alla circolazione definite dall'autorità cittadine.
 - **S3.2 “Cantiere stradale”**: in questo caso la misura di gestione integrata del traffico è vincolata a questo evento, che può manifestarsi in ambito autostradale, urbano ed extra-urbano. Grazie a specifiche procedure d'interazione preventive tra tutte le autorità territoriali di riferimento, i cantieri verranno calendarizzati in modo da minimizzare i disagi alla normale circolazione veicolare.
 - **S3.3 “Evento di traffico nei tratti autostradali cittadini”**: è il caso in cui una coda od un incidente avvenga in uno dei tratti autostradali “cittadini” (Bolzano Nord – Bolzano Sud, Trento Nord – Trento Sud, Rovereto Nord – Rovereto Sud) o eventualmente in una delle tratte attigue. In questo caso eventuali indicazioni informative fornite agli automobilisti relative a piani integrati di viabilità vengono sovrascritte con la segnalazione dell'evento in atto, secondo piani di esposizione della messaggistica predefiniti dai vari centri di controllo del traffico.
 - **S3.4 “Evento di traffico urbano”**: è il caso in cui una coda od un incidente avvenga in ambito cittadino, con ripercussioni sulla viabilità di attraversamento della città. In questo caso eventuali indicazioni informative fornite agli automobilisti relative a piani integrati di viabilità vengono sovrascritte con la segnalazione dell'evento in atto, secondo piani di esposizione della messaggistica predefiniti dai vari centri di controllo del traffico.
 - **S3.4 “Evento di traffico extra-urbano”**: è il caso in cui una coda od un incidente avvenga in ambito inter-urbano, con ripercussioni sulla viabilità di attraversamento della città. In questo caso eventuali indicazioni informative fornite agli automobilisti relative a piani integrati di viabilità vengono sovrascritte con la segnalazione dell'evento in atto, secondo piani di esposizione della messaggistica predefiniti dai vari centri di controllo del traffico.

Gestione integrata del traffico autostradale, cittadino ed extra-urbano

Dipendenze con altri casi d'uso	In una prospettiva di replicazione delle misure di cui ai casi d'uso 1 e 2, le misure relative a questo caso d'uso avranno in generale priorità. Il normale svolgimento del caso d'uso è influenzato dal verificarsi dei diversi scenari elencati. In caso di eventi di traffico concomitanti, l'evento che ha priorità su tutti gli altri scenari è quello che si riferisce alla rete stradale in cui esso avviene: in altre parole, ha priorità lo scenario S3.3 in autostrada, lo scenario S3.4 in ambito urbano, lo scenario S3.5 in ambito interurbano (si torna cioè alla normale gestione indipendente degli eventi traffico che avviene già oggi).
Possibili sinergie con applicazioni cooperative	<ul style="list-style-type: none"> • Pinfo: Off street parking information. • Pride: Park & Ride information. • SmartR: Traffic information & Smart routing <p>(queste applicazioni <u>NON</u> verranno testate nell'ambito del progetto C-ROADS Italy)</p>

Tabella 11: Caso d'uso 4 (evento di traffico autostradale).

2.2.4 Applicazioni cooperative / autonome d'interesse

A completamento dei casi d'uso di riferimento per il progetto BrennerLEC, si forniscono di seguito alcuni dettagli delle già citate applicazioni di mobilità “cooperativa” (ed autonoma) che potranno essere sperimentate in funzione delle politiche dinamiche di gestione del traffico proposte. Le applicazioni si distinguono per:

- **priorità di roll-out:** in particolare, le applicazioni inserite nella lista “Day 1” definite dalla Commissione Europea sono considerate prioritarie a quelle inserite nella lista “Day 1.5”.
- **modalità di trasmissione delle informazioni:** per gli scopi di progetto è distinta la modalità V2V dalla modalità V2I (Figura 15).



Figura 15: Modalità V2V (a sinistra) e V2I (a destra) a confronto.

- **Tecnologia di comunicazione:** tipicamente attraverso rete cellulare o utilizzando la nuova tecnologia ITS-G5, un'evoluzione del protocollo 802.11 (Wi-Fi) [8].



Applicazioni di mobilità cooperativa d'interesse

Applicazione	Descrizione	Priorità	Modalità	Tecnologia
Stationary Slow Vehicle (SSL)	Un veicolo fornisce ai veicoli che seguono una notifica riguardante un veicolo nelle vicinanze che è fermo o che sta procedendo a velocità molto ridotta.	Day 1	V2V	ITS-G5
Traffic Jam Ahead Warning (TJAW)	Un veicolo in fondo ad una coda invia una notifica ai veicoli in avvicinamento dell'imminente rallentamento in fronte a loro.	Day 1	V2V	ITS-G5
Road Works Warning (RWW)	I veicoli in avvicinamento ricevono informazioni precise dal gestore stradale relative alla presenza di lavori in corso o cantieri stradali.	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
In-Vehicle Signage (IVS)	I veicoli ricevono informazioni a bordo in relazione a cartelli stradali "significativi" che incontrano sul loro percorso.	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
In-Vehicle Speed Limits (IVSL)	I veicoli ricevono informazioni a bordo in relazione ai limiti di velocità vigenti.	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
Probe Vehicle Data (PVD)	I veicoli forniscono al gestore stradale dati rilevanti ai fini della gestione del traffico.	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
Offstreet parking information (Pinfo)	I veicoli ricevono a bordo informazioni in tempo reale in merito alla disponibilità di parcheggio nelle aree di sosta "off-road".	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
Park & Ride information (Pride)	I veicoli ricevono a bordo informazioni in tempo reale in merito alla disponibilità di parcheggio nelle aree di sosta di "park & ride" ed ai servizi di trasporto pubblico direttamente accessibile dalla struttura	Day 1	V2I	ITS-G5 / cellulare
Traffic information & Smart routing (SmartR)	I veicoli ricevono a bordo informazioni in tempo reale sul traffico ed indicazioni sul percorso da seguire per raggiungere una certa destinazione.	Day 1	V2I / V2V	ITS-G5 / cellulare

Tabella 12: Lista di applicazioni di mobilità cooperativa "Day 1" e "Day 1.5" con potenziale applicazione nel progetto.

Lo scenario raffigurato in Figura 16 mette in evidenza il possibile utilizzo futuro di questi servizi "cooperativi" per la gestione di alcuni dei casi d'uso d'interesse nel progetto.

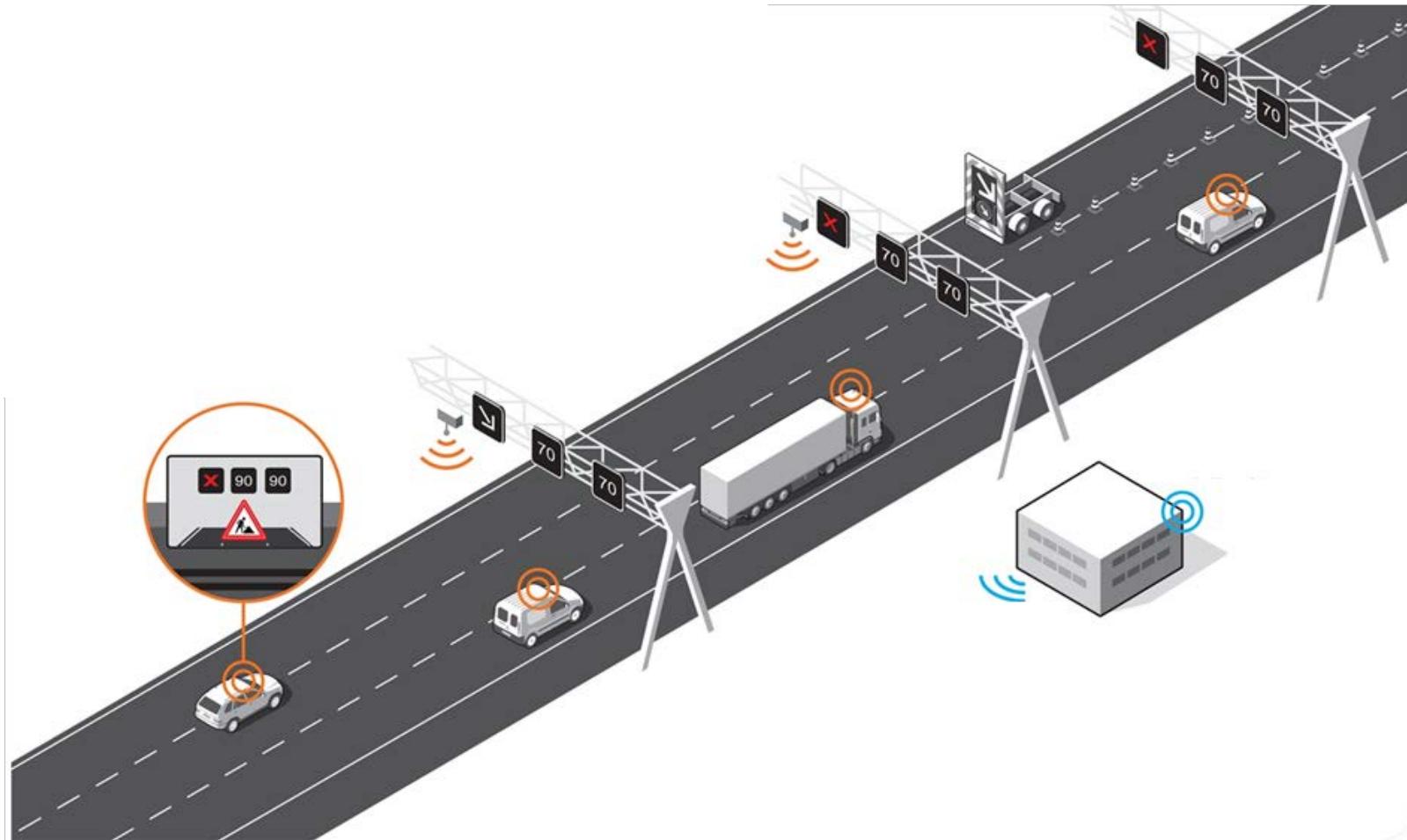


Figura 16: Esempio di scenario cooperativo applicato alle politiche di riduzione dinamica dei limiti di velocità e di gestione dinamica della capacità autostradale (Fonte: Progetto C-ROADS).

D.A1.1 – Resoconto sulle attività di preparazione tecnico / amministrativo



Applicazioni di mobilità autonoma d'interesse	
Truck Platooning	Applicazione declinata principalmente per i mezzi pesanti che prevede la formazione di convogli ("platoon") di mezzi pesanti, di cui soltanto il primo è guidato, mentre gli altri mezzi del convoglio sono guidati in modo automatico in funzione del comportamento della "locomotiva".
Highway Chaffeur	Applicazione che consente una guida autonoma ma supervisionata del veicolo limitatamente ad un contesto autostradale. Il mezzo è in grado di mantenere la propria corsia di marcia o di cambiarla, in caso di necessità, rispettando i limiti di velocità vigenti e le distanze di sicurezza dagli altri veicoli.

Tabella 13: *Lista di applicazioni di mobilità autonoma di interesse.*



Figura 17: *Esempio di applicazione di truck platooning.*

2.2.5 Canali innovativi d'interazione con l'utente

In futuro, è possibile anche prevedere lo sviluppo di un'ecosistema di diverse applicazioni a disposizione dell'utente finale, sia nella forma tradizionale di "apps" per dispositivi mobili o semplici siti web responsive, sia anche nella forma di nuove interfacce di interazione uomo-macchina, abilitate dal rapido progresso delle tecnologie intelligenza artificiale. Queste applicazioni saranno capaci di fornire dove serve e quando serve, e con un livello di usabilità e di comfort sempre maggiori, informazioni e raccomandazioni in tempo reale ai viaggiatori, utili per una corretta ed efficiente gestione dei propri spostamenti. Tali applicazioni avranno il comune denominatore di essere alimentate dal sistema BrennerLEC, utilizzando interfacce standard ed interoperabili in grado di mettere a disposizione di terzi tutto questo patrimonio informativo.

Un esempio di applicazione è quella di un app "**audio-guida**", in grado di accompagnare le persone presenti a bordo durante la loro esperienza di viaggio lungo l'autostrada, informandole in modalità audio non solo di eventi di traffico o di misure dinamiche presenti (es. riduzione del limite di velocità), ma anche di punti d'interesse turistici che potrebbero essere particolarmente graditi per la forte componente di utenza occasionale che utilizza l'A22 (Figura 18). L'app potrebbe inoltre monitorare il pattern di guida e premiare quegli utenti che dimostrano in maniera quantitativa di aver rispettato le politiche di controllo del traffico.



Figura 18: Esempio di "app audio-guida" ad incentivazione di spostamenti veicolari sostenibili sull'autostrada.



3 Architettura e requisiti di sistema

La realizzazione degli ambiziosi scenari descritti nel capitolo precedente è possibile attraverso la messa in campo di una complessa **architettura informatica**. Obiettivo di questo capitolo è quello di illustrarne le specifiche progettuali, che sono propedeutiche alle attività di preparazione descritte nel capitolo successivo e più in generale alle attività di implementazione previste all'interno delle Azioni B1-B2.

3.1 Architettura ad alto livello

L'architettura informatica su cui le complesse logiche del progetto BrennerLEC sono da svilupparsi è basata sull'eredità e l'esperienza accumulata dal beneficiario associato IDM (ed indirettamente da CISMA, in qualità di subcontractor) nell'ambito del progetto LIFE "INTEGREEN" conclusosi nel 2015. Tale architettura è logicamente separata in quattro livelli, come graficamente illustrato in Figura 19:

- il **"Monitoring Layer"**, che ha il compito di acquisire i dati da sorgenti informative esterne;
- il **"Big Data Layer"**, che ha il duplice compito di storicizzare i dati (creando un data warehouse) e rendere immediatamente disponibili quelli più recenti (i dati in tempo reale);
- l' **"Elaboration Layer"**, che si occupa di trasformare i dati grezzi o già pre-elaborati in altri dati processati od altre informazioni a valore aggiunto, che vengono anch'essi immagazzinati nella banca dati;
- l' **"Advanced Traveller Information Systems Layer"**, che si occupa di mettere a disposizione di applicativi per l'utente finale i dati e le informazioni da visualizzare, in funzione delle particolari esigenze applicative.

L'architettura è stata sviluppata utilizzando unicamente componenti free and open source: principalmente una banca dati basata su **PostgreSQL** e **PostGIS**, ed una serie di applicativi scritti in **Java** per lo svolgimento dei vari task sopra riassunti, eseguiti in automatico su più istanze dell'application server **Tomcat**. Per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione tecnica disponibile sul sito <http://www.integreen-life.bz.it>

Nei prossimi paragrafi viene illustrato come nello specifico quest'architettura dovrà essere estesa ed arricchita in modo da rispondere efficacemente alle esigenze del progetto BrennerLEC.

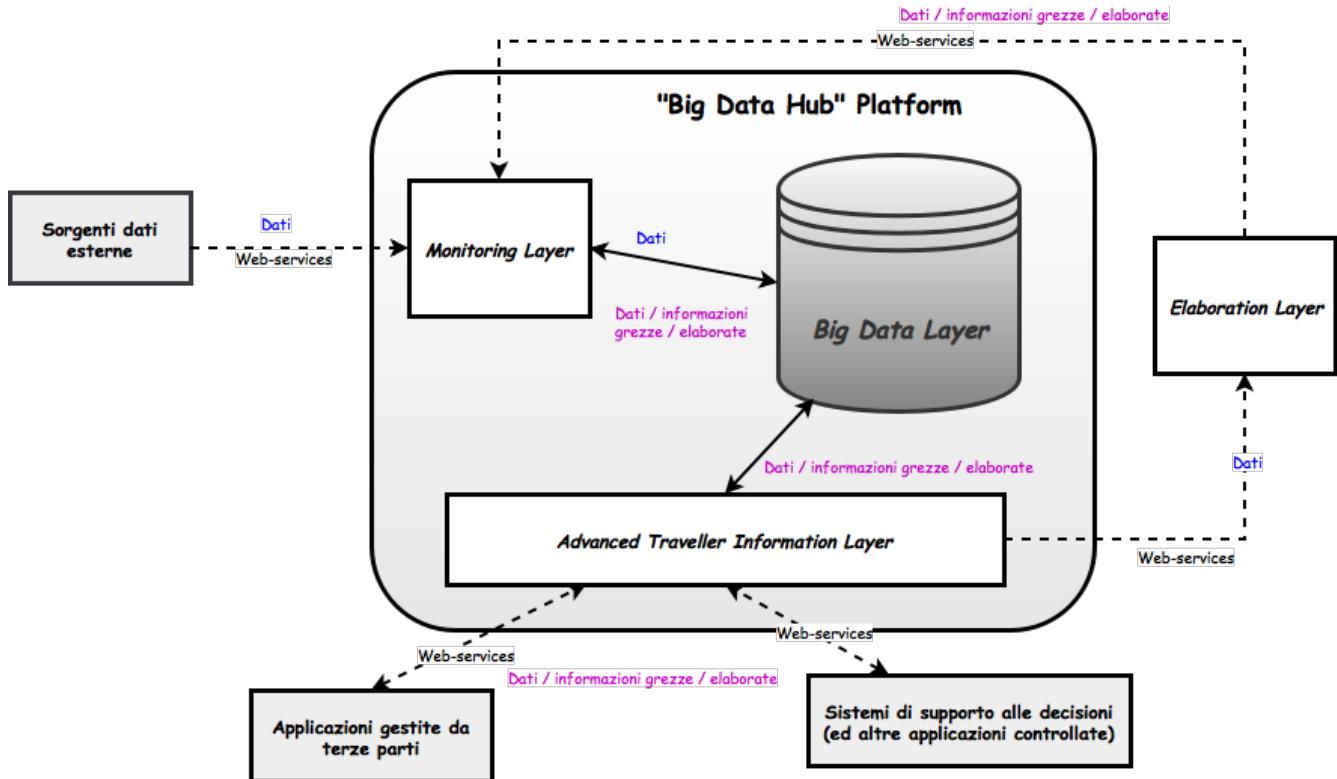


Figura 19: Architettura ad alto livello alla base del sistema BrennerLEC.

3.1.1 Acquisizione dati da sorgenti esterne

Per quanto riguarda l'acquisizione di dati da sorgenti esterne, sono da distinguere tutti quei dati di carattere "ambientale", che caratterizzano le condizioni al contorno dei fenomeni di traffico d'interesse, e i dati più prettamente di "traffico", che invece lo descrivono in modo specifico.

Le Figure 20 e 21 mostrano rispettivamente tutte le sorgenti dati che verranno integrate nel sistema, e che possono essere riassunte come segue:

- dati **A22**, in particolare:
 - dati di **traffico** raccolti dalle spire induttive d'interesse;
 - informazioni sui **tempi di percorrenza** calcolate in funzione di un sistema di scansione del transito delle boe Telepass;
 - messaggi esposti sui **PMV**;
 - dati **road weather** raccolti da stazioni di monitoraggio fisse nel tratto d'interesse;



- dati del **Comune di Bolzano**, in particolare:
 - dati di **traffico** raccolti dalle spire induttive d'interesse;
 - dati acquisiti dai **sensori innovativi di qualità dell'aria** ed altri dati **meteo**;
 - messaggi esposti sui **PMV**;
 - dati di occupazione delle aree di **parcheggio**;
- dati dei **Comuni di Trento e Rovereto**, in particolare:
 - dati di occupazione delle aree di **parcheggio**;
- dati grezzi di un sistema sperimentale messo in campo da IDM e CISMA per la scansione in ambito urbano / extraurbano dei dispositivi **Bluetooth**, utili per il calcolo automatico dei tempi di percorrenza;
- dati di **qualità dell'aria** delle stazioni di riferimento gestite da **APPABZ** e **APPATN** e della rete di sensori innovativi gestita da **A22**;
- dati del **profilatore verticale di temperatura** gestito da APPABZ;
- dati **meteo** acquisiti dalla rete di rilevamento meteorologico gestita dalle **Province Autonome di Trento e Bolzano**;

In caso di necessità ed in prospettiva di exploitation delle politiche sperimentali di progetto, verrà valutato in una fase più matura del progetto un interfacciamento con i sistemi di **ASFINAG** (gestore stradale austriaco), che potrà eventualmente avvenire attraverso un potenzialmente del collegamento con i sistemi di A22, già connesso con essi.

Per lo sviluppo delle politiche integrate di gestione del traffico più ambiziose, è necessaria un'**integrazione in tempo reale dei dati di traffico dell'intera rete urbana ed extra-urbana d'interesse**. Ad oggi tuttavia la maggior parte delle spire presenti non funzionano in tempo reale, dal momento che vengono utilizzate a fini puramente statistici. L'unica realtà per cui invece questa condizione è soddisfatta è la città di **Bolzano**, che dispone di una propria rete di sensori traffico costituita da un mix di stazioni specifiche di monitoraggio ed un insieme di apparati semaforici "intelligenti" dotati della possibilità di raccogliere ed esporre in forma aggregata gli attraversamenti veicolari rilevate in corrispondenza delle intersezioni semaforiche gestite. Se durante il progetto non sarà possibile effettuare un upgrade di questa rete, questo tipo di politiche "avanzate" verrà dunque testato solamente a Bolzano. E' tuttavia da sottolineare la possibilità di utilizzare come sorgente dati alternativa i rilevamenti Bluetooth. Questo tipo di valutazione verrà effettuata nel corso del progetto sulla base dei dati raccolti e di indagini specifiche di correlazione che verranno condotte.

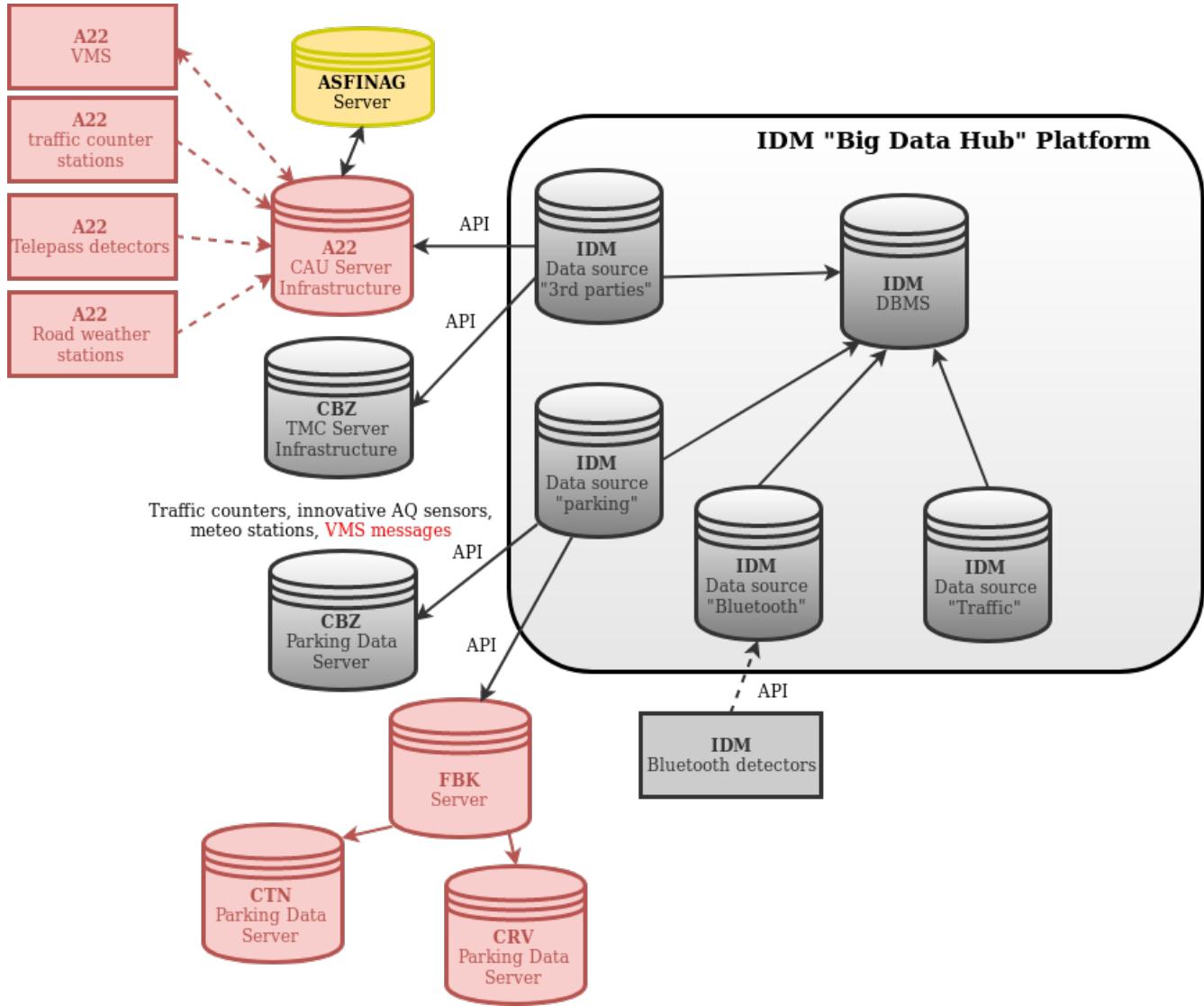


Figura 20: Dettaglio delle sorgenti esterne "traffico" rilevanti per il progetto BrennerLEC (in rosso le componenti da sviluppare / integrare, in giallo le componenti da valutare, in grigio le componenti già esistenti / sviluppati).

La catena di elaborazione / previsione meteorologica è arricchita anche dai dati di un'ulteriore rete di stazioni meteorologiche, gestite dalla **Fondazione Edmund Mach (FEM)** di S.Michele. Per motivi di licenziamento dei dati, essi verranno integrati dove possibile direttamente all'interno della catena modellistica e non all'interno della piattaforma, secondo la logica precedentemente illustrata.

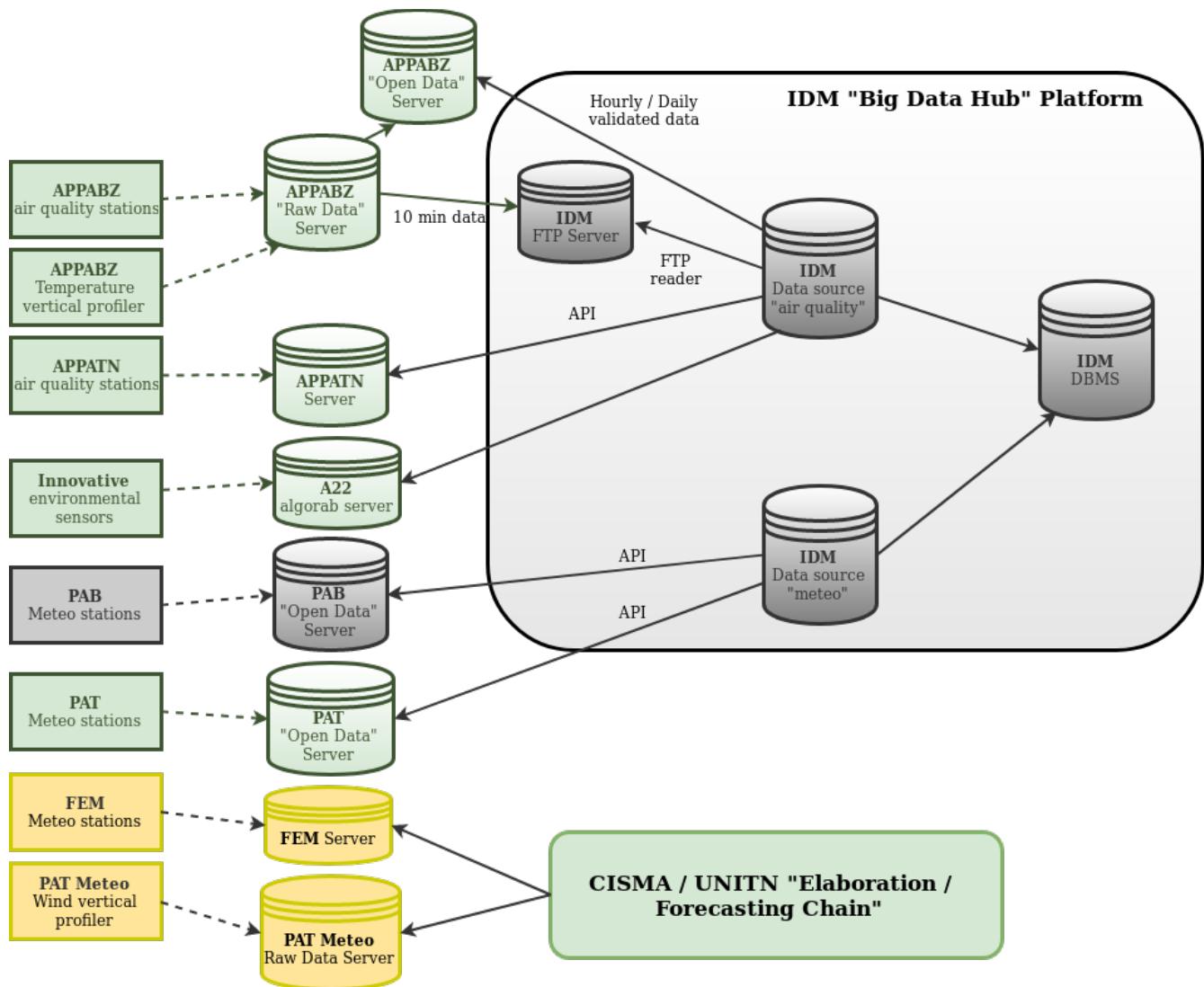


Figura 21: Dettaglio delle sorgenti esterne “ambientali” rilevanti per il progetto BrennerLEC (in verde le componenti da sviluppare / integrare, in giallo le componenti da valutare, in grigio le componenti già esistenti / sviluppate).

In teoria, sarebbe disponibile anche un **profilatore verticale di vento**, gestito dal servizio Meteo Trentino della Provincia Autonoma di Trento. I dati di questo strumento sarebbero utili per migliorare ulteriormente la calibrazione della catena modellistica; tuttavia ad oggi lo strumento risulta offline a causa di guasti tecnici. Nel caso in cui lo strumento tornasse ad essere funzionante, si valuterà la possibilità di integrare questi dati o attraverso la modalità standard (integrazione nella piattaforma) o nella modalità di connessione diretta con le componenti di riferimento della catena modellistica.

E' bene infine sottolineare come questo elenco rappresenti un sottoinsieme dell'elenco dei sistemi di monitoraggio utilizzati nell'Azione C1, dal momento che non tutti tali sistemi sono strettamente necessari per il comportamento real-time atteso dal sistema. In caso di necessità, tuttavia, si potrà valutare in corso d'opera di estendere questo set iniziale di dati. Tutte i dettagli tecnici relativi alle modalità di integrazione dei dati sono presentati in Capitolo 4.

3.1.2 Catena modellistica

I dati integrati nella piattaforma hanno principalmente lo scopo di alimentare una serie di modelli diagnostici e prognostici che hanno il compito di fornire agli addetti ai lavori delle raccomandazioni sull'eventuale messa in funzione di diverse politiche di gestione e controllo del traffico finalizzate alla riduzione del relativo impatto ambientale. La catena di modellazione progettata è modulare e può funzionare sia in modalità:

- **diagnostica:** una certa raccomandazione di azione viene notificata nel momento in cui si è verificato un certo evento (es. superamento di certe soglie di allarme);
- **prognostica:** una certa raccomandazione di azione viene notificata nel momento in cui si viene previsto il verificarsi di un certo evento.

Da un punto di vista logico il funzionamento della catena modellistica è presentato in Figura 22.

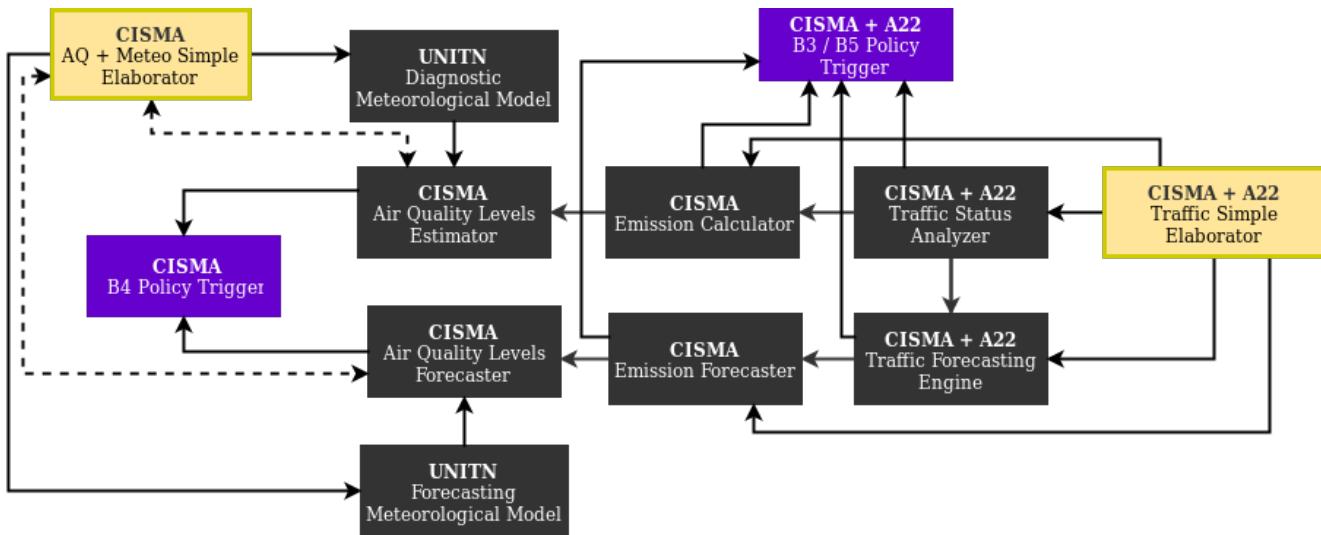


Figura 22: Architettura logica ad alto livello della catena modellistica (in giallo i passi di pre-processing, in nero i passi di elaborazione, in viola i passi di post-processing).

Fondamentalmente, possono essere evidenziati i seguenti passi di elaborazione:



- calcolo delle **condizioni di traffico**;
- stima delle **emissioni veicolari**;
- calcolo delle **condizioni meteorologiche**;
- calcolo della **dispersione degli inquinanti**.

