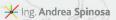
Appalto del servizio di architettura ed ingegneria per progettazione di fattibilità tecnico-economica Linea Metrobus direttrice S. Donato (Bologna - Baricella) CUP: C22C19000340001 - CIG: 82453863C7 DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI 0850P06-01050100-ARP001_E00











| DATA | CODICE RELAZIONE | REV. |
|---------|-----------------------------|------|
| 12/2020 | 0850P06-01050100-ARP001_E00 | 0 |

| REV | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|-------------|---------|---------|------------|-----------|
| 0 | Emissione | 12/2020 | O. Zeqo | G. Acciaro | M. Lelli |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Il Responsabile del progetto e | Il Progettista | Il Direttore tecnico |
|---|---|---|
| dell'integrazione fra le prestazioni | | |
| <u>specialistiche</u> | | |
| Ing. Simone Eandi | Ing. Giovanni Acciaro | Ing. Giovanni Acciaro |
| Ordine degli Ingegneri della Provincia di | Ordine degli ingegneri della Provincia di | Ordine degli ingegneri della Provincia di |
| Cuneo, n. 1418/A | Roma, n, 21715/A | Roma, n, 21715/A |
| (Firmato digitalmente) | (Firmato digitalmente) | (Firmato digitalmente) |

Sommario

| Docu | mento di fattibilità delle alternative progettuali | 5 |
|-------------------------|--|------|
| 1 | Premessa | 5 |
| 2 | Approccio metodologico | 5 |
| 3 | Quadro di riferimento programmatico | 6 |
| 4 4.1 zero | Il Bus Rapid Transit: obiettivi generali e finalità dell'intervento | |
| 5 | Le alternative progettuali | |
| 5.1 | Le alternative di tracciato | |
| 5.2 5.3 | Le alternative di modello di esercizio | |
| 5.5 | - | |
| 6 | La scelta di progetto | |
| 6.1 | Considerazioni preliminari | |
| 6.2 | La scelta del tracciato | |
| 6.3 6.4 | La scelta della tagnalagia, parsa marsi a infrastruttura di riceria | |
| | La scelta della tecnologia: parco mezzi e infrastruttura di ricarica | |
| 7 | Conclusioni | 30 |
| Alleg | ato 1 | 35 |
| Figura | ce delle figure 4-1: la mappa del sistema dei Metrobus prevista dal PUMS | |
| _ | 4-2: direttrici ferroviarie attualmente a servizio dell'area di studio | |
| | 4-3: domanda potenziale (trasporto pubblico + trasporto privato) lungo il corridoio "San Donato" | |
| _ | 4-4: domanda potenziale (trasporto pubblico + trasporto privato) lungo il corridoio "San Donato" - dettaglio 5-1: il processo progettuale | |
| _ | 5-1: il processo progettuale | |
| _ | 5-3: alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna) | |
| _ | 5-4: alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità | |
| _ | 5-5: alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna) | |
| Figura | 5-6: ipotesi di servizio AV e AC rispettivamente lungo itinerari Baricella – Bologna (sx) e Granarolo – Bologna | (dx) |
| | | |
| | 5-7: esempi di mezzo tipologia filobus (a sx) e e-Bus (dx) | |
| | 6-1: schema di linea – Metrobus AV | |
| _ | i 6-3: rappresentazione mediante orario grafico del modello d'esercizio previsto per la linea Metrobus AV | |
| _ | 6-4: rappresentazione mediante orario grafico del modello d'esercizio previsto per la linea Metrobus AV 6-4: rappresentazione mediante orario grafico del modello d'esercizio previsto per la linea Metrobus AC | |
| | 6-5: ipotesi di turnazione dei mezzi - linea Metrobus AV | |
| | 6-6: ipotesi di turnazione dei mezzi - linea Metrobus AC | |
| | 6-7: comparazione tra sistema con sola ricarica in deposito e sistema con ricarica in deposito + opporu | |
| _ | ng | |
| | 6-8: valutazione dei costi per le diverse tipologie di ricarica in funzione del modello di esercizio | |
| _ | 6-9: diagramma esemplificativo degli impatti da traffico sul diagramma di carico degli accumulatori (Fonte U | |
| | 7-1: turno macchina critico per la linea Metrobus AV | |
| _ | 17-1: turno macchina critico per la linea Metrobus AV | |
| | 7-3: andamento della carica delle batterie per il servizio AV Baricella - Bologna | |
| | 7-4: andamento della carica delle batterie per il servizio AC Granarolo - Bologna | |

| Figura 7-5: inquadramento Baricella-Bologna Autostazione: ipotesi alternative di passaggio dei Metrobus | 36 |
|---|------------|
| Figura 7-6: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità nella città di Bologna | 37 |
| Figura 7-7: configurazione della Fermata "Quarto Inferiore" - ipotesi | 38 |
| Figura 7-8: inquadramento di progetto della Fermata "Menarini" | 39 |
| Figura 7-9: configurazione della Fermata "Menarini" - ipotesi | 40 |
| Figura 7-10: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Granarolo | 41 |
| Figura 7-11: inquadramento ambito Granarolo: ipotesi alternative di passaggio del Metrobus e conseguente | e modifica |
| degli schemi di circolazione | 42 |
| Figura 7-12: configurazione della Fermata "Granarolo" - ipotesi | 43 |
| Figura 7-13: configurazione della Fermata "Granarolo - via Roma" - ipotesi | 44 |
| Figura 7-14: configurazione della Fermata "Granarolo - via Roma" - ipotesi | 45 |
| Figura 7-15: configurazione della Fermata "Granarolo - Matteucci" - ipotesi | 46 |
| Figura 7-16: configurazione capolinea di Granarolo | 47 |
| Figura 7-17: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale - Granarolo | 48 |
| Figura 7-18: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale e delle intersezioni - Granarolo | 49 |
| Figura 7-19: intersezione "piccolo Cowboy" – ipotesi 1 | 50 |
| Figura 7-20: intersezione "piccolo Cowboy" – ipotesi 2 | |
| Figura 7-21: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità alle frazioni di Cantelleria, | Armarolo |
| (Budrio) e Ramello | 52 |
| Figura 7-22: configurazione della Fermata "Amarolo" - ipotesi | 53 |
| Figura 7-23: inquadramento di progetto – fermate "Minerbio" e "Cantelleria" | 54 |
| Figura 7-24: configurazione della Fermata "Cantelleria" - ipotesi | 55 |
| Figura 7-25: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Minerbio | 56 |
| Figura 7-26: configurazione della Fermata "Minerbio Canaletto" - ipotesi | 57 |
| Figura 7-27: configurazione della Fermata "Minerbio" – ipotesi | |
| Figura 7-28: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma | 59 |
| Figura 7-29: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma | 60 |
| Figura 7-30: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma | 61 |
| Figura 7-31: configurazione della Fermata "Tintoria" - ipotesi | 62 |
| Figura 7-32: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Baricella | 63 |
| Figura 7-33: configurazione della Fermata "Baricella" - ipotesi | 64 |
| Figura 7-34: configurazione Deposito di Baricella | 65 |
| Figura 7-35: ipotesi di sistemazione degli attraversamenti pedonali – Baricella | 66 |
| Indice delle tabelle | |
| Tabella 4.1: dati di mobilità a confronto – scenario attuale vs. scenario di riferimento | |
| Tabella 6.1: criteri e indicatori di valutazione per le due soluzioni di tracciato | |
| Tabella 6.2: criteri e indicatori di valutazione per le soluzioni di modello di esercizio | |
| Tabella 6.3: confronto sintetico tra soluzione filobus e e-Bus | |
| Tabella 6.4: confronto tra soluzioni alternative di tipologia di ricarica | |
| Tabella 7.1: stazioni di ricarica servizio Metrobus AV | |
| Tabella 7.2: stazioni di ricarica servizio Metrobus AC | |
| Tabella 7.3: modalità di ricarica in coerenza con modello di esercizio – servizio AV Baricella - Bologna | |
| Tabella 7.4: modalità di ricarica in coerenza con modello di esercizio – servizio AC Granarolo - Bologna | 34 |

1 Premessa

Con l'"avviso di presentazione istanze per accesso alle risorse per il trasporto rapido di massa" il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (di seguito MIT) ha reso noto alle Amministrazioni la possibilità di beneficiare di un contributo per la progettazione e realizzazione di sistemi di trasporto rapido di massa che risponda ai fabbisogni di mobilità della Città metropolitana, coadiuvando gli sforzi degli Enti di Governo verso un sempre maggiore sviluppo sostenibile dei relativi territori.

Il presente Documento di Fattibilità delle alternative progettuali costituisce uno degli allegati richiesti di cui all'"Addendum – A.4.3. Progetto di Fattibilità - regime transitorio".

In particolare, il predetto Addendum specifica che [...] per "sistemi filoviari (e assimilabili)" si intenderanno tutti i sistemi eserciti con veicoli su gomma a trazione elettrica che si alimentano/ricaricano lungo la via di corsa con sistemi di alimentazione continui (es.: linea aerea tradizionale) o discreti (es.: postazioni di ricarica).

In tal senso, il documento si pone l'obiettivo di analizzare il progetto di un sistema "Bus Rapid Transit" per il territorio della Città metropolitana di Bologna, evidenziando in primo luogo la coerenza dell'intervento con gli strumenti di pianificazione e programmazione già deliberati o *in fieri*, e la sua genesi, finalizzata alla soddisfazione dei fabbisogni di mobilità del territorio sul quale insiste.

Si premette che il seguente progetto è stato selezionato per candidarsi a beneficiare del predetto contributo in virtù del grado di maturità raggiunto, sia progettuale, sia di condivisione da parte degli stakeholders, e più in generale di "sensibilità" da parte dell'amministrazione alle criticità cui risponde. Come tale, si ritiene che la sua attuazione possa essere rapida e con tempi certi.

Il documento, seguendo un processo logico stringente, porrà in evidenza le logiche, i processi e i criteri con cui è stata portata avanti la scelta progettuale, rispetto al paniere di opzioni in termini di tracciato, modello di esercizio, tipologia, sistema di trazione e allestimento del materiale, sempre nell'ottica della sostenibilità, della flessibilità, della resilienza e della concertazione con gli stakeholder rappresentativi delle esigenze dei territori.

2 Approccio metodologico

La Città metropolitana di Bologna, in linea con i principi ispiratori del "Connettere Italia", ha da tempo avviato una politica di intervento che fa della **pianificazione della mobilità sostenibile** lo strumento per governare i processi di trasformazione dell'area metropolitana.

La sostenibilità assume un nuovo, sempre più articolato, significato che supera le classiche categorie spesso correlate ai soli temi strettamente ambientali, andando a **sostenere la condivisione** dell'opera e/o del servizio tramite processi di "dibattito pubblico", **indagare la risposta ai fabbisogni di domanda** di mobilità in un'ottica di sostenibilità economica e finanziaria, **sfruttare** quanto più possibile **l'integrazione con la rete esistente** in termini di **servizi**, di **infrastrutture** (nodi di scambio), di **modelli di business** (servizi OSP e non OSP, MaaS), di **informazione all'utenza** (MaaS), di **tecnologia** (Smartness), di **materiale rotabile**, di **esperienza manutentiva e gestionale**.

In questo senso, la Città metropolitana di Bologna interpreta il mandato assegnatole dalle norme con riferimento alla necessità di integrazione della pianificazione strategica, della pianificazione metropolitana territoriale e la mobilità e della pianificazione urbanistica, superando, anche qui, le categorie consolidate del Titolo V della Costituzione che attribuivano alle Regioni e ai medi e grandi Comuni il ruolo di gestore del processo di pianificazione della mobilità.

In coerenza con le suddette premesse, il documento propone il **metodo** che ha guidato l'Amministrazione nell'analisi del progetto e che può sinteticamente essere articolato secondo i seguenti punti:

- individuazione dei fabbisogni di servizi di trasporto, ovvero della cosiddetta "unmet demand" (domanda insoddisfatta), valutati sulla base di una analisi quali-quantitativa del contesto urbanistico, socioeconomico e trasportistico e di una analisi quantitativa della domanda di spostamento nelle sue caratteristiche spaziali, temporali, modali;
- analisi delle possibili alternative progettuali, in termini di tracciato, modello di esercizio, tipologia, sistema di trazione e allestimento del materiale;
- valutazione quali-quantitativa delle alternative rispetto alla cosiddetta "opzione 0", sulla base di criteri relativi ai diversi impatti che l'alternativa progettuale può avere sulla domanda, sulla rete dei servizi esistenti, sull'ambiente, sul patrimonio archeologico e artistico, sui costi, e più in generale secondo quanto già precedentemente evidenziato rispetto al significato di "sostenibile";

ente Città metropolitana di Bologna ATI Consorzio Stabile NET Engineering | Ing. Andrea Spinosa | Ing. Pasquale del Sorbo

• **definizione del servizio di trasporto** che meglio risponde ai suddetti fabbisogni, in termini prioritariamente di prestazioni ovvero capacità, disponibilità, tracciato.

Tale approccio considera come elemento fondante la "maturità" del progetto nei suoi tratti essenziali e strategici, e nel suo ruolo all'interno del territorio attraversato, caratterizzato dallo stato di fatto urbanistico, territoriale, trasportistico e dalle previsioni degli strumenti strategici tattici e attuativi.

In coerenza con quanto sopra, l'approccio tiene conto inoltre delle **considerazioni, osservazioni e proposte che provengono dal territorio** in termini di ulteriore specificazione dei fabbisogni e dei vincoli e opportunità legate all'inserimento dell'infrastruttura e delle strutture ad esso correlate per garantire accessibilità e funzionalità.

3 Quadro di riferimento programmatico

Il quadro degli strumenti programmatici vigenti, di cui alla relazione delle analisi trasportistiche, costituisce l'elemento essenziale per:

- comprendere e valutare il **grado di integrazione del progetto** nel contesto dei servizi di trasporto, della rete infrastrutturale e del contesto urbanistico programmato all'orizzonte temporale di riferimento;
- **stabilire la "maturità" del progetto**, di quella "sensibilità" al fabbisogno di mobilità maturata e consolidata in seno all'Ente di Governo e agli stakeholders che ha inevitabilmente influenzato i processi e giustamente indirizzato gli strumenti di pianificazione strategica e di programmazione tattica sin qui deliberati;
- **individuare eventuali vincoli,** che possono ostacolare l'attivazione del progetto, ovvero di una delle sue alternative, in tempi rapidi, costituendo di fatto uno dei criteri fondamentali di valutazione;
- tracciare una "mappa degli stakeholder" istituzionali del progetto, grazie alla consapevolezza degli Enti di Governo che "insistono" sullo stesso in base all'ordinamento dei Piani e Programmi già deliberati.

Come predetto, la Città metropolitana di Bologna ha intrapreso da tempo un percorso di pianificazione del territorio e della mobilità **integrato** nei suoi principi e strategie, **condiviso**, in virtù dei processi partecipativi strutturati, **sinergico**, dove gli interventi aggiuntivi rafforzano i benefici indotti sul sistema da quelli già in essere.

In tale contesto, **il progetto del Metrobus costituisce allo stesso tempo un elemento di attuazione del processo, e un elemento di sintesi**, portando con sé caratteristiche di accessibilità metropolitana, di gerarchizzazione e integrazione con la rete del TPL, di servizi di mobilità integrati, di integrazione con la rete ciclabile.

Non si ripercorre in questa sede il predetto processo, che muoveva i primi passi già nel 2004 con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, il Piano della Mobilità Provinciale – PMP (2009), Piano della Mobilità Ciclistica – PMC (2014) e che trova gli elementi cardine più recentemente nel Patto per il trasporto pubblico regionale e locale per il triennio 2018-2020 e nel più specifico Piano di Bacino – Direttrice San Donato per i cui dettagli si rimanda al documento di analisi trasportistica.

Si ribadisce qui, d'altro lato, il valore del PUMS come "luogo" per eccellenza dove i singoli progetti trovano la coerenza di rete, potendone valutare i benefici indotti nel contesto di nuovi servizi di trasporto, grazie anche a nuove infrastrutture già in via di realizzazione, ma anche e soprattutto considerando il futuro sistema delle "regole", dal road pricing alle zone a traffico limitato, delle piattaforme tecnologiche che nel breve termine offriranno nuovi servizi integrati di ticketing, di informazione, di servizi di mobilità sharing, di servizi di trasporto pubblico non di linea, etc.

Il PUMS chiaramente costituisce l'elemento cardine del processo di pianificazione, con [...] la definizione di una nuova rete portante del TPM (Trasporto Pubblico Metropolitano) in grado di superare i limiti di capacità dell'attuale offerta di Trasporto Pubblico e di offrire un'alternativa competitiva all'utilizzo dell'auto privata anche per spostamenti diversi da quelli casa-scuola e casa-lavoro, di completare la rete portante metropolitana, il tutto in un unico sistema tariffario integrato metropolitano e con una chiara riconoscibilità del servizio di Trasporto Pubblico nel suo complesso per i cittadini, i city users e i turisti [...].

In particolare, [...] gli obiettivi posti dal PUMS al 2030 impongono un significativo potenziamento della rete di trasporto pubblico in ambito metropolitano [...], che prevede tra l'altro [...] il potenziamento della capacità di trasporto e innalzamento della velocità commerciale e della regolarità di marcia delle autolinee della rete portante mediante l'individuazione delle linee prioritarie (Metrobus) per la realizzazione di interventi riconducibili ai sistemi BRT (Bus Rapid Transit) [...] che siano integrati con la [...] Realizzazione di Centri di Mobilità intesi come spazi infrastrutturalmente e tecnologicamente attrezzati dedicati alla fruizione della "Mobilità come servizio" (Mobility as a Service) nei principali nodi della rete multimodale metropolitana e urbana.

Di fatto, il PUMS struttura la rete di trasporto collettivo nelle tre componenti:

- Rete portante costituita dal SFM, dalla nuova rete tranviaria di Bologna e dalle linee extraurbane/suburbane
 ad alto traffico METROBUS (rete di 1° livello) che propone di servire con sistemi assimilabili a BRT (Bus
 Rapid Transit);
- Rete complementare costituita da tutte le autolinee urbane di Bologna e Imola e suburbane ed extraurbane di 2° e 3° livello;
- Rete integrativa costituita dai cosiddetti "servizi locali" cioè a bassa frequenza o servizi "finalizzati" e/o flessibili (rete 4°livello).