Questi passi sono completati da uno step di **pre-processing**, finalizzato a validare, armonizzare e preparare i dati da fornire in input, e da uno step di **post-processing**, in grado di interpretare automaticamente gli output del sistema e generare, in caso dei necessit , dei trigger. Il sistema prevede per la parte di qualit  dell'aria un meccanismo di calibrazione, basato sulle misure empiriche fornite dal sistema di monitoraggio.

3.1.3 Interfacciamento con applicativi utente

L'interfacciamento con gli applicativi per l'utente finale avviene, come gi  anticipato, con dei meccanismi di scambio automatico dei dati e delle informazioni che s'intende distribuire attraverso i canali di informazione all'utenza. In Figura 23 sono messi in evidenza le tipologie di dati che in generale si prevede di mettere a disposizione per questo tipo di scopo:

- dati e/o elaborazioni di **qualit  dell'aria**;
- dati e/o elaborazioni delle **condizioni meteorologiche**;
- dati e/o elaborazioni della disponibilit  di **parcheggio**;
- dati e/o elaborazioni relative al monitoraggio **Bluetooth**;
- elaborazioni relative ai **tempi di percorrenza**;
- dati e/o elaborazioni delle condizioni di **traffico**.

Il set minimo di applicativi messi a disposizione di utenti della strada e/o addetti ai lavori   il seguente:

- **sistema di supporto alle decisioni**;
- applicativo di visualizzazione dei **tempi di percorrenza** su A22 e strade extra-urbane alternative, che sar  disponibile sul sito di progetto.

E' da attendersi tuttavia che la messa a disposizione di questi dati possa contribuire allo sviluppo di un ecosistema di applicazioni in grado di veicolare questo tipo di informazioni ai diversi gruppi target. Questo potr  avvenire attraverso un processo di integrazione degli applicativi presenti sul territorio (partendo dagli applicativi sperimentali del **Comune di Bolzano**, l'applicativo "**Viaggia Trento e Rovereto Play & Go**" dei Comuni di Trento e Rovereto realizzato da FBK, fino ad arrivare ai portali istituzionali per la

distribuzione di informazioni sul traffico in tempo reale), oppure attraverso lo sviluppo di nuove applicazioni (come ad es. l'app audio-guida, che potrà essere sviluppata in termini di funzionalità nella nuova versione dell'app di A22).

Si osservi come da un punto di vista architettonurale tutti gli applicativi esterni, compresa la catena modellistica, siano tenuti ad utilizzare questo layer di “*dispatching*” dei dati per la richiesta dei dati immagazzinati nella banca dati. In altre parole, non sono previsti interfacciamenti specifici e prioritari per alcuni applicativi a discapito di altri. Lo stesso approccio viene utilizzato anche in fase di acquisizione dati, che si occupa non solo di gestire l’immagazzinamento dei dati grezzi ma anche delle elaborazioni processate che risulta opportuno salvare all’interno della piattaforma.

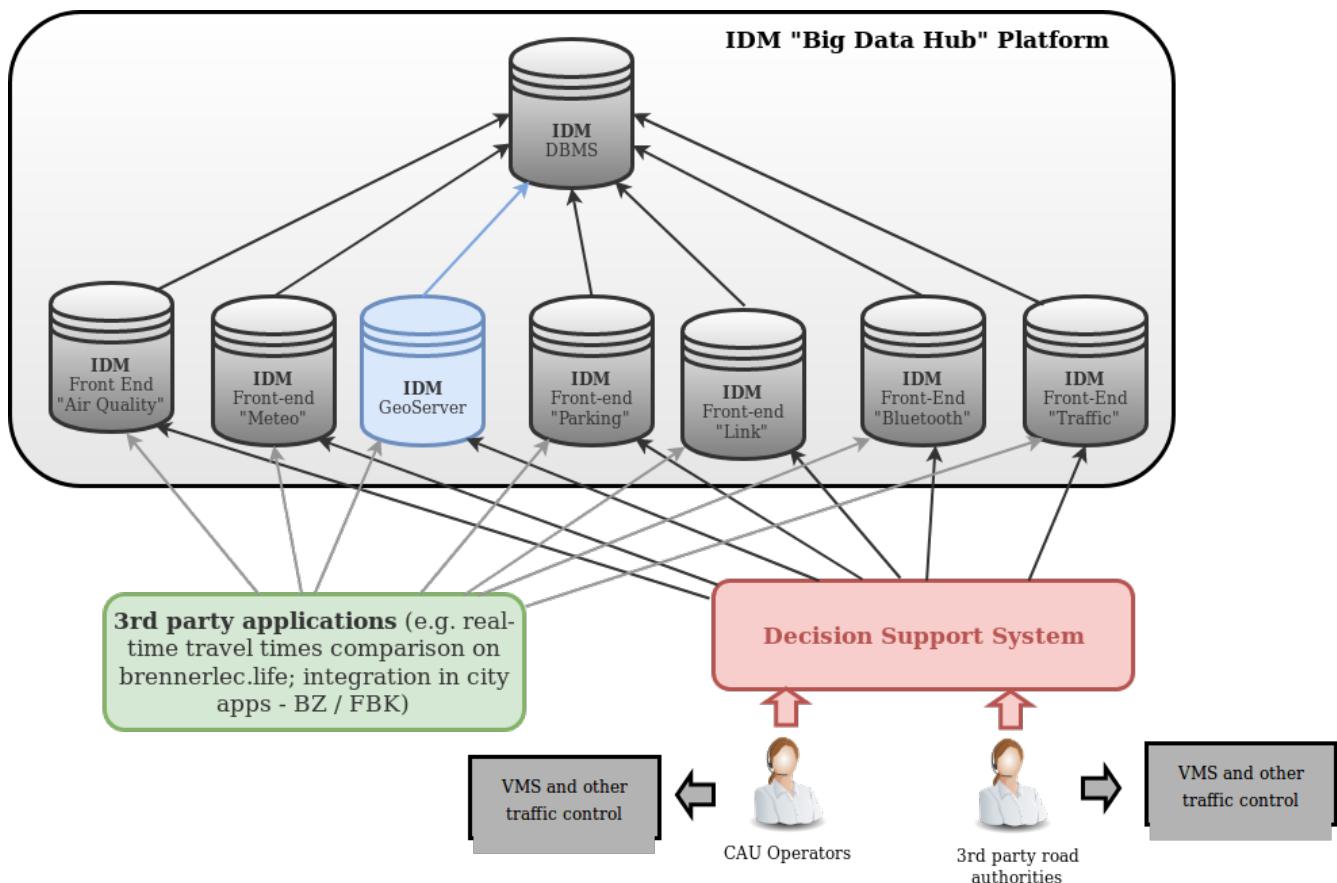


Figura 23: Modalità di distribuzione dei dati agli applicativi utente.

3.2 Requisiti di sistema

Nell’ambito del progetto LIFE INTEGREEN era stato già effettuato un lavoro minuzioso di definizione dei requisiti funzionali e non-funzionali del sistema, soprattutto per quello che



riguarda il suo “cuore” più interno (database ed applicativi di lettura / scrittura dei dati nella banca dati) [9]. Il focus di questa sezione è quindi rivolto alla caratterizzazione delle parti di sistema che ne rappresentano un’evoluzione e che sono strettamente legate alle esigenze del progetto, ossia:

- la **catena modellistica**;
- il set minimo di **applicativi per l’utente finale**.

Come già anticipato in precedenza, tutti i dettagli delle interfacce per l’acquisizione automatica dei dati forniti dalle varie sorgenti dati sono invece illustrati nel capitolo successivo.

La caratterizzazione di ogni requisito viene effettuata usando tecniche standard presenti allo stato dell’arte. In particolare, ogni requisito è descritto con una tabella, secondo quanto illustrato in Tabella 14, e classificato in funzione del suo tipo e della priorità associata.

Sottosistema - Componente di riferimento - Nome requisito	
ID	[Acronimo componente]-[identificativo numerico]
Nome	Nome comprensibile
Descrizione	Breve descrizione che illustra a parola il requisito
Motivazione	Giustificazione della presenza del requisito
Tipo	F (funzionale); NF (non funzionale), I (interfaccia), P (prestazionale)
Priorità	M (must); S (should); C (could); W (won’t have)

Tabella 14: Esempio di caratterizzazione di un requisito di sistema.

3.2.1 Requisiti della catena modellistica

L’elenco dei requisiti relativi alla catena modellistica, dettagliati per singolo componente, è riportato in Tabella 15. Il dettaglio di ogni singolo requisito è illustrato nelle tabelle successive.

Elenco Requisiti - catena modellistica (<i>Modelling Chain - MC</i>)				
Traffic Simple Elaborator (TSE)	MC-TSE-001	Validatore Dati Traffico	F	M
	MC-TSE-002	Tipo di Veicolo	F	M
	MC-TSE-003	Logica di Classificazione Tipo Veicolo	NF	M
	MC-TSE-004	Calcolo di Ulteriori Parametri	F	M
	MC-TSE-005	Aggregazioni temporali	F	M
	MC-TSE-006	Aggregazioni temporali (opzionali)	F	S



Elenco Requisiti - catena modellistica (Modelling Chain - MC)					
	MC-TSE-007	Dipendenza Elaborazioni	NF	M	
	MC-TSE-008	Interfacciamento con altri sistemi	I	M	
AQ + Meteo Simple Elaborator (AQMSE)	MC-AQMSE-001	Validatore Dati AQ & Meteo	F	M	
	MC-AQMSE-002	Pre-processing Dati Sensori Innovativi	F	M	
	MC-AQMSE-003	Aggregazioni temporali	F	M	
	MC-AQMSE-004	Dipendenza Elaborazioni	NF	M	
	MC-AQMSE-005	Interfacciamento con altri sistemi	I	M	
Traffic Status Analyzer (TSA)	MC-TSA-001	Stato Traffico	F	M	
	MC-TSA-002	Metodo di Classificazione	NF	M	
	MC-TSA-003	Interfacciamento con altri sistemi	I	M	
Emission Calculator (EC)	MC-EC-001	Minimum Output Data Set	F	M	
	MC-EC-002	Optional Output Data Set	F	S	
	MC-EC-003	Input Data Set (real-time)	F	M	
	MC-EC-004	Input Data Set (parametri di calibrazione)	F	M	
	MC-EC-005	Mappatura classi veicolari	F	M	
	MC-EC-006	Risoluzione temporale	P	M	
	MC-EC-007	Elaborazioni statistiche	F	C	
	MC-EC-008	Interfacciamento con altri sistemi	I	M	
Diagnostic Meteorological Model (DMM)	MC-DMM-001	Input Data Set (real-time)	F	M	
	MC-DMM-002	Situazione Meteorologica Corrente	F	M	
	MC-DMM-003	Scrittura Output	F	M	
	MC-DMM-004	Elaborazione Mappe & Grafici	F	C	
Air Quality Levels Estimator (AQLE)	MC-AQLE-001	Minimum Output Data Set	F	M	
	MC-AQLE-002	Optional Output Data Set	F	S	
	MC-AQLE-003	Input Data Set (real-time)	F	M	
	MC-AQLE-004	Calibrazione del modello	F	M	
	MC-AQLE-005	Risoluzione temporale	P	M	
	MC-AQLE-006	Elaborazioni statistiche	F	C	
Traffic Forecasting Engine (TFE)	MC-TFE-001	Previsione Flussi Traffico	F	M	



Elenco Requisiti - catena modellistica (Modelling Chain - MC)				
	MC-TFE-002	Previsione Stato Traffico	F	M
	MC-TFE-003	Bollettino Traffico	F	M
	MC-TFE-004	Metodo di Calcolo del Bollettino Traffico	NF	M
	MC-TFE-005	Valutazione di scenari	F	M
	MC-TFE-006	Logiche Previsionali	NF	M
	MC-TFE-007	Input Data Set (real-time)	F	M
Emission Forecaster (EF)	MC-EF-001	Input Data Set (real-time)	F	M
	MC-EF-002	Output Data Set	F	M
	MC-EF-003	Bollettini Previsionali	F	M
Forecasting Meteorological Model (FMM)	MC-FMM-001	Input Data Set (real-time)	F	M
	MC-FMM-002	Previsioni Meteorologiche	F	M
	MC-FMM-003	Scrittura Output	F	M
	MC-FMM-004	Elaborazione Mappe & Grafici	F	C
Air Quality Levels Forecaster (AQLF)	MC-AQLF-001	Input Data Set (real-time)	F	M
	MC-AQLF-002	Output Data Set	F	M
	MC-AQLF-003	Bollettini Previsionali	F	M
B3 / B5 Policy Trigger (B35PT)	MC-B35PT-001	Raccomandazione Giorno Successivo	F	M
	MC-B35PT-002	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)	F	M
	MC-B35PT-003	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)	F	M
	MC-B35PT-004	Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico	F	M
	MC-B35PT-005	Interfacciamento con altri sistemi	I	M
B4 Policy Trigger (B4PT)	MC-B4PT-001	Raccomandazione Giorno Successivo	F	M
	MC-B4PT-002	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)	F	M
	MC-B4PT-003	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)	F	M
	MC-B3PT-004	Interfacciamento con altri sistemi	I	M

Tabella 15: Elenco dei requisiti della catena modellistica.



Traffic Simple Elaborator (TSE)

Il componente “Traffic Simple Elaborator” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che sulla base dei singoli transiti veicolari effettua delle operazioni di validazione e delle semplici elaborazioni utili per i successivi step di elaborazione.

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Validatore Dati Traffico	
ID	MC-TSE-001
Nome	Validatore Dati Traffico
Descrizione	<p>Il componente “Traffic Simple Elaborator” deve essere in grado di effettuare delle semplici operazioni di validazione da applicare a set di dati di traffico veicolare, espressi in termini di:</p> <ul style="list-style-type: none">• timestamp• direzione di marcia• velocità di percorrenza• lunghezza <p>In particolare, un record dati è da etichettare come “non valido” se si verificano una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">• uno dei campi non è valorizzato;• uno dei campi non è formattato nel modo atteso;• la direzione di marcia del veicolo coincide con il senso di marcia della corsia rispetto al quale il dato si riferisce (in altre parole, non si ipotizza la possibilità di veicoli contromano);• la velocità è inferiore rispetto ad una velocità di soglia ragionevole, settata a 225 [km/h];• la lunghezza del veicolo è superiore rispetto ad una lunghezza di soglia ragionevole, settata a 25 [m];
Motivazione	E’ uno step iniziale di analisi dati necessari per confermare l’assenza di errori / problemi nel processo di misura.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 16: Requisito MC-TSE-001 (validatore dati traffico).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Tipo di Veicolo	
ID	MC-TSE-002
Nome	Tipo di Veicolo
Descrizione	<p>Il componente “Traffic Simple Elaborator” deve essere in grado di associare ad ogni singolo traffico veicolare, espresso in termini di:</p> <ul style="list-style-type: none">• timestamp• direzione di marcia• velocità di percorrenza



Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Tipo di Veicolo

	<ul style="list-style-type: none">lunghezza <p>la relativa classe veicolare di appartenenza, in funzione di una delle seguenti macroclassi:</p> <ul style="list-style-type: none">veicoli leggeriveicoli pesantiautobus¹ <p>e classi:</p> <ul style="list-style-type: none">motocicliautovetturefurgonicamionautobusautotreni / autoarticolati
Motivazione	La classificazione del veicolo è un parametro importante per il componente Emission Calculator. Va previsto un classificatore "esterno" perché i dati di traffico sono forniti da sistemi di acquisizione diversi, con logiche di classificazione non uniformi.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 17: Requisito MC-TSE-002 (*tipo di veicolo*).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Logica di Classificazione Tipo Veicolo

ID	MC-TSE-003
Nome	Logica di Classificazione Tipo Veicolo
Descrizione	L'algoritmo utilizzato dal classificatore di cui al requisito MC-TSE-001 va basato clusterizzando il dominio velocità di percorrenza vs. lunghezza, utilizzando soglie empiriche basate su verità a terra attendibili.
Motivazione	Analisi preliminari hanno confermato il buon costo / beneficio di quest'approccio.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 18: Requisito MC-TSE-003 (*logica di classificazione tipo veicolo*).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Calcolo di ulteriori parametri

ID	MC-TSE-004
Nome	Calcolo di ulteriori parametri
Descrizione	Ogni record di dati di traffico, definito come indicato nel

1 Questa distinzione è strettamente associata ai limiti di velocità definiti dal codice della strada per le autostrade: (i) 130 km/h per i veicoli leggeri; (ii) 80 km/h per i veicoli pesanti; (iii) 100 km/h per gli autobus.



Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Calcolo di ulteriori parametri	
	requisito MC-TSE-001 deve essere arricchito con i seguenti parametri: <ul style="list-style-type: none">• spacing: definito come il prodotto tra headway e velocità del veicolo che segue.
Motivazione	Parametro necessario per la stima dello stato attuale di traffico in funzione delle relazioni fondamentali densità – velocità – flusso.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 19: Requisito MC-TSE-004 (calcolo di ulteriori parametri).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Aggregazioni Temporali	
ID	MC-TSE-005
Nome	Aggregazioni temporali
Descrizione	Oltre a validare e caratterizzare ogni singolo transito veicolare, il componente "Traffic Simple Elaborator" deve essere in grado di effettuare delle aggregazioni temporali dei dati di traffico misurati, espresse in termini di: <ul style="list-style-type: none">• numero di veicoli transitati per corsia, suddivisi per macroclassi;• numero di veicoli equivalenti per corsia, applicando per i veicoli lenti il fattore d'equivalenza 2.5;• media aritmetica, varianza, valore minimo e massimo delle velocità registrate per corsia, suddivisi per macroclassi;• gap e headway medio, minimo e massimo per corsia;• spacing medio, minimo e massimo per corsia;• densità media, calcolata come il reciproco dello spacing medio, da valutare per corsia;• flusso medio, calcolato come il reciproco dello headway medio, da valutare per corsia Questo tipo di elaborazione deve essere effettuata utilizzando finestre temporali di ampiezza differente , con un range compreso tra 5 minuti e le 24 ore. Inoltre deve essere possibile per questo componente poter effettuare queste aggregazioni utilizzando finestre mobili , ossia considerando anche la possibilità che finestre temporali diverse abbiano un periodo temporale in comune.
Motivazione	Queste elaborazioni sono funzionali a tutti i successivi step di elaborazione per la dimensione traffico e per la gestione di tutte le diverse casistiche definite nei casi d'uso. <u>Nota:</u> da fondamenti delle teorie del traffico la media aritmetica va valutata per medie nel <u>tempo</u> ; la media



Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Aggregazioni Temporali	
	armonica per medie nello <u>spazio</u> .
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 20: Requisito MC-TSE-005 (aggregazioni temporali).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Aggregazioni Temporali (opzionali)	
ID	MC-TSE-006
Nome	Aggregazioni temporali (opzionali)
Descrizione	Le elaborazioni aggregate di cui al requisito MC-TSE-005 possono essere anche optionalmente elaborate in funzione delle singoli classi veicolari di cui al requisito MC-TSE-002.
Motivazione	Questo tipo di dettaglio potrebbe fornire un quadro più ricco delle condizioni di traffico valutate.
Tipo	F
Priorità	S

Tabella 21: Requisito MC-TSE-006 (aggregazioni temporali - opzionali).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Dipendenza Elaborazioni	
ID	MC-TSE-007
Nome	Dipendenza Elaborazioni
Descrizione	Le elaborazioni di cui al requisito MC-TSE-005 (MC-TSE-006) devono essere applicate sui dati validati di cui al requisito MC-TSE-001.
Motivazione	L'aggregazione temporale dei dati deve essere effettuata prendendo in considerazione dati validati, in modo da garantire la massima consistenza e affidabilità delle successive elaborazioni che si basano su questi dati.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 22: Requisito MC-TSE-007 (dipendenze elaborazioni).

Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Interfacciamento con altri sistemi	
ID	MC-TSE-008
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Il componente "Traffic Simple Elaborator" restituisce gli output delle proprie operazioni di validazione ed elaborazione attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON.



Catena modellistica - Traffic Simple Elaborator - Interfacciamento con altri sistemi	
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l'integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo.
Tipo	I
Priorità	M

Tabella 23: Requisito MC-TSE-008 (*interfacciamento con altri sistemi*).

AQ + Meteo Simple Elaborator (AQMSE)

Il componente “AQ + Meteo Simple Elaborator” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che sulla base dei dati grezzi di qualità dell’aria e meteorologici effettua delle operazioni di validazione e delle semplici elaborazioni utili per i successivi step di elaborazione.

Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Validatore Dati AQ & Meteo	
ID	MC-AQMSE-001
Nome	Validatore Dati AQ & Meteo
Descrizione	<p>Il componente “AQ + Meteo Simple Elaborator” deve essere in grado di effettuare delle semplici operazioni di validazione da applicare ai dati grezzi misurati di qualità dell’aria e meteorologici, che devono almeno essere espressi in termini di:</p> <ul style="list-style-type: none">• timestamp;• misura aggregata su un intervallo pari a 10 minuti. <p>In particolare, un record dati è da etichettare come “non valido” se si verificano una delle seguenti condizioni generiche:</p> <ul style="list-style-type: none">• la misura aggregata è prodotta da un numero di osservazioni nell’intervallo considerato che è inferiore al 75% del numero complessivo di osservazioni;• la misura non rientra all’interno di un certo range di plausibilità ;• l’incremento rispetto alla misura precedente è superiore rispetto ad un certo valore massimo consentito. <p>Le soglie definite sono quelle riportate in Tabella 9 e sono specifiche per ogni singolo parametro. Per le variabili meteorologiche sono state considerate in generale le soglie suggerite dalle linee guida WHO [10], rese in alcuni casi più stringenti in base all’esperienza dei diversi partner con questo tipo di dati.</p> <p>Per le misure relative agli ossidi di azoto, vale questo criterio aggiuntivo:</p> <ul style="list-style-type: none">• nel caso in cui un record dati relativo ai parametri NO, NO₂ e NO_x è considerato “non valido”, vanno marchiati



Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Validatore Dati AQ & Meteo

	allo stesso modo anche i record dati relativi agli altri due inquinanti. Per le misure relative al particolato , vale questo criterio aggiuntivo: <ul style="list-style-type: none">• nel caso in cui il valore del parametro PM_{2,5} è superiore a quello delle polveri fini (PM₁₀), entrambi i record dati vanno marchiati come "non validi".
Motivazione	E' uno step iniziale di analisi dati necessari per confermare l'assenza di errori / problemi nel processo di misura.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 24: Requisito MC-AQMSE-001 (validatore dati AQ & meteo).

Parametro	Soglia minimo	Soglia massimo	Soglia incremento
NO_x [µg/m³]	-0,5	1000	1000
NO₂ [µg/m³]	-0,5	250	250
NO [µg/m³]	-0,5	1000	750
O₃ [µg/m³]	-1	125	50
CO [mg/m³]	-0,05	20	40
PM10 [µg/m³]	-4	5000	2000
PM2.5 [µg/m³]	-4	5000	2000
Black Carbon [ng/m³]	-100000	100000	100000
BC_UVPM [ng/m³]	-100000	100000	100000
Temperatura esterna [°C]	-30	40	10
Umidità relativa [%]	0	100	40
Pressione [hPa]	750	1100	50
Radiazione globale [W/m²]	0	1600	1000
Direzione del vento [°]	0	359	359
Velocità del vento [m/s]	0	50	20
Precipitazione [mm]	0	40	40

Tabella 25: Valori di soglia per la validazione automatica dei dati AQ & meteo.



Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Pre-processing dati sensori innovativi

ID	MC-AQMSE-002
Nome	Pre-processing dati sensori innovativi
Descrizione	Il componente “AQ + Meteo Simple Elaborator” deve essere in grado di effettuare ulteriori step di validazione ed elaborazione per aumentare il rapporto SNR dei dati grezzi acquisiti dai sensori innovativi.
Motivazione	Queste elaborazioni sono funzionali a tutti i successivi step di elaborazione per la dimensione ambiente e meteorologia. Nota: la definizione di questi step di validazione e pre-processing verrà effettuata nel momento in cui la rete di sensori innovativi sarà installata ed i dati disponibili. E' ipotizzabile un mix delle seguenti logiche di controllo: (i) correzione dei dati misurati in funzione delle concentrazioni degli inquinanti “interferenti”; (ii) rielaborazione del dato attraverso filtro di Kalman o simile.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 26: Requisito MC-AQMSE-001 (pre-processing dati sensori innovativi).

Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Aggregazioni temporali

ID	MC-AQMSE-003
Nome	Aggregazioni temporali
Descrizione	Il componente “AQ + Meteo Simple Elaborator” deve poter essere in grado di effettuare delle aggregazioni temporali dei dati di qualità dell’aria e meteorologici misurati su intervalli temporali più lunghi, espresse in termini di: <ul style="list-style-type: none">• media;• varianza;• valore minimo;• valore massimo. L’aggregazione temporale è possibile solo nel caso in cui è disponibile nell’intervallo considerato il 75% di misure validate. Nel caso in cui questo vincolo non è garantito, il record relativo all’elaborazione per completezza deve essere comunque generato, ma flaggato in modo appropriato per indicare questo tipo di situazione. Questo tipo di elaborazione deve essere effettuata utilizzando finestre temporali di ampiezza differente , con un range compreso tra: <ul style="list-style-type: none">• 1 ora ed un anno per le stazioni di riferimento;• 10 minuti ed un anno per i sensori innovativi (nel caso in cui la risoluzione temporale dei dati grezzi fosse inferiore a 10 minuti). Inoltre deve essere possibile per questo componente poter effettuare queste aggregazioni utilizzando finestre mobili ,



Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Aggregazioni temporali	
	ossia considerando anche la possibilità che finestre temporali diverse abbiano un periodo temporale in comune.
Motivazione	Queste elaborazioni non sono strettamente funzionali per la catena modellistica ma possono essere utili per semplificare le analisi degli impatti delle politiche dinamiche di gestione del traffico.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 27: Requisito MC-AQMSE-003 (aggregazioni temporali).

Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Dipendenza Elaborazioni	
ID	MC-AQMSE-004
Nome	Dipendenza Elaborazioni
Descrizione	Le elaborazioni di cui al requisito MC-AQMSE-003 devono essere applicate sui dati validati di cui al requisito MC-AQMSE-001 (MC-AQMSE-002).
Motivazione	L'aggregazione temporale dei dati deve essere effettuata prendendo in considerazione dati validati, in modo da garantire la massima consistenza e affidabilità delle successive elaborazioni che si basano su questi dati.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 28: Requisito MC-AQMSE-004 (dipendenze elaborazioni).

Catena modellistica - AQ + Meteo Simple Elaborator - Interfacciamento con altri sistemi	
ID	MC-AQMSE-005
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Il componente "AQ + Meteo Simple Elaborator" restituisce gli output delle proprie operazioni di validazione ed elaborazione attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON.
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l'integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo.
Tipo	I
Priorità	M

Tabella 29: Requisito MC-AQMSE-005 (interfacciamento con altri sistemi).



Traffic Status Analyzer

Il componente “Traffic Status Analyzer” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che sulla base dei calcoli effettuati dal componente “Traffic Simple Elaborator” effettua ulteriori elaborazioni che consentono di determinare lo stato del traffico associato.

Catena modellistica - Traffic Status Analyzer - Stato Traffico	
ID	MC-TSA-001
Nome	Stato Traffico
Descrizione	<p>Il componente “Traffic Simple Analyzer” deve essere in grado di elaborare in funzione delle elaborazioni semplici e complesse effettuate dal componente “Traffic Simple Elaborator” applicato ad ogni punto di misura una puntuale classificazione delle condizioni di traffico, espressa in funzione dei seguenti livelli di servizio:</p> <ul style="list-style-type: none">• Livello di Servizio A: condizioni di flusso libero con assenza di condizionamento;• Livello di Servizio B: condizioni di flusso libero con qualche limitazione alla libertà di manovra;• Livello di Servizio C: il mantenimento delle velocità desiderate è ancora possibile ma con numerosi cambi di corsia e/o sorpassi;• Livello di Servizio D: il flusso è ancora stabile ma la libertà di manovra è estremamente ridotta;• Livello di Servizio E: il condizionamento è totale, il limite inferiore di questo livello corrisponde alla capacità ed il regime di deflusso è al limite dell’instabilità;• Livello di Servizio F: condizioni di flusso forzato con frequenti ed imprevedibili arresti (stop&go). <p>Le soglie relative ai diversi livelli di servizio sono fornite nei seguenti grafici e tabelle, secondo quanto riportato in [11]. Per le spire posizionate al di fuori dell’arteria autostradale andranno effettuati studi specifici e definite soglie empiriche ragionevoli, dal momento che questo tipo di indagine non è disponibile. La logica temporale con cui questa classificazione viene eseguita deve poter essere la stessa rispetto a quella illustrata nel requisito MC-TSE-005.</p>
Motivazione	Oltre ad essere utile per le valutazioni del componente “B3 / B5 Policy Trigger”, questo tipo di output è richiesto in input dal componente “Emission Calculator”.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 30: Requisito MC-TSA-001 (stato traffico).

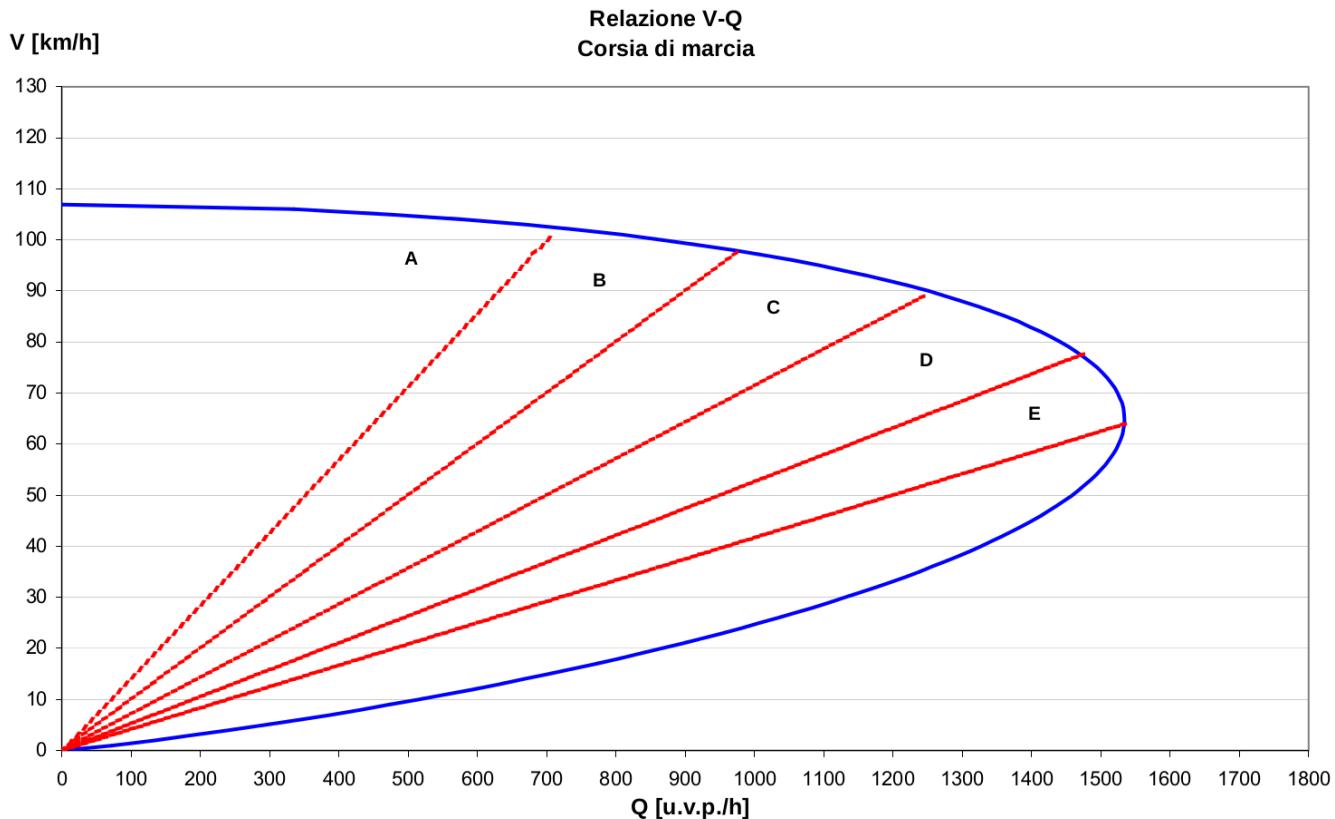


Figura 24: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione base dell'autostrada A22 (corsia di marcia).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	102.4	97.8	89.8	77.5	63.9
Flusso max [veicoli / h]	717	978	1257	1472	1534

Tabella 31: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di marcia per i tronchi base dell'autostrada A22.

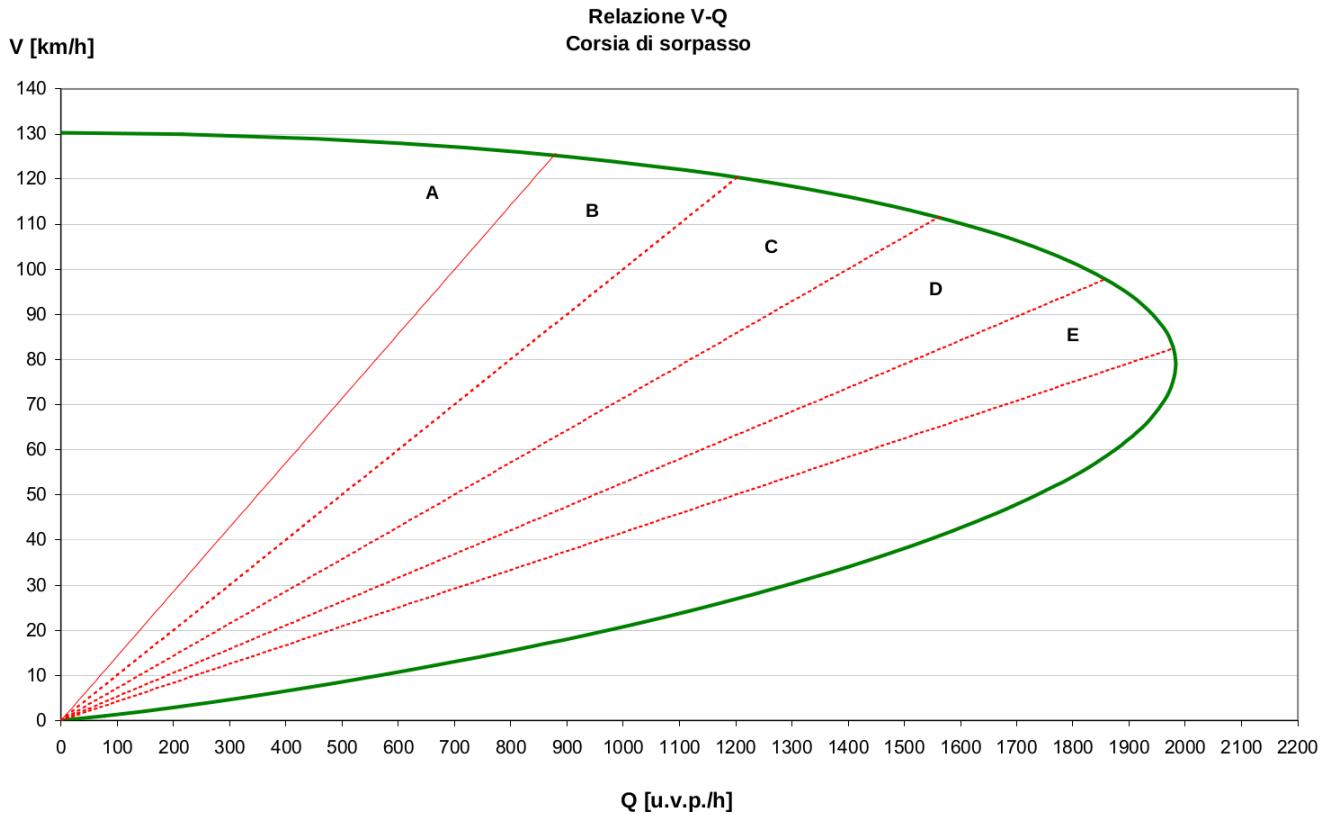


Figura 25: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione base dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	125.3	120.3	115.5	97.8	79.3
Flusso max [veicoli / h]	877	1203	1561	1858	1983

Tabella 32: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per i tronchi base dell'autostrada A22.

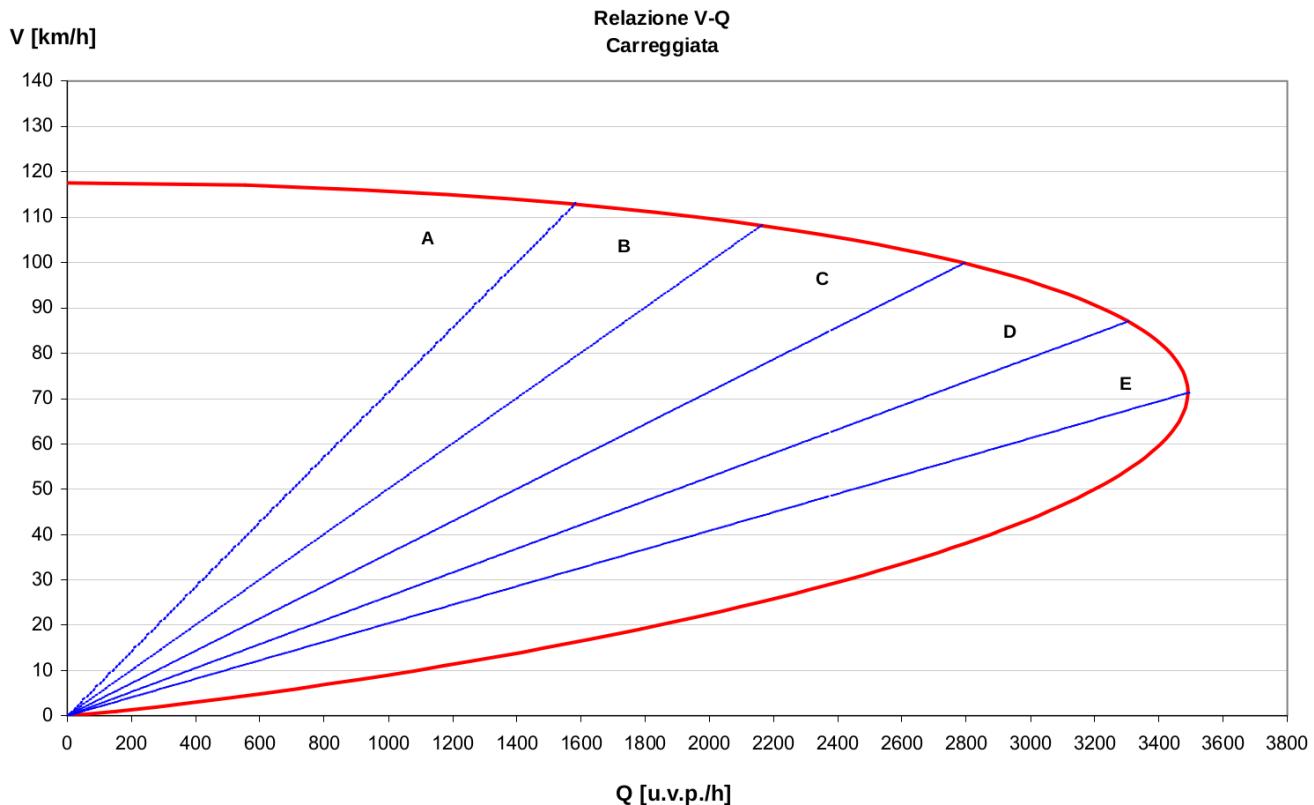


Tabella 33: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi base dell'autostrada A22.

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	14	20	28	38	49
Velocità min [km/h]	112.9	108.1	99.8	87.0	71.2
Flusso max [veicoli / h]	1580	2163	2795	3305	3490

Tabella 34: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi base dell'autostrada A22.

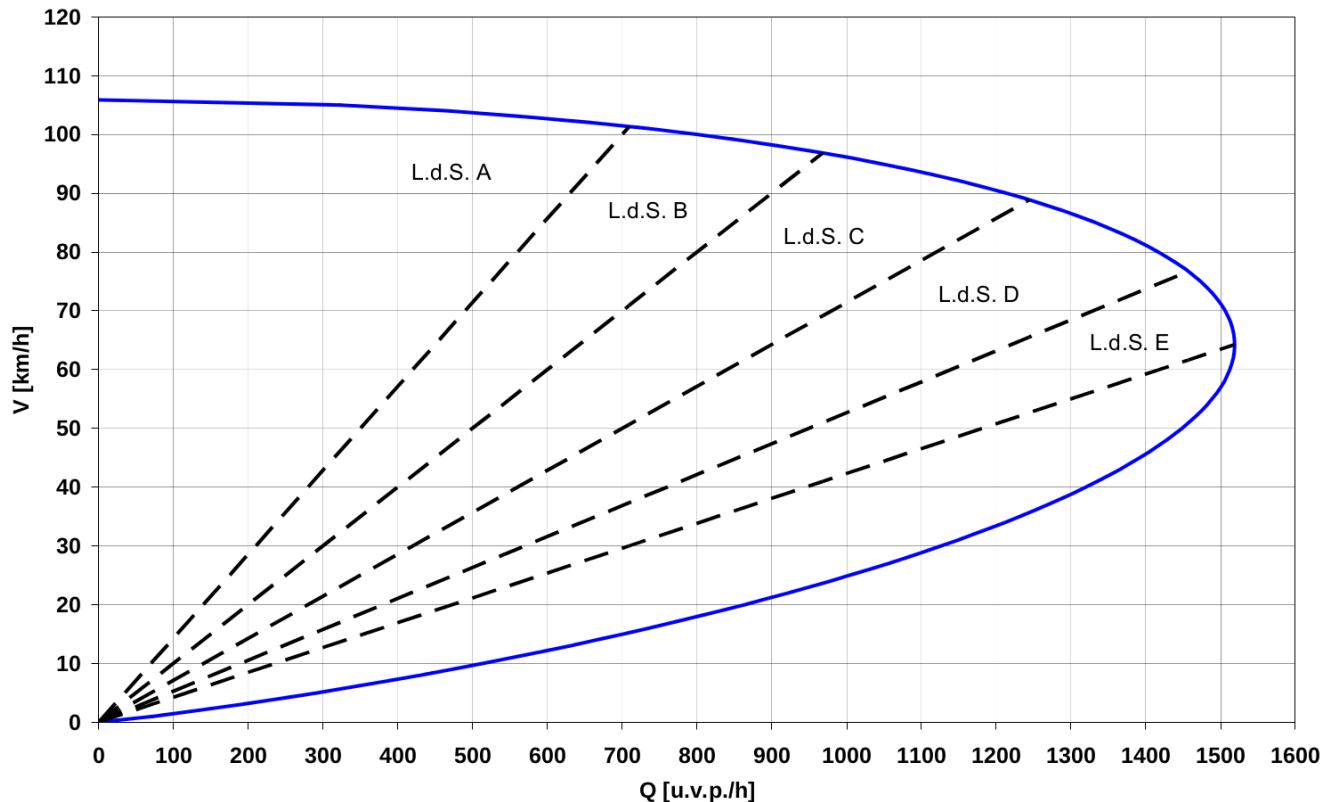


Figura 26: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (corsia di marcia).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	101.35	96.83	88.87	76.68	64.22
Flusso max [veicoli / h]	709	968	1244	1457	1519

Tabella 35: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di marcia per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.

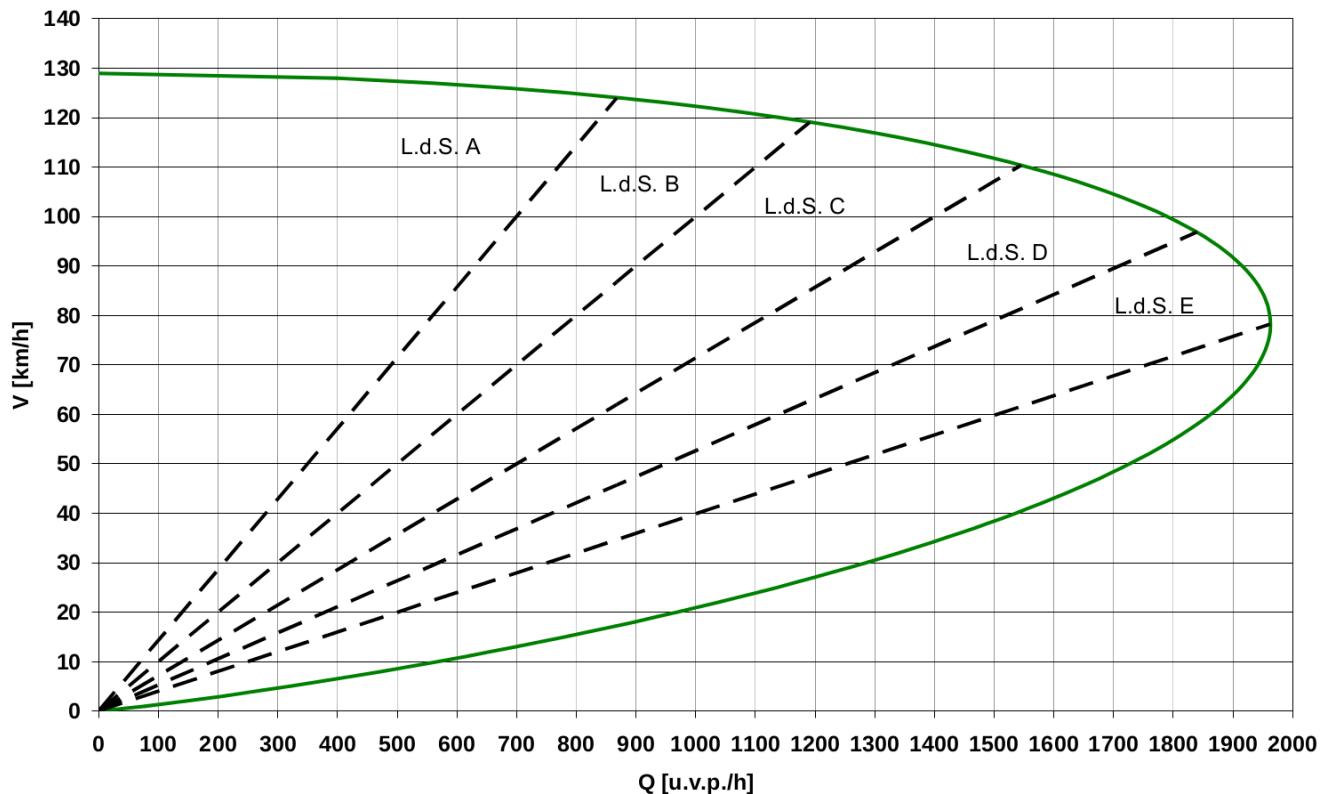


Figura 27: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	124.07	119.14	110.39	96.83	78.24
Flusso max [veicoli / h]	868	1191	1545	1840	1963

Tabella 36: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.

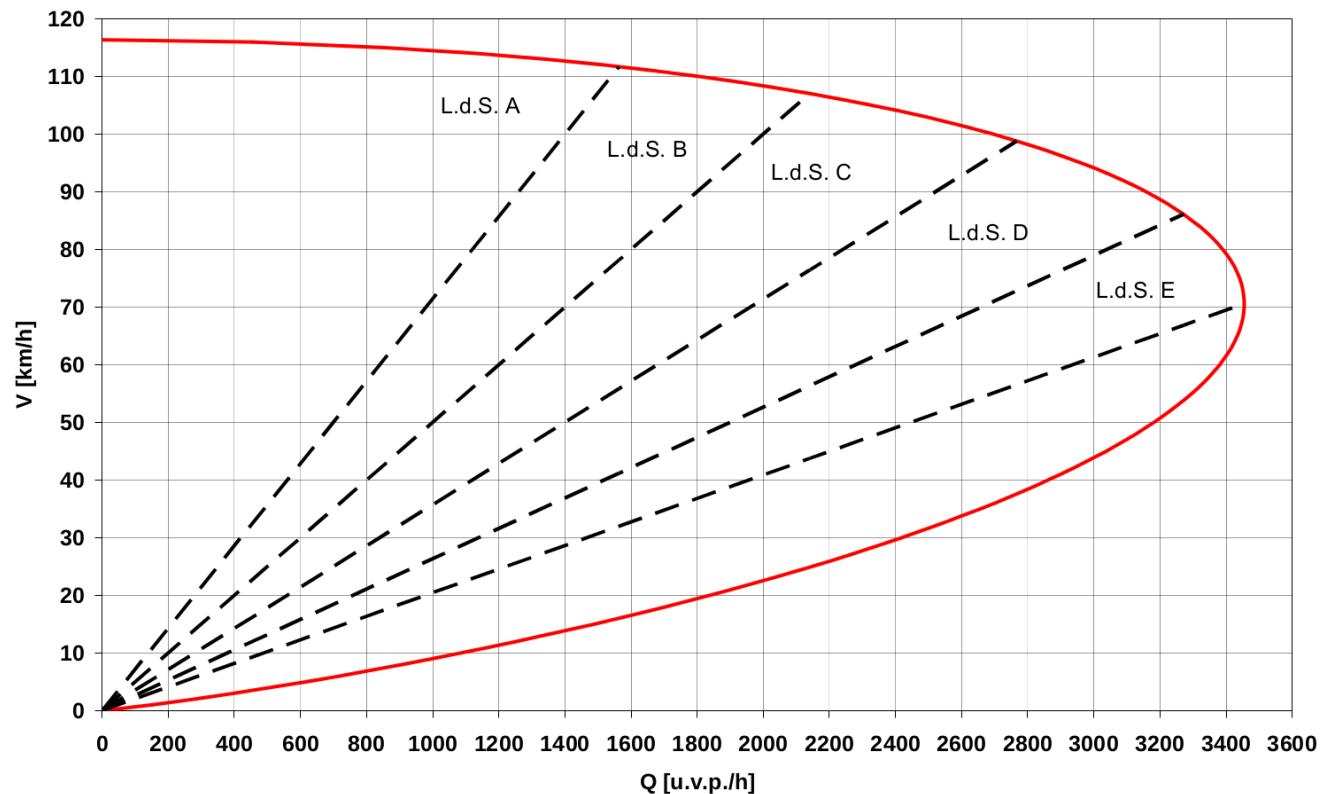


Figura 28: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22 (carreggiata).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	14	20	28	38	49
Velocità min [km/h]	111.71	107.05	98.81	86.10	70.58
Flusso max [veicoli / h]	1564	2141	2767	3272	3455

Tabella 37: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi a sezione riconfigurata dell'autostrada A22.

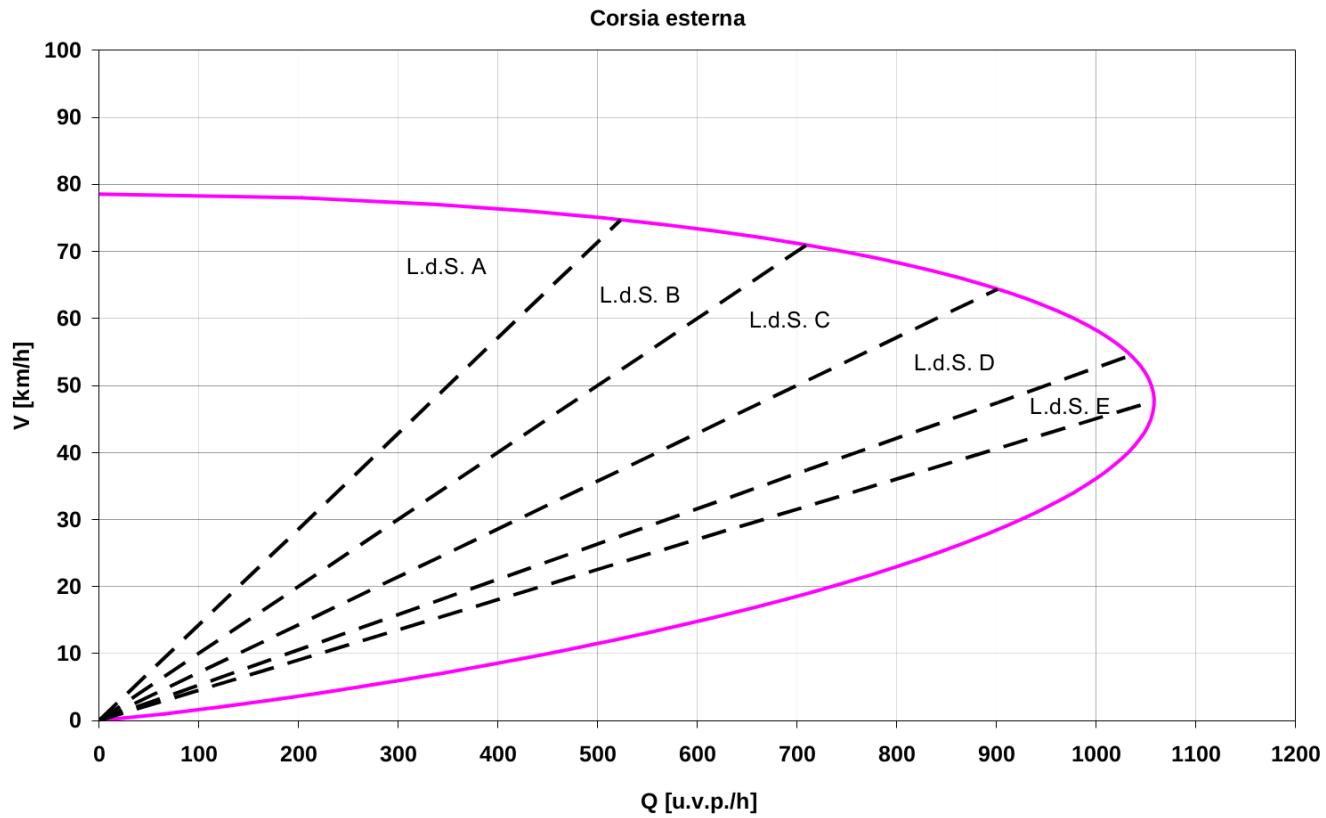


Figura 29: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia esterna).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	74.73	70.97	64.39	54.47	47.64
Flusso max [veicoli / h]	523	710	901	1035	1058

Tabella 38: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia esterna per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.

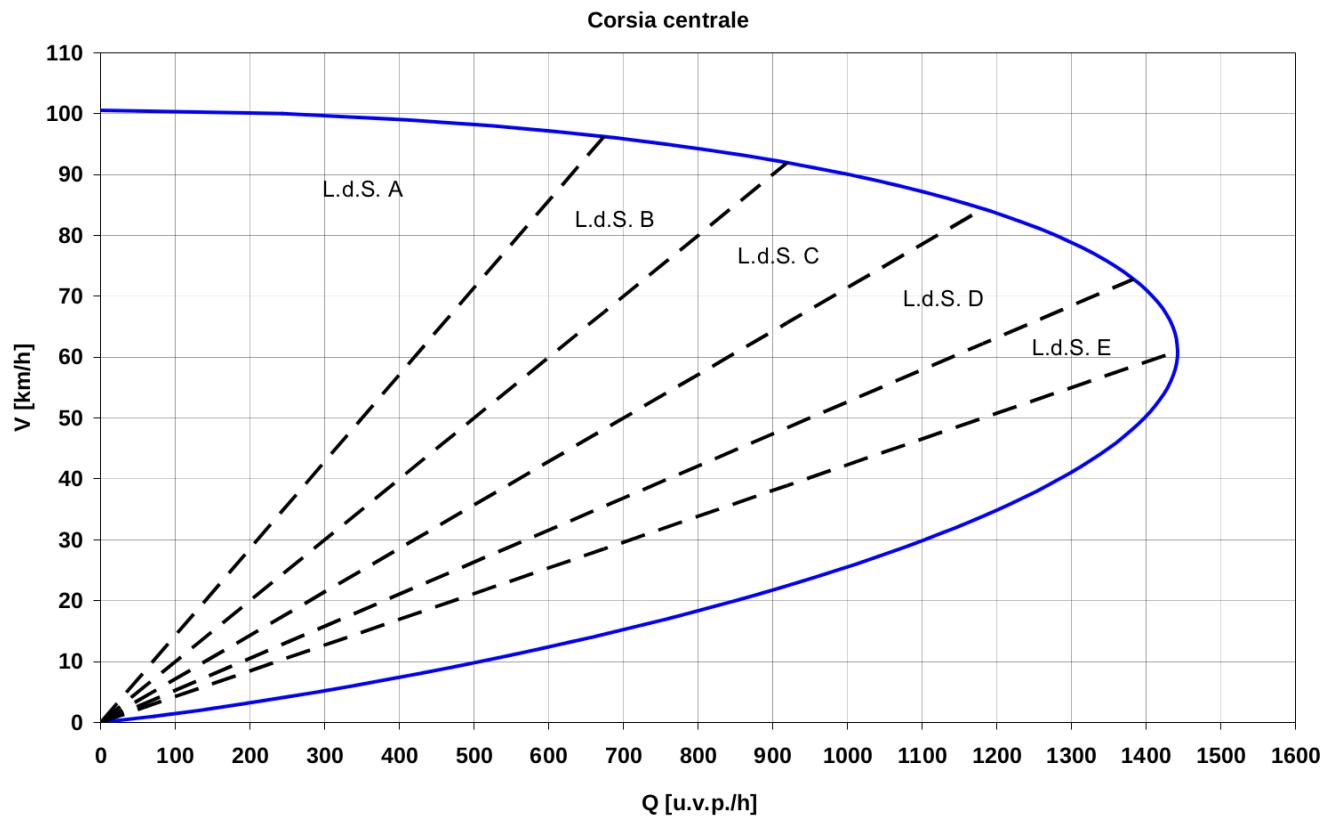


Figura 30: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia centrale).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	96.22	91.93	84.37	72.80	60.97
Flusso max [veicoli / h]	674	919	1181	1383	1442

Tabella 39: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia centrale per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.

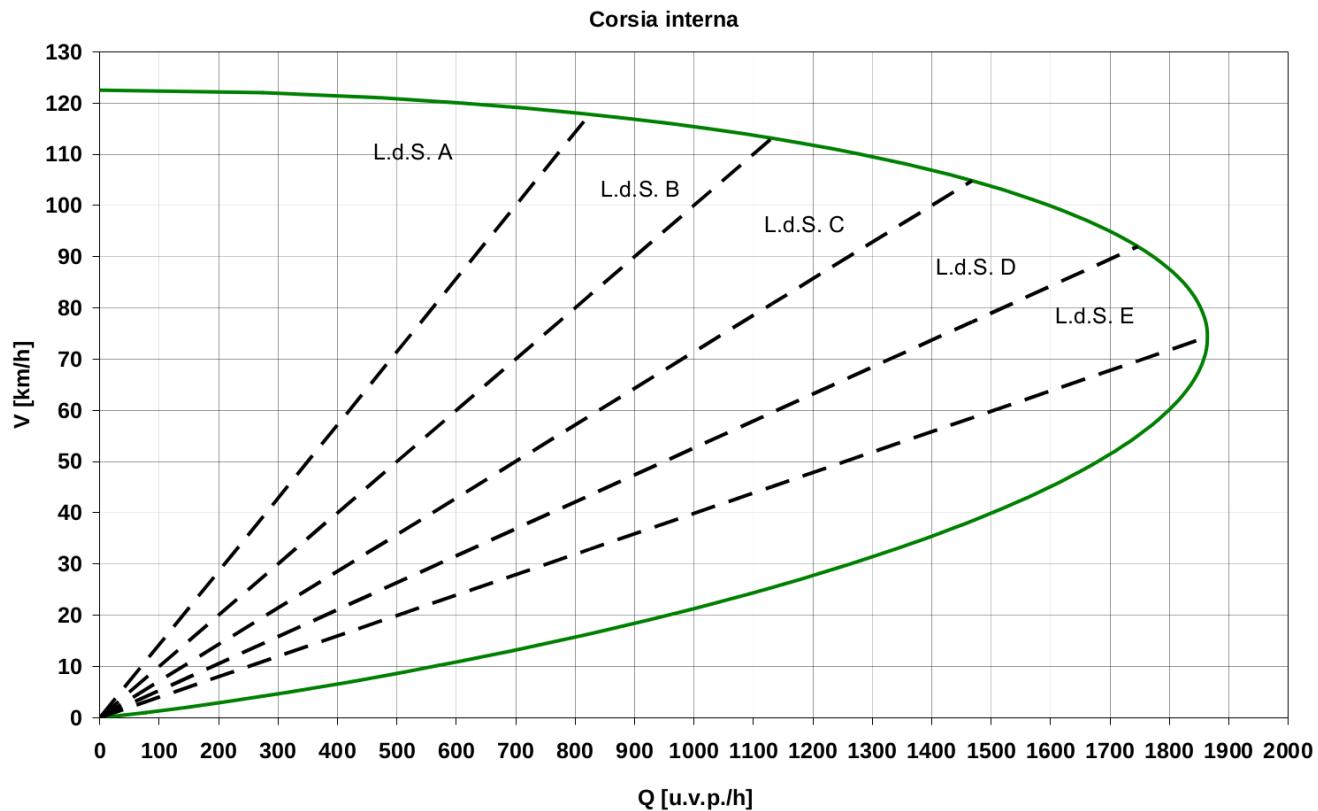


Figura 31: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (corsia interna).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	117.81	113.14	104.83	91.95	74.29
Flusso max [veicoli / h]	825	1131	1468	1747	1864

Tabella 40: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla corsia interna per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.

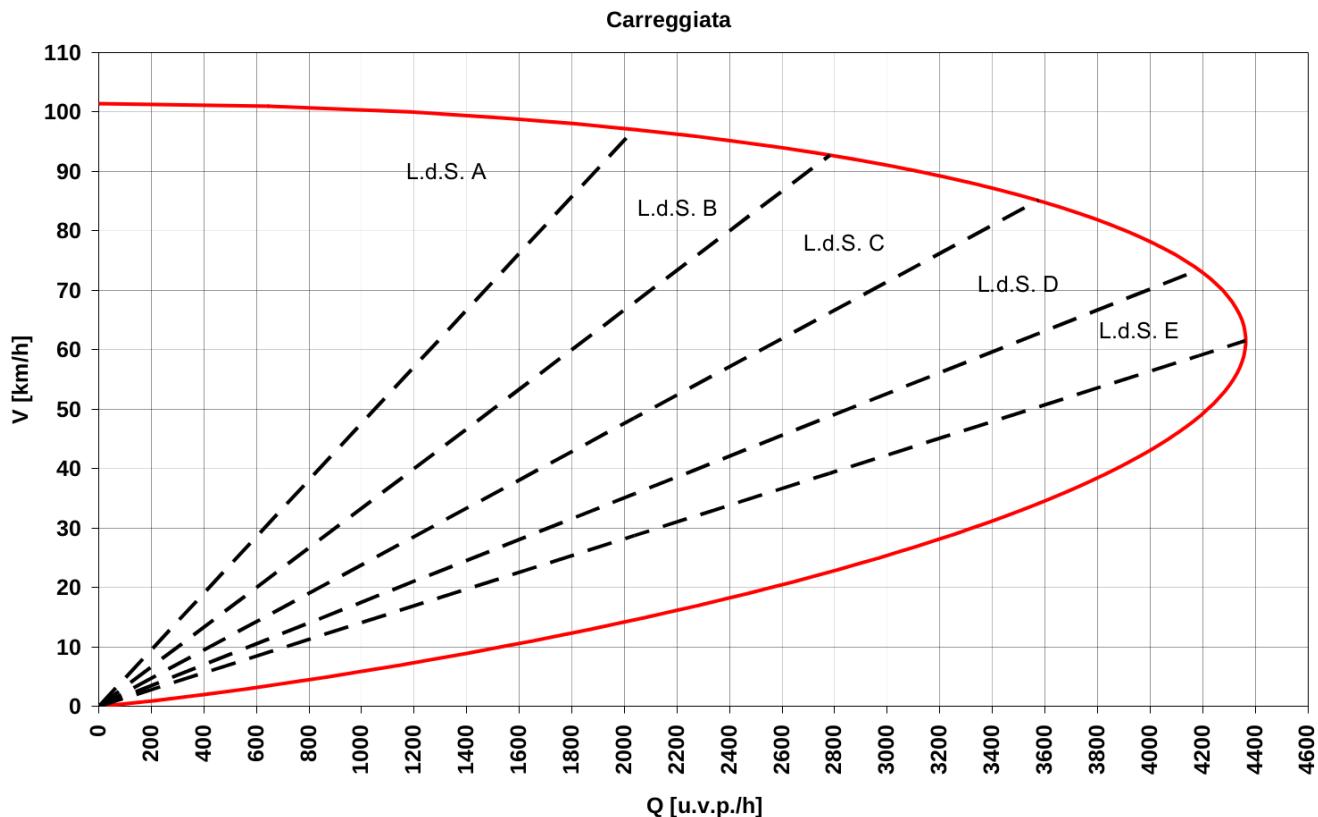


Figura 32: Livelli di servizio stimati per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22 (carreggiata).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	21	30	42	57	70.95
Velocità min [km/h]	97.06	92.74	85.11	73.44	70.95
Flusso max [veicoli / h]	2038	2782	3575	4186	4364

Tabella 41: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per i tronchi a sezione riconfigurata con banchina abilitata al transito dell'autostrada A22.

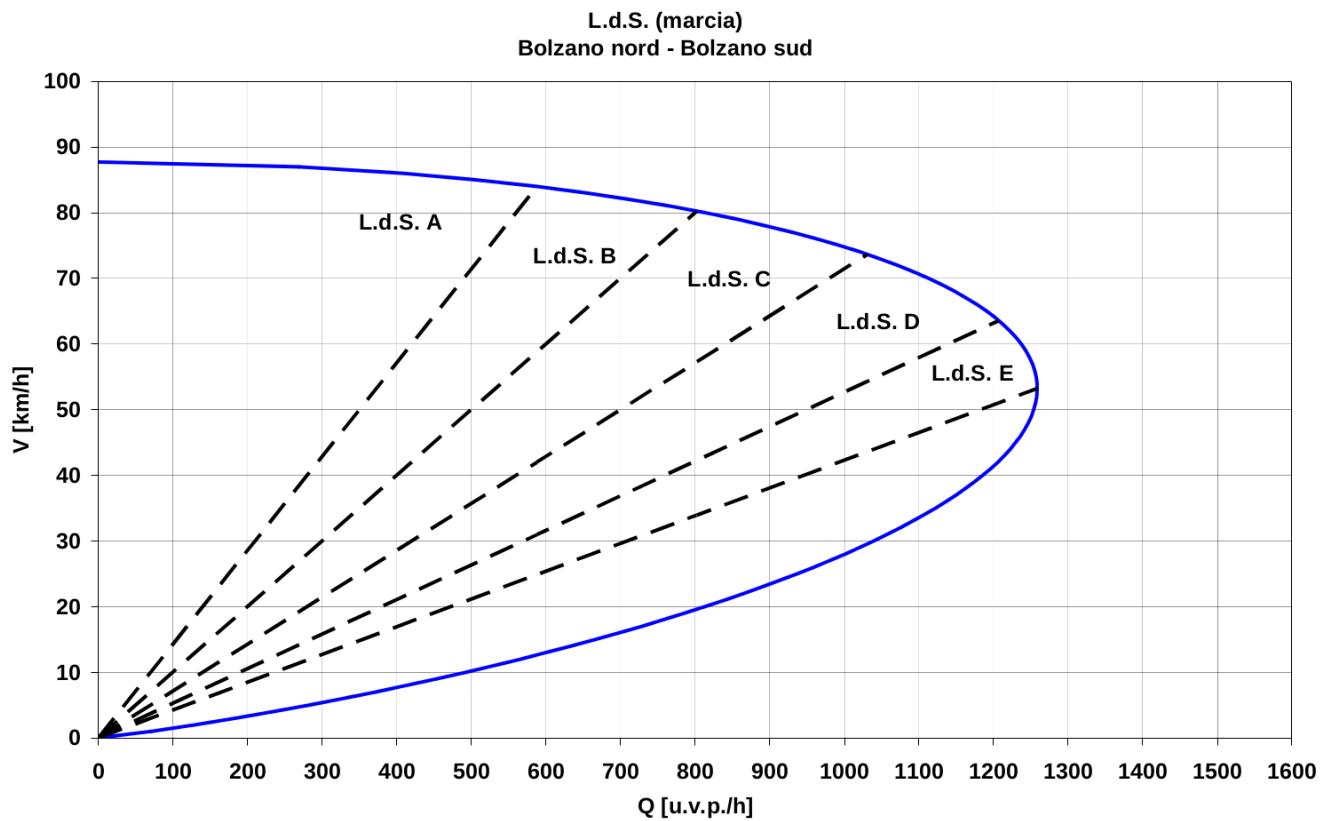


Figura 33: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22 (corsia di marcia).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	83.98	80.24	73.64	63.54	53.22
Flusso max [veicoli / h]	588	802	1031	1207	1259

Tabella 42: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma del deflusso relativo alla corsia di marcia per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22.