La rete complementare e quella integrativa sono costituite da tutti i servizi delle autolinee ordinarie o a percorso/orario flessibile che assicurano la mobilità locale sia in ambito urbano che extraurbano raccordandosi in maniera sistematica nei Centri di Mobilità con i servizi della rete portante.

In questo quadro, i Centri di Mobilità costituiscono i nodi dove si garantisce la sincronizzazione degli orari (rendez-vous) che consente di moltiplicare le opportunità di collegamento disponibili anche tra linee della rete complementare a favore della mobilità di area.

Attestati nei Centri di Mobilità e, diffusamente, in ambito urbano, sono previsti servizi di mobilità condivisa che completano l'offerta del sistema del trasporto collettivo, per rispondere ad esigenze di mobilità caratterizzate da elevata flessibilità oppure in ambiti operativi complessi (aree a domanda diffusa).

4 Il Bus Rapid Transit: obiettivi generali e finalità dell'intervento

Lungo gli assi principali della rete del trasporto pubblico, il Piano propone il ricorso a sistemi di trasporto su gomma ad infrastrutturazione leggera comunemente definiti **BRT (Bus Rapid Transit)**. Per questa tipologia di mezzi, il PUMS prevede la preferenziazione della sede, l'allestimento delle fermate e un servizio efficiente, veloce, competitivo e confortevole.

Com'è noto, in generale un sistema BRT prevede la realizzazione di una serie di interventi sulla sede stradale per proteggere, rendere prioritaria o agevolare la marcia dei mezzi (su via dedicata, riservata o in promiscuo) e la contestuale adozione di soluzioni particolari per agevolare/velocizzare l'incarrozzamento alle fermate e garantire così una riduzione dei tempi di percorrenza per raggiungere il centro città.

Per l'ambito metropolitano il PUMS propone l'inserimento dei BRT (Bus Rapid Transit) promuovendo una riorganizzazione complessiva delle sedi stradali tali da ridurre al minimo le interferenze dei mezzi con le altre componenti di traffico.

Per le tutte direttrici interessate dalle linee Metrobus, nonostante il progetto di rete del TPM extraurbano si strutturi sul principio che tali linee interscambino e si attestino in corrispondenza dei capolinea delle linee del tram, è prevista una riorganizzazione del servizio del TPL su gomma ed una attuazione delle linee Metrobus svincolate dalle tempistiche di entrata in esercizio del tram, facendo attenzione agli interventi che verranno proposti lungo gli itinerari in entrata a Bologna, interessati dal futuro transito delle linee tramviarie.

Nel dettaglio, le direttrici lungo le quali è proposto l'inserimento del Metrobus sono:

- Castel San Pietro Terme San Lazzaro (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS - 2030);
- Calderara di Reno Via Emilia;
- Medicina Bologna;
- Monte San Giovanni Casalecchio (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS – 2030);
- Ponte Samoggia Terminal Emilio Lepido;
- Baricella Bologna (oggetto del presente studio);
- Bazzano Casalecchio (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS – 2030)
- Pieve di Cento Corticella.



Figura 4-1: la mappa del sistema dei Metrobus prevista dal PUMS

4.1 Inquadramento dell'intervento nello scenario del PUMS: fabbisogni, criticità locali e di rete rispetto all'opzione zero

Come emerge chiaramente dal documento di coerenza con il PUMS, l'area dove è prevista la realizzazione del servizio Metrobus oggetto dello studio (cfr. Figura 4-2) è racchiusa in uno spicchio di territorio compreso tra due **linee ferroviarie** interregionali, la Portomaggiore-Bologna (linea S2B del Servizio Ferroviario Metropolitano) e la Ferrara-Bologna, utilizzata dai servizi di rango nazionale, regionale e metropolitano (linea S4A).

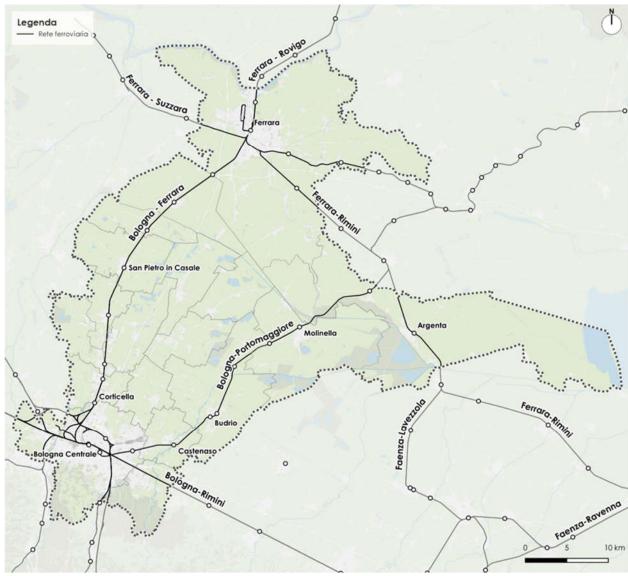


Figura 4-2: direttrici ferroviarie attualmente a servizio dell'area di studio

Il servizio ferroviario non copre l'intero territorio, rendendo possibile la distinzione dell'area di studio in diversi settori:

- il settore interno che comprende i comuni più interni di Granarolo dell'Emilia, Minerbio, Baricella, Malalbergo e Bentivoglio, che non sono direttamente serviti da trasporto ferroviario;
- il settore Nord-Ovest che comprende i comuni serviti dalla linea ferroviaria S4A Ferrara-Bologna quindi Castel Maggiore, Argelato (Funo), San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, Galliera e Poggio Renatico;
- il settore Nord-Est che comprende i comuni serviti dalla linea ferroviaria S2B Portomaggiore-Bologna quindi Castenaso, Budrio e Molinella.

Il Comune di San Lazzaro di Savena è l'unico dell'area di studio a trovarsi sull'asse ferroviario della direttrice Imola-Bologna (linea S4B).

Ad oggi, le principali criticità riscontrate nel servizio di trasporto pubblico attuale sono:

pagina

- Scarsa riconoscibilità della rete:
 - o le linee non sono funzionali ad un collegamento ben definito;
 - o le linee con stesso nome sono spesso a servizio di collegamenti differenti;
 - o alcune linee sono a servizio degli stessi collegamenti ma hanno nomi diversi;
- mancanza di servizi di distribuzione internamente alle zone industriali;
- assenza di gerarchizzazione della rete:
 - o adduzione verso un unico polo (Bologna);
 - o assenza di un corridoio portante;
 - o equilibrio delle corse nelle due direzioni durante la giornata non sempre garantito.

Le analisi dei dati di mobilità relativi allo scenario di riferimento, anche in confronto con quello attuale, mostrano d'altro lato una significativa quota di domanda potenziale, laddove l'attuale sistema del trasporto pubblico copre una quota modale poco superiore al 27%. Il valore cresce leggermente nello scenario di riferimento (cfr. Tabella 4.1).

| Indicatore | Scenario Attuale (2018) | Scenario di Riferimento (2027) |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Domanda (pax/h) | 48.134 | 51.183 |
| Domanda (pax/gg) | 356.192 | 378.754 |
| Domanda (pax/anno) | 106.857.480 | 113.626.260 |

Tabella 4.1: dati di mobilità a confronto – scenario attuale vs. scenario di riferimento

D'altro lato, con specifico riferimento alle coppie O/D che ricadono nella "catchment area" del corridoio del trasporto pubblico lungo la SP "San Donato", si rileva come:

- la domanda potenziale, ovvero somma della quota modale in auto e trasporto pubblico, è pari a circa 3.100 spostamenti/h;
- di questa, la quota modale relativa al solo trasporto pubblico è pari al 32%, dato superiore alla media della ripartizione modale d'area vasta;
- il 60% di tale valore è a sua volta riferito all'attuale linea 93, in servizio lungo il corridoio.

La Figura 4-3 e la Figura 4-4 evidenziano i valori di domanda potenziale relativa all'ora di punta del mattino lungo il corridoio San Donato. Da una lettura attenta emergono in particolare le seguenti considerazioni, utili alle valutazioni successive:

- il diagramma di carico della linea è, come da attendersi, a "cannocchiale", con valori sempre crescenti a partire da Baricella fino a raggiungere il massimo carico in prossimità della penetrazione urbana di Bologna;
- i valori di domanda potenziali si mantengono al di sotto dei 2.000 passeggeri/ora fino all'abitato di Granarolo, che costituisce un punto di discontinuità. A valle di Granarolo i valori di carico potenziale superano le 2.000 unità;
- la domanda raggiunge il valore di massimo carico per direzione pari a circa 3.400 passeggeri/ora, come predetto in prossimità della penetrazione urbana di Bologna. In ambito urbano la linea vede diminuire la sua domanda potenziale svolgendo una funzione di "distribuzione" rispetto alle diverse destinazioni.

Ponendosi nell'ottica di offrire all'utenza un servizio più strutturato che possa contribuire ad un rilancio complessivo del ruolo del trasporto pubblico della Città metropolitana, emerge quindi come la soluzione progettuale non può che confermare un sistema Metrobus - BRT come quello in grado di concorrere in maniera tangibile alla funzione territoriale e all'attrattività del territorio, in un'area che risente marginalmente dei benefici di un servizio forte e strutturato come il Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM).

Stante i valori di domanda potenziale e di quota modale relativa al trasporto pubblico dello scenario di riferimento, anche laddove si immaginasse un servizio di trasporto di rango superiore in termini di capacità e prestazioni, la quota

marginale di domanda eventualmente attratta non garantirebbe un saldo positivo tra costi di investimento e benefici attesi

Chiaramente, l'inserimento di un sistema di busvia ad elevate prestazioni, compatibile con i fabbisogni di domanda potenziale stimati, deve altresì sottendere a una riorganizzazione generale che persegua l'obiettivo di massimizzare i benefici attesi e che potrà essere articolata secondo i seguenti punti:

- eliminare il parallelismo dei servizi su gomma e su ferro, prevedendo potenziamenti nelle aree non servite da collegamenti su ferro al fine di assicurare l'efficienza del TPM in modo omogeneo su tutto il territorio metropolitano;
- sviluppare l'integrazione tra autolinee portanti e complementari su direttrici non servite da SFM;
- valorizzare gli hub di interscambio modale;
- realizzare un modello di esercizio cadenzato.

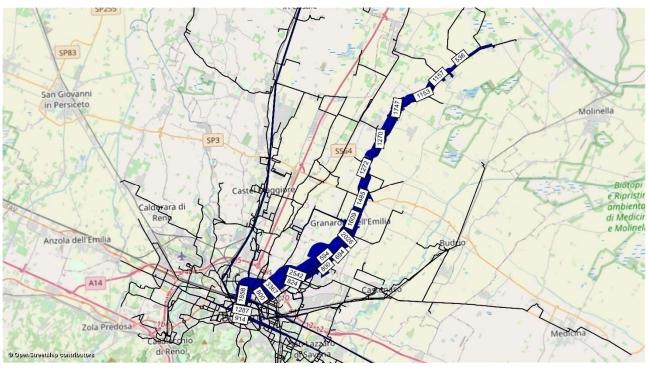


Figura 4-3: domanda potenziale (trasporto pubblico + trasporto privato) lungo il corridoio "San Donato"

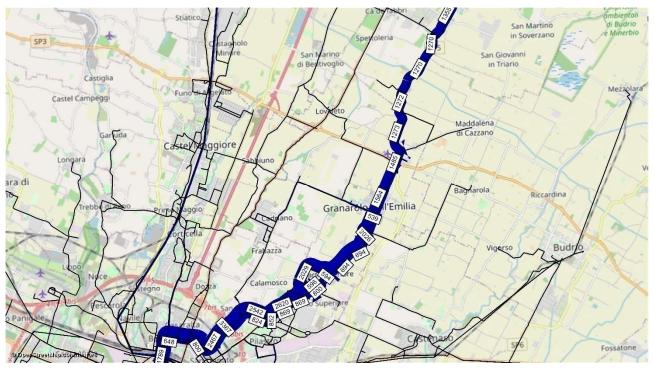


Figura 4-4: domanda potenziale (trasporto pubblico + trasporto privato) lungo il corridoio "San Donato" - dettaglio

In tal senso, i successivi paragrafi avranno lo scopo di valutare, all'interno del perimetro delineato da quanto predetto, e in coerenza con il percorso progettuale compiuto dalla Città metropolitana di Bologna, le alternative di progetto e le relative scelte in merito a tracciato, modello di esercizio e tecnologia con l'obiettivo di individuare la soluzione più rispondente a tali fabbisogni secondo criteri di efficienza ed efficacia che devono caratterizzare intrinsecamente i servizi di trasporto che rispondo a Obblighi di Servizio Pubblico.

5 Le alternative progettuali

Il processo di valutazione delle alternative progettuali non sottende a una logica lineare e sequenziale di passaggi ma, andando a interessare un "sistema complesso" deve necessariamente tener conto delle reciproche interrelazioni tra i diversi componenti del sistema per giungere a una valutazione integrata.

La scelta di tracciato, di modello di esercizio, di posizione o tipologia della fermata, di materiale rotabile, in termini di allestimento e tipologia di trazione, non può che essere considerata appunto nel suo complesso, oltre che:

- direttamente correlata ai fabbisogni di mobilità;
- necessariamente orientata alla intermodalità;
- inserita in un contesto di tariffazione integrata;
- coerente con il contesto tecnologico e normativo di riferimento ma che valuti la sua evoluzione che si attende rapida lungo il periodo di attuazione del sistema e della sua vita utile.

In tal senso, il processo sviluppato per la valutazione delle alternative progettuali è stato portato avanti seguendo quanto rappresentato schematicamente in Figura 5—1.

In particolare, la configurazione delle vie di marcia e le scelte di materiale rotabile sono entrate in un processo ricorsivo di progettazione che ha preso in considerazione in primo luogo la posizione, lo schema, l'attrezzaggio delle fermate, la coerente connessione con la rete di adduzione e l'incremento di efficacia dei Centri di Mobilità.

Questo vasto e complesso "pacchetto" di azioni progettuali è stato chiaramente sviluppato in **risposta ai fabbisogni di domanda di mobilità** stimati ai diversi orizzonti temporali secondo un modello di trasporto multimodale che ha valutato l'efficacia delle alternative di progetto e ne ha supportato, secondo opportuni indicatori, la definizione dell'assetto finale. Strumenti di simulazione di dettaglio hanno corroborato le scelte tecniche, sia geometrico-funzionali sia di regolazione semaforica con l'obiettivo di raffinare le analisi sia in termini di tempo di percorrenza e "robustezza" del modello di esercizio del Metrobus, sia di impatti sulla mobilità veicolare.

In coerenza con quanto sopra, il metodo di analisi delle possibili alternative progettuali in termini di modalità, tecnologia, livello di infrastrutturazione, opportunità di integrazione, semplificazione della manutenzione e gestione può sinteticamente essere articolato secondo i seguenti punti:

- valutazione delle alternative di progetto rispetto alla cosiddetta "opzione 0", sulla base di criteri relativi agli
 impatti sulla domanda di spostamento, sulla rete stradale e le sue prestazioni, sulla rete dei servizi esistenti,
 sull'ambiente, sul patrimonio artistico, sui costi, ovvero più in generale secondo quanto già evidenziato
 rispetto al significato di "sostenibile";
- individuazione del "corridoio infrastrutturato", ovvero delle scelte principali e strategiche in termini di tracciato della linea;
- definizione delle scelte progettuali di infrastruttura per ambiti di dettaglio;
- definizione del **modello di esercizio** del servizio di trasporto che meglio risponde ai suddetti fabbisogni, in termini prioritariamente di prestazioni ovvero capacità, disponibilità, tracciato;
- definizione del **materiale** rotabile che meglio risponde alle esigenze di capacità della linea, sulla base anche del modello di esercizio ipotizzato;
- definizione della tipologia di alimentazione del mezzo, e delle relative infrastrutture di alimentazione.

Tali punti non corrispondono a una mera e rigida gerarchizzazione temporale, ma, appunto, costituiscono elementi di un processo ricorsivo del tipo "what if" che, a valle di successive iterazioni giunge alla definizione dello scenario migliore, espresso come sintesi di valutazioni di efficacia ed efficienza, di considerazioni e prescrizioni degli stakeholder, di stime sulla possibile evoluzione del contesto tecnologico.

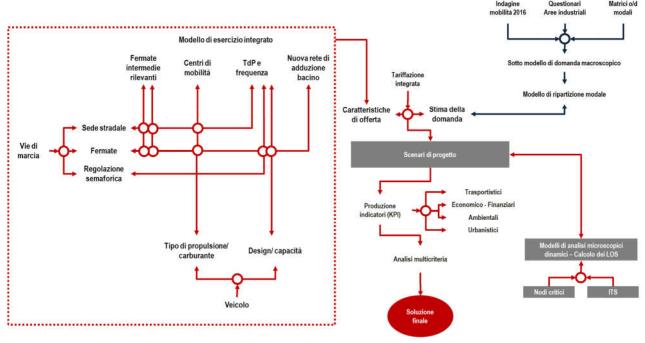


Figura 5-1: il processo progettuale

5.1 Le alternative di tracciato

Il processo di definizione del tracciato, come anticipato, muove da una considerazione di fondo: il sistema Metrobus è stato concepito come un vero e proprio "asse attrezzato" dove tracciato, infrastruttura, fermate, sistemi di regolazione semaforica, tipologia di materiale rotabile si integrano in un sistema di trasporto unico, "riconoscibile", ad elevate prestazioni, in grado di incrementare l'accessibilità alla città di Bologna di parte del territorio orientale della città metropolitana.

In tal senso, e in coerenza con le caratteristiche del territorio attraversato e della rete stradale di collegamento, tale processo è stato articolato secondo due passaggi fondamentali:

- individuazione del "corridoio" che meglio soddisfa i suddetti fabbisogni di mobilità in termini di domanda di spostamento nelle sue caratteristiche spaziali e temporali;
- definizione delle alternative di progetto di dettaglio, riconducibili a fattori di "ambito" e più legati a dinamiche di tipo locale.

5.1.1 Individuazione del "corridoio"

Con riferimento al punto 1, è necessario considerare i seguenti elementi:

• da un lato la definizione di Baricella come capolinea del servizio va a determinare una **esigenza di** collegamento veloce con la città di Bologna, sia in termini di quota di spostamento rispetto all'intero bacino,

sia per il suo ruolo di nodo di scambio per le linee extraurbane; un passeggero in arrivo a Baricella con un'altra modalità di trasporto ha chiaramente l'esigenza di un collegamento diretto con la sua destinazione finale, Bologna, rapido e ad elevata frequenza;

• dall'altro, il corridoio offerto dalla via San Donato attraversa tutti i centri abitati principali tra Baricella e Bologna.

Inoltre, si deve necessariamente prendere in considerazione la futura realizzazione della linea tranviaria "rossa", che si attesterà in corrispondenza del terminal Fiera Michelino, in prossimità del punto di penetrazione urbana del corridoio della "San Donato".

In tal senso, il corridoio stradale costituito dalla "San Donato" costituisce l'unica alternativa di collegamento tra Baricella e la città di Bologna, attraversando gli abitati principali di Minerbio e Granarolo, e quelli più piccoli che giacciono lungo il tracciato.

D'altro lato, con specifico riferimento alla relazione tra il corridoio Metrobus e il futuro corridoio tranviario, è possibile individuare due differenti alternative di tracciato:

- **alternativa 1: collegamento Baricella Bologna** con attestamento al capolinea tranviario di Michelino (Figura 5-2, Figura 5-3);
- **alternativa 2: collegamento Baricella Bologna** con attestamento al capolinea Autostazione di Bologna, proseguendo oltre il Terminal Michelino e transitando lungo via della Fiera, viale Aldo Moro e via Stalingrado (Figura 5-4 e Figura 5-5).

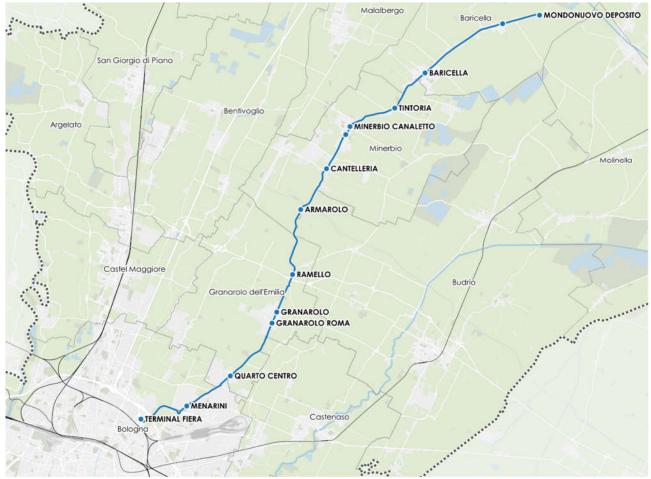


Figura 5-2: alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità

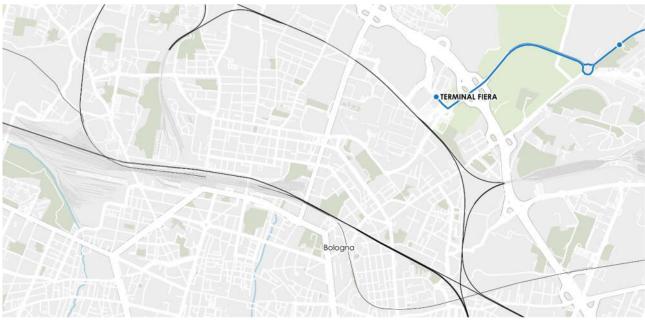


Figura 5-3: alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)

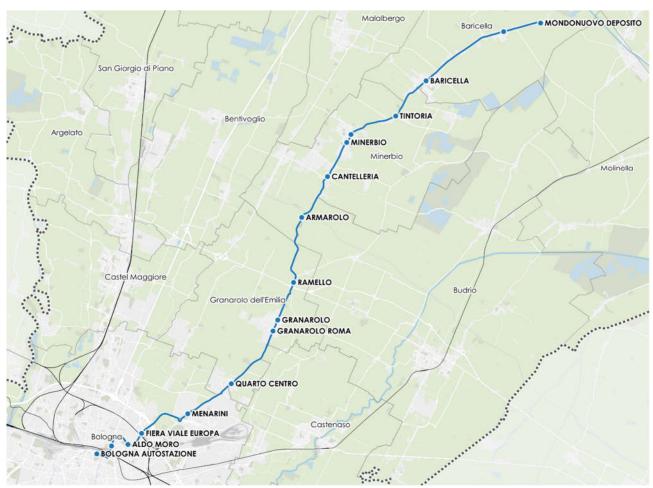


Figura 5-4: alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità

pagina

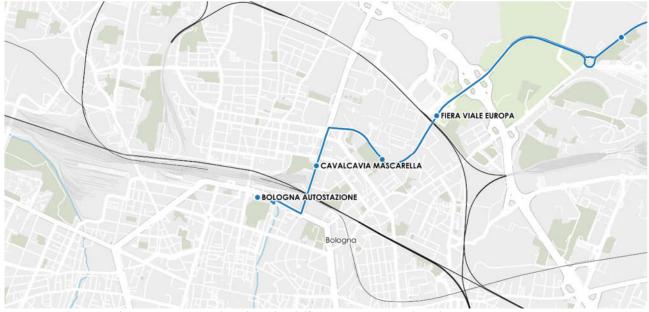


Figura 5-5: alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)

5.1.2 Definizione delle alternative di progetto di dettaglio

Gli aspetti relativi al punto 2 sono fortemente correlati alle condizioni di inserimento del tracciato nel contesto infrastrutturale e urbanistico di riferimento e, nello specifico, delle componenti legate a:

- inserimento e configurazione delle fermate, con aspetti di dettaglio legati alla intermodalità, accessibilità e regolazione semaforica;
- inserimento del tracciato e organizzazione di alcuni nodi rilevanti della rete: rotatorie e intersezioni semaforizzate.

In Figura 7-5 vediamo un inquadramento della linea AV Bologna Autostazione – Baricella.

Nella fattispecie, in allegato al documento sono riportate le configurazioni alternative prese in considerazione per quanto riguarda gli ambiti specifici di Granarolo, Minerbio, Baricella e Bologna, oltre alla risistemazione della rotatoria cosiddetta "piccolo Cowboy" e le ipotesi di sistemazione della sede preferenziale in via Roma come meglio specificato di seguito:

- Ambito Bologna: l'inserimento nella città di Bologna viene descritto nella Figura 7-6 dove si nota il
 collegamento della SS64 con SP5 transitando in viale Aldo Moro viale della Fiera viale Europa; con
 riferimento alla Figura 7-7 per la configurazione della fermata Quarto Inferiore; Figura 7-9 per la
 configurazione della fermata Menarini;
- Ambito Granarolo: la Figura 7-10 descrive l'inquadramento di progetto fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Granarolo. Con riferimento alla Figura 7-11 e alla Figura 7-12 si descrivono le ipotesi alternative di passaggio del Metrobus e conseguente fermata Granarolo; la Figura 7-14 descrive le varie ipotesi per la configurazione della Fermata Granarolo via Roma; nella Figura 7-15 notiamo la configurazione della Fermata Granarolo Matteucci; nella Figura 7-16 si descrivono le alternative di progetto per il Capolinea Granarolo; nella Figura 7-18 le ipotesi di sistemazione della sede preferenziale e delle intersezioni Granarolo e in Figura 7-19 e Figura 7-20 le ipotesi di sistemazione della rotatoria "piccolo Cowboy"; la Figura 7-21 e la Figura 7-22 descrivono le fermate Ramello e Armarolo (Budrio);
- Ambito Minerbio: la Figura 7-24 descrive la configurazione della Fermata Cantelleria; con riferimento alla Figura 7-25 e Figura 7-27 si descrive l'inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Minerbio e sistemazione della fermata di Minerbio; nella Figura 7-30 si descrivono delle ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma;
- Ambito Baricella: con riferimento alla Figura 7-32 viene descritto l'inquadramento di progetto per l'accessibilità del centro di Baricella, alla Figura 7-33 la configurazione della fermata Baricella e nella Figura 7-34 la configurazione del deposito Metrobus di Baricella; nella Figura 7-35 l'ipotesi di sistemazione degli attraversamenti pedonali – Baricella.

5.1.3 I criteri di scelta del tracciato

Con riferimento alle alternative sopra esposte, i criteri presi in considerazione per la scelta del tracciato sono riferibili a:

- 1. Accessibilità dell'area di studio, in termini di domanda servita dal sistema;
- 2. **Prestazione** del servizio di trasporto, in termini di velocità commerciale e affidabilità, espressa come probabilità di ritardo/scostamento rispetto all'orario tabellare;
- 3. **Condivisione** e concertazione con gli stakeholder.

Chiaramente i criteri 1 e 2 sono strettamente correlati tra loro e con il progetto del modello di esercizio di cui al paragrafo successivo. D'altro lato essi si riferiscono all'individuazione del "corridoio".

Il criterio 3 è viceversa relativo alla definizione delle alternative di progetto di dettaglio, dove le esigenze a scala locale hanno per loro natura un forte legame con le dinamiche, le esigenze, le necessità degli stakeholder di ambito.

5.2 Le alternative di modello di esercizio

Il processo di definizione del modello di esercizio, come predetto, costituisce il punto di "cerniera" tra le decisioni relative al tracciato e quelle legate alla tipologia di alimentazione del parco rotabile.

Il tracciato necessariamente condiziona le prestazioni del sistema nei termini di cui si è detto al paragrafo precedente e che ha un riflesso diretto sul modello di esercizio in relazione al tempo di viaggio, al tempo giro, all'orario tabellare alle fermate quindi, in ultimo, al fabbisogno di mezzi.

D'altro lato, la tecnologia e la tipologia di alimentazione del parco mezzi hanno un impatto non trascurabile: di fatto la tipologia di alimentazione e di ricarica, nel caso di alimentazione a batteria, portano a un forte legame tra modello di esercizio, profilo di carico dell'alimentazione elettrica, frequenza e posizione degli eventuali punti di ricarica.

Non ultimo, la posizione dei depositi utilizzabili ovvero di spazi che potranno essere considerati utili per la realizzazione di un nuovo deposito, costituiscono punti "notevoli" della rete, che devono essere individuati con l'obiettivo di minimizzare i viaggi "a vuoto" rispetto, appunto, a una alternativa di modello di esercizio.

In tale contesto, e in coerenza con le alternative di tracciato di cui sopra, sono stati presi in considerazione 3 gruppi di alternative, così strutturate:

- 1. Metrobus lungo il tracciato della SP5 con un servizio diretto Baricella Bologna-Terminal Michelino;
- 2. Metrobus lungo il tracciato della SP5 con un servizio diretto Baricella Bologna-autostazione;
- 3. Metrobus lungo il tracciato della SP5 con due differenti servizi, in grado di garantire all'utenza al contempo velocità e capacità di trasporto lungo la direttrice San Donato (cfr. Figura 5-6):
 - a. Servizio Metrobus Alta Velocità: Mondonuovo Deposito Bologna Autostazione;
 - b. Servizio Metrobus Alta Capacità: Granarolo De Rossi Bologna Autostazione.

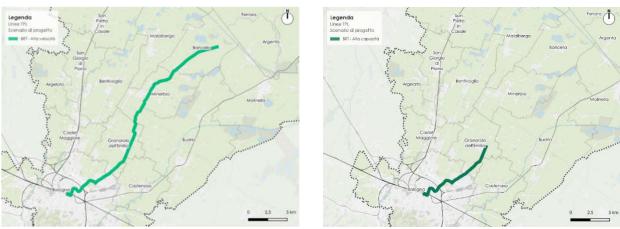


Figura 5-6: ipotesi di servizio AV e AC rispettivamente lungo itinerari Baricella – Bologna (sx) e Granarolo – Bologna (dx)

5.2.1 I criteri di scelta del modello di esercizio

Anche in questo caso, con riferimento alle alternative sopra esposte e alle relazioni con gli altri spetti progettuali, i criteri presi in considerazione per la scelta del modello di esercizio sono riferibili a:

- 1. **Accessibilità** dell'area di studio, in termini di domanda servita dal sistema;
- 2. **Prestazione** del servizio di trasporto, in termini di velocità commerciale e affidabilità, espressa come probabilità di ritardo/scostamento rispetto all'orario tabellare.

D'altro lato è necessario considerare due elementi che costituiscono un vincolo di coerenza con le scelte in materia di tecnologia del mezzo e con quelli di opportunità di scelta delle aree di deposito e di capolinea.

pagina

5.3 Le alternative tecnologiche di materiale rotabile

Dal punto di vista del materiale rotabile, è necessario premettere i criteri esplicitati dall'addendum all'Avviso di presentazione istanze per accesso alle risorse per il trasporto rapido di massa che aprono al finanziamento di "sistemi filoviari (e assimilabili)" ovvero a tutti i sistemi eserciti con veicoli su gomma a trazione elettrica che si alimentano/ricaricano lungo la via di corsa con sistemi di alimentazione continui (es.: linea aerea tradizionale) o discreti (es.: postazioni di ricarica).

In tal senso le alternative tecnologiche del parco rotabile prese in considerazione per il progetto sono riconducibili ai punti di seguito:

- 1) **filobus**, che prevede la presenza della catenaria per l'intero tracciato o per parti di esso, utile a:
 - a) garantire l'alimentazione continua del mezzo;
 - b) fornire soluzioni con accumulo di energia durante il passaggio sotto la linea di contatto tradizionale per poi affrontare tratti di percorso *catenary free* (soluzione In Motion Charge IMC);
- 2) **e-Bus** con alimentazione a batterie, in grado di transitare su tratte interamente *catenary free*, unitamente a infrastrutture di ricarica puntuale (Flash charging e Opportunity charging). In particolare, è ulteriormente utile articolare le possibili alternative in relazione alla posizione e numerosità dei punti di ricarica, che costituiscono elementi di progetto correlati al modello di esercizio e con un impatto diretto sulla potenzialità, capacità e dimensione del sistema di batterie:
 - a) Tipo A: solo e-Bus con massima capacità batterie, nessuna stazione di ricarica veloce in linea ma solo in deposito;
 - b) Tipo B: e-Bus con massima capacità batterie e stazioni ricarica in corrispondenza di uno o entrambi i capolinea;
 - c) Tipo C: e-Bus con minima capacità batteria e stazioni di ricarica flash lungo il percorso.





Figura 5-7: esempi di mezzo tipologia filobus (a sx) e e-Bus (dx)

5.3.1 I criteri di scelta della tecnologia

Con riferimento a questo aspetto progettuale, i criteri di valutazione sono necessariamente da articolare secondo i due "gradini" individuati al paragrafo precedente.

In particolare, la valutazione rispetto alle alternative filobus e e-Bus è riconducibile a criteri generali come di seguito:

- Accessibilità, in termini di capacità del mezzo rispetto alla domanda potenziale dell'area di studio;
- **Flessibilità** del sistema con riferimento alle evoluzioni del contesto in termini di percorso anche per lavori e cantieri stradali temporanei, integrazione con sistemi di trasporto in via di progettazione, etc.
- **Costo** del sistema complessivo, ovvero tenendo in conto il mezzo, la rete e le infrastrutture di ricarica.

6 La scelta di progetto

6.1 Considerazioni preliminari

Come illustrato nel diagramma di Figura 5-1, le alternative di progetto qui illustrate sono state valutate sulla base dei rispettivi criteri di scelta e tenendo necessariamente in conto gli impatti e i feedback reciproci, perseguendo l'obiettivo finale di giungere a una soluzione che:

 risponda ai fabbisogni di domanda in modo efficace ed efficiente, ovvero possa determinare la miglior evoluzione della ripartizione modale a favore delle modalità di trasporto a bassa emissione, ad un costo di gestione sostenibile;

ente Città metropolitana di Bologna ATI

Consorzio Stabile NET Engineering | Ing. Andrea Spinosa | Ing. Pasquale del Sorbo

pagina

- sia operata con una tecnologia a bassa emissione, **coerente** con il contesto tecnologico di riferimento attuale, **flessibile** rispetto alle future variazioni solo parzialmente intravedibili al momento, **economico** ovvero che "lavori" nel suo intervallo di convenienza dei costi, considerando sia il costo di approvvigionamento e costruzione sia di manutenzione e gestione del sistema;
- consideri come criterio rilevante sia **l'integrazione con i sistemi di trasporto**, in particolare urbano, attuali e di progetto, sia la **coerenza con sistemi di trasporto analoghi** BRT in via di progettazione (si veda il Metrobus lungo la linea Baicella Bologna) o presenti come evoluzione negli strumenti di pianificazione della Città metropolitana di Bologna (altre linee Metrobus delineate nel PUMS cfr. Figura 4-1).

In questo senso, e a mero scopo di schematizzazione del ragionamento condotto a livello complessivo rispetto alle scelte progettuali, si può articolare il processo (di cui alla Figura 5-1) secondo i seguenti passaggi logici e sequenziali:

- la **scelta del tracciato**, in termini infrastrutturali, considerando le soluzioni geometrico-funzionali, di regolazione del traffico e di posizionamento delle fermate, anche secondo le diverse tipologie individuate (small, medium, large) che presentano un impatto diretto sulle prestazioni del sistema e sull'accessibilità;
- la **scelta del modello di esercizio** che meglio sposi l'itinerario individuato, ovvero che collabori alla "realizzazione" delle prestazioni e dell'accessibilità del sistema;
- la **scelta della tecnologia** del mezzo e della infrastruttura che possa offrire la soluzione che "lavori" all'interno del suo intervallo di convenienza nel rispetto del modello di esercizio prescelto.

Nei paragrafi di seguito si motiveranno quindi le diverse scelte giungendo alla descrizione della "scelta di sistema" intrapresa e alla base delle successive valutazioni.

6.2 La scelta del tracciato

Le diverse soluzioni di tracciato sono state analizzate considerando i criteri di cui al paragrafo 5.1.3 articolati secondo gli indicatori di seguito:

- Prestazione del sistema:
 - O Velocità commerciale della linea, calcolato in km/h sulla base delle caratteristiche del modello di simulazione che tiene conto sia delle soluzioni di progetto alternative, sia della densità e posizione delle fermate lungo la linea, sia della congestione nelle tratte e alle intersezioni prive di corsie riservate;
 - o Lunghezza del tracciato, misurato in km per le diverse alternative di tracciato sulla base dei rilievi e della cartografia disponibile alla base del progetto;
- Accessibilità del sistema:
 - o Shift modale sul Trasporto Pubblico, calcolato come valore dei passeggeri/ora che modificano la loro scelta modale rispetto allo scenario di riferimento, stimato sulla base del modello di domanda multimodale di cui alla relazione delle analisi trasportistiche, implementata rispetto alle diverse ipotesi di tracciato;
 - Saliti sul sistema Metrobus, calcolato come valore dei passeggeri/ora che salgono complessivamente alle fermate della linea per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - o Percorrenza totale sul sistema Metrobus, calcolato come numero di Passeggeri x km che utilizzano in un'ora la linea per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - Percorrenza media sul sistema Metrobus, calcolato come numero di chilometri a bordo del mezzo percorso dai passeggeri in un'ora per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - Produzione del sistema Metrobus, calcolato come numero di bus*km in un giorno di servizio per le diverse configurazioni di progetto, sulla base delle caratteristiche del servizio implementato nel modello di simulazione.