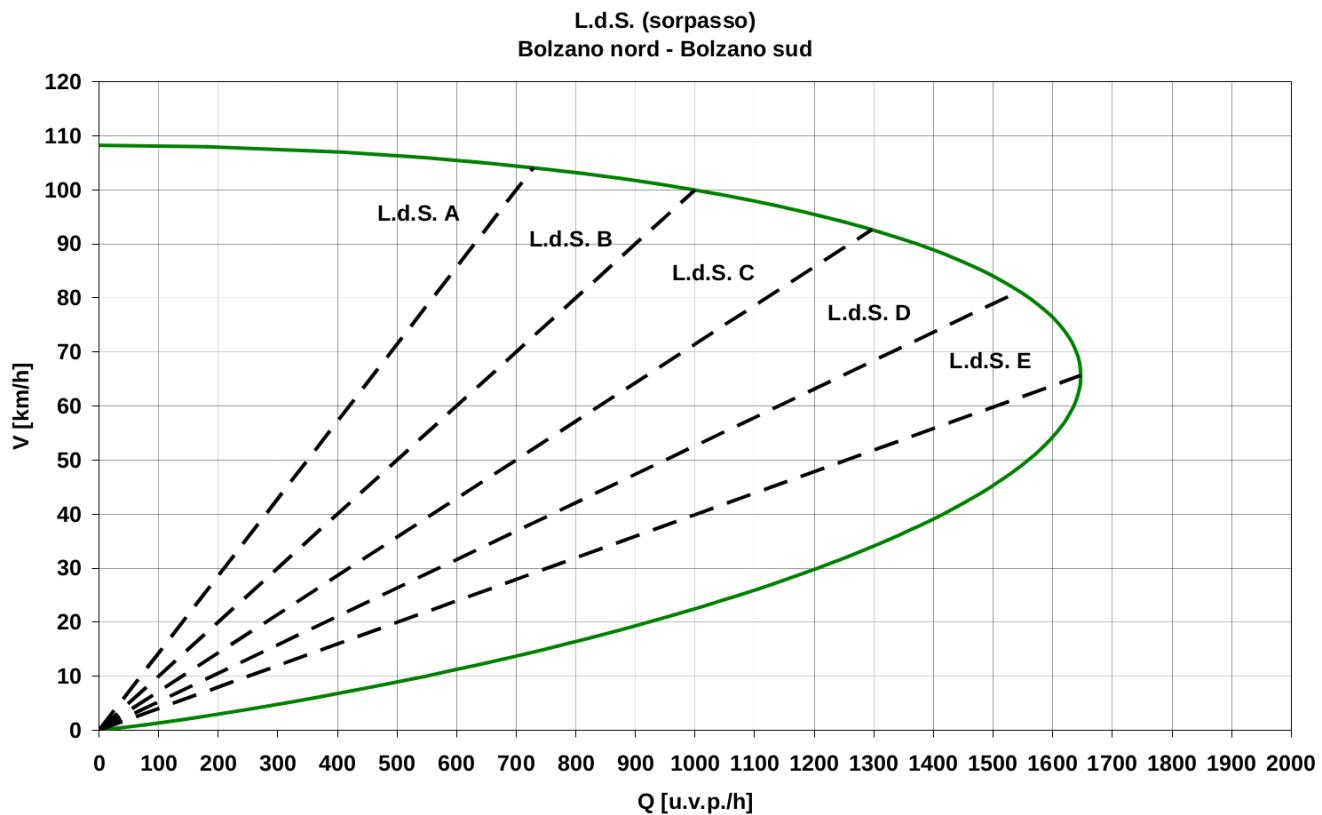


Figura 34: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22 (corsia di sorpasso).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	7	10	14	19	24
Velocità min [km/h]	104.11	99.98	92.64	81.26	65.65
Flusso max [veicoli / h]	729	1000	1297	1544	1647

Tabella 43: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma del deflusso relativo alla corsia di sorpasso per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22.

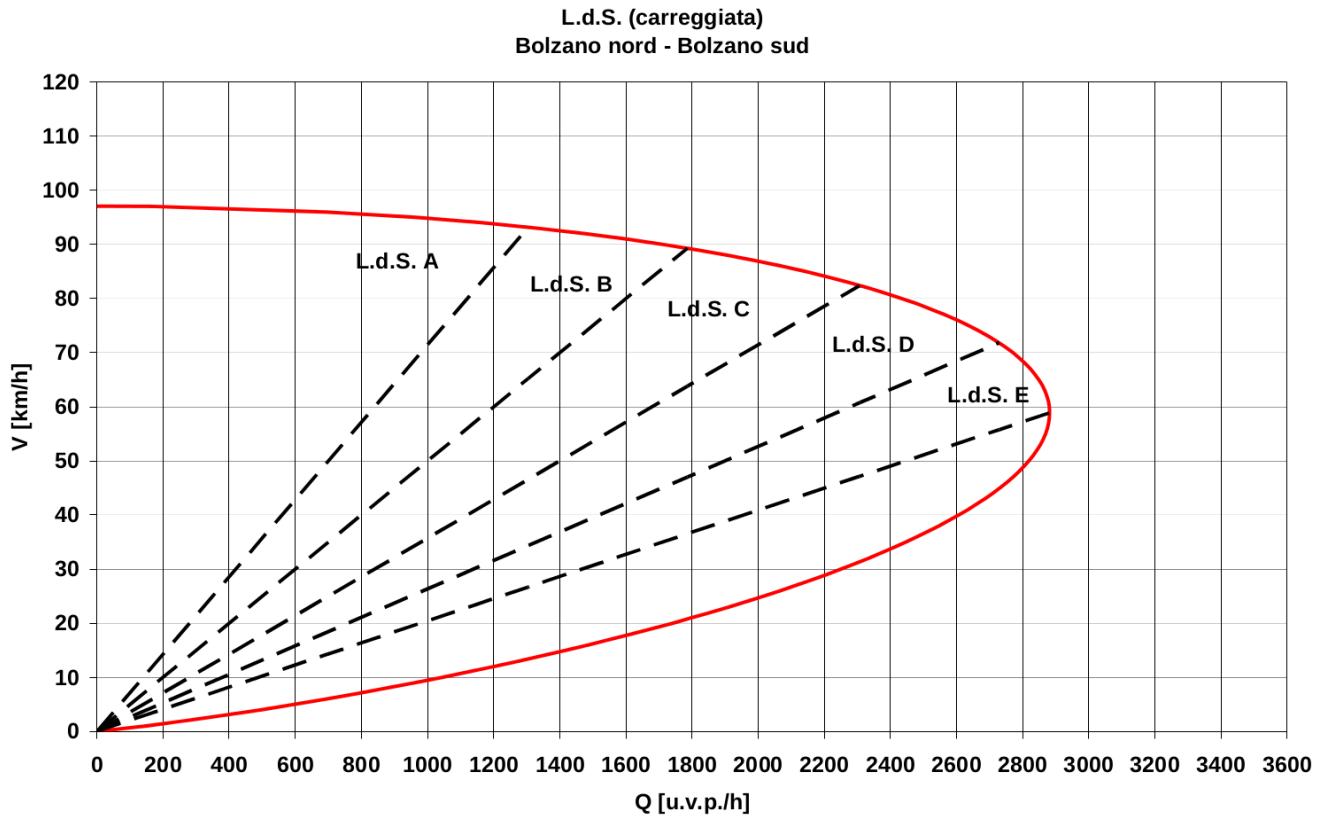


Figura 35: Livelli di servizio stimati per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22 (carreggiata).

	LDS A	LDS B	LDS C	LDS D	LDS E
Densità max [veicoli / km]	14	20	28	38	48.95
Velocità min [km/h]	93.17	89.28	82.41	71.81	58.87
Flusso max [veicoli / h]	1304	1786	2307	2729	2882

Tabella 44: Valori di soglia per la ripartizione del diagramma fondamentale del deflusso relativo alla carreggiata per il tronco Bolzano Nord - Bolzano Sud dell'autostrada A22.



Catena modellistica - Traffic Status Analyzer - Metodo di Classificazione	
ID	MC-TSA-002
Nome	Metodo di Classificazione
Descrizione	Il componente “Traffic Simple Analyzer” deve essere in grado di effettuare l’elaborazione di cui al requisito MC-TSA-001 considerando per la stazione di monitoraggio del traffico in questione le curve stimate corrispondenti del deflusso ed associando il livello di servizio in funzione della posizione nel grafico delle condizioni attuali di traffico, definita in funzione di quanto calcolato al requisito MC-TSE-005.
Motivazione	La caratterizzazione in termini dei livelli di servizio è basata sulla suddivisione delle curve fondamentali del deflusso, definite per le diverse tipologie di sezioni ed in diverse condizioni operative (banchina attiva / disattiva).
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 45: Requisito MC-TSA-002 (metodo di classificazione).

Catena modellistica - Traffic Status Analyzer - Interfacciamento con altri sistemi	
ID	MC-TSA-003
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Il componente “Traffic Simple Elaborator” restituisce gli output delle proprie operazioni di validazione ed elaborazione attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON.
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l’integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo.
Tipo	I
Priorità	M

Tabella 46: Requisito MC-TSA-003 (interfacciamento con altri sistemi).

Emission Calculator (EC)

Il componente “Emission Calculator” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che effettua una stima delle emissioni di inquinanti prodotte dal traffico, valutate in funzione dei transiti veicolari registrati in corrispondenza di un certo punto di monitoraggio.



Catena modellistica - Emission Calculator -Minimum Output Data Set	
ID	MC-EC-001
Nome	Minimum Output Data Set
Descrizione	Il componente “Emission Calculator” deve fornire in output le seguenti elaborazioni: <ul style="list-style-type: none">• emissioni di NO_x, CO₂, PM₁₀, CO per carreggiata, espresse in [g/km*h]• emissioni di NO_x, CO₂, PM₁₀, CO totale, espresse in [g/km*h]
Motivazione	Sono le emissioni di maggior interesse per il tipo di applicazione in oggetto (gestione del traffico autostradale). Non vengono considerate le emissioni di NO ₂ dal momento che il parametro NO ₂ / NO _x in fase di stima delle emissioni è una stima poco affidabile e viene usato tendenzialmente come parametro di taratura nei modelli dispersione. Le emissioni di NO ₂ sono comunque derivabili dalle emissioni di NO _x in funzione del tipo di alimentazione (benzina / diesel).
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 47: Requisito MC-EC-001 (minimum output data set).

Catena modellistica - Emission Calculator - Optional Output Data Set	
ID	MC-EC-002
Nome	Optional Output Data Set
Descrizione	E’ auspicabile che il componente “Emission Calculator” fornisca in output anche le seguenti elaborazioni: <ul style="list-style-type: none">• emissioni di NO₂, COV, NH₃, CH₄, N₂O e consumo di carburante per classe di veicolo, espresse in [g/km*h]• emissioni di NO₂, COV, NH₃, CH₄, N₂O e consumo di carburante per carreggiata, espresse in [g/km*h]• emissioni di NO₂, COV, NH₃, CH₄, N₂O e consumo di carburante, espresse in [g/km*h]
Motivazione	Sono le emissioni di interesse secondario che potrebbe essere utile avere ma che non sono fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di progetto. CH ₄ e N ₂ O sono aggiunti perché in questo modo è possibile calcolare la CO ₂ equivalente.
Tipo	F
Priorità	S

Tabella 48: Requisito MC-EC-002 (optional output data set).



Catena modellistica - Emission Calculator - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-EC-003
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	Il componente “Emission Calculator” deve essere alimentato in continuo con: <ul style="list-style-type: none">• le aggregazioni sui 10 minuti dei transiti veicolari, secondo quanto previsto dal requisito MC-TSE-005;• il livello di servizio complessivo della carreggiata, secondo quanto definito nel requisito MC-TSA-001. In caso di necessità, il componente deve prevedere opportune operazioni di mapping definite a priori per mappare i dati di input con il modello dati considerato in questo step di elaborazione.
Motivazione	Requisito necessario per capire quali dati devono essere forniti dal “Big Data Hub Platform”. Viene trascurato come input la temperatura dell’aria minima e massima, dal momento che questo parametro serve solo se per il calcolo delle emissioni evaporative e determina correzioni minimali nel calcolo delle emissioni. La letteratura suggerisce a tal proposito di calibrare il modello con la media stagionale o mensile delle temperature dell’aria.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 49: Requisito MC-EC-003 (input data set - real-time).

Catena modellistica - Emission Calculator - Input Data Set (parametri di calibrazione)	
ID	MC-EC-004
Nome	Input Data Set (parametri di calibrazione)
Descrizione	Per fornire stime attendibili, il componente “Emission Calculator” deve poter essere calibrato in funzione dei seguenti parametri: <ul style="list-style-type: none">• rappresentazione media statistica dei veicoli circolanti in autostrada in funzione della classe EURO;• fattore di carico medio dei veicoli pesanti definito in funzione di una delle seguenti classi (vuoto, pieno ½, pieno ¾, carico);• grafo stradale associato al punto di monitoraggio (pendenza e distinzione in corsie).
Motivazione	Requisito necessario per garantire la possibilità di calcolare le emissioni veicolari con la più elevata accuratezza possibile.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 50: Requisito MC-EC-004 (input data set - parametri di calibrazione).



Catena modellistica - Emission Calculator - Mappatura classi veicolari	
ID	MC-EC-005
Nome	Mappatura classi veicolari
Descrizione	Il componente “Emission Calculator” deve essere in grado di effettuare una caratterizzazione emissiva di ogni veicolo rilevato, effettuando se necessario un’operazione di mappatura rispetto ai dati di calibrazione ricevuti per quello che riguarda la rappresentazione dei veicoli circolanti in funzione della classe EURO.
Motivazione	Requisito necessario per garantire la possibilità di calcolare le emissioni veicolari con la più elevata accuratezza possibile. In altre parole, va prevista un’operazione di mapping tra il dato di input sulla classe emissiva del singolo veicolo e la classe emissiva più corrispondente tra quelle già mappate a priori dal modello.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 51: Requisito MC-EC-005 (mappatura classi veicolari).

Catena modellistica - Emission Calculator - Risoluzione temporale	
ID	MC-EC-006
Nome	Risoluzione temporale
Descrizione	Le emissioni di cui ai requisiti MC-EC-001 e MC-EC-002 sono da calcolare su intervalli temporali pari a 10 minuti . In generale questo valore deve poter essere facilmente riconfigurabile in base alle esigenze del sistema.
Motivazione	L’intervallo scelto è lo stesso utilizzato per le semplici elaborazioni dei dati di traffico. In questo si modo si garantisce la massima confrontabilità delle elaborazioni prodotte.
Tipo	P
Priorità	M

Tabella 52: Requisito MC-EC-006 (risoluzione temporale).

Catena modellistica - Emission Calculator - Elaborazioni statistiche	
ID	MC-EC-007
Nome	Elaborazioni statistiche
Descrizione	Il componente “Emission Calculator” può opzionalmente essere in grado di presentare le emissioni calcolate come grafici in funzione del tempo.
Motivazione	Possibilità aggiuntiva di visualizzazione delle elaborazioni



Catena modellistica - Emission Calculator - Elaborazioni statistiche	
	prodotte
Tipo	F
Priorità	C

Tabella 53: Requisito MC-EC-007 (elaborazioni statistiche).

Catena modellistica - Emission Calculator - Interfacciamento con altri sistemi	
ID	MC-EC-008
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Il componente “Emission Calculator” restituisce gli output delle proprie operazioni di validazione ed elaborazione attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON. Il componente “Air Quality Level Estimator” legge gli output direttamente con un interfacciamento diretto .
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l’integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo. Per motivi di performance viene concesso un interfacciamento diretto al componente Air Quality Level Estimator.
Tipo	I
Priorità	M

Tabella 54: Requisito MC-EC-008 (interfacciamento con altri sistemi).

Diagnostic Meteorological Model (DMM)

Il componente “Diagnostic Meteorological Model (DMM)” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione complessa che ha il compito di calcolare la situazione meteorologica corrente.

Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-DMM-001
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	Il componente “Meteorological Diagnostic Model” deve essere alimentato in tempo reale con le seguenti variabili meteorologiche misurate dalle stazioni al suolo : <ul style="list-style-type: none">• temperatura dell’aria• umidità relativa dell’aria• velocità del vento• direzione del vento• pressione atmosferica



Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model - Input Data Set (real-time)

	<ul style="list-style-type: none">intensità di precipitazione <p>associandole ai seguenti metadati:</p> <ul style="list-style-type: none">ID stazionecoordinatequota <p>I dati a disposizione devono avere una risoluzione temporale minima di 60 minuti e devono essere rappresentativi sia della situazione a bordo strada che di recettori a distanza crescenti dalla carreggiata.</p> <p>Inoltre il modello deve essere in grado di acquisire i dati in quota, più nello specifico:</p> <ul style="list-style-type: none">i dati misurati dal profilatore termico presso l'aeroporto di Bolzano;i dati misurati dal profilatore di vento presso l'aeroporto di Trento. <p>Questo secondo set di dati devono avere una granularità almeno oraria.</p>
Motivazione	L'assimilazione di dati da stazioni meteorologiche è importante per migliorare l'inizializzazione del modello meteorologico.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 55: Requisito MC-DMM-001 (Input Data Set (real-time)).

Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model- Situazione Meteorologica Corrente	
ID	MC-DMM-002
Nome	Situazione Meteorologica Corrente
Descrizione	<p>Il componente “Meteorological Diagnostic Model” deve essere in grado di calcolare la situazione meteorologica per l’intera area d’interesse, definita per ogni cella 3D in termini di:</p> <ul style="list-style-type: none">temperatura dell’aria;direzione e velocità del vento;stabilità atmosferica (classificata in modo discreto in funzione delle classi di Pasquill Gifford oppure in modo continuo utilizzando la lunghezza di Monin Obukhov);intensità di precipitazione;pressione atmosferica. <p>La situazione meteorologica è calcolata con risoluzione orizzontale di almeno 1 km e risoluzione verticale più fitta negli strati vicino al suolo. L’aggiornamento viene fatto su base oraria.</p>
Motivazione	Questa elaborazione è necessaria per poter poi calcolare la previsione della dispersione degli inquinanti all’interno del componente “Air Quality Level Estimator”.



Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model- Situazione Meteorologica Corrente

	La scelta del tipo di approccio con cui caratterizzare la stabilità atmosferica è da effettuare in funzione della qualità dei dati misurati: se solidi, l'approccio usato è il secondo, altrimenti si usa il primo.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 56: Requisito MC-DMM-002 (situazione meteorologica corrente).

Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model- Scrittura Output

ID	MC-DMM-003
Nome	Scrittura Output
Descrizione	L'elaborazione della situazione meteorologica attuale di cui al requisito MC-MDM-002 è restituita in output in un file NETCD.
Motivazione	L'output generato è specifico per il componente "Air Quality Level Estimator".
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 57: Requisito MC-DMM-003 (scrittura output).

Catena modellistica - Diagnostic Meteorological Model- Elaborazione Mappe & Grafici

ID	MC-DMM-004
Nome	Elaborazione Mappe & Grafici
Descrizione	Il componente "Meteorological Diagnostic Model" può optionalmente essere in grado di presentare le variabili meteorologiche principali in mappe dell'area di interesse o grafici in funzione del tempo in alcuni punti recettori.
Motivazione	Possibilità aggiuntiva di visualizzazione delle elaborazioni prodotte.
Tipo	F
Priorità	C

Tabella 58: Requisito MC-DMM-004 (elaborazione mappe & grafici).

Air Quality Level Estimator (AQLE)

Il componente "Air Quality Level Estimator" è da intendersi come un'unità logica di elaborazione che effettua una stima della concentrazioni di inquinanti in modalità diagnostica.



Catena modellistica - Air Quality Level Estimator -Minimum Output Data Set	
ID	MC-AQLE-001
Nome	Minimum Output Data Set
Descrizione	Il componente “Air Quality Level Estimator” deve fornire in output una mappa di concentrazione di NO, NO ₂ , NO _x (espressi in [µg/m ³]) determinata dalla sorgente traffico rispetto ad alcuni recettori assegnati definiti a priori.
Motivazione	E’ uno degli output principali richiesti dall’intera catena modellistica. Requisito inserito anche per permettere alla Big Data Hub Platform il tipo di dato (2D) che va gestito.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 59: Requisito MC-AQLE-001 (minimum output data set).

Catena modellistica - Air Quality Level Estimator -Optional Output Data Set	
ID	MC-AQLE-002
Nome	Optional Output Data Set
Descrizione	Il componente “Air Quality Level Estimator” deve fornire in output una mappa di concentrazione di altri inquinanti (PM10, CO, CO ₂ , NH ₃ , COV, espressi in [µg/m ³]) determinata dalla sorgente traffico rispetto ad alcuni recettori assegnati definiti a priori.
Motivazione	Sono le concentrazioni di interesse secondario che potrebbe essere utile avere ma che non sono fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di progetto. Requisito inserito anche per permettere alla Big Data Hub Platform di conoscere il tipo di dato (2D) che va gestito.
Tipo	F
Priorità	S

Tabella 60: Requisito MC-AQLE-002 (optional output data set).

Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-AQLE-003
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	Il componente “Air Quality Level Estimator” deve essere alimentato in continuo con: <ul style="list-style-type: none">• le emissioni stimate dal componente “Emission Calculator” (requisiti MC-EC-001 e MC-EC-002);• la situazione meteorologica corrente elaborata dal componente “Meteorological Diagnostic Model” (requisito



Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Input Data Set (real-time)	
	MC-MDM-002) • i dati meteorologici misurati dalle varie stazioni di misura disponibili: velocità e direzione del vento, temperatura, radiazione solare, intensità di precipitazione;
Motivazione	Requisito necessario per capire quali dati devono essere forniti dal "Big Data Hub Platform". Le concentrazioni sono calcolate in funzione di quanto emesso e modellando la loro dispersione in aria in funzione delle condizioni meteorologiche correnti. Il calcolo della concentrazione può essere puntuale / distribuito, a seconda se il dato di input considerato è di tipo puntuale (dato meteorologico) o distribuito (mappa situazione meteorologica corrente).
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 61: Requisito MC-AQLE-003 (input data set - real-time).

Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Calibrazione del modello	
ID	MC-AQLE-004
Nome	Calibrazione del modello
Descrizione	Il componente "Air Quality Level Estimator" deve poter essere calibrato manualmente in funzione delle misure puntuali di qualità dell'aria ottenute grazie ai diversi sistemi di monitoraggio disponibili.
Motivazione	Per aumentare la solidità del modello si ritiene più affidabile, almeno in una prima fase, gestire manualmente e non automaticamente la calibrazione del modello.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 62: Requisito MC-AQLE-004 (calibrazione del modello).

Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Risoluzione temporale	
ID	MC-AQLE-005
Nome	Risoluzione temporale
Descrizione	Le mappe di concentrazione di cui ai requisiti MC-AQLE-001 e MC-AQLE-002 sono da calcolare su intervalli temporali pari a 10 minuti . In generale questo valore deve poter essere facilmente riconfigurabile in base alle esigenze del sistema.
Motivazione	L'intervallo scelto è lo stesso utilizzato per le semplici elaborazioni dei dati di traffico e per la stima delle emissioni. In



Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Risoluzione temporale	
	questo si modo si garantisce la massima confrontabilità delle elaborazioni prodotte.
Tipo	P
Priorità	M

Tabella 63: Requisito MC-AQLE-005 (risoluzione temporale).

Catena modellistica - Air Quality Level Estimator - Elaborazioni statistiche	
ID	MC-AQLE-006
Nome	Elaborazioni statistiche
Descrizione	Il componente “Air Quality Level Estimator” può opzionalmente essere in grado di presentare le mappe di concentrazioni calcolate come immagini in uno dei formati comunemente utilizzati (es. .JPG, .PNG, .TIFF).
Motivazione	Possibilità aggiuntiva di visualizzazione delle elaborazioni prodotte
Tipo	F
Priorità	C

Tabella 64: Requisito MC-AQLE-006 (elaborazioni statistiche).

Traffic Forecasting Engine (TFE)

Il componente “Traffic Forecasting Engine” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che implementa tutta la logica previsionale automatizzata relativa al traffico.

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Previsione Flussi Traffico	
ID	MC-TFE-001
Nome	Previsione Flussi Traffico
Descrizione	Il componente “Traffic Forecasting Engine” deve essere in grado di effettuare una previsione dei flussi di traffico riferiti ad un certo punto di misura, generando in output quanto previsto dal requisito MC-TSE-004 (MC-TSE-005). La risoluzione temporale del calcolo deve seguire due logiche completamente differenti: <ul style="list-style-type: none">risoluzione di 5 minuti, con un’orizzonte temporale nel futuro di 1-2 ore (per la gestione in real-time);risoluzione oraria, con un’orizzonte temporale nel futuro di 24-36 ore (per la gestione preventiva delle politiche da attuare);
Motivazione	Queste elaborazioni sono funzionali all’analisi dello stato futuro



Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Previsione Flussi Traffico	
	dei flussi di traffico, e vanno implementate in modo che l'output sia direttamente confrontabile con quanto elaborato in modalità diagnostica e con diverse applicazioni legate al diverso utilizzo previsto di queste previsioni.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 65: Requisito MC-TFE-001 (previsione flussi traffico).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Previsione Stato Traffico	
ID	MC-TFE-002
Nome	Previsione Stato Traffico
Descrizione	Il componente “Traffic Forecasting Engine” deve essere in grado di effettuare una previsione dello stato del traffico riferito ad un certo punto di misura, generando in output quanto previsto dal requisito MC-TSA-001. Risoluzione ed orizzonte temporale sono definiti come il requisito MC-TFE-001.
Motivazione	Queste elaborazioni sono funzionali all’analisi dello stato futuro del traffico, e vanno implementate in modo che l’output sia direttamente confrontabile con quanto elaborato in modalità diagnostica.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 66: Requisito MC-TFE-002 (previsione stato traffico).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Bollettino Traffico	
ID	MC-TFE-003
Nome	Bollettino Traffico
Descrizione	Il componente “Traffic Forecasting Engine” deve essere in grado di generare un “bollettino” di traffico per il giorno successivo, valutato sull’intera tratta di interesse. Il bollettino è di tipo qualitativo, e caratterizza la giornata successiva di traffico secondo le seguenti categorie: <ul style="list-style-type: none">• traffico regolare (giornata da “bollino <u>verde</u>”);• traffico sostenuto (giornata da “bollino <u>giallo</u>”);• traffico intenso (giornata da “bollino <u>rosso</u>”);• traffico nero (giornata da “bollino <u>nero</u>”). Questa valutazione deve essere applicata alle diverse fasce temporali in cui è composta una giornata, così definite: <ul style="list-style-type: none">• notte (0-6);• mattina (6-12);• pomeriggio (12-18);• sera (18-24).



Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Bollettino Traffico

Motivazione	Questa elaborazione è funzionale al caso d'uso relativo alle politiche di gestione del traffico ai fini viabilistici e va interpretato come un'attualizzazione dei bollettini di traffico che il gestore autostradale già oggi realizza manualmente sul medio periodo, basata su eventuali informazioni e vincoli di contesto non noti durante la prima elaborazione dei bollettini.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 67: Requisito MC-TFE-003 (bollettino traffico).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Metodo di Calcolo del Bollettino Traffico

ID	MC-TFE-004
Nome	Metodo di Calcolo del Bollettino Traffico
Descrizione	Il bollettino di traffico di cui al requisito MC-TFE-003 deve essere calcolato con il seguente metodo di calcolo: <ul style="list-style-type: none">• traffico regolare (giornata da “bollino <u>verde</u>”): se il Livello di Servizio previsto è A o B;• traffico sostenuto (giornata da “bollino <u>giallo</u>”): se il Livello di Servizio previsto è C;• traffico intenso (giornata da “bollino <u>rosso</u>”): se il Livello di Servizio previsto è D;• traffico nero (giornata da “bollino <u>nero</u>”): se il Livello di Servizio previsto è E o F;
Motivazione	La caratterizzazione dei bollettini di traffico deve essere riferita a parametri oggettivi. La logica ricalca le metodologie attuali per la stima dei bollettini di traffico di A22.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 68: Requisito MC-TFE-004 (metodo di calcolo del bollettino traffico).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Valutazione di Scenari

ID	MC-TFE-005
Nome	Valutazione di scenari
Descrizione	Il componente “Traffic Forecasting Engine” deve essere in grado non solo di determinare il bollettino di traffico senza politiche di controllo, ma valutare in modo preliminare il possibile impatto legato all’introduzione di tali misure. In particolare, va prodotto un bollettino per ciascuno di questi scenari: <ul style="list-style-type: none">• abilitazione temporanea della banchina al transito (solo nei tratti infrastrutturati);• riduzione dinamica dei limiti di velocità, da valutare



Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Valutazione di Scenari

	<p>applicata a diversi tratti d'interesse, con diversi limiti e con durate di limitazione differenti;</p> <ul style="list-style-type: none">• obbligo di attraversamento dei mezzi più inquinanti attraverso il corridoio “BLEC-LEZ”. <p>Questi scenari vanno elaborati in modo specifico in funzione delle varie tratte sperimentali d'interesse e relative politiche di gestione dinamica del traffico. Nello specifico, per le politiche “B4” gli scenari da considerare sono relativi solamente alla possibilità di introdurre un certo limite dinamico di velocità sull'intero tratto di test per delle durate temporali predefinite non inferiori a 3 ore.</p> <p>Dal momento che il numero degli scenari possibili può essere a priori molto elevato, il componente deve prevedere una logica interna per la selezione degli scenari “a maggiore utilità” da valutare, in modo da restringere questa valutazione ad un numero di scenari non superiore a 5.</p>
Motivazione	La generazione di scenari è propedeutica soprattutto per le funzionalità del componente “B3 / B5 Policy Trigger” e consente di implementare quanto previsto nei casi d'uso relativi alle politiche di gestione del traffico ai fini viabilistici ed alle politiche di gestione integrata del traffico.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 69: Requisito MC-TFE-005 (valutazione di scenari).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Logiche Previsionali

ID	MC-TFE-006
Nome	Logiche Previsionali
Descrizione	Il componente “Traffic Forecasting Engine” effettua le previsioni di cui al requisito MC-TFE-001 con logiche differenti a seconda se la previsione è “real-time” (orizzonte temporale 1-2 ore) o a breve periodo (24-36 ore). Nel primo caso, verranno utilizzate tecniche semplici basate sul calcolo dei trend dei dati di traffico più recenti combinate con valutazioni spaziali di propagazione dei flussi , effettuate analizzando in maniera integrata quanto osservato in punti di misura consecutivi. Nel secondo caso, invece, le previsioni saranno effettuate in funzione delle serie storiche dei dati di traffico , applicando i principi e le teorie del “time series forecasting”.
Motivazione	Questo requisito è utile per indirizzare i successivi lavori di implementazione, cercando di capitalizzare quanto più possibile il know-how presente allo stato dell'arte.
Tipo	NF



Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Logiche Previsionali

Priorità	M
----------	---

Tabella 70: Requisito MC-TFE-006 (logiche previsionali).

Catena modellistica - Traffic Forecasting Engine - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-TFE-007
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	In virtù di quanto indicato nel requisito precedente, le previsioni calcolate dal componente "Traffic Forecasting Engine" sono basate su dati elaborati di traffico ma relativi a periodi ed a risoluzioni temporali differenti. Nel caso di previsione "real-time" dovranno essere considerati dati ed elaborazioni alla più elevata risoluzione temporale possibile (5 minuti), relativi ad una finestra temporale da scegliere dinamicamente in funzione del grado di stazionarietà del processo di traffico attualmente osservato. Tale previsione è inoltre alimentata dai dati in tempo reale raccolti dalle stazioni di traffico a monte. Per quello che riguarda invece le previsioni sul breve periodo , vanno considerate le serie storiche di dati di traffico, valutate con le risoluzioni temporali richieste (orarie o su fasce di 6 ore) e relative ad un numero significativo di anni passati.
Motivazione	Le previsioni considerate seguono tempistiche e modalità di esecuzione che sono diverse, benché alimentate dallo stesso tipo di dati di input.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 71: Requisito MC-TFE-007 (Input Data Set (real-time)).

Emission Forecaster (EF)

Il componente "Emission Forecaster" è da intendersi come un'unità logica di elaborazione sostanzialmente analoga al componente "Emission Calculator" ma che si occupa di effettuare una stima della previsione delle emissioni di inquinanti prodotte dal traffico.

Catena modellistica - Emission Forecaster - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-EF-001
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	Il componente "Emission Forecaster" deve seguire gli stessi requisiti funzionali del componente "Emission Calculator". L'unica differenza riguarda i dati di input: anziché essere alimentato in continuo con i singoli transiti veicolari, questo componente deve essere alimentato con le elaborazioni di cui al



Catena modellistica - Emission Forecaster - Input Data Set (real-time)	
	requisito MC-TFE-001.
Motivazione	Ottimizzazione delle attività di implementazione: il modulo di calcolo delle emissioni può essere facilmente declinato in modalità prognostica.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 72: Requisito MC-EF-001 (input Data Set (real-time)).

Catena modellistica - Emission Forecaster - Output Data Set	
ID	MC-EF-002
Nome	Output Data Set
Descrizione	L'output generato dal componente "Emission Forecaster" deve coincidere con l'output indicato nel requisito MC-EC-001 (MC-EC-002). Risoluzione e orizzonte temporale della previsione devono essere declinati secondo quanto specificato per il componente "Traffic Forecasting Engine", come indicato nei requisiti MC-TFE-001 e MC-TFE-002.
Motivazione	Il calcolo delle emissioni previste deve seguire completamente le diverse logiche definite per l'elaborazione delle previsioni di traffico.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 73: Requisito MC-EF-002 (output data set).

Catena modellistica - Emission Forecaster - Bollettini Previsionali	
ID	MC-EF-003
Nome	Bollettini Previsionali
Descrizione	Nel caso di accoppiamento con i bollettini di traffico, la stima delle emissioni totali viene elaborata anche in relazione a ciascun scenario di traffico che viene elaborato secondo quanto specificato al requisito MC-TFE-005.
Motivazione	In questo modo ogni scenario elaborato è caratterizzato completamente sia nella variabile "traffico" che nella variabile "emissioni prodotte"
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 74: Requisito MC-EF-003 (bollettini previsionali).