La Tabella 6.1 evidenzia i valori corrispondenti ai diversi indicatori scelti, cui è associata una valutazione qualitativa utile ad un confronto tra le due macro soluzioni di progetto.

| criterio | Indicatore | Soluzione "1" – capolinea Michelino | | Soluzione "2" – capolinea Autostazione | |
|---------------|---|--|-----|---|-----|
| Prestazione | Velocità commerciale (km/h) | 49 | ••• | 39 | •• |
| Accessibilità | Shift modale sul Trasporto Pubblico (pax/h) | 70 | • | 110 | ••• |
| Accessibilità | Saliti Metrobus (pax/h) | 620 | • | 815 | ••• |
| Accessibilità | Pax*km Metrobus (km) | 7.500 | • | 10.600 | ••• |
| Accessibilità | Percorrenza media a bordo (km) | 12,0 | ••• | 13 | ••• |
| Accessibilità | Produzione Metrobus (bus*km/gg) | 3.050 | ••• | 3.500 | ••• |

Tabella 6.1: criteri e indicatori di valutazione per le due soluzioni di tracciato

Sulla base di tale valutazione, emerge chiaramente come l'alternativa di tracciato relativa al collegamento diretto Baricella – Bologna Autostazione costituisce quella che meglio risponde ai criteri individuati.

L'alternativa che prevede l'attestamento al terminal Michelino di fatto "soffre" per la necessità dello scambio modale con il trasporto urbano, rispetto a un fabbisogno di domanda lungo l'area di interesse che è maggiormente orientato a raggiungere le zone dell'autostazione e quelle ad essa direttamente collegate. L'impedenza dovuta allo scambio modale chiaramente assume un peso percentualmente più rilevante per le zone più prossime alla cintura urbana bolognese.

6.3 La scelta del modello di esercizio

La scelta del modello di esercizio risponde ai criteri di cui al paragrafo 5.2.1 ovvero accessibilità e prestazioni, ma tiene necessariamente conto degli aspetti legati alle scelte tecnologiche in termini di mezzi e infrastrutture di ricarica.

La definizione del modello di esercizio, infatti, costituisce un elemento essenziale di "cerniera" tra gli aspetti di fabbisogno di domanda, quelli infrastrutturali e quelli legati alle caratteristiche del mezzo, con riferimento particolare ai seguenti aspetti:

- La risposta ai fabbisogni di domanda è legata strettamente alle frequenze del servizio, che incidono sulla quota di ripartizione modale;
- Le prestazioni di dettaglio in termini di velocità di marcia e velocità commerciale dipendono fortemente dalle caratteristiche del tracciato in termini di:
 - o presenza di corsie riservate o segregate, configurazione geometrica delle intersezioni e tipologia di regolazione semaforica;
 - o densità e posizionamento delle fermate lungo il tracciato bordo strada, su tratta riservata, in prossimità dell'intersezione, etc.);
 - o prestazioni legate al mezzo, con riferimento a capacità di accelerazione/decelerazione;
- Le caratteristiche di alimentazione del mezzo incidono, nel caso particolare di e-Bus, sui tempi di fermata del bus alle fermate, ovvero di sosta ai capolinea e, in ultima istanza sulle necessità di turno-macchina per garantire sempre un mezzo in grado di viaggiare in modo affidabile e sicuro.

A questo, è necessario aggiungere le considerazioni relative al posizionamento delle aree di deposito che incidono sui costi per rendere il servizio disponibile ai punti di partenza, appunto in coerenza con il modello di esercizio ipotizzato. In tal senso, l'alternativa di progetto scelta ha tenuto conto di:

- le scelte compiute rispetto al tracciato di cui al paragrafo 6.2 e alle ulteriori considerazioni illustrate nel documento di analisi trasportistiche in relazione alle soluzioni per incrementare l'incidenza del sistema sulla variazione di ripartizione modale e assecondare l'esigenza di mobilità;
- le scelte compiute rispetto alla dislocazione dei depositi. In tal senso si ricorda come, nell'ottica di minimizzare i costi di investimento, raggiungere una maggiore integrazione con i sistemi esistenti e di futura progettazione, garantire una maggiore flessibilità del sistema Metrobus nell'ambito della rete programmata dal PUMS, si è compiuta la scelta di considerare come aree di deposito:

- o L'area attigua al capolinea di Baricella, realizzando le opportune infrastrutture per gestire le attività di ricarica elettrica e manutenzioni ordinarie;
- o L'attuale deposito TPER di Mondonuovo, che consente di sfruttare una infrastruttura esistente e consente di realizzare nelle fasce di punta e nelle direzioni strategiche servizi continui da/verso Bologna che incrementano l'accessibilità e riducono il numero di corse a vuoto;
- o L'attuale deposito TPER di Due Madonne, il cui posizionamento è strategico per la riduzione dei tempi a vuoto mezzi e le cui dimensioni permettono una ottimizzazione degli spazi e una flessibilità del servizio;
- le scelte legate alle tecnologie dei mezzi e delle infrastrutture di ricarica di cui al paragrafo successivo in termini di tempi di sosta ai capolinea e ai depositi e di turnazione del materiale.

In tal senso, la soluzione analizzata è riconducibile a:

- servizio misto denominato Alta Velocità/Alta Capacità, così organizzato:
 - o **Servizio** Metrobus **Alta Velocità: Baricella Bologna Autostazione:** con offerta di progetto che prevede una estensione del servizio per 15,5 h/giorno e l'effettuazione di 43 corse/giorno/direzione, così ripartite:
 - fascia di punta della mattina (2h): 6 corse/h/direzione
 - fascia di punta della sera (2h): 4 corse/h/direzione
 - fasce di morbida (11,5 h): 2 corse/h/direzione
 - Servizio Metrobus Alta Capacità: Granarolo De Rossi Bologna Autostazione: con offerta di progetto che prevede una estensione del servizio per 15 h/giorno e l'effettuazione di 34 corse/giorno/direzione, così ripartite:
 - fascia di punta della mattina (2h): 4 corse/h/direzione
 - fascia di punta della sera (2h): 2 corse/h/direzione
 - fasce di morbida (11 h): 2 corse/h/direzione

Le diverse soluzioni di modello di esercizio sono state analizzate considerando i criteri di cui al paragrafo 5.2.1 articolati secondo gli indicatori di seguito:

- Prestazione del sistema:
 - o velocità commerciale della linea, calcolato in km/h sulla base delle caratteristiche del modello di simulazione che tiene conto sia delle soluzioni di progetto alternative, sia della densità e posizione delle fermate lungo la linea, sia della congestione nelle tratte e alle intersezioni prive di corsie riservate;
 - o lunghezza del tracciato, misurato in km per le diverse alternative di tracciato sulla base dei rilievi e della cartografia disponibile alla base del progetto;
 - o affidabilità del servizio, considerato in via qualitativa secondo un indicatore che tenga conto della probabilità di scostamento dell'orario effettivo rispetto a quello tabellare;
- Accessibilità del sistema:
 - shift modale sul Trasporto Pubblico, calcolato come valore dei passeggeri/ora che modificano la loro scelta modale rispetto allo scenario di riferimento, stimato sulla base del modello di domanda multimodale di cui alla relazione delle analisi trasportistiche, implementata rispetto alle diverse ipotesi di tracciato;
 - saliti sul sistema Metrobus, calcolato come valore dei passeggeri/ora che salgono complessivamente alle fermate della linea per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - o percorrenza totale sul sistema Metrobus, calcolato come numero di Passeggeri x km che utilizzano in un'ora la linea per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - o percorrenza media sul sistema Metrobus, calcolato come numero di chilometri a bordo del mezzo percorso dai passeggeri in un'ora per le diverse configurazioni di progetto, stimato sulla base del modello di simulazione;
 - o produzione del sistema Metrobus, calcolato come numero di bus*km in un giorno di servizio per le diverse configurazioni di progetto, sulla base delle caratteristiche del servizio implementato nel modello di simulazione.

La Tabella 6.2 evidenzia i valori corrispondenti ai diversi indicatori scelti, cui è associata una valutazione qualitativa utile.

| criterio | Indicatore | Servizio diretto Baricella- Michelino | Servizio diretto Baricella- Autostazione | Servizio A\ | //AC |
|---------------|-----------------------------------|---|--|-------------|------|
| Prestazione | Velocità commerciale | ••• | •• | 39/29 | •• |
| Prestazione | Affidabilità del servizio | ••• | •• | | •• |
| Accessibilità | Saliti BRT (pax/h) | • | •• | 1.292 | ••• |
| Accessibilità | Pax*km BRT (km) | • | •• | 16.020 | ••• |
| Accessibilità | Percorrenza media a bordo (km) | ••• | ••• | 12,4 | ••• |

Tabella 6.2: criteri e indicatori di valutazione per le soluzioni di modello di esercizio

Sulla base di tale valutazione, emerge chiaramente come l'alternativa di modello di esercizio che meglio risponde ai criteri di valutazione è quella articolata secondo due i due servizi AV e AC. Il modello risponde peraltro al concetto di "corridoio infrastrutturato" di cui al paragrafo 5 che individua, all'interno del più ampio intervento infrastrutturale lungo la SP5, una rete di servizi che, per elementi distintivi, riconducibili prioritariamente a tipologia di fermate e caratteristiche dei mezzi, possa rappresentare un sistema BRT ad elevate prestazioni per il territorio di riferimento.

6.3.1 Il modello di esercizio per la tratta AV Baricella - Bologna

Il servizio AV si sviluppa sulla relazione Baricella – Bologna, tra il capolinea di Baricella e l'Autostazione di Bologna.

4 corse in direzione Bologna e altrettante in direzione Baricella sono estese fino al capolinea di Mondonuovo.

Le corse Metrobus AV effettuano servizio solo nelle fermate principali, infrastrutturate per offrire livelli di servizi al passeggero superiori agli standard del TPL extraurbano. Le fermate previste per la linea Metrobus AV sono:

- 1. Fermata BARICELLA
- 2. Fermata TINTORIA
- 3. Fermata MINERBIO CANALETTO
- 4. Fermata MINERBIO
- 5. Fermata CANTELLERIA
- 6. Fermata ARMAROLO
- 7. Fermata RAMELLO
- 8. Fermata GRANAROLO
- 9. Fermata GRANAROLO VIA ROMA
- 10. Fermata GRANAROLO MATTEUCCI
- 11. Fermata QUARTO INFERIORE
- 12. Fermata MENARINI
- 13. Fermata MICHELINO
- 14. Fermata FIERA ALDO MORO
- 15. Fermata STALINGRADO
- 16. AUTOSTAZIONE

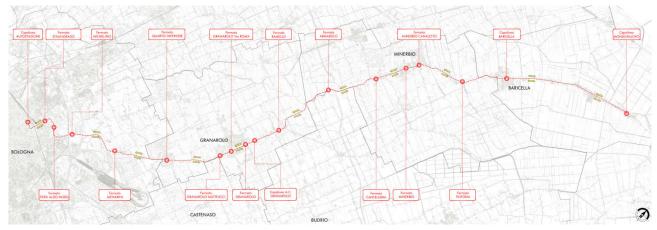


Figura 6-1: schema di linea – Metrobus AV

Il modello d'esercizio di progetto prevede una estensione del servizio di 15,5 h/giorno e l'effettuazione di 43 corse/giorno/direzione, così ripartite:

- fascia di punta della mattina (2h): 6 corse/h/direzione
- fascia di punta della sera (2h): 4 corse/h/direzione
- fasce di morbida (11,5 h): 2 corse/h/direzione

Nella fascia di punta della mattina 2 corse/h nella sola direzione Bologna partono dal capolinea di Mondonuovo. Nella fascia di punta della sera altrettante 2 corse/h nella sola direzione Baricella sono estese fino al capolinea di Mondonuovo (dove effettuano la sosta notturna).

In Figura 6-3 è riportato il modello d'esercizio completo mediante orario grafico.

I mezzi necessari, al netto delle scorte, sono 10.

Tutti i mezzi effettuano i fuori servizio diurni a Baricella, mentre quello notturno in parte a Baricella (6 mezzi) e in parte a Mondonuovo (4 mezzi).

6.3.2 Il modello di esercizio per la tratta AC Granarolo De Rossi – Bologna

Il servizio AC si sviluppa sulla relazione Granarolo – Bologna, tra il capolinea di Granarolo (De Rossi) e l'Autostazione di Bologna.

Le corse Metrobus AC effettuano servizio in tutte le fermate del Metrobus AV e anche nel resto delle fermate servite dal servizio di TPL extraurbano ordinario. Di seguito l'elenco completo, in maiuscolo le fermate comuni al Metrobus AV:

- 1. Capolinea Granarolo De Rossi
- 2. Fermata GRANAROLO
- 3. Fermata GRANAROLO VIA ROMA
- 4. Fermata GRANAROLO MATTEUCCI
- 5. Fermata Granarolo Hotel King
- 6. Fermata Granarolo Foggia Nuova
- 7. Fermata Quarto S. Donato Risorgimento
- 8. Fermata QUARTO INFERIORE
- 9. Fermata Frullo (Bivio)
- 10. Fermata Piccolo Cow Boy
- 11. Fermata San Donato 240-246
- 12. Fermata San Sisto
- 13. Fermata MENARINI
- 14. Fermata MICHELINO
- 15. Fermata FIERA ALDO MORO
- 16. Fermata STALINGRADO
- 17. AUTOSTAZIONE

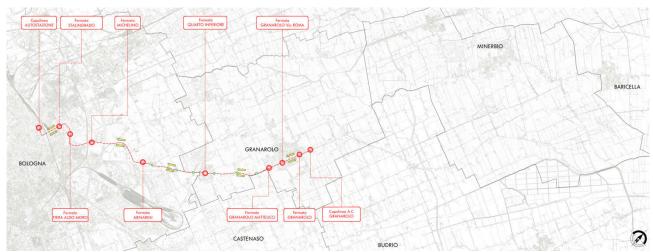


Figura 6-2: schema di linea – Metrobus AC (sono riportate il capolinea AC e le fermate comuni AV-AC)

Il modello d'esercizio di progetto prevede una estensione del servizio di 15 h/giorno e l'effettuazione di 34 corse/giorno/direzione, così ripartite:

- fascia di punta della mattina (2h): 4 corse/h/direzione
- fascia di punta della sera (2h): 2 corse/h/direzione
- fasce di morbida (11 h): 2 corse/h/direzione

In Figura 6-4 è riportato il modello d'esercizio completo mediante orario grafico.

I mezzi necessari, al netto delle scorte, sono 5. Tutti i mezzi effettuano i fuori servizio diurni al capolinea di Granarolo o al deposito di Due Madonne; il fuori servizio notturno è effettuato da tutti i mezzi al deposito di Due Madonne.

MONDONUOVO DEPOSITO - BOLOGNA AUTOSTAZIONE

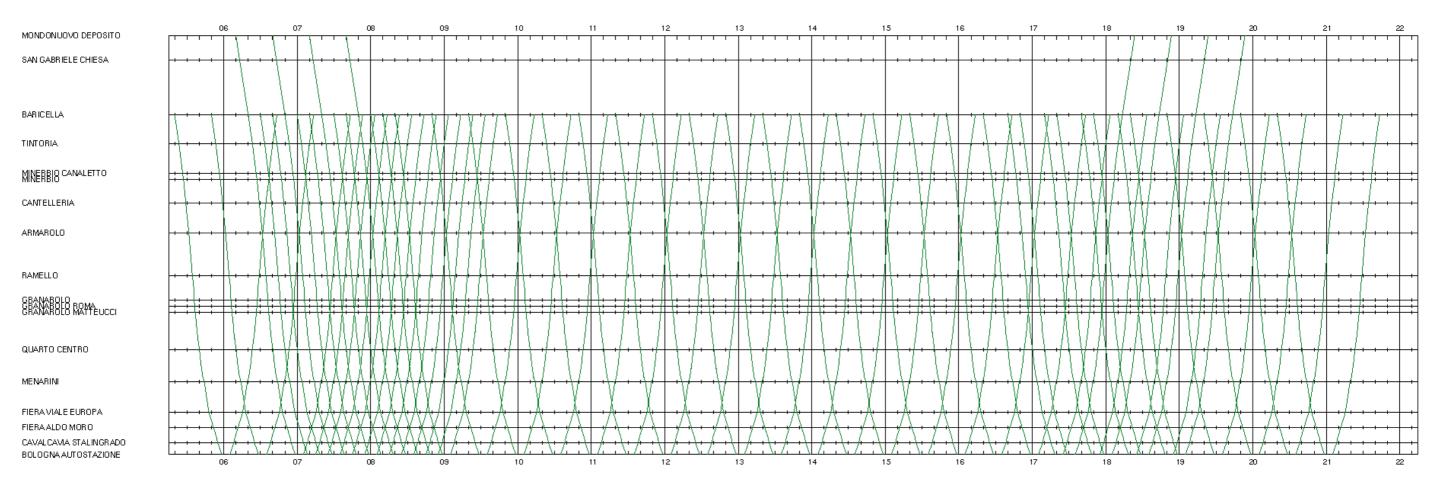


Figura 6-3: rappresentazione mediante orario grafico del modello d'esercizio previsto per la linea Metrobus AV

GRANAROLO DE ROSSI - BOLOGNA AUTOSTAZIONE

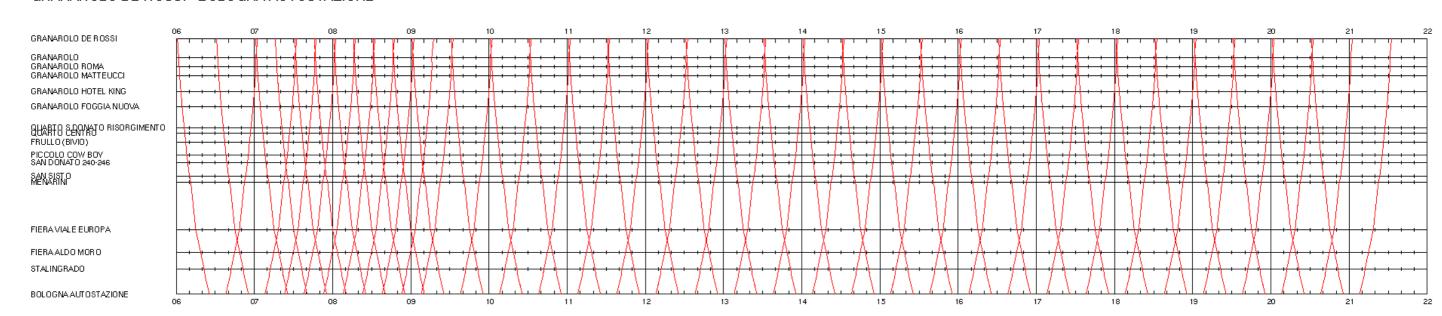


Figura 6-4: rappresentazione mediante orario grafico del modello d'esercizio previsto per la linea Metrobus AC

Consorzio Stabile NET Engineering | Ing. Andrea Spinosa | Ing. Pasquale del Sorbo

6.4 La scelta della tecnologia: parco mezzi e infrastruttura di ricarica

La scelta della tecnologia, con riferimento sia al parco mezzi sia alle infrastrutture di ricarica, risponde ai criteri di cui al paragrafo 5.3.1 ovvero accessibilità, flessibilità e costi, ma tiene necessariamente conto degli aspetti legati alle scelte sul modello di esercizio di cui al paragrafo precedente.