Forecasting Meteorological Model (FMM)

Il componente “Forecasting Meteorological Model (FMM)” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione previsionale complessa che ha il compito di generare le previsioni meteorologiche.

Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model - Dati di input (real-time)	
ID	MC-FMM-001
Nome	Dati di input (real-time)
Descrizione	<p>Il componente “Meteorological Prognostic Model” deve essere in grado di acquisire dal database le seguenti variabili meteorologiche misurate dalle stazioni al suolo:</p> <ul style="list-style-type: none">• temperatura dell’aria• umidità relativa dell’aria• velocità del vento• direzione del vento• pressione atmosferica <p>associandole ai seguenti metadati:</p> <ul style="list-style-type: none">• ID stazione• coordinate• quota <p>I dati a disposizione devono avere una risoluzione temporale minima di 15 minuti dove possibile e almeno oraria.</p> <p>Tutti i dati saranno forniti dalla Big Data Platform, ad eccezione di quelli della rete di monitoraggio gestita dalla Fondazione Edmund Mach, per cui è previsto un interfacciamento diretto in virtù di accordi specifici esistenti.</p> <p>Inoltre il modello deve essere in grado di acquisire i dati in quota, più nello specifico:</p> <ul style="list-style-type: none">• i dati misurati dal profilatore termico presso l’aeroporto di Bolzano;• i dati misurati dal profilatore di vento presso l’aeroporto di Trento. <p>Questo secondo set di dati devono avere una granularità almeno oraria.</p>
Motivazione	L’assimilazione di dati da stazioni meteorologiche è importante per migliorare l’inizializzazione del modello meteorologico prognostico.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 75: Requisito MC-FMM-001 (dati di input - real-time).

Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model - Previsioni Meteorologiche	
ID	MC-FMM-002



Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model - Previsioni Meteorologiche

Nome	Previsioni Meteorologiche
Descrizione	Il componente “Meteorological Prognostic Model” deve essere in grado di calcolare le previsioni meteorologiche riferite al dominio d’interesse per le successive 48 ore. Le previsioni verranno eseguite su una griglia tridimensionale con risoluzione orizzontale di almeno 1 km e risoluzione verticale più fitta negli strati vicino al suolo, per rappresentare con maggior dettaglio le dinamiche atmosferiche nei bassi strati, più importanti per i processi di dispersione di inquinanti emessi al suolo. I parametri meteo sono qualche decina e sono le variabili primarie che caratterizzano lo stato dell’atmosfera. Le previsioni verranno effettuate 2 o 4 volte al giorno, non appena disponibili gli output del modello a scala globale GFS.
Motivazione	Questa elaborazione è necessaria per poter poi calcolare la previsione della dispersione degli inquinanti all’interno del componente “Air Quality Level Forecaster”
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 76: Requisito MC-FMM-002 (previsioni meteorologiche).

Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model- Scrittura Output	
ID	MC-FMM-003
Nome	Scrittura Output
Descrizione	Le previsioni meteorologiche di cui al requisito MC-MPM-003 vengono restituite in output in un file NETCD.
Motivazione	L’output generato è specifico per il componente “Air Quality Level Forecaster”.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 77: Requisito MC-FMM-003 (scrittura output).

Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model- Elaborazione Mappe & Grafici	
ID	MC-FMM-004
Nome	Elaborazione Mappe & Grafici
Descrizione	Il componente “Meteorological Prognostic Model” può optionalmente essere in grado di presentare le variabili meteorologiche principali in mappe dell’area di interesse o grafici in funzione del tempo in alcuni punti recettori.
Motivazione	Possibilità aggiuntiva di visualizzazione delle elaborazioni



Catena modellistica - Forecasting Meteorological Model- Elaborazione Mappe & Grafici	
	prodotte.
Tipo	F
Priorità	C

Tabella 78: Requisito MC-FMM-004 (elaborazione mappe & grafici).

Air Quality Level Forecaster (AQLF)

Il componente “Air Quality Level Forecaster” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione previsionale complessa che ha il compito di generare le previsioni di qualità dell’aria.

Catena modellistica - Air Quality Level Forecaster - Input Data Set (real-time)	
ID	MC-AQLF-001
Nome	Input Data Set (real-time)
Descrizione	Il componente “Air Quality Level Forecaster” deve seguire gli stessi requisiti funzionali del componente “Air Quality Level Estimator”. L’unica differenza riguarda i dati di input: anziché essere alimentato in continuo con le emissioni stimate ed i dati meteorologici correnti, esso viene alimentato con la previsione delle emissioni di traffico generate (fornite dal componente Emission Forecaster) e con la previsione delle condizioni meteorologiche (fornite dal componente “Meteorological Prognostic Model”)
Motivazione	Ottimizzazione delle attività di implementazione: il modulo di calcolo della dispersione della qualità dell’aria può essere facilmente declinato in modalità prognostica.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 79: Requisito MC-AQLF-001 (input data set - real-time).

Catena modellistica - Air Quality Level Forecaster - Output Data Set	
ID	MC-AQLF-002
Nome	Output Data Set
Descrizione	L’output generato dal componente “Air Quality Level Forecaster” deve coincidere con l’output indicato nel requisito MC-AQLE-001 (MC-AQLE-002). Risoluzione e orizzonte temporale della previsione devono essere declinati secondo quanto specificato per il componente “Emission Forecaster”, come indicato nel requisito MC-EF-002.
Motivazione	Il calcolo della dispersione degli inquinanti deve seguire



Catena modellistica - Air Quality Level Forecaster - Output Data Set	
	completamente le diverse logiche definite per l'elaborazione delle previsioni delle emissioni di inquinanti (e di traffico).
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 80: Requisito MC-AQLF-002 (output data set).

Catena modellistica - Air Quality Level Forecaster - Bollettini Previsionali	
ID	MC-AQLF-003
Nome	Bollettini Previsionali
Descrizione	Nel caso di accoppiamento con i bollettini di traffico e relative stime emissive, la stima previsionale di qualità dell'aria viene elaborata anche in relazione a ciascun scenario di traffico che viene elaborato secondo quanto specificato al requisito MC-TFE-005.
Motivazione	In questo modo ogni scenario elaborato è caratterizzato completamente nelle variabili "traffico" - "emissioni" - "qualità dell'aria"
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 81: Requisito MC-AQLF-003 (bollettini previsionali).

B3 / B5 Policy Trigger (B35PT)

Il componente "B3 / B5 Policy Trigger" è da intendersi come un'unità logica di elaborazione che sulla base delle elaborazioni effettuate dai componenti "Traffic Simple Elaborator", "Traffic Status Analyzer", "Emission Calculator", "Traffic Forecasting Engine" ed "Emission Forecaster" nonché di altre informazioni in tempo reale disponibili (es. livello di occupazione dei parcheggi cittadini, eventi traffico ecc.) effettua delle elaborazioni che consentono di suggerire l'attivazione o meno di una politica dinamica di gestione del traffico autostradale per motivi viabilistici e/o una politica di gestione integrata del traffico.

Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Raccomandazione Giorno Successivo	
ID	MC-B35PT-001
Nome	Raccomandazione Giorno Successivo
Descrizione	La raccomandazione del tipo di politica da adottare per il giorno successivo è strettamente legata all'elaborazione di cui al requisito MC-TFE-003, ripetuta nei diversi scenari come indicato nel requisito MC-TFE-005. Questa valutazione tiene conto anche



Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Raccomandazione Giorno Successivo

	delle corrispondenti elaborazioni effettuate dal componente "Emission Forecaster". Sulla base di obiettivi "target" giornalieri di traffico / emissioni prefissati, questa componente ha sostanzialmente il compito di scegliere lo scenario più appropriato per affrontare la giornata successiva, e di conseguenza le specifiche della politica di controllo associata. Questo tipo di raccomandazione deve essere effettuata, nell'implementazione specifica di progetto, con riferimento a tutto il corridoio BLEC-ENV e con un focus particolare ai tre tratti BLEC-LEZ, inclusi laddove possibile i tratti di viabilità ordinaria di attraversamento dei centri di Bolzano, Trento e Rovereto.
Motivazione	Questo post-processamento applicato ai risultati delle elaborazioni previsionali consente di semplificare le indicazioni da fornire agli addetti della centrale operativa
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 82: Requisito MC-B35PT-001 (raccomandazione del giorno successivo).

Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)

ID	MC-B35PT-002
Nome	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)
Descrizione	Questo componente deve essere in grado di valutare in tempo reale, con la minore risoluzione temporale possibile (5 minuti), gli output delle elaborazioni forniti dalle componenti "Traffic Simple Elaborator" e "Traffic Status Analyzer" per fornire un'indicazione della necessità o meno di attivare delle politiche di riduzione dinamica della velocità. Tale valutazione deve avvenire secondo logiche automatizzate basate su criteri oggettivi quantitativi , come ad es. il <u>superamento del numero di veicoli equivalenti in transito nella corsia di sorpasso rispetto a quelli nella corsia di marcia</u> . Appropriati meccanismi dovranno essere definiti per evitare situazioni di isteresi . L'output restituito da questa elaborazione è duplice: la raccomandazione della misura da attivare e la condizione per cui tale raccomandazione viene suggerita. Sono dunque da prevedere meccanismi di mapping per associare condizioni e raccomandazioni.
Motivazione	Questo controllo è necessario in modo da fornire un'immediata e completa segnalazione agli addetti della centrale operativa.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 83: Requisito MC-B35PT-002 (attivazione real-time limiti velocità - modalità reattiva).



Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)

ID	MC-B35PT-003
Nome	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)
Descrizione	Lo stesso tipo di elaborazione di cui al requisito MC-B35PT-002 deve essere anche possibile considerando in input le elaborazioni effettuate dal componente Traffic Forecasting Engine, in particolare quelle di cui ai requisiti MC-TFE-001 e MC-TFE-002. In questo caso gli output previsionali potrebbero portare non tanto alla generazione automatica di una raccomandazione da attuare immediatamente quanto ad un'indicazione del fatto che a breve si potranno raggiungere quelle condizioni per cui potrà essere necessario attivare una politica di riduzione dinamica della velocità.
Motivazione	Questa funzionalità consente di fornire un'informazione anticipata agli addetti della centrale operativa rispetto al raggiungimento di certe condizioni critiche, consentendo di avere del tempo prezioso per l'attivazione delle politiche di gestione dinamica del traffico nel momento in cui questo sarà ritenuto necessario.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 84: Requisito MC-B35PT-003 (attivazione real-time limiti velocità - modalità proattiva).

Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico

ID	MC-B35PT-004
Nome	Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico
Descrizione	Questo componente ha anche il compito di monitorare in tempo reale tutta una serie di dati ed elaborazioni di traffico (ed emissioni) in tempo reale riguardanti non solo i tratti autostradali BLEC-LEZ (ed eventualmente quelli attigui), ma anche, dove disponibile, le tratte di viabilità ordinaria per l'attraversamento dei centri urbani. Sulla base di soglie predefinite, è possibile raccomandare agli operatori di centrale (sia quelli di A22 che quelli di altri TMC) l'attivazione di una certa politica di gestione integrata del traffico. Ad esempio, in caso di scarsa disponibilità delle aree di parcheggio nella zona centro, può essere suggerito di attivare la misura di segnaletica dinamica sui PMV, anche in sede autostradale. Oppure, in caso di evento di traffico o di condizioni emissive particolarmente preoccupanti, può essere deciso di obbligare i mezzi più inquinanti ad attraversare il centro urbano attraverso l'arteria autostradale. Questo tipo di logiche può essere implementata



Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico

	sia in modalità reattiva che proattiva, sfruttando anche tecniche previsionali già disponibili come quella di previsione di occupazione dei parcheggi.
Motivazione	Grazie a questa funzionalità è possibile fornire agli operatori di centrale sia di A22 che delle zone cittadine coinvolte delle raccomandazioni su quale politiche di controllo attuare per gestire al meglio le condizioni correnti di traffico.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 85: Requisito MC-B35PT-004 (Attivazione Politiche di Gestione Integrata del Traffico).

Catena modellistica - B3 / B5 Policy Trigger - Interfacciamento con altri sistemi

ID	MC-B35PT-005
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Gli output generati dal componente “B3 / B5 Policy Trigger” vengono restituiti attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON.
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l’integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo. Grazie a questo tipo di interfacciamento la visualizzazione delle raccomandazioni all’interno del Decision Support System (DSS) risultano essere estremamente semplici.
Tipo	I
Priorità	M

Tabella 86: Requisito MC-B35PT-005 (interfacciamento con altri sistemi).

B4 Policy Trigger

Il componente “B4 Policy Trigger” è da intendersi come un’unità logica di elaborazione che sulla base delle elaborazioni effettuate dai componenti “Traffic Simple Elaborator”, “Traffic Status Analyzer”, “Emission Calculator”, “Air Quality Level Estimator”, “Traffic Forecasting Engine”, “Emission Forecaster” ed “Air Quality Level Forecaster” effettua delle elaborazioni che consentono di suggerire l’attivazione o meno di una politica dinamica di gestione del traffico autostradale per motivi ambientali.

Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Raccomandazione Giorno Successivo

ID	MC-B4PT-001
-----------	--------------------



Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Raccomandazione Giorno Successivo

Nome	Raccomandazione Giorno Successivo
Descrizione	La raccomandazione del tipo di politica da adottare per il giorno successivo è strettamente legata all'elaborazione di cui al requisito MC-AQLF-002, ripetuta nei diversi scenari come indicato nel requisito MC-AQLF-003. Sulla base di obiettivi "target" annuale di qualità dell'aria prefissati (es. media annuale di NO ₂ pari a 40 µg/m ³ in corrispondenza di punti recettori definiti), questa componente ha sostanzialmente il compito di scegliere lo scenario più appropriato per affrontare la giornata successiva, e di conseguenza le specifiche della politica di controllo associata.
Motivazione	Questo post-processamento applicato ai risultati delle elaborazioni previsionali consente di semplificare le indicazioni da fornire agli addetti della centrale operativa
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 87: Requisito MC-B4PT-001 (raccomandazione del giorno successivo).

Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)

ID	MC-B4PT-002
Nome	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)
Descrizione	Questo componente deve essere in grado di valutare in tempo reale, con la maggiore risoluzione temporale possibile, gli output del sistema di monitoraggio in tempo reale della qualità dell'aria (compresi gli output del modello di dispersione) per fornire un'indicazione della necessità o meno di attivare delle politiche di riduzione dinamica della velocità. La scelta della risoluzione temporale dovrà essere valutata empiricamente in modo da garantire una certa stabilità delle condizioni di qualità dell'aria (es. 30 minuti / 1 ora). Tale valutazione deve avvenire secondo logiche automatizzate basate sui seguenti criteri oggettivi quantitativi , come ad es. il <u>superamento di certe soglie critiche stagionali nei valori misurati di certi inquinanti dell'aria misurati in corrispondenza di certi punti recettori</u> ; L'output restituito da questa elaborazione è duplice: la raccomandazione della misura da attivare e la condizione per cui tale raccomandazione viene suggerita. Sono dunque da prevedere meccanismi di mapping per associare condizioni e raccomandazioni.
Motivazione	Questo controllo è necessario in modo da fornire un'immediata e completa segnalazione agli addetti della centrale operativa.



Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità reattiva)

Tipo	F
Priorità	M

Tabella 88: Requisito MC-B4PT-002 (attivazione real-time limiti velocità - modalità reattiva).

Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)

ID	MC-B4PT-003
Nome	Attivazione Real-Time Limiti Velocità (modalità proattiva)
Descrizione	Lo stesso tipo di elaborazione di cui al requisito MC-B4PT-002 deve essere anche possibile considerando in input le previsioni del componente AQLF. In questo caso gli output previsionali potrebbero portare non tanto alla generazione automatica di una raccomandazione da attuare immediatamente quanto ad un'indicazione del fatto che a breve si potranno raggiungere quelle condizioni per cui potrà essere necessario attivare una politica di riduzione dinamica della velocità.
Motivazione	Questa funzionalità consente di fornire un'informazione anticipata agli addetti della centrale operativa rispetto al raggiungimento di certe condizioni critiche, consentendo di avere del tempo prezioso per l'attivazione delle politiche di gestione dinamica del traffico nel momento in cui questo sarà ritenuto necessario.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 89: Requisito MC-B4PT-003 (attivazione real-time limiti velocità - modalità proattiva).

Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Interfacciamento con altri sistemi

ID	MC-B4PT-004
Nome	Interfacciamento con altri sistemi
Descrizione	Gli output generati dal componente "B4 Policy Trigger" vengono restituiti attraverso un API REST sviluppata in linguaggio JSON.
Motivazione	Si propone di utilizzare un API molto semplice e compatta per l'integrazione delle elaborazioni prodotte da questo componente nella Big Data Hub Platform. La stessa piattaforma esporrà queste elaborazioni nello stesso modo. Grazie a questo tipo di interfacciamento le logiche da implementare all'interno del Decision Support System (DSS) risultano essere estremamente semplici.
Tipo	I



Catena modellistica - B4 Policy Trigger - Interfacciamento con altri sistemi

Priorità	M
----------	---

Tabella 90: Requisito MC-B4PT-004 (interfacciamento con altri sistemi).

3.2.2 Requisiti relativi agli applicativi per l'utente finale

L'elenco dei requisiti relativi agli applicativi per l'utente finale, dettagliati per singola applicazione, è riportato in Tabella 91. Il dettaglio di ogni singolo requisito è illustrato nelle tabelle successive.

Elenco Requisiti - applicativi per l'utente finale (APP)					
Decision Support System (DSS)	APP-DSS-001	Set di Contenuti	F	M	
	APP-DSS-002	Funzionalità Sezione "Grafici"	F	M	
	APP-DSS-003	Funzionalità Sezione "Mappa"	F	M	
	APP-DSS-004	Funzionalità Sezione "Raccomandazioni"	F	M	
	APP-DSS-005	Tipologia di Applicazione	NF	M	
	APP-DSS-006	Meccanismo di Autenticazione Utente	NF	M	
	APP-DSS-007	Prestazioni di Visualizzazione	P	M	
Travel Times Visualizer (TTV)	APP-TTV-001	Set di Contenuti	F	M	
	APP-TTV-002	Tipologia di Applicazione	NF	M	

Tabella 91: Elenco dei requisiti relativi agli applicativi per l'utente finale.

Decision Support System (DSS)

Il Decision Support System (DSS) è l'applicativo destinato agli addetti ai lavori (in primis, gli operatori del CAU e degli altri centri di controllo del traffico coinvolti) che ha il compito di supportare le attività di gestione e controllo del traffico fornendo dati, informazioni e raccomandazioni sulle misure da mettere in campo.

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Set di Contenuti	
ID	APP-DSS-001
Nome	Set di Contenuti
Descrizione	Il DSS deve essere caratterizzato dalla presenza delle seguenti tre sezioni: <ul style="list-style-type: none">sezione "grafici", in cui è possibile visualizzare in formato di grafici serie temporali di dati ed informazioni elaborate;sezione "mappe", in cui è possibile visualizzare su mappa sia gli output 2D (es. mappa di concentrazione degli inquinanti) che una rappresentazione grafica dei valori misurati dalle stazioni puntuali;



Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Set di Contenuti	
	<ul style="list-style-type: none">• sezione “raccomandazioni”, in cui è possibile visualizzare un elenco delle raccomandazioni di politiche di controllo del traffico suggerite dal sistema.
Motivazione	Presentazione organizzata dei contenuti e funzionali ai possibili diversi utilizzi da parte dell'utente target.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 92: Requisito APP-DSS-001 (*set di contenuti*).

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Funzionalità Sezione “Grafici”	
ID	APP-DSS-002
Nome	Funzionalità Sezione “Grafici”
Descrizione	La sezione “Grafici” deve essere caratterizzata dalle seguenti funzionalità: <ul style="list-style-type: none">• menù con possibilità di selezionare (nell’ordine)<ul style="list-style-type: none">◦ tipologia di dato (es. “qualità dell’aria”)◦ sorgente dati (es. stazione ML103)◦ parametro (es. misure PM10)Una volta selezionato il parametro viene presentato il grafico con la serie temporale richiesta. Tramite il menù deve essere possibile aggiungere e togliere, con un clic, parametri relativi a sorgenti e tipologie di dato diversi, in modo da poter effettuare confronti visivi;• pulsante per permettere ai grafici di aggiornarsi automaticamente con gli ultimi dati in tempo reale• pulsante per settare la finestra temporale rispetto alla quale richiedere i dati (opzione di default: una settimana; finestra massima: un mese);• pulsante per permettere di esportare i dati richiesti in formato .csv.
Motivazione	Consultazione semplice ma funzionale di tutti i dati ed informazione elaborate ritenute rilevanti ed utili. Pensata principalmente per un approfondimento ex-post delle condizioni osservate
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 93: Requisito APP-DSS-002 (*Funzionalità Sezione “Grafici”*).

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Funzionalità Sezione “Mappa”	
ID	APP-DSS-003
Nome	Funzionalità Sezione “Mappa”
Descrizione	La sezione “Mappa” deve essere caratterizzata dalle seguenti funzionalità: <ul style="list-style-type: none">• menù con possibilità di selezionare diversi layer informativi (sia 1D -



Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Funzionalità Sezione “Mappa”

	<p>stazioni fisse di rilevamento, sia 2D, mappe);</p> <ul style="list-style-type: none">• iconcine relative ai layer 1D immediatamente rappresentative della situazione attuale (es. diverse colorazioni in funzione di alcuni valori soglia associati ad alcuni parametri).• tooltip relative ai layer 1D che presentano i valori dei parametri associati più importanti in tempo reale (o più aggiornati), comprensivi di timestamp. Possibilità attraverso un bottone di aprire la sezione “Grafici” con immediata visualizzazione dei dati associati alla stazione;• mappe inclusive di legenda per la caratterizzazione delle scale cromatiche utilizzate per la rappresentazione dei valori calcolati.
Motivazione	Consultazione semplice ma funzionale di tutti i dati ed informazioni elaborate ritenute rilevanti ed utili. Pensata principalmente per un consulto immediato della situazione attuale di riferimento, da effettuarsi a valle di una raccomandazione ricevuta.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 94: Requisito APP-DSS-003 (Funzionalità Sezione “Mappa”).

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Funzionalità Sezione “Raccomandazioni”

ID	APP-DSS-004
Nome	Funzionalità Sezione “Raccomandazioni”
Descrizione	La sezione “Raccomandazioni”, da visualizzare per default nel momento in cui l’utente accede nel sistema, deve essere caratterizzata dalle seguenti funzionalità: <ul style="list-style-type: none">• tabella base con tutte le ultime raccomandazioni generate automaticamente dal sistema (inclusive delle condizioni che le hanno generate), classificate in funzione della tipologia (es. B3 / B4 / B5), immediatamente presentata in fase di accesso. Le raccomandazioni del giorno corrente devono essere messe in evidenza, ad es. cromaticamente, rispetto a quelle dei giorni precedenti;• menù con possibilità di selezionare solo le raccomandazioni di una o più tipologia;• pulsante per settare la finestra temporale rispetto alla quale richiedere le raccomandazioni (opzione di default: una settimana; finestra massima: un mese);• pulsante per permettere di esportare le raccomandazioni visualizzate in formato .csv.
Motivazione	Consultazione semplice ma funzionale delle raccomandazioni automatiche generate dal sistema, pensata per essere visualizzata per prima durante un utilizzo in tempo reale del



Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Funzionalità Sezione "Raccomandazioni"

	DSS.
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 95: Requisito APP-DSS-004 (Funzionalità Sezione "Raccomandazioni").

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Tipologia di Applicazione

ID	APP-DSS-005
Nome	Tipologia di Applicazione
Descrizione	Il DSS deve essere sviluppato come web-application responsive, in grado di garantirne una corretta fruibilità almeno via tablet che PC attraverso i più moderni browser in commercio.
Motivazione	La soluzione web-application è quella che garantisce il migliore costo / beneficio, dal momento che non è necessario sviluppare soluzioni ad-hoc per i diversi sistemi operativi né installare software sui terminali client.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 96: Requisito APP-DSS-005 (Tipologia di Applicazione).

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Meccanismo di Autenticazione Utente

ID	APP-DSS-006
Nome	Meccanismo di Autenticazione Utente
Descrizione	L'accesso al DSS deve essere possibile a valle di un semplice processo di autenticazione dell'utente basato su username e password.
Motivazione	Questo meccanismo consente di limitare l'accesso all'applicativo solo ad utenti autorizzati.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 97: Requisito APP-DSS-006 (Meccanismo di Autenticazione Utente).

Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Prestazioni di Visualizzazione

ID	APP-DSS-007
Nome	Prestazioni di Visualizzazione



Applicativi per l'utente finale- Decision Support System - Prestazioni di Visualizzazione

Descrizione	Il DSS deve garantire elevate performance nella visualizzazione dei dati, almeno nelle modalità default di presentazione di dati, informazioni e raccomandazioni elencati nei requisiti precedenti. In caso di necessità vanno previsti opportuni meccanismi di caching per ottimizzare i tempi di richiesta all'API esposta dalla piattaforma dati.
Motivazione	Il mancato rispetto di questo requisito potrebbe determinare una bassa user experience ed un non utilizzo dell'applicativo.
Tipo	P
Priorità	M

Tabella 98: Requisito APP-DSS-007 (Prestazioni di Visualizzazione).

Travel Times Visualizer - TTV

Il Travel Times Visualizer (TTV) è un applicativo destinato agli utenti della strada ed ha lo scopo di fornire una panoramica in tempo reale dei tempi di percorrenza misurati sul tracciato autostradale, a confronto con quello alternativo in viabilità ordinaria.

Applicativi per l'utente finale- Travel Times Visualizer - Set di Contenuti	
ID	APP-TTV-001
Nome	Set di Contenuti
Descrizione	Il TTV deve essere caratterizzato da un'unica sezione, così organizzata: <ul style="list-style-type: none">• da un lato, due copie di box, una relativa all'<u>autostrada</u> ed uno al percorso alternativo in <u>viabilità ordinaria</u>, attraverso i quali l'utente può selezionare da un menù <u>origine e destinazione</u> di riferimento, corrispondenti rispettivamente a caselli autostradali (o punti di installazione delle boe telepass) o punti di installazione dei dispositivi di rilevamento Bluetooth. Nel momento in cui viene inserita una coppia di box l'applicativo restituisce l'informazione con il <u>tempo di percorrenza</u> più recente disponibile (corredato di timestamp);• dall'altro lato, una mappa, inizialmente vuota, su cui viene rappresentato, nel momento in cui l'output viene generato, il percorso di riferimento associato alla coppia origine / destinazione, colorato in funzione del valore del tempo di percorrenza, secondo una scala valori predefinita e presentata in legenda all'utente.
Motivazione	Presentazione compatta delle informazioni disponibili, secondo una user experience simile a quella di applicativi noti (es.



Applicativi per l'utente finale- Travel Times Visualizer - Set di Contenuti

	Google Traffic)
Tipo	F
Priorità	M

Tabella 99: Requisito APP-TTV-001 (set di contenuti).

Applicativi per l'utente finale- Travel Times Visualizer - Tipologia di Applicazione

ID	APP-TTV-002
Nome	Tipologia di Applicazione
Descrizione	Il TTV deve essere sviluppato come web-application responsive, in grado di garantirne una corretta fruibilità via smartphone, tablet e PC attraverso i più moderni browser in commercio.
Motivazione	La soluzione web-application è quella che garantisce il migliore costo / beneficio, dal momento che in questo modo non è necessario sviluppare "apps" ad-hoc per i diversi sistemi operativi mobili.
Tipo	NF
Priorità	M

Tabella 100: Requisito APP-TTV-002 (Tipologia di Applicazione).



4 Piattaforma telematica, interfacce dati e catena modellistica

Questo capitolo offre una sintesi del risultato della attività iniziali di preparazione della piattaforma telematica alla base del sistema BrennerLEC e di definizione delle modalità tecniche di trasferimento dei dati verso di essa.

4.1 Preparazione della piattaforma telematica

La piattaforma telematica rappresenta il sistema centrale in cui i flussi di dati provenienti dalle varie sorgenti di misura vengono gestiti ed integrati, ed ha il compito di interagire con la catena modellistica (che può essere eseguita in uno o più ambienti differenti), secondo quanto specificato al capitolo precedente.

4.1.1 La piattaforma telematica realizzata nel progetto “INTEGREEN”

Nei primi mesi di progetto tale piattaforma è stata opportunamente predisposta e configurata in modo da permettere le attività di sviluppo previste nell’Azione B2. La piattaforma si basa sull’esperienza effettuata da IDM nell’ambito del progetto ENV/IT/389 “INTEGREEN”, in cui era stata predisposta un’architettura informativa standard per la raccolta, la gestione, l’elaborazione e la pubblicazione di dati ed informazioni relative a condizioni di traffico e di qualità dell’aria [12], schematizzata in Figura 36.

Una delle principali particolarità del sistema sviluppato riguarda il completo utilizzo di componenti open: in particolare, **PostgreSQL** (e la sua declinazione spaziale PostGIS) per il database, **Tomcat** come application server per l’esecuzione degli applicativi Java di lettura / scrittura.

4.1.2 Una breve introduzione ad Amazon Web Services

L’attività di preparazione principale che è stata condotta in quest’azione è stata quella di migrare la piattaforma in un ambiente “**Platform-as-a-Service**” (PaaS), ossia in ambiente cloud facilmente gestibile e scalabile in termini di performance in grado di rendere trasparenti le complessità legate alle risorse hardware necessarie per il funzionamento degli applicativi ivi eseguiti. In INTEGREEN la piattaforma era infatti gestita su due server interni differenti, uno per la gestione di tutti gli applicativi di lettura / scrittura al database “slave”, ed uno dedicato per le elaborazioni e per il “database” master.

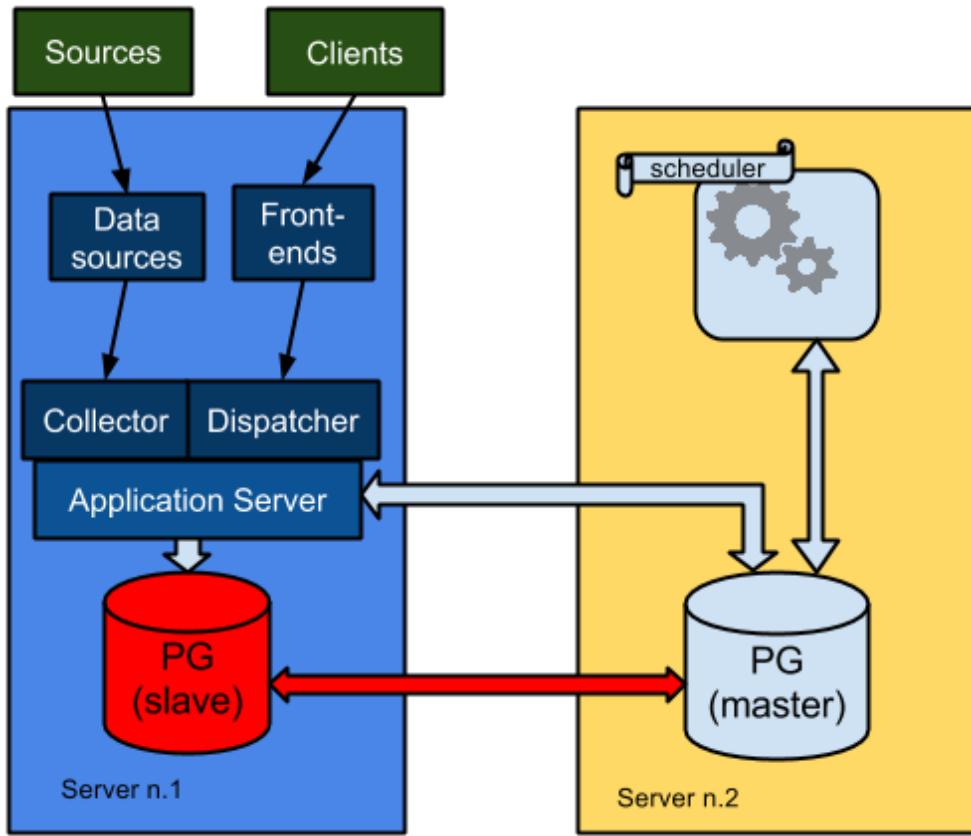


Figura 36: Architettura della piattaforma sviluppata nell'ambito del progetto LIFE ENV/IT/389 "INTEGREEN" da IDM.

La decisione è stata quella di migrare tale piattaforma su **Amazon Web Services** (AWS), che fornisce ad oggi l'offerta PaaS più completa, conveniente ed utilizzata in circolazione. Tra i vari servizi oggi disponibili, di interesse per l'applicazione corrente sono i seguenti:

- **Simple Storage Service (S3)**, il primo web-service messo sul mercato, consente di gestire su un cloud dei dati con diverse modalità e livelli di servizio (es. *high durability*, *versioning*, ecc.). Lo scambio dati avviene in modalità REST, ed è possibile integrarsi con qualsiasi linguaggio di programmazione sviluppato in qualsiasi ambiente di sviluppo. La gestione di questi servizi può avvenire sia attraverso una specifica linea di comando, ma anche con una semplice interfaccia grafica accessibile via web. I costi variano a seconda dello spazio utilizzato e del numero di operazioni che vengono mediamente realizzate.
- **Elastic Compute Cloud (EC2)** in realtà non offre un servizio PaaS ma IaaS ("Infrastructure-as-a-Service"). Nello specifico è possibile creare e lanciare delle



macchine virtuali, su cui testare ed eseguire i propri applicativi. Le macchine virtuali possono essere configurata manualmente oppure essere scelte tra alcune standard (*Amazon Machine Image* - AMI) messe a disposizione da Amazon. Le diverse macchine sono codificate in termini di diversi parametri (es. RAM, numero di core, ecc.). Lo spazio su disco è gestito con un sotto-servizio chiamato **Elastic Block Device (EBS)**. Tra le funzionalità offerte, è da sottolineare quella del **load balancing**, che consente di gestire automaticamente il numero di istanze di una certa applicazione così da evitare qualsiasi problema di downtime. E' ancora più interessante il fatto che Amazon preveda un servizio PaaS basato su EC2 chiamato **Elastic Beanstalk**, che permette il deployment di applicativi web, con un'offerta che include application server Tomcat su Java. Nella pratica, AWS consente di caricare i file WAR (eseguibili Java) su S3 e di lanciare un opportuno numero di istanze EC2 con Tomcat preconfigurato. Il tutto ad un prezzo legato ai soli servizi S3 ed EC2.

- **RDS** mette a disposizione server database managed, tra cui Postgres. Il server può essere gestito in modalità “**single-AZ**”, ossia con un'unica istanza in una certa AZ, oppure “**multi-AZ**”, che prevede la presenza di due istanze in due AZ diverse. Le due istanze sono in replicazione sincrona, e permette di avere tempi brevi di downtime se il database primario dovesse avere dei problemi (in questo caso viene fatto uno switch in automatico al database secondario).

Una delle particolarità di AWS è nelle modalità con cui tale offerta PaaS è gestita. L'offerta è distribuita in 16 regioni nel mondo, che sono note. Ogni regione contiene almeno 2 data center, chiamati “*availability zones*” (AZs). L'utente può scegliere la regione su cui gestire a livello cloud i propri dati. La scelta delle AZs viene invece fatta da AWS, in funzione anche delle richieste di livelli di servizio da parte dell'utente (es. servizi con *high durability* sono sempre replicate su due Azs). Il pagamento per i servizi offerti avviene invece sempre dalla sede americana di Amazon.

4.1.3 La migrazione della piattaforma su Amazon Web Services

La particolarità dell'offerta AWS ha determinato una sostanziale revisione dell'architettura informatica con cui la piattaforma era stata originalmente concepita. Le modifiche sostanziali, illustrate graficamente in Figura 37 e che garantiscono al tempo stesso un'ottimizzazione dei costi, sono le seguenti:

- **un'unica istanza del database** al posto delle due precedentemente previste. Questo è possibile utilizzando un server RDS in modalità “multi-AZ”;

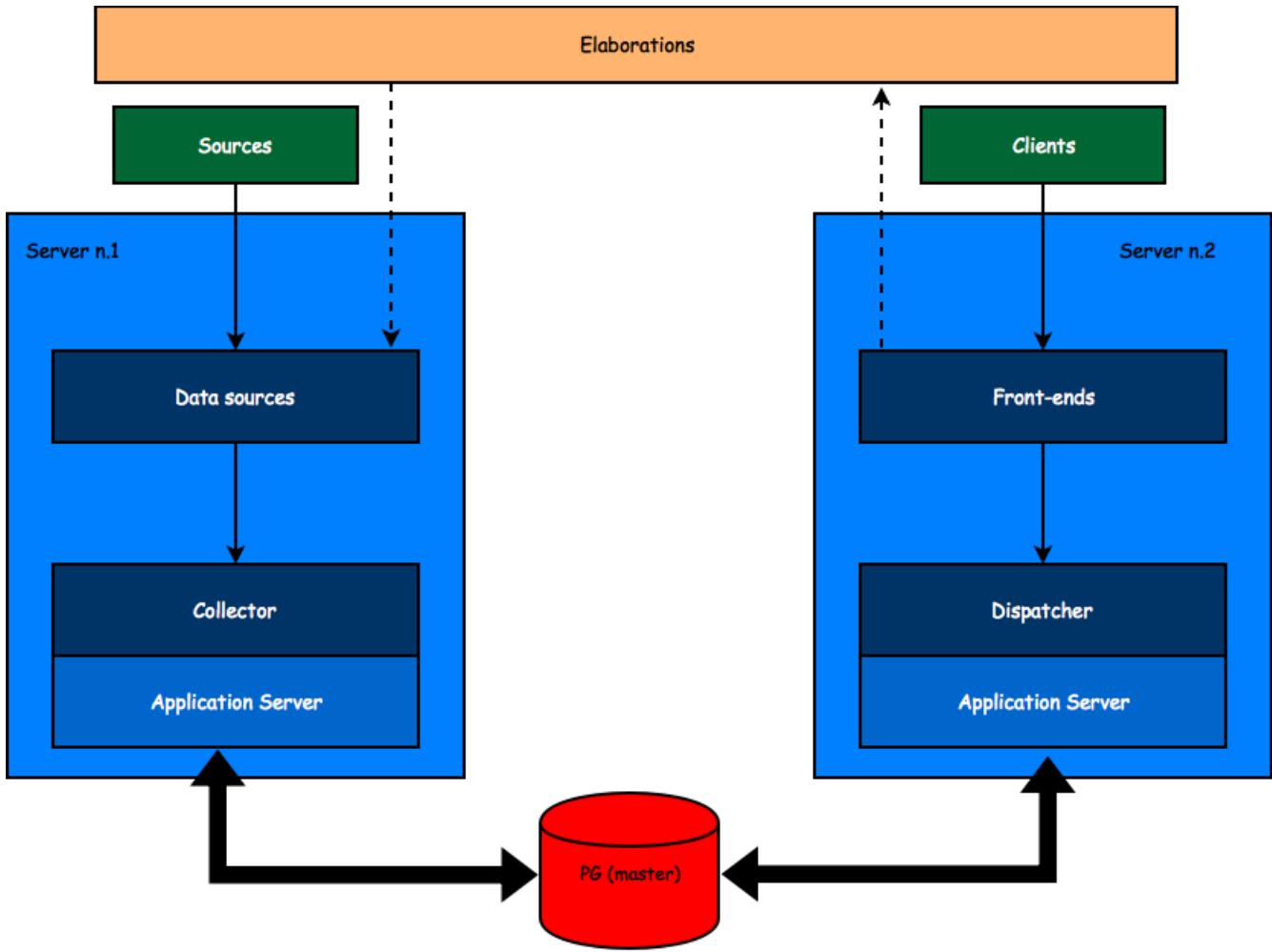


Figura 37: Architettura della piattaforma alla base del sistema BrennerLEC, eseguita su Amazon Web Service.

- **una suddivisione dei due application server**, che oltre a fornire maggiore affidabilità in termini di indipendenza tra le catene di scrittura e lettura dei dati, ha il vantaggio di poter prevedere una diversa configurazione specifica per le diverse esigenze applicative:
 - **application server per componente di scrittura dei dati nel database**: il carico totale del traffico medio è definito a priori, in quanto i dati vengono interrogati periodicamente dalle diverse sorgenti esterne. In questo modo è possibile configurare il server in funzione di questo carico fisso;



- **application server per componente di lettura dei dati dal database:** in questo caso il carico può essere variabile, perché dipende dal numero di applicativi esterni e dai relativi utilizzatori che si vogliono interfacciare con la piattaforma. In questo caso è possibile gestire questa complessità con le funzionalità **load balancing** ed **auto-scaling**, così che sia possibile variare le prestazioni del server in modo dinamico in funzione delle esigenze correnti.

La piattaforma, così configurata, garantisce quindi tutto quel supporto di base necessario per le implementazioni e le prestazioni richieste dal progetto. Durante la fase di migrazione, molte delle componenti software sviluppate sono state ottimizzate, reingenierizzate ed armonizzate dal punto di vista del linguaggio di programmazione utilizzato, in modo da garantirne una più semplice gestibilità in futuro. Grazie a questo lavoro, ora tutti i componenti sono in Java, e grazie all'utilizzo di librerie comuni, la scrittura di nuove funzionalità e componenti è diventata molto più semplice e veloce. Inoltre tutti gli scambi dati all'interno della piattaforma avvengono nella più efficace modalità REST, anziché XML-RPC come precedentemente utilizzato.

4.2 Progettazione delle interfacce dati

4.2.1 CAU A22

La gestione del servizio autostradale è realizzata principalmente per mezzo della Centrale Assistenza Utenti (CAU), che ha sede a Trento in prossimità del casello di Trento Centro. La centrale, attiva nella versione attuale dal 2012, è tecnicamente un "**Traffic Management Center**" (TMC), che oltre ad occuparsi delle attività di controllo del traffico autostradale ("*Traffic Control Center*"- TCC) ha il compito di diffondere le informazioni sulla viabilità all'utenza autostradale ("*Traffic Information Center*" - TIC).

A livello tecnologico, la centrale è dotata di un Sistema di Supervisione che consente di effettuare la gestione integrata di una serie di sistemi ed apparati funzionali allo svolgimento di questi compiti. Allo stato attuale sono gestiti:

- 198 telecamere per il controllo del traffico ed il monitoraggio AID (*Automatic Incident Detection*) delle gallerie;
- 35 stazioni di rilevamento traffico;
- 18 sezioni di rilevamento dei tempi di percorrenza;
- 25 stazioni di rilevamento di dati meteorologici;
- 403 colonnine SOS;
- 23 cabine di gestione dell'impianto nebbia;



Figura 38: La sala di controllo del CAU A22.

- 32 sistemi di monitoraggio della presenza di veicoli in contromano, installati presso aree di servizio, stazioni e parcheggi.

Per disporre a livello di piattaforma telematica i dati storici ed in tempo reale raccolti dal Sistema di Supervisione è stato definito un web service, in grado di esporre dati relativi ai seguenti tematismi:

- **traffico;**
- **messaggistica esposta sui Pannelli a Messaggio Variabile (PMV);**
- **tempi di percorrenza;**
- **stazioni meteorologiche;**
- **eventi.**

Il web service, che verrà sviluppato all'inizio dell'Azione B2, proposto si basa su architettura **REST**, utilizzando i metodi di comunicazione **HTTP / HTTPS** (come illustrato in Tabella 101) e restituendo i dati in formato **JSON**.



Metodi HTTP - web service CAU A22

GET	Restituisce le informazioni per una singola risorsa o per una lista di risorse.
POST	Permette di richiedere le informazioni di singole risorse (o liste di risorse) specificando dei parametri in ingresso.
PUT	Permette di aggiornare una singola risorsa.
DELETE	Permette di cancellare una singola risorsa. Permette di cancellare una sottoscrizione.

Tabella 101: Elenco dei metodi HTTP esposti dal web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Ogni risorsa viene rappresentata da un URI, organizzato come segue:

schema://dominio:porta/percorso?query

Schema URI - web service CAU A22

Schema	Protocollo di comunicazione: HTTP o HTTPS
Dominio	Indirizzo della macchina che ospita il servizio
Port	Porta di comunicazione: 8080 per HTTP o 8443 per HTTPS
Percorso	Percorso della risorsa (es. /servizio/eventi/) ed eventuali sotto percorsi
Query	Campo opzionale. Dipende dalle risorse

Tabella 102: Struttura dell'URI per l'accesso al web-service di interfacciamento con il CAU A22.

I codici di risposta ottenibili a seguito di un'interrogazione del web-service sono riassunti in Tabella 103.

Codici di risposta HTTP - web service CAU A22

Codice	Significato	Descrizione
200	OK	La richiesta è stata correttamente processata
400	Richiesta errata	La richiesta non può essere soddisfatta dal servizio. Possibili errori di sintassi
401	Non autorizzato	Il token di accesso alle risorse è scaduto o non valido
404	Non trovato	La risorsa richiesta non è stata trovata all'interno del servizio

Tabella 103: Codici HTTP delle risposte erogate dal web-service di interfacciamento con il CAU A22.

L'accesso alle risorse messe a disposizione è vincolato da un **token** di accesso, fornito con un metodo specifico previa presentazione di credenziali valide. Le specifiche dei metodi per il log-in ed il log-out sono illustrate in Tabella 104 e 105, rispettivamente.



Risorsa "token", metodo di log-in - web service CAU A22

Resource path	/token		
Metodo HTTP	POST		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	Username	string	Nome utente
	Password	string	Password identificativa
Parametri OUT	Restituisce un oggetto di tipo token con la chiave di accesso per le chiamate future		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	token	string	Identificativo univoco di accesso alle risorse del servizio.
	utente	string	Descrizione dell'utente (nome cognome).
	scadenza	DateTime	Data/ora di scadenza del token.

Tabella 104: Metodo di log-in della risorsa "token" del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Risorsa "token", metodo di log-out- web service CAU A22

Resource path	/token		
Metodo HTTP	DELETE		
Parametri IN	-		
Parametri OUT	- (il log-out viene confermato con una risposta HTTP 200)		

Tabella 105: Metodo di log-out della risorsa "token" del web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Risorsa "traffico"

La risorsa traffico permette di ottenere tutte le informazioni relative ai dispositivi di rilevamento traffico installati sul tracciato autostradale e ai dati rilevati dai suddetti dispositivi. Tramite il metodo “**anagrafica**” è possibile ottenere le informazioni relative ai dispositivi di rilevamento traffico installati sul tracciato autostradale (Tabella 106).

Metodo “anagrafica” della risorsa “traffico” - web service CAU A22		
Resource path	/traffico/anagrafica	
Metodo HTTP	GET	
Richiesta autenticazione?	SI	
Parametri IN	-	
Parametri OUT	Lista di oggetti “ spira ”. Ogni oggetto di tipo “spira”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche relative ai dispositivi di rilevamento traffico installati sull’autostrada, è organizzato come segue.	
Proprietà	Tipo	Descrizione
idspira	int	Identificativo univoco della spira traffico
descrizione	string	Descrizione testuale dell’oggetto spira traffico
autostrada	string	Sigla dell’autostrada in cui è stata installata la spira traffico
iddirezione	int	Direzione (carreggiata) in cui è installata la spira traffico, secondo la convenzione illustrata in Tabella 107.
idcorsia	int	Identificativo della corsia in cui è installata la spira traffico, secondo la convenzione illustrata in Tabella 108.
latitudine	double	Posizione della spira traffico, in formato WGS84
longitudine	double	Posizione della spira traffico, in formato WGS84
metro	int	Progressiva metrica della spira traffico rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
iniziotratto	int	Progressiva metrica di inizio copertura della spira traffico rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
finetratto	int	Progressiva metrica di fine copertura della spira traffico rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata

Tabella 106: Metodo “anagrafica” della risorsa “traffico” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Convenzione per la codifica delle direzioni nella risorsa “traffico” - web service CAU A22

ID	Descrizione
1	Sud
2	Nord
3	Entrambe
4	Non definita

Tabella 107: Convenzione per la codifica delle direzioni nella risorsa “traffico” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Convenzione per la codifica delle corsie nella risorsa “traffico” - web service CAU A22

ID	Descrizione
1	Sud
2	Nord
3	Entrambe
4	Non definita

Tabella 108: Convenzione per la codifica delle corsie nella risorsa “traffico” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**transiti**” è possibile ottenere le informazioni relative ai transiti rilevati da una spira. I transiti di una spira traffico possono essere filtrati per periodo temporale, specificando la data/ora di inizio e la data/ora di fine ricerca (Tabella 109). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati.

Metodo “transiti” della risorsa “traffico” - web service CAU A22

Resource path	/traffico/transiti		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>idspira</u>	Int []	Lista delle spire traffico per le quali si vogliono ricevere i dati dei transiti.
	<u>fromData</u>	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca dei transiti.
	<u>toData</u>	DateTime	Specifica la data di fine ricerca dei transiti.
Parametri OUT	Lista di oggetti “ transito ”. Ogni oggetto di tipo “transito”, che contiene tutte le informazioni di ogni singolo transito registrato da una spira traffico, è organizzato come segue.		



Metodo “transiti” della risorsa “traffico” - web service CAU A22

	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idspira	int	Identificativo univoco della spira traffico
	data	DateTime	Data/ora di rilevamento transito
	distanza	double	Distanza dall’ultimo veicolo o gap (in secondi)
	avanzamento	double	Avanzamento del veicolo o headway (in secondi)
	velocita	int	Velocità del veicolo in transito (in km/h)
	lunghezza	int	Lunghezza del veicolo (in cm)
	assi	int	Numero degli assi del veicolo
	classe	int	Classe del veicolo
	direzione	boolean	Direzione del veicolo [0=normale, 1=inversa]
	controsenso	Boolean	Indicatore di contromano [0=normale, 1=contromano]

Tabella 109: Metodo “transiti” della risorsa “traffico” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**aggregati**” è possibile ottenere le informazioni relative ai transiti aggregati ogni 5 minuti registrati da una spira traffico. I dati possono essere richiesti secondo i filtri illustrati per il metodo “transiti” (Tabella 110).

Metodo “aggregati” della risorsa “traffico” - web service CAU A22			
Resource path	/traffico/aggregati		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	Si		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idspira	Int []	Lista delle spire traffico per le quali si vogliono ricevere i dati dei transiti.
	fromData	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca dei transiti.
	toData	DateTime	Specifica la data di fine ricerca dei transiti.
Parametri OUT	Lista di oggetti “ aggregato ”. Ogni oggetto di tipo “aggregato”, che contiene tutte le informazioni relative ai transiti aggregati, è organizzato come segue.		



Metodo “aggregati” della risorsa “traffico” - web service CAU A22

	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idspira	int	Identificativo univoco della spira traffico
	data	DateTime	Data/ora di aggregazione dei dati
	intervallo	int	Intervallo di aggregazione (in secondi)
	stato	int	Stato della spira traffico [1 = normale, 2 = guasta]
	occupazione	double	Occupazione (%). Percentuale di occupazione della corsia
	timegap	double	Time gap (gap medio)
	devstd	double	Deviazione standard rispetto alla velocità media (km/h)
	densita	double	Densità di traffico (km/h)
	nleggeri	int	Numero di veicoli leggeri
	velleggeri	double	Velocità media veicoli leggeri (km/h)
	npesanti	int	Numero di veicoli pesanti
	velpesanti	double	Velocità media veicoli pesanti (km/h)
	portata	double	Portata oraria

Tabella 110: Metodo “aggregati” della risorsa “traffico” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Risorsa “infoutenza”

La risorsa infoutenza permette di ottenere tutte le informazioni relative ai dispositivi di tipo informazione utenza (pannelli a messaggio variabile) installati lungo il tracciato autostradale e ottenere i dati relativi ai messaggi esposti sui suddetti dispositivi. Tramite il metodo “**anagrafica**” è possibile ottenere le informazioni relative ai pannelli a messaggio variabile installati sul tracciato autostradale (Tabella 111).

Metodo “anagrafica” della risorsa “infoutenza” - web service CAU A22		
Resource path	/infoutenza/anagrafica	
Metodo HTTP	GET	
Richiesta autenticazione?	SI	
Parametri IN	-	
Parametri OUT	Lista di oggetti “ PMV ”. Ogni oggetto di tipo “PMV”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche dei dispositivi di tipo PMV installati sul tracciato autostradale, è organizzato come segue.	
Proprietà	Tipo	Descrizione
idpmv	int	Identificativo univoco del pannello a messaggio variabile
descrizione	string	Descrizione testuale dell'oggetto
autostrada	string	Sigla dell'autostrada in cui è stata installato il PMV
iddirezione	int	Direzione (carreggiata) in cui è installata la spira, secondo la convenzione illustrata in Tabella 107.
latitudine	double	Posizione del PMV, in formato WGS84
longitudine	double	Posizione del PMV, in formato WGS84
metro	int	Progressiva metrica del PMV rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
iniziotratto	int	Progressiva metrica di inizio copertura del PMV rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
finetratto	int	Progressiva metrica di fine copertura del PMV rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
tipopmv	int	Identificativo della tipologia di PMV., secondo la convenzione di Tabella 112. Il numero massimo di pagine esponibili su ogni componente alfanumerico è 2.

Tabella 111: Metodo “anagrafica” della risorsa “infoutenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Convenzione per la codifica della tipologia di PMV nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

ID	Descrizione	Componenti	Rappresentazione
1	TIPO A	6 pittogrammi 3 freccia/croce	
2	LAVAGNE	1 matrice 4x20	
3	TIPO I	2 pittogrammi 1 matrice 1x10	
4	TIPO D	1 pittogramma	
5	CARRELLI MOBILI	1 matrice 4x12 1 pittogramma semafori	
7	TIPO B	2 pittogrammi	
8	VIABILITA' ORDINARIA	1 matrice 1x13 1 matrice 3x16 1 pittogramma	
9	TIPO E	1 matrice 3x20 2 pittogrammi	
10	SMALL	1 matrice 2x10 1 pittogramma	
11	MONTI E	1 matrice 3x20 1 pittogramma	



Convenzione per la codifica della tipologia di PMV nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

14	TIPO G	1 matrice 1x15 1 matrice 1x17 1 pittogramma	<table border="1"><tr><td>123456789012345</td></tr><tr><td>12345678901234567</td></tr><tr><td>12345678901234567</td></tr><tr><td>12345678901234567</td></tr></table>	123456789012345	12345678901234567	12345678901234567	12345678901234567
123456789012345							
12345678901234567							
12345678901234567							
12345678901234567							
15	TIPO L	2 pittogrammi 1 matrice 1x10 2 freccia croc	<table border="1"><tr><td>1234567890</td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>	1234567890			
1234567890							
16	VERBAINFO	1 matrice 4x15 1 pittogramma 1 semafori	<table border="1"><tr><td>123456789012</td></tr><tr><td>123456789012</td></tr><tr><td>123456789012</td></tr><tr><td>123456789012</td></tr></table>	123456789012	123456789012	123456789012	123456789012
123456789012							
123456789012							
123456789012							
123456789012							
19	PARCHEGGI	1 matrice 3x18 3 pittogrammi	<table border="1"><tr><td>123456789012345678</td></tr><tr><td>123456789012345678</td></tr><tr><td>123456789012345678</td></tr></table>	123456789012345678	123456789012345678	123456789012345678	
123456789012345678							
123456789012345678							
123456789012345678							

Tabella 112: Convenzione per la codifica della tipologia di PMV nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**esposizioni**” è possibile ottenere le informazioni relative ai messaggi esposti su un determinato pannello a messaggio variabile. I messaggi esposti su un PMV possono essere filtrati per periodo temporale (Tabella 113). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati.

Metodo “esposizioni” della risorsa “infoutenza” - web service CAU A22			
Resource path	/infoutenza/esposizioni		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>idpmv</u>	Int []	Identificativo del pannello a messaggio variabile
	<u>fromData</u>	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca dei messaggi esposti
	<u>toData</u>	DateTime	Specifica la data di fine ricerca dei messaggi esposti
Parametri OUT	Lista di oggetti “ esposizione ”. Ogni oggetto di tipo “esposizione”, che contiene tutte le informazioni relative ai messaggi esposti su un determinato PMV, è organizzato come segue.		
	Proprietà	Tipo	Descrizione



Metodo “esposizioni” della risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

	idpmv	int	Identificativo univoco del pannello a messaggio variabile
	data	DateTime	Data/ora di esposizione del messaggio sul PMV
	idcomponente	int	Identificativo del componente
	idpagina	int	Identificativo della pagina
	dati	string	Dati esposti sulla pagina del componente in questione. La codifica dei pittogrammi, delle frecce e dei semafori segue la convenzione riportata rispettivamente nelle Tabelle 114, 115 e 116.
	stato	int	Stato del componente [1=acceso, 2=spento]

Tabella 113: Metodo “esposizioni” della risorsa “infoutenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

ID	Descrizione	ID	Descrizione
0	Spento	16	Chiusura corsia di marcia
23	Coda	19	Chiusura corsia di sorpasso
25	Incidente	75	Corsie chiuse
73	Coda allo svincolo	83	Deviazione a bretella
26	Pericolo generico (fisso)	12	Uscita obbligatoria
32	Lavori in corso	236	Alpini 2012 (Nero)
29	Pericolo generico (temporaneo)	231	Alpini 2012
123	Informazioni	15	Nebbia
52	A22	256	LIBERO
200	Neve generico	257	OCCUPATO
35	Sgombraneve in azione (per. gen.)	255	SPENTO
152	Pericolo neve	40	Aeromobili
203	Chiusa carreggiata (1)	42	Aeroporto
48	ALT - Dogana	222	Corsia in apertura (verde)
47	ALT - Polizia	252	Corsia in apertura 2000 MT (giallo)
44	ALT - Stazione	253	Corsia in apertura 2000 MT (verde)



Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

58	Altri pericoli (sfondo bianco)	220	Corsia in apertura 400 MT (giallo)
57	Animali domestici vaganti	223	Corsia in apertura 400 MT (verde)
54	Animali selvatici	221	Corsia in apertura 800 MT (giallo)
41	Apertura corsia dinamica	224	Corsia in apertura 800 MT (verde)
45	Area di servizio	225	Corsia in chiusura (giallo)
49	Autoarticolato	228	Corsia in chiusura (verde)
56	Autocarri in rallentamento	227	Corsia in chiusura 1500 MT (giallo)
50	Autocarro	230	Corsia in chiusura 1500 MT (verde)
43	Autostrada	226	Corsia in chiusura 500 MT (giallo)
55	A1	229	Corsia in chiusura 53 Corsie 00 MT (verde)
53	A4	76	Curva a destra
60	Banchina pericolosa	77	Curva a sinistra
59	Bar	107	Dare precedenza
71	Caduta massi destra	97	Deviazione obbligatoria autocarri
72	Caduta massi sinistra	82	Direzione autocarri consigliata
68	Cambio corsia	81	Direzione autocarri obbligatoria
11	Carburante esaurito	80	Direzione consigliata autocarri
237	Carreggiata chiusa (3)	92	Direzione destra
238	Carreggiata chiusa (4)	93	Direzione sinistra
38	Catene	78	Direzioni consentite diritto e destra
62	Chiusura corsia dinamica	79	Direzioni consentite diritto e sinistra
65	Chiusura corsia marcia (2)	108	Diritto di precedenza
66	Chiusura corsia sorpasso (2)	243	Distanza - 1000 M
70	Confluenza a destra	239	Distanza - 150 M
74	Confluenza a sinistra	244	Distanza - 1500 M
61	Corsia dinamica aperta (occupazione corsie)	245	Distanza - 2000 M
64	Corsia dinamica chiusa (occupazione corsie)	246	Distanza - 2500 M
219	Corsia in apertura (giallo)	247	Distanza - 3000 M
240	Distanza - 350 M	100	Divieto veicoli trasporto esplosivi
248	Distanza - 3500 M	89	Doppia circolazione



Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

249	Distanza - 4000 M	91	Doppio senso
250	Distanza - 4500 M	106	Doppio senso di circolazione
241	Distanza - 500 M	112	Esposizione - Fiera
251	Distanza - 5000 M	111	Fine autostrada
242	Distanza - 700 M	113	Fine del divieto di sorpasso
98	Distanza minima consentita	120	Fine del divieto di sorpasso per veicoli > 3.5 t
85	Distanza minima 70	118	Fine divieto
88	Divieto di sorpasso 75 Q	119	Fine limite velocità
102	Divieto accesso autobus	258	Fine limite 100
99	Divieto accesso autocarri	259	Fine limite 110
110	Divieto di fermata	115	Fine limite 110 km/h
254	Divieto di sorpasso mezzi pesanti > 3.5 T	117	Fine limite 50 km/h
86	Divieto di sorpasso 12 T	116	Fondo stradale
87	Divieto di sorpasso 35 Q	114	Frontiera
217	Divieto di sosta	121	Galleria
109	Divieto di sosta	10	Impianto SOS fuori servizio
22	Divieto di transito	122	Incanalarsi
218	Divieto di transito	124	Interasse autostradale
105	Divieto di transito autocarri	125	Italia
90	Divieto sorpasso - caravan	126	Itinerario obbligatorio merci pericolose
95	Divieto sorpasso auto	207	Lavori 1500 m
96	Divieto sorpasso autocarri	208	Lavori 2000 m
84	Divieto sorpasso caravan	209	Lavori 3000 m
213	Divieto sorpasso caravan	127	Limitazioni di traffico
101	Divieto transito merci pericolose	2	Limite di velocità 40 km/h
103	Divieto transito mezzi > 3,5 t	34	Limite di velocità 60 km/h
104	Divieto transito mezzi > 7,5 t	3	Limite di velocità 80 km/h
21	Divieto veicoli sup. 3,5 t	128	Limite velocità 100
129	Limite velocità 110 km/h	154	POLIZIA
130	Limite velocità 130 km/h	155	Ponte
131	Limite velocità 50 km/h	156	Preavviso deviazione autocarri consigliata



Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa "infoutenza" - web service CAU A22

132	Limite velocita 70	157	Preavviso deviazione consigliata autocarri
133	Limite velocita 90	158	Preavviso di confine di stato
134	Materiale instabile su strada	211	Preavviso pullman
135	Materiale instabile (2)	159	Preavviso uscita
37	Mezzi operativi in azione	160	Preavviso uscita a sinistra
136	Mondiali di ciclismo	161	Preavviso uscita autocarri obbligatoria
137	Nebbia (2)	162	Preavviso uscita autocarri (2)
202	Neve D	163	Radio Informazioni Stradali
201	Neve IT	164	Rifacimento segnaletica
138	Neve (2)	165	Rifornimento
139	Obbligo cinture	166	Rifornimento benzina verde
140	Obbligo destra	167	Ristorante
141	Obbligo dritto	168	ROLA - Interporto
142	Obbligo sinistra	69	Scambio carreggiata (2)
143	Parcheggio	169	Segnale di corsie chiuse
144	Passaggi consentiti	170	Segnale mobile di protezione
145	Passaggio obbligatorio	24	Segnaletica in rifacimento
146	Pericolo allagamenti	212	Semichiusura temporanea
147	Pericolo animali	171	Senso vietato
148	Pericolo code	17	Sgombraneve in azione
149	Pericolo incendio	172	SOS
150	Pericolo incidenti	173	Stadio
204	Pericolo mezzi in azione (2)	174	Stop
151	Pericolo mezzi pulizia meccanica	175	Strada deformata
216	Piazzola	176	Strada deformata per lavori
153	Piazzola + SOS	177	Strada deformata (2)
36	Pioggia (per. gen.)	178	Strada sdrucciolevole (fisso)
179	Strada sdrucciolevole (neve)	206	Uscita obbligatoria (2)
180	Strada sdrucciolevole (pioggia)	187	Uso corsie
6	Strettoia a destra	188	Uso corsie disponibili
33	Strettoia a sinistra	189	Validità



Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

181	Strettoia simmetrica	190	Variazione corsie disponibili aumento
30	Svincolo chiuso	191	Variazione corsie disponibili diminuzione
182	Test1	260	Velocità consigliata 100 km/h
183	Test2	261	Velocità consigliata 110 km/h
184	Transito vietato veicoli trainanti rimorchio	27	Vento Forte
185	Trasporto merci pericolose	193	Viatec 08
186	Uscita autostradale	215	Zona industriale
205	Uscita chiusa (2)	214	Zona industriale
39	Uscita obbligatoria mezzi pesanti	210	3 Corsie

Tabella 114: Convenzione per la codifica dei pittogrammi nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Convenzione per la codifica delle frecce nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

ID	Descrizione	Rappresentazione
46	Corsia dinamica aperta	
51	Corsia dinamica in apertura	
63	Corsia dinamica chiusa	
67	Corsia dinamica in chiusura	

Tabella 115: Convenzione per la codifica delle frecce nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Convenzione per la codifica dei semafori nella risorsa “infoutenza” - web service CAU A22

Valore	Descrizione
S	Lampeggio semaforo acceso
N	Lampeggio semaforo spento

Tabella 116: Convenzione per la codifica dei semafori nella risorsa “infoutenza” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Risorsa “tempi percorrenza”

La risorsa “percorrenza” permette di ottenere tutte le informazioni relative ai dispositivi che registrano i tempi di percorrenza (boe telepass) installati lungo il tracciato autostradale e ottenere i dati relativi ai tempi registrati. Tramite il metodo “**anagrafica**” è possibile ottenere le informazioni relative alle boe telepass installate lungo il tracciato autostradale (Tabella 117).

Metodo “anagrafica” della risorsa “percorrenza” - web service CAU A22		
Resource path	/percorrenza/anagrafica	
Metodo HTTP	GET	
Richiesta autenticazione?	SI	
Parametri IN	-	
Parametri OUT	Lista di oggetti “ Boa ”. Ogni oggetto di tipo “Boa”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche relative ai dispositivi di tipo boa telepass installate sul tracciato autostradale, è organizzato come segue.	
Proprietà	Tipo	Descrizione
idboa	int	Identificativo univoco della boa telepass
descrizione	string	Descrizione testuale dell’oggetto
autostrada	string	Sigla dell’autostrada in cui è stata installata la boa telepass
iddirezione	int	Direzione (carreggiata) in cui è installata la spira traffico, secondo la convenzione illustrata in Tabella 107.
latitudine	double	Posizione della boa, in formato WGS84
longitudine	double	Posizione della boa, in formato WGS84
metro	int	Progressiva metrica della boa rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
iniziotratto	int	Progressiva metrica di inizio copertura della boa rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata
finetratto	int	Progressiva metrica di fine copertura della boa rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata

Tabella 117: Metodo “anagrafica” della risorsa “percorrenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**tempi**” è possibile ottenere le informazioni relative ai tempi di



percorrenza registrati dalle boe telepass (Tabella 118). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati.

Metodo “tempi” della risorsa “percorrenza” - web service CAU A22			
Resource path	/percorrenza/tempi		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idboa	Int []	Identificativo della boa telepass
	fromData	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca dei tempi di percorrenza
	toData	DateTime	Specifica la data di fine ricerca dei tempi di percorrenza
Parametri OUT	Lista di oggetti “tempo”. Ogni oggetto di tipo “tempo”, che contiene tutte le informazioni sui tempi di percorrenza registrati da una singola boa, è organizzato come segue.		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idboa	int	Identificativo univoco della boa telepass
	data	DateTime	Data di misurazione del tempo di percorrenza
	tempo	int	Tempo di percorrenza del tratto (in secondi) rilevato dalla boa telepass
	velocita	double	Velocità media dei veicoli (in km/h) rilevata dalla boa telepass
	tempomediativo	int	Tempo di percorrenza mediato (in secondi). Livellamento dei tempi di percorrenza
	velocitamediativa	double	Velocità media mediata dei veicoli (in km/h). Livellamento delle velocità
	ids	string	Codice livello di servizio (code): A = traffico scorrevole B = rallentamenti C = Code a tratti D = code E = traffico bloccato Z = non definito

Tabella 118: Metodo “tempi” della risorsa “percorrenza” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.



Risorsa “stazione road weather”

La risorsa “meteo” permette di accedere a tutte le informazioni relative alle cabine meteo installate lungo il tracciato autostradale e ai dati rilevati dalle suddette cabine. Tramite il metodo “**anagrafica**” è possibile ottenere le informazioni relative alle cabine meteo installate lungo il tracciato (Tabella 119).

Metodo “anagrafica” della risorsa “meteo” - web service CAU A22		
Resource path	/meteo/anagrafica	
Metodo HTTP	GET	
Richiesta autenticazione?	SI	
Parametri IN	-	
Parametri OUT	Lista di oggetti “ Cabina ”. Ogni oggetto di tipo “Cabina”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche relative ai dispositivi di cabina meteo installate sul tracciato autostradale, è organizzato come segue.	
Proprietà	Tipo	Descrizione
idcabina	int	Identificativo univoco della cabina meteo
descrizione	string	Descrizione testuale dell’oggetto
autostrada	string	Sigla dell’autostrada in cui è stata installata la cabina meteo
iddirezione	int	Identificativo della direzione (carreggiata) in cui è installata la cabina, secondo la convenzione illustrata in Tabella 107.
latitudine	double	Posizione della boa, in formato WGS84
longitudine	double	Posizione della boa, in formato WGS84
metro	int	Progressiva metrica della cabina rispetto al chilometraggio autostradale e alla carreggiata

Tabella 119: Metodo “anagrafica” della risorsa “meteo” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**misure**” è possibile accedere ai dati meteo registrati dalle cabine (Tabella 120). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati.