In particolare, il processo di scelta è stato sviluppato secondo due passaggi successivi e consequenziali che hanno tenuto conto di alcuni elementi preliminari:

- il contesto tecnologico attuale è caratterizzato da un rapido sviluppo volto a individuare soluzioni che:
 - o da un lato riducano l'impatto estetico, ambientale e urbanistico, minimizzino le zone di rispetto, con maggiore possibilità di superamento degli ostacoli, riducano gli impatti sulla circolazione in caso di condizioni meteo avverse (neve, ghiaccio);
 - o dall'altro lato non esiste uno standard tecnico universalmente affermato e condiviso, ossia una soluzione ottimale per costi e prestazioni, adatta a tutti gli scopi di intervento, che porta alla necessità di individuare spesso soluzioni tailored, applicabili con difficoltà a sistemi esistenti (a meno di modifiche a veicoli e infrastrutture) e con costi di implementazione dell'infrastruttura, di acquisto dei veicoli e della manutenzione più alti rispetto a soluzioni di tipo tradizionale;
- il **contesto territoriale**, per lo più periurbano o extraurbano, in cui si colloca il Metrobus costituisce un "ambiente" che pone delle questioni rilevanti in tema di realizzazione di infrastrutture per la ricarica continua o per quella "flash": cavalcavia esistenti, paesaggio, ambiti rurali o di piccoli centri determinano vincoli geometrico-funzionali o paesaggistici tali da incidere pesantemente sulle scelte di progetto;
- il **contesto urbano** della città di Bologna, che vive un periodo di importante e rapida evoluzione dal punto di vista della mobilità, anche per l'introduzione delle linee tranviarie rispetto alle quali il Metrobus dovrà necessariamente trovare spazi di:
 - o **integrazione**, sia dal punto di vista trasportistico (tema affrontato in altri ambiti di questo studio) sia in riferimento agli aspetti di alimentazione;
 - o **flessibilità** del servizio laddove la linea potrà subire nel futuro deviazioni temporanee ma di lungo periodo per lavori e cantieri legati alla realizzazione della rete tranviaria;
- la **tipologia di mobilità** cui il sistema risponde, a carattere periurbano ed extraurbano, con una percorrenza media attorno ai 19 km che necessita di allestimenti interni caratterizzati da una numerosità di posti a sedere sensibilmente superiore ai mezzi impiegati in campo urbano, che limitano la disponibilità di spazio per l'alloggiamento degli accumulatori di carica.

6.4.1 La scelta del mezzo

In tal senso, il primo *step* di valutazione ha considerato le due macroclassi di soluzione alternative relative al filobus con tecnologia In Motion Charge, e al bus elettrico (e-Bus). Si rimanda al documento specifico di descrizione degli aspetti tecnologici, economici e di parco rotabile mentre qui alla Tabella 6.3 si riporta la valutazione di tipo qualitativo che mette in luce i seguenti elementi:

- premesso che la soluzione di filovia tradizionale, per le considerazioni preliminari di cui sopra, è stata presa in considerazione e scartata a priori, la soluzione filobus IMC risulta poco flessibile a necessità di modifica della rete oggi prevedibili ancorché non definibili nel dettaglio, e sicuramente costosa per la costruzione dell'infrastruttura (filovia);
- le due soluzioni risultano sostanzialmente equivalenti in relazione sia al costo del mezzo sia alla capacità dello stesso in termini di allestimento e posti a sedere;
- l'e-Bus possiede il grande vantaggio della flessibilità, a fronte dei vincoli imposti dalla sua autonomia che si traduce in un costo di realizzazione dei punti di ricarica.

Di fatto, l'alternativa scelta è riconducibile all'e-Bus, laddove è stato attributo, seppur in via qualitativa, un "peso" rilevante al criterio della flessibilità e considerando i vincoli paesaggistici che rendono inapplicabile la realizzazione di filovie nei contesti urbanistici attraversati.

| Criteri | Indicatori | e-Bus | Filobus IMC | Note |
|---------------|---|-------|-------------|--|
| Flessibilità | Flessibilità della rete/infrastruttura | ••• | • (*) | (*) in base alla necessità ed alle prospettive di modifica della rete |
| Costi | Costi costruzione rete | ••• | • | |
| Costi | Costi infrastruttura di ricarica | • | ••• | |
| Costi | Costi acquisto mezzo | •• | •• | |
| Accessibilità | Autonomia mezzo | • | ** | (**) solo se la rete permette lo sfruttamento della tecnologia IMC |
| Accessibilità | Capacità mezzo di trasporto | •• | •• | |

Tabella 6.3: confronto sintetico tra soluzione filobus e e-Bus

Nello specifico i mezzi scelti sono bus elettrici snodati da 18 m, alimentati da batterie. Gli allestimenti interni saranno diversificati in funzione della tipologia del servizio svolto:

- con prevalenza di posti a sedere per i mezzi impiegati sulla linea Metrobus AV, per un totale di 100 posti offerti (58 a sedere, 41 in piedi e 1 posto PRM);
- con prevalenza di posti in piedi e per i mezzi impiegati sulla linea Metrobus AC, per un totale di 120 posti offerti (48 a sedere, 71 in piedi e 1 posto PRM).

Il fabbisogno di materiale rotabile è stato stimato in base alle ipotesi di turnazione dei mezzi riportate, con colori diversi per le corse effettuate da ciascun mezzo, in Figura 6-5 e Figura 6-6.

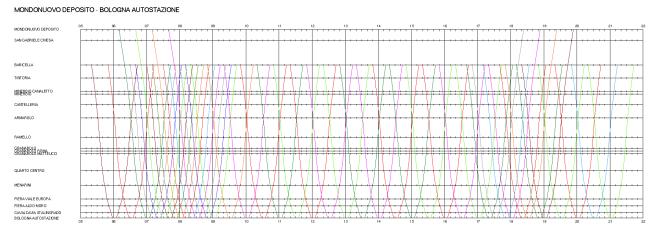


Figura 6-5: ipotesi di turnazione dei mezzi - linea Metrobus AV¹

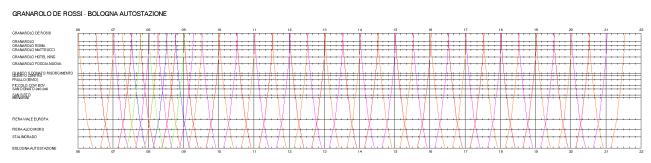


Figura 6-6: ipotesi di turnazione dei mezzi - linea Metrobus AC²

Città metropolitana di Bologna Consorzio Stabile NET Engineering | Ing. Andrea Spinosa | Ing. Pasquale del Sorbo pagina

¹ L'ipotesi di turnazione dei mezzi tiene conto anche delle esigenze di soste per ricarica dei mezzi

Tenuto conto delle scorte necessarie per poter far fronte ai fermo-macchina per esigenze manutentive (10%), il fabbisogno di mezzi risulta complessivamente pari a:

- 10 mezzi in servizio + 1 mezzo di scorta, per la linea Metrobus AV
- 5 mezzi in servizio + 1 mezzo di scorta, per la linea Metrobus AC

6.4.2 La scelta dei sistemi di ricarica

Individuata la soluzione con e-Bus, il successivo *step* di valutazione è relativo alla scelta tra tre diverse tipologie (cfr. paragrafo 5.3) qui richiamate per maggiore chiarezza, ovvero:

- Tipo A: solo e-Bus con massima capacità batterie, nessuna stazione di ricarica veloce in linea ma solo in deposito;
- Tipo B: e-Bus con massima capacità batterie e stazioni ricarica in corrispondenza di uno o entrambi i capolinea;
- Tipo C: e-Bus con minima capacità batteria e stazioni di ricarica flash lungo il percorso.

Premesso che per una descrizione di dettaglio degli aspetti strettamente tecnici ed economici dei sistemi di ricarica si rimanda al documento specifico, di fatto le tipologie differiscono per modalità e punto di ricarica e sono state valutate secondo criteri riconducibili ai medesimi di cui sopra (flessibilità, costo, accessibilità) ma scegliendo indicatori di dettaglio, ritenuti dirimenti delle diverse alternative (cfr. Tabella 6.4):

- accessibilità, espresso in termini di capacità offerta del mezzo, che è correlata al volume occupato dalle diverse tipologie di batterie;
- flessibilità, in relazione a:
 - o possibili vincoli temporanei sulla linea per cantierizzazioni o eventi in generale che possano richiedere un de-routing rilevante con impatto sulla fruibilità dei punti di ricarica;
 - o vincoli infrastrutturali stabili lungo la linea che possano rendere difficoltoso l'inserimento frequente di punti di ricarica;
- costo, chiaramente inteso nelle sue diverse articolazioni.

Ora, dal punto di vista della capacità del mezzo, le soluzioni B e C risultano essere migliori della A e tra loro equipollenti. La soluzione A soffre di un volume batterie particolarmente importante che compromette la capacità del bus, specie in riferimento alle caratteristiche dell'allestimento di tipo extraurbano chiaramente più "rigido" per via della numerosità di sedute.

Con riferimento alla flessibilità chiaramente la soluzione A è quella che garantisce il valore massimo mentre la C sarà comunque vincolata a "passare" per i diversi punti di ricarica flash del percorso. Il tema progettuale diventa quindi vincolato e necessita di una eventuale ottimizzazione della dislocazione dei punti di ricarica rispetto alla loro probabilità di trovarsi lungo tratte soggette a modifiche future; e questo sia che si tratti di variazioni indotte da modifiche infrastrutturali sia da deviazioni per vincoli temporanei sulla linea.

Da questo punto di vista, e anche in correlazione al complesso tema dei costi, è necessario un approfondimento specifico.

Un recente studio condotto da McKinsey ³ pone in evidenza come la valutazione dei costi per questo tipo di tecnologie presenta alcune caratteristiche "di sistema" correlate principalmente a:

- 1. tipologia del servizio e del relativo modello di esercizio in termini di:
 - a. densità delle fermate e relative interdistanze;
 - b. posizione dei capolinea e delle aree di deposito;
- 2. tipologia del traffico in termini di livelli e frequenza dei fenomeni di congestione.

In linea generale è utile confrontare i diagrammi di andamento "tipico" della carica rispettivamente per il sistema con ricarica lunga e unica in deposito e per quello misto con anche stazioni di "opportunity charging" lungo la linea riportato in Figura 6-7. Come si può notare:

• la soluzione con ricarica in deposito presenta costi di batteria elevati (e volumi occupati elevati come già messo in evidenza) a fronte di un costo presumibilmente inferiore di infrastrutture di ricarica;

ente
Città metropolitana di Bologna
ATI
Consorzio Stabile NET Engineering | Ing. Andrea Spinosa | Ing. Pasquale del Sorbo

² L'ipotesi di turnazione dei mezzi tiene conto anche delle esigenze di soste per ricarica dei mezzi

³ https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-european-electric-bus-market-is-charging-ahead-but-how-will-it-develop#

• la soluzione con ricarica "mista" permette batterie meno costose e meno voluminose, a fronte di un maggior costo di realizzazione e manutenzione delle stazioni di ricarica.

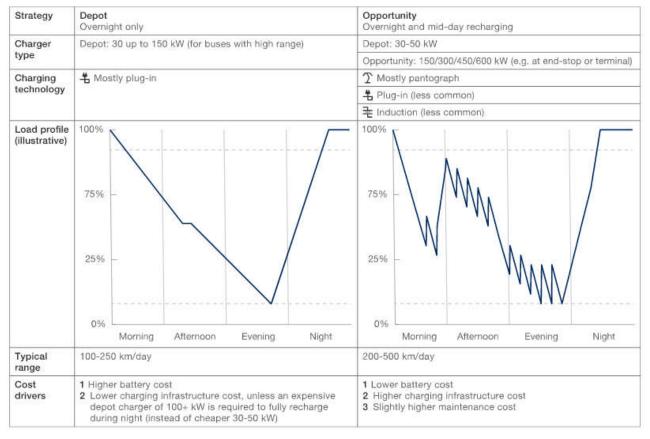


Figura 6-7: comparazione tra sistema con sola ricarica in deposito e sistema con ricarica in deposito + opporuntity charging

D'altro lato, tali considerazioni devono essere viste in un contesto più ampio di tipologia del servizio e del relativo modello di esercizio. Lo studio mette infatti in evidenza come (cfr. Figura 6-8):

- per i percorsi brevi, ovvero entro i 150 km/gg, il costo complessivo del sistema batterie, stazioni di ricarica e manutenzione è tale da risultare più conveniente il sistema con sola ricarica in deposito;
- per percorsi lunghi, ovvero entro i 300 km/gg, tale convenienza si inverte e il sistema "misto" presenta un costo complessivo medio a km inferiore di quasi il 15% rispetto a quello con sola ricarica in deposito: il sistema [...] consente una batteria significativamente più piccola e un caricabatterie a basso costo in deposito. Per ricaricare una batteria con un'autonomia di oltre 300 km, un semplice caricabatterie da 50 kW è sufficiente se combinato con una "opportunity charging", mentre la ricarica solo in deposito richiederebbe un caricabatterie da 150 kW più costoso. La velocità ottimale per la "opportunity charging" (ad esempio 150 o 450 kW) dipende dalla distanza di guida giornaliera totale e dal tempo di sosta lungo il percorso. Poiché si prevede che il costo delle batterie diminuirà a una velocità simile a quella dei punti di ricarica, la strategia di ricarica più economica non dovrebbe cambiare nel tempo [...].

L'analisi non considera il costo del personale di guida, ovvero sviluppa le stime a numerosità di turni bloccata.

Short distance, 150km/day, 15 km route (10x)

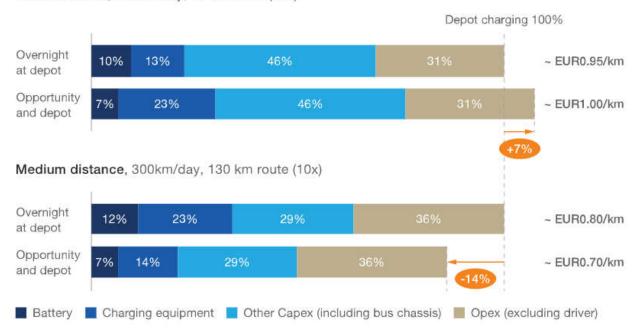


Figura 6-8: valutazione dei costi per le diverse tipologie di ricarica in funzione del modello di esercizio

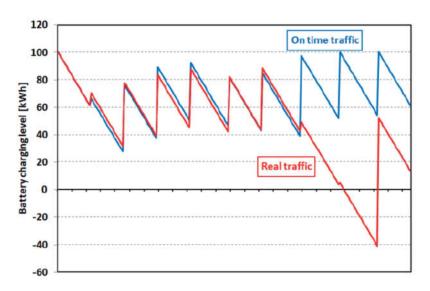


Figura 6-9: diagramma esemplificativo degli impatti da traffico sul diagramma di carico degli accumulatori (Fonte UITP)

Infine, si riporta una analisi dell'UITP relativa al diagramma "tipo" di carica della batteria lungo il percorso, con riferimento agli impatti del traffico (cfr. Figura 6-9). In tal senso, le predette tipologie del traffico in termini di livelli e frequenza dei fenomeni di congestione assumono una rilevanza forte per l'affidabilità e la flessibilità del servizio che ovviamente trovano nella soluzione "mista" una soluzione più robusta e stabile.

Le considerazioni sin qui esposte, messe in relazione con le caratteristiche della linea, trovano una sintesi nella tabella di seguito, dove, appunto, si mette in evidenza la differenza di costo per tipologia e numerosità dei punti di ricarica delle diverse soluzioni.

Di fatto, l'alternativa che meglio coniuga le esigenze di progetto ai vincoli della rete e al modello di esercizio di cui al precedente paragrafo (che prevede il servizio AV da circa 25.8 - 30.8 km/corsa e quello da AC da 12.2 km/corsa) è la tipologia B.

Come si vedrà nel capitolo conclusivo, la soluzione scelta, dal punto di vista infrastrutturale, è ascrivibile al modello con ricarica alle sole aree di capolinea e deposito ma, grazie ad un modello di esercizio opportunamente sviluppato per garantire ricariche rapide a inizio corsa, dal punto di vista funzionale è ascrivibile al modello "misto". In tal senso la scelta coglie l'opportunità di risparmio in infrastruttura e manutenzione, garantendo in ogni caso affidabilità e robustezza del servizio, oltre a economicità del sistema batterie.

| criterio | indicatore | soluzione A | soluzione B | soluzione C | |
|---------------|--|--|---|--|---|
| accessibilità | Capacità di trasporto mezzo | Minima a causa massima massa lorda | Dimensionabile in funzione capacità (massa) batterie | Dimensionabile in funzione capacità (massa) batterie | • |
| flessibilità | Flessibilità modifiche infrastrutturali | Qualsiasi modifica possibile | Vincolata dalle sole stazioni ai capolinea | Minima a causa presenza stazione fisse flash | |
| flessibilità | Rischi autorizzazione costruzione per presenza di vincoli in linea | Nessuno vincolo | Rischio medio determinato dalle sole stazioni ai capolinea | Massimo rischio | • |
| costo | Numero veicoli flotta | Necessità di flotta massima a causa bassa autonomia | ● Flotta minima ●●● | Flotta minima | • |
| costo | Costi infrastrutturali linea | Nessuno costo | Determinato dalle Sole stazioni ai Capolinea | Costi massimi a causa presenza stazione fisse flash | |
| costo | Costi infrastrutturali in deposito | Massimo costo cause potenze ricarica | Necessità di potenze installate minori rispetto a Tipo A | Nessuno costo | • |
| costo | Potenze elettriche concentrate (costi derivanti) | Massima potenza elettrica richiesta in un punto – Costi installazione cabina e linea MT/BT massimi | Potenza delle varie stazioni di ricarica calibrata in funzione delle necessità di servizio – Costo medio | Costo nullo in deposito ma elevate potenze nelle stazioni di ricarica flash | • |

Tabella 6.4: confronto tra soluzioni alternative di tipologia di ricarica

7 Conclusioni

Alla luce delle considerazioni sviluppate, è possibile quindi indicare come la soluzione scelta sia caratterizzata da un "sistema BRT" articolato secondo due servizi distinti ma in parte coincidenti, denominati rispettivamente AV Baricella – Bologna e AC Granarolo – Bologna.

I servizi percorrono un "sistema infrastrutturato" che garantisce elevate prestazioni, riconoscibilità del servizio, elevata accessibilità alle fermate, concepite come vere e proprie "piattaforme" di accesso al sistema secondo un approccio "MaaS oriented" che favorisce la "user experience".

Tale soluzione prevede la realizzazione dei punti di ricarica in corrispondenza di:

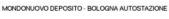
- capolinea di Mondonuovo/Baricella e di Bologna Autostazione per il servizio AV (cfr. Tabella 7.1);
- capolinea di Granarolo De Rossi, di Bologna Autostazione e deposito di Due Madonne per il servizio AC (cfr. Tabella 7.2).

La soluzione, grazie ad un opportuno modello di esercizio come già descritto rispettivamente alla Figura 6-3 e Figura 6-4 garantisce realizzabilità e l'affidabilità del servizio, secondo i profili di carico e scarico di cui alla Tabella 7.3 e diagramma di Figura 7-3 per il servizio AV e Tabella 7.4 e diagrammi Figura 7-4 per il servizio AC.

Le tabelle in particolare riportano una simulazione del profilo di carica della batteria per i mezzi che coprono "turni macchina critici" ovvero quelli che risultano i più gravosi in termini di consumo energetico su ciascuna delle due linee Metrobus, riportati in Figura 7-1 e Figura 7-2 rispettivamente per il servizio AV e AC.

Per ogni tabella si è riportato in particolare il valore della:

- capacità residua, espressa in KW e calcolata come differenza tra la capacità a inizio e fine cosa, sulla base di un consumo a km ipotizzato pari a 2,6 kWh/km per il servizio AV e 2,8 KWh/km per quello AC, a causa della maggiore numerosità di fermate lungo la linea;
- % carica, espressa come rapporto tra la capacità residua e quella massima ipotizzata pari a 450KW;
- distanza percorsa, espressa in km, e relativa alla singola corsa;
- consumo di energia, espresso in Kwh e calcolato come prodotto del predetto consumo specifico, espresso in Kwh/km, e la distanza percorsa per la lunghezza della corsa;
- ricarica della batteria, espressa in Kwh e calcolata come prodotto del tempo di ricarica, espresso in minuti, e la capacità di ricarica ipotizzata come pari a 5 Kwh/minuto;
- tempo ricarica, ipotizzato all'interno dell'intervallo di tempo di fermata al capolinea, tenendo conto di un margine che consideri un eventuale ritardo. In particolare, per il servizio AV si considera una aleatorietà del tempo di arrivo al capolinea per eventuali ritardi di 5 minuti, ridotti a 3 per le corse della linea AC;
- distanza "cumulata" percorsa dal mezzo durante il servizio, espressa in km.



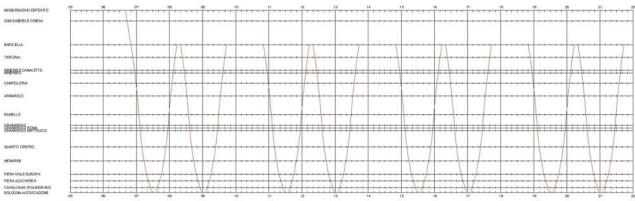


Figura 7-1: turno macchina critico per la linea Metrobus AV

GRANAROLO DE ROSSI - BOLOGNA AUTOSTAZIONE

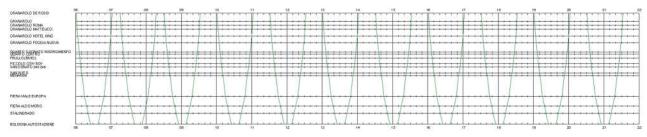


Figura 7-2: turno macchina critico per la linea Metrobus AC

Il modello di esercizio e il modello di ricarica del mezzo sono coerenti fra loro e progettati in modo che lo stato di carica delle batterie (o SOC - *State Of Charge*) in condizioni di esercizio non scenda mai sotto il valore "soglia" del 35% a fine corsa, ottimizzando le prestazioni delle batterie e prolungandone la vita utile.

Le tabelle di seguito evidenziano le caratteristiche delle singole stazioni di ricarica; si rimanda al documento di descrizione del materiale rotabile per ulteriori approfondimenti.

| Punto di ricarica | Luogo di ricarica | Tempo di ricarica | Tipo stazione di ricarica |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Luogo di inizio/fine turno: | Baricella (6 mezzi) | 9 ore | 6 x 50 kW (Lenta) |
| Luogo di inizio/fine turno: | Mondonuovo (4 mezzi) | 9 ore | 4 x 50 kW (Lenta) |
| Capolinea 1: | Baricella | < 5′ | 1 x 300 kW (Veloce) |
| Capolinea 2: | Bologna Autostazione | < 5′ | 1 x 300 kW (Veloce) |

Tabella 7.1: stazioni di ricarica servizio Metrobus AV

| Punto di ricarica | Luogo di ricarica | Tempo di ricarica | Tipo stazione di ricarica |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| Luogo di inizio/fine turno: | Bologna Due Madonne | 9 ore | 5 x 50 kW (Lenta) |
| Capolinea 1: | Granarolo | > 10′ | 1 x 300 kW (Veloce) |
| Capolinea 2: | Bologna Autostazione | < 5′ | 1 x 300 kW (Veloce) |

Tabella 7.2: stazioni di ricarica servizio Metrobus AC

In particolare, i diagrammi di seguito mostrano come:

- per il servizio AV, anche nella eventuale impossibilità di effettuare il biberonaggio ai capolinea per effetto di ritardi rispetto all'orario di servizio, è comunque possibile sviluppare l'intero modello d'esercizio prevedendo una opportuna turnazione dei mezzi che garantisce soste "lunghe" per la ricarica veloce fino a quasi il 100% della capacità delle batterie al massimo ogni 4 corse;
- per il servizio AC il modello di esercizio permette le ricariche veloci non inferiori a 10 minuti ai due capolinea utili a garantire l'esercizio per l'intera giornata anche per il turno critico.

| | | cors a 1 | | cors a 2 | | cors a 3 | | cors a 4 | | cors a 5 | | cors a 6 | | cors a 7 | | cors a 8 | | cors a 9 | | cors a 10 | | cors a 11 | | cors a 12 | | cors a 13 | | cors a 14 | | cors a 15 | | cors a 16 |
|----------------------------|---------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|
| capacità residua kWh | 450 | 370 | 370 | 304 | 304 | 237 | 237 | 171 | 446 | 380 | 380 | 313 | 313 | 247 | 247 | 181 | 450 | 384 | 384 | 317 | 317 | 251 | 251 | 185 | 450 | 384 | 384 | 317 | 317 | 251 | 251 | 185 |
| SOC (%) | 100 | 82 | 82 | 67 | 67 | 53 | 53 | 38 | 99 | 84 | 84 | 70 | 70 | 55 | 55 | 40 | 100 | 85 | 85 | 71 | 71 | 56 | 56 | 41 | 100 | 85 | 85 | 71 | 71 | 56 | 56 | 41 |
| distanza km | 0.0 | 30.8 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 | | 25.5 |
| consumo kWh | | 80 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 | | 66 |
| ricarica kWh | | | 0 | | 0 | | 0 | | 275 | | 0 | | 0 | | 0 | | 269 | | 0 | | 0 | | 0 | | 265 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| tempo ricarica | | | 0 | | 0 | | 0 | | 55 | | 0 | | 0 | | 0 | | 55 | | 0 | | 0 | | 0 | | 55 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| km totali percorsi | | 31 | | 56 | | 82 | | 107 | | 133 | | 158 | | 184 | | 209 | | 235 | | 260 | | 286 | | 311 | | 337 | | 362 | | 388 | | 413 |
| | MO N | | ВО | | BAR | | ВО | | BAR | | ВО | | BAR | | ВО | | BAR | | ВО | |

Tabella 7.3: modalità di ricarica in coerenza con modello di esercizio – servizio AV Baricella - Bologna

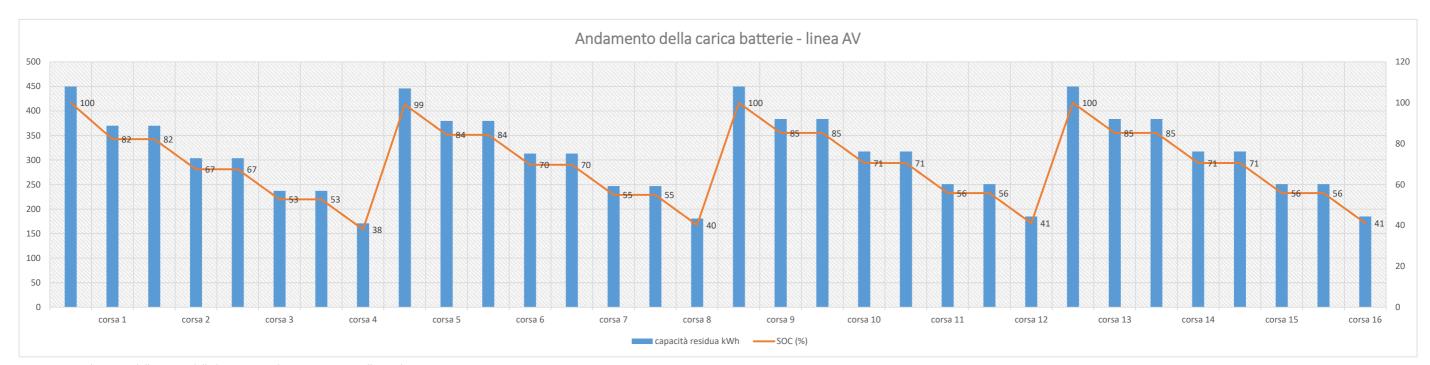


Figura 7-3: andamento della carica delle batterie per il servizio AV Baricella - Bologna

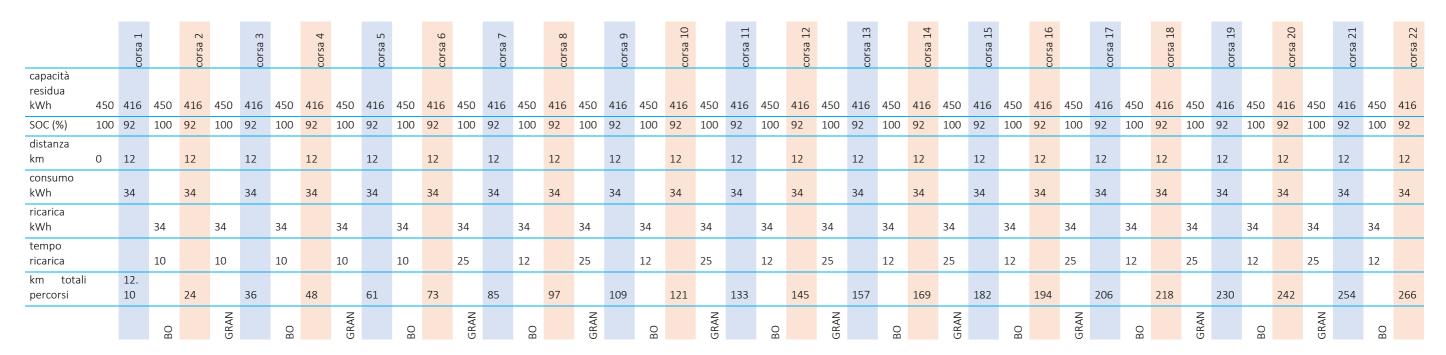


Tabella 7.4: modalità di ricarica in coerenza con modello di esercizio – servizio AC Granarolo - Bologna

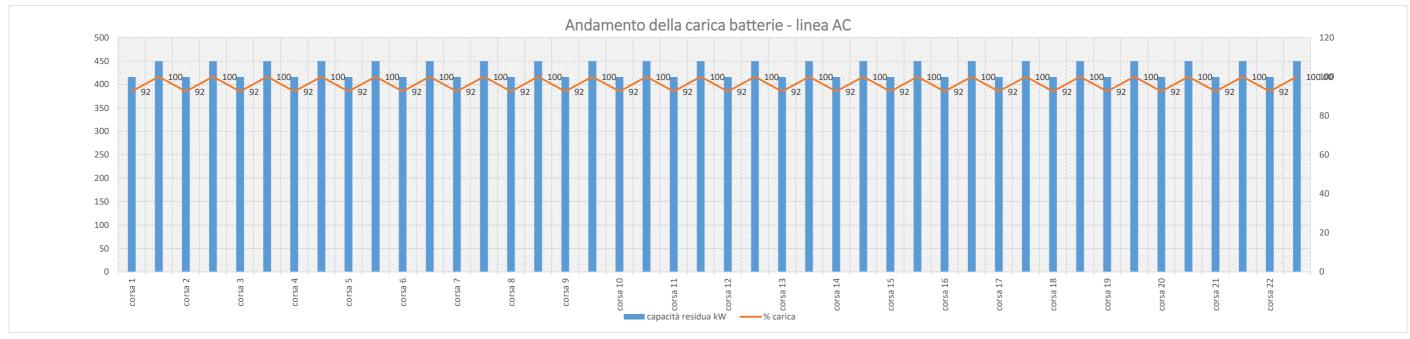


Figura 7-4: andamento della carica delle batterie per il servizio AC Granarolo - Bologna

Allegato 1

In Figura 7-5 vediamo un inquadramento della linea AV Baricella-Bologna Autostazione.

Le tavole che seguono evidenziano il percorso di scelte progettuali per i diversi "ambiti" di dettaglio ovvero:

- Ambito Bologna: l'inserimento nella città di Bologna viene descritta nella Figura 7-6 dove si nota il collegamento della SS64 con SP5 transitando in viale Aldo Moro viale della Fiera viale Europa; con riferimento alla Figura 7-7 per la configurazione della fermata Quarto Inferiore; Figura 7-9 per la configurazione della fermata Menarini;
- Ambito Granarolo: la Figura 7-10 descrive l'inquadramento di progetto fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Granarolo. Con riferimento alla Figura 7-11 e alla Figura 7-12 si descrivono le ipotesi alternative di passaggio del Metrobus e conseguente fermata Granarolo; la Figura 7-14 descrive le varie ipotesi per la configurazione della Fermata Granarolo via Roma; nella Figura 7-15 si nota la configurazione della Fermata Granarolo Matteucci; nella Figura 7-16 si descrivono le alternative di progetto per il Capolinea Granarolo; alla Figura 7-18 le ipotesi di sistemazione della sede preferenziale e delle intersezioni Granarolo e in Figura 7-19 e Figura 7-20 le ipotesi di sistemazione della rotatoria "piccolo Cowboy"; Figura 7-21 e Figura 7-22 descrivono le fermate Ramello e Armarolo (Budrio);
- Ambito Minerbio: la Figura 7-24 descrive la configurazione della Fermata Cantelleria; con riferimento alla Figura 7-25 e Figura 7-27 si descrive l'inquadramento di progetto fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Minerbio e sistemazione della fermata di Minerbio; nella Figura 7-30 si descrivono delle ipotesi di sistemazione della sede preferenziale via Roma;
- Ambito Baricella: con riferimento alla Figura 7-32 viene descritto l'inquadramento di progetto per l'accessibilità del centro di Baricella, alla Figura 7-33 la configurazione della fermata Baricella e alla Figura 7-34 la configurazione del deposito Metrobus di Baricella; nella Figura 7-35 le ipotesi di sistemazione degli attraversamenti pedonali Baricella.