Metodo “misure” della risorsa “meteo” - web service CAU A22

Resource path	/meteo/misure		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idcabina	Int []	Identificativo della cabina meteo
	fromData	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca delle misure
	toData	DateTime	Specifica la data di fine ricerca delle misure
Parametri OUT	Lista di oggetti “misura”. Ogni oggetto di tipo “misura”, che contiene tutte le informazioni relative ai dati meteo registrati da una cabina, è organizzato come segue. Alcune misure potrebbero non venire registrate, la registrazione di queste ultime dipende dalla tipologia e dal numero di sensori installati su ogni singola cabina.		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	idcabina	int	Identificativo univoco della cabina meteo
	data	DateTime	Data di misurazione dei valori meteo
	temp_aria	double	Temperatura aria (in °C)
	temp_suolo	double	Temperatura del suolo (in °C)
	temp_rugiada	double	Temperatura punto di rugiada (in °C)
	temp_congelamento	double	Temperatura punto di congelamento (in °C)
	temp_vento	double	Temperatura del vento (in °C)
	umidita_rel	double	Umidità relativa (in %)
	umidita_abs	double	Umidità assoluta in (g/m3)
	qta_antigelo	double	Quantità di prodotto anticongelante sul manto (g/kg)
	press_abs	double	Pressione assoluta (mbar)
	press_rel	double	Pressione relativa (mbar)
	vento_vel	double	Velocità del vento (km/h)
	raffica_vel	double	Velocità della raffica del vento (km/h)
	affidabilita	double	Affidabilità della misura del vento (%)
	prec_abs	double	Precipitazione assoluta (mm)
	prec_diff	double	Precipitazione differenziale (mm)



Metodo "misure" della risorsa "meteo" - web service CAU A22

	prec_qta	double	Intensità della precipitazione (mm)
	prec_tipo	int	Tipo di precipitazione: 1 = nessuna precipitazione 2 = pioggia 3 = pioggia congelata 4 = nevischio 5 = neve 6 = grandine
	vento_dir	double	Direzione del vento (in °)
	raffica_dir	double	Direzione della raffica (in °)
	rapp_misc	double	Rapporto di massa componente atmosferica variabile/massa aria secca (%)
	allarme_fрана	int	Livello di allarme frana: 1 = NESSUN ALLARME 2 = ALPHA (soglia bassa dell'allarme frana) 3 = BRAVO (soglia media dell'allarme frana) 4 = CHARLIE (soglia critica dell'allarme frana)
	ssuolo_temp1	double	Temperatura sottosuolo 1 (in °C)
	ssuolo_temp2	double	Temperatura sottosuolo 2 (in °C)
	strato_h2o	double	Strato di pellicola acquea (in uM)
	qta_salina	double	Concentrazione salina (%)
	ssuolo_temp1_2	double	Temperatura sottosuolo 1, rilevata dalla sonda 2. (in °C)
	ssuolo_temp2_2	double	Temperatura sottosuolo 2, rilevata dalla sonda 2. (in °C)
	strato_h2o_2	double	Strato di pellicola acquea, rilevata dalla sonda 2. (in uM)
	qta_salina_2	double	Concentrazione salina, rilevata dalla sonda 2 (%)
	temp_suolo_2	double	Temperatura del suolo, rilevato dalla sonda 2. (in °C)



Metodo “misure” della risorsa “meteo” - web service CAU A22

	stato_meteo	int	Indicatore dello stato globale del meteo, calcolato basandosi su temperatura, pressione atmosferica e tipologia della precipitazione: 1 = sole 2 = parzialmente soleggiato 3 = nuvoloso 4 = pioggia 5 = temporale 6 = neve
--	--------------------	-----	--

Tabella 120: Metodo “misure” della risorsa “meteo” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Risorsa “eventi”

La risorsa Eventi permette di accedere alle informazioni relative agli eventi che si sono verificati sul tracciato autostradale, siano questi storici o ancora in corso.

La ricezione delle informazioni relative agli eventi può avvenire in due modalità:

- Modalità **pull**: tramite la risorsa /eventi/**lista** è possibile richiedere tutte le informazioni relative agli eventi, filtrando per tipologia, stato dell’evento e periodo temporale.
- Modalità **push**: tramite la risorsa /eventi/**subscription** il client può effettuare una sottoscrizione per ricevere l’aggiornamento degli eventi, indicando le tipologie di evento per le quali vuole ricevere le variazioni. Ogni client che si sottoscrive al servizio riceverà una notifica contenente gli eventi attualmente attivi sul tracciato autostradale (filtrati per le tipologie richieste) e verrà successivamente notificato ogni volta che verrà rilevato un cambiamento della situazione autostradale. I cambiamenti che possono avvenire sono i seguenti:
 - Inserimento di un nuovo evento
 - Modifica di un evento esistente
 - Variazione di stato di un evento esistente (da attivo a terminato (o cancellato), da previsionale ad attivo, da “da confermare” ad attivo)

Tramite il metodo “**anagrafica**” è possibile ottenere le informazioni relative alle tipologie di evento che vengono gestite all’interno dell’autostrada (Tabella 121).



Metodo “anagrafica” della risorsa “eventi” - web service CAU A22

Resource path	/eventi/anagrafica		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	-		
Parametri OUT	Lista di oggetti “ TipoEvento ”. Ogni oggetto di tipo “TipoEvento”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche delle tipologie di evento gestite dalla concessionaria autostradale, è organizzato come segue.		
Proprietà	Tipo	Descrizione	
idtipoevento	int	Identificativo univoco della tipologia di evento	
descrizione_it	string	Descrizione testuale della tipologia di evento in italiano	
descrizione_en	string	Descrizione testuale della tipologia di evento in inglese	
descrizione_de	int	Descrizione testuale della tipologia di evento in tedesco	

Tabella 121: Metodo “anagrafica” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**lista**” è possibile ottenere l’elenco degli eventi, storici o ancora in corso, registrati lungo il tracciato autostradale (Tabella 122). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati. Gli eventi possono essere filtrati in base ai seguenti criteri:

- **Tipologia di evento**
- **Periodo temporale**, specificando la data di inizio e di fine ricerca
- **Stato dell’evento** (previsionale, attivo, da confermare, terminato)

Metodo “lista” della risorsa “eventi” - web service CAU A22

Resource path	/eventi/lista		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	tipi	Int []	Elenco delle tipologie di evento da ricercare
	stati	Int []	Elenco degli stati evento da comprendere nella ricerca



Metodo “lista” della risorsa “eventi” - web service CAU A22

	fromData	DateTime	Specifica la data di inizio ricerca degli eventi
	toData	DateTime	Specifica la data di fine ricerca degli eventi
Parametri OUT	Lista di oggetti “ evento ”. Ogni oggetto di tipo “evento”, che contiene tutti i dati di ogni evento registrato sul tracciato autostradale della concessionaria di competenza, è organizzato come segue.		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	id	int	Identificativo univoco dell'evento
	idtipoevento	int	Identificativo univoco della tipologia di evento, secondo la convenzione illustrata in Tabella 123.
	idsottotipoevento	int	Identificativo del sottotipo evento
	sottotipo_it	string	Descrizione testuale del sottotipo evento, in lingua italiana
	sottotipo_en	string	Descrizione testuale del sottotipo evento, in lingua inglese
	sottotipo_de	string	Descrizione testuale del sottotipo evento, in lingua tedesca
	sigla	string	Sigla dell'autostrada dove si è verificato l'evento
	idcarreggiata	int	Identificativo della direzione dove si è verificato l'evento., secondo la convenzione illustrata in Tabella 107.
	idcorsia	int	Identificativo della direzione dove si è verificato l'evento. secondo la convenzione illustrata in Tabella 108.
	data_inizio	DateTime	Data di inizio dell'evento, in formato UTC
	data_modifica	DateTime	Data di ultima modifica dell'evento, in formato UTC
	data_fine	DateTime	Data di fine dell'evento, in formato UTC



Metodo "lista" della risorsa "eventi" - web service CAU A22

	fascia_oraria	Boolean	Indica se le date di inizio e fine dell'evento devono essere considerate o meno in fascia oraria 0 = no fascia oraria. L'evento dura dalla data/ora di inizio alla data/ora fine 1 = si fascia oraria L'evento dura dalle ore inizio alle ore fine, dal giorno inizio al giorno fine
	km_inizio	double	Progressiva chilometrica di inizio evento
	km_fine	double	Progressiva chilometrica di fine evento. Se l'evento è puntuale il valore di km_inizio e km_fine coincideranno.
	lat_inizio	double	Coordinate latitudinali del punto di inizio evento, in formato WGS84
	lon_inizio	double	Coordinate longitudinali del punto di inizio evento, in formato WGS84
	lat_fine	double	Coordinate latitudinali del punto di fine evento, in formato WGS84. Se l'evento è puntuale il valore di lat_inizio e lat_fine coincideranno.
	lon_fine	double	Coordinate longitudinali del punto di fine evento, in formato WGS84. Se l'evento è puntuale il valore di lat_inizio e lat_fine coincideranno.
	descrizione_it	string	Descrizione testuale dell'evento, in lingua italiana
	descrizione_en	string	Descrizione testuale dell'evento, in lingua inglese
	descrizione_de	string	Descrizione testuale dell'evento, in lingua tedesca
	smart_it	string	Descrizione ridotta dell'evento, in lingua italiana (max 160 caratteri)



Metodo “lista” della risorsa “eventi” - web service CAU A22

	smart_en	string	Descrizione ridotta dell'evento, in lingua inglese (max 160 caratteri)
	smart_de	string	Descrizione ridotta dell'evento, in lingua tedesca (max 160 caratteri)

Tabella 122: Metodo “lista” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Convenzione per la codifica degli eventi nella risorsa “eventi” - web service CAU A22

ID	Descrizione	Rappresentazione
1	Incidente	
2	Livello di servizio	
3	Soccorso	
4	Nebbia	
5	Neve	
6	Altri eventi meteo	
7	Cantieri e limitazioni di traffico	
8	Disservizi	
9	Divieti	
10	Anomalie della viabilità	
11	Evento ambientale	
12	Informazione	
13	Intervento tecnico	
14	Evento generico	



Convenzione per la codifica degli eventi nella risorsa “eventi” - web service CAU A22

15	Anomalie da altre concessionarie	
18	Corsia dinamica	
20	Tempi di percorrenza	
21	Danni corpo autostradale	
22	Presidi carri attrezzi	

Tabella 123: Convenzione per la codifica degli eventi nella risorsa “eventi” nel web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Tramite il metodo “**subscription**” è possibile sottoscriversi al servizio e ricevere le notifiche associate ad ogni singolo evento avvenuto (Tabella 124). I parametri di input obbligatori sono quelli sottolineati. La sottoscrizione al servizio necessita dei seguenti parametri:

- **ConnectionID**: identificativo della sottoscrizione
- **Tipologie di evento**: elenco delle tipologie di evento da ricevere.

Dato che le notifiche delle variazioni sugli eventi si basano sulla situazione autostradale attuale non è possibile specificare, tra i criteri di sottoscrizione, range di ricerca temporale né stati evento.

Metodo “subscription” della risorsa “eventi” - web service CAU A22

Resource path	/eventi/subscription		
Metodo HTTP	POST		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>connectionID</u>	string	Identificativo della sottoscrizione.
	<u>tipi</u>	Int []	Elenco delle tipologie di evento per i quali essere notificati
Parametri OUT	-		

Tabella 124: Metodo “subscription” della risorsa “eventi” del web-service di interfacciamento con il CAU A22.

Dopo la fase di sottoscrizione, al client verrà inviata una notifica iniziale con la lista degli eventi attivi, secondo quanto richiesto. Successivamente il client verrà notificato ad ogni variazione sensibile.



Per modificare una sottoscrizione, variando l'elenco di tipologie evento richieste, è necessario eseguire la stessa procedura di sottoscrizione, usando il metodo PUT. Per cancellare infine una sottoscrizione è necessario eseguire la stessa procedura di sottoscrizione, usando il metodo DELETE.

4.2.2 Sensori innovativi

Nel corso degli ultimi anni A22 ed UNITN hanno condotto una sperimentazione pilota di sensori innovativi per il monitoraggio della qualità dell'aria lungo l'arteria autostradale. Tale sperimentazione verrà ulteriormente arricchita ed approfondita grazie all'introduzione di nuovi sensori, sia resistivi che elettrochimici, il cui comportamento sarà soggetto di approfondite analisi grazie anche alla possibilità di lunghi confronti con i dati di qualità dell'aria misurati dalle stazioni di riferimento. Per maggiori informazioni si rimanda al deliverable D.C1.1.

Per quello che riguarda l'acquisizione e la gestione dei dati misurati, visto il carattere altamente sperimentale dell'iniziativa, essi non confluiscono all'interno del Sistema di Supervisione. A tal proposito è stata progettata e realizzata una **piattaforma specifica**, realizzata da una società esterna, attraverso la quale, con un'apposita interfaccia utente, è possibile la consultazione ed il download dei dati raccolti.

Durante le attività iniziali di valutazione della fattibilità tecnica di integrabilità, è emersa la necessità di effettuare un **upgrade** di questa piattaforma in modo da poterne sviluppare un API attraverso la quale una terza parte (in particolare, la piattaforma telematica) possa essere in grado di accedere automaticamente alle misure effettuate. Tale API sarà sviluppata ad inizio dell'Azione B2, e sarà realizzata in funzione delle specifiche illustrate nelle seguenti tabelle (in grassetto i parametri di ingresso considerati obbligatori). Per quello che riguarda il metodo "get_data", nel caso in cui sia fornito il codice sensore in input, vengono restituiti solo i più recenti valori disponibili relativi a tutti i parametri associati alla stazione richiesta.

Queste specifiche saranno oggetto di revisione nel momento in cui saranno funzionanti i sensori scelti, e sarà possibile avere un'overview completa del set di dati disponibile. Per quello che riguarda la sicurezza (security) del servizio, non si prevede in questo caso l'implementazione di un metodo specifico per l'erogazione di un token - è possibile prevedere l'utilizzo di un token "statico" con durata illimitata.



Metodo “get_station_ID” - web service “sensori innovativi” A22

Resource path	/get_station_ID		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	-		
Parametri OUT	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_sensore	Int []	Elenco dei codici univoci dei sensori gestiti dal sistema

Tabella 125: Metodo “get_station_ID” del web-service “sensori innovativi” A22.

Metodo “get_metadata_station” - web service “sensori innovativi” A22

Resource path	/get_metadata_station		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_sensore	Int	Codice del sensore di cui si vogliono ricevere i metadati
Parametri OUT	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_sensore	Int	Codice del sensore
	nome_sensore	string	Nome del sensore, con riferimento al suo particolare posizionamento
	latitudine	double	Posizione del sensore, in formato WGS84
	longitudine	double	Posizione del sensore, in formato WGS84
	stato_sensore	Int	Stato del sensore (secondo una codifica da definire, es. “0 = nessun allarme, 1 = sensore offline, 2 = sensore non funzionante)

Tabella 126: Metodo “get_metadata_station” del web-service “sensori innovativi” A22.

Metodo “get_datatypes_station” - web service “sensori innovativi” A22

Resource path	/get_datatypes_station		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_sensore	Int	Codice del sensore di cui si vogliono conoscere i parametri misurati



Metodo “get_datatypes_station” - web service “sensori innovativi” A22

Parametri OUT	Lista di oggetti “ TipoParametri ”. Ogni oggetto di tipo “TipoParametri”, che contiene tutte le informazioni anagrafiche del tipo di parametri che il sensore è in grado di misurare, è strutturato come segue:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	id_parametro	Int	Codice univoco del parametro
	descr_parametro	string	Descrizione del parametro
	unita_misura	string	Unità di misura con la quale sono restituiti i dati

Tabella 127: Metodo “get_datatypes_station” del web-service “sensori innovativi” A22.

Metodo “get_data” - web service “sensori innovativi” A22

Resource path	/get_data		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_sensore	Int	Codice del sensore di cui si vogliono avere i dati
	id_parametro	Int []	Elenco dei codici dei parametri richiesti
	fromData	DateTime	Data di inizio ricerca dei dati
	toData	DateTime	Data di fine ricerca dei dati
Parametri OUT	Lista di oggetti “ Dati ”. Ogni oggetto di tipo “Dati” è strutturato come segue:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	id_parametro	Int	Codice univoco del parametro
	timestamp	DateTime	Timestamp della misura
	misura	double	Dato misurato

Tabella 128: Metodo “get_data” del web-service “sensori innovativi” A22.



4.2.3 Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano

L'acquisizione dei dati in tempo reale raccolti dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano sarà effettuata attraverso una lettura automatica di **file ASCII**, che verranno trasmessi in maniera periodica su un server FTP gestito da IDM. Questa soluzione è stata concordata con APPABZ al fine di evitare ulteriori sviluppi del sistema di gestione dei dati di qualità dell'aria e vista la specificità di quest'interfacciamento.

Ogni file ASCII è composto da una serie di righe, ciascuna delle quali corrisponde ad un certo vettore di dati raccolto da una certa stazione in un certo intervallo elementare di misura. La struttura di ogni riga è formata da tre blocchi: la parte iniziale (“**testa**”), la parte centrale che contiene i dati (“**corpo**”) e la parte finale (“**terminatore**”).

La struttura della **testa** è la seguente:

STA,6,hh.mm.ss,gg,mm,aa,0,M,B,

dove:

- **A**: è l'**ID della stazione** (vedi numerazione predefinita in Tabella 129);

Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano	
A=04	BZ4. Stazione fissa posta a Bolzano in via Claudia Augusta
A=20	BZ5. Stazione fissa posta a Bolzano in Piazza Adriano
A=24	AB2. Stazione fissa posta a Egna vicino la carreggiata sud dell'autostrada A22.
A=25	LS1. Stazione fissa posta a Laives in zona via Galizia.
A=26	ML103. Stazione mobile di progetto posta a ridosso della carreggiata sud dell'autostrada A22 al km 103+700.
A=42	ML107. Stazione mobile di progetto posta a ridosso della carreggiata sud dell'autostrada A22 al km 107+800.
A=43	ML6. Stazione mobile posta a Bolzano in corrispondenza di Ponte Roma.
A=45	CR1. Stazione fissa posta in località Cortina ssdv.
A=47	BZ6. Stazione fissa posta a Bolzano in via Amba Alagi

Tabella 129: Identificativi delle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano.

- l'identificativo '**6**' indica che si tratta di un tracciato a struttura dinamica;
- il formato "**hh.mm.ss**" rappresenta l'orario di riferimento dell'acquisizione effettuata (es."21.30.00");
- il formato "**gg,mm,aa**" rappresenta la data di riferimento dell'acquisizione effettuata (es."01,09,2017");
- l'identificativo '**0**' indica che si tratta di un tracciato che contiene dati "statistici",



ovvero pre-elaborazioni di misure valutate su un certo intervallo temporale;

- **B**: rappresenta il **numero di blocchi contenuti nel tracciato**, od in altre parole il numero di parametri per cui è disponibile una misura.

La struttura del **corpo** è organizzata in una serie consecutiva di blocchi, la cui lunghezza è definita dal parametro B:

C1,D1,E1,D2,E2,...,DN,EN,C2,...,

dove:

- **C**: rappresenta il **tipo di parametro** misurato (vedi numerazione predefinita in Tabella 130);
- **D**: identifica il **tipo di elaborazione** effettuata (vedi numerazione predefinita in Tabella 131);
- **E**: è il **dato** vero e proprio.

Parametri misurati dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano	
C=1	SO2 (biossalido di zolfo)
C=2	NOX (ossidi di azoto)
C=3	NO (monossalido di azoto)
C=4	O3 (ozono)
C=5	CO (monossalido di carbonio)
C=9	NO2 (biossalido di azoto)
C=10	T_EST (temperatura dell'aria esterna alla stazione)
C=11	T_INT (temperatura dell'aria interna alla stazione)
C=12	RH (umidità relativa)
C=13	BAR (pressione barometrica)
C=14	RAD (radiazione solare)
C=15	DIR_V (direzione del vento)
C=16	BENZ (benzene)
C=17	TOLU (toluene)
C=21	VEL_V (velocità del vento)
C=22	PRECI (precipitazione)
C=27	PM10 (particolato con particelle inferiori ai 10 [μ] di diametro)
C=80	PM2_5 (particolato con particelle inferiori ai 2.5 [μ] di diametro)

Tabella 130: Identificativi dei parametri di qualità dell'aria misurati dalle stazioni in Provincia di Bolzano e gestiti dal sistema.



Tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano

D=A	Valore istantaneo
D=B	Valore medio
D=C	Valore minimo
D=D	Valore massimo
D=E	Conteggio (nr. totale di misure considerate nell'intervallo di elaborazione)
D=F	Deviazione standard
D=G	Varianza
D=H	Sommatoria
D=R	Errore
D=I	% Invalidazione

Tabella 131: Identificativi dei tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni in Provincia di Bolzano.

Per quanto riguarda le elaborazioni di tipo “**errore**”, i dati associati sono in realtà dei codici che indicano il tipo di problematica in essere (Tabella 132).

Codici di errore gestiti dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Bolzano

R=0	Nessun errore
R=1	Errore di acquisizione
R=2	Errore fuori monitor
R=4	Errore fuori scala
R=8	Invalidazione digitale
R=16	Invalidazione analogica
R=32	Errore di calibrazione

Tabella 132: Elenco dei codici d'errore gestiti dalle stazioni in Provincia di Bolzano e dal sistema.

Per quanto riguarda invece le elaborazioni di tipo “**% invalidazione**”, i dati associati indicano la quantità di misure che sono state considerate nell'elaborazione, secondo la seguente formula:

$$I = (\Gamma / \Phi) \cdot 100$$

dove Γ e Φ indicano rispettivamente il numero di misure valide e totali nell'intervallo considerato.

La struttura del **terminatore** è infine semplicemente composta dalla seguente serie di caratteri:

#F,



dove **F** è il numero di campi totale del record dati.

Si riporta di seguito un esempio di dato contenuto nel file ASCII:

ST04,6,11.20.00,05,04,17,0,M09,2,E,40,C,26.4,D,83,B,42.72,R,0,I,100,3,E,40,C,6.6,D,47.7,B,16.94,R,0,I,100,9,E,40,C,19.2,D,35.5,B,25.76,R,0,I,100,10,E,40,C,13.4,D,13.8,B,13.6,R,0,I,100,11,E,40,C,22.8,D,24.4,B,23.7,R,0,I,100,12,E,40,C,61,D,65,B,63,R,0,I,100,13,E,40,C,992,D,992,B,992,R,0,I,100,27,E,40,C,12.2,D,16.5,B,13.6,R,0,I,100,80,E,40,C,8.1,D,11.9,B,9.2,R,0,I,100,#126,

L'esatta lettura del dato è riportata in Tabella 133.

Esempio di corretta interpretazione di un record dati	
A=04	BZ4. Stazione fissa posta a Bolzano in via Claudia Augusta
Orario	11.20.00
Data	05/04/2017
NOX	Conteggio: 40; Valore minimo: 26.4; Valore Massimo: 83; Valore medio: 42.72; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
NO	Conteggio: 40; Valore minimo: 6.6; Valore Massimo: 47.7; Valore medio: 16.94; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
NO2	Conteggio: 40; Valore minimo: 19.2; Valore Massimo: 35.5; Valore medio: 25.76; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
T_EST	Conteggio: 40; Valore minimo: 13.4; Valore Massimo: 13.8; Valore medio: 13.6; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
T_INT	Conteggio: 40; Valore minimo: 22.8; Valore Massimo: 24.4; Valore medio: 23.7; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
RH	Conteggio: 40; Valore minimo: 61; Valore Massimo: 65; Valore medio: 63; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
BAR	Conteggio: 40; Valore minimo: 992; Valore Massimo: 992; Valore medio: 992; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
PM10	Conteggio: 40; Valore minimo: 12.2; Valore Massimo: 16.5; Valore medio: 13.6; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%
PM2_5	Conteggio: 40; Valore minimo: 8.1; Valore Massimo: 11.9; Valore medio: 9.2; Errore: Nessun errore; % Invalidazione: 100%

Tabella 133: Esempio di corretta interpretazione di un record dati fornito da una stazione in Provincia di Bolzano.

I dati trasmessi attraverso questa modalità hanno una **risoluzione temporale di 10 minuti**, ed hanno la caratteristica di non essere validati, in quanto direttamente elaborati dalla strumentazione di campo. Avere la disponibilità dei dati validati dagli analisti di APPABZ, anche se riferiti ad intervalli temporali più lunghi (es. un'ora od una giornata), rappresenta comunque un elemento di particolare interesse, dal momento che è possibile



poi a posteriori confrontare ed eventualmente correggere elaborazioni automatiche effettuate dalla catena modellistica con quelle effettuate in modalità supervisionata dai tecnici di APPABZ.

I **dati validati di qualità dell'aria** della Provincia di Bolzano sono disponibili da pochi mesi come open data (licenza CC0). Le modalità di accesso a queste risorse sono documentate sul portale open data provinciale alla seguente pagina:

<http://dati.retecivica.bz.it/dataset/situazione-dell-aria>

Una sintesi dei metodi disponibili è riassunto in Tabella 134.

Metodi della risorsa per i dati di qualità dell'aria validati della Provincia di Bolzano		
Metodo	URL	Lista di parametri OUT
Anagrafica Stazioni	http://dati.retecivica.bz.it/services/airquality/stations	<ul style="list-style-type: none">• SCODE : codice stazione• NAME_D : denominazione in lingua tedesca• NAME_I : denominazione in lingua italiana• NAME_L : denominazione in lingua ladina• FLAGS : eventuali TAGS identificativi (es. "A22" se trattasi di una stazione sita su tratto autostradale A22)• LONG : longitudine• LAT : latitudine
Dati "real-time"	http://dati.retecivica.bz.it/services/airquality/sensors Esempio: ultima media oraria NO2 della stazione BZ4: http://dati.retecivica.bz.it/services/airquality/sensors/json?station_code=BZ4&meas_code=NO2&type=1	<ul style="list-style-type: none">• DATE: data o data e ora dell'ultima misurazione• SCODE: codice della stazione di rilevazione• UNIT : unità di misura• MCODE: codice della sostanza rilevata• DESC_I: denominazione in lingua italiana della sostanza rilevata• CAT: categoria della misurazione ("AIR" = aria, "RADIO" = radioattività, "OTHER" = nessuna delle precedenti)• DESC_D: denominazione in lingua tedesca della sostanza rilevata• VALUE: valore misurato (-1 = rilevazione non pervenuta)• TYPE: tipo di misurazione (1 = ultima media oraria, 2 = ultima media giornaliera, 4 = nr. superamenti fino alla data) <p>I dati possono essere filtrati fornendo in input uno o più dei seguenti parametri:</p> <ul style="list-style-type: none">• station_code: codice della stazione di rilevamento (es: "BZ4", "BX1")• meas_code: codice sostanza rilevata. Valori possibili: "CO" (CO - Monossido di carbonio), "NO2" (NO2 - Ossidi di azoto),



Metodi della risorsa per i dati di qualità dell'aria validati della Provincia di Bolzano

		<p>"O3" (Ozono), "PM10" (Polveri sottili PM10), "PM2.5" (Polveri sottili PM2.5), "SO2" (Biossido di zolfo), "GAMMA" (Radioattività)</p> <ul style="list-style-type: none">• type : tipo di misurazione (1 = ultimo valore medio orario del giorno in corso (default), 2 = ultimo valore medio giornaliero del giorno precedente, 4 = numero di superamenti del limite dall'inizio dell'anno)
Dati storici	<p>http://dati.retecivica.bz.it/services/airquality/timeseries</p> <p>Esempio: valori di PM10 rilevati nelle ultime 24 ore dalla stazione BZ6:</p> <p>http://dati.retecivica.bz.it/services/airquality/timeseries?meas_code=PM10&type=1&station_code=BZ6</p>	<ul style="list-style-type: none">• DATE: data o data e ora dell'ultima misurazione• SCODE: codice della stazione di rilevazione• MCODE: codice della sostanza rilevata• TYPE: tipo di misurazione (1 = medie orarie delle ultime 24 ore, 2 = medie giornaliere degli ultimi 30 giorni, 4 = numero superamenti avuti negli ultimi 30 giorni)• VALUE: valore misurato (-1 = rilevazione non pervenuta) <p>I dati possono essere filtrati fornendo in input uno o più dei seguenti parametri:</p> <ul style="list-style-type: none">• station_code: codice della stazione di rilevamento (es: "BZ4", "BX1")• meas_code: codice sostanza rilevata. Valori possibili: "CO" (CO - Monossido di carbonio), "NO2" (NO2 - Ossidi di azoto), "O3" (Ozono), "PM10" (Polveri sottili PM10), "PM2.5" (Polveri sottili PM2.5), "SO2" (Biossido di zolfo), "GAMMA" (Radioattività)• type : tipo di misurazione (1 = media oraria delle ultime 24 ore (default), 2 = media giornaliera degli ultimi 30 giorni, 4 = nr. superamenti del limite dall'inizio dell'anno)

Tabella 134: Metodi della risorsa per l'accesso ai dati validati di qualità dell'aria della Provincia Autonoma di Bolzano.



4.2.4 Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento

L'acquisizione dei dati in tempo reale raccolti dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento sarà effettuata attraverso un **web-service ad-hoc** che verrà messo a disposizione da APPATN, da implementare secondo le specifiche definite nelle seguenti tabelle, che ricalcano quanto già definito per l'interfaccia relativa ai sensori innovativi. In questo caso non sono previsti, a priori, meccanismi di autenticazione per l'accesso sicuro alla risorsa condivisa.

Metodo "get_station_ID" - web service stazioni AQ APPATN			
Resource path	/get_station_ID		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	NO		
Parametri IN	-		
Parametri OUT	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>codice_stazione</u>	Int []	Elenco dei codici univoci delle stazioni AQ gestiti dal sistema

Tabella 135: Metodo "get_station_ID" del web-service delle stazioni di qualità dell'aria di APPATN.

Metodo "get_metadata_station" - web service stazioni AQ APPATN			
Resource path	/get_metadata_station		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	NO		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>codice_stazione</u>	Int	Codice della stazione AQ di cui si vogliono ricevere i metadati
Parametri OUT	Proprietà	Tipo	Descrizione
	<u>codice_stazione</u>	Int	Codice della stazione AQ
	<u>nome_stazione</u>	string	Nome della stazione AQ, con riferimento al suo particolare posizionamento
	<u>latitudine</u>	double	Posizione della stazione AQ, in formato WGS84
	<u>longitudine</u>	double	Posizione della stazione AQ, in formato WGS84

Tabella 136: Metodo "get_metadata_station" del web-service delle stazioni di qualità dell'aria di APPATN.



Metodo “get_datatypes_station” - web service stazioni AQ APPATN

Resource path	/get_datatypes_station		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	NO		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_stazione	Int	Codice della stazione AQ di cui si vogliono conoscere i parametri misurati
Parametri OUT	Lista di oggetti “ TipoParametri ”, strutturati come segue:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	id_parametro	Int	Codice univoco del parametro
	descr_parametro	string	Descrizione del parametro
	unita_misura	string	Unità di misura con la quale sono restituiti i dati

Tabella 137: Metodo “get_datatypes_station” del web-service delle stazioni di qualità dell’aria di APPATN.

Metodo “get_data” - web service stazioni AQ APPATN

Resource path	/get_data		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	NO		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	codice_stazione	Int	Codice della stazione di cui si chiedono i dati
	id_parametro	Int []	Elenco dei codici dei parametri richiesti
	fromData	DateTime	Data di inizio ricerca dei dati
	toData	DateTime	Data di fine ricerca dei dati
Parametri OUT	Lista di oggetti “ Dati ”. Ogni oggetto di tipo “Dati” è strutturato come segue:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	id_parametro	Int	Codice univoco del parametro
	timestamp	DateTime	Timestamp della misura
	misura	double	Dato misurato
	tipo_elaborazione	string	Tipo di elaborazione restituita, secondo quanto definito in Tabella 139

Tabella 138: Metodo “get_data” del web service stazioni AQ APPATN.



Tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento

D=A	Valore istantaneo
D=B	Valore medio
D=C	Valore minimo
D=D	Valore massimo
D=E	Conteggio (nr. totali di misure considerate nell'intervallo di elaborazione)
D=F	Deviazione standard
D=G	Varianza
D=H	Sommatoria
D=R	Errore (dove '0' indica assenza di errore, '1' presenza di errore)
D=I	% Invalidazione (calcolato come per la Provincia di Bolzano)

Tabella 139: Identificativi dei tipi di elaborazioni effettuate dalle stazioni in Provincia di Trento.

Anche in questo caso è previsto un confronto con i **dati validati di qualità dell'aria** della Provincia di Trento, anch'essi disponibili come open data. L'end-point a queste risorse è il seguente:

<https://appa.alpz.it/aria/opendata/{FORMATO}/{DATA}/{STAZIONI}>

Dove FORMATO, DATA e STAZIONI sono definiti come specificato nelle seguenti tabelle.

Parametri della risorsa per i dati di qualità dell'aria validati della Provincia di Trento	
Parametro	Valori disponibili
FORMATO	<ul style="list-style-type: none">'csv''json''xml'
DATA	<ul style="list-style-type: none">'last' (opzione di default): recupera i dati validati orari più recenti, tipicamente della giornata precedenteYYYY-MM-DD : recupera i dati della data specificataYYYY-MM-DD,YYYY-MM-DD : Recupera i dati dell'intervallo specificato (max 90 giorni)
STAZIONI	Elenco degli ID delle stazioni, separate da una virgola (es. '2,4') (vedi Tabella 141). E' possibile anche specificare per ogni stazione i tipi richiesti (es. '2 [48,53], 4[53]'), vedi Tabella 142.

Tabella 140: Parametri della risorsa per l'accesso ai dati validati di qualità dell'aria della Provincia Autonoma di Trento.



Stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento

ID=02	Trento - Parco S.Chiara. Inquinanti monitorati: Biossido di Zolfo, Ozono, Biossido di Azoto, PM10, PM2.5
ID=04	Trento - via Bolzano. Inquinanti monitorati: Monossido di Carbonio, Biossido di Azoto, PM10
ID=06	Rovereto - Largo Posta. Inquinanti monitorati: Biossido di Zolfo, Ozono, Biossido di Azoto, PM10, PM2.5
ID=08	Borgo Valsugana. Inquinanti monitorati: Ozono, Biossido di Azoto, PM10, PM2.5
ID=09	Riva del Garda. Inquinanti monitorati: Ozono, Biossido di Azoto, PM10
ID=22	Piana Rotaliana. Inquinanti monitorati: Ozono, Biossido di Azoto, PM10
ID=23	Avio. Inquinanti monitorati: Monossido di Carbonio, Biossido di Azoto, PM10

Tabella 141: Identificativi delle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento.

Parametri misurati dalle stazioni di qualità dell'aria in Provincia di Trento

ID=2	SO ₂ (biossido di zolfo). Unità di misura: µg/mc
ID=4	O ₃ (ozono). Unità di misura: µg/mc
ID=6	CO (monossido di carbonio). Unità di misura: mg/mc
ID=9	NO ₂ (biossido di azoto). Unità di misura: µg/mc
ID=48	PM ₁₀ (particolato con particelle inferiori ai 10 [µ] di diametro). Unità di misura: µg/mc
ID=53	PM _{2_5} (particolato con particelle inferiori ai 2.5 [µ] di diametro). Unità di misura: µg/mc

Tabella 142: Identificativi dei parametri di qualità dell'aria misurati dalle stazioni in Provincia di Trento.

4.2.5 Centrale Operativa del Comune di Bolzano

Nell'ambito del già citato progetto INTEGREEN una delle attività principali di sviluppo era stata quella di creazione di una connessione diretta tra la Centrale Operativa del Comune di Bolzano e la piattaforma telematica. La Centrale Operativa del Comune di Bolzano è tecnicamente solo un *Traffic Control Centre* (TCC), presieduto dalla Polizia Municipale (Figura 39), caratterizzata dalla presenza dei seguenti sistemi di monitoraggio e controllo del traffico:

- **centrale semaforica**, che gestisce da remoto tutte le intersezioni semaforiche della città;
- **sistema di videosorveglianza** delle arterie più importanti della città;
- **sistema di rilevamento automatico del traffico**, realizzato per mezzo di spire induttive;
- **sistema di monitoraggio della qualità dell'aria a bordo strada**, realizzato



per mezzo di sensori innovativi resistivi, simili a quelli che verranno utilizzati nel sistema di monitoraggio di BrennerLEC [13];

- **sistema di guida ai parcheggi**, che veicola i flussi veicolari nelle aree di parcheggio attraverso pannelli a messaggio variabile (PMV), che mostrano la disponibilità corrente di parcheggio rilevata automaticamente in tali struttura.

Come documentato nei report prodotti dal progetto INTEGREEN, in particolare [14], la piattaforma telematica attualmente dispone in tempo reale attraverso una connessione dedicata con il centro di controllo i seguenti dati:

- disponibilità in tempo reale delle aree di **parcheggio**;
- dati di **traffico** rilevati dal sistema rilevamento automatico;
- dati di **qualità dell'aria e meteo** rilevati dalla rete di monitoraggio “innovativo”.

Questi dati sono tutti potenzialmente disponibili per lo sviluppo dei più complessi scenari previsti nella fase più matura del progetto dell’Azione B5. Nel corso del 2018 è prevista soprattutto nell’ambito del progetto H2020 “**SINFONIA**” una serie di nuove installazioni che permetterà di ampliare significativamente l’attuale rete di monitoraggio. Questo interfacciamento verrà inoltre potenziato nel corso del 2018 anche con i seguenti dati:

- dati di **traffico** aggiuntivi rilevati dalle spire gestite dalla centrale semaforica;
- **messaggi esposti sui PMV**, in maniera similare a quanto previsto per il CAU A22.

Lo sviluppo di quest’interfaccia aggiuntiva esula dagli scopi del progetto BrennerLEC e pertanto i dettagli con cui essa verrà implementata non sono riportati all’interno di questo documento. E’ infine da sottolineare come allo studio ci sia anche la definizione di una nuova interfaccia per conoscere in tempo reale la presenza effettiva di **lavori in corso** sulla rete stradale urbana, che verrà monitorata attraverso un nuovo sistema di gestione delle occupazioni di suolo pubblico, in fase di studio nell’ambito del progetto FESR “E-Government Starter Kit”.



Figura 39: La sala di controllo della Centrale Operativa del Comune di Bolzano.

4.2.6 Piattaforma FBK (dati Trento e Rovereto)

Per quanto riguarda i dati relativi alle città di Trento e Rovereto, verrà capitalizzato il rilevante lavoro già effettuato dalla **Fondazione Bruno Kessler (FBK)**, l'ente di ricerca della Provincia Autonoma di Trento, nel mettere a disposizione come *open services* una serie di dati ed informazioni in tempo reale sulla mobilità e sul traffico nei due centri trentini. Questi servizi sono utilizzati in particolare dall'applicazione sperimentale **“Viaggia Trento Rovereto Play & Go”**, sviluppata in particolare nell'ambito del progetto H2020 **STREETLIFE**, che incentiva comportamenti di mobilità sostenibile anche grazie a meccanismi di “*gamification*”. L'end-point a questi open-services è il seguente:

<http://wiki.smartcommunitylab.it/wikidev/doku.php?id=core:mobilityservice>

Tra i dati che vengono messi a disposizione attraverso questi open services, sono di particolare rilevanza per il progetto:

- i dati di **occupazione in tempo reale** della disponibilità di **parcheggio** nelle aree di sosta;
- informazioni su **cantieri stradali** presenti;
- **notifiche** in grado di creare perturbazioni al sistema complessivo di trasporto



(incidenti, ritardi, lavori in corso, scioperi, ecc.).

In realtà l'accesso a questi servizi non è completamente open, dal momento che per accedere alle risorse messe a disposizione dell'API è necessario effettuare un processo di registrazione, strutturato come segue:

- **registrazione del profilo utente** attraverso una console di sviluppo specifica;
- **ottenimento di un token d'accesso**, che può essere di tipo *client* o *user*, a seconda del fatto che si tratti di un'interrogazione server-to-server o meno;
- **interrogazione dell'API** utilizzando come dato di input il token ricevuto.

Per maggiori dettagli sul processo preliminare di registrazione si rimanda alla seguente pagina: <http://wiki.smartcommunitylab.it/wikidev/doku.php?id=aac> Nello specifico, l'API si basa su un'architettura **REST**, la medesima già prevista per altri tipi di interfacciamento. Nelle seguenti tabelle vengono brevemente illustrate le specifiche dei metodi più interessanti ai fini del progetto, che verranno automaticamente interrogati tramite un software dedicato al fine di integrare i dati d'interesse all'interno della piattaforma. Per il momento viene deciso di non considerare l'accesso al sistema automatico di notifica, alimentato principalmente attraverso le segnalazioni da parte degli utenti che usano determinate apps (meccanismo di crowdsourcing).

Metodo “parcheggi” - web service FBK			
Resource path	/getparkingsbyagency		
End-point	https://dev.smartcommunitylab.it /core.mobility/getparkingsbyagency/{agencyId}		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	agencyID	string	Identificativo dell'ente pubblico di riferimento. Valori possibili: 'COMUNE_DI_ROVERETO', 'COMUNE_DI_TRENTO'
Parametri OUT	Lista di oggetti “parcheggio”. Ogni oggetto di tipo “parcheggio”, che contiene tutti i dati (statici ed in tempo reale) della struttura, è caratterizzato dai seguenti attributi:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	name	string	Stringa identificativa del nome del parcheggio
	position	oggetto	E' un oggetto composto da due valori double (latitudine e



Metodo “parcheggi” - web service FBK

			longitudine).
	description	string	Descrizione del parcheggio (es. indirizzo)
	monitored	boolean	Indica se è disponibile un monitoraggio in tempo reale. Se ‘false’, il successivo parametro “slotsAvailable” è messo per default a zero.
	slotsTotal	int	Disponibilità totale di parcheggio
	slotsAvailable	int	Disponibilità corrente di parcheggio

Tabella 143: Metodo “parcheggi” del web-service FBK.

Metodo “cantieri” - web service FBK

Resource path	/getroadinfobyagency		
End-point	https://dev.smartcommunitylab.it/core.mobility/getroadinfobyagency/{agencyId}/{from}/{to}		
Metodo HTTP	GET		
Richiesta autenticazione?	SI		
Parametri IN	Proprietà	Tipo	Descrizione
	agencyID	string	Identificativo dell’ente pubblico di riferimento. Valori possibili: ‘COMUNE_DI_ROVERETO’, ‘COMUNE_DI_TRENTO’
	from	DateTime	Timestamp dell’inizio dell’intervallo temporale richiesto
	to	DateTime	Timestamp della fine dell’intervallo temporale richiesto
Parametri OUT	Lista di oggetti “cantieri”. Ogni oggetto di tipo “cantiere”, che contiene tutti i dettagli rilevanti ai fini viabilistici dell’attività cantieristica, è caratterizzato dai seguenti attributi:		
	Proprietà	Tipo	Descrizione
	agencyID	string	Identificativo dell’ente pubblico di riferimento (lo stesso valore dato in input)
	road	oggetto	E’ un oggetto in cui sono contenuti gli attributi per la caratterizzazione spaziale del luogo in cui il cantiere si svolge. Gli attributi dell’oggetto sono i



Metodo “cantieri” - web service FBK			
			seguenti: <ul style="list-style-type: none">• note (string): nota descrittiva della strada• lat (double): latitudine• long (double): longitudine• streetCode (int): codice strada• street (string): nome strada• fromNumber (int): codice civico di inizio• toNumber (int): codice civico di fine• fromIntersection (string): eventuale riferimento all’intersezione stradale di inizio• toIntersection (string): eventuale riferimento all’intersezione stradale di fine
	changeTypes	Lista di stringhe	Tipologia di impatto sulla viabilità stradale. Può assumere più valori, es. ‘PARKING_BLOCK’, ‘ROAD_BLOCK’
	id	string	Stringa identificativa del cantiere
	type	string	Tipologia di cantiere
	entity	string	Entità del cantiere
	description	string	Sintesi del contenuto dell’ordinanza
	from	DateTime	Timestamp di inizio dell’evento
	to	DateTime	Timestamp di fine dell’evento
	creatorId	string	Identificativo del creatore dell’evento
	creatorType	string	Caratterizzazione del creatore dell’evento
	effect	string	Effetto sulla viabilità, es. ‘Temporanea’
	note	string	Eventuali note sul cantiere

Tabella 144: Metodo “cantieri” del web-service FBK.

4.2.7 Altre sorgenti dati

Quest’attività di definizione di tutte le interfacce utili con la piattaforma centrale del sistema BrennerLEC è conclusa da alcune valutazioni in relazione ad altre sorgenti dati presenti sul territorio e potenzialmente utili per le finalità progettuali:



- **Dati meteorologici della rete di monitoraggio meteorologico della Fondazione Edmund Mach (FEM).** FEM ha realizzato nel corso degli ultimi anni una rete di 85 stazioni meteorologiche che coprono tutto il territorio della Provincia Autonoma di Trento. L'accesso a questi dati e relative previsioni specifiche declinate per i diversi settori (es. agricoltura) è a pagamento. Grazie ad una convenzione con UNITN, questi dati sono disponibili ma non condivisibili per gli altri partner. Per questo motivo questi dati verranno utilizzati per alimentare direttamente i modelli meteorologici, come già previsto nella definizione dei requisiti.
- **Profilatore verticale di vento del servizio Meteo Trentino della Provincia Autonoma di Trento.** E' uno strumento che utilizza le onde radar per rilevare la velocità e direzione del vento a varie altezze dal suolo, installato presso l'aeroporto di Mattarello (Figura 40). Per riuscire in tale scopo vengono impiegate tre diverse antenne, con la possibilità di aggiungerne altre due per aumentare la precisione del rilevamento. I dati raccolti dallo strumento hanno una struttura tutto sommato semplice, dal momento che per ogni intervallo di rilevamento sono disponibili direzione e velocità di vento rilevati alle diverse quote disponibili. Ad oggi lo strumento non è funzionante, ma è stata già valutata la possibilità e l'opportunità di disporre in tempo reale dei dati misurati dallo strumento. Per semplicità verrà considerata una soluzione per l'interfacciamento molto semplice basata sull'invio dei file che contengono i dati di misura su un server FTP ed una lettura automatica dei dati salvati.



Figura 40: Il profilatore verticale di vento del servizio meteotrentino della Provincia Autonoma di Trento.

- **Profilatore verticale di temperatura di APPABZ.** APPABZ dispone di un profilatore verticale di temperatura per la misurazione in altezza della temperatura dell'aria. Lo strumento è attualmente installato presso l'aeroporto di Bolzano. Questo tipo di dato è molto utile per calibrare la componente meteorologica della catena modellistica, per cui anch'esso verrà integrato della piattaforma telematica. L'integrazione avverrà con la stessa modalità già ipotizzata per il profilatore verticale di vento. La struttura dei record dati memorizzati nei file .dat generati dallo strumento è la seguente:

data time	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
	OutsideTemperature										

In sostanza, la temperatura viene misurata con un passo verticale di 50 metri nell'intervallo 0-900 metri. Un esempio di record dati è il seguente:

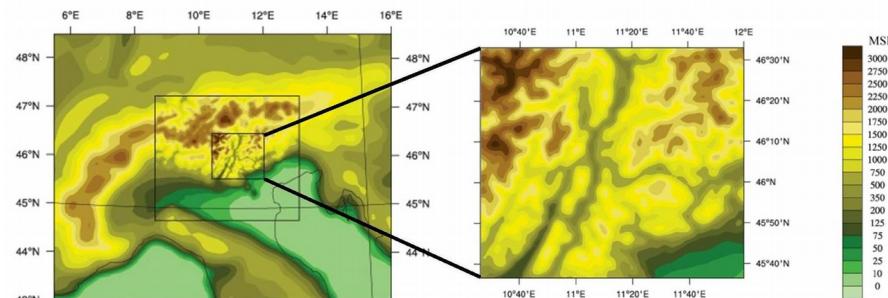
23/10/2017 00:00:00 10,44 10,82 10,98 11,06 11,03 11,04 10,95 10,76 10,49



10,20 9,86 9,52 9,18 8,85 8,52 8,19 7,86 7,53 7,21 6,86 6,52
10,40

- **Strumento di misura del rumore.** Benchè tecnicamente possibile, è stato deciso di non integrare nella piattaforma i dati raccolti dallo strumento di misura del rumore posto in corrispondenza della stazione ML103, dal momento che questi dati verranno utilizzati esclusivamente per valutazioni non in tempo reale degli impatti sulla matrice rumore e non rappresentano un input per nessun componente dell'architettura di sistema.
- **Stazioni automatiche di rilevamento del traffico sulle reti stradali extra-urbane.** Sia la Provincia Autonoma di Bolzano che di Trento ha creato nel corso degli ultimi anni una vasta rete di monitoraggio automatico dei volumi di traffico sulle principali arterie extra-urbani. Scopo di questo monitoraggio è principalmente di tipo statistico, e non di controllo in tempo reale dei flussi veicolari. Questo è il motivo per cui ad oggi i dati non vengono trasmessi in tempo reale, ma con cadenze molto più blande (indicativamente, una volta al giorno). L'upgrade di questo sistema sarebbe auspicabile, dal momento che molte componenti della catena modellistica potrebbero beneficiare di queste informazioni aggiuntive e molti scenari avanzati sarebbero più facilmente realizzabili. Tuttavia questa operazione di aggiornamento richiede dei costi che non sono irrilevanti. Nell'ambito del progetto si valuterà la possibilità di effettuare quest'operazione e di conseguenza di sviluppare quest'interfaccia di scambio dati con la piattaforma, che potrebbe avvenire con una modalità molto simile a quanto previsto nell'interfaccia con il CAU A22.
- **Dati di traffico ASFINAG relativi alle condizioni di traffico all'ingresso nord dell'autostrada.** Lo sviluppo più avanzato delle politiche di gestione dinamica del traffico ai fini viabilistici sviluppate nell'ambito dell'Azione B3 necessita di una conoscenza quanto più approfondita possibile delle condizioni del traffico a monte del tratto sperimentale. Inizialmente tale valutazione si limiterà all'analisi del tratto di competenza di A22, ma durante lo svolgimento del progetto potrebbe rivelarsi utile / necessario avere informazioni nel tratto di competenza ASFINAG (gestore autostradale austriaco). A22 dispone già di questi dati nell'ambito di un interfacciamento diretto tra i diversi centri di controllo del traffico autostradale, per cui nel caso questo scenario dovesse concretizzarsi si propone di estendere opportunamente l'interfacciamento con il CAU previa autorizzazione da parte di ASFINAG per la condivisione di questi dati tra tutti i partner di progetto. ASFINAG inoltre effettua rilievi molti accurati della tipologia di veicoli in transito per cui è

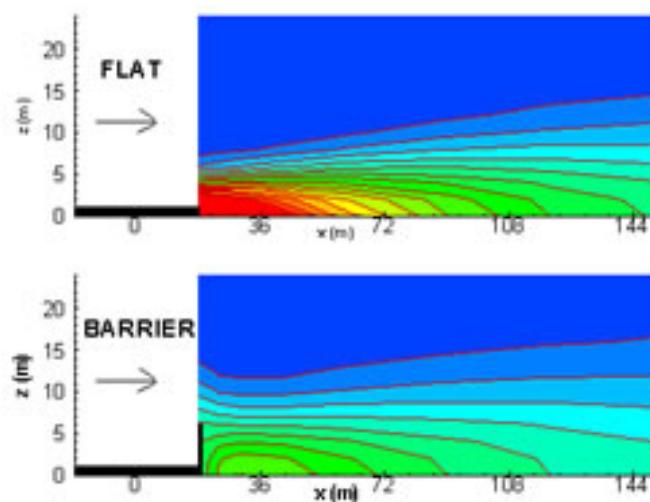
ipotizzabile che questa sorgente dati possa in qualche modo essere utilizzata per migliorare la calibrazione del modello di stima delle emissioni veicolari.



4.3 Progettazione della catena modellistica

Una delle attività tecniche realizzate nell’ambito dell’azione preparatoria di progetto è stata anche quella di operare una prima scelta dei modelli ambientali da utilizzare per l’implementazione della catena modellistica, in grado di soddisfare i requisiti definiti nel capitolo precedente. Tale scelta è riassunta in Tabella 145.

Modelli catena modellistica BrennerLEC		
	Modalità diagnostica	Modalità prognostica
Emissioni	COPERT	COPERT
Meteo	WRF (con annidazione CALMET)	WRF
	R-line	R-line





Modelli catena modellistica BrennerLEC

Qualità aria

Tabella 145: Scelta dei modelli per la catena modellistica di BrennerLEC.

Modalità diagnostica

Emissioni

Il traffico in modalità diagnostica è misurato direttamente, e da questo set di dati è possibile stimare le emissioni. Per questo scopo è stata scelta la metodologia COPERT² che risponde alle linee guida europee per la valutazione delle emissioni [15]-[16]-[17]-[18]. Il software COPERT, che implementa gli algoritmi, è inteso per uso interattivo e ha un'interfaccia utente grafica. Tuttavia, al fine di sviluppare uno strumento automatico in grado di calcolare le emissioni sulla base del flusso e della velocità del veicolo, si è deciso di sviluppare autonomamente un software non interattivo in grado di funzionare automaticamente su base giornaliera, e che viene alimentato con i dati di transito acquisiti. Inizialmente si intendeva adottare la versione 4 della metodologia COPERT, ma nel frattempo è stata rilasciata una versione più recente, contenente nuovi fattori di emissione fino ai veicoli EURO6, e pertanto si è valutato opportuno passare a quest'ultima.

Meteo

Il modello meteorologico scelto è WRF³, un modello a mesoscala sviluppato dal *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), e ampiamente utilizzato in tutto il mondo sia per le previsioni meteorologiche che per scopi di ricerca scientifica [19]. Esso sarà alimentato con dati meteorologici acquisiti nell'area di interesse e la sua risoluzione spaziale può arrivare fino a 1 km mantenendo un onere computazionale accettabile.

Questa risoluzione spaziale è da considerarsi un buon risultato per i modelli alla mesoscala, pur tuttavia non è sufficiente in alcuni casi, nello specifico quando serve fare valutazione di processi alla scala locale, come nel presente progetto. Pertanto è stato deciso di annidare il modello CALMET⁴ (standard dell'United States Environmental Protection Agency | US EPA, rilasciato dalla ditta Exponent Inc.) all'interno della griglia WRF al fine di ottenere una risoluzione spaziale maggiore nei casi in cui è richiesto.

Qualità dell'aria

La qualità dell'aria viene valutata utilizzando i dati acquisiti puntualmente dagli strumenti di misura e attraverso un modello in grado di spazializzare l'informazione in base a dati

2 www.emisia.com/products/copert

3 www.wrf-model.org

4 www.src.com



meteorologici e di emissione. Il modello lagrangiano AUSTAL⁵ era stato inizialmente previsto per questo compito. AUSTAL è il modello standard adottato in Germania ed è rilasciato dall'Ufficio Federale per l'Ambiente (Umwelbundesamt) [20]. Tuttavia, dopo averne analizzato gli algoritmi e aver eseguito i test preliminari, ci si è resi conto che esso mostra alcuni svantaggi per la presente applicazione, ovvero la scarsa flessibilità nell'esecuzione di simulazioni a breve termine e una descrizione delle sorgenti di traffico non completamente adatta per BrennerLEC. Pertanto si è deciso di passare al modello R-line⁶, rilasciato dal centro "Community Modeling and Analysis System" (CMAS), e che è specificamente progettato per la simulazione delle sorgenti lineari da traffico e sufficientemente adattabile e flessibile per soddisfare le esigenze del progetto [21].

Modalità prognostica

Emissioni

Per le previsioni del traffico si prevede di estendere, ai fini del progetto, le capacità delle metodologie già operative presso A22. Il modulo di traffico è combinato con la metodologia COPERT per la stima dell'impatto delle emissioni. In realtà, per quanto riguarda l'aspetto trasportistico, è necessario fare una ulteriore suddivisione, identificando due range temporali per la previsione del traffico, a cui corrispondono due approcci diversi:

- **nowcast (previsione a brevissimo termine).** La stima delle condizioni del traffico a brevissimo termine (in genere da meno di un'ora fino al massimo di alcune ore) si basa su dati in tempo reale dalle stazioni di conteggio situate a monte dei tratti monitorati (BLEC-AQ e BLEC-ENV), i quali possono essere sfruttati per stimare i picchi di traffico prima che arrivino effettivamente nella zona di interesse. Questi dati in tempo reale possono peraltro anche essere fusi con informazioni sullo storico per meglio stimare l'andamento generale del flusso veicolare nelle varie postazioni. Le indicazioni così derivate consentiranno agli operatori di attivare procedure che, senza lo strumento di previsionale, sarebbero messe in opera solo successivamente al verificarsi di condizioni critiche;
- **previsione a medio / lungo termine.** La stima per ciascun tratto elementare (ovvero tra casello e casello) viene effettuata su base statistica. Questa tecnica si basa sui dati raccolti dalle diverse stazioni di conteggio e tiene conto anche delle informazioni sugli eventi che generano traffico, calendario delle festività, ecc. Queste previsioni sono attualmente eseguite da A22 su base annuale e sono utili per individuare a priori i giorni critici. È tuttavia previsto di aumentare la frequenza temporale della procedura, per tenere conto di eventi che non sono previsti /

5 www.austal2000.de

6 www.cmascenter.org/r-line



prevedibili mesi prima per quanto riguarda le aspettative del traffico (come ad esempio cantieri o manifestazioni particolari).

Meteo

Il modello WRF viene utilizzato per ricostruire il campo meteorologico e può essere utilizzato sia in modalità diagnostica che in modalità predittiva. La previsione meteorologica è ottenibile ha lo scopo di fornire tutte le caratteristiche fisiche dell'atmosfera nelle successive 24/48 ore sull'intera estensione di BLEC-ENV.

Qualità dell'aria

Il modello di dispersione R-line è eseguito a valle del modello meteorologico e consente di ottenere, usando come ulteriore input il flusso di traffico e la corrispondente intensità emissiva, la previsione dell'impatto indotto per quanto riguarda ossidi di azoto e polveri da traffico. Questo blocco di calcolo è designato alla stima degli inquinanti attesi nelle successive 24/48 ore sull'intera estensione di BLEC-ENV.

Calibrazione

Al fine di garantire che l'intera catena previsionale sia affidabile è stata prevista una procedura di verifica all'interno della catena di modellazione. La calibrazione verrà eseguita attraverso l'uso di serie temporali di dati raccolti durante il progetto. Grazie a metodi statistici è possibile valutare il raggiungimento degli obiettivi del modello di previsione. Nella prima fase l'intero sistema di modellazione verrà addestrato utilizzando i dati raccolti, successivamente i dati rilevati saranno utilizzati per la calibrazione attraverso una procedura di feedback. Contrariamente a quanto ipotizzato all'inizio del progetto BrennerLEC, il processo di calibrazione, non sarà completamente automatico ma assistito manualmente, a causa della complicazione delle funzioni multiparametriche adottate. In particolare, l'obiettivo è verificare che le previsioni di inquinamento siano in buon accordo con i dati di misura. Per garantire che il modello sia sufficientemente affidabile prima dell'integrazione nella piattaforma centrale, è stato previsto un confronto con insiemi di dati indipendenti (cioè non utilizzati nel "training" del modello).



Conclusioni

Nel presente documento è stata riportata una sintesi delle attività progettuali per quanto riguarda l’Azione A1, che si occupa di realizzare tutte le attività preparatorie che sono funzionali all’implementazione tecnica del progetto. Quest’azione è organizzata in cinque diverse sotto-azioni riguardanti ciascuna uno specifico aspetto della preparazione: (i) architettura del sistema; (ii) piattaforma telematica; (iii) allestimento area di test; (iv) struttura dei modelli diagnostici e previsionali; (v) autorizzazione ministeriale.

Per ragioni di leggibilità, questo deliverable descrive la parte più “tecnologica” dell’Azione A1 (“Part 1”), e si occupa di illustrare ciò che è stato svolto in relazione alle attività di definizione dell’architettura di sistema, preparazione della piattaforma telematica e progettazione della catena modellistica. Per i risultati delle altre sotto-azioni che fanno parte dell’Azione A1 si rimanda al “Part 1” del presente deliverable.

La definizione dell’architettura di sistema è un processo che è stato condotto utilizzando un metodo ingegneristico (l’approccio a “V”), che suggerisce di progettare ed implementare un sistema tecnologico solo dopo averne prima valutato attentamente i bisogni dei vari portatori d’interesse e focalizzando i vari requisiti che dovranno essere garantiti. I risultati dell’attività di **identificazione dei bisogni** possono essere così sintetizzati:

- le due **Agenzie Provinciali per la Protezione dell’Ambiente** hanno presentato nella loro complessità il problema regionale di qualità dell’aria e le forti esigenze di ridurre sensibilmente le emissioni da traffico;
- il **gestore autostradale** ha messo in evidenza la propria priorità di attenzione alla sicurezza stradale nonché gli elementi su cui si baserà lo sviluppo strategico dell’arteria autostradale da attuare nei prossimi decenni, che sarà fortemente improntato sull’integrazione con gli altri mezzi di trasporto (in particolare, la rotaia) e sulla massimizzazione dell’efficienza con cui la limitata capacità del corridoio del Brennero potrà essere gestita;
- gli **stakeholder** e gli **utenti della strada** hanno sottolineato le proprie preoccupazioni sulle possibili esternalità negative associate alle politiche sperimentali proposte (ad es. l’aumento dei tempi di percorrenza, lo spostamento di parte del traffico autostradale in viabilità ordinaria) nonché le proprie perplessità sulla reale efficacia di queste misure, che molti ritengono necessario accompagnare con altri e più incisivi provvedimenti.

Sulla base di questi bisogni sono stati costruiti i **casi d’uso** che il sistema sviluppato in



BrennerLEC nella sua forma più evoluta dovrà essere in grado di gestire. Grazie ad un lavoro di estrema sintesi è stato possibile descrivere in forma qualitativa un solo caso d'uso (con diversi scenari di riferimento) per ciascuna politica prevista nell'ambito del progetto: (i) la gestione del traffico a fini ambientali; (ii) la gestione del traffico a fini viabilistici; (iii) la gestione integrata del traffico tra autostrada e città. Una riflessione specifica è stata condotta al possibile ruolo che le **tecnologie digitali** potranno avere per supportare lo sviluppo e l'efficacia di tali politiche, tenendo anche in considerazione altre iniziative progettuali che si stanno sviluppando in parallelo sull'A22, come in particolare il progetto CEF "C-Roads Italy".

Il consolidamento dei casi d'uso ha permesso di progettare in dettaglio l'**architettura informatica** del sistema BrennerLEC, che concettualmente è costruita su tre diversi livelli:

- l'acquisizione di dati da sorgenti esterne;
- l'elaborazione dei dati attraverso più o meno complessi modello di calcolo;
- la messa a disposizione di informazioni elaborate a terze parti, ad es. applicativi per l'utente della strada.

Tale sistema dovrà essere in grado di funzionare in "tempo reale" in modo tale da poter garantire quel carattere dinamico richiesto dall'implementazione delle politiche proposte. I **requisiti** dell'architettura sono stati poi studiati in maniera dettagliata, soprattutto per quello che riguarda le funzionalità e le prestazioni richieste dalle logiche automatiche di elaborazione e dagli applicativi che dovranno supportare le operazioni dei centri di controllo del traffico, soprattutto il Centro Assistenza Utenza (CAU) dell'A22.

Il documento inoltre presenta le caratteristiche della prima istanza della **piattaforma telematica** che verrà utilizzata per lo sviluppo di tale architettura. Tale piattaforma è un'evoluzione di quella che IDM (precedentemente TIS) aveva sviluppato nell'ambito del progetto LIFE INTEGREEN. Nel corso della prima fase del progetto, la piattaforma è stata sottoposta ad un lavoro di reingegnerizzazione e di consolidamento, dettato anche dalle crescenti esigenze di prestazione richieste in BrennerLEC. Tali esigenze hanno anche portato alla decisione di migrare la piattaforma in un ambiente "*Platform-as-a-Service*", che è stato scelto essere Amazon Web Services, che meglio consentirà di configurarne le caratteristiche in funzione delle esigenze di prestazione che si assume saranno via via sempre crescenti.

Queste attività di progettazione sono state infine completate da una valutazione di dettaglio di tutte le **interfacce dati** che dovranno essere implementate per consentire alla piattaforma di acquisire su base continua i dati di cui necessita per le proprie



elaborazioni, e dei vari **modelli** da utilizzare nella catena di elaborazione, tali da soddisfare i requisiti identificati. Le interfacce seguiranno per quanto più possibile le più moderne architetture REST con metodi di comunicazione HTTP / HTTPS e restituzione dei dati in formato JSON, ma in alcuni casi sono state previste delle soluzioni specifiche legate alle particolarità degli strumenti con cui dover creare degli interfacciamenti diretti. I modelli scelti sono **COPERT** per il calcolo delle emissioni, **WRF** per il calcolo delle condizioni e delle previsioni meteorologiche, e **R-line** per il calcolo delle condizioni e delle previsioni di qualità dell'aria. COPERT è il riferimento a livello europeo per quello che riguarda la corretta stima delle emissioni da traffico, mentre WRF è un modello americano ampiamente utilizzato in tutto il mondo nel settore della meteorologia. R-line è un modello meno diffuso ma ritenuto più appropriato per gli scopi applicativi di progetto per la sua maggiore flessibilità ed adattabilità nel simulare la distribuzione degli inquinanti dell'aria da sorgenti lineari di traffico.



Bibliografia

- [1] U.S. Department of Transportation, Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems, 2007.
- [2] Consorzio BrennerLEC, D.D2.1: "Primo report di avanzamento sulle attività di coinvolgimento degli stakeholder", 2017.
- [3] European Environment Agency, Air quality in Europe - 2017 report, 2017.
- [4] CISMA S.r.l. per conto dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano, Inventario delle emissioni in atmosfera in Provincia di Bolzano, 2016.
- [5] CISMA S.r.l. per conto dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente della Provincia Autonoma di Trento, Inventario delle emissioni della Provincia di Trento - anno 2013, 2016.
- [6] World Health Organization, WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, 2005.
- [6] Consorzio BrennerLEC, D.C3.1: "Valutazione della situazione socio-economica ex-ante", 2017.
- [8] ETSI, EN 302 663: "Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band", 2013.
- [9] Consorzio INTEGREEN, D.2.1.1: "Supervisor Centre components requirements", 2012.
- [9] World Health Organization, Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic Weather Stations, 2004.
- [11] Università degli Studi di Trento, Studio relativo alla verifica delle procedure di attivazione e disattivazione della corsia dinamica e allo sviluppo di un modello dinamico per la previsione dei tempi di percorrenza e dei ritardi in Autostrada del Brennero, 2007.
- [12] Consorzio INTEGREEN, P.4.1.1: "Data management unit prototype", 2015.
- [13] Consorzio BrennerLEC, D.C1.1: "Descrizione dettagliata dei sistemi di monitoraggio", 2017.
- [14] Consorzio INTEGREEN, P.4.1.2: "Environmental stations front-end prototype", 2015.
- [15] D. Gkatzoflias, C. Kouridis, L. Ntziachristos, Z. Samaras, COPERT 4 Computer programme to calculate emissions from road transport - User's Manual", 2012.
- [16] L. Ntziachristos, Z. Samaras, Methodology for the calculation of exhaust emissions - SNAPS 070100-070500, NFRs 1A3bi-iv, 2016.
- [17] G. Mellios, L. Ntziachristos, Methodology for the calculation of fuel evaporation - SNAP 070600, NFR 1A3bv", 2016.
- [18] L. Ntziachristos, P. Boulter, Methodology for the calculation of non-exhaust PM emissions - SNAP 070700-070800, NFR 1A3bvi-vii", 2016.
- [19] W. C. Skamarock, J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G Duda, X.-Y.



Huang, W. Wang, and J. G. Powers, A Description of the Advanced Research WRF Version 3, 2008.

[20] Ingenieurbüro Janicke, AUSTAL2000 Programmbeschreibung zu Version 2.6, 2014.

[21] M. G. Snyder and D. K. Heist, User's Guide for R-LINE Model Version 1.2, 2013.