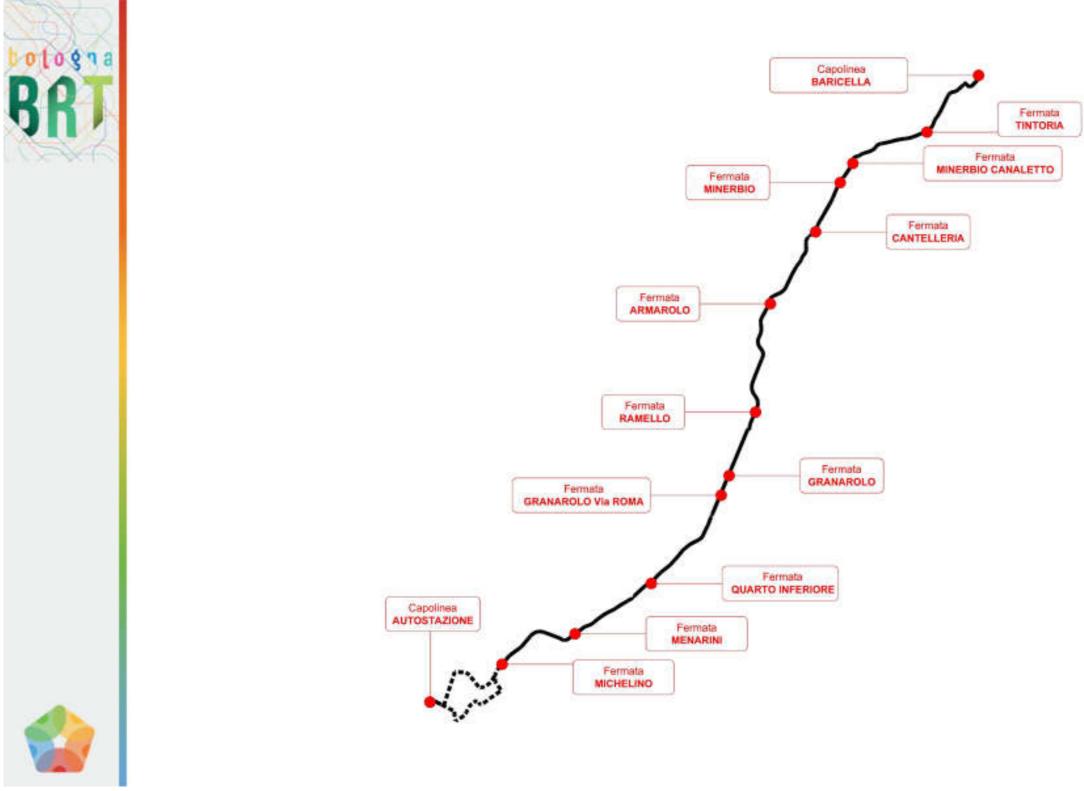


Figura 7-5: inquadramento Baricella-Bologna Autostazione: ipotesi alternative di passaggio del Metrobus



Metrobus

Ipotesi progettuali: ingresso a Bologna



Percorso BRT:

Tracciato PUMS



Figura 7-6: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità nella città di Bologna



Figura 7-7: configurazione della Fermata "Quarto Inferiore" - ipotesi

dir. Bologna

dir. Baricella



Figura 7-8: inquadramento di progetto della Fermata "Menarini"

Legenda:

■ ■ ■ | Bike line in progetto BRT

dir. Bologna dir. Baricella

Esistente

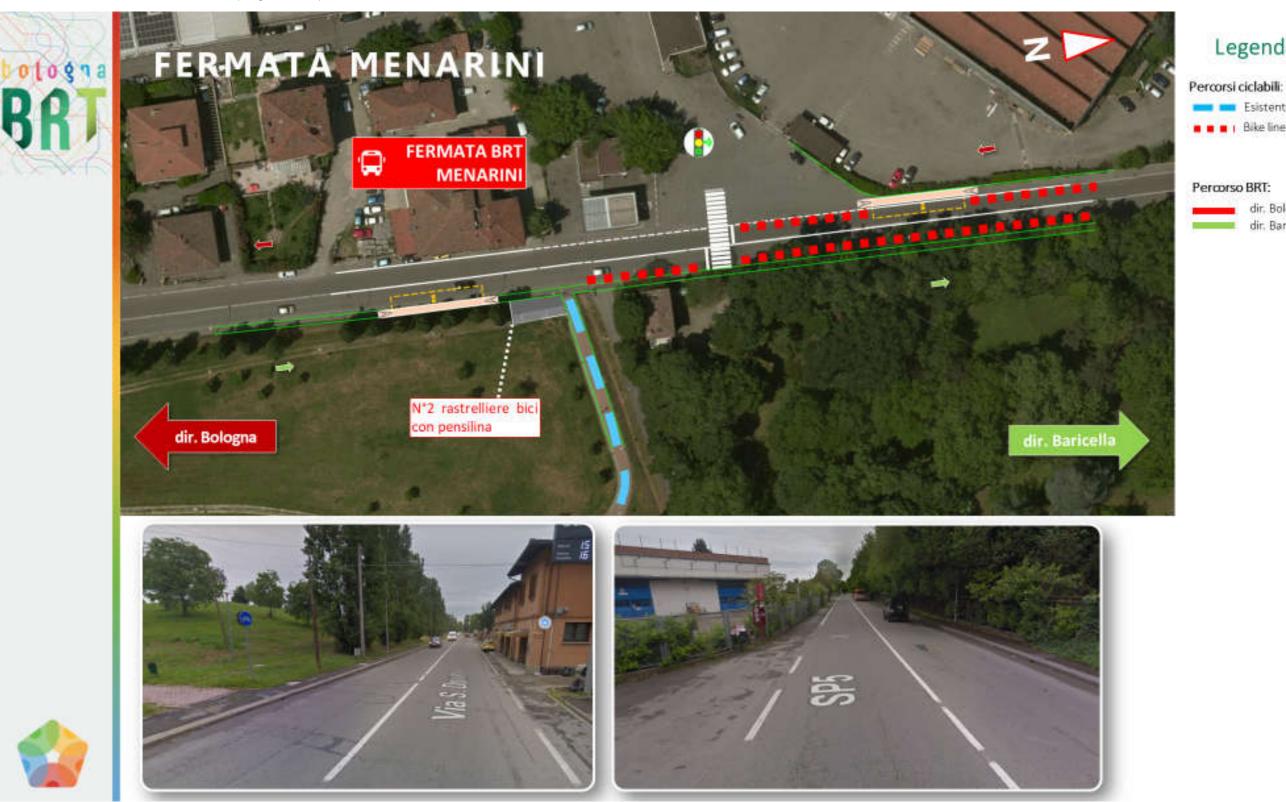


Figura 7-9: configurazione della Fermata "Menarini" - ipotesi

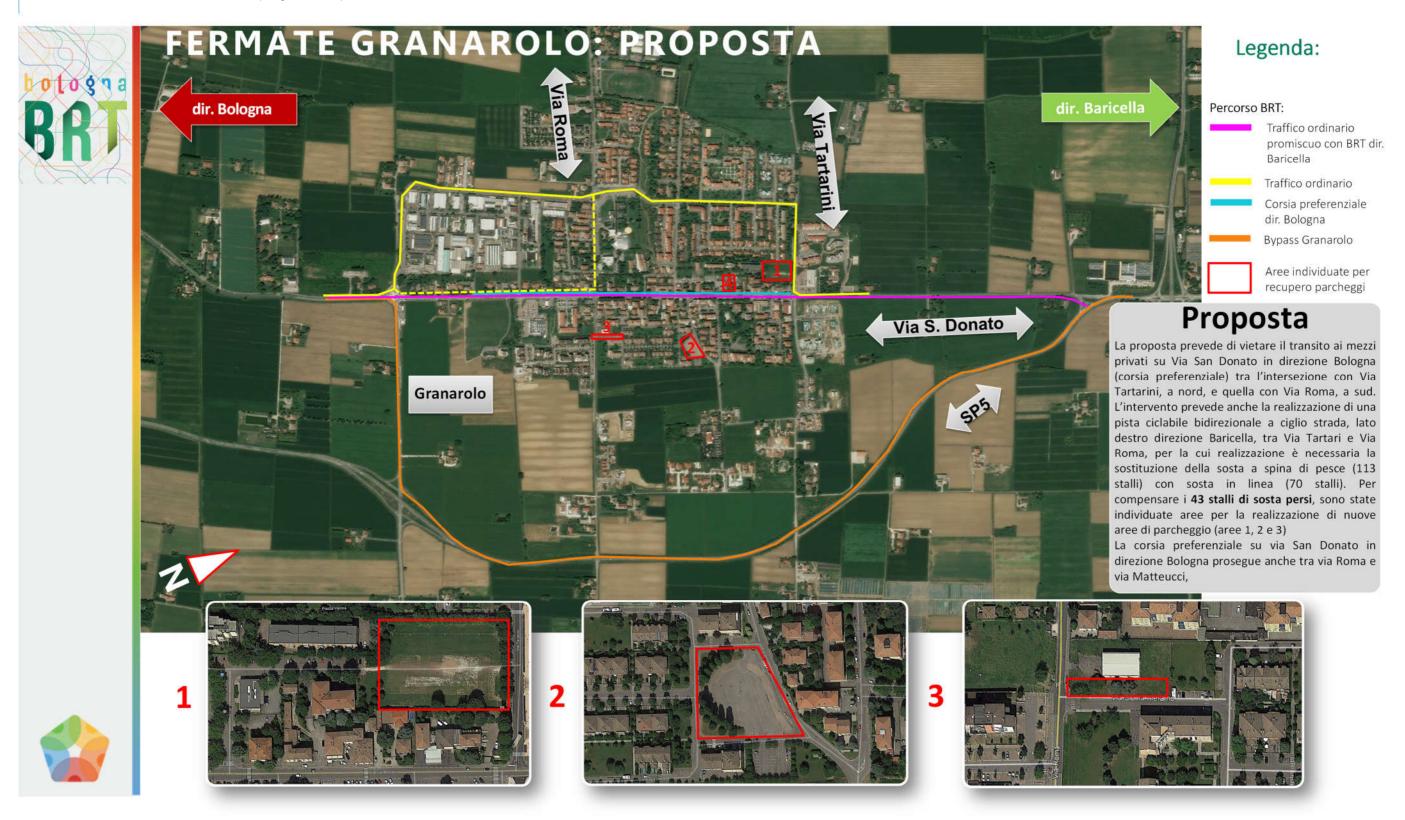


Figura 7-10: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Granarolo



Figura 7-11: inquadramento ambito Granarolo: ipotesi alternative di passaggio del Metrobus e conseguente modifica degli schemi di circolazione



Figura 7-12: configurazione della Fermata "Granarolo" - ipotesi



Figura 7-13: configurazione della Fermata "Granarolo - via Roma" - ipotesi.



Figura 7-14: configurazione della Fermata "Granarolo - via Roma" - ipotesi.



Figura 7-15: configurazione della Fermata "Granarolo - Matteucci" - ipotesi



Figura 7-16: configurazione capolinea di Granarolo



Figura 7-17: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale - Granarolo

Legenda:

Attrav. esistente da semaforizzare

Attrav. esistente semaforizzato

Attrav. altri porg. semaforizzato

Attrav. altri porg. da semaforizzare

Nel tratto tra Via del Mulino/Fossanova e via Matteucci le sede stradale attuale non consente l'inserimento di una corsia preferenziale. Inoltre l'accesso a via Matteucci di m.p. può avvenire solo trami-te Via San Donato ed è quindi indispensa-bile mantenere la attuali corsie di accumulo/ immissione. A nord della fermata Matteucci dir.Bologna inizia la corsia preferenziale con una soluzione che garantisce la priorità del TPL sui mezzi privati. Viene impedita la svolta a sinistra verso e da Via dell'Artigianto dalla S.Donato, l'accesso per i m.p. sarà tramite via del Mulino.

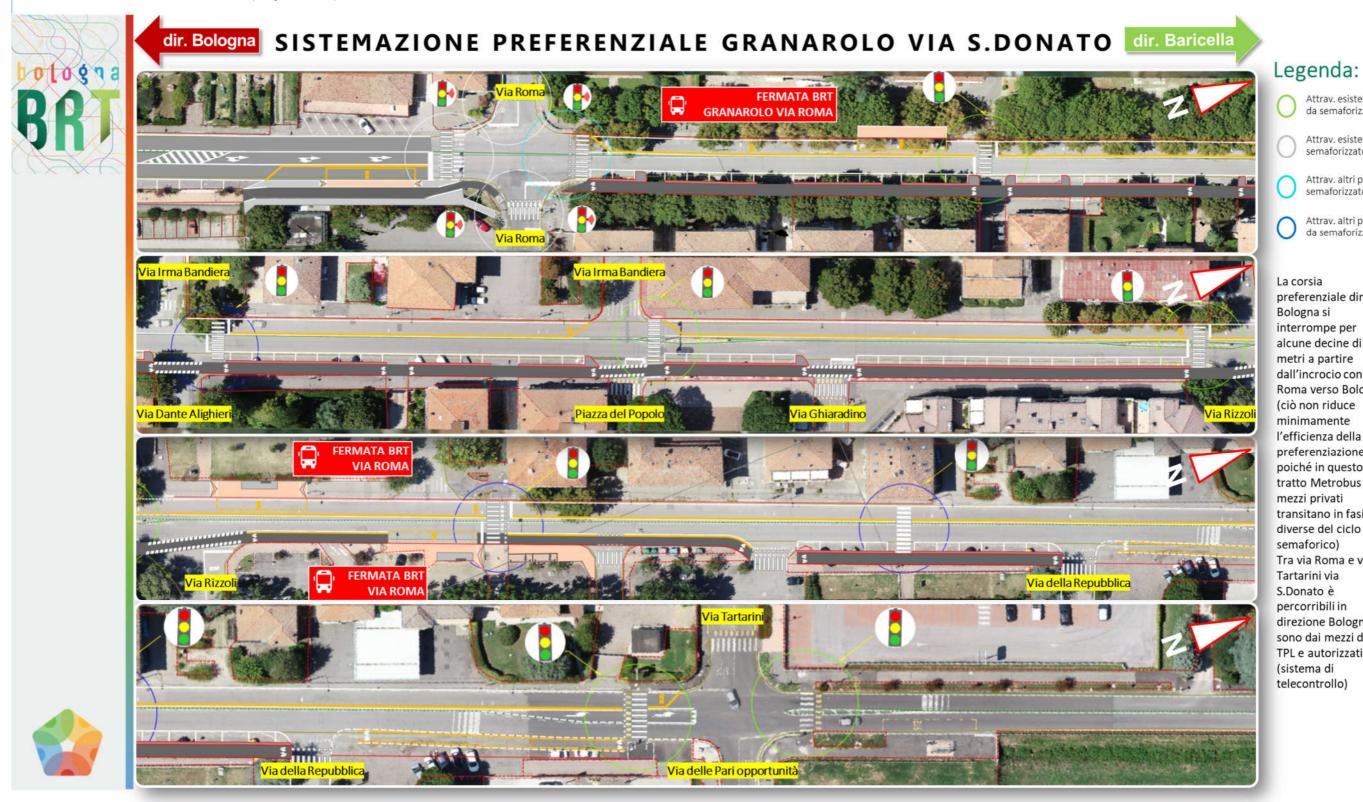


Figura 7-18: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale e delle intersezioni - Granarolo

Attrav. esistente da semaforizzare Attrav. esistente

semaforizzato

Attrav. altri prog. semaforizzato

> Attrav. altri prog. da semaforizzare

La corsia preferenziale dir. Bologna si interrompe per alcune decine di metri a partire dall'incrocio con via Roma verso Bologna (ciò non riduce minimamente l'efficienza della preferenziazione poiché in questo tratto Metrobus e mezzi privati transitano in fasi diverse del ciclo semaforico) Tra via Roma e via Tartarini via S.Donato è percorribili in direzione Bologna sono dai mezzi del TPL e autorizzati (sistema di telecontrollo)

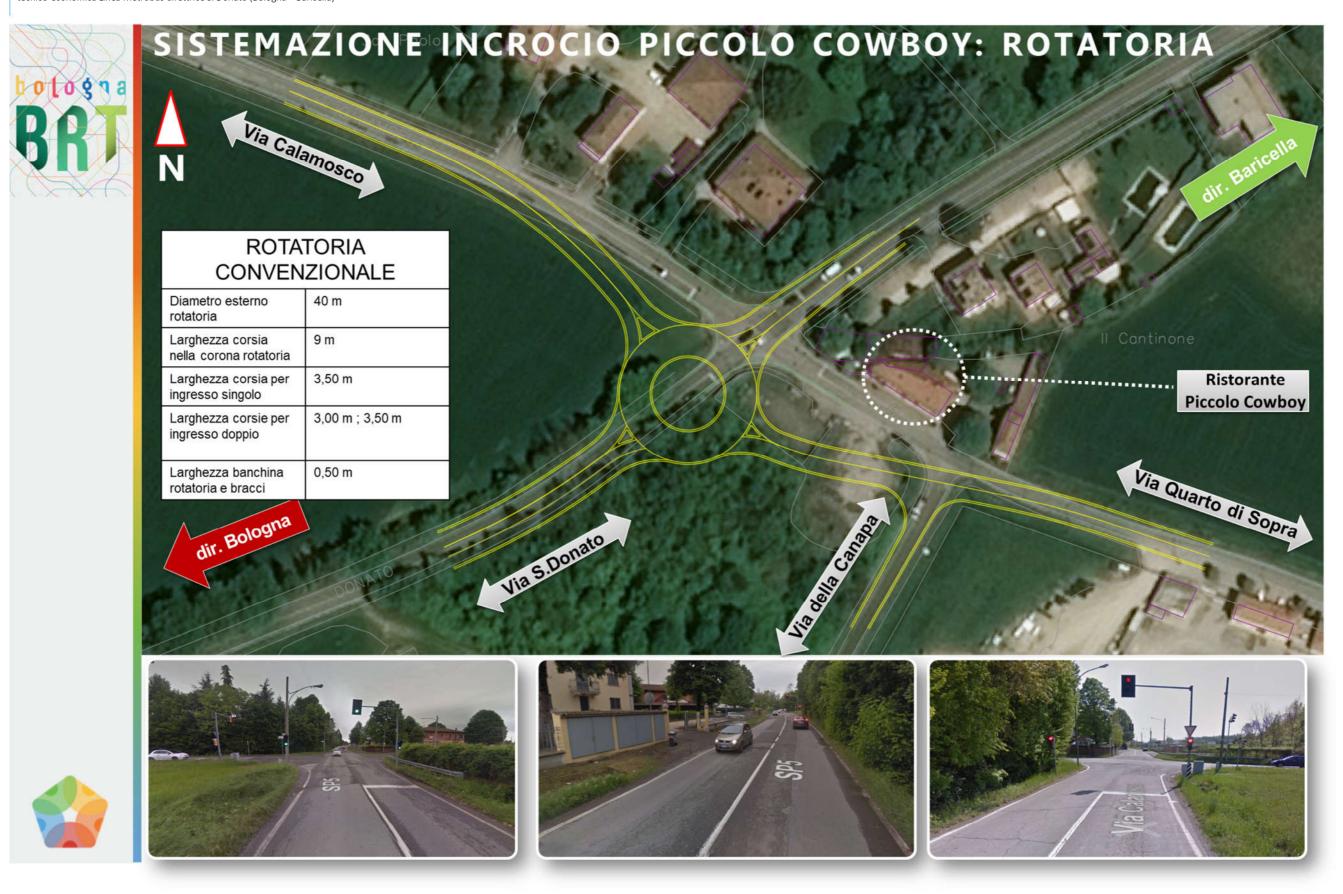


Figura 7-19: intersezione "piccolo Cowboy" – ipotesi 1

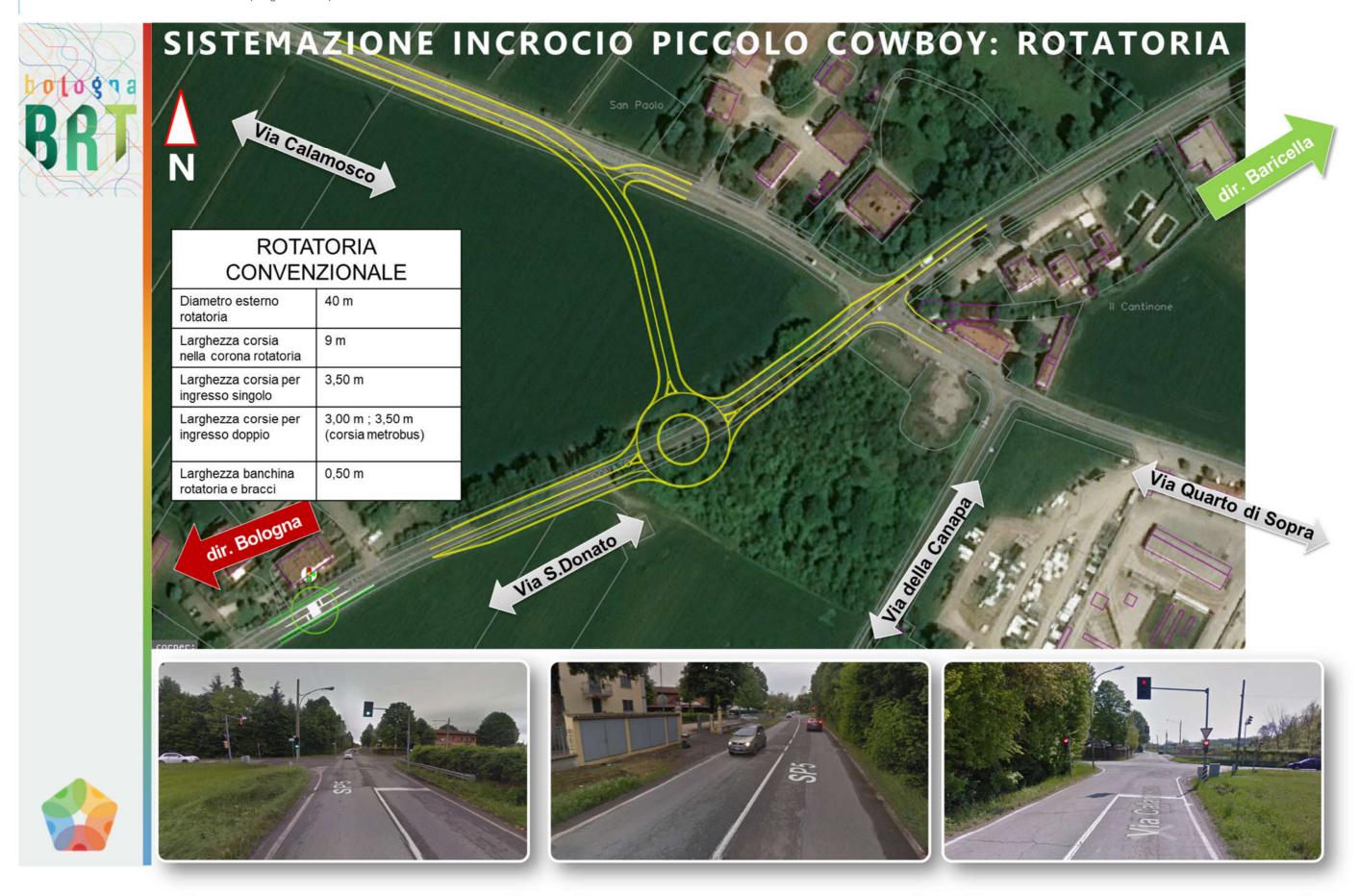


Figura 7-20: intersezione "piccolo Cowboy" – ipotesi 2

Città metropolitana di Bologna

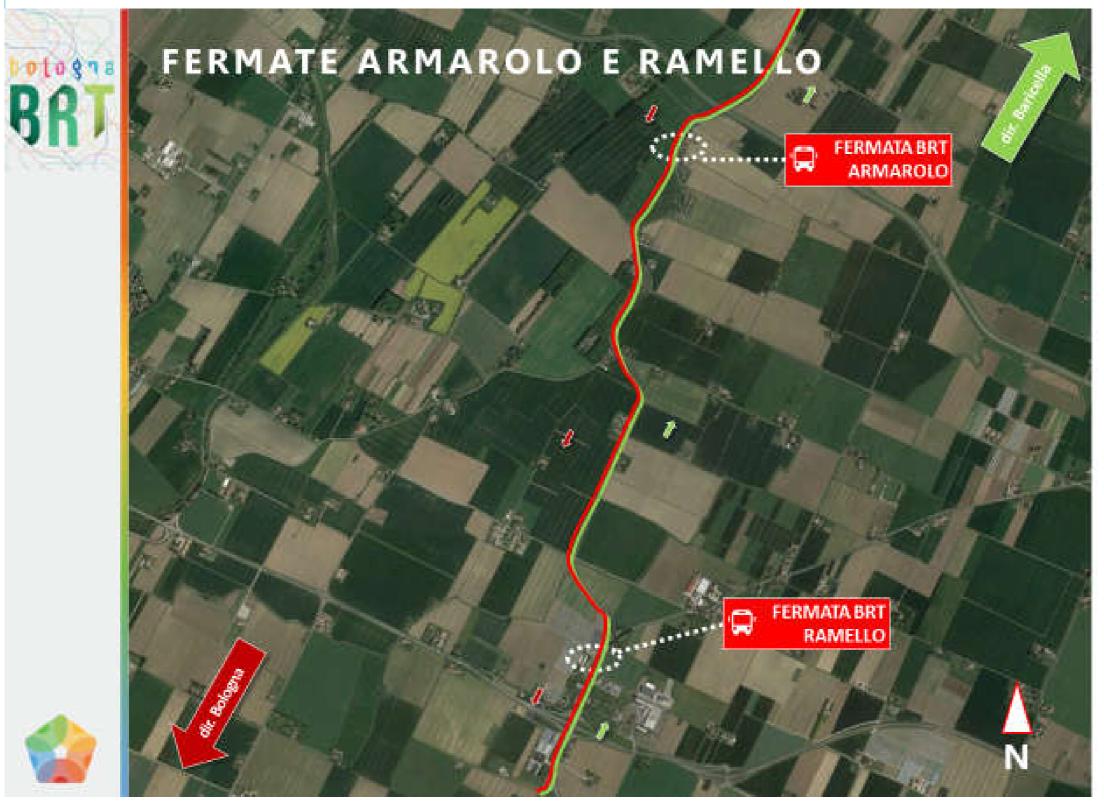


Figura 7-21: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità alle frazioni di Cantelleria, Armarolo (Budrio) e Ramello

Legenda:

Percorso BRT:

dir. Bologna dir. Baricella



Figura 7-22: configurazione della Fermata "Amarolo" - ipotesi

dir. Bologna

dir. Baricella



Figura 7-23: inquadramento di progetto – fermate "Minerbio" e "Cantelleria"



Figura 7-24: configurazione della Fermata "Cantelleria" - ipotesi

MINERBIO: INQUADRAMENTO ologna dir. Baricella Minerbio **FERMATA BRT** MINERBIO CANALETTO dir. Bologna **FERMATA BRT** MINERBIO dir. Bologna dir. Bologna

Figura 7-25: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Minerbio

Legenda: Percorsi ciclabili: Bike line in progetto BRT dir. Bologna

Al fine di recuperare tempo di viaggio e di garantire stabilità del servizio e il rispetto dell'orario di servizio, il progetto prevede la realizzazione di un tratto di corsia preferenziale (direzione Bologna) tra le due fermate urbane di Minerbio.

Questa realizzazione eviterà le ripercussioni sulle prestazione del Metrobus dei rallentamenti del traffico veicolare privato dovuto a immissioni, veicoli in manovra per la sosta, ecc.

Oltre all'introduzione delle corsia preferenziale, l'intervento comprende anche la ricucitura dei percorsi ciclabili a nord e a sud del centro urbano.







Le fermate esistenti sono state ricollocate per garantire la disponibilità di spazi necessari alla realizzazione delle banchine e per l'attrezzaggio previsto per le fermate Metrobus, che a Minerbio prevede l'allocazione di servizi aggiuntivi rispetta a quelli strettamente legati al servizio di trasporto.

Legenda:

Percorso BRT:

dir. Bologna dir. Baricella

Figura 7-26: configurazione della Fermata "Minerbio Canaletto" - ipotesi

Documento di fattibilità delle alternative progettuali





Figura 7-27: configurazione della Fermata "Minerbio" – ipotesi

Legenda:

Percorso BRT:

 dir. Bologna dir. Baricella

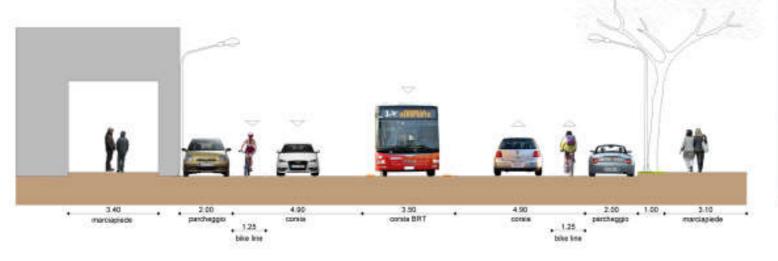




VIA ROMA - CORSIA RISERVATA

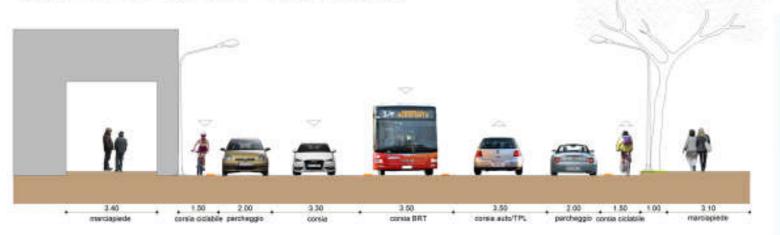






| PRO | CONTRO |
|---|--|
| La larghezza delle corsie veicolari è tale da minimizzare l'effetto di disturbo causato dalle auto in procinto di parcheggiare. | Lo spartitraffico viene rimosso e l'illuminazione pubblica riposizionata a bordo strada. |
| La sosta viene mantenuta | I percorsi ciclabili possono essere previsti su bike line. |

SOLUZIONE B: Via Roma



| PRO | CONTRO |
|---|---|
| I percorsi ciclabili hanno una sede riservata. | Lo spartitraffico viene rimosso e l'illuminazione pubblica riposizionata a bordo strada. |
| La sosta viene mantenuta | La corsia veicolare in direzione Bologna ha larghezza inferiore a 3,50m, minimo indicato in normativa per i parcheggi in linea. |



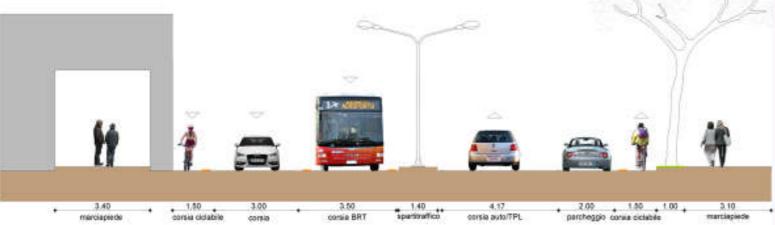
Figura 7-28: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma

17



VIA ROMA - CORSIA RISERVATA

SOLUZIONE C: Via Roma



| | PRO | CONTRO |
|--|--|---|
| | I percorsi ciclabili hanno una sede riservata | La sosta in direzione Bologna viene rimossa. Totale stalli eliminati: 42 (di cui 2 per disabili) |
| | Lo spartitraffico viene mantenuto nella posizione attuale (a meno di una riprofilatura, variabile da 15 cm a 30 cm, nella tratta terminale direzione Bologna) | |
| | L'illuminazione pubblica rimane nella posizione attuale. | |

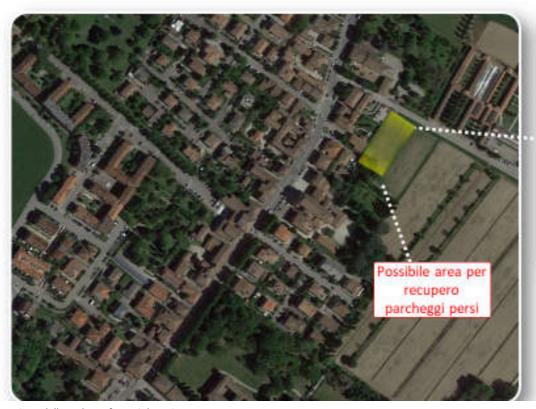


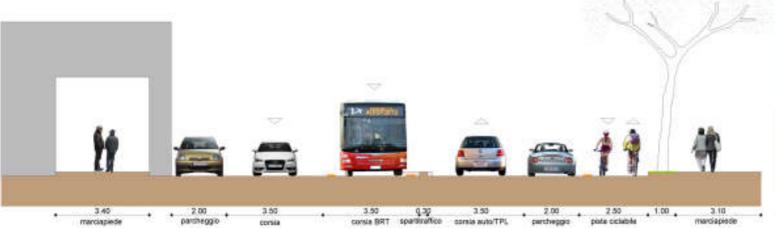


Figura 7-29: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma



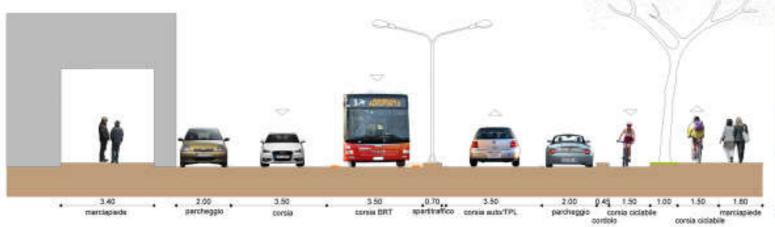
VIA ROMA - CORSIA RISERVATA





| PRO | CONTRO |
|---|---|
| l percorsi ciclabili hanno una sede riservata. | E' necessario demolire parte dello spartitraffico in entrambe le direzioni di marcia, la larghezza rimanente è di circa 30 cm |
| La sosta viene mantenuta | L'illuminazione deve essere riposizionate a bordo strada, lo spartitraffico è insufficiente per alloggiare i pali. |

SOLUZIONE E: Via Roma



| PRO | CONTRO |
|---|--|
| I percorsi ciclabili hanno una sede riservata. In direzione Baricella la corsia ciclabile viene posta sul marciapiede. | E' necessario demolire lo spartitraffico e ricostruirlo. |
| La sosta viene mantenuta | L'illuminazione deve essere spostata sul nuovo spartitraffico |
| Parte degli impianti di illuminazione pubblica possono essere riutilizzata. | 30 |



Figura 7-30: ipotesi di sistemazione della sede preferenziale – via Roma



Figura 7-31: configurazione della Fermata "Tintoria" - ipotesi

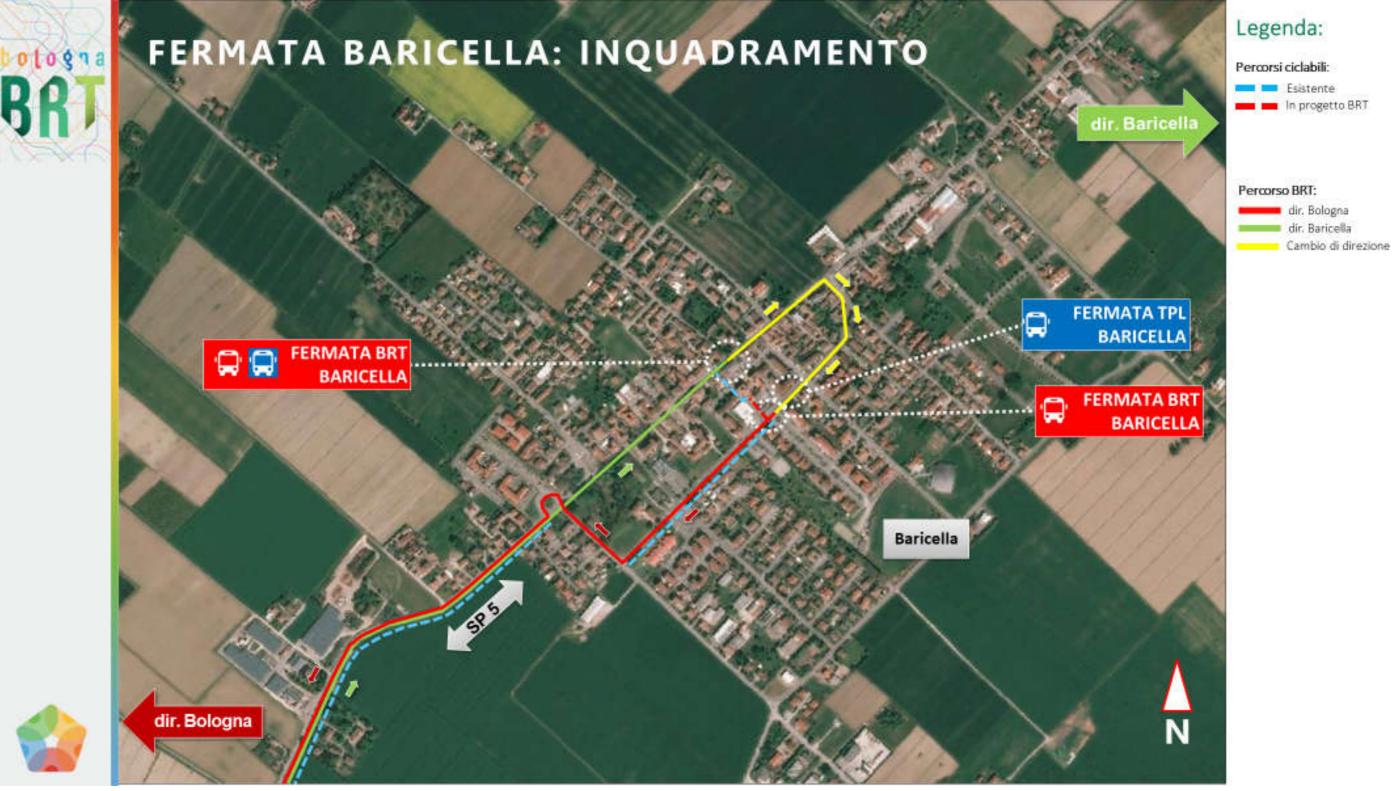


Figura 7-32: inquadramento di progetto – fermate del Metrobus per l'accessibilità del centro di Baricella



Figura 7-33: configurazione della Fermata "Baricella" - ipotesi



Figura 7-34: configurazione Deposito di Baricella



ATTRAVERSAMENTI PEDONALI BARICELLA



Percorsi ciclabili:
Percorso BRT





Figura 7-35: ipotesi di sistemazione degli attraversamenti pedonali – Baricella